

**Thema**

Portfolio Selection von Kreditinstituten und makro- vs. mikroprudentielle  
Eigenkapitalanforderung der Bankenaufsicht

**Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor rerum politicarum  
(Dr. rer. pol.)

vorgelegt dem Rat der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

am 13.04.2016

von: Michael Börner, M.Sc.  
geboren am 06.12.1989 in Jena

Gutachter:

1. Prof. Dr. Wolfgang Kürsten, Friedrich-Schiller-Universität Jena
2. Prof. Dr. Christian Pigorsch, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Datum der Verteidigung: 18.10.2016

# Inhaltsübersicht

|                                                                                                                             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Inhaltsübersicht</b>                                                                                                     | <b>I</b>    |
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>                                                                                                   | <b>III</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>                                                                                                | <b>VIII</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>                                                                                                  | <b>XIV</b>  |
| <b>1 Einleitung und Problemstellung</b>                                                                                     | <b>1</b>    |
| <b>2 Notwendigkeit der regulatorischen Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos</b>                     | <b>4</b>    |
| 2.1 Systemisches Risiko infolge indirekter Verflechtungen . . . . .                                                         | 5           |
| 2.2 Systemisches Risiko infolge direkter Verflechtungen . . . . .                                                           | 26          |
| 2.3 Zwischenfazit . . . . .                                                                                                 | 37          |
| <b>3 Makroprudentielle Bankenregulierung: Ziele, Status quo und offene Problemfelder</b>                                    | <b>39</b>   |
| 3.1 Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung . . . . .                                                                | 41          |
| 3.2 Parallelen zu anderen wissenschaftlichen Gebieten . . . . .                                                             | 42          |
| 3.3 Die Erfassung der Zeitdimension . . . . .                                                                               | 44          |
| 3.4 Die Erfassung der Querschnittsdimension . . . . .                                                                       | 46          |
| 3.5 Instrumente der makroprudentiellen Bankenregulierung in Basel III . . . . .                                             | 48          |
| 3.6 Makroprudentielle Eigenkapitalanforderung auf Basis des $\Delta CoVaR$ . . . . .                                        | 55          |
| 3.7 Makroprudentielle Eigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes . .                                              | 78          |
| 3.8 Zwischenfazit . . . . .                                                                                                 | 101         |
| <b>4 Ausgestaltung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung und Implikationen für die Portfoliowahl</b>      | <b>103</b>  |
| 4.1 Makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms . . . . . | 104         |

|          |                                                                                                                                                                                                |            |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2      | Makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer Value-at-Risk constraint . . . . .                                                                   | 137        |
| 4.3      | Duplikation der Portfoliowahl unter der Regulierung per Externalitätenterm durch die Regulierung mittels Value-at-Risk constraint . . . . .                                                    | 151        |
| 4.4      | Zwischenfazit . . . . .                                                                                                                                                                        | 153        |
| <b>5</b> | <b>Portfoliowahl von Banken mit <math>(\mu, \sigma)</math>-Entscheidungskalkül unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung</b>                                                       | <b>155</b> |
| 5.1      | Portfoliowahl ohne Regulierung . . . . .                                                                                                                                                       | 158        |
| 5.2      | Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                                                                   | 163        |
| 5.3      | Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                                                                   | 168        |
| 5.4      | Zwischenfazit . . . . .                                                                                                                                                                        | 192        |
| <b>6</b> | <b>Portfoliowahl von Banken mit <math>(\mu, \sigma)</math>-Entscheidungskalkül unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung bei Berücksichtigung heterogener Größen</b>               | <b>194</b> |
| 6.1      | Portfoliowahl ohne Regulierung . . . . .                                                                                                                                                       | 195        |
| 6.2      | Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                                                                   | 200        |
| 6.3      | Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                                                                   | 202        |
| 6.4      | Zwischenfazit . . . . .                                                                                                                                                                        | 224        |
| <b>7</b> | <b>Fazit und Ausblick</b>                                                                                                                                                                      | <b>226</b> |
| <b>8</b> | <b>Anhang</b>                                                                                                                                                                                  | <b>231</b> |
| 8.1      | Nash-Gleichgewichte . . . . .                                                                                                                                                                  | 231        |
| 8.2      | Herleitung des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss $\mu_{PF}$ und der Varianz $\sigma_{PF}$ . . . . .                                                        | 235        |
| 8.3      | Darstellung $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene $\bar{\theta}$ . . . . .                                                                   | 235        |
| 8.4      | Herleitung des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss $\mu_{PF}$ und der Korrelation $\rho_{PF_1, PF_2}$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken . . . . . | 236        |
| 8.5      | Darstellung $(\sigma, \rho)$ -effizienter sowie $(\sigma, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene $\bar{\theta}$ . . . . .                                                             | 237        |
| 8.6      | Herleitung des funktionalen Zusammenhang zwischen der Varianz $\sigma_{PF}$ und der Korrelation $\rho_{PF_1, PF_2}$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken . . . . .                     | 238        |
| 8.7      | Entscheidungstheoretische Fundierung des Präferenzfunktionalen $\Phi(X) = \mu(X) - \frac{\lambda}{2} \cdot \sigma^2(X)$ . . . . .                                                              | 239        |

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                         |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Inhaltsübersicht</b>                                                                                 | <b>I</b>    |
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>                                                                               | <b>III</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>                                                                            | <b>VIII</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>                                                                              | <b>XIV</b>  |
| <b>1 Einleitung und Problemstellung</b>                                                                 | <b>1</b>    |
| <b>2 Notwendigkeit der regulatorischen Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos</b> | <b>4</b>    |
| 2.1 Systemisches Risiko infolge indirekter Verflechtungen . . . . .                                     | 5           |
| 2.1.1 (Über-)Diversifikation von Finanzinstituten . . . . .                                             | 5           |
| 2.1.1.1 Systemisches Risiko im nicht-diversifizierten Bankensystem .                                    | 6           |
| 2.1.1.2 Systemisches Risiko bei linearer Diversifikation . . . . .                                      | 8           |
| 2.1.1.3 Überdiversifikation infolge linearer Diversifikation . . . . .                                  | 13          |
| 2.1.1.4 Systemisches Risiko bei nichtlinearer Diversifikation . . . . .                                 | 15          |
| 2.1.2 Systemischer Risikoanreiz . . . . .                                                               | 19          |
| 2.1.2.1 Systemischer Risikoanreiz infolge negativer Externalitäten . .                                  | 20          |
| 2.1.2.2 Systemischer Risikoanreiz infolge impliziter staatlicher Garantien . . . . .                    | 24          |
| 2.2 Systemisches Risiko infolge direkter Verflechtungen . . . . .                                       | 26          |
| 2.2.1 Interbankenkredite . . . . .                                                                      | 27          |
| 2.2.1.1 Einsatzmotive für Interbankenkredite . . . . .                                                  | 27          |
| 2.2.1.2 Systemische Auswirkungen von Interbankenkrediten . . . . .                                      | 28          |
| 2.2.2 Derivative Finanzinstrumente . . . . .                                                            | 33          |
| 2.2.2.1 Einsatzmotive für derivative Finanzinstrumente . . . . .                                        | 33          |
| 2.2.2.2 Systemische Auswirkungen von derivativen Finanzinstrumenten . . . . .                           | 35          |
| 2.3 Zwischenfazit . . . . .                                                                             | 37          |

|                                                                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3 Makroprudentielle Bankenregulierung: Ziele, Status quo und offene Problemfelder</b>                            | <b>39</b> |
| 3.1 Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung . . . . .                                                        | 41        |
| 3.2 Parallelen zu anderen wissenschaftlichen Gebieten . . . . .                                                     | 42        |
| 3.3 Die Erfassung der Zeitdimension . . . . .                                                                       | 44        |
| 3.4 Die Erfassung der Querschnittsdimension . . . . .                                                               | 46        |
| 3.5 Instrumente der makroprudentiellen Bankenregulierung in Basel III . . . . .                                     | 48        |
| 3.5.1 Antizyklischer Kapitalpuffer zur Erfassung der Zeitdimension . . . . .                                        | 49        |
| 3.5.2 Systemischer Risikopuffer zur Erfassung der Querschnittsdimension . . . . .                                   | 52        |
| 3.6 Makroprudentielle Eigenkapitalanforderung auf Basis des $\Delta CoVaR$ . . . . .                                | 55        |
| 3.6.1 Modifikationen des klassischen $\Delta CoVaR$ . . . . .                                                       | 56        |
| 3.6.2 Analytische Bestimmung der Größen $CoVaR$ und $\Delta CoVaR$ unter<br>Normalverteilung . . . . .              | 58        |
| 3.6.3 Komparativ statische Analysen . . . . .                                                                       | 62        |
| 3.6.4 Berücksichtigung von Größeneffekten . . . . .                                                                 | 70        |
| 3.6.5 Portfoliowahl von Banken unter Verwendung des $\Delta CoVaR$ . . . . .                                        | 71        |
| 3.6.5.1 Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage . . . . .                                       | 72        |
| 3.6.5.2 Portfoliowahl bei zwei riskanten Anlagen . . . . .                                                          | 74        |
| 3.7 Makroprudentielle Eigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes . . . . .                                | 78        |
| 3.7.1 Axiomatische Fundierung des Shapley-Wertes . . . . .                                                          | 79        |
| 3.7.2 Ableitbare Eigenschaften des Shapley-Wertes . . . . .                                                         | 81        |
| 3.7.3 Analytische Bestimmung des Shapley-Wertes unter dem Risikomaß<br>Value-at-Risk und Normalverteilung . . . . . | 84        |
| 3.7.4 Komparativ statische Analysen . . . . .                                                                       | 88        |
| 3.7.5 Berücksichtigung von Größeneffekten . . . . .                                                                 | 90        |
| 3.7.6 Portfoliowahl von Banken unter Verwendung des Shapley-Wertes . . . . .                                        | 91        |
| 3.7.6.1 Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage . . . . .                                       | 92        |
| 3.7.6.2 Portfoliowahl bei zwei riskanten Anlagen . . . . .                                                          | 93        |
| 3.7.6.2.1 Portfoliowahl bei expliziter Darstellung der Reak-<br>tionsfunktion . . . . .                             | 96        |
| 3.7.6.2.2 Portfoliowahl bei allgemeiner Parametrisierung . . . . .                                                  | 99        |
| 3.8 Zwischenfazit . . . . .                                                                                         | 101       |

|           |                                                                                                                                              |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4</b>  | <b>Ausgestaltung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung und Implikationen für die Portfoliowahl</b>                         | <b>103</b> |
| 4.1       | Makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms . . . . .                      | 104        |
| 4.1.1     | Notwendigkeit und Ausgestaltung des Externalitätenterms . . . . .                                                                            | 104        |
| 4.1.2     | Implikationen für die Portfoliowahl . . . . .                                                                                                | 107        |
| 4.1.2.1   | Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage . . . . .                                                                        | 107        |
| 4.1.2.2   | Portfoliowahl bei zwei riskanten Anlage . . . . .                                                                                            | 112        |
| 4.1.2.2.1 | Grundlagen . . . . .                                                                                                                         | 112        |
| 4.1.2.2.2 | Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                 | 117        |
| 4.1.2.2.3 | Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                 | 120        |
| 4.1.2.3   | $(\mu, \sigma, \rho)$ -effiziente Portfolios . . . . .                                                                                       | 125        |
| 4.2       | Makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer Value-at-Risk constraint . . . . .                 | 137        |
| 4.2.1     | Regulierung individueller Risiken mittels einer mikroprudentiellen Value-at-Risk constraint . . . . .                                        | 138        |
| 4.2.2     | Regulierung des systemischen Risikos mittels einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint . . . . .                                     | 140        |
| 4.2.3     | Implikationen für die Portfoliowahl . . . . .                                                                                                | 149        |
| 4.3       | Duplikation der Portfoliowahl unter der Regulierung per Externalitätenterm durch die Regulierung mittels Value-at-Risk constraint . . . . .  | 151        |
| 4.4       | Zwischenfazit . . . . .                                                                                                                      | 153        |
| <b>5</b>  | <b>Portfoliowahl von Banken mit <math>(\mu, \sigma)</math>-Entscheidungskalkül unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung</b>     | <b>155</b> |
| 5.1       | Portfoliowahl ohne Regulierung . . . . .                                                                                                     | 158        |
| 5.1.1     | Komparativ statische Analysen . . . . .                                                                                                      | 159        |
| 5.1.2     | Verflechtungen im unregulierten Bankensystem . . . . .                                                                                       | 161        |
| 5.2       | Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                 | 163        |
| 5.3       | Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                 | 168        |
| 5.3.1     | Portfoliowahl unter makroprudentieller Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms . . . . . | 169        |
| 5.3.1.1   | Notwendigkeit und Ausgestaltung des Anpassungsfaktors . . . . .                                                                              | 169        |
| 5.3.1.2   | Strategieraum . . . . .                                                                                                                      | 171        |
| 5.3.1.3   | Nash-Gleichgewichte . . . . .                                                                                                                | 175        |
| 5.3.1.4   | Portfoliowahl bei zwei stark risikoaversen Banken . . . . .                                                                                  | 177        |

|           |                                                                                                                                                                                  |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.3.1.5   | Portfoliowahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank . . . . .                                                                                                     | 179        |
| 5.3.2     | Portfoliowahl unter makroprudentieller Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer Value-at-Risk constraint                                          | 181        |
| 5.3.2.1   | Strategieraum . . . . .                                                                                                                                                          | 182        |
| 5.3.2.2   | Nash-Gleichgewichte . . . . .                                                                                                                                                    | 185        |
| 5.3.2.3   | Portfoliowahl bei zwei stark risikoaversen Banken . . . . .                                                                                                                      | 188        |
| 5.3.2.4   | Portfoliowahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank . . . . .                                                                                                     | 189        |
| 5.3.2.5   | Portfoliowahl bei zwei schwach risikoaversen Banken . . . . .                                                                                                                    | 191        |
| 5.4       | Zwischenfazit . . . . .                                                                                                                                                          | 192        |
| <b>6</b>  | <b>Portfoliowahl von Banken mit <math>(\mu, \sigma)</math>-Entscheidungskalkül unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung bei Berücksichtigung heterogener Größen</b> | <b>194</b> |
| 6.1       | Portfoliowahl ohne Regulierung . . . . .                                                                                                                                         | 195        |
| 6.1.1     | Komparativ statische Analyse . . . . .                                                                                                                                           | 196        |
| 6.1.2     | Verflechtungen im unregulierten Bankensystem . . . . .                                                                                                                           | 197        |
| 6.2       | Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                                                     | 200        |
| 6.3       | Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung . . . . .                                                                                                                     | 202        |
| 6.3.1     | Portfoliowahl unter makroprudentieller Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms . . . . .                                     | 202        |
| 6.3.1.1   | Strategieraum und Nash-Gleichgewichte . . . . .                                                                                                                                  | 203        |
| 6.3.1.2   | Portfoliowahl bei zwei moderat risikoaversen Banken . . . . .                                                                                                                    | 205        |
| 6.3.1.2.1 | Der Fall homogener Größen . . . . .                                                                                                                                              | 205        |
| 6.3.1.2.2 | Der Fall heterogener Größen . . . . .                                                                                                                                            | 206        |
| 6.3.1.3   | Portfoliowahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank . . . . .                                                                                                     | 208        |
| 6.3.1.3.1 | Der Fall homogener Größen . . . . .                                                                                                                                              | 208        |
| 6.3.1.3.2 | Der Fall heterogener Größen (I) . . . . .                                                                                                                                        | 209        |
| 6.3.1.3.3 | Der Fall heterogener Größen (II) . . . . .                                                                                                                                       | 210        |
| 6.3.2     | Portfoliowahl unter makroprudentieller Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer Value-at-Risk constraint                                          | 211        |
| 6.3.2.1   | Strategieraum und Nash-Gleichgewichte bei einer größenunabhängigen Value-at-Risk constraint . . . . .                                                                            | 211        |
| 6.3.2.2   | Größenabhängige Ausgestaltung der Value-at-Risk constraint                                                                                                                       | 213        |
| 6.3.2.2.1 | Notwendigkeit und Ausgestaltung einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint . . . . .                                                                                        | 213        |

|             |                                                                                                                                                                                                |              |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 6.3.2.2.2   | Strategieraum bei einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint . . . . .                                                                                                                    | 216          |
| 6.3.2.2.3   | Nash-Gleichgewichte bei einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint . . . . .                                                                                                              | 218          |
| 6.3.2.2.3.1 | Portfoliowahl bei zwei stark risikoaversen Banken . . . . .                                                                                                                                    | 220          |
| 6.3.2.2.3.2 | Portfoliowahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank . . . . .                                                                                                                   | 221          |
| 6.3.2.3     | Mehrwert einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint . . . . .                                                                                                                             | 223          |
| 6.4         | Zwischenfazit . . . . .                                                                                                                                                                        | 224          |
| <b>7</b>    | <b>Fazit und Ausblick</b>                                                                                                                                                                      | <b>226</b>   |
| <b>8</b>    | <b>Anhang</b>                                                                                                                                                                                  | <b>231</b>   |
| 8.1         | Nash-Gleichgewichte . . . . .                                                                                                                                                                  | 231          |
| 8.1.1       | Definition . . . . .                                                                                                                                                                           | 231          |
| 8.1.2       | Existenz von Nash-Gleichgewichten . . . . .                                                                                                                                                    | 232          |
| 8.1.3       | Eindeutigkeit von Nash-Gleichgewichten . . . . .                                                                                                                                               | 234          |
| 8.2         | Herleitung des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss $\mu_{PF}$ und der Varianz $\sigma_{PF}$ . . . . .                                                        | 235          |
| 8.3         | Darstellung $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene $\bar{\theta}$ . . . . .                                                                   | 235          |
| 8.4         | Herleitung des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss $\mu_{PF}$ und der Korrelation $\rho_{PF_1, PF_2}$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken . . . . . | 236          |
| 8.5         | Darstellung $(\sigma, \rho)$ -effizienter sowie $(\sigma, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene $\bar{\theta}$ . . . . .                                                             | 237          |
| 8.6         | Herleitung des funktionalen Zusammenhang zwischen der Varianz $\sigma_{PF}$ und der Korrelation $\rho_{PF_1, PF_2}$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken . . . . .                     | 238          |
| 8.7         | Entscheidungstheoretische Fundierung des Präferenzfunktionalen $\Phi(X) = \mu(X) - \frac{\lambda}{2} \cdot \sigma^2(X)$ . . . . .                                                              | 239          |
|             | <b>Literaturverzeichnis</b>                                                                                                                                                                    | <b>XVIII</b> |

# Abbildungsverzeichnis

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 | Verteilung der Portfoliorückflüsse in $t = 1$ ohne Diversifikation. (Quelle: BÖRNER (2013), S. 4.) . . . . .                                                                                                                                                                                        | 7  |
| 2.2 | Verteilung der Portfoliorückflüsse in $t = 1$ bei linearer Diversifikation von Bank 2. (Quelle: BÖRNER (2013), S. 6.) . . . . .                                                                                                                                                                     | 10 |
| 2.3 | Verteilung der Portfoliorückflüsse in $t = 1$ bei voller linearer Diversifikation beider Banken. (Quelle: BÖRNER (2013).) . . . . .                                                                                                                                                                 | 14 |
| 2.4 | Verteilung der Portfoliorückflüsse in $t = 1$ bei optimaler nichtlinearer Diversifikation von Bank 2. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VAN OORDT (2014), S. 220.) . . . . .                                                                                                              | 16 |
| 2.5 | Verteilung der Portfoliorückflüsse in $t = 1$ bei nicht-optimaler nichtlinearer Diversifikation von Bank 2 (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VAN OORDT (2014), S. 221.) . . . . .                                                                                                         | 19 |
| 2.6 | Investitionsentscheidungen der Banken im Modell von ACHARYA (2009). (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ACHARYA (2009), S. 229.) . . .                                                                                                                                                      | 21 |
| 2.7 | Der von Bank 1 präferierte Umweltzustand je nach Verhältnis von recessio-<br>nary spillover zu strategic benefit. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung<br>an ACHARYA (2009), S. 238.) . . . . .                                                                                                 | 23 |
| 3.1 | Wirkung des antizyklischen Kapitalpuffers auf den Konjunkturzyklus. (Quel-<br>le: Eigene Darstellung in Anlehnung an ESRB (2014a), S. 18.) . . . . .                                                                                                                                                | 50 |
| 3.2 | Bestimmung des Beitrages $SRB_i$ einer Bank $i$ zum systemischen Risiko unter<br>Verfolgung eines Standardansatzes und unter Verfolgung eines Risikobudge-<br>tierungsansatzes. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                             | 53 |
| 3.3 | Die Abhängigkeit des unbedingten Value-at-Risk $VaR_{\alpha}^{System}$ und der beding-<br>ten Values-at-Risk $CoVaR_{\alpha}^{System i}$ des Rückflusses des Bankensystems von<br>der Korrelation $\rho$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken. (Quelle: Ei-<br>gene Darstellung.) . . . . . | 67 |
| 3.4 | Die Abhängigkeit der Beiträge $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System i}$ beider Banken zum syste-<br>mischen Risiko von der Korrelation $\rho$ zwischen den Portfoliorückflüssen der<br>Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                     | 68 |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5  | Abhängigkeit des Value-at-Risk $VaR_{\alpha}^{System}$ des Rückflusses des Bankensystems und der Beiträge $SW^i$ der Banken zum systemischen Risiko von der Korrelation $\rho$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . . | 89  |
| 3.6  | Abhängigkeit des Beitrags $SW^1$ von Bank 1 zum systemischen Risiko von der Portfoliowahl $(\theta_1; \theta_2)$ beider Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . .                                                                                                | 93  |
| 3.7  | Grafische Darstellung des Nash-Gleichgewichtes als Schnittpunkt der Reaktionsfunktionen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                     | 99  |
| 3.8  | Abhängigkeit des systemischen Value-at-Risk von der Portfoliowahl $(\theta_1; \theta_2)$ beider Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                      | 100 |
| 4.1  | Optimale Portfoliowahl unter mikroprudentieller und makroprudentieller Regulierung. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                          | 110 |
| 4.2  | Funktionaler Verlauf des Externalitätenterms $EX(\rho_{PF_1, PF_2})$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                                       | 114 |
| 4.3  | Abhängigkeit des Externalitätenterms $EX$ von der Portfoliowahl $(\theta_1; \theta_2)$ beider Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                        | 115 |
| 4.4  | Abhängigkeit des Beitrages von Bank 1 zum systemischen Risiko von der Portfoliowahl $(\theta_1; \theta_2)$ beider Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                    | 116 |
| 4.5  | Verlauf der Reaktionsfunktionen $\theta_1^*(\theta_2)$ und $\theta_2^*(\theta_1)$ für den Fall $k_1 = 0$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                   | 118 |
| 4.6  | Verlauf der Reaktionsfunktionen $\theta_1^*(\theta_2)$ und $\theta_2^*(\theta_1)$ für den Fall $k_1 = 1$ und $k_2 = 10$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                    | 121 |
| 4.7  | Die Lage der optimalen Portfolios unter mikro- und makroprudentieller Regulierung im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                              | 122 |
| 4.8  | Optimale Portfoliowahl der Banken in Abhängigkeit der „Verteilung“ des systemischen Risikos. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                 | 124 |
| 4.9  | Darstellung $(\mu, \sigma)$ -effizienter sowie $(\mu, \sigma)$ -dominierter Portfolios. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                      | 127 |
| 4.10 | Verlauf der Korrelation $\rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta})$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken in Abhängigkeit der Portfoliowahl $\theta$ bei gegebenen $\bar{\theta}$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                     | 129 |
| 4.11 | Darstellung $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                          | 132 |
| 4.12 | Darstellung $(\sigma, \rho)$ -effizienter sowie $(\sigma, \rho)$ -dominierter Portfolios. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                    | 134 |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.13 | Darstellung der effizienten und dominierten Portfolios im $(\mu, \sigma)$ - sowie $(\mu, \rho)$ und $(\sigma, \rho)$ -Prinzip. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                  | 136 |
| 4.14 | Einfluss einer mikroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl einer Bank. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                           | 139 |
| 4.15 | Abhängigkeit des Value-at-Risk von der Portfoliowahl $\theta$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                                                 | 142 |
| 4.16 | Zusammenhang zwischen dem Value-at-Risk $Var_\alpha$ und der Portfoliowahl $\theta$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                           | 143 |
| 4.17 | Darstellung der Reaktionsfunktionen ohne die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                 | 144 |
| 4.18 | Darstellung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint und der Reaktionsfunktionen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                        | 145 |
| 4.19 | Abhängigkeit des Shapley-Wertes $SW^i$ von der Portfoliowahl $\theta_i$ bei gegebener Portfoliowahl $\bar{\theta}_j$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                          | 146 |
| 4.20 | Darstellung der Reaktionsfunktionen bei Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                      | 148 |
| 4.21 | Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl der Banken, dargestellt im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                 | 149 |
| 4.22 | Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl der Banken, dargestellt im $(\mu, VaR)$ -Diagramm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                    | 150 |
| 4.23 | Lage der im Nash-Gleichgewicht gewählten Portfolios im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm bei einer Regulierung mittels Externalitätenterm (I) und mittels makroprudentieller Value-at-Risk constraint (II). (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                             | 152 |
| 5.1  | Darstellung der optimalen Portfoliowahl $\theta^{ohne}$ ohne Regulierung als Tangentialpunkt der Nutzen-Isoquante $\mu_{PF} = \frac{\lambda}{2} \cdot \sigma_{PF}^2 + \bar{U}$ an den Hyperbelast im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . . | 159 |
| 5.2  | Optimale Portfoliowahl $\theta^{ohne}$ ohne Regulierung in Abhängigkeit vom Risikoaversionsparameter $\lambda$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                | 160 |
| 5.3  | Lage der optimalen Portfolios beider Finanzinstitute im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm ohne Regulierung je nach Diversität der Risikoaversionsparameter $\lambda_i$ und $\lambda_j$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                | 162 |
| 5.4  | Lage der optimalen Portfolios im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm unter mikroprudentieller Regulierung je nach Diversität der Risikoaversionsparameter $\lambda_i$ und $\lambda_j$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                   | 166 |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.5  | Einfluss einer mikroprudentiellen Regulierung auf die optimale Portfoliowahl einer schwach risikoaversen Bank $j$ ( $\lambda_j = 0,5$ ) bei starker Risikoaversion von Bank $i$ ( $\lambda_i = 5$ ), dargestellt im $(\mu, \rho)$ - und $(\rho, \sigma)$ -Diagramm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . . | 167 |
| 5.6  | Die Menge der zulässigen Portfolios einer schwach risikoaversen Bank $j$ unter mikroprudentieller Regulierung bei starker Risikoaversion von Bank $i$ , dargestellt im $(\mu, \rho)$ - und $(\rho, \sigma)$ -Diagramm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . .                                                  | 168 |
| 5.7  | Strategieraum von Bank 1 unter makroprudentieller Regulierung mittels Externalitätenterm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                                                           | 172 |
| 5.8  | Strategieraum unter makroprudentieller Regulierung mittels Externalitätenterm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                                                                      | 173 |
| 5.9  | Strategieraum unter mikroprudentieller Regulierung. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                                                                                                 | 174 |
| 5.10 | Menge der im unregulierten Bankensystem gewählten Portfolios. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                                                                                       | 175 |
| 5.11 | Reaktionsfunktionen beider Banken je nach Risikoaversionsparameter unter makroprudentieller Regulierung mittels Externalitätenterm. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                 | 176 |
| 5.12 | Strategieraum von Bank 1 unter makroprudentieller Regulierung allein auf Basis des Shapley-Wertes. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                                                  | 183 |
| 5.13 | Strategieraum unter makroprudentieller Regulierung allein auf Basis des Shapley-Wertes. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                                                             | 184 |
| 5.14 | Strategieraum von Bank 1 unter makroprudentieller Regulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                 | 184 |
| 5.15 | Strategieraum unter makroprudentieller Regulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                            | 185 |
| 5.16 | Reaktionsfunktionen beider Banken je nach Risikoaversionsparameter unter makroprudentieller Regulierung allein auf Basis des Shapley-Wertes. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                        | 186 |
| 5.17 | Reaktionsfunktionen beider Banken je nach Risikoaversionsparameter unter makroprudentieller Regulierung mittels Value-at-Risk constraint. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                           | 187 |
| 5.18 | Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl zweier stark risikoaverser Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.)                                                                                                                                                  | 189 |

|                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.19 Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl einer schwach und einer stark risikoaversen Bank. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                  | 190 |
| 5.20 Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl zweier schwach risikoaverser Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                               | 191 |
| 6.1 Optimale Portfoliowahl $\theta^{ohne}$ ohne Regulierung in Abhängigkeit der Größe $Y$ einer Bank und deren Risikoaversionsparameter $\lambda$ . (Quelle: Eigene Darstellung.)                                                                         | 197 |
| 6.2 Lage der optimale Portfolios ohne Regulierung im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm je nach Diversität der Risikoaversionsparameter $\lambda_i$ und $\lambda_j$ sowie Größen $Y_i$ und $Y_j$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                         | 199 |
| 6.3 Lage der optimalen Portfolios unter mikroprudentieller Regulierung im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm je nach Heterogenität der Risikoaversionsparameter $\lambda_i$ und $\lambda_j$ sowie Größen $Y_i$ und $Y_j$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . . | 201 |
| 6.4 Verlauf der Risikomaße Value-at-Risk und Shapley-Wert in Abhängigkeit von der Größe $Y_1$ von Bank 1. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                         | 203 |
| 6.5 Funktionaler Verlauf der größenabhängigen Value-at-Risk constraint $\underline{VaR}(Y)$ für $k_1 = 3,4$ und $k_2 = 1,50$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                    | 214 |
| 6.6 Die Menge der bzgl. der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint zulässigen Portfolios einer Bank in Abhängigkeit von deren Größe. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                         | 215 |
| 6.7 Darstellung der größenabhängigen Value-at-Risk constraints im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm bei relativer Betrachtung der Portfoliorückflüsse. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                    | 216 |
| 6.8 Darstellung der größenabhängigen Value-at-Risk constraint im $(\mu, \sigma)$ -Diagramm für $Y_i = 1,5$ bei absoluter Betrachtung der Portfoliorückflüsse. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                     | 217 |
| 6.9 Strategieraum unter makroprudentieller Regulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                        | 218 |
| 6.10 Einfluss einer größenabhängigen makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl zweier stark risikoaverser Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                | 220 |
| 6.11 Einfluss einer größenabhängigen makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die Portfoliowahl einer schwach und einer stark risikoaversen Bank. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                          | 221 |

---

|     |                                                                                                                                                              |     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1 | Darstellung $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene $\bar{\theta}$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . . | 236 |
| 8.2 | Darstellung $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene $\bar{\theta}$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . . | 238 |

# Tabellenverzeichnis

|     |                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1 | Vergleichende Gegenüberstellung der mikro- und makroprudentiellen Bankenregulierung. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an BORIO (2011), S. 2.) . . . . .                                                                  | 43  |
| 3.2 | Kategorien und Indikatoren zur Identifizierung der einzelnen Phasen eines Konjunkturzyklus'. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an DREHMANN ET AL. (2010), S. 9-12.) . . . . .                                             | 51  |
| 3.3 | Kategorien und Indikatoren zur Identifizierung global systemisch relevanter Banken. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ESRB (2014a), S. 85.)                                                                            | 54  |
| 3.4 | Risikobeiträge von Bank 1 zu den einzelnen Tupeln. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                                       | 85  |
| 4.1 | Die Mindesteigenkapitalanforderungen $RC^1$ und $RC^2$ bei der Portfoliowahl aus einer sicheren und einer riskanten Anlage. (Quelle: Eigene Darstellung.)                                                                        | 109 |
| 4.2 | Portfoliowahl der Banken bei einer sicheren und einer riskanten Anlage unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung für den Fall $VaR_\alpha(R) < -r < VaR_\alpha(R) + c$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .     | 111 |
| 4.3 | Portfoliowahl der Banken bei zwei riskanten Anlage unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung für den Fall $k_1 = 1$ und $k_2 = 10$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                         | 121 |
| 5.1 | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen zweier stark risikoaverser Banken ( $\lambda_1=\lambda_2=5$ ) unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                         | 178 |
| 5.2 | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1=0,5; \lambda_2=5$ ) unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . . | 179 |
| 6.1 | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei zwei schwach risikoaversen Banken ohne Regulierung. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . .                                                                          | 198 |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.2  | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer moderat risikoaversen Bank ohne Regulierung. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                                                                            | 199 |
| 6.3  | Resultierende Nash-Gleichgewichte $(\theta_1^*; \theta_2^*)$ unter einer makroprudentiellen Regulierung mittels Externalitätenterm in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern $\lambda_i$ und der Größe $Y_1$ von Bank 1. (Quelle: Eigene Darstellung.)                                        | 204 |
| 6.4  | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei zwei moderat risikoaversen Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 1,5$ ) für $Y_1 = 1$ unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                      | 206 |
| 6.5  | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei zwei moderat risikoaversen Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 1,5$ ) für $Y_1 = 1,75$ unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                   | 207 |
| 6.6  | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1=0,5; \lambda_2=5$ ) für $Y_1 = 1$ unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                        | 208 |
| 6.7  | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1=0,5; \lambda_2=5$ ) für $Y_1 = 1,75$ unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                     | 209 |
| 6.8  | Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1=0,5; \lambda_2=5$ ) für $Y_1 = 0,25$ unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                     | 210 |
| 6.9  | Resultierende Nash-Gleichgewichte $(\theta_1^{**}; \theta_2^{**})$ unter einer makroprudentiellen Regulierung mittels Value-at-Risk constraint in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern $\lambda_i$ und der Größe $Y_1$ von Bank 1. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                  | 212 |
| 6.10 | Resultierende Nash-Gleichgewichte $(\theta_1^{**}; \theta_2^{**})$ unter einer makroprudentiellen Regulierung mittels größenabhängiger Value-at-Risk constraint in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern $\lambda_i$ und der Größe $Y_1$ von Bank 1. (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . . | 219 |
| 6.11 | Mehrwert einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint gegenüber einer größenunabhängigen Value-at-Risk constraint in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern $\lambda_i$ . (Quelle: Eigene Darstellung.) . . . . .                                                                          | 223 |

# 1 Einleitung und Problemstellung

Die Regulierung von Finanzinstituten erfuhr in den letzten Jahren einen grundlegenden Paradigmenwechsel. Initiator war allen voran die jüngste Finanzkrise. Ungeachtet der sowohl quantitativ als auch qualitativ hohen regulatorischen Anforderungen, welche von den Finanzinstituten bspw. in Bezug auf ihr vorzuhaltendes Eigenkapital sowie ihr Risiko- und Liquiditätsmanagement erfüllt werden mussten und auch erfüllt wurden, führte die finanzielle Schieflage einzelner Finanzinstitute zu einer Schieflage des gesamten Bankensystems, welche Wohlfahrtsverluste für die Realwirtschaft und hohe Kosten für die Steuerzahler zur Folge hatte. Dies zeigte insbesondere, dass die Stabilität der einzelnen Finanzinstitute nicht zwingend mit der Stabilität des Bankensystems einhergehen muss. Vielmehr kann ein aus Sicht einzelner Finanzinstitute rationales Verhalten gar mit einer Destabilisierung des Finanzsystems einhergehen. Folglich kann eine Systemstabilität durch die Implementierung von Regulierungsrahmenwerken wie die Baseler Rahmenwerke I und II, welche ausschließlich regulatorische Anforderungen an die individuellen Risiken von Banken stellen, nur bedingt sichergestellt werden.

Im Lichte dessen wird seitens der Politik und der Wissenschaft aktuell weniger eine Verschärfung der bisherigen regulatorischen Anforderungen angestrebt als vielmehr eine zumindest teilweise Neuausrichtung der Bankenregulierung vorangetrieben. Hierbei wurde die Idee einer makroprudentiellen Bankenregulierung neu aufgegriffen. Makroprudentiell meint, dass im Gegensatz zum mikroprudentiellen Pendant nicht die individuellen Risiken einzelner Finanzinstitute Gegenstand der Regulierung sind. Stattdessen wird durch geeignete regulatorische Maßnahmen ein aus systemischer Sicht systematisches Fehlverhalten (Moral Hazard) von Banken verhindert und dadurch das systemische Risiko als Ganzes gemildert. Regulatorisch zu erfassen sind dabei die Zeit- und die Querschnittsdimension des systemischen Risikos. In der Zeitdimension wird die Entwicklung des systemischen Risikos im Zeitablauf betrachtet. Gegenstand der Regulierung ist hier die dem Bankensystem inhärente Prozyklizität. Diese induziert eine exzessive Kreditvergabe in Zeiten des konjunkturellen Aufschwungs sowie eine übermäßige Kürzung der Kreditvergabe im Falle einer Rezession und in Folge eine Verstärkung der konjunkturellen Zyklen. Hingegen wird in der Querschnittsdimension des systemischen Risikos die Verteilung der im Bankensystem befindlichen Risiken zu einem gegebenen Zeitpunkt betrachtet. Gegenstand der Regulie-

rung sind hier Risikokonzentrationen im Bankensystem in Form von Verflechtungen, welche zum gemeinsamen Ausfall mehrerer Finanzinstitute führen können. Dies sind neben den indirekten Verflechtungen infolge von Exposure zu gemeinsamen Risikofaktoren, welche direkt zu gemeinsamen Wertänderungen von Banken führen, auch die direkten Verflechtungen infolge von Geschäftsbeziehungen zwischen Banken, welche indirekt zu gemeinsamen Wertänderungen führen können.

Beide Dimensionen des systemischen Risikos werden im jüngsten Baseler Rahmenwerk, Basel III, bereits adressiert. Zur Erfassung der Zeitdimension dient dort ein antizyklischer Kapitalpuffer, welcher die Banken ausschließlich im Aufschwung und somit zeitgleich zum Aufbau von Risikopositionen zur Bildung eines zusätzlichen Puffers verpflichtet. Dies induziert eine Erhöhung der Verlusttragfähigkeit der Banken im Falle einer Rezession, infolgedessen der notwendige Umfang der Kürzung der Kreditvergabe und in Konsequenz die Prozyklizität des Bankensystems gemildert wird. Zur Erfassung der Querschnittsdimension scheint dieses Regulierungsinstrument somit aus theoretischer Sicht adäquat, wenngleich eine praktische Belastungsprobe noch aussteht. Anders verhält es sich beim systemischen Risikopuffer, welcher zum Zwecke der Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos in das Regulierungsrahmenwerk aufgenommen wurde. Durch die Implementierung eines solchen Puffers müssen die als systemisch relevant eingestuften Finanzinstitute strengere Mindesteigenkapitalanforderungen erfüllen. Da dieser Ansatz allerdings mit einer verstärkten mikroprudentiellen Regulierung ausgewählter Finanzinstitute gleichzusetzen ist, ist die Eignung dieses Regulierungsinstruments für die Verfolgung makroprudentieller Ziele wie bspw. die Auflösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen stark limitiert.

Ein offenes Problemfeld der makroprudentiellen Bankenregulierung stellt aktuell somit die Entwicklung geeigneter Instrumente zur regulatorischen Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos dar. Dieses soll im Rahmen der vorliegenden Dissertation zumindest teilweise erschlossen werden. Hierfür wird in Kapitel 2 zunächst ausführlich die Notwendigkeit der regulatorischen Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos erörtert. Es wird gezeigt, dass direkte und indirekte Verflechtungen zwischen Finanzinstituten sowohl aus dem internen Liquiditäts- und Risikomanagement heraus als auch infolge strategischer Entscheidungen entstehen können und unter welchen Voraussetzungen diese Verflechtungen die Stabilität des Bankensystems gefährden. Zudem wird offengelegt, weshalb es für die Milderung des systemischen Risikos zwingend einen makroprudentiellen Regulierungsansatz bedarf und weshalb insbesondere unter einer ausschließlich auf dem individuellen Risiko von Finanzinstituten basierenden (mikroprudentiellen) Regulierung die Ziele der makroprudentiellen Regulierung verfehlt werden. Hieran anknüpfend zeigt Kapitel 3 den aktuellen Status quo sowie die offenen Problemfelder der makroprudentiellen Banken-

regulierung auf. Kritisch gewürdigt werden hier insbesondere die in der relevanten Literatur diskutierten Ansätze zur Messung systemischer Risikobeiträge. Es wird gezeigt, dass neben dem aktuellen Regulierungsrahmenwerk Basel III auch die relevante Literatur kein geeignetes Instrument aufzeigt, mit dem die Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung in der Querschnittsdimension adäquat verfolgt werden können.

Das Ziel dieser Arbeit besteht somit in der Ausarbeitung von regulatorischen Instrumenten, mit denen die Portfoliowahl von Finanzinstituten dahingehend beeinflusst werden kann, dass eine starke Verflechtung des Bankensystems verhindert und infolge das systemische Risiko gemildert wird. Da regulatorisch motivierte Anreizeffekte bei der Portfoliowahl von Finanzinstituten vordergründig durch die Implementierung einer Mindesteigenkapitalanforderung gesetzt werden, werden in dieser Arbeit makroprudentielle Konzeptionen einer Mindesteigenkapitalanforderung betrachtet. Eine theoretische Herleitung verschiedener Ausgestaltungsmöglichkeiten liefert zunächst Kapitel 4 anhand eines vergleichsweise einfachen Modellrahmens, bei dem die Finanzinstitute nach einer Minimierung ihres vorzuhaltenden Eigenkapitals streben. Trotz des einfach gehaltenen Modellrahmens, welcher der Gewinnung von Plausibilitäts- bzw. Konsistenzaussagen dient, lassen sich hier bereits der Mehrwert einer makroprudentiellen Bankenregulierung gegenüber dem mikroprudentiellen Pendant sowie die sich im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung ergebenden Implikationen für die Portfoliowahl, welche den Paradigmen einer mikroprudentiellen Bankenregulierung zuwiderlaufen, offenlegen. Hieran anknüpfend verdeutlicht Kapitel 5 die Robustheit der zuvor hergeleiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten bzgl. des den Finanzinstituten unterstellten Entscheidungskalküls. So ergeben sich für den Fall, dass das Entscheidungsverhalten der Banken unter Risiko wie für finanzierungstheoretische Fragestellungen üblich durch das  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip operationalisiert wird, im Kern identische Anreizeffekte für die Portfoliowahl. Zudem werden innerhalb des betrachteten Modellrahmens nochmals die Fehlanreize einer mikroprudentiellen Bankenregulierung aufgezeigt. Kapitel 6 liefert eine Verallgemeinerung des in Kapitel 5 vorgestellten Modells in der Art, dass die zuvor postulierte Homogenität der beiden betrachteten Finanzinstitute bzgl. ihrer Größe aufgehoben wird. Auch in diesem Modellrahmen führen die zuvor hergeleiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen Bankenregulierung zu einer Lösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen. Zudem kann wie schon in den Kapiteln 4 und 5 die Konvergenz der Portfoliowahl im makroprudentiellen Regulierungsregime gegen diejenige unter mikroprudentieller Regulierung für verschiedene Grenzfälle nachgewiesen werden. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse und einem Ausblick in Kapitel 7.

## **2 Notwendigkeit der regulatorischen Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos**

Für die Darlegung der Notwendigkeit der regulatorischen Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos wird im Folgenden aufgezeigt, wie Banken durch ihre Portfoliowahl indirekte und direkte Verflechtungen erzeugen, inwieweit die Entstehung und Aufrechterhaltung dieser Verflechtungen seitens der Banken gar strategisch motiviert sein kann und wie Verflechtungen auf die Höhe des systemischen Risikos wirken. Behandelt werden in Kapitel 2.1 zunächst die indirekten Verflechtungen. Kapitel 2.1.1 zeigt, inwiefern indirekte Verflechtungen zwischen Finanzinstituten als unvermeidliche Folge von deren Bestreben nach gut diversifizierten Portfoliorückflüssen aufgefasst werden können. Hierfür dient in erster Linie das Modell von WAGNER (2010) sowie die Erweiterung dieses Modells durch VAN OORDT (2014). Nachdem in Kapitel 2.1.1.1 zunächst der Modellrahmen erörtert wird, legt Kapitel 2.1.1.2 den Einfluss einer linearen Diversifikation von Banken auf das Ausmaß der indirekten Verflechtungen sowie die Höhe des systemischen Risikos dar. Im anschließenden Kapitel 2.1.1.3 wird begründet, warum bei der simultanen Betrachtung der individuellen Risiken einzelner Banken und des systemischen Risikos eine kritischere und differenziertere Betrachtung der Diversifikationsmaßnahmen einzelner Banken notwendig ist als bei einer alleinigen Betrachtung von individuellen Risiken. Kapitel 2.1.1 schließt mit der Vorstellung der Modellerweiterung nach VAN OORDT (2014), welche verdeutlicht, dass im Lichte des systemischen Risikos neben den linearen auch die nichtlinearen Diversifikationsmaßnahmen von Banken kritischer und differenzierter zu würdigen sind. Im Kapitel 2.1.2 werden die Ursachen und Folgen des systemische Risikoanreizproblems nach ACHARYA (2009) aufgezeigt. Es wird verdeutlicht, dass sich indirekte Verflechtungen zwischen Finanzinstituten auch auf strategische Entscheidungen zurückführen lassen. In Kapitel 2.1.2.1 wird dabei zunächst derjenige systemische Risikoanreiz von Banken betrachtet, der auf den von Bankenausfällen typischerweise verursachten negativen Externalitäten fußt. Daran anschließend wird in Kapitel 2.1.2.2 der systemische Risikoanreiz infolge impliziter staatlicher Garantien erörtert. Dem gegenüber zeigt Kapitel 2.2, unter welchen Bedingungen Geschäftsbeziehungen zwischen Banken und die daraus resultierenden direkten Verflechtungen zu einer Erhöhung

des systemischen Risikos führen können. Hierfür werden in Kapitel 2.2.1 Interbankenkredite und im anschließenden Kapitel 2.2.2 derivative Finanzinstrumente betrachtet. Dabei werden in den jeweiligen Kapiteln zunächst die Einsatzmotive beider Finanzinstrumente erörtert (Kapitel 2.2.1.1 bzw. Kapitel 2.2.2.1), bevor in den daran anschließenden Kapiteln eine Darlegung des jeweiligen Einflusses der Instrumente auf die Höhe des systemischen Risikos erfolgt (Kapitel 2.2.1.2 bzw. Kapitel 2.2.2.2). Kapitel 2 schließt mit einem Zwischenfazit in Kapitel 2.3.

## 2.1 Systemisches Risiko infolge indirekter Verflechtungen

Indirekte Verflechtungen zwischen Banken sind dadurch gekennzeichnet, dass deren Portfoliorückflüsse ähnlichen oder gar identischen Risikofaktoren ausgesetzt sind, ohne dass die Banken direkte Geschäftsbeziehungen eingehen. Sie entstehen durch die Investition mehrerer Finanzinstitute in identische oder sich stark ähnelnde Anlagen (bspw. durch die Vergabe von Krediten an Unternehmen derselben Industrie, desselben Landes etc.). Die für das systemische Risiko hohe Relevanz indirekter Verflechtungen resultiert daraus, dass die Realisation eines Risikofaktors und ein damit einhergehender Wertverlust einzelner Anlagen bei starken indirekten Verflechtungen stets eine Vielzahl an Banken zeitgleich direkt betrifft.<sup>1</sup>

### 2.1.1 (Über-)Diversifikation von Finanzinstituten

Während die Wirkung von Diversifikationsmaßnahmen einzelner Banken auf deren jeweiliges individuelles Risiko bereits seit der klassischen Portfoliotheorie nach MARKOWITZ (1952) bekannt ist, wurde der Einfluss von Diversifikationsmaßnahmen einzelner Banken (und den damit doch typischerweise, wenngleich nicht notwendigerweise einhergehenden indirekten Verflechtungen) auf das systemische Risiko erstmals von WAGNER (2010) modelltheoretisch fundiert. Im Folgenden erfolgt eine kritische Würdigung der Modellprämissen sowie -implikationen.<sup>2</sup>

Betrachtet wird in einem Ein-Perioden-Modell ein Bankensystem bestehend aus zwei Finanzinstituten. Diese bilden in  $t = 0$  ihr jeweiliges Portfolio. Hierfür stehen ihnen mit der Anlage  $X$  und der Anlage  $Y$  zwei Investitionsmöglichkeiten zur Verfügung, deren Rückflüsse identisch und unabhängig auf dem Intervall  $[0,1]$  verteilt sind. Allein aus dem Rückfluss ihres

---

<sup>1</sup>VIÑALS (2011), S. 8; BORIO (2011), S. 3. Einen empirischen Befund für die hohe Relevanz indirekter Verflechtungen liefern MEMMEL ET AL. (2015).

<sup>2</sup>Wie schon in BÖRNER (2013) wird das Modell für die Zwecke der vorliegenden Arbeit in einer verallgemeinerten Form wiedergegeben.

jeweiligen Portfolios müssen beide Banken zum Zeitpunkt  $t = 1$  einen von der Portfoliowahl unabhängigen Fremdkapitalbetrag  $d \in (0,1)$  tilgen.<sup>3</sup>

Aufgrund des ausfallbedrohten Fremdkapitals entstehen im betrachteten Bankensystem verschiedenartige Risiken. Falls der in  $t = 1$  realisierte Portfoliorückfluss einer Bank nicht für die Befriedigung sämtlicher Ansprüche der Fremdkapitalgeber ausreicht, erleidet eben jenes Finanzinstitut einen Ausfall.<sup>4</sup> Dieses Ausfallrisiko spiegelt das individuelle Risiko einer Bank wider. Ein zusätzliches (systemisches) Risiko existiert aufgrund des drohenden gemeinsamen Ausfalls beider Finanzinstitute, also dem Ausfall des gesamten Bankensystems.

In Kapitel 2.1.1.1 erfolgt eine Quantifizierung der Wahrscheinlichkeiten individueller und gemeinsamer Ausfälle für den als Benchmark zu verstehenden Fall, dass keine der beiden Banken ihren jeweiligen Portfoliorückfluss diversifiziert und zudem verschiedene Anlagen gewählt werden. Anschließend wird in Kapitel 2.1.1.2 erörtert, wie sich die individuellen Ausfallrisiken sowie das gemeinsame Ausfallrisiko infolge von linearen Diversifikationsmaßnahmen ändern und unter welchen Bedingungen es zu einer Überdiversifikation der Finanzinstitute kommt.<sup>5</sup> Unter Hinzunahme des Modells von IBRAGIMOV ET AL. (2011), welches als eine Verallgemeinerung des Modells von WAGNER (2010) angesehen werden kann, wird anschließend erläutert, von welchen Charakteristiken des Bankensystems der aus Sicht der Gesamtwohlfahrt optimale Diversifikationsgrad von Finanzinstituten abhängt. Abschließend wird in Kapitel 2.1.1.4 mit Hilfe einer durch VAN OORDT (2014) vorgenommenen Erweiterung des Modells untersucht, inwieweit und unter welchen Bedingungen eine nichtlineare Diversifikation der Banken als Lösung des Problems der Überdiversifikation angesehen werden kann.<sup>6</sup>

### 2.1.1.1 Systemisches Risiko im nicht-diversifizierten Bankensystem

Falls sich keine der beiden Banken diversifiziert und zudem unterschiedliche Anlagen gewählt werden, besteht (ohne Beschränkung der Allgemeinheit) das Portfolio von Bank 1 ausschließlich aus der Investition in Anlage  $X$  und das Portfolio von Bank 2 ausschließlich aus der Investition in Anlage  $Y$ . In Abhängigkeit von den realisierten Rückflüssen  $x$  bzw.  $y$

---

<sup>3</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 375-376.

<sup>4</sup>Bank Runs auf solvente Banken infolge asymmetrisch verteilter Informationen werden hier nicht betrachtet. Deren Berücksichtigung führt aber zu keiner qualitativen Änderung der Modellergebnisse. Der Beweis hierfür findet sich in WAGNER (2010), S. 382-385.

<sup>5</sup>Lineare Diversifikation bedeutet, dass die Banken ihre Portfolios als einfache Linearkombination der einzelnen Anlagen bilden. Vgl. VAN OORDT (2014), S. 216.

<sup>6</sup>Nichtlineare Diversifikation berücksichtigt im Gegensatz zur linearen Diversifikation die Möglichkeit, die einzelnen Anlagen in (bspw. vorrangige und nachrangige) Tranchen einzuteilen, infolgedessen die Portfoliorückflüsse der Banken nichtlinear von den Rückflüssen der Anlagen abhängen. Vgl. VAN OORDT (2014), S. 215 u. S. 218.

existieren in  $t = 1$  somit die vier in Abbildung 2.1 grafisch dargestellten Umweltzustände:<sup>7</sup>

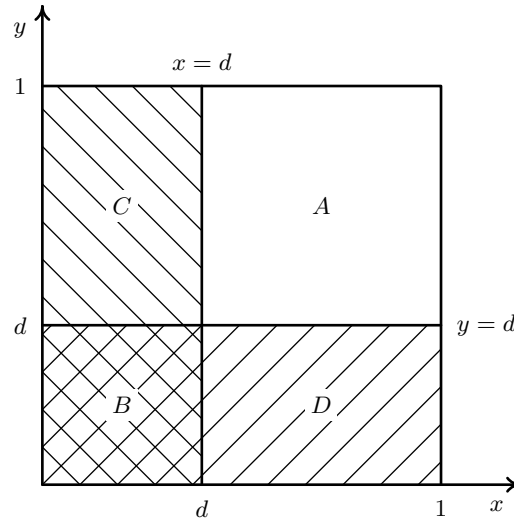


Abbildung 2.1: Verteilung der Portfoliorückflüsse in  $t = 1$  ohne Diversifikation. (Quelle: BÖRNER (2013), S. 4.)

- A) Es gilt  $x \geq d$  und  $y \geq d$ . Die realisierten Portfoliorückflüsse beider Banken übersteigen die Ausfallgrenze  $d$ , sodass keine der beiden Banken ausfällt. Fläche  $A$  kennzeichnet somit den Zustand des gemeinsamen Überlebens beider Banken.
- B) Es gilt  $x < d$  und  $y < d$ . Die realisierten Portfoliorückflüsse beider Banken unterschreiten die Ausfallgrenze  $d$ , sodass beide Banken ausfallen. Fläche  $B$  kennzeichnet somit den Zustand des gemeinsamen Ausfalls beider Banken.
- C) Es gilt  $x < d$  und  $y \geq d$ . Der realisierte Portfoliorückfluss von Bank 1 unterschreitet die Ausfallgrenze  $d$ , sodass Bank 1 ausfällt, während der realisierte Portfoliorückfluss von Bank 2 den Betrag  $d$  übersteigt und Bank 2 somit überlebt. Fläche  $C$  kennzeichnet somit den Zustand des individuellen Ausfalls von Bank 1 (bzw. den des individuellen Überlebens von Bank 2).<sup>8</sup>
- D) Es gilt  $x \geq d$  und  $y < d$ . Der realisierte Portfoliorückfluss von Bank 1 übersteigt die Ausfallgrenze  $d$ , sodass Bank 1 überlebt, während der realisierte Portfoliorückfluss von Bank 2 den Betrag  $d$  unterschreitet und Bank 2 somit ausfällt. Fläche  $D$  kennzeichnet

<sup>7</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 375-376, zitiert nach BÖRNER (2013), S. 4-5.

<sup>8</sup>Der Zustand des individuellen Ausfalls bezeichnet in diesem Kontext den Ausfall von genau einer Bank. Individuelle und gemeinsame Ausfälle sind somit disjunkte Zustände.

somit den Zustand des individuellen Ausfalls von Bank 2 (bzw. den des individuellen Überlebens von Bank 1).

Bei Kenntnis der jeweiligen Wahrscheinlichkeit der einzelnen Flächen lassen sich die verschiedenen Ausfallrisiken leicht quantifizieren. Für Bank 2 entspricht die (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit der Summe der Wahrscheinlichkeiten der Flächen  $B$  und  $D$ . Diese (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit gliedert sich in die individuelle Ausfallwahrscheinlichkeit, welche der Wahrscheinlichkeit der Fläche  $D$  entspricht, und der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 1 und Bank 2, welche der Wahrscheinlichkeit der Fläche  $B$  entspricht:

$$\begin{aligned} P^{o.D.}(\text{Ausfall von Bank 2}) &= P(Y < d) = P(B) + P(D) \quad , \\ P^{o.D.}(\text{individueller Ausfall von Bank 2}) &= P(Y < d, X \geq d) = P(D) \quad , \\ P^{o.D.}(\text{gemeinsamer Ausfall}) &= P(Y < d, X < d) = P(B) \quad .^9 \end{aligned}$$

### 2.1.1.2 Systemisches Risiko bei linearer Diversifikation

Die systemischen Auswirkungen einer linearen Diversifikation können bereits durch die Annahme der Diversifikation des Portfoliorückflusses eines Finanzinstituts verdeutlicht werden. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit wird daher im Folgenden angenommen, dass das Portfolio von Bank 1 nach wie vor ausschließlich aus der Investition in Anlage  $X$  besteht, während Bank 2 ihr Portfolio nun diversifiziert. Bank 2 zieht hierfür einen Anteil  $r \in (0,1)$  aus der Investition in Anlage  $Y$  ab und investiert diesen Anteil in Anlage  $X$ . Der Rückfluss  $\vartheta_2(x, y)$  des von Bank 2 gehaltenen Portfolios in  $t = 1$  ergibt sich somit wie folgt:

$$\vartheta_2(x, y) = r \cdot x + (1 - r) \cdot y \quad .^{10} \quad (2.1)$$

Hierbei entspricht  $r = 0$  dem in Kapitel 2.1.1.1 betrachteten Fall, dass sich Bank 2 nicht diversifiziert, während  $r = \frac{1}{2}$  aufgrund der unabhängig und identisch verteilten Rückflüsse von Anlage  $X$  und Anlage  $Y$  den Fall der vollen Diversifikation repräsentiert. Der in Anlage  $X$  investierte Anteil  $r$  lässt sich somit als Diversifikationsgrad interpretieren, welcher umso größer ist, je näher  $r$  bei  $\frac{1}{2}$  liegt.

<sup>9</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 376, zitiert nach BÖRNER (2013), S. 5. Die verwendete Abkürzung o.D. steht für „ohne Diversifikation“.

<sup>10</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 377.

Zu Sicherstellung der Solvenz von Bank 2 in  $t = 1$  muss der realisierte Portfoliorückfluss  $\vartheta_2(x, y)$  von Bank 2 die Ausfallgrenze  $d$  übersteigen. Diese Bedingung stellt sich bei gegebenen Diversifikationsgrad  $r$  formal wie folgt dar:

$$\vartheta_2(x, y) = r \cdot x + (1 - r) \cdot y \geq d \quad . \quad (2.2)$$

Aus Gleichung 2.2 lässt sich bei gegebenen, realisierten Rückfluss  $x$  von Anlage  $X$  die minimale Realisation  $\underline{y}$  der Anlage  $Y$  berechnen, welche für die Vermeidung des Ausfalls von Bank 2 nötig ist:

$$\underline{y}(x) \geq \frac{d}{1 - r} - \frac{r}{1 - r} \cdot x \quad . \quad (2.3)$$

Da Bank 1 nach wie vor ausschließlich in Anlage  $X$  investiert, ist die notwendige und hinreichende Bedingung für die Vermeidung des Ausfalls unverändert  $x \geq d$ . Wie Gleichung 2.3 verdeutlicht, gilt diese vollständige Abhängigkeit von dem Rückfluss einer einzelnen Anlage für Bank 2 aufgrund der Diversifikation des Portfoliorückflusses nicht mehr. Je höher  $r$  ist, desto mehr (weniger) hängt der Portfoliorückfluss von Bank 2 von dem Rückfluss der Anlage  $X$  (Anlage  $Y$ ) ab. Zudem ist die zur Vermeidung des Ausfalls von Bank 2 benötigte minimale Realisation  $\underline{y}$  von Anlage  $Y$  umso geringer, je höher der realisierte Rückfluss  $x$  von Anlage  $X$  ist et vice versa. Infolge der Diversifikation des Portfoliorückflusses von Bank 2 ergeben sich daher die in Abbildung 2.2 grafisch dargestellten Veränderungen im Vergleich zu dem in Kapitel 2.1.1.1 betrachteten Fall, in dem keines der beiden Finanzinstitute sein Portfolio diversifizierte:<sup>11</sup>

- A) Es gilt  $x \geq d$  und  $y \geq d$ . Unabhängig vom gewählten Diversifikationsgrad überlebt Bank 2. Da die realisierten Rückflüsse beider Anlagen die Verschuldungsgrenze  $d$  übersteigen, gilt dies auch für jede beliebige Linearkombination zwischen ihnen. Bank 1 überlebt ebenfalls.
- B) Es gilt  $x < d$  und  $y < d$ . Unabhängig vom gewählten Diversifikationsgrad fällt Bank 2 aus. Da die realisierten Rückflüsse beider Anlagen die Verschuldungsgrenze  $d$  unterschreiten, gilt dies auch für jede beliebige Linearkombination zwischen ihnen. Bank 1 fällt ebenfalls aus.
- C) Es gilt  $x < d$  und  $y \geq d$ . Mit steigendem  $r$  kommt es zu vermehrten Ausfällen von Bank 2 (Fläche  $E$  steigt mit steigendem  $r$ ), da der realisierte Rückfluss von Bank 2

<sup>11</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 377-378; IBRAGIMOV ET AL. (2011), S. 341, zitiert nach BÖRNER (2013), S. 5-6.

stärker von der Anlage (hier Anlage  $X$ ) abhängt, welche die Ausfallgrenze unterschreitet. Bank 1 fällt stets aus.

- D) Es gilt  $x \geq d$  und  $y < d$ . Mit steigendem  $r$  kommt es zu weniger Ausfällen von Bank 2 (Fläche  $F$  steigt mit steigendem  $r$ ), da der realisierte Rückfluss von Bank 2 weniger stark von der Anlage (hier Anlage  $Y$ ) abhängt, welche die Ausfallgrenze unterschreitet. Bank 1 überlebt stets.

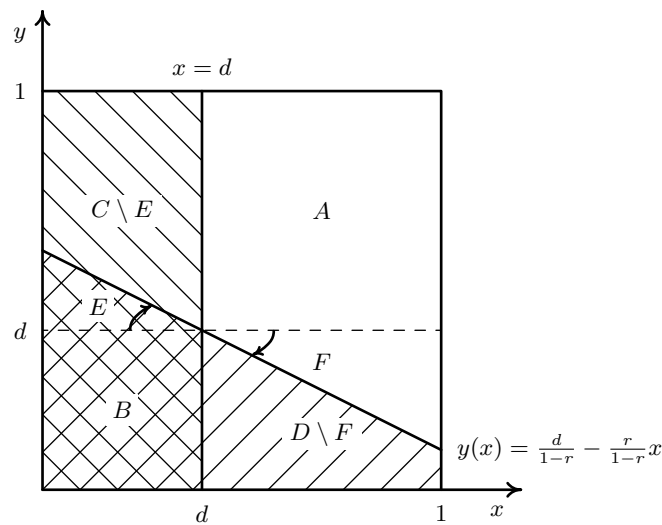


Abbildung 2.2: Verteilung der Portfoliorückflüsse in  $t = 1$  bei linearer Diversifikation von Bank 2. (Quelle: BÖRNER (2013), S. 6.)

Wie Abbildung 2.2 verdeutlicht, sinkt durch die lineare Diversifikation von Bank 2 deren (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit. Dieser Standardeffekt der Diversifikation ist im Einklang mit der klassischen Portfoliotheorie.<sup>12</sup> Die einzige, keineswegs restriktive Annahme ist hierbei, dass die Wahrscheinlichkeit der Fläche  $F$  die Wahrscheinlichkeit der Fläche  $E$  übersteigt:

<sup>12</sup>Vgl. IBRAGIMOV ET AL. (2011), S. 334; SAMUELSON (1967), S. 6; SHAFFER (1994), S. 269. Mögliche Nachteile einer Diversifikation auf individueller Ebene werden im Modell ausgeblendet. Sie entstehen u.a. durch die Aufnahme neuer Risiken (bspw. Wechselkursrisiken bei grenzüberschreitenden Investitionen) im Zuge der Diversifikation (GULAMHUSSEN ET AL. (2014), ALLEN/JAGTIANI (2000)), durch die Verschärfung von Principal-Agent-Problemen (JENSEN (1986), STULZ (1990), BERGER/OFEK (1995)) sowie durch die Vernachlässigung von Kernkompetenzen und einer dadurch drohenden Quersubventionierung defizitärer oder wenig rentabler Geschäftsfelder (LAMONT (1997), MEYER ET AL. (1992), MATSUSAKA (2001), RAJAN ET AL. (2000)). Stark diversifizierte Banken (und auch Unternehmen der Realwirtschaft) werden an Kapitalmärkten daher typischerweise mit einem Diversifikationsabschlag („diversification discount“) gehandelt (SERVAES (1996), CAMPA/KEDIA (2002), LANG/STULZ (1994), LINS/SERVAES (1999), GRAHAM ET AL. (2002)).

$$\begin{aligned}
P^{l.D.}(\text{Ausfall von Bank 2}) &= P(Y < \underline{y}) \\
&= P(B) + P(D \setminus F) + P(E) \\
&= P(B) + P(D) - P(F) + P(E) \\
&< P(B) + P(D) \quad \text{für } P(F) > P(E) \\
&= P^{o.D.}(\text{Ausfall von Bank 2}) \quad .^{13}
\end{aligned}$$

Die (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 2 lässt sich wie in Kapitel 2.1.1.1 in deren individuelle Ausfallwahrscheinlichkeit und in die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 1 und Bank 2 untergliedern. Während die individuelle Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 2 infolge der linearen Diversifikation stets um die Wahrscheinlichkeit der Fläche  $F$  sinkt, erhöht sich die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 1 und Bank 2 um die Wahrscheinlichkeit der Fläche  $E$ . Zurückzuführen sind beide Effekte auf ein und denselben Grund. Die lineare Diversifikation von Bank 2 führt zu einer Homogenisierung (Überlappung) der Portfolios beider Banken, also zu indirekten Verflechtungen, infolgedessen sich die (Ausfall-)Risiken der beiden Banken stärker ähneln. Dies ist anhand Abbildung 2.2 daran zu erkennen, dass die „neuen Ausfallzustände“ von Bank 2, repräsentiert durch die Fläche  $E$ , in denjenigen Zuständen entstehen, in denen Bank 1 ebenfalls ausfällt, während die „neuen Überlebenszustände“ von Bank 2, repräsentiert durch die Fläche  $F$ , in denjenigen Szenarien entstehen, in denen auch Bank 1 überlebt und Bank 2 ohne Diversifikation lediglich individuell ausfällt:

$$\begin{aligned}
P^{l.D.}(\text{indiv. Ausfall von Bank 2}) &= P(Y < \underline{y}, X \geq d) \\
&= P(D \setminus F) \\
&= P(D) - P(F) \\
&< P(D) \quad \text{für } P(F) > 0 \\
&= P^{o.D.}(\text{indiv. Ausfall von Bank 2}) \quad .^{14}
\end{aligned}$$

<sup>13</sup>Die verwendete Abkürzung l.D. steht für „lineare Diversifikation“. Wenn bspw. die Rückflüsse beider Anlagen unabhängig und gleichverteilt auf dem Intervall  $[0,1]$  sind und folglich die jeweilige Fläche der einzelnen Umweltzustände der jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeit entspricht, ist die Bedingung  $P(F) > P(E)$  erfüllt, solange  $d < \mathbb{E}(X) = \mathbb{E}(Y) = \frac{1}{2}$  gilt. Dies ist vernünftigerweise zu fordern, da eine Bank keinen Fremdkapitalbetrag in solch einer Höhe aufnimmt bzw. aufnehmen kann, dass sich der Großteil der Wahrscheinlichkeitsmasse des unsicheren Portfoliorückflusses auf diejenigen Zustände verteilt, in denen die Bank ausfällt. Vgl. WAGNER (2010), S. 377, zitiert nach BÖRNER (2013), S. 6.

Wie im Modell ersichtlich wird, kann durch eine lineare Diversifikation nicht die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 1 und Bank 2 (das systemische Risiko) gesenkt werden. Sie entspricht mindestens der Wahrscheinlichkeit der Fläche  $B$ . Mit zunehmender Diversifikation steigt die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit aus oben genannten Gründen gar immer weiter an:

$$\begin{aligned}
 P^{l.D.}(\text{gemeinsamer Ausfall}) &= P(Y < \underline{y}, X < d) \\
 &= P(B) + P(E) \\
 &> P(B) \quad \text{für } P(E) > 0 \\
 &= P^{o.D.}(\text{gemeinsamer Ausfall}) \quad .
 \end{aligned}$$

In welchem Maße eine solche Diversifikation von Bank 2 nun aus Sicht der Gesamtwohlfahrt wünschenswert ist, kann ohne zusätzliche Annahmen nicht beurteilt werden. Für den aus Sicht der Gesamtwohlfahrt optimalen Diversifikationsgrad sind neben den Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Flächen bzw. Zustände (individueller versus gemeinsamer Ausfall) auch deren Kosten von Relevanz.<sup>15</sup> Falls die Kosten eines gemeinsamen Ausfalls wesentlich höher sind als die Summe der Kosten der individuellen Ausfälle, die Kosten also überproportional mit der Anzahl der gleichzeitig ausgefallenen Banken steigen, ist eine starke Diversifikation, welche im Modell stets mit einer Erhöhung der indirekten Verflechtung beider Banken und einer dadurch steigenden gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit einhergeht, nicht länger optimal, obwohl durch sie die (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit einer Bank stets gesenkt und für den Fall der vollen Diversifikation gar stets minimiert wird. Der aus Sicht der Gesamtwohlfahrt optimale Diversifikationsgrad ist dadurch charakterisiert, dass der (größtenteils den Banken zukommende) Grenznutzen den (zu einem großen Teil der Realwirtschaft und der Gesellschaft entstehenden) Grenzkosten entspricht.<sup>16</sup> Je nach Verhältnis der Kosten individueller und der Kosten gemeinsamer Ausfälle kann dieser somit beliebig gering sein.<sup>17</sup>

Die überproportional hohen Kosten von gemeinsamen Ausfällen lassen sich allen voran dadurch begründen, dass lediglich gemeinsame Ausfälle von Banken negative Externalitäten auf die Realwirtschaft verursachen, während bei einem individuellen Ausfall eines Finanzin-

<sup>14</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 377; SHAFFER (1994), S. 270, zitiert nach BÖRNER (2013), S. 7. „Neue Ausfallzustände“ bezeichnet diejenigen Zustände, in denen Bank 2 ohne Diversifikation überlebt, mit Diversifikation hingegen ausfällt. „Neue Überlebenszustände“ bezeichnet demgegenüber diejenigen Zustände, in denen Bank 2 ohne Diversifikation ausfällt, mit Diversifikation hingegen überlebt.

<sup>15</sup>Vgl. RAFFESTIN (2014), S. 102.

<sup>16</sup>Vgl. IBRAGIMOV ET AL. (2011), S. 334.

<sup>17</sup>Vgl. WAGNER (2009), S. 379.

stituts deren Geschäfte von den überlebenden Banken vollständig und ohne große zeitliche Verzögerung übernommen werden können und somit aus Sicht der Gesamtwohlfahrt keine (hohen) Kosten entstehen.<sup>18</sup> Bei gemeinsamen Ausfällen mehrerer Banken reicht hingegen die verfügbare Liquidität der überlebenden Banken für eine vollständige und zeitnahe Übernahme sämtlicher Geschäfte der ausgefallenen Banken typischerweise nicht aus.<sup>19</sup> Dies wiederum kann dazu führen, dass die Realwirtschaft nicht mehr genügend Kredite für die Durchführung sämtlicher Projekte mit positiven Kapitalwert erhält und die Gesamtwohlfahrt infolgedessen erheblich geschmälert wird.<sup>20</sup> Eine an dieser Stelle in der Praxis oftmals durchgeführte bail-out Politik kann zwar die Kosten gemeinsamer Ausfälle senken, allerdings übersteigen die Kosten einer solchen Politik ebenfalls die aggregierten Kosten individueller Ausfälle.<sup>21</sup> Zudem besitzt eine bail-out Politik Defizite hinsichtlich der Zeitkonsistenz, da sie zwar ex post, aufgrund von Fehlanreizen aber nicht ex ante effizient ist.<sup>22</sup>

Aufgrund solcher überproportional hohen Kosten gemeinsamer Ausfälle besitzt die Portfoliowahl einer Bank Wohlfahrtsimplikationen, die weit über den klassischen Risiko-Liquidität-Trade-off eines einzelnen Finanzinstituts hinausgehen.<sup>23</sup> Der aus Sicht der Gesamtwohlfahrt relevante Trade-off ist derjenige zwischen der Häufigkeit eines Ausfalls und den daraus resultierenden Kosten. Durch eine zunehmende Diversifikation und der damit einhergehenden Senkung der (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit des sich diversifizierenden Finanzinstituts kann die Ausfallhäufigkeit zwar gesenkt werden, allerdings steigen zeitgleich auch die durch einen Ausfall induzierten erwarteten Kosten, da die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit der Banken steigt. Essentiell für die Maximierung der Gesamtwohlfahrt ist die aufgrund der unterschiedlichen Kosten notwendige Differenzierung zwischen den gemeinsamen und den individuellen Ausfällen von Banken.<sup>24</sup>

### 2.1.1.3 Überdiversifikation infolge linearer Diversifikation

Da das jeweilige Management der Finanzinstitute die letztendliche Höhe des Diversifikationsgrades festsetzt, wird der tatsächlich gewählte den aus Sicht der Gesamtwohlfahrt

<sup>18</sup>Vgl. ACHARYA/YORULMAZER (2008a), S. 2706. Die Vorteilhaftigkeit einer solchen Übernahme der Geschäfte seitens der überlebenden Bank kann bei Betrachtung eines mehrperiodigen Kontextes abnehmen oder gar gänzlich verschwinden, bspw. dann, wenn die überlebende Bank aufgrund jener Geschäftsübernahme systemische Relevanz erlangt. Für eine modelltheoretische Untersuchung dieses Trade-offs sei der interessierte Leser auf GÓMEZ (2015) verwiesen.

<sup>19</sup>Vgl. IBRAGIMOV ET AL. (2011), S. 339.

<sup>20</sup>Vgl. WAGNER (2009), S. 77-78; WAGNER (2008), S. 344.

<sup>21</sup>Vgl. CHAKRAVORTI (2000), S. 28.

<sup>22</sup>Vgl. ACHARYA/YORULMAZER (2007), S. 17; DIAMOND/DYBVIK (1983), S. 417. Detaillierte Ausführungen zu der Zeitinkonsistenz einer bail-out-Politik finden sich in Kapitel 2.1.2.2.

<sup>23</sup>Vgl. WAGNER (2009), S. 76-78.

<sup>24</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 373-374.

optimalen Diversifikationsgrad übersteigen. Dies fußt darauf, dass die Kosten gemeinsamer Ausfälle, welche bei starker Diversifikation mit höherer Wahrscheinlichkeit zu tragen sind, nicht vollständig von denjenigen Banken getragen werden, welche diese Kosten verursachen.<sup>25</sup> Von der sinkenden (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit hingegen profitieren die Banken vollständig. Da diese Überlegungen für sämtliche Banken gelten, übersteigt der gewählte Diversifikationsgrad jeder einzelnen Bank den aus Sicht der Gesamtwohlfahrt optimalen, obwohl jede einzelne Bank von der starken Diversifikation ihres eigenen Portfoliorückflusses profitiert. Daher kommt es im Gleichgewicht zu einer Überdiversifikation der Finanzinstitute.<sup>26</sup>

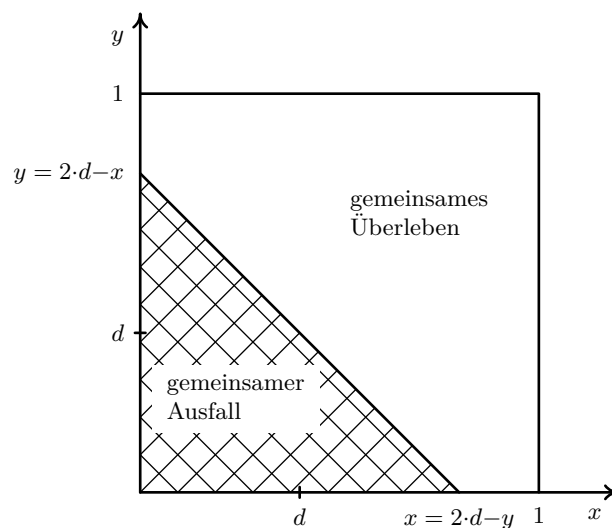


Abbildung 2.3: Verteilung der Portfoliorückflüsse in  $t = 1$  bei voller linearer Diversifikation beider Banken. (Quelle: BÖRNER (2013).)

Das Problem der Überdiversifikation entsteht in dem Modell von WAGNER (2010) auch dadurch, dass eine Diversifikation von Banken ohne die Erzeugung von indirekten Verflechtungen in Form von sich überlappenden Portfolios nicht möglich ist. Solch ein Fall ist aber sehr wohl denkbar, bspw. dann, wenn sich die beiden betrachteten Finanzinstitute durch voneinander verschiedene Aktivitäten diversifizieren können.<sup>27</sup> Allerdings kann es auch in diesem Falle zu einer Überdiversifikation kommen, vorausgesetzt die Korrelation zwischen

<sup>25</sup>Wie bereits erörtert, führen gemeinsame Ausfälle von Banken bspw. auch zu Kosten außerhalb des Bankensystems, welche in den Entscheidungskalkülen der Banken keinerlei Berücksichtigung finden. Eine Unterscheidung zwischen individuellen und gemeinsamen Ausfällen erfolgt somit bei der Festsetzung des Diversifikationsgrades nicht in dem aus Sicht der Gesamtwohlfahrt gewünschtem Maße. Vgl. BANK OF ENGLAND (2011), S. 15; WAGNER (2010), S. 379.

<sup>26</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 379.

<sup>27</sup>Bei einer höheren Anzahl an Anlagen ist eine Senkung der individuellen Risiken von Finanzinstituten ohne den Anstieg des systemischen Risikos sehr wohl möglich.

den Portfoliorückflüssen steigt infolge der Diversifikation an, was bei einer Überlappung der Portfolios trivialerweise der Fall ist. Zudem ist eine Überlappung der Portfolios bei perfekter Diversifikation unumgänglich, da dann sämtliche Banken in ein und dasselbe (Markt-)Portfolio investieren und somit exakt denselben Risiken im exakt selben Umfang ausgesetzt sind.<sup>28</sup> Folglich existieren nur noch die Zustände des gemeinsamen Überlebens und des gemeinsamen Ausfalls. Einen solchen Extremfall, angewandt auf obiges Modell, stellt Abbildung 2.3 grafisch dar.<sup>29</sup>

#### 2.1.1.4 Systemisches Risiko bei nichtlinearer Diversifikation

Das von WAGNER (2010) erstmals theoretisch fundierte Problem der Überdiversifikation führt VAN OORDT (2014) darauf zurück, dass infolge der linearen Diversifikation die aus den Rückflüssen der Anlagen entstehenden Profite und Verluste stets gleichmäßig (den jeweiligen Anteilen entsprechend) zwischen den Banken aufgeteilt werden und eine lineare Diversifikation somit automatisch zusätzliche gemeinsame Ausfallzustände erzeugt (im obigen Modell repräsentiert durch den Zustand  $E$  in Abbildung 2.2).<sup>30</sup> Bei Betrachtung einer nichtlinearen Diversifikation wird den Banken allerdings sehr wohl die Möglichkeit zur Diversifikation ihres Portfolios gegeben, ohne dass dabei zwingend neue Zustände des gemeinsamen Ausfalls erzeugt werden. Hierfür wird sowohl Anlage  $X$  als auch Anlage  $Y$  in eine vorrangige und eine nachrangige Tranche eingeteilt. Der maximale Rückfluss der vorrangigen Tranche entspricht dabei dem in  $t = 1$  zu tilgenden Fremdkapitalbetrag  $d$ . Es ergeben sich somit für die vorrangige (senior) Tranche  $x^s$  und die nachrangige (junior) Tranche  $x^j$  der Anlage  $X$  folgende Auszahlungscharakteristiken:

$$\begin{aligned} x^s &= \min\{x, d\} \quad , \\ x^j &= \max\{x - d, 0\} \quad .^{31} \end{aligned}$$

Vom undiversifizierten Fall aus Kapitel 2.1.1.1 ausgehend behält Bank 2 infolge der nichtlinearen Diversifikation die vorrangige Tranche  $y^s$  der Anlage  $Y$  vollständig und tauscht die nachrangige Tranche  $y^j$  der Anlage  $Y$  vollständig gegen die nachrangige Tranche  $x^j$  der

<sup>28</sup>Vgl. BIMPIKIS/TAHBAZ-SALEHI (2012), S. 11; WAGNER (2008), S. 345.

<sup>29</sup>Wie bereits erwähnt, führt für beide Banken das Portfolio  $\vartheta_i = \frac{1}{2} \cdot (X + Y)$  zur minimalen Ausfallwahrscheinlichkeit, da Anlage  $X$  und Anlage  $Y$  identisch und unabhängig verteilt sind.

<sup>30</sup>Vgl. WAGNER (2010), S. 377; VAN OORDT (2014), S. 215.

<sup>31</sup>Die Auszahlungscharakteristik der vorrangigen Tranche  $y^s$  und der nachrangigen Tranche  $y^j$  der Anlage  $Y$  ergeben sich analog. Die vorrangige Tranche entspricht dabei einer Fremdkapitalposition, der Residualanspruch aus einer nachrangigen Tranche hingegen einer Eigenkapitalposition. Vgl. VAN OORDT (2014), S. 218.

Anlage  $X$  ein.<sup>32</sup> Der Rückfluss des von Bank 2 gehaltenen Portfolios in  $t = 1$  ergibt sich nun wie folgt:

$$\begin{aligned}\vartheta_2(x, y) &= y^s + x^j \\ &= \min\{y, d\} + \max\{x - d, 0\} .\end{aligned}\quad (2.4)$$

Bank 1 hingegen investiert wie zuvor ausschließlich in Anlage  $X$ , sodass die notwendige und hinreichende Bedingung für die Vermeidung des Ausfalls in  $t = 1$  unverändert  $x \geq d$  lautet. Aus Gleichung 2.4 lässt sich bei gegebenen realisierten Rückfluss  $x$  von Anlage  $X$  die zur Vermeidung eines Ausfalls von Bank 2 minimale Realisation  $\underline{y}$  der Anlage  $Y$  berechnen. Aufgrund der Nichtlinearität der Portfoliorückflüsse müssen hier allerdings Fallunterscheidungen vorgenommen werden:

$$\underline{y}(x) \geq \begin{cases} d & , \text{ für } x < d \\ 2 \cdot d - x & , \text{ für } x \geq d \end{cases} .^{33}\quad (2.5)$$

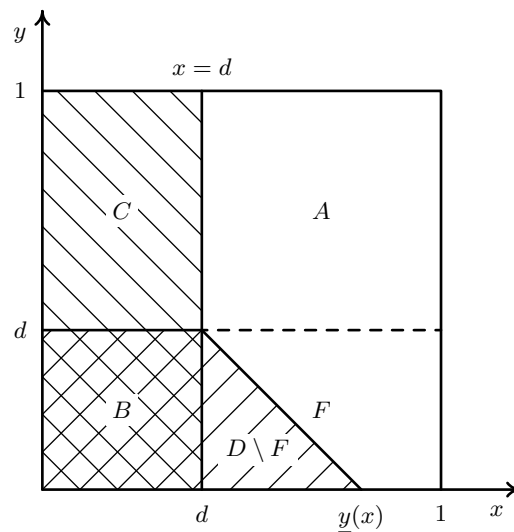


Abbildung 2.4: Verteilung der Portfoliorückflüsse in  $t = 1$  bei optimaler nichtlinearer Diversifikation von Bank 2. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VAN OORDT (2014), S. 220.)

<sup>32</sup>Die Festsetzung des maximalen Rückflusses der vorrangigen Tranche auf  $d$  sowie die vollständige Einbehaltung der vorrangigen Tranche und der vollständige Austausch der nachrangigen Tranche ergibt sich aus dem Kalkül der Minimierung der (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit. Für den Beweis siehe VAN OORDT (2014), S. 227-228.

<sup>33</sup>Vgl. VAN OORDT (2014), S. 220.

Die möglichen Umweltzustände zum Zeitpunkt  $t = 1$  infolge einer nichtlinearen Diversifikation von Bank 2 stellt Abbildung 2.4 grafisch dar. Wie die Abbildung zeigt, verursacht eine nichtlineare Diversifikation bei optimaler Ausgestaltung im Gegensatz zur linearen Diversifikation keine zusätzlichen Zustände, in denen Bank 2 im Vergleich zum undiversifizierten Fall ausfällt und somit insbesondere auch keine Zustände des gemeinsamen Ausfalls. Dies fußt darauf, dass seitens Bank 2 die vorrangige Tranche der Anlage  $Y$  vollständig einbehalten wird. Aufgrund dieser Tranche fällt Bank 2 analog zum undiversifizierten Fall nicht aus, solange  $y \geq d$  gilt (siehe Gleichung 2.5).

Da Bank 2 im Gegensatz zum undiversifizierten Fall nun aber für den Fall  $y < d$  aufgrund des zusätzlichen Rückflusses aus der nachrangigen Tranche  $x^j$  der Anlage  $X$  nicht mehr zwingend ausfällt, führt eine nichtlineare Diversifikation im Vergleich zum undiversifizierten Fall stets zu einer Verringerung der (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit:

$$\begin{aligned}
 P^{nl.D.}(\text{Ausfall von Bank 2}) &= P(Y < \underline{y}) \\
 &= P(B) + P(D \setminus F) \\
 &= P(B) + P(D) - P(F) \\
 &< P(B) + P(D) \quad \text{für } P(F) > 0 \\
 &= P^{o.D.}(\text{Ausfall von Bank 2}) \quad .^{34}
 \end{aligned}$$

Die Senkung der (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit entspricht dabei exakt der Senkung der individuellen Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 2:

$$\begin{aligned}
 P^{nl.D.}(\text{indiv. Ausfall von Bank 2}) &= P(Y < \underline{y}, X \geq d) \\
 &= P(D \setminus F) \\
 &= P(D) - P(F) \\
 &< P(D) \quad \text{für } P(F) > 0 \\
 &= P^{o.D.}(\text{indiv. Ausfall von Bank 2}) \quad .
 \end{aligned}$$

Dass die verringerte (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 2 ausschließlich auf deren verringerte individuelle Ausfallwahrscheinlichkeit zurückzuführen ist, liegt darin begründet, dass es auch durch eine nichtlineare Diversifikation in der hier vorgestellten Form Eine

<sup>34</sup>Vgl. VAN OORDT (2014), S. 219. Die verwendete Abkürzung nl.D. steht für „nichtlineare Diversifikation“.

Senkung der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit im Vergleich zum undiversifizierten Fall nicht möglich ist, sodass diese wie zuvor der Wahrscheinlichkeit der Fläche  $B$  entspricht:

$$\begin{aligned} P^{nl.D.}(\text{gemeinsamer Ausfall}) &= P(Y < \underline{y}, X < d) \\ &= P(B) \\ &= P^{o.D.}(\text{gemeinsamer Ausfall}) \quad .^{35} \end{aligned}$$

Eine nichtlineare Diversifikation mittels Tranching ermöglicht den Banken also die Senkung ihrer jeweiligen Ausfallwahrscheinlichkeit, ohne dass dabei zusätzliche gemeinsame Ausfallzustände erzeugt werden und sich hierdurch das systemische Risiko erhöht. Nichtsdestotrotz kann eine nichtlineare Diversifikation nicht als Lösung des Problems der Überdiversifikation angesehen werden. Wie bereits ausgeführt wurde, muss für ein optimales Tranching der maximale Rückfluss der vorrangigen Tranche der Ausfallgrenze (dem Rückfluss, bei dessen Unterschreitung Bank 2 ausfällt) entsprechen. Dies entspricht im Modell dem in  $t = 1$  zu tilgenden Fremdkapitalbetrag  $d$ . In Praxis ist dessen exakte Bestimmung zum Zeitpunkt der Portfoliobildung in  $t = 0$  allerdings nicht möglich, sodass nicht garantiert werden kann, dass tatsächlich ein optimales Tranching der Anlagen erfolgt. Unsicherheit bzgl. der exakten Höhe von  $d$  herrscht u.a. aufgrund von Fremdkapital mit unbestimmter Laufzeit (Kundeneinlagen) oder aufgrund von bank runs auf solvente Banken infolge asymmetrisch verteilter Informationen. Da aber wegen der nichtlinearen Abhängigkeit des Portfoliorückflusses von Bank 2 von den Rückflüssen der einzelnen Anlagen bereits eine kleine Abweichung vom optimalen Tranching zu einer erheblichen Steigerung der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit beider Banken führen kann, tritt das Problem der Überdiversifikation, wenn auch in veränderter Form, bei nichtlinearer Diversifikation ebenso auf.<sup>36</sup> Den Anstieg der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit infolge einer nicht-optimalen nichtlinearen Diversifikation stellt Abbildung 2.5 für den Fall, dass der in  $t = 0$  festgelegte maximale Rückfluss  $d_0$  der vorrangigen Tranche unterhalb des in  $t = 1$  zur Vermeidung eines Ausfalls benötigten Rückflusses  $d_1$  liegt, grafisch dar.

<sup>35</sup>Tatsächlich könnte die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 1 und Bank 2 im Vergleich zum undiversifizierten Fall verringert werden. Falls der Rückfluss des gesamten Bankensystems (also die Summe der realisierten Rückflüsse beider Anlagen) die im Modell für beide Banken identische Ausfallgrenze übersteigt, also  $x + y \geq d$  gilt, so könnte stets die Solvenz einer der beiden Bank sichergestellt werden, solange Instrumente bzw. Mechanismen existieren, welche eine solche Allokation des Rückflusses des gesamten Bankensystems ermöglichen. Für den Fall, dass Anlage  $X$  und Anlage  $Y$  unabhängig und gleichverteilt sind, würde sich die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit somit auf die Hälfte der Fläche  $B$  reduzieren lassen. Vgl. VAN OORDT (2014), S. 224-225.

<sup>36</sup>Vgl. VAN OORDT (2014), S. 222-223.

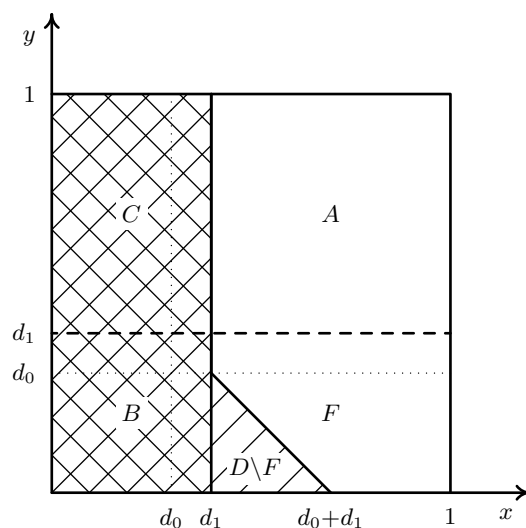


Abbildung 2.5: Verteilung der Portfoliorückflüsse in  $t = 1$  bei nicht-optimaler nichtlinearer Diversifikation von Bank 2 (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an VAN OORDT (2014), S. 221.)

Wie Abbildung 2.5 zeigt, entspricht die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 2 und Bank 1 nun gar der Summe der Wahrscheinlichkeiten der Flächen  $B$  und  $C$ . Wie Bank 1, welche sich nicht diversifizierte und somit ausschließlich Anlage  $X$  hält, fällt nun auch Bank 2 für den Fall, dass der realisierte Rückfluss der Anlage  $X$  unterhalb der Ausfallgrenze  $d_1$  liegt, stets aus. Dies ist damit zu begründen, dass der Rückfluss aus der vorrangigen Tranche in Anlage  $Y$  maximal  $d_0$  beträgt und somit allein nicht ausreicht, um den Ausfall von Bank 2 zu vermeiden. Bank 2 benötigt somit zwingend einen zusätzlichen Rückfluss in Höhe des Fehlbetrages  $d_1 - d_0$  aus der nachrangigen Tranche in Anlage  $X$ . Diesen erhält sie aber nur für den Fall  $x \geq d_1$ , da zunächst die vorrangigen Ansprüche in Anlage  $X$  in Höhe von  $d_0$  vollständig befriedigt werden müssen, bevor die von Bank 2 gehaltene nachrangige Tranche bedient wird.<sup>37</sup> Die nichtlineare Diversifikation kann somit nicht als Lösung des Problems der Überdiversifikation von Finanzinstituten angesehen werden.

### 2.1.2 Systemischer Risikoanreiz

Das in Kapitel 2.1.1 erörterte Problem der Überdiversifikation von Finanzinstituten fußt darauf, dass sich die im Gleichgewicht gewählten Portfolios der Banken zu stark ähneln bzw. deren Rückflüsse zu stark miteinander korreliert sind. Dabei ergibt sich das optimale Portfolio einer Bank als Ergebnis des bankinternen Risikomanagementprozesses, da die starke Diversifikation einer Bank in den Modellen von WAGNER (2010), IBRAGIMOV ET AL. (2011)

<sup>37</sup>Vgl. VAN OORDT (2014), S. 218-219.

und VAN OORDT (2014) allein auf die Verringerung der (Gesamt-)Ausfallwahrscheinlichkeit abzielt. Insbesondere bleiben bei der Portfoliowahl einer Bank die von anderen Banken getroffenen Entscheidungen unberücksichtigt. Die Portfoliowahl der einzelnen Banken erfolgt also unabhängig voneinander, sodass die entstehenden indirekten Verflechtungen an dieser Stelle als eine Art Nebenprodukt der institutsinternen Risikomanagementprozesse zu verstehen sind.

Wie nun in Kapitel 2.1.2 durch die Vorstellung des systemischen Risikoanreizproblems nach ACHARYA (2009) verdeutlicht wird, können indirekte Verflechtungen zwischen Banken allerdings auch strategisch motiviert sein. Hierzu wird in Kapitel 2.1.2.1 zunächst das systemische Risikoanreizproblem infolge negativer Externalitäten eines Bankausfalls erörtert, bevor in Kapitel 2.1.2.2 eine Abgrenzung zum systemischen Risikoanreizproblem infolge impliziter staatlicher Garantien erfolgt.

### 2.1.2.1 Systemischer Risikoanreiz infolge negativer Externalitäten

ACHARYA (2009) liefert eine modelltheoretische Darstellung des Einflusses von drohenden Externalitäten infolge des Ausfalls einer Bank auf die Portfoliowahl von Finanzinstituten. In einem Zwei-Perioden-Modell werden zwei Banken betrachtet, welche verschiedenen (bspw. geografisch getrennten) Bankensektoren angehören. Bei der Zusammensetzung ihres jeweiligen Portfolios optimieren beide Banken zur Maximierung des erwarteten Rückflusses an ihre jeweiligen Shareholder über drei verschiedene Größen. Zunächst entscheidet Bank  $i$  über die Anteile  $\theta_i$  und  $1 - \theta_i$ , welche riskant (per Kreditvergabe) bzw. risikolos investiert werden sowie über das Risiko  $\sigma_i$  der riskanten Investition. Anschließend legt Bank  $i$  fest, in welche Industrie die riskante Investition erfolgen soll. Annahmegemäß existieren dabei zwei verschiedene Industrien, wobei eine Bank nur in eine Industrie ihres jeweiligen Sektors, insbesondere also nicht sektorübergreifend, investieren kann. Diese restriktive Annahme lässt sich gemäß ACHARYA (2009) bspw. auf hohe Informationskosten zurückführen. Eine Diversifikation der Portfoliorückflüsse ist in diesem Modell folglich von vornherein ebenso ausgeschlossen, wie eine Überlappung der Portfolios beider Banken. Nichtsdestotrotz können starke indirekte Verflechtungen zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken entstehen, nämlich genau dann, wenn beide Banken in ein und dieselbe Industrie investieren und deren Portfoliorückflüsse infolgedessen stark (in Höhe von  $\rho_H > \rho_L$ ) miteinander korrelierte sind.<sup>38</sup> Abbildung 2.6 stellt die Investitionsentscheidungen der Banken im Modell von ACHARYA (2009) nochmals grafisch dar.

---

<sup>38</sup>Vgl. ACHARYA (2009), S. 228-230.

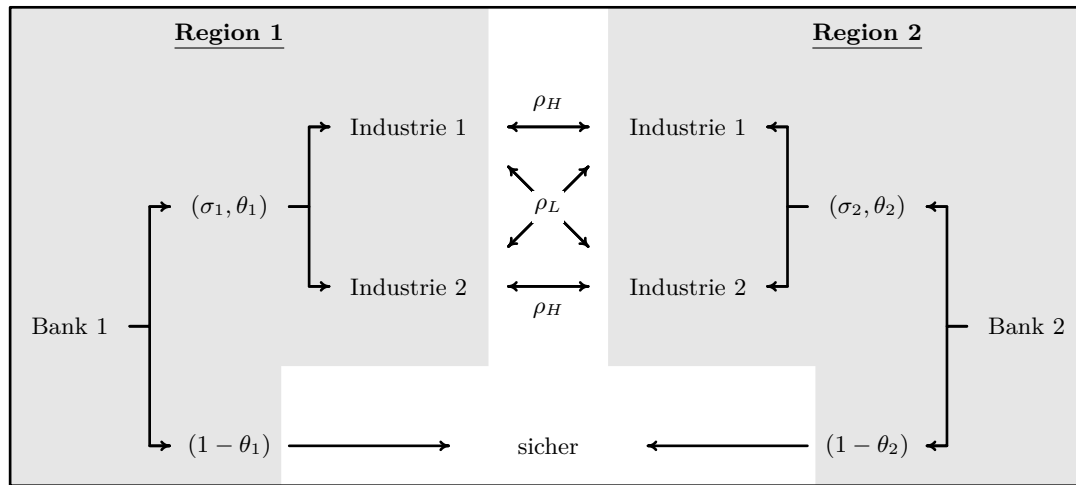


Abbildung 2.6: Investitionsentscheidungen der Banken im Modell von ACHARYA (2009).  
(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ACHARYA (2009), S. 229.)

Nachdem die Banken in  $t = 0$  ihr jeweiliges Portfolio zusammengestellt haben, realisieren sich die Portfoliorückflüsse erstmalig in  $t = 1$ . Falls der Portfoliorückfluss  $R_i$  einer Bank deren Ausfallgrenze  $R_i^c$  unterschreitet, fällt diese aus. Analog zu dem in Kapitel 2.1.1 betrachteten Modell von WAGNER (2010) ergeben sich in  $t = 1$  vier mögliche Umweltzustände. Diese sind der Zustand des gemeinsamen Überlebens beider Banken, der Zustand des gemeinsamen Ausfalls beider Banken sowie die beiden Zustände des individuellen Ausfalls einer der beiden Banken. Der in  $t = 1$  eingetretene Zustand determiniert dann wiederum die Investitionsbedingungen der Banken für die zweite Periode. Während diese für den Zustand des gemeinsamen Überlebens unverändert bestehen bleiben, ist eine Investition im Falle eines gemeinsamen Ausfalls beider Banken nicht mehr möglich. Eine detaillierte Betrachtung verlangt hingegen der Zustand des individuellen Ausfalls einer der beiden Banken.

Der Ausfall einer Bank verursacht zwei gegenläufige Effekte, sogenannte Externalitäten, auf die überlebende Bank. Da im Modell lediglich die Banken, nicht aber deren Investoren einen Zugang zu den Investitionsmöglichkeiten besitzen, sinkt durch den Ausfall einer Bank der Gesamtbetrag, welcher per Kredit an die Realwirtschaft vergeben bzw. zum Zwecke der riskanten Investition genutzt wird. Infolgedessen erhöht sich die Rendite der sicheren Anlage. Da diese im Gleichgewicht mit der versprochenen Rendite an die Einlagengeber zusammenfällt, erhöhen sich die Finanzierungskosten der überlebenden Bank für die zweite Periode, was deren Wert ceteris paribus senkt. Diese negative Externalität bezeichnet ACHARYA (2009) als „recessionary spillover“.<sup>39</sup>

<sup>39</sup>Als ein alternativer Erklärungsansatz für die gestiegenen Finanzierungskosten der überlebenden Bank

Der Ausfall einer Bank führt im Modell allerdings auch dazu, dass die überlebende Bank zu Beginn der zweiten Periode zu günstigeren Konditionen in die riskante Anlage investieren kann, was den Wert der überlebenden Bank *ceteris paribus* erhöht. Diese positive Externalität bezeichnet ACHARYA (2009) als „strategic benefit“.<sup>40</sup> Eine solche Kostensenkung kann bspw. aus einer kostengünstigen Übernahme der Assets der ausgefallenen Bank, welche zur Befriedigung ihrer Gläubiger zu einer zügigen Liquidation ihrer Assets in Form von Notverkäufen bzw. fire-sales gedrungen wird, resultieren. Da typischerweise lediglich Finanzinstitute und nicht der Staat, Investoren oder andere Außenstehende den vollen Wert aus diesen teils sehr spezifischen Assets generieren können, ist es aus Sicht der Gesamtwohlfahrt von großer Bedeutung, dass die Assets der ausgefallenen Banken auch tatsächlich von anderen Banken gekauft werden (können), was bei einem gemeinsamen Ausfall beider Finanzinstitute wiederum nicht möglich ist und als ein weiterer Grund für die überproportional hohen Kosten gemeinsamer Ausfälle von Banken angeführt werden kann.<sup>41</sup> Als ein alternativer Erklärungsansatz lässt sich u.a. der „last-bank-standing-Effekt“ nach PEROTTI/SUAREZ (2002) anführen. Dieser besagt, dass sich die Verhandlungsmacht eines Finanzinstituts gegenüber Kreditnehmern und Kapitalgebern infolge des Ausfalls anderer Finanzinstitute (zumindest kurzfristig) erhöht.<sup>42</sup>

Ob der Nettoeffekt des Ausfalls einer Bank auf die überlebende Bank positiv oder negativ ist, hängt davon ab, ob der recessionary spillover den strategic benefit überwiegt oder umgekehrt. Abbildung 2.7 stellt diesen Sachverhalt aus Sicht von Bank 1 grafisch dar. Falls die zu erwartenden Wertminderungen  $RS$  infolge des recessionary spillover die zu erwartenden Wertsteigerungen  $SB$  infolge des strategic benefit übersteigen, so ist der Wert von Bank 1 maximal, wenn diese Externalitäten vermieden werden. Bank 1 präferiert somit in diesem Regime den Zustand des gemeinsamen Überlebens (Zustand  $A$ ) gegenüber dem Zustand des individuellen Überlebens (Zustand  $D$ ), wohingegen sie aufgrund der begrenzten

---

lässt sich ein information spillover anführen. Investoren könnten den Ausfall einer Bank u.a. darauf zurückführen, dass sich die gemeinsamen Risikofaktoren der beiden Banken negativ entwickelt haben, aktualisieren auf Basis dieser neuen Informationen ihre Erwartungen und fordern schließlich als Kompensation für die gestiegenen Risiken eine höhere Rendite von der überlebenden Bank, was deren Finanzierungskosten erhöht. Dieses Problem fußt auf der asymmetrischen Verteilung der Informationen zwischen den Banken und ihren Investoren, sodass letztere den Wert einer Bank nicht exakt kennen. Infolgedessen spiegelt der Wert der Bank die durchschnittlichen Erwartungen der Investoren wieder. Vgl. ACHARYA/YORULMAZER (2008b), S. 224; LELAND/PYLE (1977), S. 371; FURFINE (2003), S. 114. Den empirischen Befund liefern CARRON/FRIEDMAN (1982), COOPERMAN ET AL. (1992), JAYANTI/WHYTE (1996) und SAUNDERS (1987).

<sup>40</sup>Vgl. ACHARYA (2009), S. 231.

<sup>41</sup>Vgl. WAGNER (2011), S. 1150-1151; WAGNER (2010), S. 376. Für den empirischen Befund siehe JAMES (1991). Der Unterschied zwischen dem Preis eines Assets und dem „value in best use“ ist in der Literatur abseits der Bankenregulierung bereits intensiv erforscht. Der interessierte Leser sei an dieser Stelle auf SHLEIFER/VISHNY (1992) und WILLIAMSON (1988) sowie auf die empirischen Studien von PULVINO (1998), ACHARYA ET AL. (2007), BERGER ET AL. (1996) und STRÖMBERG (2000) verwiesen.

<sup>42</sup>Vgl. PEROTTI/SUAREZ (2002), S. 1606.

Haftung der Shareholder indifferent zwischen dem Zustand des individuellen Ausfalls (Zustand  $C$ ) und dem Zustand des gemeinsamen Ausfalls mit Bank 2 (Zustand  $B$ ) ist. Um den Zustand des gemeinsamen Überlebens in  $t = 1$  mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erreichen, investiert Bank 1 bei ihrer Portfoliowahl in  $t = 0$  in dieselbe Industrie wie Bank 2, da diese (strategisch motivierte) Investitionsentscheidung zu einer hohen Korrelation  $\rho_H$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken führt. Bank 1 verstärkt somit bewusst ihre indirekte Verflechtung mit Bank 2. Durch die hohe Korrelation steigt allerdings automatisch auch die Wahrscheinlichkeit eines gemeinsamen Ausfalls beider Finanzinstitute an.

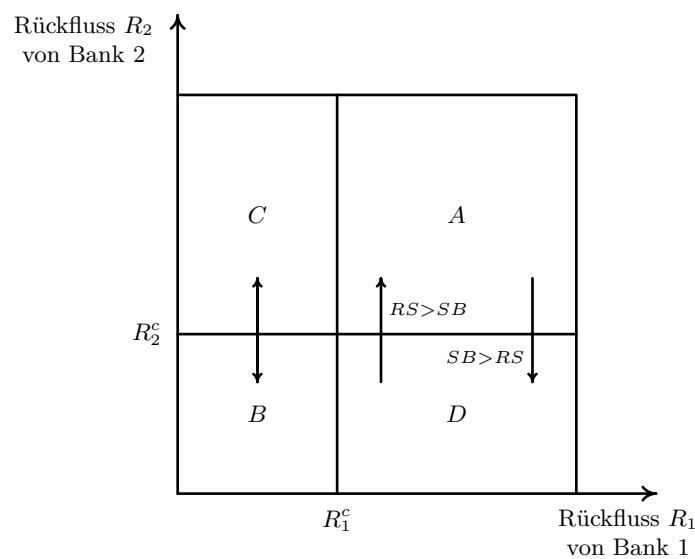


Abbildung 2.7: Der von Bank 1 präferierte Umweltzustand je nach Verhältnis von recessio-nary spillover zu strategic benefit. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ACHARYA (2009), S. 238.)

Der Zustand des gemeinsamen Ausfalls verursacht aus Sicht der Gesamtwohlfahrt allerdings zusätzliche Kosten, da bei einem gemeinsamen Ausfall beider Finanzinstitute in  $t = 1$  keinerlei Investitionen in der zweiten Periode getätigt werden können. Zur Vermeidung dieser Kosten (bzw. zur Maximierung der Gesamtwohlfahrt) müssten die beiden Banken folglich eine geringe Korrelation  $\rho_L$  zwischen den Rückflüssen ihrer Portfolios erzeugen, indem sie in unterschiedliche Industrien investieren.<sup>43</sup> Da die im Interesse der Shareholder handelnden Banken im eben erörterten Regime allerdings durch die Investition in die identische Industrie eine hohe Korrelation  $\rho_H$  wählen, führt die Portfoliowahl der Banken im Gleichgewicht zu einem hohen systemischen Risiko, sodass die Maximierung der Eigenkapitaloptionen der einzelnen Banken zulasten der Gesamtwohlfahrt erfolgt. ACHARYA (2009) bezeichnet dies

<sup>43</sup>Vgl. ACHARYA (2009), S. 237-241.

als systemisches Risikoanreizproblem, welches als das Mult-Agenten-Gegenstück zum klassischen Risikoanreizproblem nach JENSEN/MECKLING (1976) verstanden werden kann.<sup>44</sup> Während beim klassischen Risikoanreizproblem nach JENSEN/MECKLING (1976) die im Interesse der Shareholder handelnden Banken den Wert der Eigenkapitaloption eben jener Shareholder durch ein überhöhtes individuelles Risiko maximieren, führt das systemische Risikoanreizproblem nach ACHARYA (2009) zu einem überhöhten systemischen Risiko in Form einer hohen Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken, welche hohe indirekte Verflechtungen zwischen den Finanzinstituten und letztendlich eine hohe gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit zur Folge hat.<sup>45</sup>

### 2.1.2.2 Systemischer Risikoanreiz infolge impliziter staatlicher Garantien

Beim systemischen Risikoanreiz nach ACHARYA (2009) entsteht die aus Sicht der Gesamtwohlfahrt zu hohe gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit keineswegs aus der Präferenz der Banken für gemeinsame Ausfälle. Sie ist vielmehr eine unvermeidliche Folge der Präferenz der Banken für den Zustand des gemeinsamen Überlebens gegenüber dem Zustand des individuellen Überlebens, falls der Ausfall einer Bank den Wert der überlebenden Banken *summa summarum* negativ beeinflusst. Die im Interesse der Shareholder handelnden Banken unterscheiden dagegen nicht zwischen dem individuellen Ausfall ihrer Bank und deren gemeinsamen Ausfall mit anderen Banken, da der Rückfluss an die Shareholder aufgrund der begrenzten Haftung in beiden Zuständen Null ist. Nichtsdestotrotz finden sich in der Literatur auch Erklärungsansätze dafür, dass Finanzinstitute bzgl. ihrer Ausfallzustände Präferenzen besitzen. Diese Theorien fußen vordergründig auf die Anreizwirkung impliziter staatlicher Garantien, infolge derer Banken den Zustand des gemeinsamen Ausfalls gegenüber dem Zustand des individuellen Ausfalls bevorzugen.

Implizite staatliche Garantien resultieren bspw. aus einer *too-many-to-fail*-Politik seitens des Regulierers.<sup>46</sup> Wie in Kapitel 2.1.1.2 bereits ausgeführt wurde, ist im Falle eines gemeinsa-

---

<sup>44</sup>Auch das klassische Risikoanreizproblem nach JENSEN/MECKLING (1976) wird im Modell von ACHARYA (2009) deutlich, da die im Interesse der Shareholder handelnde Bank  $i$  im Vergleich zur Wohlfahrtsmaximierenden Lösung einen zu hohen Betrag  $\theta_i$  riskant investiert sowie ein zu hohes Risiko  $\sigma_i$  bei der riskanten Investition wählt. Vgl. ACHARYA (2009), S. 241. Während sich das klassische Risikoanreizproblem nach JENSEN/MECKLING (1976) gemäß KÜRSTEN/LINDE (2011) im intertemporalen Kontext mildert, ist ein solcher Effekt beim systemischen Risikoanreizproblem nach ACHARYA (2009) nicht zu erwarten.

<sup>45</sup>Vgl. JENSEN/MECKLING (1976), S. 334-337; ACHARYA (2009), S. 241. Den empirischen Befund liefert PATRO ET AL. (2013).

<sup>46</sup>In der Literatur finden sich zahlreiche Termini für die verschiedenen theoretischen Erklärungsansätze von impliziten staatlichen Garantien (*too-big-to-fail*, *too-many-to-fail*, *too-big-to-unwind*, *too-big-to-liquidate*, *too-important-to-fail*, *too-complex-to-fail*, *too-interconnected-to-fail*, *too-big-to-prosecute*, *too-big-to-jail* etc.), welche allesamt starke inhaltliche Überschneidungen aufweisen und oftmals gar synonym verwendet werden. Vgl. KAUFMAN (2014), S. 215.

men Ausfalls mehrerer Finanzinstitute die verfügbare Liquidität der überlebenden Banken für eine Übernahme sämtlicher Geschäfte der ausgefallenen Finanzinstitute im vollen Umfang und ohne große zeitliche Verzögerung typischerweise nicht mehr ausreichend.<sup>47</sup> Folglich droht eine massive Schmälerung der Gesamtwohlfahrt. Durch eine Intervention in Form eines bail-out besitzt der Regulierer die Option, Finanzinstitute vor dem Ausfall zu bewahren und somit die Schmälerung der Gesamtwohlfahrt signifikant zu senken. Die dem Regulierer zur Verfügung stehenden Instrumente sind dabei zahlreich. Zusätzliches Eigenkapital kann bereitgestellt werden, Kreditgarantien können erweitert und verlängert werden und bestehende Bankdarlehen können zu für die Bank günstigen Konditionen durch den Regulierer übernommen werden.<sup>48</sup> Die ex post Vorteilhaftigkeit einer solchen regulatorischen Intervention lässt sich dabei verhältnismäßig leicht quantifizieren. Sie ist gegeben, wenn der durch die Intervention erzeugte Anstieg der Gesamtwohlfahrt (im Vergleich zu dem Fall, dass der Regulierer nicht eingreift) die durch die Intervention entstehenden Kosten übersteigt.<sup>49</sup>

Die Bankenaufsicht sollte bei ihrer Entscheidung über eine mögliche Intervention darüber hinaus allerdings auch die mit ihr einhergehenden Anreizeffekte (Moral Hazard-Effekte) für die Banken in ihr Kalkül einbeziehen.<sup>50</sup> Schließlich stellt die Schließung insolventer Finanzinstitute an sich bereits einen wichtigen Regulierungsmechanismus (bspw. zur Regulierung von Liquiditätsrisiken oder zur Schaffung von Anreizen für ein intensives Monitoring seitens der Gläubiger zur Vermeidung des Ausfalls einer Bank) dar.<sup>51</sup> Darüber hinaus führen mögliche implizite staatliche Garantien im Falle des gemeinsamen Ausfalls von Banken unweigerlich dazu, dass seitens der Banken der Zustand des gemeinsamen Ausfalls gegenüber dem Zustand des individuellen Ausfalls an Attraktivität gewinnt. Finanzinstitute werden bei ihrer Portfoliowahl die „in Aussicht gestellten“ impliziten staatlichen Garantien in ihr Optimierungskalkül einbeziehen und erhalten daher Anreize, ihr jeweiliges Portfolio so zusammenzustellen, dass die Korrelation zu den restlichen Finanzinstituten hoch ist, sich die indirekten Verflechtungen zwischen den Finanzinstituten also erhöhen. Dadurch erhöht je-

---

<sup>47</sup>Die an dieser Stelle aufkommende Frage bzgl. der optimalen Größenverteilung des Bankensystems wird u.a. von GHOSOUB/REED (2015) adressiert.

<sup>48</sup>Vgl. GORTON/HUANG (2004), S. 456.

<sup>49</sup>Vgl. KLEINOW/HORSCH (2014), S. 43; ACHARYA/YORULMAZER (2007), S. 12. Empirische Untersuchungen zu den Kosten eines bail-out liefern unterschiedliche Ergebnisse. HONOHAN/KLINGEBIEL (2002) untersuchen 40 Finanzkrisen in 34 Ländern im Zeitraum von 1970 bis 2000 und beziffern die durchschnittlichen Kosten eines bail-out auf 12,8% des BIP, wobei der maximale Wert 55,1% des BIP (Finanzkrise in Argentinien von 1980-1982) betrug. CLAESSENS ET AL. (2001) beziffern die Kosten eines bail-out bei der Untersuchung der ostasiatischen Finanzkrise von 1997-2000 auf 15% – 50% des BIP. Gemäß CAPRIO/KLINGEBIEL (2002) betragen die Kosten typischerweise 10% – 30% des BIP (bspw. Spanien 1977-1985, Ungarn 1991-1995, Israel 1977-1983, Mexiko 1995, Brasilien 1994-1995), in einzelnen Fällen gar 40 – 55% des BIP (Argentinien 1980-1982, Chile 1981-1983).

<sup>50</sup>Vgl. CORDELLA/YEYATI (2003), S. 301.

<sup>51</sup>Vgl. HRYCKIEWICZ (2014), S. 253. Eine modelltheoretische Darstellung dieser Problematik findet sich u.a. in MAILATH/MESTER (1994) und GROPP/VESALA (2004).

des einzelne Finanzinstitut die Wahrscheinlichkeit, dass zeitgleich zu ihrem eigenen Ausfall auch andere Finanzinstitute ausfallen.<sup>52</sup> Folglich können die impliziten Garantien, welche (wenn überhaupt) nur bei (drohenden) gemeinsamen Ausfällen gezahlt werden, im Falle eines Ausfalls des betroffenen Finanzinstituts in Anspruch genommen werden. Da sich infolge solcher impliziten Garantien die tatsächliche Ausfallwahrscheinlichkeit einer Bank verringert, die Kapitalgeber dies antizipieren und eine entsprechend kleinere Risikoprämie verlangen werden, senken sich zudem die Finanzierungskosten der Banken.<sup>53</sup> Somit führen implizite staatliche Garantien zur Werterhöhung einer Bank, sobald die Wahrscheinlichkeit für den Erhalt solcher Garantien positiv ist.<sup>54</sup>

Eine too-many-to-fail-Politik ist somit zwar unter den genannten Bedingungen ex post effizient, liefert ex ante allerdings oben genannte Fehlanreize. Folglich leidet sie unter einer Zeitinkonsistenz.<sup>55</sup> Während auf der einen Seite die infolge (drohender) gemeinsamer Ausfälle entstehenden Wohlfahrtsverluste zumindest zu großen Teilen vermieden werden können, erhöhen sich auf der anderen Seite infolge der Antizipation der Banken die indirekten Verflechtungen zwischen ihnen und infolgedessen die Wahrscheinlichkeit für eben diese gemeinsamen Ausfälle.<sup>56</sup>

## 2.2 Systemisches Risiko infolge direkter Verflechtungen

Neben den indirekten Verflechtungen wird die Höhe des systemischen Risikos auch von den im Bankensystem vorhandenen direkten Verflechtungen zwischen Finanzinstituten maßgeblich beeinflusst. Direkte Verflechtungen entstehen dadurch, dass Banken untereinander Geschäftsbeziehungen eingehen. Solche Geschäftsbeziehungen lassen sich auf zweierlei Arten motivieren. Zum einen leihen sich Banken durch den Einsatz von Interbankenkrediten untereinander Kapital zur kurzfristigen Beschaffung von Liquidität. Zum anderen können

<sup>52</sup>Dieser Anreiz ist für kleinere Banken besonders hoch, da die allein mit dem individuellen Ausfall einer größeren Bank verbundenen Wohlfahrtsverluste bereits für eine Intervention der Bankenaufsicht in Form eines bail out ausreichen können. Während diese too-big-to-fail-Problematik ex ante zu einer Erhöhung des individuellen Risikos größerer Banken führt, führt die too-many-to-fail-Problematik ex ante zu einer durch kleinere Banken verursachten Erhöhung des systemischen Risikos. Im Gegensatz zur too-big-to-fail-Problematik wird bei einer Betrachtung der too-many-to-fail-Problematik also auch das Verhalten kleinerer Banken berücksichtigt. Vgl. ACHARYA/YORULMAZER (2007), S. 20.

<sup>53</sup>Einen empirischen Befund liefert u.a. SIRONI (2003).

<sup>54</sup>Vgl. ACHARYA/YORULMAZER (2008a), S. 2724-2725; ACHARYA/YORULMAZER (2007), S. 13-14. Den empirischen Befund liefern BREWER III/JAGTIANI (2013), BONGINI ET AL. (2015) sowie FRATIANI/MARCHIONNE (2013). Die Unsicherheit bzgl. solcher impliziter staatlicher Garantien beeinflusst zudem makroökonomische Größen wie die Zinsstrukturkurve, die Wahrscheinlichkeit für Finanzblasen oder die Amplituden von Konjunkturzyklen. Der interessierte Leser sei an dieser Stelle auf CUKIERMAN/IZHAKIAN (2015) verwiesen.

<sup>55</sup>Den empirischen Befund über das inkonsistente Verhalten der Bankenaufsicht im Zeitablauf in Form von Verstößen gegen eine vorher angekündigte no bail-out Politik liefert GORMLEY ET AL. (2015).

<sup>56</sup>Vgl. ACHARYA (2003), S. 2751; FREIXAS ET AL. (2000), S. 630.

Banken durch den Einsatz von Derivaten spezielle Risiken ihres Portfolios (bspw. Kredit-, Zins- oder Wechselkursrisiken) dadurch hedgen, dass diese Risiken zum Teil oder aber in vollem Umfang zu anderen Banken transferiert werden.<sup>57</sup> Die für das systemische Risiko hohe Relevanz direkter Verflechtungen fußt darauf, dass sich die erlittenen Verluste einer einzelnen Bank durch das infolge der direkten Verflechtungen entstandene Netzwerk entlang den Geschäftsbeziehungen ausbreiten und folglich zu gemeinsamen Ausfällen von Finanzinstituten führen können.

## 2.2.1 Interbankenkredite

### 2.2.1.1 Einsatzmotive für Interbankenkredite

Da die im Bankensystem verfügbare Liquidität typischerweise nicht optimal verteilt ist, existieren sowohl Banken mit einem Liquiditätsüberschuss als auch Banken, welche ein Liquiditätsdefizit aufweisen. Eine solche Heterogenität bzgl. der verfügbaren Liquidität ergibt sich u.a. dadurch, dass einige Finanzinstitute komparative Vorteile bei der Kapitalaufnahme besitzen, während die komparativen Vorteile anderer Finanzinstitute bei der Kreditvergabe zu finden sind.<sup>58</sup> Somit benötigen einige Banken zum Abbau ihres Liquidationsüberschusses zusätzliche Investitionsmöglichkeiten, während die verfügbare Liquidität anderer Banken nicht für die Realisation sämtlicher zur Verfügung stehenden Investitionsmöglichkeiten mit positiven Kapitalwert ausreicht. Der hierdurch angestrebte Liquiditätstransfer von den Finanzinstituten mit einem Liquiditätsüberschuss hin zu den Finanzinstituten mit einem Liquiditätsdefizit kann durch den Einsatz von Interbankenkrediten realisiert werden.<sup>59</sup> Durch solche Interbankenkredite wird zwar aus systemischer Sicht keine zusätzliche Liquidität geschaffen, allerdings wird durch ihren Einsatz die im Bankensystem verfügbare Liquidität neu alloziert.<sup>60</sup> Zudem können unerwartet auftretende Liquiditätslücken auch ohne das Halten von (typischerweise unrentablen) hochliquiden Anlagen zeitnah geschlossen werden.<sup>61</sup>

Als ein weiteres Motiv für den Einsatz von Interbankenkrediten lassen sich die Diversifikationsvorteile derjenigen Banken aufführen, welche im Interbankengeschäft als Gläubiger

<sup>57</sup>Ein Derivate ist ein Finanzkontrakt zwischen zwei Marktteilnehmern, dessen Wert von dem zukünftigen Preis einer Anlage (dem Underlying, bspw. eine Aktie, ein Wechselkurs oder ein Zinsspread) abhängt. Derivate gehören seit den Beiträgen von BLACK/SCHOLES (1973) und MERTON (1973) und der dort hergeleiteten Black-Scholes-Formel zu den gängigen Instrumenten des Risikomanagements. Der hohe Stellenwert der Black-Scholes-Formel resultiert daher, dass durch sie eine Bewertung von Derivaten ermöglicht wird, welche von den Risiko- und Zeitpräferenzen einzelner Marktteilnehmer sowie von den Erwartungen einzelner Marktteilnehmer bzgl. zukünftiger Preisentwicklungen der dem Derivat zugrundeliegenden Anlage unabhängig ist. Vgl. CAPELLE-BLANCARD (2010), S. 71 u. S. 78-79.

<sup>58</sup>Vgl. ROCHET/TIOLE (1996), S. 735-736.

<sup>59</sup>Vgl. WELLS (2002), S. 175; GEORG (2013), S. 2219.

<sup>60</sup>Vgl. LENZU/TEDESCHI (2012), S. 4334; ALLEN/GALE (2000), S. 5.

<sup>61</sup>Vgl. FREIXAS ET AL. (2000), S. 629.

agieren.<sup>62</sup> Diese entstehen vor allem dann, wenn diejenigen Banken, welche im Interbankengeschäft als Schuldner agieren, auf andere Regionen bzw. Industrien spezialisiert sind als die kreditgebende Bank, sodass ein größerer Teil des durch eine perfekte Diversifikation theoretisch vollständig zu beseitigenden (unsystematischen) Risikos auch tatsächlich beseitigt wird und sich infolgedessen die Finanzierungskosten der Bank senken.<sup>63</sup>

### 2.2.1.2 Systemische Auswirkungen von Interbankenkrediten

Infolge des Einsatzes von Interbankenkrediten entstehen direkte Verflechtungen zwischen den Banken. Das Bankensystem wird daher seitens der Literatur im hier betrachteten Kontext typischerweise als ein Netzwerk von Finanzinstituten verstanden, wobei die Netzwerkstruktur verschiedenartige Gestalt annehmen kann.<sup>64</sup> Durch die direkten Verflechtungen verursacht der Ausfall einer Bank Externalitäten auf andere im Netzwerk befindliche Banken, sodass Ansteckungseffekte (Contagion-Effekte) drohen, welche zu gemeinsamen Ausfällen mehrerer Finanzinstitute führen können.<sup>65</sup> Die Externalitäten, welche durch den Ausfall einer Bank verursacht werden, lassen sich dabei in direkte und indirekte Externalitäten einteilen.

Direkte Externalitäten werden dadurch verursacht, dass ein ausgefallenes Finanzinstitut nicht sämtlichen Gläubigerbanken den jeweils geliehenen Kreditbetrag im vollen Umfang zurückzahlen kann. Somit erleiden zahlreiche Finanzinstitute, welche im Netzwerk als Gläubiger der ausgefallenen Bank agieren, einen direkten Verlust aus dem Kreditgeschäft.<sup>66</sup> Falls die Verlusttragfähigkeit einer Gläubigerbank nicht für das Auffangen der Verluste ausreicht, so fällt diese ebenfalls aus.<sup>67</sup> Durch Diversifikation, also der Vergabe kleinerer Kredite an mehrere Banken anstelle größerer Kredite an wenige Bank, kann eine als Gläubiger agierende Bank dieses Risiko senken. Verluste treten dann aufgrund einer höheren Anzahl an vergebenen Interbankenkrediten zwar häufiger auf, fallen dafür aber aufgrund des niedrigeren Kreditvolumens pro vergebenen Kredit geringer aus.<sup>68</sup> Falls sich sämtliche Banken

<sup>62</sup>Vgl. LEITNER (2005), S. 2941

<sup>63</sup>Vgl. LADLEY (2013), S. 1392; BRUSCO/CASTIGLIONESI (2007), S. 2285. Da Banken infolge unterschiedlicher Geschäftsmodelle unterschiedlichen Liquiditätsschocks ausgesetzt sind, entsteht durch ein Interbankenkredit zudem ein Co-Insurance Effekt zwischen der kreditgebenden und der kreditnehmenden Bank. Vgl. BRUSCO/CASTIGLIONESI (2007), S. 2276; CASTIGLIONESI ET AL. (2014), S. 410.

<sup>64</sup>Einen Überblick über die möglichen Netzwerkstrukturen eines Bankensystems liefert LEE (2013), UPPER (2011), CASTRÉN/RANCAN (2014) sowie ALLEN/GALE (2000). Für den empirischen Befund über die stärkere Vernetzung des Bankensystems in den letzten Jahrzehnten siehe HALDANE ET AL. (2009) sowie BILLIO ET AL. (2012).

<sup>65</sup>Vgl. DASGUPTA (2004), S. 1067; SCHNABEL/SHIN (2004), S. 931.

<sup>66</sup>Vgl. BATTISTON ET AL. (2012b), S. 142.

<sup>67</sup>Vgl. KRAUSE/GIANSANTE (2012), S. 587. Contagion-Effekte sind also nicht notwendigerweise eine Folge asymmetrisch verteilter Informationen oder fehlender Koordination der Investoren einer Bank. Der interessierte Leser sei auf die Modelle von DIAMOND/RAJAN (2005) und NIER ET AL. (2007) verwiesen.

<sup>68</sup>Vgl. GIESECKE/WEBER (2006), S. 760; FREIXAS ET AL. (2000), S. 627. Der an dieser Stelle auftretende

bei der Vergabe von Interbankenkrediten stark diversifizieren und folglich starke direkte Verflechtungen zwischen den Banken bestehen, hat beim Ausfall einer Bank jede einzelne Gläubigerbank lediglich einen kleinen Teil dieses Verlustes zu tragen, da der durch den Ausfall entstehende direkte Verlust gleichmäßig auf eine Vielzahl an Finanzinstituten aufgeteilt wird.<sup>69</sup>

Die indirekten Externalitäten eines Bankenausfalls resultieren hauptsächlich daher, dass die Informationen über die exakten Verflechtungen der Banken asymmetrisch verteilt sind. Investoren einer Bank wissen also insbesondere nicht, in welcher Höhe von welchen Banken Zinszahlungen und Tilgungsleistungen aus einem Interbankengeschäft zu erwarten sind.<sup>70</sup> Somit können die Investoren beim Ausfall einer Bank nicht beurteilen, ob und in welchem Umfang eine andere Bank Verluste erleidet und inwieweit diese Verluste zum Ausfall führen oder nicht. Dies kann zu einem bank run auf solvente Finanzinstitute und damit zu deren Ausfall führen, sodass die indirekten Externalitäten gar diejenigen Banken treffen können, welche von den direkten Externalitäten gänzlich unberührt geblieben sind.<sup>71</sup> Ob durch eine stärkere Verflechtung, also eine erhöhte Diversifikation einzelner Banken im Interbankenmarkt, die Conatgioneffekte infolge der eben beschriebenen indirekten Externalitäten zunehmen oder abnehmen, kann aufgrund zweier gegenläufiger Effekte nicht pauschal gesagt werden. Der negative Effekt einer stärkeren Verflechtung besteht darin, dass Investoren stark verflochtener Finanzinstitute infolge des Ausfalls einer anderen Bank tendenziell häufiger ihre Einlagen auch in den Zuständen abziehen, in denen ihr Finanzinstitute eigentlich solvent ist. Dies fußt darauf, dass die Investoren bei einer starken (maximalen) Verflechtung ihrer Bank mit hoher Wahrscheinlichkeit (mit Sicherheit) davon ausgehen, dass diese beim Ausfall einer anderen Bank direkte Verluste erleidet. Der positive Effekt einer stärkeren Verflechtung resultiert hingegen aus dem bereits mehrfach erörterten Standardeffekt der Diversifikation, gemäß dem die erlittenen direkten Verluste pro ausgefallener Schuldnerbank umso geringer sind, je stärker sich eine Gläubigerbank im Interbankenmarkt diversifiziert. Dies erhöht aus Sicht der Investoren einer Bank die Wahrscheinlichkeit, dass die Bank den erlittenen Verlust tragen kann und folglich nicht ausfällt, sodass die Wahrscheinlichkeit für das Abziehen der Einlagen abnimmt.<sup>72</sup> Neben diesen drohenden bank runs können auch Notverkäufe eines ausgefallenen Finanzinstituts Externalitäten auf andere Banken verursachen.<sup>73</sup> Als Notverkäufe bezeichnet man den Verkauf von Assets einer ausgefallenen Bank in

---

Trade-off zwischen der Häufigkeit und den erwarteten Kosten eines Kreditausfalls erinnert an den in Kapitel 2.1.1.2 vorgestellten Trade-off zwischen der Häufigkeit eines Ausfalls und den daraus resultierenden Kosten bei linearer Diversifikation.

<sup>69</sup>Vgl. BATTISTON ET AL. (2012b), S. 138.

<sup>70</sup>Vgl. BATTISTON ET AL. (2012a), S. 1123; BATTISTON ET AL. (2012b), S. 142-143.

<sup>71</sup>Vgl. JACKLIN/BHATTACHARYA (1988), S. 588; CHAKRAVARTY ET AL. (2014), S. 47.

<sup>72</sup>Vgl. BATTISTON ET AL. (2012b), S. 146-147.

<sup>73</sup>Vgl. MAY/ARINAMINPATHY (2010), S. 829; KIYOTAKI/MOORE (2002), S. 47.

einer (ungewöhnlich) großen Menge innerhalb eines (ungewöhnlich) kurzen Zeitraumes zum Zwecke der möglichst schnellen Befriedigung der Ansprüche der Gläubiger. Da Verkäufe in dieser Form typischerweise mit einem erheblichen Wertverlust der betroffenen Assets einhergehen, sinkt der Wert derjenigen Finanzinstitute, welche diese Assets ebenfalls in ihrer Bilanz führen.<sup>74</sup> Der Wertverfall ist dabei umso größer, je illiquider diese Assets sind.<sup>75</sup>

Der Zusammenhang zwischen den direkten Verflechtungen der Banken und dem systemischen Risiko ist aufgrund der eben erläuterten gegenläufigen Effekte im Allgemeinen kein monotoner.<sup>76</sup> Daher wird der aus Sicht der Gesamtwohlfahrt optimale Grad der direkten Verflechtung, bei dessen Ermittlung das systemische Risiko vollständig berücksichtigt wird, von dem für die einzelnen Banken optimalen Grad der direkten Verflechtung abweichen, da die Banken (wie bereits in Kapitel 2.1 an mehreren Stellen erörtert wurde) nicht sämtliche von ihnen verursachten Externalitäten in ihr jeweiliges Entscheidungskalkül einbeziehen.<sup>77</sup> Darüber hinaus ist auch hier der aus Kapitel 2.1 bereits bekannte Trade-off zwischen der Ausfallhäufigkeit und den Kosten bei Ausfall beobachtbar, welcher von GAI/KAPADIA (2010) als „robust-yet-fragil-tendency“ bezeichnet wird. Während durch eine starke direkte Verflechtung die Wahrscheinlichkeit eines individuellen Bankenausfalls und somit die Wahrscheinlichkeit von Contagion-Effekten gesenkt werden kann, steigen durch eine starke direkte Verflechtung die erwarteten Kosten in den Fällen an, in denen eine Bank ausfällt und infolgedessen Contagion-Effekte ausgelöst werden.<sup>78</sup> Welcher Grad der Verflechtung letztendlich aus Sicht der Gesamtwohlfahrt optimal ist, hängt dabei in komplexer Form von zahlreichen Charakteristiken des durch die direkten Verflechtungen entstehenden Bankennetzwerkes sowie von der Höhe des Schocks (dem Trigger), welches die Contagion-Effekte auslöst, ab. Im Folgenden wird kurz skizziert, wie einzelne Größen bzw. Faktoren auf den optimalen Grad der direkten Verflechtung wirken.

Um den Einfluss der Höhe eines exogenen Schocks auf den optimalen Grad der direkten Verflechtung zu ermitteln, wird seitens der Literatur angenommen, dass dieser exogene Schock idiosynkratischer Natur ist und somit zunächst nur den Ausfall eines einzelnen Finanzinstituts zur Folge hat.<sup>79</sup> Anschließend wird untersucht, inwiefern solch ein idiosynkratischer

<sup>74</sup>Vgl. KIYOTAKI/MOORE (1997), S. 213-214.

<sup>75</sup>Vgl. BRUNNERMEIER (2009), S. 94; DIAMOND/RAJAN (2005), S. 633-634.

<sup>76</sup>Empirische Studien hierzu existieren in großer Zahl. Siehe anstelle vieler IORI ET AL. (2008), ANGELINI ET AL. (1996), BLAVARG/NIMANDER (2001), BOSS ET AL. (2004), CANEDO/JARAMILLO (2009), ELSINGER ET AL. (2006a), ELSINGER ET AL. (2006b), VAN LELYVELD/LIEDORP (2006), MÜLLER (2006), SHELDON/MAURER (1998) sowie UPPER/WORMS (2004).

<sup>77</sup>Der aus Sicht der Gesamtwohlfahrt optimale Grad der Verflechtung entspricht im Allgemeinen auch nicht einer vollen Diversifikation, welche wiederum aus Sicht einzelner Banken sehr wohl optimal sein kann.

<sup>78</sup>Vgl. GAI/KAPADIA (2010), S. 2418 sowie für den empirischen Befund DEGRYSE/NGUYEN (2007), S. 168.

<sup>79</sup>Ein exogener Schock, welcher mehrere Banken gleichzeitig trifft, müsste auf die in Kapitel 2.1 behandelten indirekten Verflechtungen zurückgeführt werden, welche hier aber nicht Gegenstand der Untersuchung sind.

Schock in einem stark bzw. wenig verflochtenen Netzwerk von Finanzinstituten zu gemeinsamen Ausfällen infolge direkter und indirekter Externalitäten führt. Dabei lässt sich für einen Schock in geringer Höhe, welcher zwar den Ausfall einer Bank zur Folge hat, allerdings zu hohen Erlösquoten für die Gläubigerbanken führt, feststellen, dass ein Bankennetzwerk mit starken direkten Verflechtungen zu einem geringen systemischen Risiko in Form einer geringen gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit von Banken führt, da der ohnehin kleine Schock nochmals gleichmäßig auf zahlreiche Banken verteilt wird und somit der zu tragende Verlust pro Bank vernachlässigbar gering ist.<sup>80</sup> Unter der Annahme, dass die Investoren zumindest Informationen über die Größenordnung der erlittenen Verluste besitzen, ist in diesem Regime zudem auch die Wahrscheinlichkeit von bank runs und somit die Gefahr des Ausfalls solventer Banken gering.<sup>81</sup> Ist der Schock hingegen hinreichend groß und sind die Erlösquoten für die Gläubigerbanken infolgedessen gering, so hat jedes einzelne Finanzinstitut auch in einem Bankennetzwerk mit hohen direkten Verflechtungen trotz der starken Risikoteilung einen relativ hohen Verlust zu tragen, sodass es insbesondere aufgrund drohender bank runs zum Ausfall mehrerer Gläubigerbanken kommen kann.<sup>82</sup> In diesem Regime kann aus Sicht der Gesamtwohlfahrt eine geringe Risikoteilung der Banken in Form geringer direkter Verflechtungen vorteilhaft sein, da der Schock dann nicht das Bankennetzwerk in Gänze gefährdet, sondern von einem kleinen Teil des Bankennetzwerkes absorbiert wird.<sup>83</sup> Hierfür muss allerdings sichergestellt werden, dass ein unter diesen Umständen recht wahrscheinlicher Ausfall eines kleinen Teils des Bankensystems weder hohe Kosten verursacht, noch zu weiteren Ausfällen außerhalb dieses betroffenen Teilbankensystems führt.

Bei gegebener Höhe des exogenen idiosynkratischen Schocks bestimmt allen voran die Verlusttragfähigkeit (bzw. Stabilität oder Robustheit) der einzelnen Banken, welche bspw. durch verschiedene Eigenkapitalquoten gemessen werden kann, inwieweit der durch den Schock verursachte Ausfall eines Finanzinstituts zum Ausfall weiterer Banken führt. Von Relevanz ist dabei nicht allein die durchschnittliche Verlusttragfähigkeit der Banken, sondern auch die Frage wie stark sich einzelne Banken in ihrer Verlusttragfähigkeit unterscheiden. Falls die Verlusttragfähigkeit einzelner Banken stark variiert, kann ein relativ kleiner Schock bei einer starken direkten Verflechtung des Bankennetzwerkes selbst für eine hohe durchschnittliche Verlusttragfähigkeit der Banken dazu führen, dass ein großer Teil des Bankennetzwerkes ausfällt. Der Grund hierfür ist, dass aufgrund der starken Heterogenität trotz der hohen durchschnittlichen Robustheit zahlreiche Banken mit einer geringen Robustheit existieren, welche bereits infolge eines Verlustes in geringer Höhe auszufallen drohen. Ein gemeinsamer Ausfall dieser weniger robusten Banken kann dann wiederum den Ausfall

<sup>80</sup>Vgl. LADLEY (2013), S. 1392.

<sup>81</sup>Vgl. BATTISTON ET AL. (2012b), S. 147.

<sup>82</sup>Vgl. CIFUENTES ET AL. (2005), S. 563-564; LADLEY (2013), S. 1392.

<sup>83</sup>Vgl. LADLEY (2013), S. 1392; BATTISTON ET AL. (2012b), S. 145

von Banken mit einer vergleichsweise hohen Verlusttragfähigkeit zur Folge haben, sodass in diesem Regime eine hohe direkte Verflechtung der Banken oftmals zu starken Contagion-Effekten führt und demzufolge eine oben bereits erörterte Risikokonzentration einer starken Risikoteilung vorzuziehen ist. Wenn sich einzelne Banken in ihrer Verlusttragfähigkeit hingegen nur geringfügig oder überhaupt nicht unterscheiden, es sich also um ein bzgl. der Stabilität einzelner Banken homogenes Bankennetzwerk handelt, ist die Wahrscheinlichkeit solcher durch direkte Verflechtungen erzeugter Contagion-Effekte geringer, während die Vorteile infolge der Risikoteilung unverändert bestehen bleiben. Somit ist der optimale Grad der direkten Verflechtung in diesem Regime ein höherer.<sup>84</sup>

Als ein weiterer Faktor für den Einfluss direkter Verflechtungen auf das Ausmaß möglicher Contagion-Effekte ist die Heterogenität der Banken bzgl. ihrer Größe zu nennen, wobei gemäß der empirischen Untersuchung von COCCO ET AL. (2009) größere Banken typischerweise als Schuldner (Kreditnehmer bzw. Liquiditätskäufer) und kleinere Banken somit in der Regel als Gläubiger (Kreditgeber bzw. Liquiditätsverkäufer) agieren. Für den Erhalt des gewünschten Liquiditätsbetrages sind größere Banken auf die Inanspruchnahme von Interbankenkrediten zahlreicher kleinerer Banken angewiesen, sodass größere Banken typischerweise starke direkte Verflechtungen aufweisen.<sup>85</sup> Dies hat zur Folge, dass durch den Ausfall eines größeren Finanzinstituts eben jene zahlreiche kleine und mittelgroße Banken in einem hohen Ausmaß direkte Verluste zu tragen haben und ein bank run infolge der Antizipation dieser Verluste durch die Investoren droht. Da sich die oftmals geringere Ausfallwahrscheinlichkeit größerer Banken als gegenläufiger Effekt anführen lässt, ist auch an dieser Stelle der bereits bekannte Trade-off zwischen der Ausfallhäufigkeit und den erwarteten Kosten im Falle eines Ausfalls zu erkennen.<sup>86</sup> Zudem scheint die starke Verflechtung größerer Banken und die daraus resultierenden starken Contagion-Effekte eine too-big-to-fail Politik seitens des Regulierers zu rechtfertigen. Es sei allerdings erwähnt, dass starke Contagion-Effekte ebenso durch den gemeinsamen Ausfall mehrerer kleinerer Finanzinstitute verursacht werden können.<sup>87</sup> Ein gemeinsamer Ausfall mehrerer kleinerer Finanzinstitute kann wiederum dadurch entstehen, dass diese stark indirekt verflochten sind (siehe Kapitel 2.1) und der idiosynkratische Schock einen gemeinsamen Risikofaktor und nicht wie hier angenommen ein einzelnes Finanzinstitut trifft. Eine solche simultane Betrachtung von direkten und indirekten Verflechtungen zeigt, dass eine Gruppe kleinerer Banken (too-interconnected-to-fail) eine genauso hohe systemische Relevanz besitzen kann wie eine einzelne große Bank (too-

<sup>84</sup>Vgl. BATTISTON ET AL. (2012b), S. 145-147. Der tatsächliche Grad der direkten Verflechtung ist gemäß LADLEY (2013) umso geringer, je stärker die für die Interbankenkredite zu zahlenden Risikoprämien der Banken von deren jeweiligen Verlusttragfähigkeit abhängen, wofür es allerdings einer Beobachtbarkeit der Verlusttragfähigkeiten Bedarf. Vgl. LADLEY (2013), S. 1398.

<sup>85</sup>Vgl. ROCHET/TIROLE (1996), S. 737.

<sup>86</sup>Vgl. IORI ET AL. (2006), S. 535.

<sup>87</sup>Vgl. KRAUSE/GIANANTE (2012), S. 594-597.

big-to-fail).<sup>88</sup>

## 2.2.2 Derivative Finanzinstrumente

### 2.2.2.1 Einsatzmotive für derivative Finanzinstrumente

Durch den Einsatz von Derivaten können Zahlungsströme erzeugt werden, welche allein durch den Einsatz bereits existierender Wertpapiere nicht erreicht werden können.<sup>89</sup> Die dadurch neu geschaffenen Möglichkeiten zur Diversifikation erlauben den Finanzinstituten ein gezielteres Hedging ihrer individuellen Risiken (bspw. durch den Transfer einzelner Kredit- oder ganzer Klumpenrisiken).<sup>90</sup> Infolge dieser verbesserten Möglichkeit zur Diversifikation können seitens der Banken vermehrt hoch riskante, aber dennoch profitable Projekte finanziert werden sowie Kredite zu günstigeren Konditionen in Form geringerer Risikoprämien vergeben werden.<sup>91</sup> Ein großer Vorteil von Derivaten gegenüber klassischen Produkten wie bspw. Kreditversicherungen stellt dabei vor allem deren Flexibilität bzgl. ihrer exakten Ausgestaltung dar, mit deren Hilfe nahezu beliebige Risikoprofile erreicht und infolgedessen gehandelt werden können.<sup>92</sup> Dies ermöglicht ein effektiveres Management (Hedging) von Risiken.<sup>93</sup>

Darüber hinaus erlaubt insbesondere der Einsatz von derivativen Instrumenten des Kreditrisikotransfers eine effektivere Verteilung der im Bankensystem befindlichen Risiken.<sup>94</sup> Ein Kreditrisikotransfer ermöglicht den Transfer von Risiken zu denjenigen Marktteilnehmern, die auch tatsächlich gewillt sind diese zu tragen.<sup>95</sup> Dabei können Risiken insbesondere von relativ fragilen Banken zu weniger fragilen Marktteilnehmern transferiert werden, sodass die Risiken schlussendlich aus dem Bankensystem heraus denjenigen Marktteilnehmern mit der größten Risikotragfähigkeit übertragen werden können.<sup>96</sup> Des Weiteren zeigen DE-

<sup>88</sup>Vgl. CUMMINS/WEISS (2014), S. 493-494. Den empirischen Befund liefern WEISS ET AL. (2014) sowie PUZANOVA/DÜLLMANN (2013).

<sup>89</sup>Vgl. STULZ (2004), S. 180; CAPELLE-BLANCARD (2010), S. 72. Im Idealfall führt der Markt für Derivate zu einer Vervollständigung des Kapitalmarktes, sodass sämtliche theoretisch denkbaren Zahlungsströme durch die Zahlungsströme der am Markt gehandelten und somit bereits bewerteten Finanztitel dupliziert werden können.

<sup>90</sup>Vgl. ALLEN/CARLETTI (2006), S. 89; ALLEN ET AL. (2012), S. 519. Für eine kritische Diskussion über die Motive des Hedgings von Risiken sowohl aus Sicht der Stakeholder als auch aus Sicht der Shareholder sei der interessierte Leser auf KÜRSTEN (2006a) sowie KÜRSTEN (2006b) verwiesen.

<sup>91</sup>Vgl. PARTNOY/SKEEL (2006), S. 1025. Einen empirischen Befund liefert BREWER III ET AL. (2000).

<sup>92</sup>Vgl. NICOLO/PELIZZON (2008), S. 445; PARTNOY/SKEEL (2006), S. 1024.

<sup>93</sup>Vgl. FROOT ET AL. (1993), S. 1647; FROOT/STEIN (1998), S. 63. Darüber hinaus lassen sich auch die Interessen von Entscheidungsträgern durch die Aufnahme derivativer Finanzinstrumente in deren Vergütungsschema gezielter steuern. Der interessierte Leser sei an dieser Stelle auf KÜRSTEN (2001b) sowie KÜRSTEN (2002) verwiesen.

<sup>94</sup>Vgl. CAPELLE-BLANCARD (2010), S. 72; STULZ (2004), S. 180.

<sup>95</sup>Vgl. BRUNNERMEIER (2009), S. 80.

<sup>96</sup>Vgl. ALLEN/GALE (2007), S. 342.

MARZO/DUFFIE (1999) und DEMARZO (2005), dass durch den Einsatz von derivativen Instrumenten des Kreditrisikotransfers ein Transfer der Risiken zu Marktteilnehmern mit Informationsvorteilen und eine damit verbundene Milderung von Problemen infolge asymmetrisch verteilter Informationen ermöglicht wird.

Die Möglichkeit des Transfers solcher speziellen Risiken fußt auf der durch Derivate induzierten zunehmenden Vervollständigung des Kapitalmarktes. Doch auch wenn der Kapitalmarkt bereits vollständig ist, handelt es sich bei Derivaten nicht um redundante oder überflüssige Finanzinstrumente. Grund hierfür ist, dass eine Duplikation der Zahlungsströme eines Derivates aufgrund der an Kapitalmärkten vorhandenen Transaktionskosten typischerweise mit enormen Kosten verbunden ist, da solch eine Strategie bspw. immer dann eine Umschichtung des Duplikationsportfolios verlangt, sobald sich der Preis der dem Derivat zugrunde liegenden Anlage ändert. Andernfalls erfolgt die Duplikation nur approximativ und die zu erreichenden Zahlungsströme drohen verfehlt zu werden. Jene Kosten werden durch den Einsatz von Derivaten vermieden. Im Falle vollständiger Märkte können durch den Einsatz von Derivaten somit zwar keine neuen Zahlungsströme erzeugt werden, allerdings können die bereits zu erreichenden Zahlungsströme durch den Einsatz eines Derivates zu wesentlich geringeren Kosten erreicht werden. Darüber hinaus werden Probleme bzgl. der Identifizierung der korrekten Duplikationsstrategie vermieden.<sup>97</sup>

Als ein weiterer Vorteil von Derivaten ist deren Informationsfunktion anzuführen. Aufgrund ihrer hohen Liquidität ermöglichen Derivate eine schnelle Verbreitung von preisrelevanten Informationen auf Kapitalmärkten. Die Aktualisierung von Aktienkursen infolge negativer Informationen erfolgt allen voran aufgrund der (regulatorisch motivierten) schwierigen Durchführung von Leerverkäufen ohne den Einsatz von Derivaten verhältnismäßig langsam.<sup>98</sup> Als weiteres Beispiel lässt sich die Informationsfunktion des sehr liquiden Marktes für Credit-Default-Swaps anführen, auf dem Informationen bzgl. der Bonität eines Schuldners wesentlich schneller verarbeitet werden als auf dem illiquiden Markt für Anleihen.<sup>99</sup> Da den Marktteilnehmern durch Derivate zudem die Gewinnerzielung infolge von Fehlbepreisungen beliebiger Art ermöglicht wird, erhöht sich deren Anreiz zur Sammlung und anschließenden Verbreitung von Informationen über das Kaufverhalten.<sup>100</sup> Aufgrund der geringen Transaktionskosten und möglichen Hebelwirkungen ist der Markt für Derivate dabei am

<sup>97</sup>Vgl. STULZ (2004), S. 180; CAPELLE-BLANCARD (2010), S. 73. Da die Duplikationsstrategie u.a. vom Preisprozess des Underlying abhängt, kann die Performance bzw. Güte der Duplikationsstrategie durch falsche Verteilungsannahmen oder durch eine fehlerhafte Schätzung der Verteilungsparameter negativ beeinflusst werden.

<sup>98</sup>Vgl. STULZ (2010), S. 85.

<sup>99</sup>Vgl. STULZ (2004), S. 180. An dieser Stelle sei allerdings auch die empirische Studie von DAS ET AL. (2014) erwähnt, welche keine Steigerung der Effizienz des Anleihemarktes infolge der Einführung von Credit-Default-Swaps feststellt.

<sup>100</sup>Vgl. STULZ (2010), S. 85. Den empirischen Befund liefert CAO (1999).

geeignetsten für die Erzielung von Gewinnen aus dem Wissen über zukünftige Assetpreise. Dies erhöht die Fülle der öffentlich zur Verfügung stehenden Informationen und folglich den Informationsgehalt von Marktpreisen.<sup>101</sup> Der Einsatz von Derivaten besitzt also auch einen Einfluss auf den Markt der zugrunde liegenden Anlage, welcher an Effizienz gewinnt.<sup>102</sup>

#### 2.2.2.2 Systemische Auswirkungen von derivativen Finanzinstrumenten

Da Banken im Markt für Derivate sowohl als größte Käufergruppe als auch als größte Verkäufergruppe agieren, führt der Einsatz von Derivaten zu hohen direkten Verflechtungen im Bankensystem und zu einem undurchsichtigen Netzwerk von Schuldverhältnissen.<sup>103</sup> Aufgrund dieser direkten Verflechtungen drohen die in Kapitel 2.2.1.2 bereits erörterten negativen direkten und indirekten Externalitäten infolge eines individuellen Ausfalls einer Bank.<sup>104</sup> Darüber hinaus werden durch den Einsatz solcher Derivate die idiosynkratischen Risiken der einzelnen Banken beseitigt, was zu einer Erhöhung der Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und letztendlich zu einem erhöhten systemischen Risiko in Form einer erhöhten gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit führt.<sup>105</sup> Da Finanzinstitute zudem auf das infolge eines geeigneten Einsatzes von derivativen Finanzinstrumenten reduzierte Risiko ihres Portfolios mit einer Aufnahme zusätzlicher Risiken reagieren können, ist auch ein Anstieg des individuellen Risikos der beim Risikotransfer als Risikoverkäufer agierenden Bank möglich.<sup>106</sup> Die fußt darauf, dass die Möglichkeit des Risikomanagements stets auf den Umfang der ursprünglich aufgenommenen Risiken zurückwirkt.<sup>107</sup> Darüber hinaus kann der Markt für Derivate gemäß HART (1975), ELUL (1995) und DUFFEE/ZHOU (2001) den Zusammenbruch bereits vorhandener Märkte induzieren.

Wie in Kapitel 2.2.2.1 erörtert, können durch den Einsatz von Derivaten verschiedene Risiken (bspw. Kredit-, Zins-, Wechselkurs- oder Liquiditätsrisiken) denjenigen Marktteilneh-

<sup>101</sup>Vgl. CAPELLE-BLANCARD (2010), S. 73; PARTNOY/SKEEL (2006), S. 1026.

<sup>102</sup>Vgl. STULZ (2004), S. 180. Den empirischen Befund liefern EASLEY ET AL. (1998), FILIS ET AL. (2011) und CHAKRAVARTY ET AL. (2004).

<sup>103</sup>Vgl. ALLEN/CARLETTI (2006), S. 91; PARTNOY/SKEEL (2006), S. 1036.

<sup>104</sup>Vgl. ALLEN/CARLETTI (2006), S. 109; ALLEN/GALE (2007), S. 366. Für den empirischen Befund siehe ALNASSAR ET AL. (2014), BATTAGLIA/GALLO (2013) sowie BLISS/KAUFMAN (2006).

<sup>105</sup>Vgl. ALLEN ET AL. (2012), S. 519 sowie NIJSKENS/WAGNER (2011) und MAYORDOMO ET AL. (2014) für den empirischen Befund.

<sup>106</sup>Vgl. INSTEFJORD (2005), S. 343; WAGNER (2007), S. 130-134. Eine solche Aufnahme von Risiken kann direkt oder indirekt erfolgen. Direkt aufgenommen werden neue Risiken bspw. durch die Ausweitung der Kreditvergabe (vgl. SANTOMERO/TRESTER (1998), S. 33-34) oder einer Erhöhung der Verschuldung (vgl. SINKEY JR/CARTER (2001), S. 434.), wohingegen neue Risiken indirekt durch eine Reduzierung des Monitoring- und Screening-Effort (vgl. MORRISON (2005), S. 639; HU/BLACK (2008), S. 665; PARLOUR/PLANTIN (2008), S. 1303) oder durch eine geringere Aversion gegenüber Krisensituationen (vgl. NIJSKENS/WAGNER (2011), S. 1392) eingegangen werden. Den empirischen Befund liefern SINKEY JR/CARTER (2001), HIRTLE (2009), BREWER III ET AL. (2000), HENTSCHEL/KOTHARI (2001) sowie BEDENDO/BRUNO (2012).

<sup>107</sup>Vgl. KÜRSTEN (1991), S. 880; KÜRSTEN (1997), S. 122.

mern übertragen werden, welche zur Aufnahme eben jener Risiken gewillt sind. Von diesem Wille zur Risikoübernahme lässt sich allerdings nicht auf die Fähigkeit zur Risikoübernahme schließen, sodass nicht garantiert werden kann, dass die Risiken tatsächlich zu denjenigen Marktteilnehmern transferiert werden, welche sie auch im vollen Umfang tragen können. Somit kann ein Einsatz von Derivaten das Bankensystem dahingehend schwächen, dass ein Teil der als Risikokäufer agierenden Banken destabilisiert wird und infolgedessen den als Risikoverkäufer agierenden Banken Verluste aus dem Derivategeschäft drohen.<sup>108</sup> Dies verdeutlicht, dass einer als Risikoverkäufer agierenden Bank durch den Einsatz von Instrumenten des Risikotransfers stets ein neues Risiko in Form eines Kontrahentenausfallrisikos (bezogen auf den Risikokäufer) entsteht.<sup>109</sup>

Dass der Einsatz derivativer Finanzinstrumente in der Praxis oftmals nicht zu einer Senkung des systemischen Risikos führt, ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass ein Großteil des Handels direkt zwischen den Finanzinstituten stattfindet. Bspw. werden von den ausstehenden Kreditderivaten schätzungsweise 90% von Banken gehalten.<sup>110</sup> Somit werden die Kreditrisiken nur in Ausnahmefällen tatsächlich aus den Bankensektor heraus transferiert, weshalb es durch den Einsatz von Kreditderivaten zu keiner signifikanten Senkung des im Bankensystem befindlichen aggregierten Kreditrisikos kommt. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass aus Sicht der einzelnen Banken lediglich der Verkauf der Risiken an sich von Relevanz ist. Aus systemischer Sicht wird der Nutzen solcher Kreditderivate hingegen in erster Linie durch den als Risikokäufer agierenden Marktteilnehmer determiniert.<sup>111</sup>

Zudem befürchten einige Ökonomen, dass durch Derivate zum einen Marktmanipulationen vereinfacht werden und zum anderen eine Erhöhung der Volatilität des jeweiligen Underlying-Marktes verursacht wird. Nach KUMAR/SEPPI (1992) und der empirischen Studie von BARNHART ET AL. (1996) sind Marktmanipulationen allerdings nur unter sehr restriktiven Bedingungen möglich und daher insbesondere für Märkte mit großer Tiefe praktisch nicht umsetzbar. Somit treten die Probleme bzgl. einer Marktmanipulation allenfalls in sehr illiquiden Märkten auf.<sup>112</sup> Auch für eine nachhaltige Erhöhung der Volatilität des Underlying-Marktes infolge des Einsatzes derivativer Finanzinstrumente liefert die Literatur

<sup>108</sup>Vgl. CAPELLE-BLANCARD (2010), S. 80; BOLTON/OEHMKE (2013), S. 654.

<sup>109</sup>Vgl. THOMPSON (2010), S. 1197; CALISTRU (2012), S. 557; MARKOSE ET AL. (2012), S. 630. Ein Risikotransfer sollte gemäß HELLWIG (1994), HELLWIG (1995) und HELLWIG (1998) daher vielmehr als ein Risikoaustausch wahrgenommen werden, bei dem bspw. ein Teil des im Portfolio befindlichen Kreditrisikos gegen ein neues Kontrahentenausfallrisiko eingetauscht wird. ARORA ET AL. (2012) zeigen empirisch, dass die für den derivativen Risikotransfer gezahlten Prämien tatsächlich von der Höhe des neu eingegangenen Kontrahentenausfallrisikos (wenn auch nur marginal) beeinflusst werden.

<sup>110</sup>WAGNER/MARSH (2006), S. 188-189. Da der Derivatehandel oftmals dezentralisiert und unreguliert vorstattengeht, sind genauere Angaben an dieser Stelle nicht möglich.

<sup>111</sup>Vgl. BRUNNERMEIER (2009), S. 80

<sup>112</sup>Vgl. CAPELLE-BLANCARD (2010), S. 74.

keinen empirischen Befund.<sup>113</sup>

## 2.3 Zwischenfazit

Kapitel 2 verdeutlichte die Entstehungsursache indirekter und direkter Verflechtungen zwischen Finanzinstituten sowie deren Auswirkung auf die Höhe des systemischen Risikos. Wie Kapitel 2.1 zeigt, sind bei einer Betrachtung der Entstehungsursachen indirekter Verflechtungen und einer damit unmittelbar verbundenen Erhöhung des systemischen Risikos zwei Beweggründe der Banken voneinander zu unterscheiden. Kapitel 2.1.1 verdeutlichte anhand der Modelle von WAGNER (2010), IBRAGIMOV ET AL. (2011) und VAN OORDT (2014), dass indirekte Verflechtungen durch das Streben der Banken nach gut diversifizierten Portfoliorückflüssen (zur Vermeidung ihres eigenen Ausfalls) und somit infolge bankinterner Risikomanagementprozesse entstehen. Im Gegensatz dazu zeigte Kapitel 2.1.2, dass aufgrund des systemischen Risikoanreizes nach ACHARYA (2009) Banken eine hohe indirekte Verflechtung untereinander bewusst und gezielt anstreben, um nicht unter den negativen Externalitäten der Ausfälle anderer Banken leiden zu müssen und um von einer Intervention des Regulierers in Form eines bail-out profitieren zu können.

Der Einfluss direkter Verflechtungen zwischen Banken auf das systemische Risiko ist hingegen wesentlich komplexer. Wie Kapitel 2.2 zeigt, können direkte Verflechtungen im Bankensystem dazu führen, dass sich die von einer einzelnen Bank erlittenen Verluste entlang der einzelnen Geschäftsbeziehungen in dem infolge der direkten Verflechtungen entstehenden Bankennetzwerk ausbreiten. Eine solche Ausbreitung idiosynkratischer Schocks kann ebenso wie die in Kapitel 2.1 betrachteten indirekten Verflechtungen zu einer erhöhten Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen einzelner Banken und folglich zu einer erhöhten gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit der Finanzinstitute führen. Allerdings existieren auch Regime, in denen eine starke direkte Verflechtung der Finanzinstitute aufgrund der entstehenden Risikoteilung zu einer Senkung des systemischen Risikos führt. Kapitel 2.2 verdeutlicht somit, dass der Einfluss direkter Verflechtungen auf die Höhe des systemischen Risikos äußerst komplex und von zahlreichen Charakteristiken des Bankensystems abhängig ist. Entscheidende Faktoren sind dabei u.a. die Risikotragfähigkeit und die Größe einzelner Banken, die Heterogenität der Banken bzgl. eben genannter Faktoren sowie die Höhe des Schocks, welcher das Bankennetzwerk trifft. Zum vollständigen Verständnis der systemischen Folgen direkter Verflechtungen müsste eine simultane Betrachtung sämtlicher Einflussfaktoren unter zusätzlicher Berücksichtigung der existierenden indirekten Verflechtungen erfolgen.<sup>114</sup>

<sup>113</sup>Vgl. STULZ (2004), S. 180; CAPELLE-BLANCARD (2010), S. 75. Für Empirische Studien zum Thema sei der interessierte Leser auf BOLLEN (1998), SCHWARTZ ET AL. (2013) sowie CONRAD (1989) verwiesen.

<sup>114</sup>Vgl. FREIXAS/PARIGI (1998), S. 18; POLEDNA ET AL. (2014), S. 210.

---

Da eine solche Betrachtung aufgrund der hohen Komplexität allerdings nicht handhabbar ist, bleibt die genaue Wirkung direkter Verflechtungen auf das systemische Risiko (zumindest in zahlreichen Aspekten) ungeklärt.

### 3 Makroprudentielle Bankenregulierung: Ziele, Status quo und offene Problemfelder

Unter einer Regulierung von Banken gemäß dem Baseler Rahmenwerk ist jede Bank dazu verpflichtet, Auflagen bzgl. ihrer operationellen Risiken sowie ihrer Kredit-, Markt- und Liquiditätsrisiken zu erfüllen.<sup>115</sup> Banken werden somit isoliert bzw. losgelöst voneinander regulatorisch erfasst. Das Ziel einer solchen Regulierung ist die Vermeidung individueller Ausfälle von Banken, weshalb dieser Ansatz als mikroprudentiell eingestuft wird. Eine direkte Adressierung und Regulierung des systemischen Risikos erfolgt hingegen nicht. Im Rahmen einer mikroprudentiellen Regulierung wird vielmehr davon ausgegangen, dass die durch eine adäquate Umsetzung mikroprudentieller Regulierungsmaßnahmen induzierte Stabilität sämtlicher Finanzinstitute hinreichend für die Stabilität des Bankensystems ist.<sup>116</sup>

Inwiefern solch ein mikroprudentieller Ansatz tatsächlich zur Sicherstellung der Stabilität des Bankensystems geeignet ist, ist im Lichte der aus Kapitel 2 gewonnenen Erkenntnisse zu hinterfragen. Kritik erfährt die mikroprudentielle Bankenregulierung zum einen daher, dass die Notwendigkeit einer durch sie angestrebten hohen Stabilität sämtlicher Finanzinstitute für die Stabilität des Bankensystems nicht gegeben ist und somit aus systemischer Sicht unnötige oder gar ungeeignete Regulierungsmaßnahmen ergriffen werden. Zum anderen lässt schon das im Kapitel 2.1.1 vorgestellte Modelle von WAGNER (2010) erkennen, dass aus einer hohen Stabilität sämtlicher Finanzinstitute nicht ohne Weiteres auf die Stabilität des Bankensystems geschlossen werden kann, sodass die im Rahmen einer mikroprudentiellen Bankenregulierung zur Verfügung stehenden Regulierungsmaßnahmen nicht ausreichend sind.<sup>117</sup> Aufgrund der offengelegten Defizite der mikroprudentiellen Bankenregulierung werden sowohl seitens der Forschung als auch seitens der Politik verstärkt alternative Ansätze zur Regulierung von Banken verfolgt, da eine (selbstredend nicht vollständige, aber doch

---

<sup>115</sup>Eine empirische Studie über die treibenden Faktoren des individuellen Risikos europäischer Banken liefern HAQ/HEANEY (2012).

<sup>116</sup>Vgl. CROCKETT (2000), S. 3; ARNOLD ET AL. (2012), S. 3131.

<sup>117</sup>Dies verdeutlicht auch die Analyse vergangener Finanzkrisen. Eine Vielzahl dieser Finanzkrisen wurde nicht vordergründig durch idiosynkratische Probleme einzelner Banken ausgelöst, welche durch Ansteckungseffekte anschließend eine systemische Relevanz erlangten. Die Ursache dieser Finanzkrisen war vielmehr, dass die Portfoliorückflüsse der Banken, wenn auch oft wenig offensichtlich, identischen Risikofaktoren ausgesetzt waren. Vgl. BORIO/SHIM (2007), S. 5; CROCKETT (2000), S. 3.

hinreichend starke) Neuausrichtung der Bankenregulierung zur Vermeidung von zukünftigen Finanzkrisen angemessener und zielführender erscheint als eine weitere Erhöhung des Umfangs und der Komplexität bereits bestehender Regulierungsmaßnahmen.<sup>118</sup> Im Zuge dieser Diskussion wurde die Idee einer makroprudentiellen Regulierung von Finanzinstituten neu aufgegriffen.<sup>119</sup>

Daher verdeutlicht Kapitel 3 im Folgenden die wesentlichen Elemente einer makroprudentiellen Bankenregulierung. Hierfür werden in Kapitel 3.1 zunächst die Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung vorgestellt, bevor in Kapitel 3.2 aufgezeigt wird, welche bereits intensiver erforschten Gebiete der Wissenschaft Parallelen zur Unterscheidung zwischen einer mikro- und einer makroprudentiellen Regulierung des Bankensystems aufweisen. Kapitel 3.3 und Kapitel 3.4 zeigen anschließend, dass sowohl die Zeit- als auch die Querschnittsdimension des systemischen Risikos ausschließlich im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung adäquat erfasst werden können. Darauf aufbauend verdeutlicht Kapitel 3.5, dass Basel III durch die Implementierung des antizyklischen Kapitalpuffers zur Erfassung der Zeitdimension bereits ein wirkungsvolles Instrument der makroprudentiellen Bankenregulierung enthält, wohingegen der implementierte systemische Risikopuffer die Querschnittsdimension des systemischen Risiko nur unzureichend adressiert. Folglich stellt die adäquate regulatorische Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos eine offene Forschungsfrage dar, welche auch seitens der Literatur bereits erkannt wurde. Eben jener Literatur sind daher mit dem  $\Delta CoVaR$ -Ansatz und dem Shapley-Wert-Ansatz auch erste Ansätze zur Beantwortung dieser offenen Forschungsfrage zu entnehmen. Beide Ansätze haben gemein, dass sie die Querschnittsdimension des systemischen Risikos durch die Implementierung einer makroprudentiellen und somit auf den Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko basierenden Mindesteigenkapitalanforderung zu erfassen versuchen. Die strukturellen Unterschiede zwischen den beiden Ansätzen lassen sich hingegen in der Messmethodik eben jenes Beitrages zum systemischen Risiko finden. Während sich der  $\Delta CoVaR$ -Ansatz eines speziell für diese Zwecke konzipierten Risikomaßes bedient, verwendet der Shapley-Wert-Ansatz eine aus der Spieltheorie bekannte Allokationsfunktion. Wie allerdings Kapitel 3.6 und Kapitel 3.7 aufzeigen, erfolgt im Rahmen klassischer Portfolio Selection Probleme durch keinen der beiden Ansätze eine adäquate Erfassung der Querschnittsdimension, sodass die Entwicklung geeigneter Instrumente zur Auflösung von (indirekten) Verflechtungen zwischen Finanzinstituten nach wie vor eine offene Forschungsfrage

<sup>118</sup>Vgl. VANHOOSE (2007), S. 3695; HANSON ET AL. (2011), S. 3.

<sup>119</sup>Erstmals in einem internationalen Kontext erwähnt wurde der Begriff „makroprudentiell“ im Jahre 1979. Einer breiten Öffentlichkeit ist er seit der Rede von Andrew Crockett, dem damaligen General Manager der Bank für Internationalen Zahlungsausgleich, im Jahre 2000 bekannt. Bis heute wird der Begriff überwiegend durch die Abgrenzung von seinem Antonym mikroprudentiell definiert. Einen ausführlichen Überblick über die Evolution des Begriffes „makroprudentiell“ liefert CLEMENT (2010).

darstellt. Das Kapitel schließt mit einer Zusammenfassung der Erkenntnisse in Kapitel 3.8.

### 3.1 Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung

Im Gegensatz zur mikroprudentiellen Bankenregulierung (bspw. gemäß dem Baseler Rahmenwerk) zielt eine makroprudentielle Bankenregulierung nicht vordergründig auf die Stabilität einzelner Banken, sondern auf die Stabilität des Bankensystems ab. Folglich stehen Maßnahmen zur Regulierung des systemischen Risikos im Vordergrund.<sup>120</sup> Das systemische Risiko lässt sich definieren als der (drohende) Ausfall eines hinreichend großen Teils des Bankensystems, infolgedessen die ordnungsgemäße Intermediationsfunktion des Bankensystems stark eingeschränkt ist und Externalitäten auf die Realwirtschaft, sogenannte output losses, auftreten.<sup>121</sup>

Begründet wird die Notwendigkeit einer makroprudentiellen Bankenregulierung nicht wie bei der mikroprudentiellen Bankenregulierung mit dem Schutz der Gläubiger. Die Notwendigkeit einer makroprudentiellen Bankenregulierung resultiert vielmehr aus einem drohenden Marktversagen infolge des aus systemischer Sicht systematischen Fehlverhaltens (Moral Hazard) von Finanzinstituten.<sup>122</sup> Wie die Erkenntnisse aus Kapitel 2 verdeutlichen, ist bei sämtlichen Maßnahmen des Risiko- und Liquiditätsmanagement von Banken eine Unterscheidung zwischen dem Einfluss auf die individuellen Risiken und dem Einfluss auf das systemische Risiko essentiell. Seitens der Banken erfolgt diese differenzierte Betrachtung der einzelnen Maßnahmen allerdings nicht oder zumindest nicht in dem gewünschten Umfang. Ursache ist, dass eine Bank ohne adäquate, sprich makroprudentielle Regulierung lediglich diejenigen (vordergründig individuellen) Risiken berücksichtigen wird, deren Kosten sie bei einer Materialisierung der Risiken selbst internalisiert.<sup>123</sup> Dadurch entsteht der Anreiz zu einer exzessiven Aufnahme von Risiken, welche zum Teil oder gar vollständig von anderen Marktteilnehmern getragen werden. Da eine Bank ihre strategische Ausrichtung somit ohne ausreichende Rücksicht auf das systemische Risiko festsetzt, stellen individuell rationale

<sup>120</sup>Eine klare Trennung zwischen mikro- und makroprudentiellen Maßnahmen zur Bankenregulierung ist offensichtlich nicht möglich, da sich deren Ziele zwar zuwiderlaufen können, dies aber nicht zwingend tun. Vgl. BASTO (2013), S. 83; VIÑALS (2011), S. 23.

<sup>121</sup>Vgl. VIÑALS (2011), S. 7; BORIO (2011), S. 3; CROCKETT (2000), S. 2; BASTO (2013), S. 77; HARTMANN (2015), S. 70.

<sup>122</sup>Die Erfordernis einer makroprudentiellen Bankenregulierung erscheint somit subtiler. Da die Stabilität einzelner Banken für die Gläubiger von Bedeutung ist, haben Banken von sich aus bereits einen Anreiz für eine hinreichend hohe Stabilität auf individueller Ebene zu sorgen und diese auch, bspw. mittels einer adäquaten Eigenkapitalquote, zu signalisieren, weshalb die Notwendigkeit und somit auch der Mehrwert einer mikroprudentiellen Bankenregulierung nicht ohne weitere Überlegungen ersichtlich ist. Vgl. HELLWIG (1995), S. 732; ELLIS ET AL. (2014), S. 179.

<sup>123</sup>Durch die Implementierung einer mikroprudentiellen Regulierung wird der Fokus auf die individuellen Risiken gar nochmals erheblich verstärkt.

Entscheidungen einzelner Finanzinstitute bei aggregierter Betrachtung ein im Lichte des systemischen Risikos kollektives Fehlverhalten dar.<sup>124</sup> Eine Milderung bzw. im Idealfall Beseitigung dieser Moral Hazard Problematik kann nur gelingen, wenn die Banken sämtliche von ihnen verursachten Risiken im vollen Umfang internalisieren und infolgedessen bei ihren Entscheidungen berücksichtigen. Hierfür bedarf es zwingend einer makroprudentiellen Ausrichtung der Bankenregulierung.<sup>125</sup>

### 3.2 Parallelen zu anderen wissenschaftlichen Gebieten

Die Unterscheidung zwischen einer mikro- und makroprudentiellen Bankenregulierung hat zahlreiche Parallelen zu anderen, bereits stärker erforschten Gebieten der Wissenschaft. Eine bereits anhand der verwendeten Termini erkennbare Parallele ist die Unterscheidung zwischen dem Mikro- und Makro-Hedging in einem Unternehmen. Während bei einem Mikro-Hedging (der mikroprudentiellen Bankenregulierung) die Risiken der einzelnen Unternehmensdivisionen (Finanzinstitute) gesteuert werden und sich das Gesamtrisiko des Unternehmens (des Bankensystems) aus der Aggregation dieser Einzelrisiken ableiten lässt, ist das Verfahren beim Makro-Hedging (unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung) genau entgegengesetzt.<sup>126</sup> Hier wird im Rahmen des Risikomanagements das Risiko des gesamten Unternehmens (des Bankensystems) gesteuert und die Risiken der einzelnen Unternehmensdivisionen (Finanzinstitute) abgeleitet.<sup>127</sup> Somit handelt es sich bei der mikroprudentiellen Bankenregulierung wie auch beim Mikro-Hedging um einen bottom-up-Ansatz, während es sich bei der makroprudentiellen Bankenregulierung wie auch beim Makro-Hedging um einen

<sup>124</sup>Beispiele hierfür existieren in großer Fülle. Während die Kürzung der Kreditvergabe in Zeiten einer Rezession aufgrund gestiegener Kontrahentenrisiken aus Sicht einzelner Banken vorteilhaft sein mag, kann eine kollektive Kürzung der Kreditvergabe sämtlicher Banken zu einer Kreditklemme führen, welche wiederum weiter steigende Kontrahentenrisiken induziert (vgl. HANSON ET AL. (2011), S. 5; CROCKETT (2000), S. 3). Weitere Beispiele sind die in Kapitel 2.1.1 bereits angesprochene Überdiversifikation, eine exzessive Ausweitung der Kreditvergabe im Aufschwung (vgl. CATARINEU-RABELL ET AL. (2005), S. 553; ESRB (2014b), S. 16), die u.a. durch die Wahl des Verschuldungsgrades determinierte Liquidität einzelner Banken (vgl. ESRB (2014a), S. 7), der Anteil illiquider Anlagen im Portfolio (vgl. MILNE (2009), S. 623; ACHARYA ET AL. (2010b), S. 5) sowie überhöhte Laufzeitinkongruenzen zwischen Aktiva und Passiva (vgl. ACHARYA ET AL. (2010b), S. 5; ESRB (2014a), S. 104).

<sup>125</sup>Vgl. CROCKETT (2000), S. 3; GOLDSTEIN/PAUZNER (2004), S. 165; SCHNABEL/SHIN (2004), S. 965.

<sup>126</sup>Vgl. SAATCIOGLU ET AL. (2001), S. 35; QUÉMARD/GOLITIN (2005), S. 86-87.

<sup>127</sup>Somit ist die eindeutige Zuordnung der Sicherungsgeschäfte zu den Grundgeschäften im Rahmen eines Makro-Hedging nicht möglich (Vgl. FRANCIS (1990), S. 893). Dafür wird aber im Gegensatz zum Mikro-Hedging die risikokompensierende Wirkung der bestehenden Geschäfte berücksichtigt. Hingegen kann sich unter einer Mikro-Hedging-Strategie das Gesamtrisiko eines Unternehmens gar erhöhen, bspw. wenn durch die risikokompensierende Wirkung der bestehenden Geschäftsfelder bereits ein hinreichend großer Teil der Risiken des gesamten Unternehmens beseitigt wird. Wie im weiteren Verlauf dieses Kapitels dargestellt wird, kann dieses Phänomen auch unter einer mikroprudentiellen Regulierung von Banken festgestellt werden.

top-down-Ansatz handelt.<sup>128</sup> Tabelle 3.1 stellt die wesentlichen Unterschiede zwischen einer mikro- und einer makroprudentiellen Bankenregulierung nochmals vergleichend gegenüber.

|                       | <b>mikroprudentiell</b>                                                                                                           | <b>makroprudentiell</b>                                                                                                  |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Motivation            | Schutz der Gläubiger (und Shareholder)                                                                                            | Schutz der Realwirtschaft (und des Steuerzahlers)                                                                        |
| Fokus der Regulierung | Wahrscheinlichkeit und Kosten individueller Ausfälle                                                                              | Wahrscheinlichkeit und Kosten gemeinsamer Ausfälle                                                                       |
| relevantes Risiko     | individuelles Risiko einer Bank                                                                                                   | Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko                                                                               |
| verfolgter Ansatz     | <u>bottom-up Ansatz</u><br>systemisches Risiko ergibt sich aus Aggregation<br>$\uparrow$<br>Regulierung der individuellen Risiken | <u>top-down Ansatz</u><br>Regulierung des systemischen Risikos<br>$\downarrow$<br>individuelle Risiken werden abgeleitet |
| Risikofaktoren        | exogen gegeben (vom Verhalten der Banken unabhängig)                                                                              | endogen (abhängig vom Verhalten der Banken)                                                                              |
| Verflechtungen        | ohne Relevanz                                                                                                                     | hohe Relevanz                                                                                                            |

Tabelle 3.1: Vergleichende Gegenüberstellung der mikro- und makroprudentiellen Bankenregulierung. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an BORIO (2011), S. 2.)

Da das Bankensystem im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung oftmals als ein Portfolio von Banken betrachtet wird, lassen sich auch zahlreiche aus der Portfoliotheorie bekannte Erkenntnisse übertragen. Wenn die einzelnen Banken als Wertpapiere mit bekannten Verteilungen und Abhängigkeitsstrukturen verstanden werden, lässt sich das Risiko des Bankenportfolios (Bankensystems) bspw. als Value-at-Risk oder Expected-Shortfall eben jenes Bankenportfolios berechnen.<sup>129</sup> Unter einer makroprudentiellen Regulierung liegt der Fokus dann auf der Performance des Bankenportfolios (Bankensystems), sodass die Wahrscheinlichkeiten und Kosten großer Wertänderungen des gesamten Bankenportfolios (Bankensystems) Gegenstand der Regulierung sind.<sup>130</sup> Treibende Faktoren sind hierbei weniger die individuellen Risiken der einzelnen Wertpapiere (Finanzinstitute), sondern vielmehr die Abhängigkeitsstrukturen zwischen ihnen sowie Klumpenrisiken aufgrund

<sup>128</sup>Vgl. BORIO (2011), S. 2.

<sup>129</sup>Vgl. TARASHEV ET AL. (2010), S. 3; BORIO (2011), S. 9

<sup>130</sup>Vgl. CROCKETT (2000), S. 2.

hoher Einzelexposure („too-big-to-fail“) oder starker Abhängigkeiten („too-interconnected-to-fail“).<sup>131</sup> Eine mikroprudentielle Regulierung hingegen würde sich zu gleichen Teilen auf die Performance jedes einzelnen Wertpapiers (jedes einzelnen Finanzinstituts) fokussieren, sodass die Abhängigkeiten zwischen ihnen und folglich auch die Performance des Gesamtportfolios unberücksichtigt bleiben. Daran anknüpfend lassen sich auch Querbezüge zum Capital-Asset-Pricing-Model (CAPM) nach SHARPE (1964), LINTNER (1965) und MOSSIN (1966) herstellen, da auch beim CAPM eine Unterscheidung zwischen dem stand-alone-risk (individuellen Risiko) eines Wertpapiers (eines Finanzinstituts) und dem Beitrag eines Wertpapiers (eines Finanzinstituts) zum Gesamtrisiko des Marktes (zum systemischen Risiko) erfolgt.<sup>132</sup>

### 3.3 Die Erfassung der Zeitdimension

Einen ersten Mehrwert gegenüber der mikroprudentiellen Bankenregulierung leistet die makroprudentielle Bankenregulierung durch die Adressierung der Zeitdimension des systemischen Risikos, sodass die Entwicklung des systemischen Risikos im Zeitablauf regulatorisch erfasst wird. Gegenstand der Regulierung ist hier die Prozyklizität des Bankensystems. Diese fußt auf der kollektiven Neigung von Marktteilnehmern, insbesondere aber Banken, Risikopositionen in Zeiten des Aufschwungs zu erhöhen und in Zeiten der Rezession, bspw. aufgrund einer gestiegenen Risikoaversion, stark abzubauen.<sup>133</sup> So weitet sich in Zeiten des

<sup>131</sup>Vgl. WAGNER/LAU (1971), S. 51.

<sup>132</sup>Vgl. HAUTSCH ET AL. (2015), S. 713. Selbige Unterscheidung findet bspw. auch bei Bewertungsprozessen im Rahmen von M&A-Transaktionen statt, wobei hier der Risikobeitrag des Zielunternehmens zum Unternehmensgesamtrisiko von Relevanz ist (vgl. KÜRSTEN ET AL. (2007), S. 167). Da das Bankensystem aufgrund der direkten Verflechtungen gemäß den Ausführungen aus Kapitel 2.2 zudem auch als ein Netzwerk von Banken verstanden werden kann, lassen sich darüber hinaus auch aus der Netzwerk- bzw. Graphentheorie bekannte Analysemethoden und Kennzahlen (Embeddedness, Betweenness, Connectivity, Strength, Density, Isthmus etc.) übertragen. Der interessierte Leser sei an dieser Stelle auf FREEMAN (1977), FREEMAN (1979), FRIEDKIN (1991) und MARSDEN (2002) sowie auf HAUTSCH ET AL. (2014) und HAUTSCH ET AL. (2015), welche diese Theorien auf das Bankensystem übertragen, verwiesen. Auch in „entfernteren“ wissenschaftlichen Gebieten lassen sich Parallelen finden, da bspw. auch bei der Zusammenstellung eines Teams auf Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Teammitgliedern bzw. auf eine vorhandene Diversität im Team zu achten ist. Somit führt insbesondere eine einfache Zusammenführung derjenigen Individualisten mit der höchsten Performance typischerweise nicht zu demjenigen Team, welches die maximale Teamperformance erreicht. Der interessierte Leser sei hier auf die Paper von COX/BLAKE (1991), KNIGHT ET AL. (1999) sowie KILDUFF ET AL. (2000) verwiesen.

<sup>133</sup>Die Ursachen für die prozyklische Wirkung des Bankensystems sind zahlreich. Ein Hauptgrund ist die asymmetrische Verteilung von Informationen, bspw. über die Qualität der zu finanzierenden Projekte. Die daraus resultierenden Agency-Kosten sind nach BERNANKE/GERTLER (1989), JOKIVUOLLE ET AL. (2013), DELL'ARICCIA/MARQUEZ (2006) und CARLSTROM/FUERST (1997) vom Konjunkturzyklus abhängig, da die Schuldner einer Bank bspw. je nach Konjunkturphase eine hohe oder niedrige durchschnittliche Wohlfahrt besitzen und infolgedessen deren Risikoanreiz im Zeitablauf variiert. Diese Agency-Kosten können zwar durch Monitoring beseitigt oder zumindest gemildert werden, allerdings ändern sich gemäß JIMÉNEZ/SAURINA (2006) die damit verbundenen Kosten ebenfalls prozyklisch. BERGER/UDELL (2004)

Aufschwungs (auch aufgrund geringer Refinanzierungskosten) die Kreditvergabe der Banken ähnlich schnell aus, wie sie in Zeiten der Rezession wieder zurückgefahren wird, sodass die ohnehin vorhandenen zyklischen Bewegungen der Realwirtschaft durch das Bankensystem nochmals verstärkt werden.<sup>134</sup>

Eine mikroprudentielle Bankenregulierung führt gewöhnlich zu einer weiteren Verstärkung der Prozyklizität des Bankensystems. Zurückzuführen ist dies in erster Linie auf die von den Banken einzuhaltenden mikroprudentiellen Eigenkapitalanforderungen, denen eine Prozyklizität inhärent ist.<sup>135</sup> Da in einer Rezession die Kreditnehmer einer Bank in größerer Zahl ausfallen (was zu direkten Verlusten und folglich zu einer verringerten Eigenkapitalausstattung führt) und die Qualität des verbliebenen Kreditportfolios infolge von Rating-Herabstufungen der solventen Kreditnehmer zeitgleich signifikant sinkt, droht eine Verletzung der Mindestanforderungen bzgl. des vorzuhaltenden Eigenkapitals.<sup>136</sup> Zum Zweck der Vermeidung einer solchen Verletzung von regulatorischen Anforderungen kürzt eine Bank typischerweise ihre Kreditvergabe, da die Beschaffung von zusätzlichen Eigenkapital in einer Rezession mit erheblichen Kosten einhergeht.<sup>137</sup> Diese Verstärkung der zyklischen Bewegungen ist durch die Einführung risikobasierter Eigenkapitalanforderungen im Rahmen der Umstellung von Basel I auf Basel II und der damit verbundenen Risikogewichtung der Aktiva bei der Bestimmung der Mindesteigenkapitalanforderung nochmals erhöht worden.<sup>138</sup>

Eine makroprudentielle Bankenregulierung hingegen stellt gezielt auf die Eindämmung dieser zyklischen Bewegungen ab. Dies beinhaltet sowohl eine Entschleunigung des Auf-

---

und MULLAINATHAN (2002) betonen, dass auch die Monitoring-Fähigkeiten abhängig vom Konjunkturzyklus sind. Darüber hinaus zeigen LAEVEN/LEVINE (2009), DI IASIO (2013) und DRUMOND (2009) mögliche Einflüsse von bankinternen Principal-Agent-Problemen auf die Prozyklizität auf, wohingegen SCHARFSTEIN/STEIN (1990) und RAJAN (1994) verdeutlichen, wie zyklische Bewegungen durch ein Herding von Banken verstärkt werden können. Als weitere Ursache für die Prozyklizität des Bankensystems werden von HARDOUVELIS (2010), LONGIN/SOLNIK (2001) und ALLEN/SAUNDERS (2004) infolgedessen fehlerhafte oder von mehreren Banken geteilte (identische) Risikomanagementsysteme angeführt, welche eben jenes Herding-Verhalten induzieren können. Auch die Entlohnungsstruktur der Bankmanager kann gemäß CHEN ET AL. (2006) das Ausmaß der Prozyklizität einer Bank beeinflussen. PLANTIN ET AL. (2008) nennen als weiteren Grund die teilweise durch zufällige Effekte oder Spekulationen erhöhte Volatilität von Bilanzkennzahlen in Folge der verstärkten Ausrichtung der Rechnungslegung auf eine Fair-Value-Bilanzierung. Weitere Ursachen für die prozyklische Wirkung des Bankensystems finden sich in ATHANASOGLU ET AL. (2014).

<sup>134</sup>Vgl. VIÑALS (2011), S. 9; BASTO (2013), S. 77.

<sup>135</sup>Vgl. GOODHART ET AL. (2004), S. 591; ROCHET (2008), S. 97. Empirische Studien hierzu existieren in großer Zahl. Siehe anstelle vieler AYUSO ET AL. (2004); JOKIPII/MILNE (2008); MARCUCCI/QUAGLIARIELLO (2008); ANDERSEN (2011); BIKKER/METZEMAKERS (2005); BOUVATIER/LEPETIT (2008); LAEVEN/MAJNONI (2003); BERNANKE ET AL. (1991); BERNANKE ET AL. (1996); GORDY/HOWELLS (2006); HEID (2007); KASHYAP/STEIN (2004); ASEA/BLOMBERG (1998); ATHANASOGLU ET AL. (2008); ZHU (2008).

<sup>136</sup>Vgl. CATARINEU-RABELL ET AL. (2005), S. 553; JACQUES (2010), S. 916.

<sup>137</sup>Vgl. REPULLO/SUAREZ (2013), S. 483. Den empirischen Befund liefern BERGER/UDELL (1994).

<sup>138</sup>Einen ausführlichen Überblick über den unterschiedlichen Einfluss der Rahmenwerke Basel I und Basel II auf die Prozyklizität des Bankensystems liefern DRUMOND (2009) und ALLEN/SAUNDERS (2004).

schwungs als auch eine Entschleunigung der Rezession.<sup>139</sup> In Zeiten des Aufschwungs ist dem Anwachsen des systemischen Risikos und somit der Entstehung finanzieller Schieflagen dadurch entgegenzuwirken, dass eine übermäßige Ausweitung der Kreditvergabe durch geeignete regulatorische Maßnahmen eingeschränkt wird. Der schnellen Realisation des systemischen Risikos in einer Rezession kann dadurch entgegengewirkt werden, dass die Widerstandsfähigkeit der Banken gezielt gegen eben diese Risiken erhöht wird, sodass auch in einer Rezession eine adäquate und kontinuierliche Kreditvergabe an die Realwirtschaft sichergestellt ist, ohne dass die Solvenz einzelner Banken leidet.<sup>140</sup>

Die Erfassung der Zeitdimension im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung fußt auch auf einer neuen Auffassung über die Entwicklung von Risiken im Zeitablauf. Im Rahmen einer mikroprudentiellen Bankenregulierung wird für gewöhnlich unterstellt, dass es in einer Rezession verstärkt zu einer Erhöhung der Risiken kommt, während die Risiken in Zeiten des Aufschwungs abnehmen.<sup>141</sup> Demgegenüber wird ein Aufschwung im Rahmen der makroprudentiellen Regulierung als diejenige Phase des Konjunkturzyklus’ verstanden, in der seitens der Banken eine starke und ohne adäquate Regulierung exzessive Aufnahme von Risiken erfolgt.<sup>142</sup> In einer Rezession kommt es dann „lediglich“ zu einer Materialisierung der zuvor eingegangenen Risiken.<sup>143</sup> Eine solche Betrachtung der Risiken verdeutlicht die große Zeitspanne, welche für gewöhnlich zwischen der Entstehung des systemischen Risikos und dessen Materialisierung liegt.

### 3.4 Die Erfassung der Querschnittsdimension

Einen zweiten Mehrwert gegenüber der mikroprudentiellen Bankenregulierung liefert die makroprudentielle Bankenregulierung durch die Erfassung der Querschnittsdimension, sodass auch die Verteilung der im Bankensystem befindlichen Risiken zu einem gegebenen Zeitpunkt regulatorisch erfasst wird. Gegenstand der Regulierung sind hier Verflechtungen (Risikokonzentrationen) im Bankensystem, welche zum gemeinsamen Ausfall mehrerer Finanzinstitute führen können. Dies sind zum einen die in Kapitel 2.1 behandelten indirekten Verflechtungen zwischen Banken infolge von Exposure zu gemeinsamen Risikofaktoren (bspw.

<sup>139</sup>Vgl. ESRB (2014a), S. 17; BORIO (2011), S. 5-6.

<sup>140</sup>Vgl. BERROSPIDE/EDGE (2010), S. 6; PEURA/JOKIVUOLLE (2004), S. 1822.

<sup>141</sup>Vgl. CROCKETT (2000), S. 5.

<sup>142</sup>Vgl. BASTO (2013), S. 73.

<sup>143</sup>Vgl. Gemäß dem „Paradoxon der Finanzinstabilität“ nach BORIO (2011) ist das Bankensystem genau dann besonders fragil, wenn es aus mikroprudentieller Sicht eine vermeintlich hohe Stabilität aufweist, nämlich in Zeiten von steigenden Assetpreisen, einer ansteigenden Kreditvergabe sowie geringen marktpreisbasierten Verschuldungen und geringen Volatilitäten. Obwohl die angeführten Faktoren zunächst auf ein geringes Risiko einzelner Finanzinstitute hindeuten, geht mit ihnen zumeist eine aggressive Aufnahme von Risiken auf der systemischen Ebene einher. Vgl. BORIO (2011), S. 7.

identische Vertragspartner, gleichartige Finanzierungsquellen, sich stark ähnelnde Anlageklassen, übereinstimmende geografische Regionen oder Währungen), welche direkt zu gemeinsamen Wertänderungen von Finanzinstituten führen. Zum anderen werden auch die in Kapitel 2.2 behandelten direkten Verflechtungen infolge von Geschäftsbeziehungen zwischen Finanzinstituten regulatorisch erfasst, welche indirekt zu gemeinsamen Wertänderungen führen können, bspw. infolge von Notverkäufen, Liquiditätsengpässen sowie Contagion- und Spillover-Effekten.<sup>144</sup>

Auch in der Querschnittsdimension kann eine mikroprudentielle Bankenregulierung zu einer Erhöhung des systemischen Risikos führen, nämlich dann, wenn eine Bank auf mikroprudentielle Regulierungsmaßnahmen durch eine Erhöhung ihrer direkten oder indirekten Verflechtung reagiert. Eine solche Zunahme der Verflechtung resultiert dann nicht etwa aus einer strategischen Entscheidung der Bank heraus, sondern ist die Folge einer im Lichte des systemischen Risikos inadäquaten Regulierung der Finanzinstitute. Eine Erhöhung der indirekten Verflechtung infolge mikroprudentieller Regulierungsmaßnahmen kann gemäß ZHOU (2013) dadurch entstehen, dass eine für alle Banken identische mikroprudentielle Eigenkapitalanforderung eine vorhandene Heterogenität in den Risikoeinstellungen der Banken, welche ohne mikroprudentielle Eigenkapitalanforderung zu einer aus systemischer Sicht wünschenswerten Diversität in der Portfoliowahl und folglich zu geringen indirekten Verflechtungen führen würde, teilweise oder gar vollständig überlagert. Eine mikroprudentielle Eigenkapitalanforderung und die damit einhergehende Annäherung der Entscheidungs- bzw. Optimierungskalküle der Banken impliziert somit eine stärkere Überlappung der Portfolios der Finanzinstitute und dadurch eine Erhöhung der indirekten Verflechtung. Zu einer Erhöhung der direkten Verflechtung kann es nach EICHBERGER/SUMMER (2005) dadurch kommen, dass sich Banken zur Erfüllung einer mikroprudentiellen Eigenkapitalanforderung zunehmend Liquidität im Interbankenmarkt beschaffen. Die durch eine mikroprudentielle Eigenkapitalanforderung und durch sämtliche andere mikroprudentielle Maßnahmen induzierte Erhöhung des systemischen Risikos kann als Kosten einer mikroprudentiellen Bankenregulierung, welche den Nutzen einer solchen Regulierung in Form von geringeren individuellen Risiken einzelner Finanzinstitute schnell übersteigen können, interpretiert werden.<sup>145</sup>

<sup>144</sup>Vgl. VIÑALS (2011), S. 8 u. S. 15; BORIO (2011), S. 3. Darüber hinaus ist in der Querschnittsdimension auch die Konzentration im Bankensystem bzgl. der Anzahl an Banken und bzgl. der Größe einzelner Banken von Bedeutung. Vgl. BORIO (2011), S. 4.

<sup>145</sup>Vgl. ZHOU (2013), S. 324-325.

### 3.5 Instrumente der makroprudentiellen Bankenregulierung in Basel III

Aufgrund der Komplexität und Vielschichtigkeit des systemischen Risikos ist es nicht möglich, mit einem makroprudentiellen Regulierungsinstrument allein sämtliche Ziele sowohl in der Zeit- als auch in der Querschnittsdimension zeitgleich adäquat zu verfolgen.<sup>146</sup> Deshalb wird in den folgenden Kapiteln zwischen den Instrumenten zur Erfassung der Zeitdimension, den antizyklischen Kapitalpuffern, und den Instrumenten zur Erfassung der Querschnittsdimension, den makroprudentiellen Eigenkapitalanforderungen, unterschieden.<sup>147</sup>

Neben den eben genannten Instrumenten dienen auch die durch Basel III verschärften Offenlegungspflichten der Banken (u.a. zur Verhinderung eines bank run aufgrund asymmetrisch verteilter Informationen) sowie ein infolge der verbesserten Offenlegung ermöglichtes intensives Monitoring des systemischen Risikos (bspw. mit Hilfe von makroprudentiellen Stresstests) als Instrumente der makroprudentiellen Bankenregulierung.<sup>148</sup> Als ein weiteres potentiell Instrument sind die von PIGOU (1912) erstmalig vorgeschlagenen Pigou-Steuern zu nennen, welche vordergründig der Steuerung des Verhaltens von Marktteilnehmern dienen.<sup>149</sup> Zur Erfassung der Zeitdimension müsste eine solche Pigou-Steuer im Aufschwung erhöht und in einer Rezession gesenkt werden.<sup>150</sup> Zur Erfassung der Querschnittsdimension müsste die Höhe der Pigou-Steuer von dem Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko abhängen, bspw. indem der Grenzsteuersatz einer Bank deren Grenzkosten für die Reduzierung ihres Beitrages zum systemischen Risiko entspricht.<sup>151</sup> Obwohl es unter

<sup>146</sup>Vgl. ESRB (2014a), S. 18; BORIO (2011), S. 6-7. Gemäß TINBERGEN (1952) benötigt ein Regulierer für jedes unabhängige Ziel mindestens ein Regulierungsinstrument. Daher ist nicht garantiert, dass jeweils ein Instrument zur Adressierung der Zeit- und Querschnittsdimension ausreichend ist, da möglicherweise selbst in einer Dimension mehrere unabhängige Ziele zu verfolgen sind. Vgl. DELIS ET AL. (2012), S. 67.

<sup>147</sup>Einen ausführlichen Überblick über weitere fiskal-, wettbewerbs- und geldpolitische Instrumente der makroprudentiellen Bankenregulierung liefern GALATI/MOESSNER (2013). Bei der Implementierung mehrerer Instrumente gilt es, vorhandene Interdependenzen adäquat zu berücksichtigen, da sich verschiedene Instrumente der makroprudentiellen Bankenregulierung teilweise substituieren und teilweise komplementieren. Der interessierte Leser sei hier auf COLLIN ET AL. (2014) und VANDENBUSSCHE ET AL. (2015) sowie auf BENIGNO ET AL. (2013), AGÉNOR/PEREIRA DA SILVA (2014) und BUNCIC/MELECKY (2013) verwiesen, welche die Interdependenzen zwischen einer makroprudentiellen Bankenregulierung und geldpolitischen Maßnahmen bzw. makroökonomischen Faktoren modelltheoretisch erfassen.

<sup>148</sup>Vgl. BALOGH (2012), S. 644; FLANNERY ET AL. (2013), S. 83; IMF (2010), S. 64; ESRB (2014a), S. 154-156. Eine mögliche Ausgestaltung von makroprudentiellen Stresstests für die Kreditrisiken von Banken findet sich in BUNCIC/MELECKY (2013).

<sup>149</sup>Eine solche Steuer hat sich auf anderen Gebieten bereits bewährt, bspw. bei der Besteuerung der Emission von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen durch die Erhebung einer  $CO_2$ -Steuer. Siehe hierzu (CHIROLEU-ASSOULINE/FODHA (2014); NAKABAYASHI (2010) oder auch POPE/OWEN (2009)).

<sup>150</sup>Vgl. BIANCHI/MENDOZA (2010), S. 39; CROCKETT (2000), S. 6.

<sup>151</sup>Vgl. MASCIANDARO/PASSARELLI (2013), S. 588. Gemäß ACHARYA ET AL. (2010a) setzt sich eine solche Steuer aus zwei Komponenten (Summanden) zusammen. Die erste Komponente erfasst das jeweilige institutsspezifische Risiko in Form von den erwarteten Verlusten infolge möglicher Ausfälle von Kredit-

der Prämisse eines vollkommenen Kapitalmarktes irrelevant ist, ob Banken durch die makroprudentielle Besteuerung oder per makroprudentiellen Mindesteigenkapitalvorschriften reguliert werden, wird einer makroprudentiellen Besteuerung weder seitens der Literatur noch seitens der Politik große Beachtung geschenkt. Die Ursache hierfür ist politischer Natur, da sich Regierungen verschiedener Staaten erfahrungsgemäß wesentlich leichter auf ein neues oder überarbeitetes Rahmenwerk zur Regulierung von Banken als auf die Einführung einer neuen Steuer einigen.<sup>152</sup> Folglich liegt das Hauptaugenmerk auf der Ausarbeitung eines makroprudentiellen Rahmenwerkes zur Regulierung des Bankensystems und auf der Entwicklung von Instrumenten jenseits der Pigou-Steuern.

### 3.5.1 Antizyklischer Kapitalpuffer zur Erfassung der Zeitdimension

Ein antizyklischer Kapitalpuffer verpflichtet die Banken zur Bildung eines zusätzlichen Puffers im Aufschwung und somit zeitgleich zum Aufbau der Risikopositionen. Dieser kann in einer Rezession, also bei der Materialisierung der vorher eingegangenen Risiken, abgebaut werden und erhöht somit den maximalen Verlust einer Bank, welcher ohne negative Auswirkung auf deren Kreditvergabe erleidet werden kann. Somit ist dieser zusätzliche Kapitalpuffer nicht als eine erhöhte Mindesteigenkapitalanforderung zu verstehen, sondern als ein im Aufschwung nicht ausgeschöpfter Eigenkapitalbetrag, welcher über die Mindesteigenkapitalanforderung hinausgeht. Mit dem antizyklischen Auf- und Abbau des Puffers gehen zwei direkte Vorteile einher. Zum einen erfolgt die Beschaffung des Kapitals in den Zeiten, in denen es zu für die Finanzinstitute günstigen Konditionen aufgenommen werden kann. Zum anderen ist das Kapital durch den vorausschauenden Aufbau des Puffers im Aufschwung bei der Materialisierung der Risiken in einer Rezession bereits verfügbar.<sup>153</sup>

Dass solch ein Kapitalpuffer übermäßig starken Konjunkturschwankungen entgegenwirkt, ist auf zweierlei Weise ersichtlich. Erstens erhöhen sich aufgrund der Pflicht zur Bildung des Kapitalpuffers im Aufschwung die Finanzierungskosten der Banken, weshalb die Kreditvergabe weniger stark anwächst und der Aufschwung eingedämmt wird.<sup>154</sup> Zweitens verletzen die Banken in einer Rezession durch die Möglichkeit zum Abbau des Puffers die Mindesteigenkapitalanforderung der Bankenaufsicht nicht sofort und sind folglich auch nicht unmit-

---

nehmern, während die zweite Komponente den Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko, also das Produkt aus den erwarteten Kosten einer systemischen Krise und dem prozentualen Beitrag der betrachteten Bank zu diesen Kosten, erfasst. Durch die Erhebung einer solchen Steuer wird bei eben erläuteter Ausgestaltung auch das durch implizite Garantien eines Staates bedingte Underpricing von Kreditrisiken beseitigt. Vgl. ACHARYA ET AL. (2010a), S. 12.

<sup>152</sup>Vgl. MASCIANDARO/PASSARELLI (2013), S. 587. Als jüngstes Beispiel können die Verzögerungen bei der Konsensfindung zwischen den 26 EU-Staaten im Rahmen der Erhebung einer sogenannten Tobinsteuer (Finanztransaktionssteuer) angeführt werden.

<sup>153</sup>Vgl. CROCKETT (2000), S. 6; BORIO (2011), S. 3 u. S. 5.

<sup>154</sup>Vgl. AIKMAN ET AL. (2015), S. 429.

telbar zu einer Kürzung ihrer Kreditvergabe gezwungen, sodass die Rezession nicht weiter beschleunigt wird.<sup>155</sup> Abbildung 3.1 stellt die Wirkung des antizyklischen Kapitalpuffers auf den Konjunkturzyklus nochmals grafisch dar.

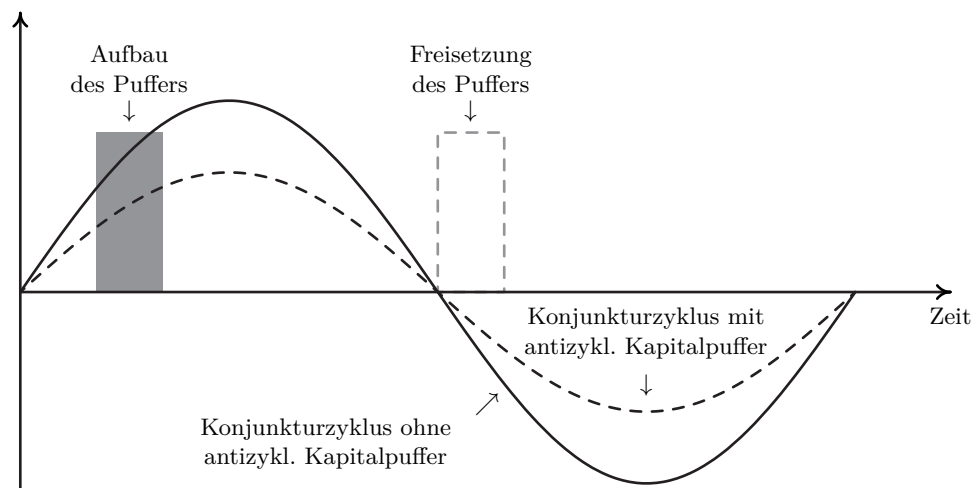


Abbildung 3.1: Wirkung des antizyklischen Kapitalpuffers auf den Konjunkturzyklus.  
(Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ESRB (2014a), S. 18.)

Das Hauptproblem bei der Implementierung eines antizyklischen Kapitalpuffers ist dessen adäquate Ausgestaltung. So ist bspw. die Messung von Konjunkturzyklen nur sehr schwer und nicht ohne Fehlerquote durchführbar.<sup>156</sup> Dies erschwert bzw. verhindert eine klare Trennung zwischen Aufschwung und Rezession ebenso wie die Bestimmung der genauen Konjunktur-Phase (der „Temperatur“ des Aufschwungs bzw. der Rezession).<sup>157</sup> Das in der Literatur am häufigsten angeführte Maß zur Identifizierung der einzelnen Phasen eines Konjunkturzyklus ist die credit-to-GDP-gap, welche zunächst das Verhältnis von der Gesamtheit aller vergebenen Kredite und dem Bruttoinlandsprodukt misst und dieses Verhältnis anschließend mit dessen langfristigen Trend vergleicht.<sup>158</sup> Da es aufgrund der hohen Komplexität allerdings mehr als einen Indikator bedarf, werden stetig weitere Kennzahlen ausgearbeitet. Eine Klassifizierung dieser Indikatoren liefert Tabelle 3.2.<sup>159</sup>

<sup>155</sup>Vgl. ESRB (2014c), S. 29; ANGELINI ET AL. (2014), S. 1094.

<sup>156</sup>Vgl. HONKAPOHJA (2014), S. 200; BIS (2010), S. 4.

<sup>157</sup>Vgl. DREHMANN ET AL. (2010), S. 8.

<sup>158</sup>Die von EDGE/MEISENZAHN (2011) geäußerte Kritik an der Verlässlichkeit dieses Indikators mindert nach VAN NORDEN (2011) nicht dessen Eignung für eine makroprudentielle Bankenregulierung.

<sup>159</sup>Eine alternative Klassifizierung der Indikatoren findet sich in ESRB (2014c). Dort werden die Indikatoren eingeteilt in realökonomische Variablen, kreditbezogene Variablen, marktbasierte Variablen, immobilienbezogene Variablen und bilanzbezogene Variablen. Vgl. ESRB (2014c), S. 12.

| Kategorie                     | Indikatoren                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Makroökonomische Bedingungen  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• reales Wachstum des Bruttoinlandproduktes</li> <li>• reales aggregiertes Kreditwachstum</li> <li>• aggregierte Kreditvergabe relativ zum BIP</li> <li>• Anstieg der Asset-Preise</li> </ul> |
| Aktivitäten des Bankensystems | <ul style="list-style-type: none"> <li>• aggregierte Kreditvergabe im Bankensystem</li> <li>• aggregierte Erträge im Bankensystem</li> <li>• aggregierte Kosten im Bankensystem</li> </ul>                                           |
| Kosten der Kapitalbeschaffung | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Credit Spreads der Banken</li> <li>• Kosten für die Beschaffung kurzfristiger Liquidität</li> <li>• durchschnittliche Spreads der vergebenen Kredite</li> </ul>                             |

Tabelle 3.2: Kategorien und Indikatoren zur Identifizierung der einzelnen Phasen eines Konjunkturzyklus'. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an DREHMANN ET AL. (2010), S. 9-12.)

Benötigt wird diese Vielzahl an Kennzahlen, da neben einer möglichst genauen Bestimmung der einzelnen Phasen des Konjunkturzyklus' auch andere Ausgestaltungsmerkmale von hoher Bedeutung sind. Zu bestimmen ist u.a. die optimale Höhe des Kapitalpuffers, da sowohl ein zu geringer als auch ein zu hoher antizyklischer Kapitalpuffer unbeabsichtigte Folgen haben kann. Während bei einem zu geringen Kapitalpuffer die Widerstandsfähigkeit der Banken gegen konjunkturelle Abschwünge nur unzureichend erhöht wird und dies eine übermäßige Einschränkung der Kreditvergabe in Form einer Kreditklemme in einer Rezession zur Folge hat, führt ein zu hoher Kapitalpuffer zu einer übermäßigen Einschränkung der Kreditvergabe im Aufschwung, sodass dieser unnötig stark abgeschwächt wird.<sup>160</sup> Darüber hinaus sind auch der optimale Zeitpunkt, zu dem der Puffer gebildet werden muss und abgebaut werden darf sowie der optimale Abbau des Puffers (kontinuierlich oder sprunghaft) von hoher Relevanz für die Effektivität des antizyklischen Kapitalpuffers.<sup>161</sup>

Ein solcher antizyklischer Kapitalpuffer (als Instrument der makroprudentiellen Bankenregulierung) ist in Basel III bereits enthalten. Falls der Regulierer eine exzessive Ausweitung der Kreditvergabe feststellt, sind die Banken zusätzlich zu den ohnehin bestehenden Mindesteigenkapitalanforderungen zur Bildung eines antizyklischen Kapitalpuffers von bis zu 2,5% der risikogewichteten Aktiva verpflichtet. Aufgebaut werden muss dieser Puffer mit Tier 1 Kapital.<sup>162</sup> Damit die Banken ausreichend Zeit zur Beschaffung des Kapitals haben,

<sup>160</sup>Vgl. DREHMANN ET AL. (2010), S. 1.

<sup>161</sup>Vgl. ESRB (2014a), S. 32-33; NORGES BANK (2013), S. 6.

<sup>162</sup>Unter Tier 1 Kapital, auch going-concern capital oder Kernkapital genannt, fallen bspw. das Stammkapital,

erfolgt die Ankündigung ein Jahr im Voraus. Falls die Bankenaufsicht eine Rezession identifiziert oder befürchtet, wird den Finanzinstituten der Abbau dieses Puffers erlaubt, indem die Höhe des antizyklischen Kapitalpuffers ohne zeitliche Verzögerung und somit sprunghaft auf 0% gesetzt wird.<sup>163</sup>

### 3.5.2 Systemischer Risikopuffer zur Erfassung der Querschnittsdimension

Eine makroprudentielle Eigenkapitalanforderung verpflichtet jede Bank zur Aufbringung eines Mindestbetrags an Eigenkapital, dessen Höhe vom Beitrag der Bank zum systemischen Risiko abhängt.<sup>164</sup> Banken internalisieren folglich sämtliche von ihnen verursachten Risiken, sodass stark direkt und indirekt verflochtene Finanzinstitute einen hohen Eigenkapitalbetrag vorhalten müssen. Da hierdurch die Beschaffung von Liquidität durch den Interbankenmarkt ebenso an Attraktivität verliert wie eine starke Diversifikation sämtlicher Finanzinstitute, erhalten Finanzinstitute einen Anreiz zur Lösung dieser Verflechtungen, welche zu hohen Korrelationen zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und in Folge zu hohen gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeiten führen.<sup>165</sup>

Zur Ermittlung der Höhe des vorzuhaltenden Eigenkapitals gibt es mit dem Standardansatz und dem Risikobudgetierungsansatz grundsätzlich zwei voneinander zu unterscheidende Ansätze, welche Abbildung 3.2 vergleichend gegenüberstellt. Beim Standardansatz wird der vorzuhaltende Mindesteigenkapitalbetrag entweder direkt durch ein „makroprudentielles“ Risikomaß, welches Beiträge von Finanzinstituten zum systemischen Risiko ohne den „Umweg“ der Messung des systemischen Risikos misst, oder aber auf Basis eines Ratings, welches die Systemrelevanz einer Bank misst und deren Regulierung dahingehend determiniert, dass Banken mit schlechterem Rating (höherer systemischer Relevanz) einen höheren Mindesteigenkapitalbetrag vorhalten müssen, ermittelt. Beim Risikobudgetierungsansatz hingegen bedient man sich der Risikomanagementliteratur und setzt die Höhe des vorzuhaltenden Eigenkapitals einer Bank mit deren Beitrag zum systemischen Risiko gleich. Hierfür muss zunächst festgelegt werden, wie das systemische Risiko gemessen wird. Anschließend stellt

---

Gewinnrücklagen, Kapitalrücklagen und im eigenen Besitz befindliche Aktien der eigenen Bank. Vgl. BIS (2011), S. 13.

<sup>163</sup> Vgl. BIS (2011), S. 57-59; BIS (2010), S. 2.

<sup>164</sup> Vgl. IMF (2010), S. 64; VALDERRAMA (2015), S. 189.

<sup>165</sup> Wie auch unter einer mikroprudentiellen Bankenregulierung gewinnen bestimmte Anlagen infolge einer solchen makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung an Attraktivität. Während diese bei der mikroprudentiellen Bankenregulierung leicht zu identifizieren sind (Anlagen mit geringem Risiko und Anlagen mit „geeigneten“ Abhängigkeitsstrukturen zum Zweck der Risikovernichtung), ist deren Identifizierung im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung wesentlich komplexer, da die systemische Relevanz einer Anlagen im Gegensatz zu dessen individuellen und systematischen Risiko nicht exogen, sondern endogen gegeben ist und somit insbesondere vom kollektiven Verhalten von Finanzinstituten abhängt. Vgl. GAUTHIER ET AL. (2012), S. 597; EICHBERGER/SUMMER (2005), S. 552.

sich die Frage, wie die Aufteilung (Allokation) dieses Risikos auf die einzelnen Banken erfolgt.<sup>166</sup>

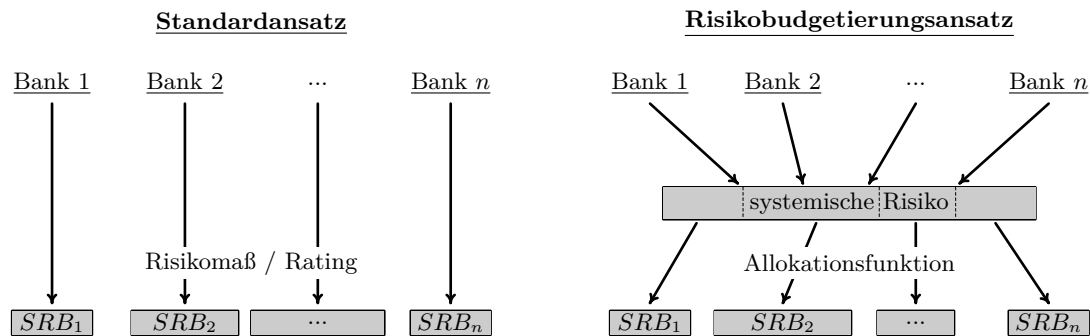


Abbildung 3.2: Bestimmung des Beitrages  $SRB_i$  einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko unter Verfolgung eines Standardansatzes und unter Verfolgung eines Risikobudgetierungsansatzes. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Während die systemische Relevanz eines Finanzinstituts bei der Ermittlung des vorzuhaltenden Eigenkapitals in Basel II noch ohne jegliche Berücksichtigung blieb, wurde in Basel III ein Standardansatz zur Erhebung einer (vermeintlich) makroprudentiell ausgerichteten Eigenkapitalanforderung implementiert. Somit müssen Banken mit hoher systemischer Relevanz gemäß Basel III eine Verlusttragfähigkeit aufweisen, welche über die für alle Banken geltende Mindesteigenkapitalanforderung hinausgeht. Finanzinstitute, welche von der Aufsicht als global systemisch relevante Bank (G-SIB) oder als andere systemisch relevante Bank (O-SIB) eingestuft werden, müssen daher einen zusätzlichen Kapitalpuffer aufbauen, welcher als systemischer Risikopuffer (systemic risk buffer) bezeichnet wird und mit Tier 1 Kapital gebildet werden muss. Ausschlaggebend für die systemische Relevanz einer Bank ist dabei deren Größe, Verflechtung, Komplexität, Unersetzbarkeit sowie deren internationale Aktivität.<sup>167</sup>

Für die Identifizierung global systemisch relevanter Institute werden die eben aufgelisteten Größen gleichgewichtet und zu einem Rating verdichtet. Die konkrete Berechnung dieses Ratings zeigt Tabelle 3.3. Für die Identifizierung anderer systemisch relevanter Institute, welche auf nationaler Ebene erfolgt, existieren hingegen keine klaren Kriterien, sodass den nationalen Regulierungsbehörden bewusst Ermessensspielräume für eine adäquate Berücksichtigung nationaler Besonderheiten überlassen wurden. Für die Höhe des systemischen Risikopuffers ist gemäß dem Baseler Rahmenwerk das Intervall von 1% – 3,5% der risikogewichteten Ak-

<sup>166</sup>Vgl. IMF (2010), S. 69; GAUTHIER ET AL. (2012), S. 597.

<sup>167</sup>Vgl. BIS (2011), S. 7; ESRB (2014a), S. 84-87.

tiva vorgesehen, da systemisch relevante Institute nicht nur identifiziert, sondern auch nach deren systemischer Relevanz geordnet werden.<sup>168</sup>

| Kategorie         | Indikator                                    | Gewicht |
|-------------------|----------------------------------------------|---------|
| Internationalität | grenzüberschreitende Forderungen             | 10%     |
|                   | grenzüberschreitende Verbindlichkeiten       | 10%     |
| Größe             | Gesamt-Exposure                              | 20%     |
| Verflechtung      | Interbanken-Aktiva                           | 6,67%   |
|                   | Interbanken-Passiva                          | 6,67%   |
|                   | ausstehende Sicherheiten                     | 6,67%   |
| Ersetzbarkeit     | Assets im Wertpapierdepot                    | 6,67%   |
|                   | Zahlungsaktivität                            | 6,67%   |
|                   | Transaktionen im Anleihe- und Aktienmarkt    | 6,67%   |
| Komplexität       | Nominalbetrag an OTC-Derivaten               | 6,67%   |
|                   | Level 3 Aktiva                               | 6,67%   |
|                   | Handel und zur Veräußerung verfügbare Aktiva | 6,67%   |

Tabelle 3.3: Kategorien und Indikatoren zur Identifizierung global systemisch relevanter Banken. (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an ESRB (2014a), S. 85.)

Die Einstufung eines solchen Ansatzes als makroprudentiell ist allerdings kritisch zu hinterfragen. Im Rahmen eines Standardansatzes werden vielmehr ausgewählte Finanzinstitute strenger mikroprudentiell reguliert, als dass eine tatsächlich makroprudentielle Regulierung des gesamten Bankensystems erfolgt. Auch wenn die Auswahl dieser Finanzinstitute nach (vermeintlich) makroprudentiellen Kriterien erfolgt, ist dieser Ansatz als Ganzes vielmehr als mikroprudentiell denn als makroprudentiell einzustufen. Dies wird auch dadurch ersichtlich, dass die als systemrelevant eingestuften Finanzinstitute die strengereren (nach wie vor auf dem Value-at-Risk basierenden und somit mikroprudentiell ausgestalteten) Eigenkapitalanforderungen durch eine verstärkte Diversifikation ihres jeweiligen Portfolios erfüllen können. Eine adäquate Erfassung der Querschnittsdimension durch eine makroprudentielle Eigenkapitalanforderung kann aus diesem Grund nicht durch die Implementierung eines solchen Standardansatzes erfolgen. Stattdessen bedarf es Regulierungsinstrumenten, mit denen der Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko bestimmt werden kann.

<sup>168</sup>Vgl. ESRB (2014a), S. 79-80 u. S. 85.

### 3.6 Makroprudentielle Eigenkapitalanforderung auf Basis des $\Delta CoVaR$

Das in der Literatur am häufigsten verwendete Maß zur Bestimmung des Beitrages einer Bank zum systemischen Risiko ist der von ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008) eingeführte und auf dem  $CoVaR$  basierende  $\Delta CoVaR$ . Das Kernelement beider Größen ist die Betrachtung von bedingten Rückflüssen des Bankensystems. Als Bedingungen (Stressszenarien) dienen dabei diejenigen Zustände, in denen sich jeweils ein Finanzinstitut des Bankensystems im financial distress befindet. Entsprechend steht die Vorsilbe  $Co$  für conditional, comovement, contagion oder contributing.<sup>169</sup>

**Definition 3.1.** Der  $CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  einer Bank  $i$  ist der Value-at-Risk des Rückflusses  $X^{System}$  des Bankensystems zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$ , bedingt unter dem financial distress von Bank  $i$ :

$$P\left(X^{System} \leq -CoVaR_{\alpha}^{System|i} \mid X^i = -VaR_{\alpha}^i\right) = \alpha \quad .^{170} \quad (3.1)$$

Der  $CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  ist somit ein bedingter Value-at-Risk. Bedingt unter dem Ereignis, dass sich Bank  $i$  im financial distress befindet, wird die Höhe des systemischen Risikos (der Value-at-Risk des Rückflusses des gesamten Bankensystems zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$ ) ermittelt.<sup>171</sup> Der financial distress von Bank  $i$  wird formal dadurch operationalisiert, dass sich der Rückfluss  $X^i$  von Bank  $i$  am negativen Value-at-Risk-Level befindet.

**Definition 3.2.** Der Value-at-Risk  $VaR_{\alpha}^i$  einer Bank  $i$  zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  ist derjenige Verlust, der innerhalb eines vorgegeben Zeitraumes lediglich mit Wahrscheinlichkeit  $\alpha$  überschritten wird:

$$P\left(X^i \leq -VaR_{\alpha}^i\right) = \alpha \quad .^{172} \quad (3.2)$$

<sup>169</sup>Vgl. ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008), S. 2.

<sup>170</sup>Vgl. ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008), S. 8. Betrachtet werden seitens ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008) und daher auch in dieser Arbeit ausschließlich stetige Zufallsvariablen.

<sup>171</sup>Anstelle des gesamten Bankensystems kann auch lediglich ein Teil des Bankensystems betrachtet werden. Vgl. CASTRO/FERRARI (2014), S. 3.

<sup>172</sup>Die Verwendung des Value-at-Risk zur Regulierung von Banken lässt sich als moderne Implementierung der klassischen Maximalbelastungsregel nach STÜTZEL (1959) interpretieren, bei der das Extremszenario eines schlagartig auf Null fallenden Bodensatzes durch ein wahrscheinlichkeitstheoretisch operationalisierbares Konzept ersetzt wird. Vgl. KÜRSTEN (2001a), S. 65.

Die explizite Angabe des Zeitraums wird für gewöhnlich, so auch in dieser Arbeit, vernachlässigt. Als Konfidenzniveau dient typischerweise  $1 - \alpha = 99,9\%$ .<sup>173</sup>

**Definition 3.3.** Der Beitrag  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko ist die Differenz zwischen dem bedingten Value-at-Risk  $CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  des Bankensystems und dem unbedingten Value-at-Risk  $VaR_{\alpha}^{System}$  des Bankensystems:

$$\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|i} = CoVaR_{\alpha}^{System|i} - VaR_{\alpha}^{System} \quad .^{174} \quad (3.3)$$

Folglich misst der  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|i}$ , in welchem Umfang sich das systemische Risiko (der Value-at-Risk des Rückflusses des gesamten Bankensystems) im Falle eines financial distress von Bank  $i$  erhöht.

Ihre Verwendung finden die Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  in der relevanten Literatur fast ausschließlich in empirischen Studien, welche systemisch relevante Banken identifizieren und diese gemäß ihrer Systemrelevanz ordnen bzw. mit einer Art systemischen Rating versehen (GIRARDI/ERGÜN (2013); CASTRO/FERRARI (2014); GRAVELLE/LI (2013); HUANG ET AL. (2012b); WEISS/MÜHLNICKEL (2014)), oder aber die Entwicklung des im Bankensystem vorhandenen systemischen Risikos im Zeitablauf messen (RODRÍGUEZ-MORENO/PEÑA (2013)). Auch für einen makroprudentiellen Ansatz zur Ermittlung der Höhe des vorzuhaltenden Eigenkapitals einer Bank wird der  $\Delta CoVaR$  in der Literatur bereits angewandt. So zeigen GAUTHIER ET AL. (2012) in ihrer empirischen Studie, dass die infolge von Notverkäufen und anderen Netzwerk-Externalitäten entstehenden Ansteckungseffekte (Contagion-Effekte) zwischen kanadischen Banken durch die Verwendung einer auf dem  $\Delta CoVaR$  basierenden makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung signifikant gemildert werden können.

### 3.6.1 Modifikationen des klassischen $\Delta CoVaR$

In der Literatur finden sich zahlreiche Modifikationen der klassischen Definitionen der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  nach ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008). So können bspw. das bedingte und bedingende Ereignis der Originaldefinition 3.1 miteinander vertauscht werden. Der  $CoVaR_{\alpha}^{i|System}$  erfasst dann das individuelle Risiko (den Value-at-Risk) einer Bank  $i$  bedingt unter dem financial distress des Bankensystems. Die Größe  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{i|System}$  misst

<sup>173</sup>Falls eine Bank also Eigenkapital in der Höhe ihres Value-at-Risk vorhält, so fällt sie lediglich mit Wahrscheinlichkeit  $\alpha$  aus. Auch aufgrund dieser intuitiven und leicht verständlichen ökonomischen Interpretation handelt es sich beim Value-at-Risk um ein in der Praxis häufig verwendetes Risikomaß. Vgl. LINSMEIER/PEARSON (2000), S. 48.

<sup>174</sup>Vgl. ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008), S. 8.

dementsprechend, in welchem Umfang sich das individuelle Risiko (der Value-at-Risk) von Bank  $i$  im Falle einer Finanzkrise (eines financial distress des Bankensystems) erhöht:

$$\begin{aligned} P\left(X^i \leq -CoVaR_\alpha^{i|System} \mid X^{System} = -VaR_\alpha^{System}\right) &= \alpha, \\ \Delta CoVaR_\alpha^{i|System} &= CoVaR_\alpha^{i|System} - VaR_\alpha^i. \end{aligned} \quad (3.4) \quad .^{175}$$

Da der  $\Delta CoVaR_\alpha^{i|System}$  folglich die Widerstandsfähigkeit einer Bank  $i$  in einer systemischen Krise misst, würde seine Verwendung vielmehr der Verfolgung eines mikroprudentiellen Ansatzes denn der Verfolgung eines neuen makroprudentiellen Ansatzes entsprechen.

Darüber hinaus lässt sich der dem  $\Delta CoVaR$  zugrundeliegende Kerngedanke leicht auf andere Risikomaße wie bspw. den Expected-Shortfall übertragen:

$$\begin{aligned} CoES_\alpha^{System|i} &= \mathbb{E}\left(X^{System} \mid X^{System} \leq -CoVaR_\alpha^{System|i}\right), \\ \Delta CoES_\alpha^{System|i} &= CoES_\alpha^{System|i} - ES_\alpha^{System} \\ &= \mathbb{E}\left(X^{System} \mid X^{System} \leq -CoVaR_\alpha^{System|i}\right) \\ &\quad - \mathbb{E}\left(X^{System} \mid X^{System} = -VaR_\alpha^{System}\right). \end{aligned} \quad (3.5) \quad .^{176}$$

In der Literatur findet vor allem die Definition des Beitrages  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|i}$  einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko als die Differenz zweier bedingter Values-at-Risk großen Zuspruch. Folglich wird zur Berechnung des  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|i}$  anstelle des unbedingten Value-at-Risk derjenige Value-at-Risk des Bankensystems vom  $CoVaR_\alpha^{System|i}$  abgezogen, welcher sich unter der Bedingung, dass sich der Rückfluss von Bank  $i$  am Median-Level befindet, ergibt:

$$\Delta CoVaR_\alpha^{System|i} = CoVaR_\alpha^{System|X^i = -VaR_\alpha^i} - CoVaR_\alpha^{System|X^i = med(X^i)} \quad .^{177} \quad (3.6)$$

Die Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  erlauben zudem die Verwendung verschiedener Konfidenzniveaus für Risiken auf individueller und systemischer Ebene. Falls das gewählte Konfidenzniveau für Risiken auf individueller Ebene  $1 - \alpha$  beträgt und das Konfidenzniveau für Risiken auf systemischer Ebene auf  $1 - \beta$  gesetzt wird, ergeben sich die Größen  $CoVaR_{\alpha,\beta}^{System|i}$  und  $\Delta CoVaR_{\alpha,\beta}^{System|i}$  von Bank  $i$  formal wie folgt:

<sup>175</sup>Vgl. ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008), S. 9.

<sup>176</sup>Vgl. ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008), S. 11.

<sup>177</sup>Vgl. CASTRO/FERRARI (2014), S. 3; COLLETAZ ET AL. (2013), S. 3851; GAUTHIER ET AL. (2012), S. 600; LÓPEZ-ESPINOSA ET AL. (2013), S. 289; PUZANOVA/DÜLLMANN (2013), S. 1244. Der  $CoVaR_\alpha^{System|X^i = -VaR_\alpha^i}$  entspricht dabei dem  $CoVaR_\alpha^{System|i}$  aus den vorherigen Gleichungen.

$$\begin{aligned}
P\left(X^{System} \leq -CoVaR_{\alpha,\beta}^{System|i} \mid X^i = -VaR_{\alpha}^i\right) &= \beta, \\
\Delta CoVaR_{\alpha,\beta}^{System|i} &= CoVaR_{\alpha,\beta}^{System|i} - VaR_{\beta}^{System} \quad .^{178}
\end{aligned} \tag{3.7}$$

Eine weitere Modifikation besteht in der Veränderung der formalen Darstellung des financial distress von Bank  $i$ . So können bei der Berechnung des  $CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  bspw. sämtliche Szenarien, in denen der Rückfluss von Bank  $i$  den negativen Value-at-Risk  $VaR_{\alpha}^i$  unterschreitet, betrachtet werden:

$$P\left(X^{System} \leq -CoVaR_{\alpha}^{System|i} \mid X^i \leq -VaR_{\alpha}^i\right) = \alpha \quad .^{179} \tag{3.8}$$

### 3.6.2 Analytische Bestimmung der Größen $CoVaR$ und $\Delta CoVaR$ unter Normalverteilung

Im Folgenden werden mit Hilfe der analytischen Bestimmung der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$ , weitergehend als von der relevanten Literatur bisher geleistet, sowohl die Funktionsweise als auch die Eigenschaften und die daraus resultierenden Grenzen dieser beiden Risikomaße näher beleuchtet. Hierfür wird ein Bankensystem bestehend aus zwei Finanzinstituten (Bank 1 und Bank 2) betrachtet, wobei deren Portfoliorückflüsse  $(X^1, X^2)$  als bivariat normalverteilt angenommen werden:

$$\begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \text{mit } \boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \\ \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 & \sigma_2^2 \end{pmatrix}.$$

Entsprechend ist der Portfoliorückfluss  $X^i$  von Bank  $i$  normalverteilt mit den Parametern  $\mu_i$  und  $\sigma_i^2$ . Diese Verteilungsannahme ermöglicht die analytische Bestimmung des  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  von Bank 1 gemäß der Originaldefinition nach ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008).<sup>180</sup> Dieser ist definiert als der Value-at-Risk des Bankensystems zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  bedingt unter dem financial distress von Bank  $i$ :

<sup>178</sup>Vgl. CASTRO/FERRARI (2014), S. 3; GAUTHIER ET AL. (2012), S. 600. Der Regulierer erhält somit durch die Festsetzung von  $\beta$  einen weiteren Freiheitsgrad. Gemäß CROCKETT (2000) sollte davon ausgegangen werden, dass die akzeptierte Wahrscheinlichkeit  $\beta$  einer systemischen Krise geringer ist als die akzeptierte Wahrscheinlichkeit  $\alpha$  des financial distress einer einzelnen Bank. Vgl. CROCKETT (2000), S. 3.

<sup>179</sup>Vgl. COLLETAZ ET AL. (2013), S. 3851; GIRARDI/ERGÜN (2013), S. 3171; HUANG ET AL. (2012b), S. 62.

<sup>180</sup>O.B.d.A. werden im Folgenden ausschließlich die Größen  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  und  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  berechnet. Die Größen  $CoVaR_{\alpha}^{System|2}$  und  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|2}$  ergeben sich jeweils analog.

$$\begin{aligned}
P\left(X^{System} \leq -CoVaR_{\alpha}^{System|1} \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1\right) &= \alpha \\
\Leftrightarrow P\left(X^1 + X^2 \leq -CoVaR_{\alpha}^{System|1} \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1\right) &= \alpha \quad .
\end{aligned}$$

Zu bestimmen ist daher die Verteilung der Zufallsvariable  $(X^1 + X^2) \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1$ :

$$\begin{aligned}
(X^1 + X^2) \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1 &= X^1 \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1 + X^2 \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1 \\
&= -VaR_{\alpha}^1 + X^2 \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1 \quad .
\end{aligned} \tag{3.9}$$

Der  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  von Bank 1 lässt sich dann als Value-at-Risk obiger Verteilung berechnen. Dieser ergibt sich aufgrund der Translationsinvarianz als die Summe aus dem Value-at-Risk  $VaR_{\alpha}^1$  von Bank 1 und dem Value-at-Risk  $CoVaR_{\alpha}^{2|1}$  von Bank 2 bedingt unter dem financial distress von Bank 1:

$$CoVaR_{\alpha}^{System|1} = VaR_{\alpha}^1 + CoVaR_{\alpha}^{2|1} \quad . \tag{3.10}$$

Im Folgenden gilt es somit die Größe  $VaR_{\alpha}^1$  und die Verteilung  $X^2 \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1$  sowie anschließend deren Value-at-Risk  $CoVaR_{\alpha}^{2|1}$  zu ermitteln.<sup>181</sup> Der Value-at-Risk  $VaR_{\alpha}^1$  von Bank 1 zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  lässt sich aufgrund der Annahme der Normalverteilung von  $X^1$  wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned}
P(X^1 \leq -VaR_{\alpha}^1) = \alpha &\Leftrightarrow P\left(\frac{X^1 - \mu_1}{\sigma_1} \leq \frac{-VaR_{\alpha}^1 - \mu_1}{\sigma_1}\right) = \alpha \\
&\Leftrightarrow \Phi\left(\frac{-VaR_{\alpha}^1 - \mu_1}{\sigma_1}\right) = \alpha \\
&\Leftrightarrow VaR_{\alpha}^1 = -\mu_1 - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_1 \quad .^{182}
\end{aligned} \tag{3.11}$$

Zur Bestimmung der Verteilung von  $X^2 \mid X^1 = -VaR_{\alpha}^1$  bedient man sich folgender Eigenschaft bivariat normalverteilter Zufallsvariablen:

<sup>181</sup>Eine analytische Bestimmung der Größe  $CoVaR_{\alpha}^{2|1}$  liefert bereits MAINIK/SCHAANNING (2012).

<sup>182</sup> $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} \cdot dt$  gibt dabei die Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung und  $\Phi^{-1}(\alpha)$  entsprechend die inverse Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung an. Wie Formel 3.11 verdeutlicht, sinkt der Value-at-Risk einer Bank ceteris paribus mit steigendem erwarteten Portfoliorückfluss und steigt, da für  $\alpha < 0,5$  stets  $\Phi^{-1}(\alpha) < 0$  gilt, ceteris paribus mit steigender Standardabweichung des Portfoliorückflusses.

$$\begin{aligned}
\begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) &\Leftrightarrow \frac{X^2 - \mu_2}{\sigma_2} = \rho \cdot \frac{X^1 - \mu_1}{\sigma_1} + \sqrt{1 - \rho^2} \cdot Z \\
&\Leftrightarrow X^2 = \mu_2 + \rho \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot (X^1 - \mu_1) + \sigma_2 \cdot \sqrt{1 - \rho^2} \cdot Z \quad .^{183}
\end{aligned} \tag{3.12}$$

Die standardisierte Zufallsvariable  $\frac{X^2 - \mu_2}{\sigma_2}$  lässt sich also als Linearkombination der standardisierten Zufallsvariable  $\frac{X^1 - \mu_1}{\sigma_1}$ , gewichtet mit dem Faktor  $\rho$ , und einer ebenfalls standardnormalverteilten Zufallsvariable  $Z$ , welche unabhängig von  $X^1$  ist und mit dem Faktor  $\sqrt{1 - \rho^2}$  gewichtet wird, darstellen.<sup>184</sup>

Das Einsetzen der Bedingung  $X^1 = -VaR_\alpha^1$  in Formel 3.12 und die Verwendung von Formel 3.11 für den Value-at-Risk normalverteilter Zufallsvariablen führt zu

$$\begin{aligned}
X^2 \mid X^1 = -VaR_\alpha^1 &= \mu_2 + \rho \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot (-VaR_\alpha^1 - \mu_1) + \sigma_2 \cdot \sqrt{1 - \rho^2} \cdot Z \\
&= \mu_2 + \rho \cdot \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \cdot (\mu_1 + \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_1 - \mu_1) + \sigma_2 \cdot \sqrt{1 - \rho^2} \cdot Z \quad (3.13) \\
&= \mu_2 + \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \rho \cdot \sigma_2 + \sigma_2 \cdot \sqrt{1 - \rho^2} \cdot Z \quad .
\end{aligned}$$

Die Verteilung  $X^2 \mid X^1 = -VaR_\alpha^1$  ist somit erneut normalverteilt:

$$\begin{aligned}
X^2 \mid X^1 = -VaR_\alpha^1 &\sim N\left(\mu_{2|1}, \sigma_{2|1}^2\right) \\
\text{mit } \mu_{2|1} &= \mu_2 + \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \rho \cdot \sigma_2 \\
\text{und } \sigma_{2|1}^2 &= \sigma_2^2 \cdot (1 - \rho^2) \quad .^{185}
\end{aligned}$$

<sup>183</sup>Vgl. JÄGER-AMBROZEWICZ (2012), S. 6.

<sup>184</sup>Während für eine perfekte Korrelation  $\rho = 1$  die Realisationen der standardisierten Zufallsvariablen  $\frac{X^1 - \mu_1}{\sigma_1}$  und  $\frac{X^2 - \mu_2}{\sigma_2}$  also stets identisch sind, lässt eine Realisation von  $X^1$  bei einer Korrelation von  $\rho = 0$  (aus welcher die Unabhängigkeit zwischen  $X^1$  und  $X^2$  folgt, da die Korrelation zwischen zwei normalverteilten Zufallsvariablen deren Abhängigkeitsstruktur vollständig determiniert) keinerlei Rückschluss auf die Realisation von  $X^2$  zu.

<sup>185</sup>Für  $\rho = 0$  entspricht die bedingte Verteilung  $X^2 \mid X^1 = -VaR_\alpha^1$  der unbedingten Verteilung von  $X^2$  und dementsprechend entspricht der bedingte Value-at-Risk  $CoVaR_\alpha^{2|1}$  dem unbedingten Value-at-Risk  $VaR_\alpha^2$ . Für eine stark positive Korrelation zwischen  $X^1$  und  $X^2$  ( $\rho$  nahe 1) weist die bedingte Verteilung  $X^2 \mid X^1 = -VaR_\alpha^1$  einen geringen erwarteten Portfoliorückfluss sowie eine geringe Varianz auf, da von der schlechten Realisation von  $X^1$  mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine schlechte Realisation von  $X^2$  geschlossen werden kann. Bei perfekter positiver Abhängigkeit zwischen  $X^1$  und  $X^2$  ( $\rho = 1$ ) verschwindet die Varianz gänzlich und man erhält die entartete Zufallsvariable (die Konstante)  $X^2 = -VaR_\alpha^2$ , sodass auch in diesem Fall der bedingte Value-at-Risk  $CoVaR_\alpha^{2|1}$  dem unbedingten Value-at-Risk  $VaR_\alpha^2$  ent-

Die für den  $CoVaR_\alpha^{System|1}$  von Bank 1 relevante Verteilung  $X^{System} | X^1 = -VaR_\alpha^1$  ergibt sich gemäß Formel 3.9 aus der Addition des negativen Value-at-Risk  $VaR_\alpha^1$  von Bank 1 zu obiger Verteilung, sodass sich lediglich der erwartete Rückfluss, nicht aber dessen Varianz ändert:

$$X^{System} | X^1 = -VaR_\alpha^1 \sim N(\mu_{System|1}, \sigma_{System|1}^2)$$

$$\text{mit } \mu_{System|1} = \mu_1 + \mu_2 + \Phi^{-1}(\alpha) \cdot (\sigma_1 + \rho \cdot \sigma_2)$$

$$\text{und } \sigma_{System|1}^2 = \sigma_2^2 \cdot (1 - \rho^2) \quad .$$

Insbesondere handelt es sich also auch bei  $X^{System} | X^1 = -VaR_\alpha^1$  um eine normalverteilte Zufallsvariable. Entsprechend kann der  $CoVaR_\alpha^{System|1}$  von Bank 1, wie in Lemma 3.4 dargestellt, nach der in 3.11 hergeleiteten Formel für den Value-at-Risk normalverteilter Zufallsvariablen berechnet werden.

**Lemma 3.4.** *In einem zwei-Banken-Finanzsystem mit bivariat normalverteilten Portfoliorückflüssen lässt sich der  $CoVaR_\alpha^{System|1}$  von Bank 1 formal wie folgt darstellen:*

$$\begin{aligned} CoVaR_\alpha^{System|1} &= -\mu_{System|1} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_{System|1} \\ &= -[\mu_1 + \mu_2 + \Phi^{-1}(\alpha) \cdot (\sigma_1 + \rho \cdot \sigma_2)] - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_2 \cdot \sqrt{1 - \rho^2} \quad (3.14) \\ &= -[\mu_1 + \mu_2] - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot [\sigma_1 + \sigma_2 \cdot (\rho + \sqrt{1 - \rho^2})] \quad . \end{aligned}$$

Zur Bestimmung der Größe  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  ist zunächst die Bestimmung des (unbedingten) Value-at-Risk  $VaR_\alpha^{System}$  des Bankensystems erforderlich:

$$\begin{aligned} VaR_\alpha^{System} &= -\mu_{System} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_{System} \\ &= -[\mu_1 + \mu_2] - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2} \quad . \end{aligned} \quad (3.15)$$

Der  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$ , definiert als die Differenz zwischen dem  $CoVaR_\alpha^{System|1}$  (Formel 3.14) und dem  $VaR_\alpha^{System}$  (Formel 3.15), lässt sich daher gemäß Formel 3.16 darstellen:

---

spricht. Für eine stark negative Korrelation zwischen  $X^1$  und  $X^2$  ( $\rho$  nahe  $-1$ ) weist die bedingte Verteilung  $X^2 | X^1 = -VaR_\alpha^1$  hingegen einen hohen erwarteten Portfoliorückfluss sowie eine geringe Varianz auf, da von der schlechten Realisation von  $X^1$  mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine gute Realisation von  $X^2$  geschlossen werden kann.

**Lemma 3.5.** *In einem zwei-Banken-Finanzsystem mit bivariat normalverteilten Portfoliorückflüssen lässt sich der  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  von Bank 1 formal wie folgt darstellen:*

$$\begin{aligned}\Delta CoVaR_\alpha^{System|1} &= CoVaR_\alpha^{System|1} - VaR_\alpha^{System} \\ &= - \left( \mu_{System|1} - \mu_{System} \right) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left( \sigma_{System|1} - \sigma_{System} \right) \\ &= - \Delta \mu_{System|1} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \Delta \sigma_{System|1}\end{aligned}\quad (3.16)$$

$$\text{mit } \Delta \mu_{System|1} = \Phi^{-1}(\alpha) \cdot (\sigma_1 + \rho \cdot \sigma_2)$$

$$\text{und } \Delta \sigma_{System|1} = \sigma_2 \cdot \sqrt{1-\rho^2} - \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2} \quad .^{186}$$

Die analytische Bestimmung der Größen  $CoVaR_\alpha^{System|1}$  und  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  verdeutlicht nochmals, dass unter beiden Risikomaßen der Endogenität des systemischen Risikos Rechnung getragen wird. So hängt der Beitrag  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  von Bank 1 zum systemischen Risiko nicht nur von den Verteilungsparametern des Portfoliorückflusses von Bank 1, sondern auch von den Verteilungsparametern des Portfoliorückflusses von Bank 2 sowie von der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken, im Folgenden auch als Interbanken-Korrelation bezeichnet, ab.

### 3.6.3 Komparativ statische Analysen

Anders als in der relevanten Literatur bisher geleistet, wird im Folgenden die Abhängigkeit der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  von sämtlichen Verteilungsparametern geklärt.

**Lemma 3.6.** *Die Höhe des Beitrages von Bank 1 zum systemischen Risiko wird unter Verwendung des  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  ausschließlich durch die Risikogrößen  $\rho$ ,  $\sigma_1$  und  $\sigma_2$  bestimmt, sodass der  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  unabhängig von der Höhe der erwarteten Portfoliorückflüsse  $\mu_1$  bzw.  $\mu_2$  der Finanzinstitute ist.*

*Beweis.* Partielle Differentiation von Formel 3.16 bzgl.  $\mu_i$  führt zu

$$\frac{\partial \Delta CoVaR_\alpha^{System|1}}{\partial \mu_i} = - \frac{\partial \Delta \mu_{System|1}}{\partial \mu_i} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\partial \Delta \sigma_{System|1}}{\partial \mu_i} = 0 \quad . \quad (3.17)$$

□

<sup>186</sup>Da stets  $\Delta \sigma_{System|1} \leq 0$  gilt, ist eine Interpretation des  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  als der Value-at-Risk einer normalverteilten Zufallsvariable mit den Parametern  $\Delta \mu_{System|1}$  und  $\Delta \sigma_{System|1}$  unzulässig.

Dem  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  wohnt daher kein klassischer Value-at-Risk-Gedanke in dem Sinne inne, dass sowohl die Höhe der erwarteten Portfoliorückflüsse der Banken als auch das Risiko in Form der Standardabweichungen dieser Portfoliorückflüsse ihre Berücksichtigung finden. Insbesondere bleibt daher auch der Risiko-Rendite-Trade-off, welcher gemäß MARKOWITZ (1952) die Essenz eines jeden Portfolio Selection Problems darstellt, gänzlich unberücksichtigt.

**Lemma 3.7.** *Für Konfidenzniveaus  $1 - \alpha > 0,5$  steigt der  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  von Bank 1 mit steigender Standardabweichung  $\sigma_1$  des eigenen Portfoliorückflusses.*

*Beweis.* Partielle Differentiation von Formel 3.16 bzgl.  $\sigma_1$  führt zu

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \Delta CoVaR_\alpha^{System|1}}{\partial \sigma_1} &= - \frac{\partial \Delta \mu_{System|1}}{\partial \sigma_1} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\partial \Delta \sigma_{System|1}}{\partial \sigma_1} \\
 &= - \frac{\partial \mu_{System|1}}{\partial \sigma_1} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ -\frac{\partial \sigma_{System}}{\partial \sigma_1} \right] \\
 &= -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ 1 - \frac{\sigma_1 + \rho \cdot \sigma_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}} \right] \\
 &\geq 0 \quad \text{für } \alpha < 0,5
 \end{aligned} \tag{3.18}$$

.187

□

Die Standardabweichung  $\sigma_1$  von Bank 1 beeinflusst dabei weder den unbedingten erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{System}$  des Bankensystems noch die bedingte Standardabweichung  $\sigma_{System|1}$  des Bankensystems. Während die Unabhängigkeit zwischen  $\sigma_1$  und  $\mu_{System}$  offensichtlich ist, resultiert die Unabhängigkeit zwischen  $\sigma_1$  und  $\sigma_{System|1}$  aus der durch Formel 3.1 gegebenen Definition des  $CoVaR_\alpha^{System|1}$ . Da der financial distress von Bank 1 formal dadurch operationalisiert wird, dass der Rückfluss  $X^1$  von Bank 1 exakt dem negativen Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  entspricht, wird bei der bedingten Verteilung  $X^{System} | X^1 = -VaR_\alpha^1$  des Rückflusses des gesamten Bankensystems die Unsicherheit bzgl. der Realisation  $X^1$  des Portfoliorückflusses von Bank 1 vollständig beseitigt. Somit ist die einzig verbliebene Unsicherheit, vorausgesetzt  $X^1$  und  $X^2$  sind nicht perfekt miteinander

<sup>187</sup>Bei einem Anstieg der Standardabweichung  $\sigma_1$  von Bank 1 kann sich die Standardabweichung  $\sigma_{System}$  des Bankensystems maximal um den gleichen Betrag erhöhen, bspw. bei perfekter Korrelation zwischen  $X^1$  und  $X^2$ . Somit gilt stets  $\frac{\partial \sigma_{System}}{\partial \sigma_1} = \frac{\sigma_1 + \rho \cdot \sigma_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}} \leq 1 = \frac{\partial \sigma_1}{\partial \sigma_1}$ .

korreliert, diejenige bzgl. der Realisation des Portfoliorückflusses  $X^2$  von Bank 2. Infolgedessen besitzt die partielle Differentiation von  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  bzgl.  $\sigma_2$  einen zusätzlichen Term:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Delta CoVaR_\alpha^{System|1}}{\partial \sigma_2} &= -\frac{\partial \Delta \mu_{System|1}}{\partial \sigma_2} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\partial \Delta \sigma_{System|1}}{\partial \sigma_2} \\
&= -\frac{\partial \mu_{System|1}}{\partial \sigma_2} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ \frac{\partial \sigma_{System|1}}{\partial \sigma_2} - \frac{\partial \sigma_{System}}{\partial \sigma_2} \right] \quad (3.19) \\
&= -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ \rho + \sqrt{1-\rho^2} - \frac{\sigma_2 + \rho \cdot \sigma_1}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}} \right] .
\end{aligned}$$

**Lemma 3.8.** Für  $\rho \in (0,1)$  steigt bei einer Erhöhung der Standardabweichung  $\sigma_1$  des Portfoliorückflusses von Bank 1 der Beitrag  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|2}$  von Bank 2 zum systemischen Risiko stärker an als der Beitrag  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  von Bank 1.

*Beweis.* Formel 3.18 und Formel 3.19 implizieren

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \Delta CoVaR_\alpha^{System|2}}{\partial \sigma_1} &> \frac{\partial \Delta CoVaR_\alpha^{System|1}}{\partial \sigma_1} > 0 \quad \text{für } \alpha < 0,5 \\
\text{da} \quad \rho + \sqrt{1-\rho^2} &> 1 \quad \text{für } \rho \in (0,1) .
\end{aligned}$$

□

Gemäß Lemma 3.8 wirkt bei einer positiven Interbanken-Korrelation eine Erhöhung der Standardabweichung des Portfoliorückflusses von Bank 1 stärker auf den systemischen Risikobeitrag von Bank 2. Folglich ist unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung basierend auf dem  $\Delta CoVaR$ -Ansatz eine exzessive Aufnahme von Risiken auf individueller Ebene zu befürchten.

Da die Verwendung des Risikomaßes  $\Delta CoVaR$  in erster Linie der Erfassung der Abhängigkeiten (Verflechtungen) zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken dient, ist der Zusammenhang zwischen dem  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  und der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen beider Finanzinstitute von enormer Bedeutung.<sup>188</sup> Aufgrund der Definition des  $\Delta CoVaR$  als die Differenz zweier Values-at-Risk gilt es im Folgenden den Ein-

<sup>188</sup>Aufgrund der Annahme bivariat normalverteilter Portfoliorückflüsse determiniert die Korrelation  $\rho$  zwischen den Zufallsvariablen  $X^1$  und  $X^2$  bekanntlich deren komplette Abhängigkeitsstruktur.

fluss der Korrelation  $\rho$  auf diese beiden Größen zu bestimmen. Der unbedingte Value-at-Risk  $VaR_\alpha^{System}$  des Rückflusses des Bankensystems nimmt hierbei für Konfidenzniveaus  $1 - \alpha > 0,5$  mit steigender Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen  $X^1$  und  $X^2$  bei der Banken ceteris paribus strikt monoton zu:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial VaR_\alpha^{System}}{\partial \rho} &= - \frac{\partial \mu_{System}}{\partial \rho} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\partial \sigma_{System}}{\partial \rho} \\
 &= -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\sigma_1 \cdot \sigma_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}} \\
 &> 0 \quad \text{für } \alpha < 0,5
 \end{aligned} \tag{3.20}$$

Der bedingte Value-at-Risk  $CoVaR_\alpha^{System|1}$  des Rückflusses des Bankensystems weist solch eine Monotonieeigenschaft bzgl. der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen beider Finanzinstitute hingegen nicht auf.

**Lemma 3.9.** *Der  $CoVaR_\alpha^{System|1}$  ist keine monotone Funktion bzgl. der Interbankenkorrelation  $\rho$ .*

*Beweis.* Partielle Differentiation von Formel 3.14 bzgl.  $\rho$  führt zu

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial CoVaR_\alpha^{System|1}}{\partial \rho} &= - \frac{\partial \mu_{System|1}}{\partial \rho} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\partial \sigma_{System|1}}{\partial \rho} \\
 &= - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_2 - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ -\sigma_2 \cdot \frac{\rho}{\sqrt{1-\rho^2}} \right] \\
 &= - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_2 \cdot \left[ 1 - \frac{\rho}{\sqrt{1-\rho^2}} \right] \\
 &\begin{cases} > 0 & \text{für } \rho < \frac{1}{\sqrt{2}} \\ = 0 & \text{für } \rho = \frac{1}{\sqrt{2}} \\ < 0 & \text{für } \rho > \frac{1}{\sqrt{2}} \end{cases} \quad \text{für } \alpha < 0,5
 \end{aligned} \tag{3.21}$$

□

<sup>189</sup>Den identischen Grenzwert weisen MAINIK/SCHAANNING (2012) für den von ihnen betrachteten  $CoVaR_\alpha^{2|1}$  nach.

Da der bedingte erwartete Rückfluss  $\mu_{System|1}$  des Bankensystems mit steigender Interbanken-Korrelation  $\rho$  strikt monoton fällt, fußt die fehlende Monotonie des  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  bzgl. der Interbanken-Korrelation  $\rho$  auf der fehlenden Monotonie der bedingten Standardabweichung  $\sigma_{System|1}$  des Rückflusses des Bankensystems bzgl.  $\rho$ . Diese nimmt ihren maximalen Wert in Höhe von  $\sigma_2$  genau dann an, wenn die Portfoliorückflüsse beider Banken unabhängig sind ( $\rho = 0$ ), während sie mit erhöhter Abhängigkeit zwischen  $X^1$  und  $X^2$ , also steigendem  $|\rho|$ , ceteris paribus gar strikt monoton fällt und für den Grenzfall  $|\rho| = 1$  schließlich ihren minimalen Wert in Höhe von Null annimmt. Entsprechend lassen sich für eine steigende Korrelation  $\rho > 0$  zwei in Bezug auf die Höhe des  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  gegenläufige Effekte beobachten. Während der erwartete Rückfluss  $\mu_{System|1}$  des Bankensystems ceteris paribus fällt und sich der  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  dadurch erhöht, fällt die bedingte Standardabweichung  $\sigma_{System|1}$  des Rückflusses des Bankensystems ceteris paribus ebenfalls, was allerdings zu einer Verringerung des  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  führt. Während sich diese beiden Effekte für  $\rho = \frac{1}{\sqrt{2}}$  exakt ausgleichen, überwiegt für  $\rho > \frac{1}{\sqrt{2}}$  der den  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  sinkende Effekt der fallenden bedingten Standardabweichung  $\sigma_{System|1}$ . Eine grafische Darstellung dieser fehlenden Monotonieeigenschaft liefert Abbildung 3.3.

**Lemma 3.10.** *Die bedingten systemischen Values-at-Risk  $CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  beider Banken stimmen für den Fall der Unabhängigkeit ( $\rho = 0$ ) und für den Fall der perfekten positiven Abhängigkeit zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken ( $\rho = 1$ ) stets überein und entsprechen der Summe der Values-at-Risk  $VaR_{\alpha}^i$  der einzelnen Portfoliorückflüsse beider Banken.*<sup>190</sup>

*Beweis.* Formel 3.10 und Formel 3.13 implizieren

$$\begin{aligned} CoVaR_{\alpha}^{System|1} &= VaR_{\alpha}^1 + CoVaR_{\alpha}^{2|1} \\ &= VaR_{\alpha}^1 + VaR_{\alpha}^2 \quad \text{für } \rho \in \{0, 1\} \\ &= CoVaR_{\alpha}^{System|2} \end{aligned} \quad (3.22)$$

□

<sup>190</sup>Die Gründe hierfür sind allerdings verschiedene. Während für  $\rho = 0$  die bedingte Verteilung von  $X^2 | X^1 = -VaR_{\alpha}^1$  der unbedingten Verteilung von  $X^2$  entspricht und dementsprechend beide Verteilungen identische Values-at-Risk aufweisen, handelt es sich bei der Zufallsvariable  $X^2 | X^1 = -VaR_{\alpha}^1$  für eine Korrelation in Höhe von  $\rho = 1$  um eine Konstante, welche stets den Wert  $-VaR_{\alpha}^2$  annimmt und dementsprechend aufgrund der Translationsinvarianz einen Value-at-Risk in Höhe von  $VaR_{\alpha}^2$  aufweist. Zudem sei erwähnt, dass sich auch aus dieser Eigenschaft die fehlende, bzw. zumindest die fehlende strikte Monotonie des  $CoVaR$  bzgl.  $\rho$  leicht nachweisen lässt. Da der  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  für  $\rho = 0$  und  $\rho = 1$  ein und denselben Wert annimmt, kann der  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  für  $\rho \in [0, 1]$  nicht strikt monoton steigend und ebenso wenig strikt monoton fallend in  $\rho$  sein.

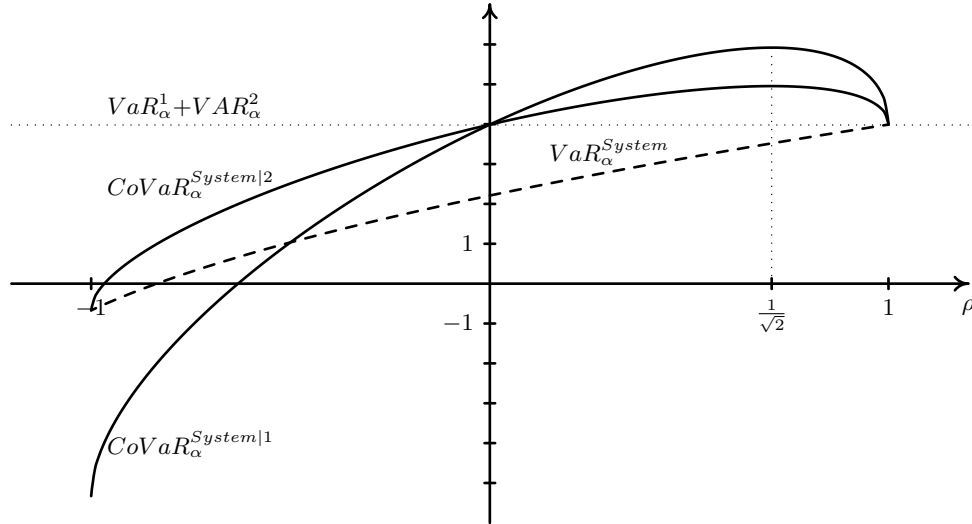


Abbildung 3.3: Die Abhängigkeit des unbedingten Value-at-Risk  $VaR_{\alpha}^{System}$  und der bedingten Values-at-Risk  $CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  des Rückflusses des Bankensystems von der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken.<sup>191</sup> (Quelle: Eigene Darstellung.)

Da somit bei der Berechnung des Beitrages  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  von Bank 1 zum systemischen Risiko eine in der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute strikt monoton steigende Funktion (der unbedingte Value-at-Risk  $VaR_{\alpha}^{System}$  des Rückflusses des Bankensystems) von einer in der Interbanken-Korrelation  $\rho$  nicht monoton steigenden Funktion (der bedingte Value-at-Risk  $CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  des Rückflusses des Bankensystems) subtrahiert wird, lässt auch der  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  eine Monotonie bzgl. der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute vermissen.

**Lemma 3.11.** *Der  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1}$  ist keine monotone Funktion bzgl. der Interbanken-Korrelation  $\rho$ .*<sup>192</sup>

<sup>191</sup>Der Grafik liegt folgende Parametrisierung zugrunde:  $\begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \end{pmatrix} \sim N\left(\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 2 \cdot \rho \\ 2 \cdot \rho & 4 \end{pmatrix}\right)$ . Das verwendete Konfidenzniveau beträgt  $1 - \alpha = 0,99$ .

<sup>192</sup>Die fehlende Monotonie des  $\Delta CoVaR$  bzgl. der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken erinnert an die nicht zwingend vorhandene Monotonie der Agency-Kosten des Fremdkapitals bzgl. des Verschuldungsgrades. Während allerdings die Literatur für letztere modelltheoretisch fundierte Erklärungsansätze liefert (KÜRSTEN (1995)), ist solch ein Erklärungsansatz für erstere nicht ausfindig zu machen.

*Beweis.* Partielle Differentiation von Formel 3.16 bzgl.  $\rho$  führt zu

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1}}{\partial \rho} &= - \frac{\partial \mu_{System|1}}{\partial \rho} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\partial \Delta \sigma_{System|1}}{\partial \rho} \\
 &= - \frac{\partial \mu_{System|1}}{\partial \rho} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ \frac{\partial \sigma_{System|1}}{\partial \rho} - \frac{\partial \sigma_{System}}{\partial \rho} \right] \quad (3.23) \\
 &= -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_2 \cdot \left[ 1 - \frac{\rho}{\sqrt{1-\rho^2}} - \frac{\sigma_1}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}} \right].
 \end{aligned}$$

□

Abbildung 3.4 stellt den Einfluss der Korrelation  $\rho$  auf den Beitrag  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  einer Bank zum systemischen Risiko nochmals grafisch dar.

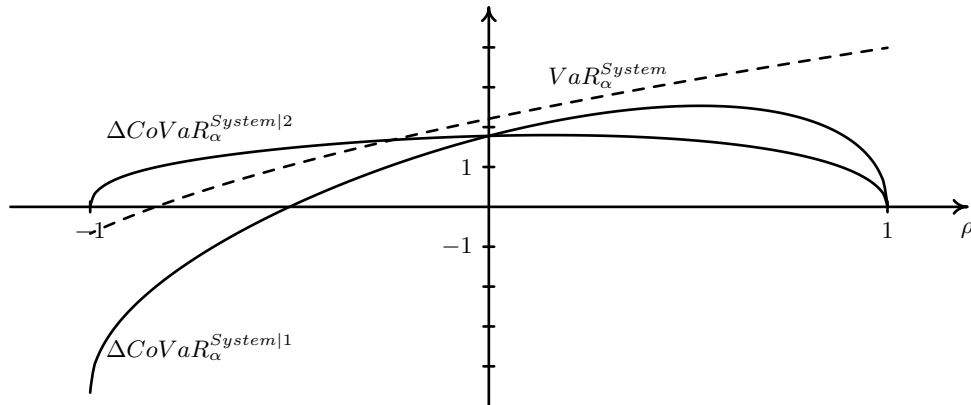


Abbildung 3.4: Die Abhängigkeit der Beiträge  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  beider Banken zum systemischen Risiko von der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken.<sup>193</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Bei Betrachtung von Abbildung 3.4 werden zudem zwei weitere Eigenschaften des  $\Delta CoVaR$  ersichtlich, welche Lemma 3.12 und Lemma 3.13 aufzeigen.

**Lemma 3.12.** *Die Beiträge  $\Delta CoVaR$  beider Banken zum systemischen Risiko stimmen für  $\rho = 0$  stets überein und ergeben sich jeweils aus der Summe der Values-at-Risk der Portfoliorückflüsse beider Banken abzüglich dem Value-at-Risk des Rückflusses des Bankensystems.*

<sup>193</sup>Der Grafik liegt die identische Parametrisierung wie Abbildung 3.3 zugrunde. Das verwendete Konfidenzniveau beträgt  $1 - \alpha = 0,99$ .

*Beweis.* Lemma 3.10 impliziert

$$\begin{aligned}
\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1} &= CoVaR_{\alpha}^{System|1} - VaR_{\alpha}^{System} \\
&= VaR_{\alpha}^1 + CoVaR_{\alpha}^{2|1} - VaR_{\alpha}^{System} \\
&= VaR_{\alpha}^1 + VaR_{\alpha}^2 - VaR_{\alpha}^{System} \quad \text{für } \rho = 0 \\
&= \Delta CoVaR_{\alpha}^{System|2} .
\end{aligned} \tag{3.24}$$

□

Die Gleichheit beider  $\Delta CoVaR$  für  $\rho = 0$  ergibt sich dabei aus der bereits erörterten Gleichheit beider  $CoVaR$  und gilt insbesondere unabhängig von der konkreten Parametrisierung, somit also auch unabhängig von einer eventuell vorhandenen Heterogenität bzgl. der Größe beider Banken.<sup>194</sup>

**Lemma 3.13.** *Die Beiträge  $\Delta CoVaR$  beider Banken zum systemischen Risiko betragen für  $\rho = 1$  stets Null.*

*Beweis.* Lemma 3.10 impliziert

$$\begin{aligned}
\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1} &= CoVaR_{\alpha}^{System|1} - VaR_{\alpha}^{System} \\
&= VaR_{\alpha}^1 + CoVaR_{\alpha}^{2|1} - VaR_{\alpha}^{System} \\
&= VaR_{\alpha}^1 + VaR_{\alpha}^2 - [VaR_{\alpha}^1 + VaR_{\alpha}^2] \quad \text{für } \rho = 1 \\
&= 0 \\
&= \Delta CoVaR_{\alpha}^{System|2} .
\end{aligned} \tag{3.25}$$

□

Dass beide  $\Delta CoVaR$  für den Fall der maximalen Abhängigkeit zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken den Wert Null annehmen, gilt ebenfalls unabhängig von der konkreten Parametrisierung sowie ungeachtet der Tatsache, dass das systemische Risiko (der Value-at-Risk des Rückflusses des Bankensystems) für  $\rho = 1$  stets maximal ist.

<sup>194</sup>Eine explizite Berücksichtigung von Größeneffekten im Rahmen des  $\Delta CoVaR$ -Ansatzes erfolgt in Kapitel 3.6.4.

### 3.6.4 Berücksichtigung von Größeneffekten

Im Gegensatz zur relevanten Literatur werden im Folgenden auch die mit einer  $\Delta CoVaR$ -basierten Regulierung einhergehenden Größeneffekte explizit berücksichtigt. Hierfür wird angenommen, dass sich beide Banken lediglich in Bezug auf ihre Größe unterscheiden. Für den Portfoliorückfluss  $X^1$  von Bank 1 gilt  $X^1 \sim N(\mu, \sigma)$  und für den Portfoliorückfluss  $X^2$  von Bank 2 somit  $X^2 \stackrel{d}{=} k \cdot X^1$  mit  $k > 1$ .<sup>195</sup> Bank 2 ist daher um den Faktor  $k$  größer als Bank 1. Gemäß Lemma 3.5 ergeben sich die Beiträge beider Banken zum systemischen Risiko wie folgt:

$$\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1} = -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \left(1 + \rho \cdot k + \sqrt{1 - \rho^2} \cdot k - \sqrt{1 + k^2 + 2 \cdot \rho \cdot k}\right), \quad (3.26)$$

$$\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|2} = -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \left(k + \rho + \sqrt{1 - \rho^2} - \sqrt{1 + k^2 + 2 \cdot \rho \cdot k}\right) \quad . \quad (3.27)$$

**Lemma 3.14.** *Für  $\rho \in (0,1)$  wird der kleineren Bank stets ein größerer Beitrag zum systemischen Risiko zugeschrieben als der größeren Bank, wobei die Differenz zwischen den Risikobeiträgen mit steigendem  $k$  ansteigt.*

*Beweis.* Gemäß (3.26) und (3.27) gilt für  $\rho \in (0,1)$

$$\begin{aligned} \Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1} - \Delta CoVaR_{\alpha}^{S|2} &= -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot (k - 1) \cdot \left(\rho + \sqrt{1 - \rho^2} - 1\right) > 0 \\ \text{und} \quad \frac{\partial \left(\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1} - \Delta CoVaR_{\alpha}^{S|2}\right)}{\partial k} &= -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left(\rho + \sqrt{1 - \rho^2} - 1\right) > 0 \quad . \end{aligned}$$

□

Lemma 3.14 verdeutlicht, dass der  $\Delta CoVaR$ -Ansatz dem theoretisch wohlbegründeten und empirisch gestützten too-big-to-fail Paradigma gänzlich zuwiderläuft, da der kleineren Bank ausnahmslos ein größerer Beitrag zum systemischen Risiko zugeschrieben wird als der größeren Bank.<sup>196</sup>

**Lemma 3.15.** *Der Beitrag der größeren Bank zum systemischen Risiko besitzt eine obere Grenze, welche unabhängig von  $k$  ist. Hingegen konvergiert der Beitrag der kleineren Bank zum systemischen Risiko für  $k \rightarrow \infty$  gegen unendlich.*

<sup>195</sup>  $X \stackrel{d}{=} Y$  meint, dass die Verteilungsfunktionen der Zufallsvariablen  $X$  und  $Y$  übereinstimmen.

<sup>196</sup> Diese Problematik findet bspw. in der empirischen Studie von CASTRO/FERRARI (2014) dadurch ihre (kritisch zu hinterfragende weil rein willkürliche und zudem unbegründete) Berücksichtigung, dass die aus der Studie resultierenden  $\Delta CoVaR$  anschließend mit der Bilanzsumme der entsprechenden Banken multipliziert werden. Vgl. CASTRO/FERRARI (2014), S. 9-10.

*Beweis.* Zunächst wird gezeigt, dass  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|2}$  eine strikt monoton steigende, konkave Funktion bzgl.  $k$  ist. Partielle Differentiation von Formel 3.27 bzgl.  $k$  führt zu

$$\frac{\partial \Delta CoVaR_\alpha^{System|2}}{\partial k} = -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \left( 1 - \frac{k + \rho}{\sqrt{1 + k^2 + 2 \cdot \rho \cdot k}} \right) > 0 \quad , \quad (3.28)$$

wohingegen die partielle Differentiation von Formel 3.28 bzgl.  $k$  zu

$$\frac{\partial^2 \Delta CoVaR_\alpha^{System|2}}{\partial^2 k} = -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \left( \frac{p^2 - 1}{(1 + k^2 + 2 \cdot \rho \cdot k)^{\frac{3}{2}}} \right) \begin{cases} < 0 & \text{for } |\rho| \neq 1 \\ = 0 & \text{for } |\rho| = 1 \end{cases}$$

führt. Darüber hinaus kann Formel 3.27 wie folgt umgestellt werden:

$$\Delta CoVaR_\alpha^{System|2} = -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \left( k + \rho + \sqrt{1 - \rho^2} - \sqrt{(k + \rho)^2 + 1 - \rho^2} \right) \quad .$$

Somit gilt  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|2} \rightarrow -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \sqrt{1 - \rho^2}$  für  $k \rightarrow \infty$ . Da  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|2}$  eine strikt monoton steigende, konkave Funktion bzgl.  $k$  ist, erhält man

$$\Delta CoVaR_\alpha^{System|2} < -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \sqrt{1 - \rho^2} \quad ,$$

wohingegen  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1} \rightarrow \infty$  für  $k \rightarrow \infty$  direkt aus Formel 3.26 folgt.  $\square$

Auch Lemma 3.15 verdeutlicht, dass der  $\Delta CoVaR$ -Ansatz dem too-big-to-fail Paradigma zuwiderläuft, da gemäß diesem der Beitrag der größeren Bank zum systemischen Risiko für  $k \rightarrow \infty$  gegen unendlich konvergieren muss.<sup>197</sup>

### 3.6.5 Portfoliowahl von Banken unter Verwendung des $\Delta CoVaR$

Aufgrund der eben erörterten Eigenschaften (der Unabhängigkeit des  $\Delta CoVaR$  von den erwarteten Portfoliorückflüssen der Banken, dem Zuwiderlaufen des too-big-to-fail Paradigmas, des nicht monotonen Verhaltens bzgl. der Interbanken-Korrelation  $\rho$  sowie der Festsetzung des  $\Delta CoVaR$  beider Banken auf Null für den das systemische Risiko maximierenden Fall  $\rho = 1$ ) scheint die Eignung der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  für makroprudentielle Zwecke stark eingeschränkt.<sup>198</sup>

<sup>197</sup>Dass diese Konvergenzeigenschaft nicht vorhanden ist, fußt auf der Betrachtung bedingter Rückflüsse (siehe die Ausführungen in Kapitel 3.6.3).

<sup>198</sup>Die Literatur bedient sich zur Erzeugung der jeweils gewünschten Eigenschaft gerne den in Kapitel 3.6.1 vorgestellten alternativen Definitionen des  $CoVaR$ . So kann bspw. gemäß MAINIK/SCHAANNING (2012) eine Monotonie der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  in der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken (im hier betrachteten Rahmen) dadurch sichergestellt werden, dass der financial distress einer Bank  $i$  formal nicht mehr durch  $X^i = -VaR_\alpha^i$ , sondern durch  $X^i \leq -VaR_\alpha^i$  definiert wird (unter

Dessen ungeachtet werden in diesem Kapitel erstmalig die mit einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des  $\Delta CoVaR$  einhergehenden Anreizeffekte durch die Endogenisierung der Portfoliowahl und der Verteilungsparameter untersucht. In Kapitel 3.6.5.1 wird dabei zunächst der Fall betrachtet, dass die Banken ihr Portfolio aus einer sicheren und einer riskanten Anlage zusammenstellen können. Anschließend erfolgt in Kapitel 3.6.5.2 eine Analyse der Portfoliowahl der Banken unter einer makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung, falls die Banken Zugang zu zwei riskanten Anlagemöglichkeiten besitzen.<sup>199</sup>

### 3.6.5.1 Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage

Für die Bildung ihres jeweiligen Portfolios stehen beiden Banken eine sichere und eine riskante Anlage zur Verfügung. Die sichere Anlage liefert pro investierter Geldeinheit einen risikolosen Rückfluss in Höhe von  $r$ , wohingegen die riskante Anlage pro investierter Geldeinheit einen unsicheren Rückfluss in Höhe von  $R$  liefert. Beide Banken investieren jeweils eine Geldeinheit, wobei  $\theta_i$  den von Bank  $i$  investierten Anteil in die riskante Anlage angibt. Das Portfolio  $X^i$  von Bank  $i$  ergibt sich somit wie folgt:

$$X^i := X(\theta_i) = \theta_i \cdot R + (1 - \theta_i) \cdot r \quad .$$

Der Value-at-Risk  $VaR_\alpha^i$  des von Bank  $i$  durch die Wahl von  $\theta_i$  eindeutig bestimmten Portfolios  $X^i$  zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  ergibt sich aufgrund der Translationsinvarianz und der positiven Homogenität durch folgende Formel:

$$VaR_\alpha^i := VaR_\alpha(X^i) = \theta_i \cdot VaR_\alpha(R) - (1 - \theta_i) \cdot r \quad . \quad (3.29)$$

Wie bei Betrachtung von Formel 3.29 bereits ersichtlich ist, kommt es bei der Bildung eines Portfolios aus einer sicheren und einer riskanten Anlage zu keinem Diversifikationseffekt. Infolgedessen wird den beiden Finanzinstituten auch auf systemischer Ebene die Möglichkeit der gemeinsamen Erzeugung eines Diversifikationseffektes genommen. Folglich ergibt sich

---

Verwendung dieser Definition verbleibt also auch eine Unsicherheit bzgl. der exakten Realisation von  $X^1$ ). Eine analytische Bestimmung der Größen  $CoVaR_\alpha^{System|i}$  und  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|i}$  ist unter dieser formalen Definition des financial distress einer Bank  $i$  allerdings nicht mehr möglich. Zudem bleiben die restlichen Kritikpunkte auch unter dieser Definition der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  allesamt bestehen.

<sup>199</sup>Bei der Portfoliowahl sollte an erster Stelle eigentlich die Identifizierung der für eine Investition zur Verfügung stehenden Anlagen sowie die Bestimmung deren jeweiliger Verteilung samt Verteilungsparameter erfolgen. Wie in der Portfoliotheorie üblich wird dieser Schritt im Folgenden allerdings übersprungen, sodass die Anzahl und Verteilung der zur Verfügung stehenden Anlagen als gegeben angesehen wird bzw. davon ausgegangen wird, dass sämtliche Investoren homogene Erwartungen bzgl. der Verteilungsparameter besitzen. Vgl. MARKOWITZ (1952), S. 77; BAMBERG/SPREMAN (1981), S. 217.

der Value-at-Risk  $VaR_\alpha^{System}$  des Rückflusses des Bankensystems (der systemische Value-at-Risk bzw. das systemische Risiko) aus der Summe der individuellen Values-at-Risk (der individuellen Risiken) der Banken:

$$\begin{aligned}
VaR_\alpha^{System} &:= VaR_\alpha(X^1 + X^2) \\
&= VaR_\alpha((\theta_1 + \theta_2) \cdot R + (2 - \theta_1 - \theta_2) \cdot r) \\
&= (\theta_1 + \theta_2) \cdot VaR_\alpha(R) - (2 - \theta_1 - \theta_2) \cdot r \\
&= \theta_1 \cdot VaR_\alpha(R) - (1 - \theta_1) \cdot r + \theta_2 \cdot VaR_\alpha(R) - (1 - \theta_2) \cdot r \\
&= VaR_\alpha^1 + VaR_\alpha^2 .
\end{aligned} \tag{3.30}$$

**Lemma 3.16.** *Für die Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage gilt stets*

$$\Delta CoVaR_\alpha^{System|1} = \Delta CoVaR_\alpha^{System|2} = 0 \quad \forall (\theta_1, \theta_2) . \tag{3.31}$$

*Beweis.* Die Korrelation  $\rho(X^1, X^2)$  zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken ist gegeben durch

$$\rho(X^1, X^2) = \begin{cases} 0 & \text{für } \theta_1 \cdot \theta_2 = 0 \\ 1 & \text{für } \theta_1 \cdot \theta_2 > 0 \end{cases} . \tag{3.32}$$

Für  $\rho = 1$  gilt  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1} = \Delta CoVaR_\alpha^{System|2} = 0$  gemäß Lemma 3.13. Gemäß Lemma 3.12 gilt für  $\rho = 0$  stets  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1} = \Delta CoVaR_\alpha^{System|2} = VaR_\alpha^1 + VaR_\alpha^2 - VaR_\alpha^{System}$  und somit aufgrund des fehlenden Diversifikationseffektes auch hier  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1} = \Delta CoVaR_\alpha^{System|2} = 0$ .  $\square$

Lemma 3.16 liefert zwei Implikationen. Zum Einen erzeugt eine auf dem  $\Delta CoVaR$  basierende makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung für die Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage keinerlei Anzeizeffekte, da sämtliche Portfoliokombinationen  $(\theta_1, \theta_2)$  den gleichen systemischen Risikobeitrag induzieren und der Regulierer somit eine Indifferenz zwischen sämtlichen Portfoliokombinationen postuliert. Zum anderen erhebt der Regulierer niemals eine Eigenkapitalanforderung, ungeachtet dem individuellen Risiko beider Banken, bspw. gemessen durch deren individuellen Value-at-Risk, sowie ungeachtet der Höhe des systemischen Risikos, bspw. gemessen durch den systemischen Value-at-Risk. Beide Eigenschaften stellen die Eignung einer  $\Delta CoVaR$ -basierten Bankenregulierung erheblich in Frage.

### 3.6.5.2 Portfoliowahl bei zwei riskanten Anlagen

Für die Bildung ihres jeweiligen Portfolios stehen beiden Banken nun zwei riskante Anlagen zur Verfügung, deren Rückflüsse  $(A_1, A_2)$  bivariat normalverteilt sind:

$$\begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \text{mit } \boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_{A_1} \\ \mu_{A_2} \end{pmatrix} \quad \text{und } \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_{A_1}^2 & \sigma_{A_1, A_2} \\ \sigma_{A_1, A_2} & \sigma_{A_2}^2 \end{pmatrix}.^{200}$$

Der Rückfluss  $A_i$  pro in Anlage  $i$  investierter Geldeinheit ist somit normalverteilt mit den Parametern  $\mu_{A_i}$  und  $\sigma_{A_i}^2$ . Erneut investieren beide Banken insgesamt jeweils eine Geldeinheit, wobei  $\theta_i$  hier den von Bank  $i$  investierten Anteil in die riskante Anlage 1 angibt. Das Portfolio  $X^i$  von Bank  $i$  ergibt sich somit wie folgt:

$$X^i := X(\theta_i) = \theta_i \cdot A_1 + (1 - \theta_i) \cdot A_2 \quad . \quad (3.33)$$

Da es sich beim Portfoliorückfluss  $X^i$  von Bank  $i$  um die Summe zweier bivariat normalverteilter Zufallsvariablen handelt, ist dieser ebenfalls normalverteilt mit den Parametern  $\mu_{PF_i}$  und  $\sigma_{PF_i}^2$ :

$$X^i \sim N(\mu_{PF_i}, \sigma_{PF_i}^2)$$

$$\begin{aligned} \text{mit } \mu_{PF_i}(\theta_i) &:= \mu(X^i) = \theta_i \cdot \mu_{A_1} + (1 - \theta_i) \cdot \mu_{A_2} \\ &= \theta_i \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2}) + \mu_{A_2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{und } \sigma_{PF_i}^2(\theta_i) &:= \sigma^2(X^i) = \theta_i^2 \cdot \sigma_{A_1}^2 + (1 - \theta_i)^2 \cdot \sigma_{A_2}^2 + 2 \cdot \theta_i \cdot (1 - \theta_i) \cdot \sigma_{A_1, A_2} \\ &= \theta_i^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_i \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c} \quad , \end{aligned}$$

$$\text{wobei } \mathbf{a} = \sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2 - 2 \cdot \sigma_{A_1, A_2} \quad ,$$

$$\mathbf{b} = \sigma_{A_1, A_2} - \sigma_{A_2}^2$$

$$\text{und } \mathbf{c} = \sigma_{A_2}^2 \quad .^{201}$$

<sup>200</sup>Die Größe  $\sigma_{A_1, A_2}$  bezeichnet die Kovarianz zwischen Anlage 1 und Anlage 2, welche sich als Produkt der Standardabweichungen und der Korrelation  $\rho$  zwischen den Rückflüssen beider Anlagen darstellen lässt:

$$\sigma_{A_1, A_2} = \rho \cdot \sigma_{A_1} \cdot \sigma_{A_2}.$$

<sup>201</sup>Auf die hier erstmalig definierten Größen  $\mathbf{a}$ ,  $\mathbf{b}$  sowie  $\mathbf{c}$  wird im weiteren Verlauf der Arbeit immer wieder Bezug genommen werden.

Entsprechend ergibt sich der Value-at-Risk  $VaR_\alpha^i$  des Portfolios  $X^i$  von Bank  $i$  zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  wie folgt:

$$VaR_\alpha^i := VaR_\alpha(X^i) = -\mu_{PF_i}(\theta_i) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_{PF_i}(\theta_i) \quad . \quad (3.34)$$

Da der Rückfluss  $X^{System}$  des gesamten Bankensystems der Summe der Portfoliorückflüsse  $X^i$  der beiden Banken entspricht, ergibt auch dieser sich letztendlich aus der Summe der beiden bivariat normalverteilten Zufallsvariablen  $A_1$  und  $A_2$ :

$$\begin{aligned} X^{System} &:= X^1 + X^2 \\ &= (\theta_1 + \theta_2) \cdot A_1 + (2 - \theta_1 - \theta_2) \cdot A_2 \\ &= \theta_S \cdot A_1 + (2 - \theta_S) \cdot A_2 \quad \text{mit } \theta_S = \theta_1 + \theta_2 \quad . \end{aligned}$$

Demzufolge ist auch der Rückfluss  $X^{System}$  des gesamten Bankensystems normalverteilt mit den Parametern  $\mu_{System}$  und  $\sigma_{System}^2$ :

$$\begin{aligned} X^{System} &\sim N\left(\mu_{System}, \sigma_{System}^2\right) \\ \text{mit } \mu_{System}(\theta_1, \theta_2) &:= \mu(X^{System}) \\ &= \theta_S \cdot \mu_{A_1} + (2 - \theta_S) \cdot \mu_{A_2} \\ &= \theta_S \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2}) + 2 \cdot \mu_{A_2} \\ \text{und } \sigma_{System}^2(\theta_1, \theta_2) &:= \sigma^2(X^{System}) \\ &= \theta_S^2 \cdot \sigma_{A_1}^2 + (2 - \theta_S)^2 \cdot \sigma_{A_2}^2 + 2 \cdot \theta_S \cdot (2 - \theta_S) \cdot \sigma_{A_1, A_2} \\ &= \theta_S^2 \cdot \mathbf{a} + 4 \cdot \theta_S \cdot \mathbf{b} + 4 \cdot \mathbf{c} \quad . \end{aligned}$$

Entsprechend ergibt sich der Value-at-Risk  $VaR_\alpha^{System}$  des Rückflusses des Bankensystems zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  (das systemische Risiko) wie folgt:

$$VaR_\alpha^{System} := VaR_\alpha(X^{System}) = -\mu_{System}(\theta_1, \theta_2) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2) \quad . \quad (3.35)$$

Gemäß Lemma 3.5 ist der  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|1}$  von Bank 1 gegeben durch

$$\begin{aligned}
\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1}(\theta_1, \theta_2) &= -\Delta\mu_{System|1}(\theta_1, \theta_2) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \Delta\sigma_{System|1}(\theta_1, \theta_2) \\
\text{mit } \Delta\mu_{System|1}(\theta_1, \theta_2) &= \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left( \sigma_{PF_1}(\theta_1) + \rho_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2) \cdot \sigma_{PF_2}(\theta_2) \right) \\
\text{und } \Delta\sigma_{System|1}(\theta_1, \theta_2) &= \sigma_{PF_2}(\theta_2) \cdot \sqrt{1 - \rho_{PF_1, PF_2}^2(\theta_1, \theta_2)} - \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2) \quad , \\
\text{wobei } \rho_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2) &= \frac{\sigma_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2)}{\sigma_{PF_1}(\theta_1) \cdot \sigma_{PF_2}(\theta_2)} \\
\text{mit } \sigma_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2) &= \theta_1 \cdot (\theta_2 \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b}) + \theta_2 \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c} \quad .
\end{aligned} \tag{3.36}$$

Damit nun der Einfluss einer auf dem  $\Delta CoVaR$  basierenden makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung auf die Portfoliowahl beider Banken untersucht werden kann, bedarf es der Kenntnis der Entscheidungskalküle der Banken. Hierfür wird zunächst vereinfachend angenommen, dass Bank  $i$  ihr vorzuhaltendes (regulatorisches) Eigenkapital  $RC^i$ , welches unter der makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung dem Beitrag  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  von Bank  $i$  zum systemischen Risiko entspricht, minimiert.<sup>202</sup> In der Praxis wird solch ein Entscheidungskalkül freilich kaum aufzufinden sein. Nichtsdestotrotz sollte eine makroprudentielle Eigenkapitalanforderung aus Plausibilitätsgründen auch in einem solch sehr einfach gehaltenen Modellrahmen ihr Ziel in Form der Auflösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen effektiv verfolgen. Aus der Annahme eines solchen Entscheidungskalküls können somit zumindest Konsistenzaussagen gewonnen werden.

Das Entscheidungskalkül von Bank 1, welche ausschließlich über ihre eigene Portfoliozusammensetzung  $\theta_1$  bestimmen bzw. optimieren kann, stellt sich also formal wie folgt dar:

$$\begin{aligned}
\min_{\theta_1} \quad RC^1(\theta_1, \theta_2) &= \Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1}(\theta_1, \theta_2) \\
\text{NB: } \quad \overline{\theta_1} &= 1 \quad .
\end{aligned} \tag{3.37}$$

Im hier betrachteten Modellrahmen ist die Nebenbedingung aufgrund der Festlegung der Portfolioanteile durch  $\theta_{11} = \theta_1$  und  $\theta_{12} = 1 - \theta_1$  bereits in der zu minimierenden Zielfunktion  $\Delta CoVaR_{\alpha}^1(\theta_1, \theta_2)$  berücksichtigt.

<sup>202</sup>Unter einer mikroprudentiellen Eigenkapitalanforderung, bei der das regulatorische Kapital dem Value-at-Risk des Portfoliorückflusses einer Bank entspricht, würde dieses Entscheidungskalkül dazu führen, dass beide Banken das identische Minimum-Value-at-Risk Portfolio wählen. Während diese Portfoliowahl aus Sicht der mikroprudentiellen Bankenaufsicht wünschenswert ist (die mikroprudentielle Regulierung unter diesem Entscheidungskalkül also plausible Ergebnisse hervorruft), wird ein makroprudentieller Regulierer die mit dieser Portfoliowahl einhergehende maximale Verflechtung zwischen beiden Banken (die Interbanken-Korrelation in Höhe von  $\rho_{PF_1, PF_2} = 1$ ) kritisieren.

Aufgrund der vorhandenen Abhängigkeiten zwischen den Entscheidungskalkülen der beiden Banken handelt es sich bei deren Portfoliowahl um ein strategisches Spiel. Zur Ermittlung eines Gleichgewichtes wird dabei auf das Konzept der Nash-Gleichgewichte nach NASH (1951) zurückgegriffen.<sup>203</sup> Daher besitzt sowohl Bank 1 als auch Bank 2 eine Reaktionsfunktion, welche jeweils bei gegebener Portfoliowahl der anderen Bank das für die Bank optimale (den Risikobeitrag  $\Delta CoVaR$  dieser Bank minimierende) Portfolio bestimmt:

$$\begin{aligned}\theta_1^*(\theta_2) &= \arg \min_{\theta_1} \Delta CoVaR_{\alpha}^{System|1}(\theta_1, \theta_2) \quad , \\ \theta_2^*(\theta_1) &= \arg \min_{\theta_2} \Delta CoVaR_{\alpha}^{System|2}(\theta_1, \theta_2) \quad .\end{aligned}$$

**Definition 3.17.** *Das Nash-Gleichgewicht ist dadurch gekennzeichnet, dass die Portfoliowahl beider Banken die optimale Antwort (Reaktion) auf das gewählte Portfolio der anderen Bank darstellt:*

$$(\theta_1^*, \theta_2^*) \text{ ist Nash-Gleichgewicht} \Leftrightarrow \theta_1^*(\theta_2^*) = \theta_1^* \quad \text{und} \quad \theta_2^*(\theta_1^*) = \theta_2^* \quad .^{204}$$

**Lemma 3.18.** *Falls beide Finanzinstitute ihren Beitrag  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{System|i}$  zum systemischen Risiko minimieren, so existiert bei der Portfoliowahl mit zwei riskanten, positiv korrelierten Anlagen lediglich eine Art von Nash-Gleichgewichten:  $(\theta_1^*, \theta_2^*) = \{(\theta^1, \theta^2) : \theta^1 = \theta^2\}$ .*

*Beweis.* Da die beiden riskanten Anlagen annahmegemäß eine positive Korrelation aufweisen ( $\rho_{A_1, A_2} \geq 0$ ), ist auch die Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  positiv. Der Fall  $\rho_{PF_1, PF_2} \in [0, 1)$  impliziert dabei stets  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{S|1} > 0$  sowie  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{S|2} > 0$ . Dies folgt unmittelbar aus der durch Lemma 3.5 gegebenen Darstellung des  $\Delta CoVaR$  sowie aus der Tatsache, dass für  $\rho(X^1, X^2) \in [0, 1)$  stets  $\rho + \sqrt{1 - \rho^2} > 1$  gilt. Für eine Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2} = 1$  folgt gemäß Lemma 3.13 hingegen stets  $\Delta CoVaR_{\alpha}^{S|1} = \Delta CoVaR_{\alpha}^{S|2} = 0$ . Um  $\rho_{PF_1, PF_2} = 1$  zu erreichen, ist es notwendig und hinreichend, dass beide Banken identische Portfolios wählen, sodass  $(\theta_1^*, \theta_2^*) = \{(\theta^1, \theta^2) : \theta^1 = \theta^2\}$  gilt.  $\square$

Eine  $\Delta CoVaR$ -basierte Bankenregulierung schafft somit Anreize für eine starke Verflechtung des Bankensystems, anstatt eben jene Verflechtungen zu lösen. Dies ist eine unmittelbare

<sup>203</sup>Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgt ausschließlich eine Analyse der Gleichgewichtszustände, wohingegen die Dynamik hin zu diesen Gleichgewichten keine Berücksichtigung erfährt.

<sup>204</sup>Vgl. NASH (1951), S. 287. Ausführungen über die Effizienz, Existenz und Eindeutigkeit von Nash-Gleichgewichten finden sich in Kapitel 8.1 im Anhang.

Folgerung aus Lemma 3.13. Dass eine perfekt positive Interbanken-Korrelation ungeachtet der Tatsache, dass sie das systemische Risiko maximiert, die Beiträge beider Banken zum systemischen Risiko minimiert, ist auch der Tatsache geschuldet, dass der  $\Delta CoVaR$  keine Risikoallokationsfunktion darstellt. Falls der Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko unter der Anwendung des Risikomaßes  $\Delta CoVaR$  ermittelt wird, entspricht dies also nicht einem im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung typischerweise angestrebten top-down-Ansatz (Risikobudgetierungsansatz), bei dem zunächst das systemische Risiko, bspw. der Value-at-Risk des Rückflusses des Bankensystems, bestimmt und dieser Risikobeitrag anschließend unter Verwendung einer Risikoallokationsfunktion auf die einzelnen Banken aufgeteilt bzw. alloziert wird.<sup>205</sup> Somit ergibt weder die Aufsummierung der einzelnen  $CoVaR_\alpha^{System|i}$  noch die Aufsummierung der einzelnen  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|i}$  eine ökonomisch sinnvolle und interpretierbare Größe.<sup>206</sup> Da sämtliche in Kapitel 3.6.1 vorgestellten Modifikationen der Größen  $CoVaR_\alpha^{System|i}$  und  $\Delta CoVaR_\alpha^{System|i}$  dieses Defizit aufweisen, ist die fehlende Eignung der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  nicht auf die in Kapitel 3.6 verwendete Originaldefinition beider Größen beschränkt.

### 3.7 Makroprudentielle Eigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes

Zum Zweck der Bestimmung des vorzuhaltenden Eigenkapitals einer Bank unter einem top-down-Ansatz (Risikobudgetierungsansatz) bedarf es einer (Risiko-)Allokationsfunktion  $\Pi$ .

**Definition 3.19.** *Eine Risiko-Allokationsfunktion  $\Pi$  ermittelt zunächst basierend auf einem vorgegebenen Risikomaß  $\varphi$  das durch eine Menge  $N$  an Banken ( $|N| = n$ ) gemeinsam erzeugte systemische Risiko  $\varphi(N)$  und teilt es anschließend derart auf die einzelnen Banken auf, dass eine Bank  $i$  einen Beitrag zum systemischen Risiko  $K_i$  zugeteilt (alloziert) bekommt und eben jene Risikobeiträge  $K_i$  in Summe exakt dem systemischen Risiko  $\varphi(N)$*

<sup>205</sup>Vgl. AVRAMIDIS/PASIOURAS (2015), S. 139. Durch Anwendung einer solchen Risikoallokationsfunktion wäre die bei der Anwendung des  $\Delta CoVaR$  auftretende Problematik, dass die Beiträge beider Banken zum systemischen Risiko bei einem maximalen Value-at-Risk des Bankensystems ( $\rho = 1$ ) auf Null fallen, per Konstruktion ausgeschlossen.

<sup>206</sup>Vgl. HUANG ET AL. (2012a), S. 196; TARASHEV ET AL. (2010), S. 4.

entsprechen:

$$\Pi : (N, \varphi) \rightarrow \begin{bmatrix} \Pi_1(N, \varphi) \\ \Pi_2(N, \varphi) \\ \vdots \\ \Pi_n(N, \varphi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_n \end{bmatrix} \quad \text{mit } \sum_{i=1}^n K_i = \varphi(N) \quad .^{207}$$

Als Allokationsfunktion, welche das systemische Risiko auf die einzelnen Banken aufteilt (alloziert), wird seitens der Literatur bisher ausschließlich dem von SHAPLEY (1953) definierten Shapley-Wert Beachtung geschenkt. Die Beliebtheit des ursprünglich aus der Spieltheorie stammenden Shapley-Wertes fußt dabei vordergründig auf dessen axiomatische Fundierung.<sup>208</sup>

### 3.7.1 Axiomatische Fundierung des Shapley-Wertes

Der Shapley-Wert als Allokationsfunktion kann aus verschiedenen Axiomen-Systemen hergeleitet werden.<sup>209</sup> Im Folgenden wird die von SHAPLEY (1953) verwendete Axiomatik im hier betrachteten Kontext, sprich der Ermittlung des Beitrages einer Bank zum systemischen Risiko, vorgestellt und kritisch gewürdigt. Anschließend werden weitere Eigenschaften der aus der Axiomatik eindeutig resultierenden (Risiko-)Allokationsfunktion dargelegt.

Axiom 1 wird als Nullspieler-Axiom (Dummy-Axiom) bezeichnet. Es besagt, dass eine Bank  $i$ , welche unter dem Risikomaß  $\varphi$  kein Risiko erzeugt, einen Beitrag  $SW^i$  zum systemischen Risiko in Höhe von Null zugeteilt bekommt. Eine Bank  $i$  verursacht genau dann kein Risiko, wenn durch ihr Eintreten in jedes denkbare Teilbankensystem  $S \subseteq N \setminus \{i\}$  kein zusätzliches Risiko erzeugt wird:

<sup>207</sup>Vgl. DENAULT (2001), S. 5-6; YOUNG (1985), S. 66; MOULIN (1995), S. 308.

<sup>208</sup>Angewandt wird der Shapley-Wert bereits bei zahlreichen ökonomischen Fragestellungen, bspw. bei der Bestimmung der Beiträge einzelner Wirtschaftssubjekte zur Umweltverschmutzung (ALBRECHT ET AL. (2002), ANG ET AL. (2003), NI/WANG (2007), DONG ET AL. (2012)), der Aufteilung von Synergien in Wertschöpfungsketten (BARTHOLDI III/KEMAHLIOĞLU-ZIYA (2005), CRUIJSSEN ET AL. (2010), FRISK ET AL. (2010)), der Bestimmung der Verhandlungsmacht politischer Parteien in Koalitionen (ENGELBRECHT/VOS (2009)), der Aufteilung von durch Kooperation mehrerer Akteure entstehenden Erträgen (GATELY (1974), MA ET AL. (2010)), der Bestimmung erwarteter Verkaufserlöse in einer Auktion (GRAHAM ET AL. (1990)), der Aufteilung der Kosten gemeinschaftlich genutzter Güter (GRAHN-VOORNEVELD (2012), KUIPERS ET AL. (2013), LITTLECHILD/THOMPSON (1977), MISHRA/RANGARAJAN (2007)), der Ermittlung der optimalen Größe eines Kartells (ROTHSCHILD (2001)), der Bestimmung unternehmensinterner Verrechnungspreise (SHUBIK (1962)) sowie bei der Bestimmung des Beitrages einer Bank zum systemischen Risiko (DREHMANN/TARASHEV (2013), BLUHM/KRAHNEN (2014)).

<sup>209</sup>Verschiedene Axiomen-Systeme finden sich u.a. in SHAPLEY (1953), CHUN (1989), KLEINBERG/WEISS (1985), VAN DEN BRINK/VAN DER LAAN (1998), VAN DEN BRINK (2002), MYERSON (1980), MOULIN (1995), KAR (2002), DUBEY (1982), MACHO-STADLER ET AL. (2007) und BILBAO (1998). Für einen Überblick siehe WIESE (2005), S. 213-214.

$$A1) \quad \varphi(S \cup \{i\}) - \varphi(S) = 0 \quad \forall S \subseteq N \setminus \{i\} \Rightarrow SW^i(\varphi) = 0 \quad .^{210}$$

Axiom 2 ist das Symmetrie-Axiom, welches besagt, dass der Beitrag  $SW^i$  einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko allein von den getroffenen Entscheidungen und den daraus resultierenden Charakteristiken dieser Bank, nicht aber von deren Bezeichnung abhängig ist. Folglich lassen sich die Reihenfolge und die Bezeichnung der Banken unter Anwendung einer Permutationsfunktion  $\pi$  beliebig variieren, ohne dass sich dabei der Beitrag  $SW^i$  einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko (oder das systemische Risiko  $\varphi(N)$ ) ändert:

$$A2) \quad SW^{\pi_i}(\pi_\varphi) = SW^i(\varphi) \quad .^{211}$$

Axiom 3 ist das Effizienz-Axiom (Pareto-Axiom), welches sicherstellt, dass es sich beim Shapley-Wert um eine Allokationsfunktion handelt und dass bei der Bestimmung des Beitrages einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko unter Verwendung des Shapley-Wertes tatsächlich ein top-down-Ansatz verfolgt wird. Gemäß diesem Axiom addieren sich die Beiträge  $SW^i$  der einzelnen Banken zum systemischen Risiko exakt zu eben jenem systemischen Risiko  $\varphi(N)$  auf bzw. wird das systemische Risiko  $\varphi(N)$  durch die Allokationsfunktion  $SW^i$  komplett auf die einzelnen Banken alloziert:

$$A3) \quad \sum_{i \in N} SW^i(\varphi) = \varphi(N) \quad .$$

Axiom 4 ist das Additivitäts-Axiom (Linearitäts-Axiom). Es besagt, dass der Beitrag  $SW^i(\varphi_1 + \varphi_2)$  einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko unter der Summe zweier Risikomaße  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  der Summe der Beiträge  $SW^i(\varphi_1)$  und  $SW^i(\varphi_2)$  von Bank  $i$  zum systemischen Risiko unter den einzelnen Risikomaßen entspricht:

$$A4) \quad SW^i(\varphi_1 + \varphi_2) = SW^i(\varphi_1) + SW^i(\varphi_2) \quad .$$

**Lemma 3.20.** *Das Axiomensystem A1), A2), A3), A4) definiert eindeutig die Allokationsfunktion Shapley-Wert,  $SW^i$ , unter deren Anwendung das systemische Risiko  $\varphi(N)$  zur Bestimmung des Beitrages einer Bank  $i$  zu eben jenem systemischen Risiko gemäß folgender*

<sup>210</sup>Dieses Axiom ist in SHAPLEY (1953), welcher lediglich drei Axiome aufführt, indirekt (u.a. durch die an das Risikomaß  $\varphi$  gestellte Anforderung  $\varphi(\emptyset)=0$ ) berücksichtigt.

<sup>211</sup>Eine willkürliche Zuteilung des gesamten systemischen Risikos, bspw. auf die erste im Bankensystem befindliche Bank (Bank 1), würde die Axiomatik folglich verletzen.

Formel auf die einzelnen Banken alloziert wird:

$$SW^i = \frac{1}{n!} \cdot \sum_{p \in \text{Tupel}} \left[ \varphi(S_i(p)) - \varphi(S_i(p) \setminus \{i\}) \right] \quad .^{212} \quad (3.38)$$

*Beweis.* Siehe SHAPLEY (1988), S. 35-36. □

Der Shapley-Wert  $SW^i$  von Bank  $i$  entspricht somit deren durchschnittlichen Risikobeitrag zu den einzelnen Tupeln  $p$  der Menge  $N$  an Banken. Für dessen Berechnung wird für jedes mögliche Tupel  $p$  zunächst bestimmt, an welcher Stelle Bank  $i$  steht (an welcher Stelle Bank  $i$  in das Bankensystem „eintritt“). Anschließend wird der Beitrag von Bank  $i$  zu diesem Teilbankensystem als die Differenz zwischen dem Risiko  $\varphi(S_i(p))$  des Teilbankensystems nach und dem Risiko  $\varphi(S_i(p) \setminus \{i\})$  des Teilbankensystems vor dem Eintritt von Bank  $i$  berechnet. Für die Berechnung des Shapley-Wertes werden die jeweiligen Risikobeiträge von Bank  $i$  in den  $n!$  möglichen Tupeln gleich gewichtet und anschließend aufsummiert.<sup>213</sup>

Für den Risikobeitrag einer Bank  $i$  zu einem Teilbankensystem  $S \subseteq N$  ist dabei aufgrund des Symmetrie-Axioms lediglich von Relevanz, welche Banken sich nach dem Eintritt von Bank  $i$  ebenfalls im betrachteten Teilbankensystem befinden, wohingegen deren Reihenfolge ebenso wie die Reihenfolge derjenigen Banken, welche nach Bank  $i$  dem Bankensystem beitreten, keinen Einfluss auf die Höhe des Shapley-Wertes aufweist. Entsprechend ist der Beitrag einer Bank  $i$  für verschiedene Tupel  $p$  identisch, sodass obige Formel wie folgt umgeschrieben werden kann:

$$SW^i = \sum_{\substack{S \subseteq N \\ i \in S}} \frac{(s-1)! \cdot (n-s)!}{n!} \cdot \left[ \varphi(S) - \varphi(S \setminus \{i\}) \right] \quad , \text{ mit } s = |S| \quad .^{214} \quad (3.39)$$

### 3.7.2 Ableitbare Eigenschaften des Shapley-Wertes

Aus der formalen Definition des Shapley-Wertes lassen sich mehrere Eigenschaften, die im Folgenden ebenfalls im Kontext der Messung des Beitrages einer Bank zum systemischen Risiko vorgestellt werden, ableiten, welche alternativ auch anstelle eines der obigen

<sup>212</sup>Vgl. SHAPLEY (1988), S. 35.

<sup>213</sup>Vgl. WIESE (2005), S. 64. Die Gleichgewichtung der einzelnen Risikobeiträge ist dabei keineswegs willkürlich, sondern resultiert aus der Axiomatik.

<sup>214</sup>Bank  $i$  tritt also als Bank Nummer  $s$  in das Teilbankensystem ein. Entsprechend gibt  $(s-1)!$  die Anzahl an Möglichkeiten an, die  $s-1$  bereits vor Bank  $i$  im Teilbankensystem befindlichen Banken zu ordnen, wohingegen  $(n-s)!$  die Anzahl an Möglichkeiten angibt, diejenigen  $n-s$  Banken zu ordnen, welche dem Bankensystem erst nach Eintritt von Bank  $i$  beitreten.

Axiome in das Axiomen-System aufgenommen werden können. So kann bspw. die Trivialitäts-Eigenschaft als Alternative zum Nullspieler-Axiom verwendet werden. Die Trivialitäts-Eigenschaft besagt, dass der Beitrag  $SW^i$  einer jeden Bank  $i$  zum systemischen Risiko Null beträgt, falls jedes Teilbankensystem  $S \subseteq N$  unter dem Risikomaß  $\varphi$  ein Risiko in Höhe von Null besitzt:

$$\varphi(S) = 0 \quad \forall S \subseteq N \Rightarrow SW^i(\varphi) = 0 \quad \forall i \quad .^{215}$$

Eine weitere Alternative zum Nullspieler-Axiom ist die Eigenschaft, dass die Unergiebigkeit einer Bank nicht belohnt wird. Somit wird einer unergiebigsten (oder auch unwesentlichen) Bank  $i$ , also einer Bank, welche zu jedem einzelnen Teilbankensystem einen Risikobeitrag in Höhe ihres individuellen Risikos aufweist, unter Verwendung des Shapley-Wertes als Allokationsfunktion ein Beitrag zum systemischen Risiko in Höhe ihres individuellen Risikos alloziert:

$$\varphi(S) - \varphi(S \setminus \{i\}) = \varphi(\{i\}) \quad \forall S \subseteq N \Rightarrow SW^i(\varphi) = \varphi(\{i\}) \quad .^{216}$$

Als Alternative zum Symmetrie-Axiom kann die Fairness-Eigenschaft des Shapley-Wertes in das Axiomen-System aufgenommen werden. Die Fairness-Eigenschaft besagt, dass der Anstieg des Beitrages  $SW^j$  von Bank  $j$  zum systemischen Risiko, welcher durch die zusätzliche Aufnahme von Bank  $i$  in das Bankensystem entsteht, exakt dem Anstieg des Beitrages  $SW^i$  von Bank  $i$  zum systemischen Risiko entspricht, welcher durch die zusätzliche Aufnahme von Bank  $j$  in das Bankensystem entsteht. Somit ist garantiert, dass der durch Bank  $i$  und Bank  $j$  gemeinsam verursachte Anstieg des systemischen Risikos stets gleichmäßig zwischen Bank  $i$  und Bank  $j$  aufgeteilt wird:

$$SW^i(\varphi) - SW^i(\varphi|_{N \setminus \{j\}}) = SW^j(\varphi) - SW^j(\varphi|_{N \setminus \{i\}}) \quad .^{217}$$

Aus der Formel für den Shapley-Wert lassen sich zudem drei Monotonie-Eigenschaften bzgl. des verwendeten Risikomaßes  $\varphi$  ableiten. Aufgrund der Eigenschaft der aggregierten Monotonie ist der Beitrag  $SW^i$  einer jeden Bank  $i$  zum systemischen Risiko unter dem Risikomaß  $\varphi_1$  nicht kleiner als unter dem Risikomaß  $\varphi_2$ , vorausgesetzt das systemische Risiko ist unter dem Risikomaß  $\varphi_1$  nicht kleiner als unter dem Risikomaß  $\varphi_2$  und die Risiken der restlichen Teilbankensysteme sind unter beiden Risikomaßen stets identisch:

<sup>215</sup>Vgl. CHUN (1989), S. 122.

<sup>216</sup>Vgl. WIESE (2005), S. 227.

<sup>217</sup>Vgl. VAN DEN BRINK (2002), S. 311.

$$\begin{aligned} \varphi_1(N) &\geq \varphi_2(N) \\ \varphi_1(S) &= \varphi_2(S) \quad \forall S \subset N \end{aligned} \Rightarrow SW^i(\varphi_1) \geq SW^i(\varphi_2) \quad \forall i \quad .^{218}$$

Die Eigenschaft der koalitionären Monotonie besagt, dass eine Bank  $i$  unter dem Risikomaß  $\varphi_1$  keinen geringeren Beitrag  $SW^i$  zum systemischen Risiko alloziert bekommt als unter dem Risikomaß  $\varphi_2$ , falls jedes Teilbankensystem, dem Bank  $i$  angehört, unter dem Risikomaß  $\varphi_1$  ein Risiko aufweist, welches mindestens dem Risiko unter Verwendung des Risikomaßes  $\varphi_2$  entspricht und die Risiken der restlichen Teilbankensysteme (diejenigen, in denen Bank  $i$  nicht enthalten ist) unter beiden Risikomaßen identisch sind:

$$\begin{aligned} \varphi_1(S) &\geq \varphi_2(S) \quad \forall S: i \in S \\ \varphi_1(S) &= \varphi_2(S) \quad \forall S: i \notin S \end{aligned} \Rightarrow SW^i(\varphi_1) \geq SW^i(\varphi_2) \quad .^{219}$$

Der Shapley-Wert besitzt zudem die Eigenschaft der strengen Monotonie, gemäß derer jede Bank  $i$  unter dem Risikomaß  $\varphi_1$  keinen geringeren Beitrag  $SW^i$  zum systemischen Risiko besitzt als unter dem Risikomaß  $\varphi_2$ , falls das Risiko eines jeden Teilbankensystems unter dem Risikomaß  $\varphi_1$  nicht geringer ist als unter dem Risikomaß  $\varphi_2$ :

$$\varphi_1(S) \geq \varphi_2(S) \quad \forall S \subseteq N \Rightarrow SW^i(\varphi_1) \geq SW^i(\varphi_2) \quad \forall i \quad .^{220}$$

Falls die Risikomaße  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  strategisch äquivalent sind (sich das Risikomaß  $\varphi_2$  für eine reelle Konstante  $a$  und eine additive Mengenfunktion  $b$  als eine linearen Transformation  $\varphi_2 = a \cdot \varphi_1 + b$  des Risikomaßes  $\varphi_1$  darstellen lässt), so lässt sich der Beitrag einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko unter Verwendung des Risikomaßes  $\varphi_2$  durch eben jene lineare Transformation aus dem Beitrag von Bank  $i$  zum systemischen Risiko unter Verwendung des Risikomaßes  $\varphi_1$  berechnen:

$$\varphi_2 = a \cdot \varphi_1 + b \Rightarrow SW^i(\varphi_2) = a \cdot SW^i(\varphi_1) + b \quad \forall i \quad .^{221}$$

Eine weitere Eigenschaft des Shapley-Wertes ist dessen kooperative Subadditivität. Gemäß der kooperativen Subadditivität alloziert der Shapley-Wert jeder Bank  $i$  einen Beitrag  $SW^i$

<sup>218</sup>Vgl. YOUNG (1985), S. 66.

<sup>219</sup>Vgl. CHUN (1989), S. 123; YOUNG (1985), S. 68.

<sup>220</sup>Vgl. YOUNG (1985), S. 69. Der Shapley-Wert ist die einzige symmetrische Allokationsfunktion, welche die Eigenschaft der strengen Monotonie besitzt. Der Beweis hierfür findet sich ebenfalls in YOUNG (1985).

<sup>221</sup>Vgl. SHAPLEY (1988), S. 36.

zum systemischen Risiko, welcher die Höhe des individuellen Risikos  $\varphi(\{i\})$  dieser Bank nicht übersteigt, vorausgesetzt das verwendete Risikomaß  $\varphi$  besitzt die Eigenschaft der Subadditivität:

$$SW^i(\varphi) \leq \varphi(\{i\}) \quad \forall i, \text{ falls } \varphi \text{ subadditiv} \quad .^{222}$$

### 3.7.3 Analytische Bestimmung des Shapley-Wertes unter dem Risikomaß Value-at-Risk und Normalverteilung

Über die in der relevanten Literatur bisher zu findenden Erkenntnisse hinausgehend wird im Folgenden eine analytische Lösung des Shapley-Wertes  $SW^i$  hergeleitet. Zu diesem Zweck wird analog zur analytischen Ermittlung der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  in Kapitel 3.6.2 ein Bankensystem bestehend aus zwei Finanzinstituten (Bank 1 und Bank 2) betrachtet, wobei die Portfoliorückflüsse  $(X^1, X^2)$  der Banken bivariat normalverteilt sind:

$$\begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \text{mit } \boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \\ \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 & \sigma_2^2 \end{pmatrix} .$$

Entsprechend ist der Portfoliorückfluss  $X^i$  von Bank  $i$  normalverteilt mit den Parametern  $\mu_i$  und  $\sigma_i^2$ . Als Risikomaß  $\varphi$  wird analog zur bisherigen Bankenregulierung gemäß dem Baseler Rahmenwerk der Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  verwendet.<sup>223</sup> Das zu allozierende Gesamtrisiko (das systemische Risiko) entspricht somit dem Value-at-Risk  $Var_{\alpha}^{System}$  des Rückflusses des Bankensystems zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$ :

<sup>222</sup>Vgl. SHAPLEY (1988), S. 36. Ein Risikomaß  $\varphi$  ist genau dann subadditiv, wenn für zwei beliebige Zufallsvariablen  $X^1$  und  $X^2$  das Risiko  $\varphi(X^1 + X^2)$  der Gesamtposition (des Portfolios) die Summe  $\varphi(X^1) + \varphi(X^2)$  der Risiken der Einzelpositionen nicht übersteigt, sodass durch eine Portfoliobildung Risiken nicht erzeugt, sondern abgesehen von Ausnahmefällen, in denen das Portfoliorisiko exakt der Summe der Einzelrisiken entspricht, verringert werden. Vgl. ARTZNER ET AL. (1999), S. 209.

<sup>223</sup>Seine Anwendung findet der Value-at-Risk allen voran bei der Messung von Portfoliorisiken. Vgl. BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2004), S. 50; BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2010), S. 5. Zudem genügt das Risikomaß Value-at-Risk aufgrund der angenommenen bivariaten Normalverteilung der Portfoliorückflüsse  $(X^1, X^2)$  der Axiomatik kohärenter Risikomaße nach ARTZNER ET AL. (1999). Ein Risikomaß  $\varphi$  ist kohärent, falls es die folgende Axiomatik erfüllt:

- A1)  $\varphi(X + a) = \varphi(X) - a \quad \forall a \in \mathbb{R}$  (Translationsinvarianz)
- A2)  $\varphi(X^1 + X^2) \leq \varphi(X^1) + \varphi(X^2)$  (Subadditivität)
- A3)  $\varphi(a \cdot X) = a \cdot \varphi(X) \quad \forall a > 0$  (positive Homogenität)
- A4)  $X^1 \leq X^2 \Rightarrow \varphi(X^1) \geq \varphi(X^2)$  (Monotonie)

Während der Value-at-Risk die Axiome A1), A3) und A4) stets erfüllt, ist er nur für bestimmte Verteilungen (u.a. für elliptische Verteilungen wie die Normalverteilung) subadditiv. Vgl. SZEGÖ (2002), S. 1260; SZEGÖ (2005), S. 10.

$$\begin{aligned}
VaR_{\alpha}^{System} &= - \mu_{System} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_{System} \\
&= - [\mu_1 + \mu_2] - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2} .
\end{aligned} \tag{3.40}$$

Zur Bestimmung des Shapley-Wertes von Bank 1 wird, wie in Kapitel 3.7.1 bereits beschrieben und in Tabelle 3.4 aufgeführt, der Risikobeitrag von Bank 1 in den beiden möglichen Tupeln  $\{\text{Bank 1, Bank 2}\}$  sowie  $\{\text{Bank 2, Bank 1}\}$  ermittelt.<sup>224</sup> Der Risikobeitrag von Bank 1 im Tupel  $\{\text{Bank 1, Bank 2}\}$  entspricht dabei dem Risiko des Teilbankensystems, nachdem Bank 1 diesem Teilbankensystems beigetreten ist (dem Value-at-Risk  $VaR_{\alpha}^1$  von Bank 1) abzüglich dem bereits vor Eintritt von Bank 1 vorhandenen Risiko in dieses Teilbankensystem, welches für das Tupel  $\{\text{Bank 1, Bank 2}\}$  Null ist, da vor Bank 1 keine andere Bank und dementsprechend auch kein Risiko im betrachteten Teilbankensystem vorhanden ist. Nach analogen Überlegungen berechnet sich der Risikobeitrag von Bank 1 im Tupel  $\{\text{Bank 2, Bank 1}\}$  als die Differenz zwischen dem systemischen Risiko  $VaR_{\alpha}^{System}$  und dem individuellen Risiko  $VaR_{\alpha}^2$  von Bank 2.

| Tupel                                          | Wahrscheinlichkeit | $\varphi(S_1)$          | – | $\varphi(S_1 \setminus \{1\})$ |
|------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|---|--------------------------------|
| $\{\underline{\text{Bank 1}}, \text{Bank 2}\}$ | 0,5                | $VaR_{\alpha}^1$        | – | 0                              |
| $\{\text{Bank 2}, \underline{\text{Bank 1}}\}$ | 0,5                | $VaR_{\alpha}^{System}$ | – | $VaR_{\alpha}^2$               |

Tabelle 3.4: Risikobeiträge von Bank 1 zu den einzelnen Tupeln. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Die Risikobeiträge von Bank 1 in den einzelnen Tupeln werden anschließend gleichgewichtet, sodass der Shapley-Wert  $SW^1$  von Bank 1 (der Beitrag von Bank 1 zum systemischen Risiko) wie in Kapitel 3.7.1 bereits erörtert als deren durchschnittlicher Beitrag zum Risiko der einzelnen Teilbankensysteme berechnet wird:

$$SW^1 = \frac{1}{2} \cdot [VaR_{\alpha}^1 - 0] + \frac{1}{2} \cdot [VaR_{\alpha}^{System} - VaR_{\alpha}^2] . \tag{3.41}$$

Eine geeignete Umformung ermöglicht die Herleitung des Zusammenhangs zwischen dem Beitrag  $SW^i$  einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko und deren individuellen Risiko  $VaR_{\alpha}^i$ , welcher sich unter Verwendung des Shapley-Wertes als Allokationsfunktion formal wie folgt darstellen lässt:

<sup>224</sup>O.B.d.A. wird im Folgenden analog zur analytischen Bestimmung der Größen  $CoVaR$  und  $\Delta CoVaR$  in Kapitel 3.6.2 ausschließlich die Größe  $SW^1$  analytisch bestimmt. Die Größe  $SW^2$  ergibt sich auch hier analog.

$$\begin{aligned}
SW^1 &= \frac{1}{2} \cdot [VaR_\alpha^1 - 0] + \frac{1}{2} \cdot [VaR_\alpha^{System} - VaR_\alpha^2] \\
&= VaR_\alpha^1 - \frac{1}{2} \cdot [VaR_\alpha^1 + VaR_\alpha^2 - VaR_\alpha^{System}] \\
&= VaR_\alpha^1 - \frac{1}{2} \cdot \Delta VaR_\alpha^{2,1} .
\end{aligned} \tag{3.42}$$

Der Shapley-Wert  $SW^1$  von Bank 1 (der Beitrag von Bank 1 zum systemischen Risiko) entspricht somit deren Value-at-Risk  $VaR_\alpha^1$  (dem individuellen Risiko von Bank 1) abzüglich dem Bank 1 „zugeschriebenen“ Anteil am Diversifikationseffekt  $\Delta VaR_\alpha^{2,1}$  beider Finanzinstitute auf den systemischen Value-at-Risk. Dabei wird dieser von Bank 1 und Bank 2 gemeinsam erzeugte Diversifikationseffekt entsprechend der in Kapitel 3.7.2 erörterten Fairness-Eigenschaft des Shapley-Wertes gleichmäßig zwischen Bank 1 und Bank 2 aufgeteilt.

Da der Value-at-Risk aufgrund der Annahme bivariat normalverteilter Portfoliorückflüsse der Banken die Eigenschaft der Subadditivität, welche auf der Subadditivität der Standardabweichung fußt, aufweist, ist der von Bank 1 und Bank 2 erzeugte Diversifikationseffekt auf den systemischen Value-at-Risk für Konfidenzniveaus  $1 - \alpha > 0,5$  stets positiv.<sup>225</sup> Darüber hinaus lässt sich dieser Diversifikationseffekt unter den getroffenen Annahmen analytisch bestimmen:

$$\begin{aligned}
\Delta VaR_\alpha^{2,1} &= VaR_\alpha^1 + VaR_\alpha^2 - VaR_\alpha^{System} \\
&= -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot (\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_{System}) \\
&= -\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \Delta \sigma^{2,1} \\
&\geq 0 \quad \text{für } \alpha < 0,5 .
\end{aligned} \tag{3.43}$$

**Lemma 3.21.** *In einem zwei-Banken-Finanzsystem mit bivariat normalverteilten Portfoliorückflüssen lässt sich der Shapley-Wert  $SV^1$  formal wie folgt darstellen:*

$$SW^1 = -\mu_1 - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ \sigma_1 - \frac{1}{2} \cdot \Delta \sigma^{2,1} \right] . \tag{3.44}$$

<sup>225</sup>Für eine Korrelation  $\rho < 1$  zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken ist dieser Diversifikationseffekt gar strikt positiv.

*Beweis.*

$$\begin{aligned}
 SW^1 &= VaR_\alpha^1 - \frac{1}{2} \cdot \Delta VaR_\alpha^{2,1} \\
 &= -\mu_1 - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_1 - \frac{1}{2} \cdot [-\Phi^{-1}(\alpha) \cdot \Delta\sigma^{2,1}] \\
 &= -\mu_1 - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ \sigma_1 - \frac{1}{2} \cdot \Delta\sigma^{2,1} \right] .
 \end{aligned}$$

□

Der Shapley-Wert von Bank 1 entspricht somit dem Value-at-Risk einer mit den Parametern  $\mu_1$  und  $\left(\sigma_1 - \frac{1}{2} \cdot \Delta\sigma^{2,1}\right)^2$  normalverteilten Zufallsvariable. Die für die Berechnung des Beitrages von Bank 1 zum systemischen Risiko relevante Standardabweichung dieser Normalverteilung entspricht dabei der individuellen Standardabweichung  $\sigma_1$  des Portfoliorückflusses von Bank 1 abzüglich derjenigen Standardabweichung, welche auf systemischer Ebene durch Bank 1 vernichtet wird.<sup>226</sup> Da die Größe  $\Delta\sigma^{2,1}$  von den Verteilungsparametern der Portfoliorückflüsse beider Banken sowie von der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken abhängt, wird der Endogenität des systemischen Risikos bei der Ermittlung des Beitrages  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko Rechnung getragen.

Unter Anwendung der Formel  $\Delta\sigma^{2,1} = \sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_{System}$  lässt sich der Shapley-Wert  $SW^1$  zum Zweck der im folgenden Kapitel vorgenommenen komparativ statischen Analysen alternativ auch wie folgt darstellen:

$$SW^1 = -\mu_1 - \frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot [\sigma_1 + \sigma_{System} - \sigma_2] . \quad (3.45)$$

Die Betrachtung dieser Darstellung des Shapley-Wertes  $SW^1$  von Bank 1 zeigt, dass die für den Beitrag von Bank 1 zum systemischen Risiko relevante Standardabweichung auch als arithmetisches Mittel aus der individuellen Standardabweichung  $\sigma_1$  von Bank 1 und der aus dem Eintritt von Bank 1 in das Bankensystem resultierenden Erhöhung  $\sigma_{System} - \sigma_2$  der Standardabweichung des Bankensystems interpretiert werden kann.

<sup>226</sup> An dieser Stelle werden die Parallelen zwischen den Komponenten des Shapley-Wertes und den aus dem Capital-Asset-Pricing-Model (CAPM) resultierenden Beta-Faktoren deutlich. Auch beim CAPM erfolgt eine Unterscheidung zwischen dem individuellen Risiko  $\sigma_i$  (stand alone risk) eines Wertpapiers und dem für den Preis eines Wertpapiers relevanten systematischen Risiko  $\beta_i$  (dem Risikobeitrag zum Marktportfolio) eines Wertpapiers. Diese Parallelen sind nicht nur für die Komponenten des Shapley-Wertes, sondern auch für den Shapley-Wert selbst erkennbar. Während die für die Beta-Faktoren relevanten Kovarianzen zwischen den Renditen einzelner Wertpapiere und der Marktrendite in Summe der Varianz der Rendite des Marktportfolios entsprechen, summieren sich die Shapley-Werte der einzelnen Finanzinstitute (welche allerdings sowohl Ertrags- als auch Risikokomponenten berücksichtigen) zum systemischen Risiko auf.

### 3.7.4 Komparativ statische Analysen

**Lemma 3.22.** *Der Beitrag  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko nimmt mit steigendem erwarteten Rückfluss  $\mu_1$  des eigenen Portfolios ceteris paribus ab, wohingegen der erwartete Portfoliorückfluss  $\mu_2$  von Bank 2 die Höhe des Beitrages  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko nicht beeinflusst.*

*Beweis.* Partielle Differentiation von Formel 3.45 bzgl.  $\mu_1$  und  $\mu_2$  führt zu

$$\frac{\partial SW^1}{\partial \mu_1} = -1 \quad \text{und} \quad \frac{\partial SW^1}{\partial \mu_2} = 0 \quad . \quad (3.46)$$

□

Falls die Berechnung des Beitrages einer Bank zum systemischen Risiko auf Basis des Shapley-Wertes erfolgt, erfahren anders als bei der Verwendung des  $\Delta CoVaR$  die Ertragskomponenten der Portfoliorückflüsse der Banken ihre Berücksichtigung.

**Lemma 3.23.** *Eine erhöhte Standardabweichung  $\sigma_1$  des eigenen Portfoliorückflusses führt für Konfidenzniveaus  $1 - \alpha > 0,5$  ceteris paribus zu einem Anstieg des Beitrages  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko.*

*Beweis.* Partielle Differentiation von Formel 3.45 bzgl.  $\sigma_1$  führt zu

$$\begin{aligned} \frac{\partial SW^1}{\partial \sigma_1} &= -\frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ \frac{\partial \sigma_1}{\partial \sigma_1} + \frac{\partial \sigma_{System}}{\partial \sigma_1} \right] \\ &= -\frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ 1 + \frac{\sigma_1 + \rho \cdot \sigma_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}} \right] \\ &\geq 0 \quad \text{für } \alpha < 0,5 \end{aligned} \quad (3.47)$$

□

**Lemma 3.24.** *Eine Erhöhung der Standardabweichung  $\sigma_2$  des Portfoliorückflusses von Bank 2 führt für Konfidenzniveaus  $1 - \alpha > 0,5$  ceteris paribus zu einer Verringerung des Beitrages von Bank 1 zum systemischen Risiko*

*Beweis.* Partielle Differentiation von Formel 3.45 bzgl.  $\sigma_2$  führt zu

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial SW^1}{\partial \sigma_2} &= -\frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ -\frac{\partial \sigma_2}{\partial \sigma_2} + \frac{\partial \sigma_{System}}{\partial \sigma_2} \right] \\
 &= -\frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \left[ -1 + \frac{\sigma_2 + \rho \cdot \sigma_1}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}} \right] \quad (3.48) \\
 &\leq 0 \quad \text{für } \alpha < 0,5
 \end{aligned}$$

□

Da die Standardabweichungen der Portfoliorückflüsse beider Banken den Beitrag  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko beeinflussen, wird der Endogenität des systemischen Risikos auch im Rahmen des Shapley-Wert-Ansatzes Rechnung getragen. Anders als beim  $\Delta CoVaR$  erfolgt durch den Shapley-Wert zudem eine adäquate Erfassung der individuellen Risikoaufnahme von Finanzinstituten.

Zudem wird, wie der Abbildung 3.5 zu entnehmen ist, auch die Verflechtung zwischen den Banken, welche aufgrund der Normalverteilungsannahme vollständig durch die Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken charakterisiert ist, adäquat erfasst.<sup>227</sup>

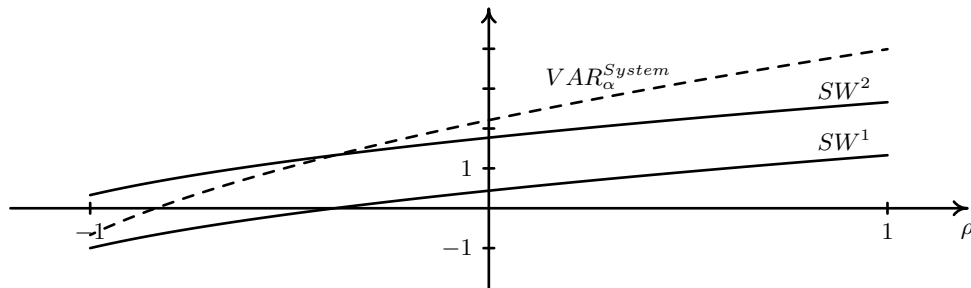


Abbildung 3.5: Abhängigkeit des Value-at-Risk  $VAR_{\alpha}^{System}$  des Rückflusses des Bankensystems und der Beiträge  $SW^i$  der Banken zum systemischen Risiko von der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken. (Quelle: Eigene Darstellung.)

**Lemma 3.25.** *Eine Erhöhung der Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken führt für Konfidenzniveaus  $1 - \alpha > 0,5$  stets zu einem Anstieg des Beitrages  $SW^1$  von*

<sup>227</sup>Der Grafik liegt die identische Parametrisierung wie Abbildung 3.3 und Abbildung 3.4 zugrunde. Das verwendete Konfidenzniveau beträgt  $1 - \alpha = 0,99$ .

Bank 1 zum systemischen Risiko, welcher aufgrund der Fairness-Eigenschaft des Shapley-Wertes exakt dem Anstieg des Beitrages  $SW^2$  von Bank 2 zum systemischen Risiko entspricht.

*Beweis.* Partielle Differentiation von Formel 3.45 bzgl.  $\rho$  führt zu

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial SW^1}{\partial \rho} &= -\frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\partial \sigma_{System}}{\partial \rho} \\
 &= -\frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\sigma_1 \cdot \sigma_2}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + 2 \cdot \rho \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2}} \\
 &= \frac{\partial SW^2}{\partial \rho} \\
 &\geq 0 \quad \text{für } \alpha < 0,5
 \end{aligned} \tag{3.49}$$

□

### 3.7.5 Berücksichtigung von Größeneffekten

Für die explizite Berücksichtigung von Größeneffekten wird im Folgenden wie schon in Kapitel 3.6.4 angenommen, dass sich beide Banken lediglich in Bezug auf ihre Größe unterscheiden. Für den Portfoliorückfluss  $X^1$  von Bank 1 gilt erneut  $X^1 \sim N(\mu, \sigma)$  und für den Portfoliorückfluss  $X^2$  von Bank 2 somit  $X^2 \stackrel{d}{=} k \cdot X^1$  mit  $k > 1$ . Bank 2 ist daher um den Faktor  $k$  größer als Bank 1. Zudem sei  $Var_\alpha^1 > 0$ . Gemäß Lemma 3.21 ergeben sich die Shapley-Werte beider Banken wie folgt:

$$SW^1 = -\mu - \frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \left[ 1 + \sqrt{1 + k^2 + 2 \cdot \rho \cdot k} - k \right] \tag{3.50}$$

$$\text{und } SW^2 = -k \cdot \mu - \frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \left[ k + \sqrt{1 + k^2 + 2 \cdot \rho \cdot k} - 1 \right]. \tag{3.51}$$

**Lemma 3.26.** *Die größere Bank besitzt stets einen höheren Shapley-Wert als die kleinere Bank, wobei die Differenz zwischen den Risikobeiträgen mit steigendem  $k$  ansteigt.*

*Beweis.* Gemäß Formel 3.50 und Formel 3.51 gilt

$$SW^2 - SW^1 = (k - 1) \cdot VaR_\alpha^1 > 0 \quad \text{sowie} \quad \frac{\partial (SW^2 - SW^1)}{\partial k} = VaR_\alpha^1 > 0 \quad .$$

□

**Lemma 3.27.** *Der Shapley-Wert der größeren Bank konvergiert für  $k \rightarrow \infty$  gegen unendlich, wohingegen der Shapley-Wert der kleineren Bank gegen eine Größe konvergiert, welche unabhängig von  $k$  ist.*

*Beweis.* Eine Umordnung der Terme in Formel 3.50 führt zu

$$SW^1 = -\mu - \frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot \left[ 1 + \sqrt{(k+p)^2 + 1 - p^2} - k \right] \quad ,$$

sodass  $SW^1 \rightarrow -\mu - \frac{1}{2} \cdot \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma \cdot (1+p)$  für  $k \rightarrow \infty$  gilt, wohingegen  $SW^2 \rightarrow \infty$  für  $k \rightarrow \infty$  unmittelbar aus Formel 3.51 folgt. □

Wie Lemma 3.26 und Lemma 3.27 erstmalig zeigen, ist eine makroprudentielle Bankenregulierung auf Basis des Shapley-Wertes im Gegensatz zum  $\Delta CoVaR$ -Ansatz im Einklang mit dem too-big-to-fail Paradigma.

### 3.7.6 Portfoliowahl von Banken unter Verwendung des Shapley-Wertes

Die in Kapitel 3.7.1 vorgestellte Axiomatik, die in Kapitel 3.7.2 vorgestellten Eigenschaften sowie die komparativ statischen Analysen aus den Kapiteln 3.7.4 und 3.7.5 verdeutlichen die Eignung des Shapley-Wertes für die Bestimmung des Beitrages einer Bank zum systemischen Risiko bei gegebener Portfoliowahl. Darauf aufbauend wird in diesem Kapitel erstmalig untersucht, wie eine makroprudentielle Eigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes auf die Portfoliowahl der Banken zurückwirkt. Wie schon bei der Untersuchung der Anreizwirkung einer  $\Delta CoVaR$ -basierten Bankenregulierung in Kapitel 3.6.5 werden zu diesem Zweck die Verteilungsparameter der Portfoliorückflüsse der beiden Banken sowie die Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken endogenisiert. In Kapitel 3.7.6.1 wird dabei zunächst der Fall untersucht, in dem die Banken ihr Portfolio aus einer sicheren und einer riskanten Anlage zusammenstellen können. Anschließend erfolgt in Kapitel 3.7.6.2 eine Analyse der Portfoliowahl der Banken unter einer makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung, falls die Banken Zugang zu zwei riskanten Anlagemöglichkeiten besitzen.

### 3.7.6.1 Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage

Im Einklang mit Kapitel 3.6.5.1 stehen beiden Banken für die Bildung ihres jeweiligen Portfolios eine sichere und eine riskante Anlage zur Verfügung. Die sichere Anlage liefert pro investierter Geldeinheit einen risikolosen Rückfluss in Höhe von  $r$ , wohingegen die riskante Anlage pro investierter Geldeinheit einen unsicheren Rückfluss in Höhe von  $R$  liefert. Beide Banken investieren jeweils eine Geldeinheit, wobei  $\theta_i$  den von Bank  $i$  investierten Anteil in die riskante Anlage angibt. Das Portfolio  $X^i$  von Bank  $i$  ergibt sich somit wie folgt:

$$X^i := X(\theta_i) = \theta_i \cdot R + (1 - \theta_i) \cdot r \quad .$$

**Lemma 3.28.** *Für die Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage entspricht der Beitrag  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko dem Value-at-Risk  $VaR_\alpha^1$  des von Bank 1 gewählten Portfolios  $X^1$  und somit dem individuellen Risiko von Bank 1.*

*Beweis.*

$$\begin{aligned} SW^1 &= \frac{1}{2} \cdot \left[ VaR_\alpha^1 + VaR_\alpha^{System} - VaR_\alpha^2 \right] \\ &= \frac{1}{2} \cdot \left[ VaR_\alpha^1 + VaR_\alpha^1 + VaR_\alpha^2 - VaR_\alpha^2 \right] \\ &= VaR_\alpha^1 \end{aligned} \tag{3.52}$$

<sup>228</sup>

□

Infolgedessen ist es für den Fall, dass die beiden Banken ihr Portfolio aus einer sicheren und einer riskanten Anlage zusammenstellen, irrelevant, ob die Höhe des von einer Bank  $i$  vorzuhaltenden Eigenkapitals durch die Verfolgung eines mikroprudentiellen Ansatzes basierend auf dem individuellen Risiko  $VaR_\alpha^i$  von Bank  $i$  oder durch die Verfolgung eines makroprudentiellen Ansatzes basierend auf dem Beitrag  $SW^i$  von Bank  $i$  zum systemischen Risiko festgesetzt wird, da hier beide Ansätze stets zu identischen Eigenkapitalanforderungen führen.<sup>229</sup> Alternativ lässt sich die Gleichheit des Shapley-Wertes und des Value-at-Risk einer Bank auch dahingehend interpretieren, dass im Rahmen der Portfoliowahl bei einer

<sup>228</sup>Lemma 3.28 folgt unmittelbar aus der Unergiebigkeits-Eigenschaft des Shapley-Wertes. Wie der Beweis zeigt, gilt die Übereinstimmung des Beitrages einer Bank zum systemischen Risiko mit deren individuellen Risiko bei der Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage für alle Risikomaße, die die Eigenschaft der Translationsinvarianz aufweisen.

<sup>229</sup>Insbesondere ist hier die Höhe des vorzuhaltenden Eigenkapitals einer Bank unter makroprudentieller Regulierung unabhängig von der Portfoliowahl der anderen Bank.

sicheren und einer riskanten Anlage durch die Verwendung des Value-at-Risk zur Bestimmung der Mindesteigenkapitalanforderungen an Finanzinstitute seitens der Bankenaufsicht bereits ein makroprudentieller Ansatz verfolgt wurde.

### 3.7.6.2 Portfoliowahl bei zwei riskanten Anlagen

Analog zu den Ausführungen in Kapitel 3.6.5.2 stehen beiden Banken für die Bildung ihres jeweiligen Portfolios nun zwei riskante Anlagen zur Verfügung, deren Rückflüsse  $(A_1, A_2)$  bivariat normalverteilt sind. Der Beitrag  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko lässt sich unter Verwendung der in Kapitel 3.6.5.2 hergeleiteten Größen wie folgt berechnen:

$$\begin{aligned} SW^1(\theta_1, \theta_2) &= \frac{1}{2} \cdot (VaR_\alpha^1 + VaR_\alpha^{System} - VaR_\alpha^2) \\ &= -\mu_{PF_1}(\theta_1) - \frac{\Phi^{-1}(\alpha)}{2} \cdot (\sigma_{PF_1}(\theta_1) + \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2) - \sigma_{PF_2}(\theta_2)) \quad . \end{aligned} \quad (3.53)$$

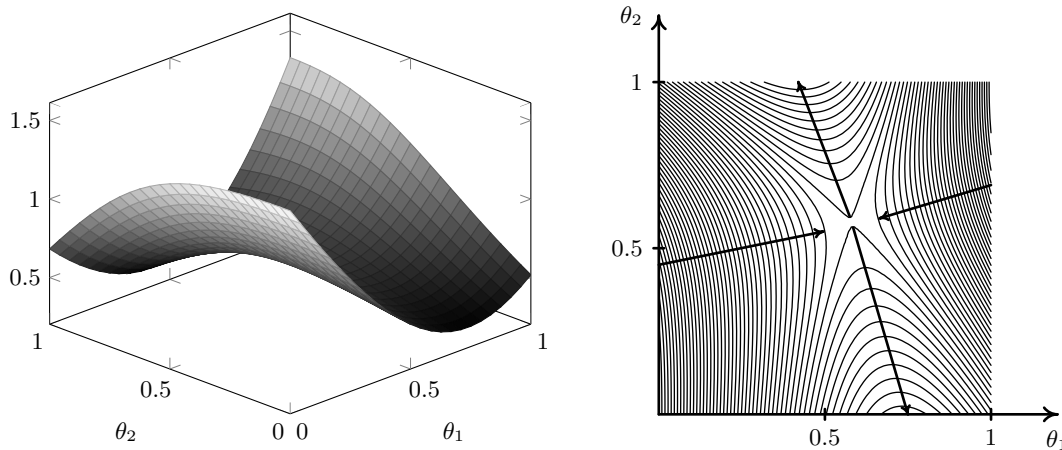


Abbildung 3.6: Abhängigkeit des Beitrags  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko von der Portfoliowahl  $(\theta_1; \theta_2)$  beider Banken.<sup>230</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 3.6 zeigt den typischen Verlauf des Beitrags  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko in Abhängigkeit von der Portfoliowahl  $(\theta_1; \theta_2)$  beider Banken. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, ist der Beitrag  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko genau dann minimal, wenn Bank 2 ausschließlich in eine Anlage investiert ( $\theta_2 \in \{0; 1\}$ ) und Bank 1 ein gut diversifiziertes Portfolio wählt, da die Wahl eines gut diversifizierten Portfolios seitens Bank 1 in diesem Fall sowohl zu einem geringen individuellen Risiko als auch zu einer

<sup>230</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15 und wird im weiteren Verlauf der Arbeit regelmäßig verwendet. Die Pfeile im Höhenlinien-Diagramm geben die Abstiegsrichtung an.

hohen Diversität bzgl. der Portfoliowahl beider Banken führt. Demgegenüber ist der Beitrag  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko genau dann maximal, wenn beide Banken ausschließlich in die identische Anlage investieren ( $\theta_1 = \theta_2 \in \{0; 1\}$ ).

Wie schon in Kapitel 3.6.5.2 wird im Folgenden angenommen, dass beide Banken nach der Minimierung ihres regulatorischen Kapitals streben. Das Entscheidungskalkül von Bank 1, welche bei der Minimierung ihres regulatorischen Kapitals ausschließlich über ihre eigene Portfoliozusammensetzung  $\theta_1$  bestimmen bzw. optimieren kann, stellt sich dabei formal wie folgt dar:

$$\begin{aligned} \min_{\theta_1} \quad RC^1(\theta_1, \theta_2) &= SW^1(\theta_1, \theta_2) \\ \text{NB:} \quad \overline{\theta_1} &= 1 \end{aligned} \quad (3.54)$$

Erneut ist im hier betrachteten Modellrahmen die Nebenbedingung aufgrund der Festlegung der Portfolioanteile durch  $\theta_{11} = \theta_1$  und  $\theta_{12} = 1 - \theta_1$  bereits in der zu minimierenden Zielfunktion  $SW^1(\theta_1, \theta_2)$  berücksichtigt. Die Minimierung der Zielfunktion  $SW^1(\theta_1, \theta_2)$  führt zu folgender Bedingung erster Ordnung:

$$\begin{aligned} \frac{\partial SW^1(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} &= \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\partial VaR_\alpha^1(\theta_1)}{\partial \theta_1} + \frac{\partial VaR_\alpha^{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \right) \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow \quad \frac{\partial VaR_\alpha^1(\theta_1)}{\partial \theta_1} &= - \frac{\partial VaR_\alpha^{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \end{aligned} \quad (3.55)$$

Für eine Erhöhung des in die riskante Anlage 1 investierten Anteils  $\theta_1$  repräsentiert die linke Seite der Gleichung dabei die Änderung des individuellen Risikos von Bank 1, gemessen durch den Value-at-Risk  $VaR_\alpha^1$  des Portfoliorückflusses  $X^1$  von Bank 1 zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$ , während die rechte Seite der Gleichung die Änderung des systemischen Risikos, gemessen durch den Value-at-Risk  $VaR_\alpha^{System}$  des Rückflusses  $X^{System}$  des Bankensystems zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$ , erfasst.

Für den Fall der Normalverteilung ist die Bedingung erster Ordnung wie folgt darstellbar:

$$\frac{\partial SW^1(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \stackrel{!}{=} 0 \Leftrightarrow \frac{\partial \mu_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} = - \frac{\Phi^{-1}(\alpha)}{2} \cdot \left( \frac{\partial \sigma_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} + \frac{\partial \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \right) \quad (3.56)$$

Die linke Seite obiger Gleichung gibt den zusätzlich zu erwartenden Portfoliorückfluss von Bank 1 bei steigendem  $\theta_1$  an, wohingegen die rechte Seite der Gleichung das quantilgewichtete arithmetische Mittel aus der zusätzlichen Standardabweichung des Portfoliorückflusses

von Bank 1 und der zusätzlichen Standardabweichung des Rückflusses des Bankensystems bei steigendem  $\theta_1$  aufzeigt. Die jeweilige Ableitung der einzelnen Parameter nach  $\theta_1$  lautet dabei wie folgt:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \mu_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} &= \mu_{A_1} - \mu_{A_2} \\
 \frac{\partial \sigma_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} &= \frac{\theta_1 \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b}}{\sqrt{\theta_1^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_1 \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}} \\
 \frac{\partial \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} &= \frac{\theta_S \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \mathbf{b}}{\sqrt{\theta_S^2 \cdot \mathbf{a} + 4 \cdot \theta_1 \cdot \mathbf{b} + 2 \cdot \mathbf{c}}} .
 \end{aligned} \tag{3.57}$$

Diese Darstellung der Bedingung erster Ordnung verdeutlicht nochmals, dass der Endogenität des systemischen Risikos dahingehend Rechnung getragen wird, dass die optimale Portfoliowahl  $\theta_1^*$  von Bank 1 von dem von Bank 2 gewählten Portfolio  $\theta_2$  abhängt, es sich bei der optimalen Portfoliowahl der Banken also um ein strategisches Spiel handelt. Entsprechend wird das Gleichgewicht erneut durch Anwendung des Konzeptes der Nash-Gleichgewichte nach NASH (1951) bestimmt. Da sich obige Gleichung allerdings nicht für beliebige bivariat normalverteilte Zufallsvariablen explizit nach  $\theta_1$  auflösen lässt, ist das für Bank 1 optimale Portfolio  $\theta_1^*(\theta_2)$  durch die Bedingung erster Ordnung lediglich implizit durch folgende Reaktionsfunktion definiert:

$$\begin{aligned}
 \theta_1^*(\theta_2) &= \arg \min_{\theta_1} SW^1(\theta_1, \theta_2) \\
 \text{und analog } \theta_2^*(\theta_1) &= \arg \min_{\theta_2} SW^2(\theta_1, \theta_2) .
 \end{aligned}$$

Das Nash-Gleichgewicht wiederum ist gemäß Definition 3.17 dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige Portfoliowahl beider Banken die optimale Antwort (Reaktion) auf das gewählte Portfolio der anderen Bank darstellt. Grafisch ergibt sich das Nash-Gleichgewicht somit als Schnittpunkt der Reaktionsfunktionen  $\theta_1^*(\theta_2)$  und  $\theta_2^*(\theta_1)$ . Da diese Reaktionsfunktionen im hier betrachteten Modellrahmen lediglich implizit definiert sind, gestaltet sich die Ermittlung des Nash-Gleichgewichts als schwierig. Um den Einfluss einer auf den Shapley-Wert basierenden makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung auf die Portfoliowahl der Banken nichtsdestotrotz untersuchen zu können, wird in Kapitel 3.7.6.2.1 zunächst der Fall identisch verteilter Anlagen betrachtet, bei der die Reaktionsfunktionen der Banken explizit ermittelt werden können, bevor darauf aufbauend im Kapitel 3.7.6.2.2 die Portfoliowahl der Banken für zwei beliebig bivariat normalverteilte Anlagen erörtert wird.

### 3.7.6.2.1 Portfoliowahl bei expliziter Darstellung der Reaktionsfunktion

Die bivariate Normalverteilung der Rückflüsse  $A_1$  und  $A_2$  der beiden riskanten Anlagen sei durch folgende Parametrisierung gegeben:

$$\begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \text{mit } \boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_A \\ \mu_A \end{pmatrix} \quad \text{und } \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{pmatrix}, \text{ wobei } \rho < 1 \quad .^{231}$$

Beide Anlagen besitzen somit identische Randverteilungen. Dies ermöglicht eine explizite Darstellung der Reaktionsfunktionen beider Finanzinstitute.

**Lemma 3.29.** *Die Reaktionsfunktionen der Finanzinstitute mit dem durch Formel 3.54 gegebenen Entscheidungskalkül unter der zusätzlichen Annahme zweier bivariat normalverteilter Anlagen mit identischer Randverteilung lauten*

$$\theta_2^*(\theta_1) = \frac{2 - \theta_1}{3} \quad \text{und} \quad \theta_1^*(\theta_2) = \frac{2 - \theta_2}{3} \quad . \quad (3.58)$$

*Beweis.* Da unter obiger Parametrisierung der erwartete Portfoliorückfluss  $\mu_{PF_1}$  von Bank 1 stets  $\mu_A$  beträgt und somit unabhängig von der Portfoliowahl  $\theta_1$  ist, stellt sich die Bedingung erster Ordnung für die Minimierung des Beitrages  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko wie folgt dar:

$$\begin{aligned} \frac{\partial SW^1(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} &= -\frac{\Phi^{-1}(\alpha)}{2} \cdot \left( \frac{\partial \sigma_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} + \frac{\partial \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \right) \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow \frac{\partial \sigma_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} &= -\frac{\partial \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \quad .^{232} \end{aligned} \quad (3.59)$$

Die linke Seite der Gleichung repräsentiert dabei die durch eine marginale Erhöhung von  $\theta_1$  induzierte Änderung der Standardabweichung  $\sigma_{PF_1}$  des Portfoliorückflusses von Bank 1, wohingegen die rechte Seite der Gleichung die durch eine marginale Erhöhung von  $\theta_1$  induzierte Änderung der Standardabweichung  $\sigma_{System}$  des Rückflusses des Bankensystems re-

<sup>231</sup>Falls die Rückflüsse der beiden zur Verfügung stehenden Anlagen perfekt korreliert wären, so würde sich diese perfekte Korrelation zwangsweise und unabhängig von der konkreten Portfoliowahl der Banken auf deren Portfoliorückflüsse übertragen, weshalb dieser Fall im Folgenden nicht weiter betrachtet wird.

<sup>232</sup>Die Äquivalenz der beiden Gleichungen gilt nur für den Fall  $\alpha \neq 0,5$ , da für  $\alpha = 0,5$  stets  $\Phi^{-1}(\alpha) = 0$  gilt, sodass hier keine der Standardabweichungen bei der Ermittlung des Beitrages  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko eine Berücksichtigung erfährt, sondern lediglich die Ertragskomponenten berücksichtigt werden ( $\alpha = 0,5$  entspricht somit dem Fall der Risikoneutralität).

präsentiert. Unter Verwendung der in Kapitel 3.7.6.2 hergeleiteten Formeln lässt sich die Bedingung erster Ordnung folgendermaßen umformulieren:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} &= -\frac{\partial \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \\ \Leftrightarrow \frac{2 \cdot \theta_1 \cdot a - a}{\sqrt{\theta_1^2 \cdot a + \theta_1 \cdot (-a) + 1}} &= -\frac{2 \cdot \theta_1 \cdot a + b}{\sqrt{\theta_1^2 \cdot a + \theta_1 \cdot b + c}} \end{aligned} \quad (3.60)$$

$$\text{mit } a = 2 \cdot (1 - \rho)$$

$$b = 4 \cdot (\theta_2 - \theta_2 \cdot \rho + \rho - 1)$$

$$c = 2 \cdot (\theta_2^2 - \theta_2^2 \cdot \rho - 2 \cdot \theta_2 + 2 \cdot \theta_2 \cdot \rho + 2) \quad .$$

Durch die Quadrierung obiger Gleichung und Umordnung der Terme ergibt sich eine quadratische Gleichung der folgenden Gestalt:

$$\begin{aligned} \theta_1^2 \cdot \bar{a} + \theta_1 \cdot \bar{b} + \bar{c} &= 0 \\ \text{mit } \bar{a} &= a \cdot (4 \cdot a + b^2 - 4 \cdot a \cdot c - a^2) \\ \bar{b} &= a \cdot (b \cdot (4 - b - a) + 4 \cdot a \cdot c) \\ \bar{c} &= b^2 - a^2 \cdot c \end{aligned} \quad .^{233} \quad (3.61)$$

Unter Verwendung der  $a$ – $b$ – $c$ –Formel zur Lösung quadratischer Gleichungen lässt sich diese Formel explizit nach  $\theta_1$  auflösen und man erhält somit die Reaktionsfunktion  $\theta_1^*(\theta_2)$  von Bank 1, welche für jedes von Bank 2 gewählte Portfolio  $\theta_2$  dasjenige Portfolio  $\theta_1^*$  angibt, welches den Beitrag  $SW^1$  von Bank 1 zum systemischen Risiko minimiert:

$$\begin{aligned} \theta_1^2 \cdot \bar{a} + \theta_1 \cdot \bar{b} + \bar{c} &= 0 \\ \Leftrightarrow \theta_1^*(\theta_2) &= \frac{-\bar{b} \pm \sqrt{\bar{b}^2 - 4 \cdot \bar{a} \cdot \bar{c}}}{2 \cdot \bar{a}} = \begin{cases} \frac{2 - \theta_2}{3} \\ \theta_2 \quad (\text{entfällt}) \end{cases} \quad .^{234} \end{aligned} \quad (3.62)$$

<sup>233</sup>Aufgrund der Quadrierung vergrößert sich an dieser Stelle die Lösungsmenge.

<sup>234</sup>Die Lösung  $\theta_1 = \theta_2$  entfällt aufgrund der infolge der Quadrierung vergrößerten Lösungsmenge.

Da es sich um ein symmetrisches Problem handelt, ergibt sich die Reaktionsfunktion  $\theta_2^*(\theta_1)$  von Bank 2, welche für jedes von Bank 1 gewählte Portfolio  $\theta_1$  dasjenige Portfolio  $\theta_2^*$  angibt, das den Beitrag  $SW^2$  von Bank 2 zum systemischen Risiko minimiert, analog:

$$\theta_2^*(\theta_1) = \frac{2 - \theta_1}{3} . \quad (3.63)$$

□

**Lemma 3.30.** *Das Nash-Gleichgewicht des Optimierungsproblems 3.54 unter Annahme zweier bivariat normalverteilter Anlagen mit identischer Randverteilung lautet  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (0,5; 0,5)$ .*

*Beweis.* Bei der Wahl ihres Portfolios wird Bank 1 die Reaktion von Bank 2 antizipieren. Daher erhält man das optimale, von Bank 1 im Nash-Gleichgewicht gewählte Portfolio  $\theta_1^*$  durch das Einsetzen der Reaktionsfunktion  $\theta_2^*(\theta_1^*)$  von Bank 2 in die Reaktionsfunktion  $\theta_1^*(\theta_2)$  von Bank 1:

$$\theta_1^* = \theta_1^*(\theta_2^*(\theta_1^*)) = \frac{2 - \theta_2^*(\theta_1^*)}{3} = \frac{2 - \frac{2 - \theta_1^*}{3}}{3} = 0,5 . \quad (3.64)$$

Nach analogen Überlegungen ergibt sich  $\theta_2^* = 0,5$  als das für Bank 2 optimale Portfolio und somit  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (0,5; 0,5)$ . □

Wie bereits in Kapitel 3.7.6.2 erörtert und in Abbildung 3.7 grafisch dargestellt, entspricht das Nash-Gleichgewicht  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (0,5; 0,5)$  dem Schnittpunkt der beiden Reaktionsfunktionen. Beide Banken wählen somit identische Portfolios, sodass trotz der auf dem Shapley-Wert basierenden makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung eine maximale Verflechtung zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken in Form einer Interbanken-Korrelation in Höhe von  $\rho_{PF_1, PF_2} = 1$  resultiert. Insbesondere entspricht die Portfoliowahl der Finanzinstitute unter solch einer makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung exakt der Portfoliowahl unter einer auf dem Value-at-Risk des Portfoliorückflusses einer Bank beruhenden mikroprudentiellen Eigenkapitalanforderung.<sup>235</sup> Wie im folgenden Kapitel 3.7.6.2.2 verdeutlicht wird, ist dies nicht auf den Spezialfall identischer Randverteilungen zurückzuführen, sodass diese

<sup>235</sup>Der Value-at-Risk eines Portfolios ist bei gegebener Parametrisierung ebenfalls für  $\theta^{mikro} = 0,5$  minimal, da der erwartete Rückfluss eines Portfolios pro investierter Geldeinheit unabhängig von  $\theta$  stets  $\mu_A$  beträgt, während die Standardabweichung durch die Wahl von  $\theta^{mikro} = 0,5$  minimiert wird.

Aussage unter der Annahme zweier bivariat normalverteilter Anlagen allgemeine Gültigkeit besitzt.

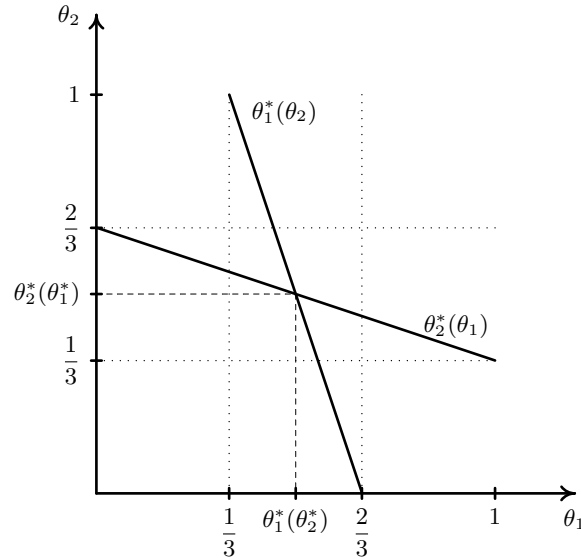


Abbildung 3.7: Grafische Darstellung des Nash-Gleichgewichtes als Schnittpunkt der Reaktionsfunktionen. (Quelle: Eigene Darstellung.)

### 3.7.6.2.2 Portfoliowahl bei allgemeiner Parametrisierung

**Lemma 3.31.** Das eindeutige Nash-Gleichgewicht des Optimierungsproblems 3.54 ist gegeben durch  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (\theta^{mikro}; \theta^{mikro})$ .

*Beweis.* Wie in Formel 3.55 dargestellt, lautet die jeweilige Bedingung erster Ordnung

$$\begin{aligned} \frac{\partial SW^1(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} &= \frac{\partial VaR_\alpha^1(\theta_1)}{\partial \theta_1} + \frac{\partial VaR_\alpha^{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \stackrel{!}{=} 0 \\ \text{und} \quad \frac{\partial SW^2(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_2} &= \frac{\partial VaR_\alpha^2(\theta_2)}{\partial \theta_2} + \frac{\partial VaR_\alpha^{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_2} \stackrel{!}{=} 0 . \end{aligned} \quad (3.65)$$

Für  $\theta_1 = \theta_2 = \theta^{mikro}$  gilt  $\frac{\partial VaR_\alpha^1(\theta_1)}{\partial \theta_1} = 0$  per Definition. Da der Value-at-Risk ein Risikomaß ist, welches die Eigenschaft der positiven Homogenität erfüllt, gilt  $\frac{\partial VaR_\alpha^{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} = 0$  immer dann, wenn  $\theta_S = \theta_1 + \theta_2 = 2 \cdot \theta^{mikro}$  gilt und daher insbesondere auch für den Fall

$\theta_1 = \theta_2 = \theta^{mikro}$ . Folglich erfüllt  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (\theta^{mikro}; \theta^{mikro})$  die Bedingungen erster Ordnung beider Banken und stellt somit ein Nash-Gleichgewicht dar.<sup>236</sup>

Für den Beweis der Eindeutigkeit wird gezeigt, dass die Reaktionsfunktion  $\theta_1^*(\theta_2)$  eine strikt monoton fallende Funktion bzgl.  $\theta_2$  ist.<sup>237</sup> Hierfür sei zunächst noch einmal festgehalten, dass die Bedingung erster Ordnung von Bank 1 gegeben ist durch

$$\frac{\partial VaR_\alpha^1(\theta_1)}{\partial \theta_1} = - \frac{\partial VaR_\alpha^{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \quad (3.66)$$

und dass  $VaR_\alpha^1(\theta_1)$  eine konvexe Funktion bzgl.  $\theta_1$  ist, wohingegen  $VaR_\alpha^{System}(\theta_1, \theta_2)$  eine konvexe Funktion bzgl.  $\theta_1$  und  $\theta_2$  ist. Falls sich  $\theta_2$  erhöht, steigt aufgrund dieser Konvexität die Funktion  $\frac{\partial VaR_\alpha^{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1}$ , sodass die rechte Seite obiger Gleichung fällt. Zum Zweck der Erfüllung der Bedingung erster Ordnung muss somit die linke Seite obiger Gleichung ebenfalls fallen, sodass der Konvexität von  $VaR_\alpha^1(\theta_1)$  bedingt  $\theta_1$  fallen muss.  $\square$

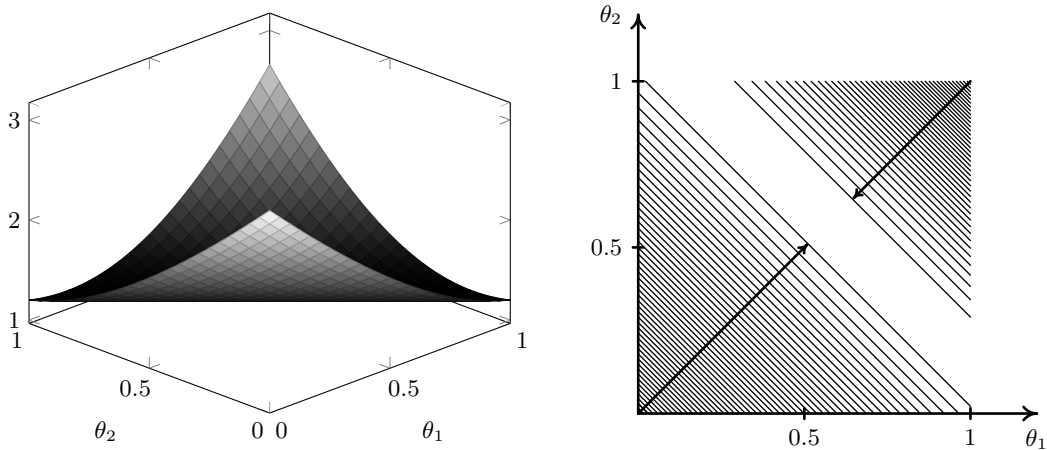


Abbildung 3.8: Abhängigkeit des systemischen Value-at-Risk von der Portfoliowahl  $(\theta_1; \theta_2)$  beider Banken.<sup>238</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

<sup>236</sup>Wie der Beweis zeigt, wird im Rahmen der Portfoliowahl bei zwei riskanten Anlagen die Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung durch diejenige unter makroprudentieller Eigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes immer dann dupliziert, wenn das verwendete Risikomaß  $\varphi$  die Eigenschaft der positiven Homogenität erfüllt.

<sup>237</sup>Die Eindeutigkeit des Nash-Gleichgewichtes folgt unmittelbar aus der strikten Konvexität der Entscheidungskalküle beider Banken. Der interessierte Leser sei an dieser Stelle auf ROSEN (1965) verwiesen, welcher die Existenz und die Eindeutigkeit von Nash-Gleichgewichten für strikt konkave Spiele unter Anwendung des Fixpunktsatzes von KAKUTANI (1941) und der von KUHN/TUCKER (1951) entwickelten Bedingung für die Existenz und die Eindeutigkeit der Lösung nichtlinearer Optimierungsprobleme beweist. Da es sich im hier betrachteten Kontext anders als in ROSEN (1965) um eine zu minimierende Zielfunktion handelt, muss anstelle der strikten Konkavität hier eine strikte Konvexität gefordert werden.

Dass eine makroprudentielle Regulierung in Form der auf dem Shapley-Wert basierenden Eigenkapitalanforderung in der hier vorgestellten Form ihre Ziele in Form der Auflösung der Verflechtungen zwischen den Finanzinstituten verfehlt, liegt an der Charakteristik des verwendeten Risikomaßes Value-at-Risk in Verbindung mit der ausschließlichen Betrachtung des Rückflusses des Bankensystems. So hängt die Höhe des zu allozierenden systemischen Risikos (der Value-at-Risk des Rückflusses des Bankensystems) ausschließlich davon ab, welchen Anteil  $\theta_S$  bzw.  $1-\theta_S$  die beiden Banken in Summe in die jeweilige Anlage investieren. Wie bereits gezeigt, ist das systemische Risiko genau dann minimal, wenn beide Banken ihr jeweiliges Portfolio  $\theta_1$  bzw.  $\theta_2$  so wählen, dass  $\theta_S = 2 \cdot \theta^{mikro}$  gilt. Irrelevant ist dabei allerdings, wie sich  $\theta_S$ , definiert durch  $\theta_S = \theta_1 + \theta_2$ , zusammensetzt, sodass der Grad der Verflechtung zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken bei der Ermittlung des systemischen Risikos keine adäquate Berücksichtigung erfährt. Eine maximale Verflechtung zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken ( $\theta_1 = \theta_2 = \theta^{mikro}$ ) führt zum selben systemischen Risiko wie jede beliebige andere Verflechtung (bspw.  $\theta_1 = 2 \cdot \theta^{mikro}$  und  $\theta_2 = 0$ ), solange  $\theta_S$  konstant bleibt. Dies stellt Abbildung 3.8, welche den Verlauf des systemischen Risikos  $VaR^{System}$  in Abhängigkeit von der Portfoliowahl ( $\theta_1; \theta_2$ ) beider Banken aufzeigt, nochmals grafisch dar. Ein weiterer Grund dafür, dass die Verflechtungen zwischen den im Bankensystem befindlichen Finanzinstituten im hier betrachteten Ansatz einer vermeintlich makroprudentiellen Bankenregulierung nicht adäquat erfasst werden, ist darin zu finden, dass die vom Grad der Verflechtung abhängigen erwarteten Kosten für die Realwirtschaft, also die vom gesamten Bankensystem verursachten Externalitäten, bis hierher unberücksichtigt blieben.

### 3.8 Zwischenfazit

Kapitel 3 verdeutlicht die Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung und veranschaulicht die beiden ausschließlich im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung erfassten Dimensionen des systemischen Risikos. Während die Zeitdimension des systemischen Risikos in Basel III durch die Implementierung eines antizyklischen Kapitalpuffers bereits adäquat erfasst wird, stellt die inadäquate Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos ein erhebliches Defizit der aktuellen Bankenregulierung dar. Aus unterschiedlichen Gründen wird dieses Defizit durch keinen der beiden seitens der Literatur in Erwägung gezogenen Ansätze zur Ausgestaltung einer makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung beseitigt. Eine makroprudentielle Eigenkapitalanforderung auf Basis des von ADRIAN/BRUNNERMEIER (2008) entwickelten Risikomaßes  $\Delta CoVaR$  kann aufgrund der im Rahmen der Messung von Beiträgen einzelner Banken zum systemischen Risiko

<sup>238</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15. Die Pfeile im Höhenlinien-Diagramm geben die Abstiegsrichtung an.

wenig plausibel erscheinenden Eigenschaften dieses Risikomaßes zu keiner adäquaten Erfassung der Querschnittsdimension führen. Zu nennen ist hier in erster Linie die fehlende Allokationseigenschaft sämtlicher  $\Delta CoVaR$  Definitionen. Der Shapley-Wert nach SHAPLEY (1953) als axiomatisch fundierte Risikoallokationsfunktion weist solch eine Schwäche hingegen auch der axiomatischen Fundierung bedingt nicht auf. Allerdings werden die Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung unter einer auf dem Shapley-Wert basierenden Eigenkapitalanforderung in der seitens der Literatur vorgeschlagenen und hier erstmalig im Rahmen der Portfoliowahl von Banken explizit untersuchten Form bereits im einfachsten Modellrahmen verfehlt, da es bei beiden betrachteten Portfolio Selection Problemen lediglich zu einer Duplikation der Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung kommt. Dies spricht allerdings keinesfalls gegen die Verwendung des Shapley-Wertes bei der Ausgestaltung einer makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung im Allgemeinen, sondern zeigt lediglich, dass es noch weiteren Überlegungen und Anpassungen zum Zweck der Erreichung der Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung in der Querschnittsdimension des systemischen Risikos in Form der Auflösung direkter und indirekter Verflechtungen durch die Implementierung einer makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung bedarf.

## **4 Ausgestaltung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung und Implikationen für die Portfoliowahl**

Wie die aus Kapitel 3.7 gewonnenen Erkenntnisse verdeutlichen, bedarf es zur Verfolgung makroprudentieller Ziele einer Erweiterung der dort vorgestellten Mindesteigenkapitalanforderung, bei der ein Finanzinstitut Eigenkapital in Höhe des durch den Shapley-Wert ermittelten Beitrages zum Risiko des Bankensystems, gemessen durch den systemischen Value-at-Risk, vorhalten muss. Hierfür ist eine adäquate Erfassung der Abhängigkeitsstruktur zwischen den Finanzinstituten bzw. deren Portfoliorückflüssen vonnöten. Diese kann, wie im Folgenden gezeigt wird, sowohl direkt als auch indirekt erfolgen.

In Kapitel 4.1 erfolgt zunächst die Herleitung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung, welche die Abhängigkeitsstruktur zwischen Finanzinstituten direkt erfasst. Für diese Zwecke wird ein sogenannter Externalitätenterm implementiert, welcher von einer Bank zusätzlich zu derjenigen Mindesteigenkapitalanforderung aus Kapitel 3.7 einen weiteren Betrag an vorzuhaltenden Eigenkapital fordert, dessen Höhe vom Beitrag zu den vom gesamten Bankensystem verursachten Risiken auf die Realwirtschaft abhängt. Hierbei wird in Kapitel 4.1.1 zunächst noch einmal die Notwendigkeit der Implementierung und die Ausgestaltung eines solchen Externalitätenterms erörtert, bevor in Kapitel 4.1.2 die sich für die Portfoliowahl ergebenden Implikationen und Anreizeffekte offengelegt werden. Hieraus abgeleitet wird in Kapitel 4.2 anschließend erörtert, wie die Abhängigkeitsstruktur zwischen den Banken im Rahmen einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung indirekt erfasst werden kann. Die Mindesteigenkapitalanforderung aus Kapitel 3.7 wird hierbei nicht durch die Implementierung eines Externalitätenterms in der Zielfunktion, sondern durch die Implementierung einer zusätzlichen Nebenbedingung in Form einer Value-at-Risk constraint erweitert. Im Gegensatz zu einer mikroprudentiellen Bankenregulierung, bei der, wie in Kapitel 4.2.1 nochmals dargelegt wird, ein maximaler, nicht zu überschreitender Value-at-Risk zur Regulierung der individuellen Risiken von Finanzinstituten vorgegeben wird, muss, wie Kapitel 4.2.2 zeigt, die Bankenaufsicht im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung einen minimalen, nicht zu unterschreitenden Value-at-Risk zur Regulierung des

systemischen Risikos vorgeben. Die Implikationen für die Portfoliowahl in einem solchen Regulierungsregime zeigt Kapitel 4.2.3 auf. Abschließend verdeutlicht Kapitel 4.3, dass durch die indirekte Erfassung der Abhängigkeitsstruktur zwischen den Finanzinstituten mittels einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint die Portfoliowahl unter der direkten Erfassung mittels Externalitätenterm im betrachteten Modellrahmen stets dupliziert werden kann. Kapitel 4 schließt mit einem Zwischenfazit in Kapitel 4.4.

## 4.1 Makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms

### 4.1.1 Notwendigkeit und Ausgestaltung des Externalitätenterms

Damit infolge der Implementierung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auch tatsächlich makroprudentielle Ziele verfolgt werden, bedarf es einer (bzgl. der Querschnittsdimension) vollständigen Erfassung des systemischen Risikos. Somit müssen gemäß der Definition des Begriffs systemisches Risikos aus Kapitel 3.1 neben dem in Kapitel 3.7.6 bereits regulatorisch erfassten Risiko des Bankensystems auch diejenigen Risiken adressiert werden, welche sich außerhalb des Bankensystems in Form von Externalitäten auf die Realwirtschaft, oftmals auch als output losses bezeichnet, realisieren. Unter der im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung üblichen Betrachtung des Bankensystems als ein Portfolio von Finanzinstituten kann die Messung des Risikos des Bankensystems durch den Value-at-Risk  $Var^{System}$  eben jenes Bankenportfolios erfolgen. Ein solch leicht zugänglicher Ansatz existiert für die Messung der vom gesamten Bankensystem verursachten Externalitäten auf die Realwirtschaft hingegen nicht, sodass deren konkrete Quantifizierung letztendlich eine empirische Fragestellung darstellt. Nichtsdestotrotz finden sich in der Literatur wohlbegründete und durch empirische Studien gestützte theoretische Erklärungsansätze dahingehend, dass solche Externalitäten durch den (drohenden) Ausfall eines hinreichend großen Teils des Bankensystems und daher ausschließlich durch den (drohenden) gemeinsamen Ausfall von Finanzinstituten entstehen.<sup>239</sup>

<sup>239</sup>S. Kapitel 2.1.1.2 sowie Kapitel 2.1.2.1. Hauptargument war hier, dass infolge des gemeinsamen Ausfalls von Banken die verfügbare Liquidität der überlebenden Banken für eine vollständige und zeitnahe Übernahme sämtlicher Geschäfte der ausgefallenen Bank nicht mehr ausreichend ist. Vgl. IBRAGIMOV ET AL. (2011), S. 339. Infolgedessen muss eine Liquidation der oftmals sehr speziellen Vermögensgegenstände der ausgefallenen Banken an außenstehende (nicht dem Bankensystem angehörige) Marktteilnehmer erfolgen, wobei diese typischerweise nicht in der Lage sind, diese Vermögensgegenstände effizient zu nutzen. Vgl. ACHARYA/YORULMAZER (2007), S. 7 sowie für den empirischen Befund JAMES (1991). Als weiteres Argument kann die ausschließlich bei einem gemeinsamen Ausfall mehrerer Banken entstehende Kreditklemme angeführt werden, bei deren Eintritt nicht mehr ausreichend Kredite an die Realwirtschaft für die Realisation sämtlicher Projekte mit positivem Kapitalwert vergeben werden (können). Bei den in der relevanten Literatur vorzufindenden modelltheoretischen Untersuchungen werden den gemeinsamen Ausfällen von

$$\begin{aligned}
 \text{systemische Risiko} &= \text{Risiko des Bankensystems} + \text{Risiko außerhalb des Bankensystems} \\
 &= VaR_{\alpha}^{System} + \text{Verluste infolge gemeinsamer Ausfälle} .
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

Die Allokation des nun vollständig regulatorisch erfassten systemischen Risikos auf die einzelnen Finanzinstitute des Bankensystems kann dann wie in Kapitel 3.7 durch den Shapley-Wert als axiomatisch fundierte Risikoallokationsfunktion erfolgen. Der Beitrag einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko ergibt sich somit wie folgt:

$$\begin{aligned}
 SW^i(\text{systemische Risiko}) &= SW^i(VaR_{\alpha}^{System} + \text{Verluste infolge gemeinsamer Ausfälle}) \\
 &= SW^i(VaR_{\alpha}^{System}) + SW^i(\text{Verluste infolge gemeinsamer Ausfälle}) \\
 &:= SW^i + EX^i .
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

Da der Shapley-Wert dem Additivitäts-Axioms genügt (siehe Kapitel 3.7.1), lässt sich der Beitrag einer Bank  $i$  zum systemischen Risiko, welcher dem Shapley-Wert der Summe zweier Risikogrößen entspricht, als die Summe zweier Shapley-Werte darstellen. Die Größe  $SW^i$  erfasst dabei wie schon in Kapitel 3.7 den Beitrag von Bank  $i$  zum Risiko des Bankensystems, wohingegen die Größe  $EX^i$ , welche im Folgenden als Externalitätenterm bezeichnet wird, den Beitrag von Bank  $i$  zu demjenigen (von dem gesamten Bankensystem verursachten) Risiko erfasst, welches sich außerhalb des Bankensystems materialisiert.

Im Folgenden wird analog zu Kapitel 3.7 die Portfoliowahl zweier Banken (Bank 1 und Bank 2) bei einer sicheren und einer riskanten Anlage sowie bei zwei riskanten Anlagen untersucht. Da den riskanten Anlagen eine (im zweiten Portfolio Selection Problem bivariate) Normalverteilung unterstellt wird, sind die Portfoliorückflüsse  $(X^1, X^2)$  beider Finanzinstitute bivariat normalverteilt. Der Beitrag  $SW^i$  einer Bank zum Risiko des Bankensystems ergibt sich dabei gemäß Formel 3.52 bzw. Formel 3.53. Für die Herleitung einer formalen Darstellung des Externalitätenterms  $EX^i$ , welche die Messung des Beitrages einer Bank  $i$  zu den von dem gesamten Bankensystem verursachten Externalitäten auf die Realwirtschaft ermöglicht, bedarf es hingegen weiteren Überlegungen. Da die Externalitäten für die Realwirtschaft annahmegemäß nur bei einem gemeinsamen Ausfall mehrerer Banken auftreten, muss der Externalitätenterm  $EX^i$  die Abhängigkeitsstruktur zwischen den Portfoliorückflüssen beider Finanzinstitute erfassen. Diese ist aufgrund der Normalverteilungsannahme vollständig durch die Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  charakterisiert.<sup>240</sup> Infolgedessen ist der Externalitätenterm dadurch charakterisiert, dass er dieser Interbanken-

---

Banken daher ebenfalls annahmegemäß überproportional hohe Kosten zugeschrieben. Siehe anstelle vieler ACHARYA/YORULMAZER (2007), WAGNER (2009), WAGNER (2010), WAGNER (2011), VAN OORDT (2014).

<sup>240</sup>Die gemeinsame Ausfallwahrscheinlichkeit von Banken wird daher auch vordergründig durch deren Korrela-

Korrelation unter Anwendung einer monoton steigenden Verzerrungsfunktion  $g$  eine Risikogröße zugeordnet:

$$EX^i := EX(\rho_{PF_1, PF_2}) = c \cdot g(\rho_{PF_1, PF_2}) \quad \text{mit} \quad g(\cdot) : [-1, 1] \rightarrow [0, 1] \quad .^{241} \quad (4.3)$$

Die Größe  $c > 0$  gibt hierbei die maximale Höhe des Externalitätenterms an, welche bei einer perfekt positiven Interbanken-Korrelation erreicht wird. Die Übereinstimmung der Größen  $EX^1$  und  $EX^2$  ist dabei auf die in Kapitel 3.7.2 erörterte Fairness-Eigenschaft des Shapley-Wertes zurückzuführen, gemäß derer der durch Bank 1 und Bank 2 gemeinsam verursachte Anstieg des systemischen Risikos stets gleichmäßig auf beide Finanzinstitute alloziert wird. Weiterhin wird angenommen, dass es sich bei der Verzerrungsfunktion  $g$  um eine konvexe Funktion handelt, da unter der getroffenen Normalverteilungsannahme typischerweise ein konvexer Zusammenhang zwischen der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  und der gemeinsamen Ausfallwahrscheinlichkeit von Bank 1 und Bank 2, sprich der Wahrscheinlichkeit, dass die Portfoliorückflüsse beider Banken zeitgleich eine kritische Grenze unterschreiten, besteht. Zudem ist die Forderung nach einer Konvexität der Funktion  $g$  im Einklang mit der Mindesteigenkapitalanforderung im Modell von ACHARYA (2009), welche zur Beseitigung des systemischen Risikoanreizproblems ebenfalls so ausgestaltet sein muss, dass das vorzuhaltende Mindesteigenkapital einer Bank bei steigender Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  hinreichend stark steigt.<sup>242</sup>

---

tion determiniert (vgl. TARASHEV ET AL. (2010), S. 6). Zudem wird die Korrelation sowohl in theoretischen Modellen (ACHARYA (2009)) als auch in empirischen Studien (NIJSKENS/WAGNER (2011); PATRO ET AL. (2013)) als (alleiniges) Maß für das systemische Risiko verwendet. Auch bei der Berücksichtigung weiterer (potentieller) Einflussfaktoren zeigt der empirische Befund, dass es sich bei der Korrelation um den wesentlichen Treiber des systemischen Risikos handelt. Siehe anstelle vieler ACHARYA ET AL. (2010b), AVRAMIDIS/PASIOURAS (2015), HUANG ET AL. (2009), HUANG ET AL. (2012b) sowie PUZANOVA/DÜLLMANN (2013). Somit übersteigt der Einfluss der Korrelation auf das systemische Risiko insbesondere denjenigen der Größe einer Bank (HUANG ET AL. (2012a)) sowie denjenigen drohender Ansteckungseffekte (ELSINGER ET AL. (2006c)).

<sup>241</sup>Durch die Implementierung eines solchen Externalitätenterms wird dem stetig wachsenden Konsens, dass die Korrelationen zwischen den Risikofaktoren der Finanzinstitute aus Sicht des Regulierers von höherer Relevanz sind als die absolute Höhe der Risikofaktoren einzelner Banken, Rechnung getragen. Vgl. HOQUE ET AL. (2015), S. 465; LEHAR (2005), S. 2584. Zudem erinnert die Struktur der hier ausgearbeiteten makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung an diejenige des Modells von ACHARYA (2009). Zur Beseitigung des dort theoretisch fundierten systemischen Risikoanreizproblems (siehe Kapitel 2.1.2) bedarf es der Implementierung einer Eigenkapitalanforderung, welche neben der individuellen Risikoaufnahme der Banken, im Modell dargestellt durch den riskant investierten Betrag sowie dessen frei wählbare Standardabweichung, auch die Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und somit deren gemeinsame Risikoaufnahme erfasst. Vgl. ACHARYA (2009), S. 247. Da die Mindesteigenkapitalanforderung an die Banken allerdings in hohem Maße auf den dortigen Modellrahmen zugeschnitten ist, ist ihre Verwendung im Rahmen klassischer Portfolio Selection Probleme nicht möglich.

<sup>242</sup>Vgl. ACHARYA (2009), S. 247.

## 4.1.2 Implikationen für die Portfoliowahl

### 4.1.2.1 Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage

Wie in Kapitel 3.7.6.1 stehen beiden Banken eine sichere und eine riskante Anlage für die Bildung ihres jeweiligen Portfolios zur Verfügung. Die sichere Anlage liefert pro investierter Geldeinheit einen risikolosen Rückfluss in Höhe von  $r$ , wohingegen die riskante Anlage pro investierter Geldeinheit einen unsicheren Rückfluss in Höhe von  $R$  liefert. Beide Banken investieren jeweils eine Geldeinheit, wobei  $\theta_i$  den von Bank  $i$  investierten Anteil in die riskante Anlage angibt. Das Portfolio  $X^i$  von Bank  $i$  ergibt sich somit wie folgt:

$$X^i := X(\theta_i) = \theta_i \cdot R + (1 - \theta_i) \cdot r \quad .$$

In Kapitel 3.7.6.1 wurde bereits gezeigt, dass bei der Portfoliobildung aus einer sicheren und einer riskanten Anlage der Beitrag  $SW^i$  von Bank  $i$  zum Risiko des Bankensystems dem individuellen Risiko von Bank  $i$ , gemessen durch den Value-at-Risk  $Var_\alpha^i$  des Portfoliorückflusses  $X^i$ , entspricht:

$$SW^i = Var_\alpha^i = \theta_i \cdot Var_\alpha(R) - (1 - \theta_i) \cdot r \quad .^{243}$$

Folglich ist es ohne Berücksichtigung der vom Bankensystem verursachten Externalitäten auf die Realwirtschaft irrelevant, ob die Höhe des von einer Bank  $i$  vorzuhaltenden Eigenkapitals durch die Verfolgung eines mikroprudentiellen Ansatzes basierend auf dem individuellen Risiko  $Var_\alpha^i$  von Bank  $i$  oder durch die Verfolgung eines makroprudentiellen Ansatzes, welcher lediglich den Beitrag  $SW^i$  von Bank  $i$  zum Risiko des Bankensystems berücksichtigt, festgesetzt wird. Beide Ansätze führen stets zu identischen Mindesteigenkapitalanforderungen und induzieren daher identische Anreizeffekte. Diese Irrelevanzaussage verliert bei einer vollständigen und daher adäquaten regulatorischen Erfassung des systemischen Risikos in Form der zusätzlichen Erfassung der auf die Realwirtschaft verursachten Externalitäten allerdings ihre Gültigkeit.

Für die Höhe des Externalitätenterms ist die sich aus der gemeinsamen Portfoliowahl  $(\theta_1, \theta_2)$  beider Banken resultierende Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  entscheidend. Im Rahmen der Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage ist die Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute ausschließlich dann ungleich Null, wenn beide Banken einen positiven Anteil in die riskante Anlage investieren, also  $\theta_1 > 0$  und  $\theta_2 > 0$  gilt.

<sup>243</sup>Die Übereinstimmung des Shapley-Wertes und des Value-at-Risk fußt auf den fehlenden Diversifikationseffekt bei der Portfoliobildung aus einer sicheren und einer riskanten Anlage. S. Kapitel 3.7.6.1.

In diesen Fällen nimmt die Interbanken-Korrelation ungeachtet der konkreten Höhe von  $\theta_1$  und  $\theta_2$  zudem stets ihren Maximalwert in Höhe von  $\rho_{PF_1, PF_2} = 1$  an:

$$\rho_{PF_1, PF_2} = \begin{cases} 0 & \text{für } \theta_1 = 0 \vee \theta_2 = 0 \\ 1 & \text{sonst} \end{cases}.$$

Entsprechend kann auch der Externalitätenterm  $EX$ , welcher dieser Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  eine Risikogröße zuordnet, lediglich zwei verschiedene Werte annehmen. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit sei der Externalitätenterm hier wie folgt gegeben:

$$EX(\theta_1, \theta_2) := EX(\rho_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2)) = \begin{cases} 0 & \text{für } \theta_1=0 \vee \theta_2=0 \\ c & \text{sonst} \end{cases}. \quad (4.4)$$

Das Entscheidungskalkül von Bank 1, welche analog zu Kapitel 3.7.6.2 ihr regulatorisches Kapital minimiert und dabei ausschließlich über ihre eigene Portfoliozusammensetzung  $\theta_1$  bestimmen bzw. optimieren kann, stellt sich formal somit wie folgt dar:

$$\begin{aligned} \min_{\theta_1} RC^1(\theta_1, \theta_2) &= SW^1(\theta_1, \theta_2) + EX(\theta_1, \theta_2) \\ &= VaR_{\alpha}^1(\theta_1) + c \cdot \mathbb{1}_{\theta_1 \cdot \theta_2 > 0} \end{aligned} \quad (4.5)$$

$$\text{NB: } \quad \overline{\theta_1} = 1 \quad .^{244}$$

Im hier betrachteten Modellrahmen ist die Nebenbedingung aufgrund der Festlegung der Portfolioanteile durch  $\theta_{11} = \theta_1$  und  $\theta_{12} = 1 - \theta_1$  bereits in der zu minimierenden Zielfunktion enthalten. Aus der Gestalt der zu minimierenden Zielfunktion ist zudem ersichtlich, dass Bank 1 zur Minimierung des vorzuhaltenden Eigenkapitals wie schon in Kapitel 3.7.6.1, bei dem die Externalitäten noch unberücksichtigt blieben, entweder ausschließlich riskant oder aber ausschließlich risikofrei investieren wird. Ursächlich hierfür ist neben dem bereits erwähnten fehlenden Diversifikationseffekt, welcher bei der Minimierung des Value-at-Risk für das hier betrachteten Portfolio Selection Problem stets Randlösungen induziert, auch das in Formel 4.4 dargestellte sprunghafte Verhalten des Externalitätenterms, welcher die Mindesteigenkapitalanforderung beider Banken ungeachtet der konkreten Höhe des jeweils riskant investierten Anteils um den Betrag  $c$  erhöht, sobald beide Banken riskant investieren. Entsprechend müssen für die Ermittlung des Nash-Gleichgewichtes lediglich die vier

---

<sup>244</sup>Das Entscheidungskalkül von Bank 2 ergibt sich nach analogen Überlegungen.  $\mathbb{1}_X$  bezeichnet die Indikatorfunktion von  $X$  (oftmals auch charakteristische Funktion von  $X$  genannt), welche den Wert Eins annimmt, sobald das Ereignis  $X$  eintritt und ansonsten den Wert Null annimmt.

in Tabelle 4.1 dargestellten Portfoliokombinationen  $(\theta_1, \theta_2)$  mit den jeweils resultierenden Mindesteigenkapitalanforderungen  $RC^1$  bzw.  $RC^2$  betrachtet werden.

| $RC^1 \mid RC^2$ |   | $\theta_2$              |                                            |
|------------------|---|-------------------------|--------------------------------------------|
|                  |   | 0                       | 1                                          |
| $\theta_1$       | 0 | $-r \mid -r$            | $-r \mid VaR_\alpha(R)$                    |
|                  | 1 | $VaR_\alpha(R) \mid -r$ | $VaR_\alpha(R) + c \mid VaR_\alpha(R) + c$ |

Tabelle 4.1: Das regulatorische Kapital  $RC^1$  und  $RC^2$  bei der Portfoliowahl aus einer sicheren und einer riskanten Anlage.<sup>245</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Hieraus folgt unmittelbar Lemma 4.1.

**Lemma 4.1.** *Das Nash-Gleichgewicht  $(\theta_1^*; \theta_2^*)$  des Optimierungsproblems 4.5 ist gegeben durch*

$$(\theta_1^*; \theta_2^*) = \begin{cases} (0; 0) & \text{für } -\infty \leq -r \leq VaR_\alpha(R) \\ \{(1; 0), (0; 1)\} & \text{für } VaR_\alpha(R) < -r < VaR_\alpha(R) + c \\ (1; 1) & \text{für } VaR_\alpha(R) + c \leq -r \leq \infty \end{cases} \quad (4.6)$$

Für den Fall  $-\infty \leq -r \leq VaR_\alpha(R)$  investieren beide Finanzinstitute ausschließlich in die sichere Anlage ( $\theta_1^* = \theta_2^* = 0$ ), da diese einen geringeren Value-at-Risk als die riskante Anlage aufweist und Bank  $i$  bei der Wahl der sicheren Anlage zudem kein zusätzliches Mindesteigenkapital in Gestalt des Externalitätenterms vorhalten muss. Demgegenüber steht der Fall  $VaR_\alpha(R) + c \leq -r \leq \infty$ , in dem beide Finanzinstitute ausschließlich in die riskante Anlage investieren ( $\theta_1^* = \theta_2^* = 1$ ), da der Value-at-Risk der risikofreien Anlage das vorzuhaltende Mindesteigenkapital  $RC^i$  einer Bank  $i$ , welche ausschließlich in die riskante Anlage investiert, selbst dann überschreitet, wenn diese zur Internalisierung der vom Bankensystem verursachten Externalitäten auf die Realwirtschaft zusätzlich zum Value-at-Risk der riskanten Anlage Eigenkapital in Höhe von  $c$  vorhalten muss.<sup>246</sup> In den beiden eben vorgestellten Fällen stimmt insbesondere die Portfoliowahl beider Banken unter einer makroprudentiel-

<sup>245</sup> Aufgrund der Translationsinvarianz und der positiven Homogenität des Value-at-Risk gilt  $VaR(r) = -r$ .

<sup>246</sup> Ob Bank  $i$  bei Investition in die riskante Anlage den Betrag  $c$  zusätzlich zum Value-at-Risk ihres Portfolios vorhalten muss, ist davon abhängig, ob Bank  $j$  ebenfalls riskant investiert (was hier im Nash-Gleichgewicht durch die Wahl von  $\theta_j^* = 1$  der Fall ist) oder nicht.

len Bankenregulierung ( $RC^i = SW^i + EX$ ) stets mit derjenigen unter mikroprudentieller Bankenregulierung ( $RC^i = VaR_\alpha^i$ ) überein.

**Lemma 4.2.** *Das Minimum-Value-at-Risk-Portfolio und somit die optimale Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung im Rahmen der Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage ist gegeben durch*

$$\begin{aligned} \theta^{mikro} &= \arg \min_{\theta} RC^i(\theta) = \arg \min_{\theta} VaR_\alpha^i(\theta) \\ &= \begin{cases} 0 & \text{für } -r \leq VaR_\alpha(R) \\ 1 & \text{für } -r > VaR_\alpha(R) \end{cases} \end{aligned} \quad (4.7)$$

*Beweis.* Der Beweis ist offensichtlich. □

Nichtsdestotrotz führen die beiden Ansätze für den Fall, dass beide Banken ausschließlich in die riskante Anlage investieren ( $\theta_1 = \theta_2 = 1$ ), zu unterschiedlichen Mindesteigenkapitalanforderungen, da die Banken unter makroprudentieller Regulierung nun auch die von ihnen verursachten Externalitäten auf die Realwirtschaft durch eine zusätzliche Eigenkapitalanforderung in Höhe von  $c$  internalisieren.<sup>248</sup>

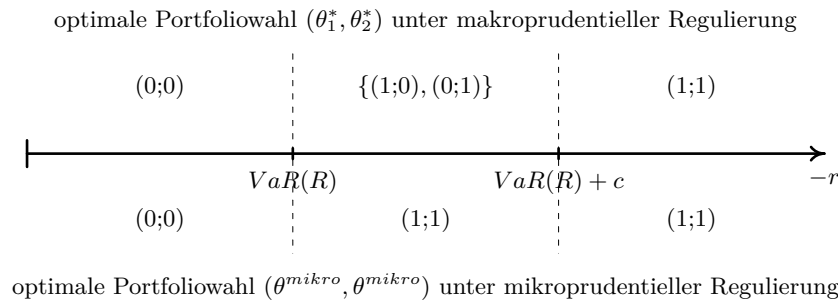


Abbildung 4.1: Optimale Portfoliowahl unter mikroprudentieller und makroprudentieller Regulierung. (Quelle: Eigene Darstellung.)

<sup>247</sup>Offensichtlich impliziert  $VaR_\alpha(R) + c \leq -r$  für  $c > 0$  den Fall  $VaR_\alpha(R) \leq -r$ . Dass beide Banken unter mikroprudentieller Regulierung identische Portfolios wählen und somit  $\theta_1^{mikro} = \theta_2^{mikro} := \theta^{mikro}$  gilt, fußt hingegen darauf, dass die Entscheidungskalküle beider Banken identisch und zudem unabhängig voneinander sind.

<sup>248</sup>Somit erhöht eine makroprudentielle Bankenregulierung aufgrund der erhöhten Mindesteigenkapitalanforderung trotz unveränderter Portfoliowahl auch in diesem Fall die Stabilität des Bankensystems.

Ein Unterschied zwischen der Portfoliowahl unter einer mikroprudentiellen Regulierung und derjenigen unter einer makroprudentiellen Regulierung ergibt sich, wie in Abbildung 4.1 grafisch dargestellt, hingegen für den Fall  $VaR_\alpha(R) < -r < VaR_\alpha(R) + c$ . Während unter der mikroprudentiellen Regulierung beide Banken ausschließlich riskant investieren ( $\theta_1^{mikro} = \theta_2^{mikro} = 1$ ), ist die Portfoliowahl unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung durch eine Diversität gekennzeichnet ( $(\theta_i^*; \theta_j^*) = (0; 1)$ ).<sup>249</sup> Das Bankensystem besteht folglich aus einer Bank, die ausschließlich in die riskante Anlage investiert sowie einer Bank, die ausschließlich in die sichere Anlage investiert. Diese ausschließlich durch die Implementierung einer makroprudentiellen Bankenregulierung erzeugbare Diversität in der Portfoliowahl der Finanzinstitute fußt darauf, dass für Bank  $i$ , gegeben dem Fall, dass Bank  $j$  in die sichere Anlage investiert, die Investition in die riskante Anlage mit einer geringeren Mindesteigenkapitalanforderung einhergeht als die Investition in die sichere Anlage, wohingegen sich diese Relation umkehrt, falls Bank  $j$  bereits in die riskante Anlage investiert. Hier ist die optimale Portfoliowahl von Bank  $i$  aufgrund des implementierten Externalitätenterms also tatsächlich abhängig von der Portfoliowahl von Bank  $j$ .

|                                                                              | $SW^i$          | $EX^i$ | syst. Risiko                  | $VaR_\alpha^i$  |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|-------------------------------|-----------------|
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung ( $RC^i = VaR_\alpha^i$ ) |                 |        |                               |                 |
| $\theta_1^{mikro} = 1$                                                       | $VaR_\alpha(R)$ | $c$    | $2 \cdot (VaR_\alpha(R) + c)$ | $VaR_\alpha(R)$ |
| $\theta_2^{mikro} = 1$                                                       | $VaR_\alpha(R)$ |        |                               | $VaR_\alpha(R)$ |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung ( $RC^i = SW^i + EX$ )    |                 |        |                               |                 |
| $\theta_i^* = 1$                                                             | $VaR_\alpha(R)$ | $0$    | $VaR_\alpha(R) - r$           | $VaR_\alpha(R)$ |
| $\theta_j^* = 0$                                                             | $-r$            |        |                               | $-r$            |

Tabelle 4.2: Portfoliowahl der Banken bei einer sicheren und einer riskanten Anlage unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung für den Fall  $VaR_\alpha(R) < -r < VaR_\alpha(R) + c$ . (Quelle: Eigene Darstellung.)

Tabelle 4.2 ist zu entnehmen, welche Risiken sich auf systemischer und auf individueller Ebene im Rahmen einer mikro- bzw. makroprudentiellen Bankenregulierung für den Fall  $VaR_\alpha(R) < -r < VaR_\alpha(R) + c$  ergeben. Der wesentliche Unterschied zwischen der Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung und derjenigen unter makroprudentieller Regulierung liegt darin, dass die Banken aufgrund der durch die makroprudentielle Regu-

<sup>249</sup>Für den Fall  $VaR_\alpha(R) \neq -r$  ist ausschließlich die makroprudentielle Bankenregulierung in der Lage, eine Diversität bzgl. der Portfoliowahl der Banken zu erzeugen, wohingegen unter mikroprudentieller Regulierung beide Banken aufgrund der identischen und unabhängigen Entscheidungskalküle stets identische Portfolios wählen.

lierung erzeugten Diversität in ihrer Portfoliowahl, welche zu einer Korrelation in Höhe von  $\rho_{PF_1, PF_2} = 0$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken führt, keine zusätzlichen Risiken außerhalb des Bankensystems verursachen und infolgedessen auch keinen zusätzlichen Eigenkapitalbetrag in Höhe von  $c$  vorhalten müssen. Dies führt relativ zur mikroprudentiellen Regulierung letztendlich zu einer Senkung des systemischen Risikos im Umfang von  $VaR_\alpha(R) + 2 \cdot c + r > 0$ . An dieser Stelle wird nochmals deutlich, inwiefern eine mikroprudentielle Bankenregulierung zu einer exzessiven Aufnahme von Risiken auf systemischer Ebene führen kann. Während Bank  $i$  unter einer mikroprudentiellen Regulierung einen Beitrag zum systemischen Risiko in Höhe von  $SV^i + EX = VaR_\alpha(R) + c$  besitzt, bemisst sich ihr regulatorisches Kapital ausschließlich auf ihr individuelles Risiko, welches im Rahmen der Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage ihren Beitrag zum Risiko des Bankensystems entspricht, in Höhe von  $VaR_\alpha(R)$ , sodass die Banken nicht sämtliche von ihnen verursachten Risiken internalisieren. Spiegelbildlich hierzu erhöht sich unter einer makroprudentiellen Regulierung das individuelle Risiko derjenigen Bank, welche zur Erzeugung einer Diversität in der Portfoliowahl und letztendlich zur Milderung des systemischen Risikos in die sichere Anlage investiert.<sup>250</sup>

#### 4.1.2.2 Portfoliowahl bei zwei riskanten Anlage

##### 4.1.2.2.1 Grundlagen

Wie in Kapitel 3.7.6.2 stehen beiden Banken nun zwei riskante Anlagen zur Verfügung, deren Rückflüsse  $(A_1, A_2)$  bivariat normalverteilt sind:

$$\begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \text{mit } \boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_{A_1} \\ \mu_{A_2} \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_{A_1}^2 & \sigma_{A_1, A_2} \\ \sigma_{A_1, A_2} & \sigma_{A_2}^2 \end{pmatrix} .$$

Der Rückfluss  $A_i$  pro in Anlage  $i$  investierter Geldeinheit ist somit normalverteilt mit den Parametern  $\mu_{A_i}$  und  $\sigma_{A_i}^2$ . Erneut investieren beide Banken insgesamt jeweils eine Geldeinheit, wobei  $\theta_i$  hier den von Bank  $i$  investierten Anteil in die riskante Anlage 1 angibt. Wie in Kapitel 3.7.6.2 erörtert, ist der Portfoliorückfluss  $X^i$  von Bank  $i$  ebenfalls normalverteilt mit den Parametern  $\mu_{PF_i}$  und  $\sigma_{PF_i}^2$ :

<sup>250</sup>Da die Erhöhung des individuellen Risikos im Rahmen der Portfoliowahl bei einer sicheren und einer riskanten Anlage gleichzusetzen ist mit der Erhöhung des Beitrages einer Bank zum Risiko des Bankensystems, lassen sich die in Tabelle 4.2 aufgeführten Änderungen der Risiken auf systemischer bzw. individueller Ebene auch dahingehend interpretieren, dass das systemische Risiko unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung verstärkt im Bankensystem verbleibt und somit einer exzessiven Risikoaufnahme der Banken auf Kosten der Realwirtschaft entgegengewirkt wird.

$$X^i \sim N\left(\mu_{PF_i}, \sigma_{PF_i}^2\right)$$

$$\text{mit } \mu_{PF_i}(\theta_i) := \mu(X^i) = \theta_i \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2}) + \mu_{A_2} \quad (4.8)$$

$$\text{und } \sigma_{PF_i}^2(\theta_i) := \sigma^2(X^i) = \theta_i^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_i \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c} \quad .$$

Auch die Formel für den Shapley-Wert einer Bank, im Folgenden Bank 1, ist bereits aus Kapitel 3.7.6.2 bekannt:

$$SW^1(\theta_1, \theta_2) = -\mu_{PF_1}(\theta_1) - \frac{\Phi^{-1}(\alpha)}{2} \cdot \left( \sigma_{PF_1}(\theta_1) + \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2) - \sigma_{PF_2}(\theta_2) \right) \quad . \quad (4.9)$$

Aufgrund der Berücksichtigung der von den Banken verursachten Externalitäten auf die Realwirtschaft stellt sich das Entscheidungskalkül von Bank 1, welche ihr regulatorisches Kapital minimiert und dabei ausschließlich über ihre eigene Portfoliozusammensetzung  $\theta_1$  bestimmen bzw. optimieren kann, formal wie folgt dar:

$$\begin{aligned} \min_{\theta_1} RC^1(\theta_1, \theta_2) &= SW^1(\theta_1, \theta_2) + EX(\theta_1, \theta_2) \\ \text{NB: } \bar{\theta}_1 &= 1 \end{aligned} \quad .^{251} \quad (4.10)$$

Im hier betrachteten Modellrahmen ist die Nebenbedingung aufgrund der Festlegung der Portfolioanteile durch  $\theta_{11} = \theta_1$  und  $\theta_{12} = 1 - \theta_1$  bereits in der zu minimierenden Zielfunktion berücksichtigt. Die Minimierung der Zielfunktion führt zu folgender Bedingung erster Ordnung:

$$\begin{aligned} \frac{\partial RC^1(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} &= \frac{\partial (SW^1(\theta_1, \theta_2) + EX(\theta_1, \theta_2))}{\partial \theta_1} \stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow \frac{\partial SW^1(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} &= -\frac{\partial EX(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \quad . \end{aligned} \quad (4.11)$$

Die linke Seite der Gleichung repräsentiert dabei die Änderung des Risikobeitrages von Bank 1 zum Risiko des Bankensystems, gemessen durch den Shapley-Wert  $SW^1$ , wohingegen die rechte Seite der Gleichung die Änderung des Risikobeitrages von Bank 1 zum Risiko außerhalb des Bankensystems, gemessen durch den Externalitätenterm  $EX$ , erfasst, falls Bank 1 den in Anlage 1 investierten Anteil  $\theta_1$  marginal erhöht.

---

<sup>251</sup>Das Entscheidungskalkül von Bank 2 ergibt sich nach analogen Überlegungen.

Die Ableitung des Shapley-Wertes  $SW^1$  nach  $\theta_1$  ist für den Fall der Normalverteilung bereits aus Kapitel 3.7.6.2 bekannt:

$$\frac{\partial SW^1(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} = -\frac{\partial \mu_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} - \frac{\Phi^{-1}(\alpha)}{2} \cdot \left( \frac{\partial \sigma_{PF_1}(\theta_1)}{\partial \theta_1} + \frac{\partial \sigma_{System}(\theta_1, \theta_2)}{\partial \theta_1} \right) . \quad (4.12)$$

Die jeweilige Ableitung der einzelnen Parameter nach  $\theta_1$  ist dabei durch Formel 3.57 gegeben. Der Verlauf des Externalitätenterms  $EX$  in Abhängigkeit von  $\theta_1$  ist hingegen wesentlich komplexer. Der Zusammenhang zwischen der Portfoliowahl  $(\theta_1, \theta_2)$  und der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken, welche die Höhe des Externalitätenterms determiniert, ist gegeben durch

$$\begin{aligned} \rho_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2) &= \frac{\sigma_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2)}{\sigma_{PF_1}(\theta_1) \cdot \sigma_{PF_2}(\theta_2)} \\ \text{mit } \sigma_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2) &= \theta_1 \cdot (\theta_2 \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b}) + \theta_2 \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c} \\ \text{und } \sigma_{PF_i}^2(\theta_i) &= \theta_i^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_i \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c} \end{aligned} \quad (4.13) \quad .^{252}$$

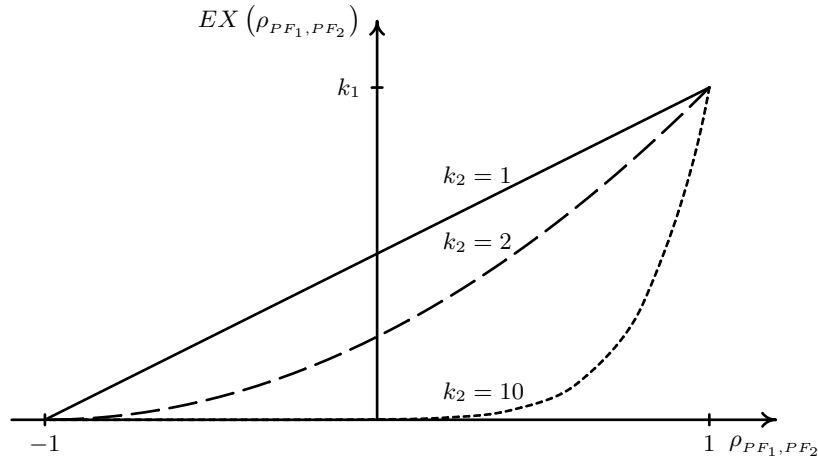


Abbildung 4.2: Funktionaler Verlauf des Externalitätenterms  $EX(\rho_{PF_1, PF_2})$ . (Quelle: Eigene Darstellung.)

Durch den Externalitätenterm  $EX$  erfolgt die in Kapitel 4.1.1 beschriebene Transformation dieser Interbanken-Korrelation in eine Risikogröße. Der formale Zusammenhang sei dabei im hier betrachteten Modellrahmen wie folgt gegeben:

<sup>252</sup>Die Größe  $\sigma_{PF_1, PF_2}$  bezeichnet die Kovarianz zwischen den Portfoliorückflüssen beider Finanzinstitute, die Größe  $\sigma_{A_1, A_2} = \rho \cdot \sigma_{A_1} \cdot \sigma_{A_2}$  hingegen die Kovarianz zwischen Anlage 1 und Anlage 2.

$$EX(\theta_1, \theta_2) = k_1 \cdot \left( \frac{1 + \rho_{PF_1, PF_2}(\theta_1, \theta_2)}{2} \right)^{k_2}. \quad (4.14)$$

Eine grafische Darstellung des Verlaufs des Externalitätenterms für verschiedene Parameterkonstellationen  $(k_1, k_2)$  in Abhängigkeit der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken liefert Abbildung 4.2. Die Parameter  $k_1$  und  $k_2$  ermöglichen die Abbildung verschiedener Verläufe des Externalitätenterms in Abhängigkeit von der Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$ . Während durch den Parameter  $k_1$  die (für  $\rho_{PF_1, PF_2} = 1$  erreichte) maximale Höhe des Strafterms festgesetzt wird, dient der Parameter  $k_2$  als Maß für die Konvexität des Externalitätenterms bzgl. der Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  bzw. der hier verwendeten Verzerrungsfunktion  $g(y) = \left( \frac{1+y}{2} \right)^{k_2}$ .

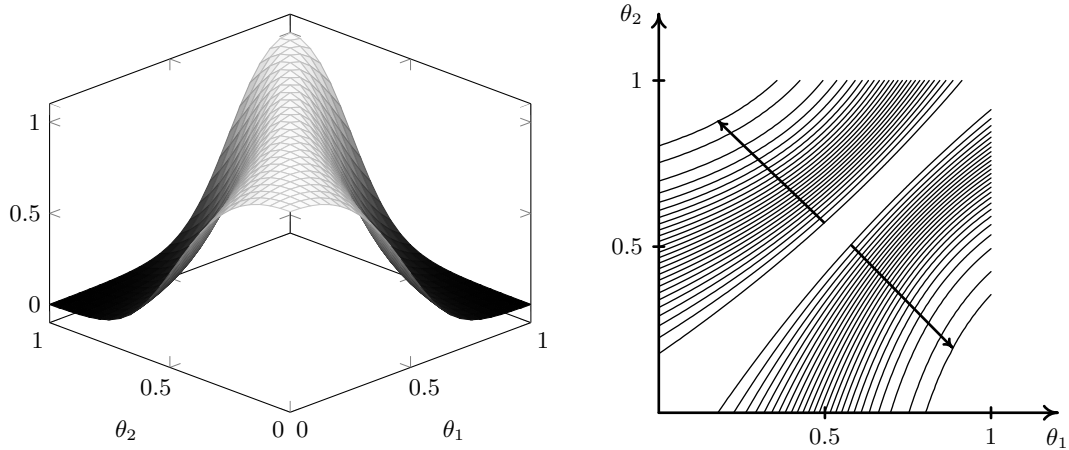


Abbildung 4.3: Abhängigkeit des Externalitätenterms  $EX$  von der Portfoliowahl  $(\theta_1; \theta_2)$  beider Banken.<sup>253</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 4.3 stellt den typischen Verlauf des Externalitätenterms in Abhängigkeit von der Portfoliowahl  $(\theta_1; \theta_2)$  beider Banken grafisch dar. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, nimmt der Externalitätenterm seinen Maximalwert in Höhe von  $k_1$  immer dann an, wenn die Portfoliowahl beider Banken identisch ist ( $\theta_1 = \theta_2$ ). Hingegen wird der Minimalwert für den Fall angenommen, dass beide Banken ausschließlich in eine, nicht aber die identische Anlage investieren ( $\theta_1 \in \{0; 1\}$  und  $\theta_2 = 1 - \theta_1$ ). Zudem verdeutlicht die Abbildung, dass aus der Konvexität des Externalitätenterms bzgl. der Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  nicht auf die Konvexität bzgl.  $\theta_1$  oder  $\theta_2$  geschlossen werden kann, da der Einfluss der gemeinsamen Portfoliowahl beider Banken auf die Interbanken-Korrelation gemäß Formel

<sup>253</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15. Die Pfeile im Höhenlinien-Diagramm geben die Abstiegsrichtung an.

4.13 kein monotoner ist.

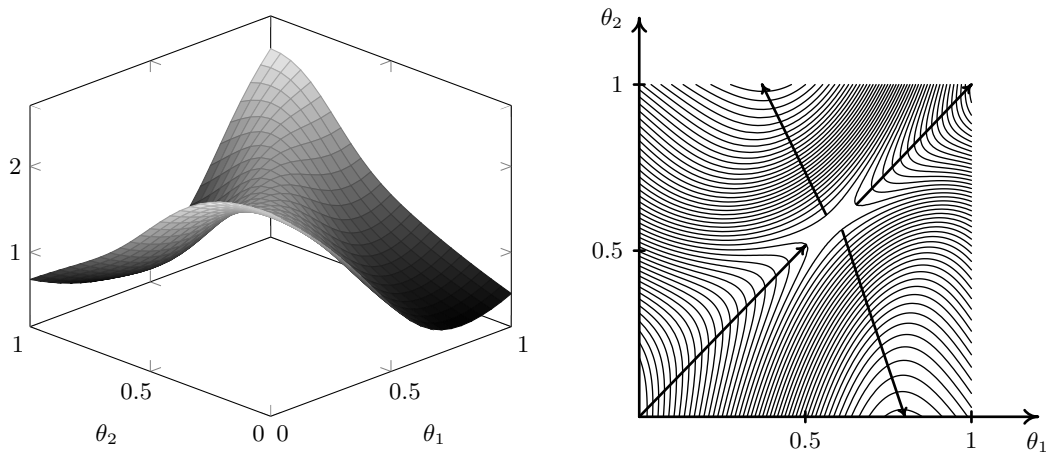


Abbildung 4.4: Abhängigkeit des Beitrages von Bank 1 zum systemischen Risiko von der Portfoliowahl  $(\theta_1; \theta_2)$  beider Banken.<sup>254</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 4.4 stellt den typischen Verlauf des gesamten Beitrages von Bank 1 zum systemischen Risiko in Abhängigkeit von der Portfoliowahl  $(\theta_1; \theta_2)$  beider Banken grafisch dar. Ein Vergleich mit Abbildung 3.6, welche eine grafische Darstellung des typischen Verlaufs des Beitrages  $SW^1$  von Bank 1 zum Risiko des Bankensystems bzw. des Beitrages von Bank 1 zum gesamten systemischen Risiko für den Spezialfall  $k_1 = 0$  liefert, zeigt, dass infolge der Berücksichtigung der Risiken außerhalb des Bankensystems nun die durch eine Diversität charakterisierten Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  aufgrund des mit ihnen einhergehenden geringen systemischen Risikos zu vergleichsweise geringen Eigenkapitalanforderungen führen. Hingegen geht die Wahl identischer Portfolios aufgrund der sich hieraus ergebenden starken Verflechtung zwischen beiden Finanzinstituten stets mit einem hohen systemischen Risiko einher.

Wie schon in Kapitel 3.7.6.2, in dem der Externalitätenterm noch keine Berücksichtigung erfuhr, ist eine Auflösung der Bedingung erster Ordnung nach  $\theta_1$  und somit der Erhalt einer expliziten Darstellung der Reaktionsfunktionen beider Banken nicht möglich.<sup>255</sup> Die Reaktionsfunktionen  $\theta_i^*(\theta_j)$  der Banken sind also erneut lediglich implizit gegeben:

<sup>254</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15. Die Pfeile im Höhenlinien-Diagramm geben die Abstiegsrichtung an.

<sup>255</sup>Aufgrund dessen wird an dieser Stelle auch auf die formale Darstellung der Ableitung des Externalitätenterms  $EX^1$  nach dem riskant investierten Anteil  $\theta_1$  verzichtet, da diese mit keinem Erkenntnisgewinn einhergeht.

$$\begin{aligned}\theta_1^*(\theta_2) &= \arg \min_{\theta_1} RC^1(\theta_1, \theta_2) = \arg \min_{\theta_1} SW^1(\theta_1, \theta_2) + EX(\theta_1, \theta_2) \quad , \\ \theta_2^*(\theta_1) &= \arg \min_{\theta_2} RC^2(\theta_1, \theta_2) = \arg \min_{\theta_2} SW^2(\theta_1, \theta_2) + EX(\theta_1, \theta_2) \quad .\end{aligned}$$

Da sich der ausschließlich implizit definierten Reaktionsfunktionen bedingt auch keine explizite Darstellung des Nash-Gleichgewichtes herleiten lässt, wird im weiteren Verlauf der Arbeit regelmäßig auf die Betrachtung geeigneter Parameterkonstellationen zur Verdeutlichung der Mechanismen einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung sowie zur Darlegung der Implikationen für die Portfoliowahl und die Entwicklung der Risiken auf individueller bzw. systemischer Ebene zurückgegriffen. Die beiden zur Verfügung stehenden riskanten Anlagen seien daher im Folgenden zunächst durch eine bivariate Normalverteilung mit folgender Parametrisierung gegeben:

$$\begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \text{mit } \boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} 1^2 & 0 \\ 0 & 1,5^2 \end{pmatrix} \quad . \quad (4.15)$$

Anlage 2 besitzt somit einen höheren erwarteten Rückfluss, dem allerdings eine höhere Standardabweichung gegenübersteht.<sup>256</sup> Die angenommene Unabhängigkeit zwischen den Rückflüssen beider Anlagen erlaubt die Erzeugung von Diversifikationseffekten.

#### 4.1.2.2.2 Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung

Der Verlauf der durch die Formel 4.11 implizit definierten Reaktionsfunktionen  $\theta_1^*(\theta_2)$  und  $\theta_2^*(\theta_1)$  hängt von der konkreten Ausgestaltung des Externalitätenterms, also der Wahl der Parameter  $k_1$  und  $k_2$ , ab.<sup>257</sup> Hierbei führt der in Kapitel 3.7.6.2 bereits ausführlich erörterte und in Abbildung 4.5 grafisch dargestellte Fall  $k_1 = 0$  zum Nash-Gleichgewicht  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (0,58; 0,58)$  und somit zur Wahl des Minimum-Value-at-Risk-Portfolios durch beide Banken. Es lässt sich also eine Konvergenz der Portfoliowahl unter makroprudentieller Bankenregulierung gegen die Portfoliowahl unter mikroprudentieller Bankenregulierung für den Fall beobachten, dass der gemeinsame Ausfall beider Banken zu keinen Externalitäten für die Realwirtschaft führt und das im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung adressierte systemische Risiko daher einzig und allein aus dem Risiko des Bankensystems besteht.<sup>258</sup>

<sup>256</sup>Aufgrund der höheren Standardabweichung wird Anlage 2 im Folgenden auch als die riskantere Anlage bezeichnet.

<sup>257</sup>Es sei an dieser Stelle nochmals erwähnt, dass die korrekte Bestimmung des Externalitätenterms eine empirische Fragestellung darstellt.

<sup>258</sup>Eine solche Konvergenz lässt sich freilich auch dann feststellen, wenn der gemeinsame Ausfall von Banken zwar zusätzliche Externalitäten auf die Realwirtschaft verursacht, die Bankenaufsicht aber ungeachtet

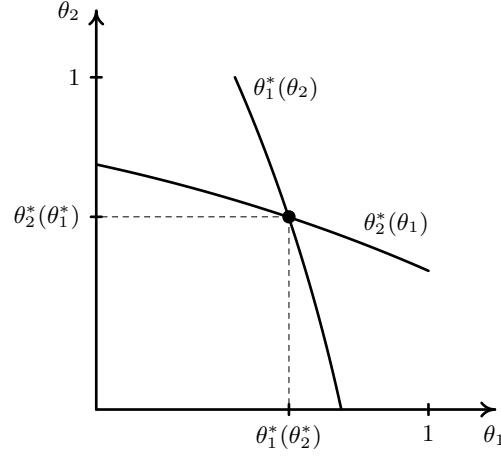


Abbildung 4.5: Verlauf der Reaktionsfunktionen  $\theta_1^*(\theta_2)$  und  $\theta_2^*(\theta_1)$  für den Fall  $k_1 = 0$ .  
(Quelle: Eigene Darstellung.)

Lemma 4.3 zeigt die Eigenschaften des Minimum-Value-at-Risk-Portfolios auf.

**Lemma 4.3.** Für  $\mu_{A_1} < \mu_{A_2}$  und  $\sigma_{A_1} < \sigma_{A_2}$  sowie  $|\rho| < 1$  und  $\alpha < \Phi\left(\frac{\sqrt{c}}{b} \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2})\right)$  gilt:

i) Das Minimum-Value-at-Risk-Portfolio  $\theta^{mikro}$  ergibt sich formal durch

$$\begin{aligned} \theta^{mikro} &= \arg \min_{\theta} VaR_{\alpha}^i(\theta) \\ &= -\frac{b}{a} - \sqrt{\left(\frac{b}{a}\right)^2 - \frac{b^2 - t^2 \cdot c}{a^2 - a \cdot t^2}} \\ \text{mit } t &= \frac{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}{-\Phi^{-1}(\alpha)} \end{aligned} \quad (4.16)$$

ii) Bei Konvergenz des Konfidenzniveaus gegen 100% konvergiert das Minimum-Value-at-Risk-Portfolio gegen das Minimum-Varianz-Portfolio:

$$\theta^{mikro} \rightarrow \theta_{\sigma_{min}^2} = -\frac{b}{a} \quad \text{für } 1 - \alpha \rightarrow 1 \quad (4.17)$$

iii) Mit fallendem Konfidenzniveau erhöht sich der in Anlage 2 investierte Anteil:

$$\frac{\partial \theta^{mikro}}{\partial \alpha} < 0 \quad (4.18)$$

---

dessen  $k_1 = 0$  setzt und somit das systemische Risiko nicht im vollen Umfang regulatorisch erfasst.

iv) Unter dem kleinst möglichen Konfidenzniveau wird dem höheren erwarteten Rückfluss bedingt ausschließlich in Anlage 2 investiert:

$$\theta^{mikro} \rightarrow 0 \quad \text{für} \quad \alpha \rightarrow \Phi \left( \frac{\sqrt{c}}{b} \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2}) \right) . \quad (4.19)$$

*Beweis.* Zu i): Der Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  in Abhängigkeit von der Portfoliowahl  $\theta$  ist gegeben durch

$$VaR_\alpha(\theta) = - \left( \theta \cdot \mu_{A_1} + (1 - \theta) \cdot \mu_{A_2} \right) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sqrt{\theta^2 \cdot a + 2 \cdot \theta \cdot b + c} . \quad (4.20)$$

Die Bedingung erster Ordnung für das Minimum-Value-at-Risk Portfolio lautet somit

$$\frac{\partial VaR_\alpha(\theta)}{\partial \theta} = - \left( \mu_{A_1} - \mu_{A_2} \right) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \frac{\theta \cdot a + b}{\sqrt{\theta^2 \cdot a + 2 \cdot \theta \cdot b + c}} \stackrel{!}{=} 0 . \quad (4.21)$$

Das Auflösen nach  $\theta$  ergibt das Minimum-Value-at-Risk Portfolio  $\theta^{mikro}$ :

$$\theta^{mikro} = -\frac{b}{a} - \sqrt{\left(\frac{b}{a}\right)^2 - \frac{b^2 - t^2 \cdot c}{a^2 - a \cdot t^2}} \quad (4.22)$$

mit  $t = \frac{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}{-\Phi^{-1}(\alpha)} .$

Zu ii): Für  $\alpha \rightarrow 0$  gilt  $-\Phi^{-1}(\alpha) \rightarrow \infty$  und somit  $t \rightarrow 0$ . Folglich gilt  $\theta^{mikro} \rightarrow -\frac{b}{a} = \theta_{\sigma^2_{min}}^{260}$ .

Zu iii): Es lässt sich festhalten, dass die Ableitung des Minimum-Value-at-Risk Portfolios nach  $t$  stets negativ ist:

---

<sup>259</sup>Das von Regulierer vorgegebene Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  muss somit groß genug sein (bei der durch Formel 4.15 gegebenen Parametrisierung  $1 - \alpha \geq 0,75$ ), damit der Wurzelausdruck in Formel 4.16 positiv ist und das Minimum-Value-at-Risk-Portfolio somit existiert.

<sup>260</sup>Der Beweis, dass  $\theta_{\sigma^2_{min}} = -\frac{b}{a}$  tatsächlich das Minimum-Varianz-Portfolio darstellt, findet sich im folgenden Kapitel.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \theta^{mikro}}{\partial t} &= \frac{t \cdot a \cdot (c \cdot a - b^2)}{\sqrt{\left(\frac{b}{a}\right)^2 - \frac{b^2 - t^2 \cdot c}{a^2 - t^2 \cdot a} \cdot (a^2 - t^2 \cdot a)^2}} \\
 &= \frac{t \cdot a \cdot (\sigma_{A_1}^2 \cdot \sigma_{A_2}^2 \cdot (1 - \rho)^2)}{\sqrt{\left(\frac{b}{a}\right)^2 - \frac{b^2 - t^2 \cdot c}{a^2 - t^2 \cdot a} \cdot (a^2 - t^2 \cdot a)^2}} \quad (4.23) \\
 &< 0
 \end{aligned}$$

Da offenbar auch  $\frac{\partial t}{\partial \alpha} > 0$  gilt, erhält man  $\frac{\partial \theta^{mikro}}{\partial \alpha} < 0$ .

Zu *iv*): Einsetzen von  $\alpha = \Phi\left(\frac{\sqrt{c}}{b} \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2})\right)$  in Formel 4.16 führt zu  $\theta^{mikro} = 0$ .  $\square$

#### 4.1.2.2.3 Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung

Falls der gemeinsame Ausfall beider Finanzinstitute allerdings Externalitäten auf die Realwirtschaft verursacht und diese in Form der Implementierung eines Externalitätenterms auch regulatorisch adäquat erfasst werden, so müssen die Banken bei ihrer Portfoliowahl ihren Beitrag zum Risiko des Bankensystems gegen ihren Beitrag zum Risiko außerhalb des Bankensystems abwägen.<sup>261</sup> Ein solches Abwägen beider Risikogrößen hat zur Folge, dass die Portfoliowahl der Banken im Nash-Gleichgewicht zur Senkung der Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  und somit zur Begrenzung der Risiken außerhalb des Bankensystems eine Diversität aufweist. Die Erzeugung der Diversität geht dabei im Vergleich zur optimalen Portfoliowahl unter einer mikroprudentiellen Bankenregulierung mit einer Erhöhung der individuellen Risiken beider Finanzinstitute infolge einer verringerten Diversifikation ihrer Portfoliorückflüsse einher. Nichtsdestotrotz werden beide Finanzinstitute ihre Portfoliorückflüsse zur Begrenzung der im Bankensystem befindlichen Risiken moderat diversifizieren. Abbildung 4.6 verdeutlicht die im Nash-Gleichgewicht resultierende Portfoliowahl unter einer makroprudentiellen Regulierung anhand des Verlaufes der Reaktionsfunktionen  $\theta_1^*(\theta_2)$  und  $\theta_2^*(\theta_1)$  für den Fall  $k_1 = 1$  und  $k_2 = 10$  sowie der durch Formel 4.15 gegebenen Parametrisierung.

<sup>261</sup>Diese Überlegungen verdeutlichen nochmals, dass die Notwendigkeit und der Mehrwert einer makroprudentiellen Regulierung des Bankensystems in der Querschnittsdimension nur dann gegeben ist, wenn Beweggründe für die regulatorische Erfassung der Interdependenzen zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute existieren.

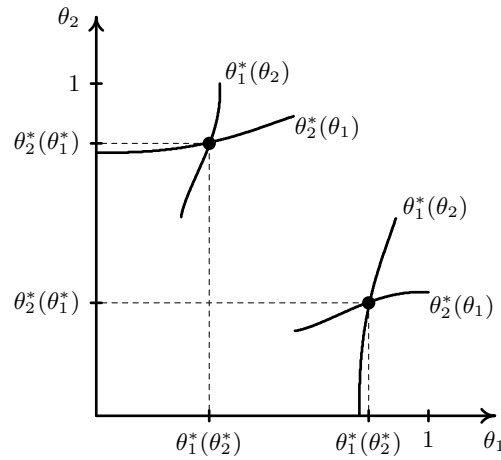


Abbildung 4.6: Verlauf der Reaktionsfunktionen  $\theta_1^*(\theta_2)$  und  $\theta_2^*(\theta_1)$  für den Fall  $k_1 = 1$  und  $k_2 = 10$ . (Quelle: Eigene Darstellung.)

Wie die Verläufe der in Abbildung 4.6 dargestellten Reaktionsfunktionen zeigen, investiert Bank 1 zur Minimierung ihres Beitrages zum systemischen Risiko einen geringen Anteil  $\theta_1$  in die riskante Anlage 1, falls Bank 2 einen hohen Anteil  $\theta_2$  in die riskante Anlage 1 investiert et vice versa. Die Nash-Gleichgewichte, die in Abbildung 4.6 durch die Schnittpunkte der Reaktionsfunktionen  $\theta_1^*(\theta_2)$  und  $\theta_2^*(\theta_1)$  dargestellt sind, lauten im Zahlenbeispiel  $(\theta_i^*; \theta_j^*) = (0,82; 0,34)$ . Die für die gegebene Parametrisierung resultierenden Risiken auf systemischer und auf individueller Ebene im Rahmen einer mikro- bzw. makroprudentiellen Bankenregulierung sind Tabelle 4.3 zu entnehmen.

|                                                                              | $SW^i$ | $EX^i$ | syst. Risiko | $VarR_\alpha^i$ |
|------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------------|-----------------|
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung ( $RC^i = VaR_\alpha^i$ ) |        |        |              |                 |
| $\theta_1^{mikro} = 0,58$                                                    | 0,57   | 1,00   | 3,14         | 0,57            |
| $\theta_2^{mikro} = 0,58$                                                    | 0,57   |        |              | 0,57            |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung ( $RC^i = SW^i + EX^i$ )  |        |        |              |                 |
| $\theta_i^* = 0,82$                                                          | 0,60   | 0,11   | 1,37         | 0,83            |
| $\theta_j^* = 0,34$                                                          | 0,55   |        |              | 0,78            |

Tabelle 4.3: Portfoliowahl der Banken bei zwei riskanten Anlage unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung für den Fall  $k_1 = 1$  und  $k_2 = 10$ . (Quelle: Eigene Darstellung.)

Tabelle 4.3 zeigt, dass eine makroprudentielle Bankenregulierung auch bei der Portfolio-

wahl aus zwei riskanten Anlagen zu einer erheblichen Senkung des systemischen Risikos führt. Zurückzuführen ist dies auf die Verringerung der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und der damit einhergehenden Senkung der Risiken außerhalb des Bankensystems.<sup>262</sup> Hingegen erhöht sich, anders als in Kapitel 4.1.2.1, bei der hier betrachteten Portfoliowahl (zwei riskante Anlagen statt einer sicheren und einer riskanten Anlage) das Risiko des Bankensystems beim Übergang von einer mikroprudentiellen Bankenregulierung hin zu einer makroprudentiellen Bankenregulierung nicht. Ursächlich hierfür ist die durch die Betrachtung zweier riskanter Anlagen gegebene Möglichkeit der Erzeugung von Diversifikationseffekten in Verbindung mit der Messung der im Bankensystem befindlichen Risiken durch den systemischen Value-at-Risk gemäß Formel 3.35 und dessen am Ende von Kapitel 3.7.6 bereits erörterten Eigenschaft der Unabhängigkeit bzgl. der exakten Höhe des jeweils in die riskante Anlage 1 investierten Anteils  $\theta_1$  bzw.  $\theta_2$ , sobald der investierte Gesamtbetrag  $\theta_S = \theta_1 + \theta_2$  konstant gehalten wird.<sup>263</sup> Wiederum im Einklang mit den gewonnenen Erkenntnissen aus Kapitel 4.1.2.1 ist hingegen der signifikante Anstieg der individuellen Risiken der Portfolios beider Finanzinstitute.

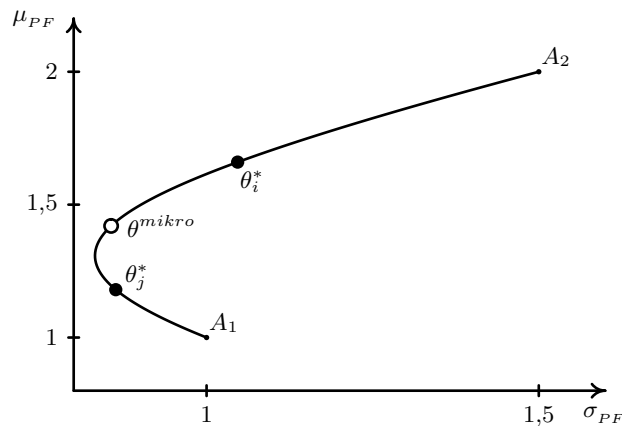


Abbildung 4.7: Die Lage der optimalen Portfolios unter mikro- und makroprudentieller Regulierung im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Im Folgenden soll die Betrachtung der optimalen Portfoliowahl unter mikro- und makropru-

<sup>262</sup>Während unter mikroprudentieller Regulierung beide Banken wie schon in Kapitel 4.1.2.1 aufgrund der identischen und unabhängigen Entscheidungskalküle stets das identische Portfolio  $\theta_1^{mikro} = \theta_2^{mikro} := \theta^{mikro}$  wählen und dies stets zu einer Interbanken-Korrelation in Höhe von  $\rho_{PF_1, PF_2} = 1$  führt, führt eine makroprudentielle Regulierung bei der betrachteten Parametrisierung im Nash-Gleichgewicht zu  $\rho_{PF_1, PF_2} = 0,60$ .

<sup>263</sup>Wie Tabelle 4.3 zu entnehmen ist, gilt  $\theta_S^{mikro} = \theta_1^{mikro} + \theta_2^{mikro} = 1,16 = \theta_1^* + \theta_2^* = \theta_S^*$ . Der in Anlage 1 investierte Gesamtbetrag  $\theta_S$  des Bankensystems bleibt somit beim Übergang von einer mikroprudentiellen Bankenregulierung hin zu einer makroprudentiellen Bankenregulierung ebenso unverändert wie der systemische Value-at-Risk.

dentieller Bankenregulierung anhand Abbildung 4.7 nochmals grafisch im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm erfolgen. Der weiß gefüllte Punkt repräsentiert die für beide Banken identische, optimale Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung. Für  $\theta_i^{mikro} = 0,58$  resultiert hier ein erwarteter Portfoliorückfluss in Höhe von  $\mu_{PF} = 1,42$  bei einer Standardabweichung von  $\sigma_{PF} = 0,86$ . Die schwarz gefüllten Punkte hingegen repräsentieren die durch eine Diversität charakterisierte Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung im Nash-Gleichgewicht. Für  $\theta_i^* = 0,82$  resultiert hier ein erwarteter Portfoliorückfluss in Höhe von  $\mu_{PF} = 1,18$  bei einer Standardabweichung von  $\sigma_{PF} = 0,86$ , wohingegen sich der erwartete Portfoliorückfluss für  $\theta_j^* = 0,34$  auf  $\mu_{PF} = 1,66$  bei einer Standardabweichung von  $\sigma_{PF} = 1,05$  beläuft.

Eine genauere Betrachtung erfordert an dieser Stelle die Portfoliowahl  $\theta_i^* = 0,82$ . Wie Abbildung 4.7 zeigt, handelt es sich hierbei um ein Portfolio, welches nicht  $(\mu, \sigma)$ -effizient<sup>264</sup> ist, sodass eine alternative Portfoliowahl existiert, durch die bei einer identischen Standardabweichung in Höhe von  $\sigma_{PF} = 0,86$  ein höherer erwarteter Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  erzielt wird.<sup>265</sup> Dass dieses Portfolio im Nash-Gleichgewicht nichtsdestotrotz von Bank  $i$  gewählt wird, liegt darin begründet, dass bei gegebener Portfoliowahl  $\theta_j^* = 0,34$  von Bank  $j$  (der Wahl eines  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios bzw. der Wahl eines Portfolios auf dem oberen Ast der Hyperbel) die Portfoliowahl  $\theta_i^* = 0,82$  von Bank  $i$  (die Wahl eines nicht  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios bzw. die Wahl eines Portfolios auf dem unteren Ast der Hyperbel) zu einer vergleichsweise geringen Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und somit zu einem geringen Risiko außerhalb des Bankensystems führt, infolgedessen das von Bank  $i$  vorzuhaltende Mindesteigenkapital auch aufgrund der immer noch moderaten Diversifikation des Portfolios minimiert wird. Der Begriff der  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios bedarf im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung somit einer Erweiterung, welche in Kapitel 4.1.2.3 vorgenommen wird.

Zusammenfassend und zum tieferen Verständnis charakterisieren Lemma 4.4 sowie Abbildung 4.8 die Portfoliowahl unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung nochmals in Abhängigkeit von der Gestalt des systemischen Risikos.

**Lemma 4.4.** *Die optimale Portfoliowahl der Banken im Nash-Gleichgewicht unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung (die Lösung des Optimierungsproblems 4.10) ...*

a) *ist für den Grenzfall  $c = 0$  gegeben durch  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (\theta^{mikro}; \theta^{mikro})$ ;*

b) *konvergiert für den Grenzfall  $c \rightarrow \infty$  gegen  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = \{(0;1), (1;0)\}$ ;*

<sup>264</sup>Da hier offensichtlich Portfolios und nicht einzelne Anlagen Gegenstand der Betrachtung sind, wird der Begriff  $(\mu, \sigma)$ -effizient anstatt  $(\mu_{PF}, \sigma_{PF})$ -effizient verwendet. Für die formale Definition  $(\mu, \sigma)$ -effizienter Portfolios nach MARKOWITZ (1952) sei auf Kapitel 4.1.2.3 verwiesen.

<sup>265</sup>So führt die Portfoliowahl  $\theta = 0,57$  bei einer Standardabweichung von  $\sigma_{PF} = 0,86$  zu einem erwarteten Portfoliorückfluss in Höhe von  $\mu_{PF} = 1,43$ .

c) ist für den Fall, dass die Verzerrungsfunktion  $g(\cdot)$  die Bedingung

$$\frac{\partial^2 g(\rho)}{\partial^2 \theta_1}(\theta^{mikro}; \theta^{mikro}) > -\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial^2 SV}{\partial^2 \theta_1}(\theta^{mikro}; \theta^{mikro}) \quad (4.24)$$

erfüllt, durch eine Diversität gekennzeichnet, welche mit steigendem  $c$  zunimmt.

*Beweis.* Aussage a) entspricht Lemma 3.31 aus Kapitel 3.7.6.2.2. Aussage b) ist offensichtlich, da für  $c \rightarrow \infty$  allein die Minimierung des Externalitätenterms, welche durch  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = \{(0;1), (1;0)\}$  erreicht wird, für die Minimierung des regulatorischen Kapitals von Relevanz ist. Die in Aussage c) gestellte Bedingung an die Verzerrungsfunktion  $g(\cdot)$ , welche sowohl für stark konvexe Funktionen  $g(\cdot)$  als auch für ein hinreichend großes  $c$  erfüllt ist, garantiert hingegen, dass die für den Fall  $c = 0$  optimale Portfoliowahl  $\theta_1^* = \theta_2^* = \theta^{mikro}$  für den Fall  $c > 0$  nicht länger optimal ist. Da mit steigendem  $c$  der Einfluss des Externalitätenterms steigt, erhöht sich auch die Diversität in der Portfoliowahl der Banken.  $\square$

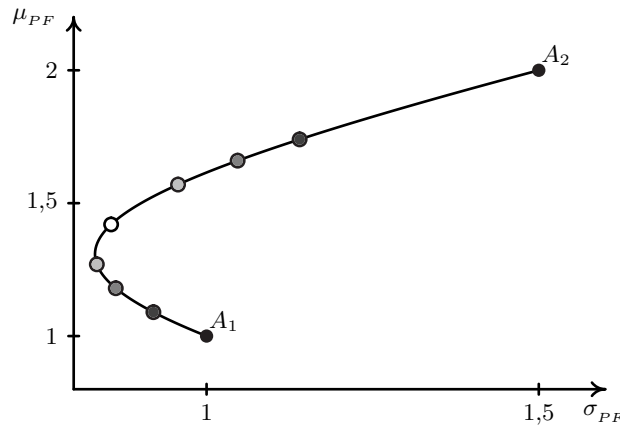


Abbildung 4.8: Optimale Portfoliowahl der Banken in Abhängigkeit der „Verteilung“ des systemischen Risikos.<sup>266</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Wie zu Beginn von Kapitel 4.1.1 erörtert, setzt sich das systemische Risiko aus zwei Komponenten, dem Risiko des Bankensystems sowie dem Risiko außerhalb des Bankensystems, zusammen. In Kapitel 3.7.6.2.2 wurde gezeigt, dass bei einer ausschließlichen Betrachtung der im Bankensystem befindlichen Risiken (der Fall  $k_1 = 0$ ) die Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung derjenigen unter mikroprudentieller Regulierung entspricht. Beide Banken wählen hier im Nash-Gleichgewicht das Minimum-Value-at-Risk-Portfolio,

<sup>266</sup>Abbildung 4.8 stellt die Nash-Gleichgewichte für folgende  $k_1$  grafisch dar:

weshalb die Portfoliowahl eine Diversität vermissen lässt  $((\theta_1^*; \theta_2^*) = (\theta^{mikro}; \theta^{mikro})$ , dargestellt durch den weiß gefüllten Punkt in Abbildung 4.8). Falls sich das systemische Risiko hingegen wie bei der durch Formel 4.15 gegebenen Parametrisierung zu annähernd gleichen Teilen aus dem Risiko des Bankensystems und dem Risiko außerhalb des Bankensystems zusammensetzt und sich dies aufgrund des verwendeten Risikobudgetierungsansatzes, bei dem die Risiken stets vollständig auf die einzelnen Finanzinstitute alloziert werden, auf die Risikobeiträge  $SW^i$  und  $EX$  eben jener Finanzinstitute überträgt, so ist die Portfoliowahl der Banken durch eine Diversität gekennzeichnet, sodass beide Finanzinstitute voneinander verschiedene Portfolios mit einem jeweils moderaten, wenngleich nicht minimalen individuellen Risiko wählen. Grafisch entfernen sich die Portfolios beider Banken dabei entlang der Hyperbel in entgegengesetzter Richtung vom Minimum-Value-at-Risk-Portfolio  $((\theta_i^*; \theta_j^*) : \theta_i^* < \theta^{mikro} < \theta_j^*$ , dargestellt durch die grau gefüllten Punkte). Hierbei ist die Diversität in der Portfoliowahl umso größer, je höher der Anteil der Risiken außerhalb des Bankensystems am systemischen Risiko ist. Für den hypothetischen Grenzfall, dass das Risiko außerhalb des Bankensystems den einzigen Bestandteil des systemischen Risikos darstellt und die Banken dementsprechend einzig ihren Beitrag  $EX$  zum Risiko außerhalb des Bankensystems minimieren, ist die Portfoliowahl der Banken durch eine maximale Diversität gekennzeichnet, da es für die Minimierung des Externalitätenterms keiner Diversifikation der beiden Finanzinstitute bedarf und diese daher ihr gesamtes Kapital in voneinander verschiedene Anlagen investieren  $((\theta_i^*; \theta_j^*) = (0; 1)$ , dargestellt durch die schwarz gefüllten Punkte).

#### 4.1.2.3 $(\mu, \sigma, \rho)$ -effiziente Portfolios

Wie in Kapitel 4.1.2.2 dargelegt wurde, stellt die regulatorisch motivierte Wahl nicht  $(\mu, \sigma)$ -effizienter Portfolios eine wesentliche Implikation einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung dar. Diese steht im Widerspruch zur klassischen Portfoliotheorie nach MARKOWITZ (1952), gemäß derer die Portfoliowahl von Investoren und Finanzinstituten da-

| $k_1$ | $\theta_i^*$ | $\sigma_i(\theta)$ | $\mu_i(\theta)$ |
|-------|--------------|--------------------|-----------------|
| 0     | 0,58         | 0,86               | 1,42            |
|       | 0,58         | 0,86               | 1,42            |
| 0.25  | 0,73         | 0,83               | 1,27            |
|       | 0,43         | 0,96               | 1,57            |
| 1     | 0,82         | 0,86               | 1,18            |
|       | 0,34         | 1,05               | 1,66            |
| 5     | 0,91         | 0,92               | 1,09            |
|       | 0,26         | 1,14               | 1,74            |
| 250   | 1,00         | 1,00               | 1,00            |
|       | 0,00         | 1,50               | 2,00            |

Der Grenzfall, dass das Risiko außerhalb des Bankensystems der einzige Bestandteil des systemischen Risikos ist, wird somit durch  $k_1 = 250$  dargestellt. Für sämtliche Fälle gilt  $k_2 = 10$ .

durch charakterisiert ist, dass ein Austauschverhältnis derart existiert, dass ein zusätzlicher erwarteter Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  bei gleichzeitiger Aufnahme eines zusätzlichen Risikos  $\sigma_{PF}$  realisiert werden kann oder alternativ das Risiko  $\sigma_{PF}$  des Portfoliorückflusses gesenkt werden kann, indem auf einen Teil des erwarteten Portfoliorückflusses  $\mu_{PF}$  verzichtet wird.<sup>267</sup> Die Weiterführung dieser Überlegung führt zum  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip, gemäß dem aus der Menge aller möglichen Portfolios, also aller erreichbaren Kombinationen von  $\mu_{PF}$  und  $\sigma_{PF}^2$ , lediglich diejenigen Portfolios effizient sind und somit für die Portfoliowahl in Frage kommen, die bei einer vorgegebenen maximalen Varianz  $\overline{\sigma_{PF}^2}$  den höchsten erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  und bei einem vorgegebenen minimalen erwarteten Portfoliorückfluss  $\underline{\mu_{PF}}$  die geringste Varianz  $\sigma_{PF}^2$  aufweisen. Dieses simultane Lösen zweier Optimierungsprobleme stellt sich für den allgemeinen Fall von  $n$  riskanten Anlagen formal wie folgt dar:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \max_{\theta} \quad \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \\
 \text{NB: } \sigma_{PF}^2(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j} \leq \overline{\sigma_{PF}^2} \\
 \bar{\theta} &= 1
 \end{aligned} \tag{4.25}$$

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \min_{\theta} \quad \sigma_{PF}^2(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j} \\
 \text{NB: } \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \geq \underline{\mu_{PF}} \\
 \bar{\theta} &= 1
 \end{aligned} \tag{4.26}$$

Es lässt sich zeigen, dass sämtliche  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios allein durch die Lösung des ersten Optimierungsproblems gewonnen werden können, sodass das Optimierungsproblem 4.25 äquivalent ist zu

$$\begin{aligned}
 \max_{\theta} \quad \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \\
 \text{NB: } \sigma_{PF}^2(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j} \leq \overline{\sigma_{PF}^2} \\
 \bar{\theta} &= 1
 \end{aligned} \tag{4.26}$$

<sup>267</sup>Vgl. MARKOWITZ (1952), S. 79.

<sup>268</sup>Anders als in den Kapiteln zuvor gibt  $\theta_i$  hier den in Anlage  $i$  investierten Betrag an.

<sup>269</sup>Vgl. MERTON (1972), S. 1856; DE GIORGI (2002), S. 7-8. Durch das Lösen des Optimierungsproblems (2) aus Formel 4.25 erhält man hingegen den gesamten Rand, also sowohl den oberen als auch den unteren Ast der  $(\mu, \sigma)$ -Hyperbel. Ursächlich hierfür ist, dass auf dem Rand für einen vorgegebenen Erwartungswert  $\mu_{PF}$  aufgrund der durch die Linearität des Erwartungswertes erzeugten injektiven Abbildung lediglich

Der funktionale Zusammenhang zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  und der Varianz  $\sigma_{PF}^2$  ist für den Fall zweier riskanter Anlagen gegeben durch

$$\sigma_{PF}^2(\mu_{PF}) = \theta_\mu^2 \cdot \mathfrak{a} + 2 \cdot \theta_\mu \cdot \mathfrak{b} + \mathfrak{c} \quad (4.27)$$

mit  $\theta_\mu = \frac{\mu_{PF} - \mu_{A_2}}{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}} \quad .^{270}$

Das Minimum-Varianz-Portfolio  $\theta_{\sigma^2_{min}}$  lautet somit

$$\theta_{\sigma^2_{min}} = -\frac{\mathfrak{b}}{\mathfrak{a}} = \frac{\sigma_{A_2}^2 - \sigma_{A_1, A_2}}{\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2 - 2 \cdot \sigma_{A_1, A_2}} \quad . \quad (4.28)$$

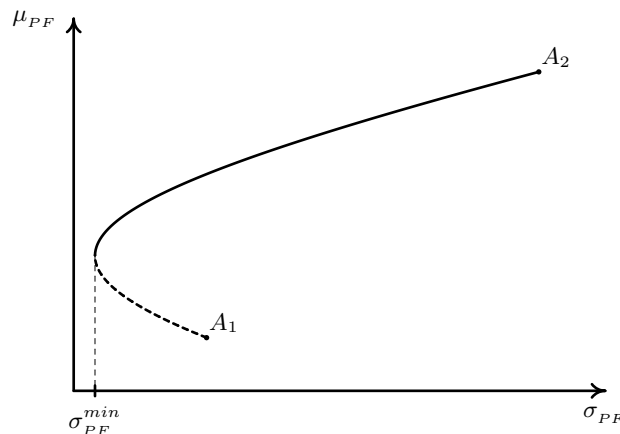


Abbildung 4.9: Darstellung  $(\mu, \sigma)$ -effizienter sowie  $(\mu, \sigma)$ -dominierter Portfolios.<sup>271</sup> (Quelle: Eigene Darstellung.)

Die grafische Darstellung  $(\mu, \sigma)$ -effizienter sowie  $(\mu, \sigma)$ -dominierter Portfolios für den Fall zweier riskanter Anlagen liefert Abbildung 4.9. Der als effiziente Rand bezeichnete obere Ast der Hyperbel (die durchgezogene Linie) repräsentiert hierbei sämtliche  $(\mu, \sigma)$ -effizienten

eine Standardabweichung  $\sigma_{PF}(\mu_{PF})$  existiert, wohingegen auf dem Rand für eine vorgegebene Standardabweichung  $\sigma_{PF}$  sehr wohl zwei Portfolios mit unterschiedlichen Erwartungswerten  $\mu_{PF}(\sigma_{PF})$  existieren können und durch das Lösen des Optimierungsproblems (1) aus Formel 4.25 die Wahl des Portfolios mit dem höheren Erwartungswert garantiert wird.

<sup>270</sup>Die Herleitung der Formel findet sich im Anhang in Kapitel 8.2. Konsistent zur bisherigen Notation gibt  $\theta_\mu$  den in Anlage 1 investierten Anteil an.

<sup>271</sup>Dargestellt sind sämtliche Kombinationen  $(\sigma_{PF}, \mu_{PF})$ , die bei zwei riskanten Anlagen erreichbar sind. Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15.

Portfolios. Nicht  $(\mu, \sigma)$ -effizient sind hingegen sämtliche Portfolios auf dem unteren Ast der Hyperbel (der gestrichelten Linie).<sup>272</sup>

Wie das Nash-Gleichgewicht aus Kapitel 4.1.2.2 zeigt, ist im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung einer Erweiterung des  $(\mu, \sigma)$ -Prinzips vonnöten. Ursächlich hierfür ist, dass durch die alleinige Betrachtung des erwarteten Rückflusses  $\mu_{PF}$  eines Portfolios und dessen Standardabweichung  $\sigma_{PF}$  die im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung relevante Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen beider Finanzinstitute keine Berücksichtigung erfährt. Eine alleinige Fokussierung auf die Größen  $\mu_{PF}$  und  $\sigma_{PF}$  ist daher eng verbunden mit der mikroprudentiellen Bankenregulierung, da die Bestimmung  $(\mu, \sigma)$ -effizienter Portfolios einzelner Finanzinstitute und somit letztendlich die Betrachtung von deren Portfoliowahl unabhängig voneinander in Isolation erfolgt. Hingegen wird durch die zusätzliche Betrachtung der Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  neben der Ertragskomponente  $\mu_{PF}$  eines Portfolios und dessen individuellen Risiko  $\sigma_{PF}$  auch die Verflechtung der Finanzinstitute in Form der Abhängigkeitsstruktur der Portfoliorückflüsse berücksichtigt, sodass sämtliche Komponenten des systemischen Risikos erfasst werden. Das Optimierungsproblem 4.25 wird somit um eine Dimension erweitert, da die Banken aufgrund der makroprudentiellen Regulierung und der durch Formel 4.10 unterstellten Zielfunktion in Form der Minimierung des eigenen Beitrages zum systemischen Risiko nun nicht mehr länger allein nach  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios streben, sondern im Rahmen ihrer Portfoliowahl auch  $(\mu, \sigma)$ -dominierte Portfolios in ihr Kalkül einbeziehen, sofern eine solche Portfoliowahl eine geringe Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  induziert. Da sich die exakte Höhe der Interbanken-Korrelation nur bei Kenntnis der gemeinsamen Portfoliowahl beider Finanzinstitute bestimmen lässt, kann eine Bank ohne Kenntnis der Portfoliowahl  $\bar{\theta}$  der anderen Bank nicht abschätzen, welche Portfoliowahl zu einer geringen Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta})$  führt, sodass eine unabhängige Betrachtung der Portfoliowahl beider Banken nicht länger möglich ist.

Abbildung 4.10 stellt für  $\bar{\theta} \in \{0; 0,5; 1\}$  den typischen Verlauf der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta})$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken in Abhängigkeit der Portfoliowahl  $\theta$  für den Fall zweier unkorrelierter, bivariat normalverteilter Anlagen grafisch dar. Wie Abbildung 4.10 zeigt, ist einer Bank die Erzeugung einer niedrigen Interbanken-Korrelation nur in einem engen Rahmen möglich, falls die Portfoliowahl der anderen Bank durch eine starke Diversifikation charakterisiert ist ( $\bar{\theta} = 0,5$ ). Hingegen kann die Interbanken-Korrelation durch eine geeignete Portfoliowahl auf Null gebracht werden, sofern die andere Bank vollständig

---

<sup>272</sup>Für den Fall, dass zwei riskante Anlagen für die Portfoliowahl zur Verfügung stehen, sind dies genau diejenigen Portfolios, welche die Anlage mit dem geringeren erwarteten Rückfluss stark übergewichten. Bei der durch Formel 4.15 gegebenen Parametrisierung lautet die Menge der  $(\mu, \sigma)$ -dominierten Portfolios  $\theta \in (0,69; 1,00]$ .

auf eine Diversifikation ihres Portfoliorückflusses verzichtet ( $\bar{\theta} \in \{0; 1\}$ ).

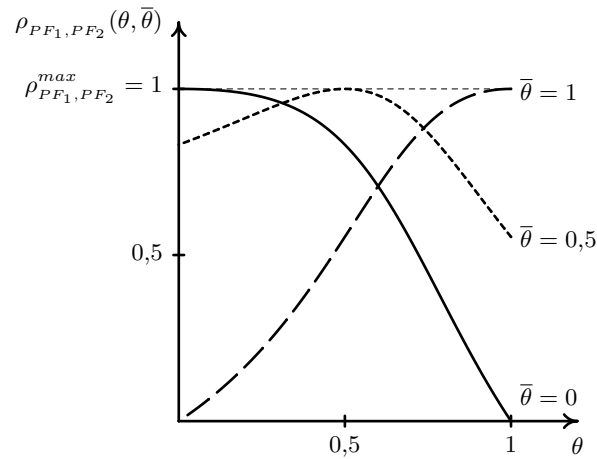


Abbildung 4.10: Verlauf der Korrelation  $\rho_{PF1, PF2}(\theta, \bar{\theta})$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken in Abhängigkeit der Portfoliowahl  $\theta$  bei gegebenen  $\bar{\theta}$ .<sup>273</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Aufgrund der im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung zu berücksichtigen Korrelation  $\rho$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken wird im Folgenden von  $(\mu, \sigma, \rho)$ -effizienten Portfolios gesprochen, welche durch das simultane Lösen folgender drei Optimierungsprobleme gewonnen werden:

<sup>273</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15.

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \max_{\theta} \quad \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \\
 \text{NB:} \quad \sigma_{PF}^2(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j} \leq \overline{\sigma_{PF}^2} \\
 \rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta}) &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{\theta}_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}} \leq \overline{\rho_{PF_1, PF_2}} \\
 \bar{\theta} &= 1 \\
 (2) \quad \min_{\theta} \quad \sigma_{PF}^2(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j} \\
 \text{NB:} \quad \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \geq \underline{\mu_{PF}} \\
 \rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta}) &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{\theta}_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}} \leq \overline{\rho_{PF_1, PF_2}} \quad (4.29) \\
 \bar{\theta} &= 1 \\
 (3) \quad \min_{\theta} \quad \rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta}) &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{\theta}_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}} \\
 \text{NB:} \quad \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \geq \underline{\mu_{PF}} \\
 \sigma_{PF}^2(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j} \leq \overline{\sigma_{PF}^2} \\
 \bar{\theta} &= 1
 \end{aligned}$$

Das erste Optimierungsproblem sichert die Wahl des Portfolios mit dem höchsten erwarteten Rückfluss  $\mu_{PF}$  bei einer vorgegebenen maximalen Varianz  $\overline{\sigma_{PF}^2}$  des Portfoliorückflusses und einer gleichzeitig vorgegebenen maximalen Korrelation  $\overline{\rho_{PF_1, PF_2}}$  des eigenen Portfoliorückflusses  $X^i$  mit dem Portfoliorückfluss  $X^j$  der anderen Bank.<sup>274</sup> Das zweite Optimierungsproblem hingegen sichert die Wahl des Portfolios mit der geringsten Varianz  $\sigma_{PF}^2$  bei einem vorgegebenen minimalen erwarteten Portfoliorückfluss  $\underline{\mu_{PF}}$  und einer gleichzeitig vorgegebenen maximalen Korrelation  $\overline{\rho_{PF_1, PF_2}}$  des eigenen Portfoliorückflusses mit dem Portfoliorückfluss der anderen Bank, während das dritte Optimierungsproblem die Wahl des

<sup>274</sup>Hierfür bedarf es freilich der Vorgabe eines Portfolios  $\bar{\theta}$  der anderen Bank oder aber der Betrachtung sämtlicher möglicher Portfolios  $\bar{\theta} \in [0, 1]$ .

Portfolios mit der geringsten Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  des eigenen Portfoliorückflusses mit dem Portfoliorückfluss der anderen Bank bei einer vorgegebenen maximalen Varianz  $\overline{\sigma_{PF}^2}$  und einem gleichzeitig vorgegebenen minimalen erwarteten Rückfluss  $\underline{\mu_{PF}}$  des eigenen Portfoliorückflusses sichert.<sup>275</sup>

Auch an dieser Stelle wird die Konvergenz der Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung gegen diejenige unter mikroprudentieller Regulierung für den Fall, dass der gemeinsame Ausfall beider Banken keine zusätzlichen Externalitäten auf die Realwirtschaft verursacht, deutlich. Da für diesen Fall die Portfoliowahl beider Banken im Nash-Gleichgewicht durch die Wahl des Minimum-Value-at-Risk-Portfolios charakterisiert ist, ist das optimale Portfolio einer Bank stets  $(\mu, \sigma)$ -effizient und die Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken nimmt stets ihr Maximum in Höhe von Eins an. Für die Darstellung dieser Portfolios ist die Betrachtung des  $(\mu, \sigma)$ -Prinzips nach MARKOWITZ (1952) somit sehr wohl ausreichend, wobei dieses auch als Spezialfall des  $(\mu, \sigma, \rho)$ -Prinzips verstanden werden kann.<sup>276</sup> Entsprechend stellt das in Abbildung 4.9 dargestellte  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm eine zweidimensionale Seitenansicht des dreidimensionalen  $(\mu, \sigma, \rho)$ -Diagramms dar. Zum tieferen Verständnis erfolgt analog hierzu im Folgenden die grafische und formale Betrachtung der beiden anderen Seitenansichten des  $(\mu, \sigma, \rho)$ -Diagramms in Form des aus dem  $(\mu, \rho)$ -Prinzip resultierenden  $(\mu, \rho)$ -Diagramms sowie des aus dem  $(\sigma, \rho)$ -Prinzip resultierenden  $(\sigma, \rho)$ -Diagramms.<sup>277</sup>

Abbildung 4.11 zeigt das  $(\mu, \rho)$ -Diagramm, bei dem die Dimension  $\sigma$  unberücksichtigt bleibt. Betrachtet werden hier also lediglich die erwarteten Portfoliorückflüsse  $\mu_{PF}$  sowie die Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken. Analog zum  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip sind beim  $(\mu, \rho)$ -Prinzip lediglich diejenigen Portfolios effizient, welche bei einer vorgegebenen maximalen Korrelation  $\overline{\rho_{PF_1, PF_2}}$  den höchsten erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  und bei einem vorgegebenen minimalen erwarteten Portfoliorückfluss  $\underline{\mu_{PF}}$  die geringste Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  aufweisen.

<sup>275</sup>Das Streben nach der geringst möglichen Korrelation bei einem gegebenen erwarteten Portfoliorückfluss und einer gegebenen Varianz fußt auf die Annahme der strengen Monotonie des Externalitätenterms  $EX$  bzgl.  $\rho_{PF_1, PF_2}$  (siehe Formel 4.14) sowie der strengen Monotonie des Shapley-Wertes  $SW$  bzgl.  $\rho_{PF_1, PF_2}$  (siehe Formel 3.49). Infolgedessen steigt das vorzuhaltende Mindesteigenkapital  $RC^i = SW^i + EX$  einer Bank  $i$  mit steigender Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken ceteris paribus stets an.

<sup>276</sup>Die Menge der  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios lässt sich aus der Menge der  $(\mu, \sigma, \rho)$ -effizienten Portfolios durch die Wahl von  $\bar{\rho} = 1$ , welche unter mikroprudentieller Regulierung implizit getroffen wird, und dem Wegfall des dritten Optimierungsproblems gewinnen.

<sup>277</sup>Auf das  $(\mu, \rho)$ -Prinzip sowie das  $(\sigma, \rho)$ -Prinzip wird im weiteren Verlauf der Arbeit zum Zweck der Darlegung der Fehlanreize einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung Bezug genommen werden.

<sup>278</sup>Dargestellt sind sämtliche Kombinationen  $(\rho_{PF_1, PF_2}, \mu_{PF})$ , die bei zwei riskanten Anlagen erreichbar sind. Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15. Da es zur Bestimmung der Korrelation

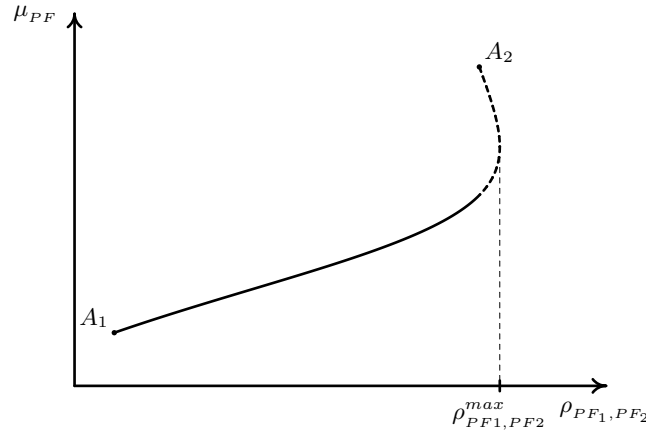


Abbildung 4.11: Darstellung  $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie  $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios.<sup>278</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Die beiden simultan zu lösenden Optimierungsprobleme stellen sich formal wie folgt dar:

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \max_{\theta} \quad \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \\
 \text{NB: } \rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta}) &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{\theta}_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}} \leq \overline{\rho_{PF_1, PF_2}} \\
 \bar{\theta} &= 1 \\
 (2) \quad \min_{\theta} \quad \rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta}) &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{\theta}_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}} \\
 \text{NB: } \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \geq \underline{\mu_{PF}} \\
 \bar{\theta} &= 1
 \end{aligned} \tag{4.30}$$

Zur Bestimmung der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken muss auch an dieser Stelle das von der anderen Bank gewählte Portfolio  $\bar{\theta}$  vorgegeben wer-

---

$\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken der Vorgabe des von der anderen Bank gewählten Portfolios  $\bar{\theta}$  bedarf, sei dieses hier und auch im Folgenden durch  $\bar{\theta} = 0,30$  gegeben, wobei der Zusammenhang zwischen  $\mu_{PF}$  und  $\rho_{PF_1, PF_2}$  im Anhang in Kapitel 8.3 auch für andere  $\bar{\theta}$  dargestellt ist. Eine solche Portfoliowahl ist im Einklang mit der klassischen Portfoliotheorie nach MARKOWITZ (1952), da das Portfolio  $\bar{\theta} = 0,30$  einen erwarteten Rückfluss in Höhe von  $\mu_{PF} = 1,70$  bei einer Standardabweichung in Höhe von  $\sigma_{PF} = 1,09$  aufweist und somit ein  $(\mu, \sigma)$ -effizientes Portfolio darstellt.

den. Wie schon bei der Ermittlung der  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios lässt sich zeigen, dass sämtliche  $(\mu, \rho)$ -effizienten Portfolios allein durch das Lösen des ersten Optimierungsproblems gewonnen werden können, sodass das Optimierungsproblem 4.30 äquivalent ist zu

$$\begin{aligned} \max_{\theta} \quad \mu_{PF}(\theta) &= \sum_{i=1}^n \theta_i \cdot \mu_{A_i} \\ \text{NB: } \rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta}) &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{\theta}_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}} \leq \overline{\rho_{PF_1, PF_2}} \\ \bar{\theta} &= 1 \end{aligned} \quad . \quad 279$$

Der funktionale Zusammenhang zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  und der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken für den Fall, dass lediglich zwei riskante Anlagen für die Portfoliowahl zur Verfügung stehen, lautet dabei

$$\begin{aligned} \rho_{PF_1, PF_2}(\mu_{PF}, \bar{\theta}) &= \frac{\theta_{\mu} \cdot (\bar{\theta} \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b}) + \bar{\theta} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}{\sqrt{\theta_{\mu}^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_{\mu} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}} \cdot \sqrt{\bar{\theta}^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \bar{\theta} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}} \\ \text{mit} \quad \theta_{\mu} &= \frac{\mu_{PF} - \mu_{A_2}}{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}} \end{aligned} \quad . \quad 280$$

Das Maximum-Korrelation-Portfolio  $\theta_{\rho_{max}}$  ist hierbei gegeben durch

$$\theta_{\rho_{max}} = \bar{\theta} \quad . \quad (4.33)$$

Wie Abbildung 4.11 zu entnehmen ist, existieren Portfolios, welche nicht  $(\mu, \rho)$ -effizient sind, da durch eine geeignete Portfolioumschichtung bei einer identischen Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken ein höherer erwarteter Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  erzielt werden kann. Dies betrifft diejenigen Portfolios, welche der Portfoliowahl  $\bar{\theta}$  der ande-

<sup>279</sup>Durch das Lösen des Optimierungsproblems (2) aus Formel 4.30 erhält man hingegen den gesamten Rand. Ursächlich hierfür ist, dass auf dem Rand für einen vorgegebenen Erwartungswert  $\mu_{PF}$  aufgrund der durch die Linearität des Erwartungswertes erzeugten injektiven Abbildung lediglich eine Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}(\mu_{PF}, \bar{\theta})$  existiert, wohingegen auf dem Rand für eine vorgegebene Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  sehr wohl zwei Portfolios mit unterschiedlichen Erwartungswerten  $\mu_{PF}(\rho_{PF_1, PF_2})$  existieren können und durch das Lösen des Optimierungsproblems (1) aus Formel 4.30 die Wahl des Portfolios mit dem höheren Erwartungswert garantiert wird.

<sup>280</sup>Die Herleitung findet sich im Anhang in Kapitel 8.4. Konsistent zur bisherigen Notation geben  $\theta_{\mu}$  und  $\bar{\theta}$  den in Anlage 1 investierten Anteil an.

ren Bank stark ähneln.<sup>281</sup> Hingegen sind im hier betrachteten Modellrahmen mit lediglich zwei riskante Anlagen sämtliche Portfolios, welche sich hinreichend stark von der Portfoliowahl  $\bar{\theta}$  der anderen Bank unterscheiden, effizient. Für den Fall, dass es sich beim Portfolio  $\bar{\theta}$  um ein  $(\mu, \sigma)$ -effizientes Portfolio handelt, gilt dies insbesondere für einen Großteil der  $(\mu, \sigma)$ -dominierten Portfolios, also diejenigen Portfolios, welche die Anlage mit dem geringeren erwarteten Rückfluss stark übergewichten.

Abschließend zeigt Abbildung 4.12 das aus dem  $(\sigma, \rho)$ -Prinzip resultierende  $(\sigma, \rho)$ -Diagramm, bei dem die Dimension  $\mu$  keine Berücksichtigung erfährt. Gegenstand der Betrachtung sind somit ausschließlich die beiden Risikogrößen  $\sigma_{PF}$  und  $\rho_{PF_1, PF_2}$ .

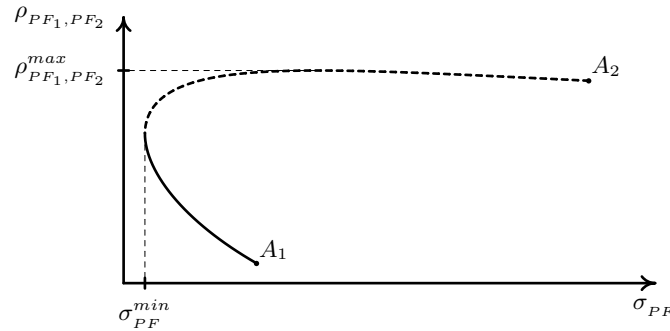


Abbildung 4.12: Darstellung  $(\sigma, \rho)$ -effizienter sowie  $(\sigma, \rho)$ -dominierter Portfolios.<sup>282</sup> (Quelle: Eigene Darstellung.)

Effizient sind hier lediglich diejenigen Portfolios, die bei einer vorgegebenen maximalen Korrelation  $\overline{\rho_{PF_1, PF_2}}$  die minimale Varianz  $\sigma_{PF}^2$  und bei einer vorgegebenen maximalen Varianz  $\overline{\sigma_{PF}^2}$  die geringste Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  aufweisen. Diese beiden simultan zu lösenden Optimierungsprobleme stellen sich formal wie folgt dar:

<sup>281</sup>Bei der durch Formel 4.15 gegebenen Parametrisierung und einer Portfoliowahl der anderen Bank von  $\bar{\theta} = 0,30$  ist die Menge der  $(\mu, \rho)$ -dominierten Portfolios gegeben durch  $\theta \in (0,30; 0,50)$ . Somit existiert hier kein sowohl  $(\mu, \sigma)$ - als auch  $(\mu, \rho)$ -dominiertes Portfolio  $\theta$ , da die entsprechenden Intervalle überschneidungsfrei sind.

<sup>282</sup>Dargestellt sind sämtliche Kombinationen  $(\sigma_{PF}, \rho_{PF_1, PF_2})$ , die bei zwei riskanten Anlagen erreichbar sind. Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15. Da es zur Bestimmung der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken erneut der Vorgabe des von der anderen Bank gewählten Portfolios  $\bar{\theta}$  bedarf, sei dieses im Folgenden wie auch schon zuvor durch  $\bar{\theta} = 0,30$  gegeben, wobei der Zusammenhang zwischen  $\sigma_{PF}$  und  $\rho_{PF_1, PF_2}$  im Anhang in Kapitel 8.5 auch für andere  $\bar{\theta}$  dargestellt ist.

$$\begin{aligned}
 (1) \quad \min_{\theta} \quad \sigma_{PF_i}^2(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j} \\
 \text{NB: } \rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta}) &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{\theta}_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}} \leq \overline{\rho_{PF_1, PF_2}} \\
 \bar{\theta} &= 1 \\
 (2) \quad \min_{\theta} \quad \rho_{PF_1, PF_2}(\theta, \bar{\theta}) &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{\theta}_i \cdot \bar{\theta}_j \cdot \sigma_{A_i, A_j}}} \\
 \text{NB: } \sigma_{PF_i}^2(\theta) &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \theta_i \cdot \theta_j \cdot \sigma_{A_i, A_j} \leq \overline{\sigma_{PF}^2} \\
 \bar{\theta} &= 1
 \end{aligned} \tag{4.34}$$

Zur Bestimmung der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken muss auch an dieser Stelle das von der anderen Bank gewählte Portfolio  $\bar{\theta}$  vorgegeben werden. Der funktionale Zusammenhang zwischen der Varianz  $\sigma_{PF}^2$  und der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken ist gegeben durch

$$\begin{aligned}
 \rho_{PF_1, PF_2}(\sigma_{PF}, \bar{\theta}) &= \frac{\theta_{\sigma} \cdot [\bar{\theta} \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b}] + \bar{\theta} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}{\sqrt{\theta_{\sigma}^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_{\sigma} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}} \cdot \sqrt{\bar{\theta}^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \bar{\theta} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}} \\
 \text{mit} \quad \theta_{\sigma} &= \frac{-\mathbf{b} \pm \sqrt{\mathbf{b}^2 - \mathbf{a} \cdot (\mathbf{c} - \sigma_{PF}^2)}}{\mathbf{a}} \tag{4.35}
 \end{aligned}$$

Für den Fall zweier riskanter Anlagen ergeben sich das Minimum-Varianz-Portfolio sowie das Maximum-Korrelation-Portfolio nach den bereits bekannten Formeln 4.28 bzw. 4.33:

$$\begin{aligned}
 \theta_{\sigma_{min}^2} &= -\frac{\mathbf{b}}{\mathbf{a}} = \frac{\sigma_{A_2}^2 - \sigma_{A_1, A_2}}{\sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2 - 2 \cdot \sigma_{A_1, A_2}} \\
 \theta_{\rho_{max}} &= \bar{\theta}
 \end{aligned}$$

Wie Abbildung 4.12 zu entnehmen ist, existieren auch Portfolios, welche das Kriterium der  $(\sigma, \rho)$ -Effizienz nicht erfüllen. Für den in der Abbildung dargestellten Fall, dass dieje-

<sup>283</sup>Die Herleitung findet sich im Anhang in Kapitel 8.6. Konsistent zur bisherigen Notation geben  $\theta_{\sigma}$  und  $\bar{\theta}$  den in Anlage 1 investierten Anteil an.

nige Anlage mit der höheren Varianz einen höheren erwarteten Rückfluss besitzt und das Portfolio  $\bar{\theta}$  ein moderates oder hohes individuelles Risiko bei Erfüllung des Kriteriums der  $(\mu, \sigma)$ -Effizienz besitzt, werden diejenigen Portfolios  $(\sigma, \rho)$ -dominiert, welche die Anlage mit der höheren Varianz übergewichten.<sup>284</sup> Dies fußt darauf, dass eine solche Übergewichtung zeitgleich zu einer vergleichsweise hohen Varianz des Portfoliorückflusses zu einer hohen Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken führt, da die andere Bank durch die Wahl des  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios  $\bar{\theta}$  selbige Übergewichtung bereits vornimmt.

Zusammenfassend stellt Abbildung 4.13 die Menge der effizienten Portfolios in den einzelnen Optimierungsproblemen für die durch Formel 4.15 gegebene Parametrisierung unter der Vorgabe von  $\bar{\theta} = 0,30$  nochmals grafisch dar. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, unterscheidet sich die Menge der effizienten Portfolios in den einzelnen Optimierungsproblemen stark voneinander. Das Kriterium der  $(\mu, \sigma)$ -Effizienz erfüllen sämtliche Portfolios, bei denen ein Anteil  $\theta \leq 0,69$  in Anlage 1 investiert wird, sodass umgekehrt diejenigen Portfolios  $(\mu, \sigma)$ -dominiert werden, welche die mit einem geringeren erwarteten Rückfluss ausgestattete Anlage 1 stark übergewichten. Entgegengesetzt verhält es sich bei der Betrachtung  $(\sigma, \rho)$ -effizienter Portfolios. Hier sind eben jene Portfolios, die  $(\mu, \sigma)$ -dominiert werden,  $(\sigma, \rho)$ -effizient et vice versa.<sup>285</sup> Die Menge der  $(\mu, \rho)$ -effizienten Portfolios ( $\theta \in \{0; (0,50; 1,00]\}$ ) lässt sich dadurch charakterisieren, dass sich die Portfoliowahl hinreichend stark von der Portfoliowahl  $\bar{\theta}$  der anderen Bank unterscheiden muss, sobald eine hohe Korrelation nicht mit einem hohen erwarteten Portfoliorückfluss einhergeht.

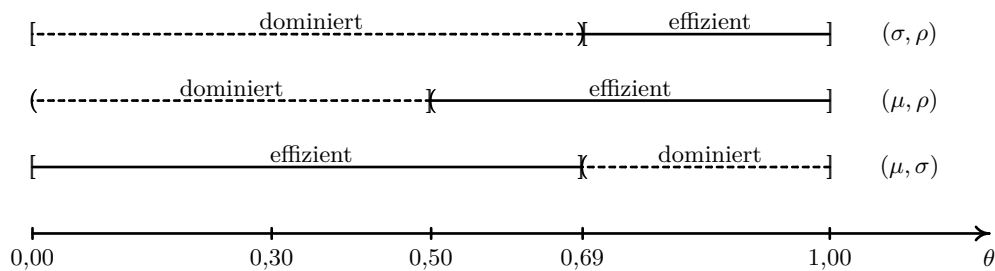


Abbildung 4.13: Effiziente und dominierte Portfolios.<sup>286</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

<sup>284</sup>Bei der durch Formel 4.15 gegebenen Parametrisierung und einer Portfoliowahl der anderen Bank von  $\bar{\theta} = 0,30$  lautet die Menge der  $(\sigma, \rho)$ -dominierten Portfolios  $\theta \in (0,00; 0,69)$ . Somit werden hier genau diejenigen Portfolios  $(\mu, \sigma)$ -dominiert, welche  $(\sigma, \rho)$ -effizient sind et vice versa.

<sup>285</sup>Dies fußt freilich darauf, dass unter der Festsetzung von  $\bar{\theta} = 0,30$  die andere Bank im Einklang mit der klassischen Portfoliotheorie nach MARKOWITZ (1952) ein  $(\mu, \sigma)$ -effizientes Portfolio (auf dem oberen Ast der in Abbildung 4.9 dargestellten Hyperbel) wählt und daher vor allem die nicht  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios (auf dem unteren Ast der in Abbildung 4.9 dargestellten Hyperbel) eine geringe Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken induzieren.

<sup>286</sup>Das Portfolio  $\theta_{\sigma_{min}} = 0,69$  kennzeichnet das Minimum-Varianz-Portfolio, wohingegen  $\theta_{\rho_{max}} = 0,30$  das Maximum-Korrelation-Portfolio kennzeichnet.

Darüber hinaus verdeutlicht Abbildung 4.13, dass es für die betrachtete Parametrisierung kein Portfolio  $\theta$  gibt, welches sowohl  $(\mu, \sigma)$ - als auch  $(\mu, \rho)$ - sowie  $(\sigma, \rho)$ -dominiert wird.<sup>287</sup> Folglich wird auch kein Portfolio  $(\mu, \sigma, \rho)$  dominiert, sodass sämtliche Portfolios  $\theta \in [0; 1]$  das Kriterium der  $(\mu, \sigma, \rho)$ -Effizienz erfüllen.<sup>288</sup> Diese Effizienz sämtlicher Portfolios resultiert daher, dass die aus der klassischen Portfoliotheorie nach MARKOWITZ (1952) bekannten  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios ihre Effizienz allein durch die Hinzunahme einer weiteren Dimension nicht einbüßen, wohingegen die  $(\mu, \sigma)$ -dominierten Portfolios eine Effizienz dadurch erlangen können und für eine geeignete Portfoliowahl der anderen Bank auch stets erlangen werden, dass sie zu einer geringen Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken führen.

## 4.2 Makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer Value-at-Risk constraint

Wie in Kapitel 4.1 dargelegt wurde, erfolgt unter einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms eine direkte regulatorische Erfassung der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute. Diese war unabdingbar für die Berücksichtigung der vom Bankensystem verursachten Externalitäten auf die Realwirtschaft und die hierdurch ermöglichte vollständige Erfassung des systemischen Risikos. Die notwendige Folge einer solchen Regulierung war der Anstieg der individuellen Risiken beider Finanzinstitute, gemessen durch den Value-at-Risk der Portfoliorückflüsse.<sup>289</sup>

In diesem Kapitel soll untersucht werden, inwiefern und unter welchen Umständen die notwendige Folge in Form des Anstiegs der individuellen Risiken beider Finanzinstitute auch eine hinreichende Bedingung für die Erzeugung einer Diversität in der Portfoliowahl darstellt. Daher erfolgt in Kapitel 4.2.2 keine direkte regulatorische Erfassung der Korrelation über den Externalitätenterm mehr. Stattdessen erhält das Entscheidungskalkül der Banken

<sup>287</sup> Ebenso wenig gibt es ein Portfolio  $\theta$ , das sowohl  $(\mu, \sigma)$ - als auch  $(\mu, \rho)$ - sowie  $(\sigma, \rho)$ -effizient ist.

<sup>288</sup> Selbst wenn es an dieser Stelle ein  $(\mu, \sigma, \rho)$ -dominiertes Portfolio gegeben hätte, besäße diese Dominanzaussage nur für den Fall  $\bar{\theta} = 0,30$  Gültigkeit. Für eine vollständige Analyse müsste das Lösen obiger Optimierungsprobleme dann für weitere bzw. sämtliche  $\bar{\theta} \in [0; 1]$  erfolgen.

<sup>289</sup> Dass der Anstieg der individuellen Risiken der Banken die notwendige Folge einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung darstellt, ist freilich dem betrachteten Modellrahmen bedingt. Zum einen führt das unterstellte Entscheidungskalkül in Form der Minimierung des vorzuhaltenden Eigenkapitals notwendigerweise dazu, dass das individuelle Risiko einer Bank unter einer mikroprudentiellen Eigenkapitalanforderung stets minimal ist und somit automatisch ansteigt, sobald eine makroprudentielle Regulierung die Portfoliowahl der Finanzinstitute ändert. Zum anderen wird den Banken durch die Betrachtung von lediglich zwei riskanten Anlagen im Einklang mit dem im Kapitel 2.1.1 vorgestellten Modell nach WAGNER (2010) die Möglichkeit einer Diversifikation ihre Portfoliorückflüsse ohne eine Überlappung der Portfolios und einer damit einhergehenden Erhöhung der Interbanken-Korrelation genommen.

eine zusätzliche Nebenbedingung, die bei der Minimierung des vorzuhaltenden Eigenkapitals, welches nun dem Beitrag des Finanzinstituts zum Risiko des Bankensystems entspricht, das Eingehen von Mindestrisiken auf individueller Ebene verlangt. Die Implementierung dieser an das individuelle Risiko einer Bank gestellten Anforderung erfolgt durch die Vorgabe eines Value-at-Risk  $VaR$ , dessen Unterschreitung der Bank bei ihrer Portfoliowahl untersagt ist. Eine solche Value-at-Risk constraint ist, wie Kapitel 4.2.1 darlegen wird, aus der mikroprudentiellen Bankenregulierung bereits wohlbekannt. Dort wird zur Regulierung des individuellen Risikos eines einzelnen Finanzinstituts allerdings ein Value-at-Risk  $\overline{VaR}$  vorgegeben, welcher im Rahmen der Portfoliowahl nicht überschritten werden darf.<sup>290</sup>

#### 4.2.1 Regulierung individueller Risiken mittels einer mikroprudentiellen Value-at-Risk constraint

**Definition 4.5.** *Die Portfoliowahl  $\theta$  erfüllt die mikroprudentielle Value-at-Risk-constraint, falls der zugehörige Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  die vorgegebene Obergrenze  $\overline{VaR}$  nicht übersteigt.*

Durch eine mikroprudentielle Value-at-Risk-constraint wird die Portfoliowahl der Banken dahingehend eingeschränkt, dass die Wahl sämtlicher Portfolios  $\theta$ , welche zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  einen höheren Value-at-Risk als den durch die Value-at-Risk-constraint vorgegeben maximalen Value-at-Risk in Höhe von  $\overline{VaR}$  aufweisen, verboten wird. Formal stellt sich eine solche Value-at-Risk-constraint wie folgt dar:

$$VaR_\alpha(\theta) \leq \overline{VaR} \quad .^{291} \quad (4.36)$$

Unter der Annahme einer Normalverteilung lässt sich Formel 4.36 mit Hilfe der durch Formel 3.11 gegebenen Darstellung des Value-at-Risk normalverteilter Portfoliorückflüsse explizit darstellen:

$$\begin{aligned} VaR_\alpha(\theta) &= -\mu_{PF}(\theta) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_{PF}(\theta) \leq \overline{VaR} \\ \Leftrightarrow \mu_{PF}(\theta) &\geq -\overline{VaR} - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_{PF}(\theta) \quad . \end{aligned} \quad (4.37)$$

<sup>290</sup>Die Verwendung des Value-at-Risk als Risikomanagement-Instrument anstelle der Standardabweichung ist auf die Defizite der Standardabweichung im Rahmen der Risikomessung zurückzuführen. So bestraft die Standardabweichung Gewinne und Verluste gleichermaßen und ist nicht in der Lage, das Risiko von Ereignissen mit geringen Wahrscheinlichkeiten, bspw. Insolvenzrisiken, adäquat zu beschreiben. Vgl. DE GIORGI (2002), S. 1.

<sup>291</sup>Vgl. ALEXANDER/BAPTISTA (2004), S. 1264.

Einer aus der Portfoliowahl resultierenden Standardabweichung in Höhe von  $\sigma_{PF}$  muss somit ein erwarteter Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  in ausreichender Höhe gegenüberstehen, damit die Portfoliowahl einer Bank die vom Regulierer vorgegebene Value-at-Risk constraint nicht verletzt. Die Wahl derjenigen Portfolios, die einen solch ausreichend hohen erwarteten Portfoliorückfluss bei gegebener Standardabweichung nicht vorweisen können, wird hingegen seitens der Bankenaufsicht untersagt. Das entlang der constraint herrschende „Austauschverhältnis“ zwischen  $\mu_{PF}$  und  $\sigma_{PF}$  wird dabei durch das vom Regulierer festgelegte Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  bestimmt. Grafisch stellt die Value-at-Risk constraint, wie Abbildung 4.14 zu entnehmen ist, eine Gerade mit einem für  $\alpha < 0,5$  positiven Anstieg in Höhe von  $-\Phi^{-1}(\alpha)$  dar, welche die Ordinatenachse im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm im Punkt  $-\overline{VaR}$  schneidet.

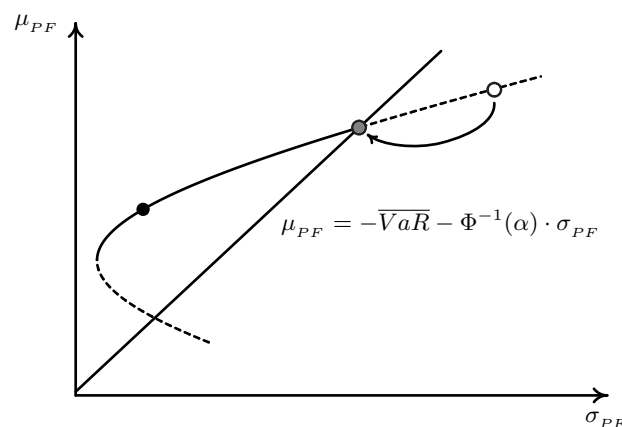


Abbildung 4.14: Einfluss einer mikroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl einer Bank.<sup>292</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 4.14 verdeutlicht zudem, wie eine mikroprudentielle Value-at-Risk constraint die Portfoliowahl der Finanzinstitute beeinflusst. Für den Fall, dass eine Bank ohne Regulierung ein Portfolio wählt, dessen Value-at-Risk den vom Regulierer vorgegebenen maximalen Value-at-Risk  $\overline{VaR}$  übersteigt<sup>293</sup> (charakterisiert durch den weiß gefüllten Punkt), wird diese Bank ihr Portfolio dahingehend umschichten müssen, dass sie ein neues Portfolio wählt,

<sup>292</sup>Abbildung 4.14 stellt für die durch Formel 4.15 gegebenen Parametrisierung und einem vom Regulierer vorgegebenen maximalen Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha = 0,99$  in Höhe von  $\overline{VaR} = 1,05$  folgende Portfolios grafisch dar:

| $\theta$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_{\alpha}(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 0,05     | 1,43                  | 1,65               | 1,37                   |
| 0,19     | 1,23                  | 1,81               | 1,05                   |
| 0,50     | 0,90                  | 1,50               | 0,60                   |

<sup>293</sup>Unter dem bis hierher unterstellten Entscheidungskalkül, bei dem die Banken unter mikroprudentieller Regulierung den Value-at-Risk ihres Portfoliorückflusses minimieren, ist die Wahl eines Portfolios  $\theta$  mit  $VaR_{\alpha}(\theta) > \overline{VaR}$  freilich ausgeschlossen. Anders verhält es sich, wenn das Entscheidungsverhalten der

welches die Value-at-Risk constraint erfüllt (charakterisiert durch den grau gefüllten Punkt). Durch eine mikroprudentielle Value-at-Risk constraint gelingt dem Regulierer somit eine Beeinflussung der Portfoliowahl einer Bank dahingehend, dass sich deren individuelles Risiko auf maximal  $\overline{VaR}$  beläuft. Für den Fall, dass eine Bank ohne Regulierung bereits ein Portfolio wählt, dessen Value-at-Risk den vom Regulierer vorgegebenen maximalen Value-at-Risk  $\overline{VaR}$  nicht übersteigt (charakterisiert durch den schwarz gefüllten Punkt), besitzt die Value-at-Risk constraint hingegen keinen Einfluss auf die Portfoliowahl, da sich die Finanzinstitute hier bereits im Sinne des Regulierers verhalten.<sup>294</sup>

#### 4.2.2 Regulierung des systemischen Risikos mittels einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint

**Definition 4.6.** Die Portfoliowahl  $\theta$  erfüllt die makroprudentielle Value-at-Risk-constraint, falls der zugehörige Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  die vorgegebene Untergrenze  $VaR$  nicht unterschreitet.

Während im Rahmen einer mikroprudentiellen Bankenregulierung das individuelle Risiko einer Bank durch die Vorgabe eines maximalen Value-at-Risk  $\overline{VaR}$  gesenkt werden kann, können die Ziele der makroprudentiellen Bankenregulierung durch die Vorgabe eines auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisikos in Höhe von  $VaR$  verfolgt werden. Dies fußt darauf, dass der Anstieg der individuellen Risiken der Finanzinstitute, welcher in Kapitel 4.1 die notwendige Folge einer makroprudentiellen Bankenregulierung darstellte, in Verbindung mit einer makroprudentiellen Eigenkapitalanforderung auf Basis des Beitrages einer Bank zum Risiko des Bankensystems wiederum hinreichend für die Senkung des systemischen Risikos ist.

Das Entscheidungskalkül von Bank 1, welches den Externalitätenterm zur direkten regulatorischen Erfassung der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute nicht mehr enthält, dafür aber durch die makroprudentielle Value-at-Risk-constraint eine zusätzliche Nebenbedingung erhält, stellt sich formal nun wie folgt dar:

Banken unter Unsicherheit (wie in Kapitel 5 vorgenommen und in der Literatur üblich) durch das  $(\mu, \sigma)$ -Kriterium operationalisiert wird.

<sup>294</sup>Eine mikroprudentielle Value-at-Risk constraint kann allerdings sehr wohl die Portfoliowahl einer im Kontext des  $(\mu, \sigma)$ -Prinzips stark risikoaversen Bank beeinflussen. Ursächlich hierfür ist, dass der Value-at-Risk und das  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip nicht miteinander kompatibel sind, sodass die Menge der  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios und die der  $(\mu, VaR)$ -effizienten Portfolios nicht deckungsgleich sind und es daher bei Abwesenheit einer risikofreien Anlage Parameterkonstellationen  $(\overline{VaR}, \alpha)$  gibt, bei denen die Wahl des Minimum-Varianz-Portfolios durch die Value-at-Risk constraint untersagt wird. Vgl. DE GIORGI (2002), S. 11; ALEXANDER/BAPTISTA (2002), S. 1182; ALEXANDER/BAPTISTA (2004), S. 1265.

$$\begin{aligned}
 \min_{\theta_1} \quad RC^1(\theta_1, \theta_2) &= SW^1(\theta_1, \theta_2) \\
 \text{NB:} \quad VaR_\alpha(\theta_1) &\geq \underline{VaR} \\
 \overline{\theta_1} &= 1 \quad .
 \end{aligned} \tag{4.38}$$

Bank 1 minimiert also ihr vorzuhaltendes Eigenkapital, welches sich nun lediglich auf ihren Beitrag zum Risiko des Bankensystems und somit nicht auf ihren gesamten Beitrag zum systemischen Risiko beläuft. Die zusätzliche Nebenbedingung hingegen sichert, dass Bank 1 bei ihrer Portfoliowahl die zur Senkung des systemischen Risikos notwendigen Mindestrisiken auf individueller Ebene eingeht. Dies lässt sich formal nicht nur in Form der Value-at-Risk constraint, sondern alternativ auch direkt als eine Einschränkung der Menge der zulässigen Portfolios  $\theta$  formulieren, sodass das Optimierungsproblem 4.38 äquivalent ist zu

$$\begin{aligned}
 \min_{\theta_1} \quad RC^1(\theta_1, \theta_2) &= SW^1(\theta_1, \theta_2) \\
 \text{NB:} \quad \theta_1 &\notin \Theta(\underline{VaR}) \\
 \overline{\theta_1} &= 1 \quad .
 \end{aligned} \tag{4.39}$$

Die Lösung der äquivalenten Entscheidungskalküle 4.38 und 4.39 wird im Folgenden in dem bereits bekannten Modellrahmen hergeleitet, sodass beiden Finanzinstituten wie schon in Kapitel 4.1 zwei riskante Anlagen für die Bildung ihres jeweiligen Portfolios zur Verfügung stehen, deren Rückflüsse  $(A_1, A_2)$  bivariat normalverteilt sind:

$$\begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \text{mit } \boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_{A_1} \\ \mu_{A_2} \end{pmatrix} \quad \text{und } \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_{A_1}^2 & \sigma_{A_1, A_2} \\ \sigma_{A_1, A_2} & \sigma_{A_2}^2 \end{pmatrix} .$$

Unter dieser Annahme besteht der aus Formel 3.34 bereits bekannte Zusammenhang zwischen der Portfoliowahl  $\theta$  und dem Value-at-Risk  $VaR(\theta)$ :

$$\begin{aligned}
 VaR_\alpha(\theta) &= -\mu_{PF}(\theta) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sigma_{PF}(\theta) \\
 \text{mit } \mu_{PF}(\theta) &= \theta \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2}) + \mu_{A_2} \\
 \text{und } \sigma_{PF}^2(\theta) &= \theta^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c} \quad .
 \end{aligned}$$

<sup>295</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ . Das Portfolio  $\theta^{mikro} = 0,58$  führt zu  $VaR_\alpha(\theta^{mikro}) = 0,57$ .

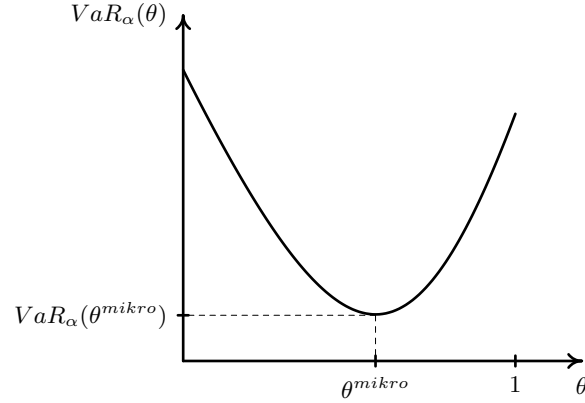


Abbildung 4.15: Abhängigkeit des Value-at-Risk von der Portfoliwahl  $\theta$ .<sup>295</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Für Konfidenzniveaus  $1 - \alpha \geq 0,5$  übernimmt der Value-at-Risk somit, wie in Abbildung 4.15 dargestellt, die Konvexität der Standardabweichung bzgl. der Portfoliwahl  $\theta$ . Weiterhin wird angenommen, dass die Value-at-Risk constraint so konzipiert ist, dass

$$VaR_\alpha(\theta_\alpha^{mikro}) < \underline{VaR} \leq \min\{VaR_\alpha(\theta=0), VaR_\alpha(\theta=1)\} \quad (4.40)$$

gilt. Die Ungleichungen 4.40 implizieren, dass der Regulierer die optimale Portfoliwahl ohne Value-at-Risk constraint untersagt und dass zwei Portfolios  $\theta_u$  und  $\theta_o$  mit  $0 \leq \theta_u < \theta^{mikro} < \theta_o \leq 1$  existieren, für die die Value-at-Risk constraint bindend ist.

**Lemma 4.7.** Falls die Ungleichungen 4.40 gelten, so sind die Portfolios  $\theta_u$  und  $\theta_o$  mit  $VaR_\alpha(\theta_u) = VaR_\alpha(\theta_o) = \underline{VaR}$  gegeben durch

$$\begin{aligned} \theta_u &:= \theta_u(\underline{VaR}, \alpha) = \frac{-\mathfrak{e} - \sqrt{\mathfrak{e}^2 - 4 \cdot \mathfrak{d} \cdot \mathfrak{f}}}{2 \cdot \mathfrak{d}} \in [0, \theta^{mikro}) \\ \text{und } \theta_o &:= \theta_o(\underline{VaR}, \alpha) = \frac{-\mathfrak{e} + \sqrt{\mathfrak{e}^2 - 4 \cdot \mathfrak{d} \cdot \mathfrak{f}}}{2 \cdot \mathfrak{d}} \in (\theta^{mikro}, 1] \\ \text{mit } \mathfrak{d} &= (\Phi^{-1}(\alpha))^2 \cdot \mathfrak{a} - (\mu_{A_1} - \mu_{A_2})^2, \\ \mathfrak{e} &= 2 \cdot ((\Phi^{-1}(\alpha_c))^2 \cdot \mathfrak{b} - (\underline{VaR} - \mu_{A_2}) \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2})) \\ \text{und } \mathfrak{f} &= \mathfrak{c} \cdot (\Phi^{-1}(\alpha_c))^2 - (\underline{VaR} - \mu_{A_2})^2. \end{aligned}$$

*Beweis.* Der Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  ist gegeben durch

$$VaR_\alpha(\theta) = -\left(\theta \cdot \mu_{A_1} + (1 - \theta) \cdot \mu_{A_2}\right) - \Phi^{-1}(\alpha) \cdot \sqrt{\theta^2 \cdot \mathfrak{a} + 2 \cdot \theta \cdot \mathfrak{b} + \mathfrak{c}}.$$

Die Annahme  $VaR_\alpha(\theta) \stackrel{!}{=} \underline{VaR}$ , die Quadrierung dieser Gleichung und die Umordnung der Terme führen zur quadratischen Gleichung

$$0 = \theta^2 \cdot \mathfrak{d} + \theta \cdot \mathfrak{e} + \mathfrak{f} . \quad (4.41)$$

Somit gilt

$$\begin{aligned} \theta_u(\underline{VaR}, \alpha) &= \frac{-\mathfrak{e} - \sqrt{\mathfrak{e}^2 - 4 \cdot \mathfrak{d} \cdot \mathfrak{f}}}{2 \cdot \mathfrak{d}} \\ \text{und } \theta_o(\underline{VaR}, \alpha) &= \frac{-\mathfrak{e} + \sqrt{\mathfrak{e}^2 - 4 \cdot \mathfrak{d} \cdot \mathfrak{f}}}{2 \cdot \mathfrak{d}} . \end{aligned} \quad (4.42)$$

□

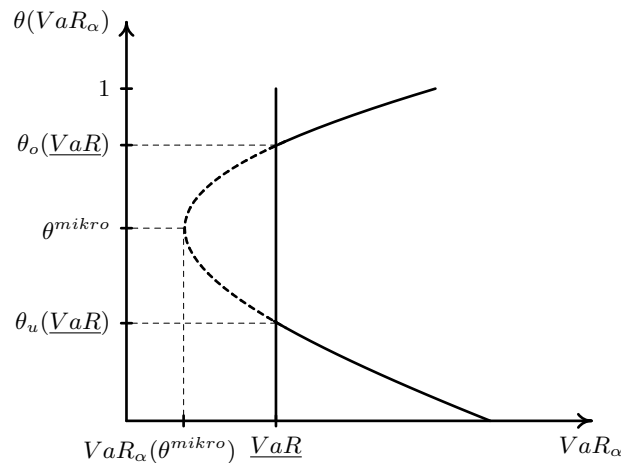


Abbildung 4.16: Zusammenhang zwischen dem Value-at-Risk  $VaR_\alpha$  und der Portfoliowahl  $\theta$ .<sup>296</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Die in Abbildung 4.16 dargestellte Hyperbel stellt die Umkehrfunktion der in Abbildung 4.15 dargestellten Parabel dar. Wie der Abbildung 4.16 zu entnehmen ist, führt die Vorgabe eines auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisikos im betrachteten Modellrahmen dazu, dass die Bankenaufsicht den Finanzinstituten die Wahl eines Portfolios  $\theta \in (\theta_u, \theta_o)$  untersagt. Dabei wird insbesondere die Wahl des unter mikroprudentieller Regulierung optimalen Minimum-Value-at-Risk-Portfolios  $\theta^{mikro}$  unabhängig von der konkreten Höhe von  $\underline{VaR}$  untersagt, da  $VaR_\alpha(\theta^{mikro}) < \underline{VaR}$  sinnvollerweise zu fordern ist.<sup>297</sup> Die Einschränkung der

<sup>296</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ . Zusätzlich gilt  $\underline{VaR} = 0,85$  und somit  $\theta_u = 0,30$  sowie  $\theta_o = 0,83$ .

<sup>297</sup>Für den Fall  $VaR_\alpha(\theta^{mikro}) \geq \underline{VaR}$  erfolgt durch die Value-at-Risk constraint keine Ein-

Menge der zulässigen Portfolios (die Differenz zwischen  $\theta_o$  und  $\theta_u$  und somit die Länge des Intervalls) ist dabei umso größer (und insbesondere regulatorisch leicht steuerbar), je höher die Bankenaufsicht das Mindestrisiko  $\underline{VaR}$  setzt.

Als Ausgangspunkt für die Herleitung der optimalen Lösung des durch Formel 4.38 gegebenen Entscheidungsproblems stellt Abbildung 4.17 nochmals die Portfoliowahl der Banken für den Fall dar, dass die an ein Finanzinstitut gestellte Mindesteigenkapitalanforderung lediglich deren Beitrag zum Risiko des Bankensystems, ermittelt durch die Anwendung der axiomatisch fundierten (Risiko-)Allokationsfunktion Shapley-Wert auf den systemischen Value-at-Risk, entspricht. Dieser bereits aus Kapitel 3.7.6.2 bekannte Fall lässt sich als Spezialfall des durch Formel 4.38 gegebenen Entscheidungsproblems auffassen, bei dem das auf individueller Ebene einzugehende Mindestrisiko durch den Regulierer auf  $\underline{VaR} \leq VaR_\alpha(\theta^{mikro})$  festgesetzt und die Menge der zulässigen Portfolios folglich nicht eingeschränkt wird. Wie in Kapitel 3.7.6.2 gezeigt wurde, führt eine solche Regulierung der Finanzinstitute im Nash-Gleichgewicht zur Portfoliowahl  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (\theta^{mikro}; \theta^{mikro})$ . Beide Banken wählen also das identische Minimum-Value-at-Risk-Portfolio, sodass die Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung durch eine maximale Diversifikation bei fehlender Diversität gekennzeichnet ist und insbesondere mit derjenigen unter mikroprudentieller Regulierung übereinstimmt.

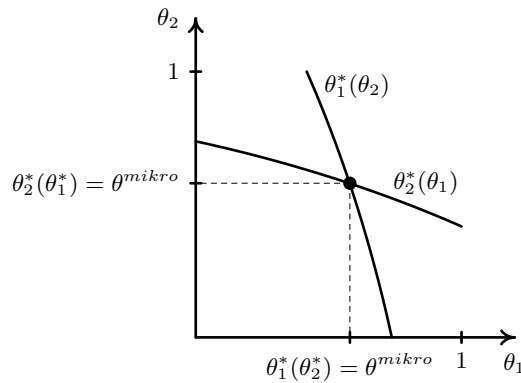


Abbildung 4.17: Darstellung der Reaktionsfunktionen ohne die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint.<sup>298</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Wie Abbildung 4.18 zeigt, untersagt die Bankenaufsicht durch die Vorgabe von auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisiken in Höhe von  $\underline{VaR} > VaR_\alpha(\theta^{mikro})$  die Wahl

schränkung der Menge der zulässigen Portfolios, sodass im Nash-Gleichgewicht die Portfoliowahl  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (\theta^{mikro}; \theta^{mikro})$  resultiert (siehe Kapitel 3.7.6.2).

<sup>298</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ .

dieses Minimum-Value-at-Risk-Portfolios  $\theta^{mikro}$ , da die Finanzinstitute ihr Portfolio  $\theta$  nun nicht mehr aus dem Intervall  $(\theta_u, \theta_o)$  mit  $\theta_u < \theta^{mikro} < \theta_o$  wählen dürfen.

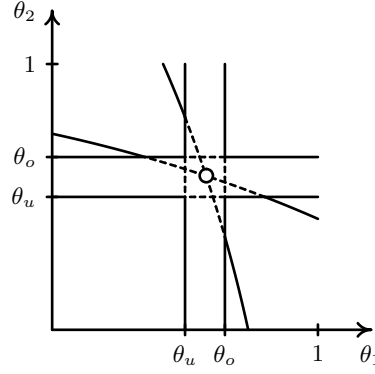


Abbildung 4.18: Darstellung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint und der Reaktionsfunktionen.<sup>299</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Da beide Finanzinstitute die Value-at-Risk constraint erfüllen müssen, ist die Reaktionsfunktion  $\theta_i^{**}(\theta_j)$  von Bank  $i$  lediglich für den Fall  $\theta_j \notin (\theta_u, \theta_o)$  zu ermitteln. Entsprechend ändert sich die Reaktionsfunktion von Bank  $i$  nur dann, wenn bei gegebener zulässiger Portfoliowahl  $\theta_j$  von Bank  $j$  das optimale Portfolio von Bank  $i$  ohne die Implementierung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint in das Intervall  $(\theta_u, \theta_o)$  fällt. Eine Neubestimmung der Reaktionsfunktion  $\theta_i^*(\theta_j)$  ist somit für die folgenden Fälle vonnöten:

$$\arg \min_{\theta_i} SW^i(\theta_i, \theta_j) \in (\theta_u; \theta_o) \quad \text{für} \quad \theta_j \notin (\theta_u; \theta_o) \quad . \quad (4.43)$$

Aufgrund der für Konfidenzniveaus  $1 - \alpha \geq 0,5$  resultierenden und in Abbildung 4.19 grafisch dargestellten Konvexität der zu minimierenden Zielfunktion  $SW^i$  bzgl. der Portfoliowahl  $\theta_i$  ist die zum Zwecke der Erfüllung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint modifizierte Reaktionsfunktion für den durch Formel 4.43 charakterisierten Fall leicht ersichtlich. Falls die ursprünglich (ohne die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint) optimale Portfoliowahl von Bank  $i$  für eine gegebene Portfoliowahl  $\bar{\theta}_j$  von Bank  $j$  in das Intervall  $(\theta_u, \theta_o)$  fällt, so wird sich Bank  $i$  zur Minimierung ihres Beitrages zum Risiko des Bankensystems bei gleichzeitiger Erfüllung der Value-at-Risk constraint nur in dem von der Bankenaufsicht geforderten Umfang von der ursprünglich optimalen Portfoliowahl  $\theta_i^*(\bar{\theta}_j)$  entfernen. Somit wird Bank  $i$  auf die zusätzliche Anforderung an ihr individuelles Risiko je nach Portfoliowahl  $\bar{\theta}_j$  von Bank  $j$  entweder durch die Wahl des Portfolios  $\theta_u$  oder aber durch

<sup>299</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ . Zusätzlich gilt  $\underline{VaR} = 0,60$  und somit  $\theta_u = 0,50$  und  $\theta_o = 0,65$ .

die Wahl des Portfolios  $\theta_o$  reagieren. Die makroprudentielle Value-at-Risk constraint ist für den durch Formel 4.43 charakterisierten Fall folglich stets bindend.

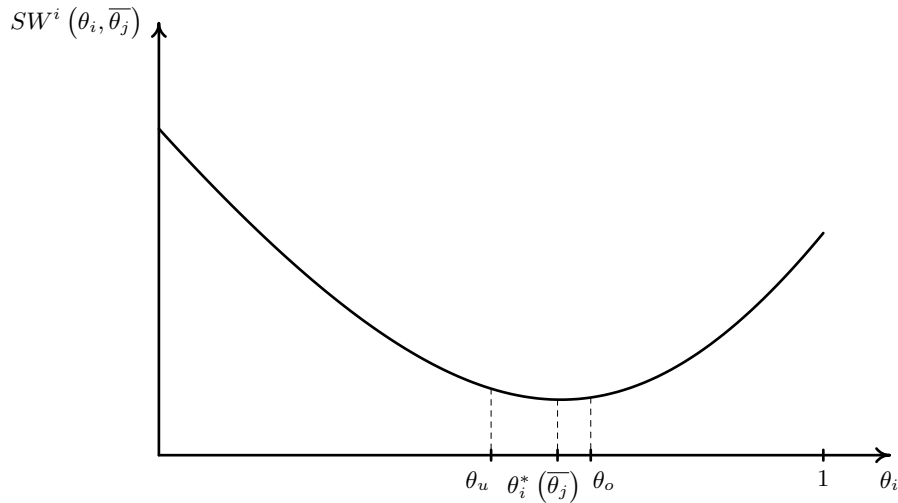


Abbildung 4.19: Abhängigkeit des Shapley-Wertes  $SW^i$  von der Portfoliowahl  $\theta_i$  bei gegebener Portfoliowahl  $\bar{\theta}_j$ .<sup>300</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Formal stellt sich die Reaktionsfunktion  $\theta_i^{**}(\theta_j)$  von Bank  $i$  unter der zusätzlichen regulatorischen Vorgabe von auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisiken in Höhe von  $\underline{VaR}$  und für den Fall, dass die ursprünglich (ohne die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint) optimale Portfoliowahl in das Intervall  $(\theta_u, \theta_o)$  fällt, wie folgt dar:

$$\theta_i^{**}(\theta_j) = \arg \min_{\theta_i \in \{\theta_u; \theta_o\}} SW(\theta_i, \theta_j) \quad . \quad (4.44)$$

Die vollständige Reaktionsfunktion  $\theta_i^{**}(\theta_j)$  von Bank  $i$  lautet somit:

$$\theta_i^{**}(\theta_j) = \begin{cases} \arg \min_{\theta_i} SW(\theta_i, \theta_j) & \text{für } \arg \min_{\theta_i} SW(\theta_i, \theta_j) \notin (\theta_u; \theta_o) \\ \arg \min_{\theta_i \in \{\theta_u; \theta_o\}} SW(\theta_i, \theta_j) & \text{für } \arg \min_{\theta_i} SW(\theta_i, \theta_j) \in (\theta_u; \theta_o) \end{cases} \quad . \quad (4.45)$$

<sup>300</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ . Zusätzlich wurde  $\bar{\theta}_j = 0,50$  gewählt, sodass  $\theta_i^*(\bar{\theta}_j) = 0,60 \in (\theta_u, \theta_o) = (0,50; 0,65)$  gilt.

**Lemma 4.8.** *Falls Bank 2 das Portfolio  $\theta_u$  wählt, so ist die optimale Reaktion von Bank 1 gegeben durch  $\theta_1^{**}(\theta_u) = \theta_o$ . Falls Bank 2 das Portfolio  $\theta_o$  wählt, so ist die optimale Reaktion von Bank 1 gegeben durch  $\theta_1^{**}(\theta_o) = \theta_u$ .*

*Beweis.* Zunächst sei angenommen, dass Bank 2 das Portfolio  $\theta_u$  wählt. Bank 1 bevorzugt dann die Wahl des Portfolios  $\theta_o$  gegenüber der Wahl des Portfolios  $\theta_u$ , da

$$\begin{aligned}
 SW^1(\theta_1 = \theta_o, \theta_2 = \theta_u) &= \frac{1}{2} \cdot \left( VaR_\alpha(\theta_o) + VaR_\alpha^{System}(\theta_o, \theta_u) - VaR_\alpha(\theta_u) \right) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \left( \underline{VaR} + VaR_\alpha^{System}(\theta_o, \theta_u) - \underline{VaR} \right) \\
 &< \frac{1}{2} \cdot (\underline{VaR} + 2 \cdot \underline{VaR} - \underline{VaR}) \\
 &= SW^1(\theta_1 = \theta_u, \theta_2 = \theta_u)
 \end{aligned} \tag{4.46}$$

wegen  $VaR_\alpha^{System}(\theta_o, \theta_u) < 2 \cdot \underline{VaR}$  aufgrund der Subadditivität des Value-at-Risk für normalverteilte Zufallsvariablen gilt. Zudem bevorzugt Bank 1 die Wahl des Portfolios  $\theta_u$  (und wie eben gezeigt somit die Wahl des Portfolios  $\theta_o$ ) gegenüber der Wahl eines jeden Portfolios  $\theta < \theta_u$ :

$$\begin{aligned}
 SW^1(\theta_1 = \theta_u, \theta_2 = \theta_u) &= \frac{1}{2} \cdot \left( VaR_\alpha(\theta_u) + VaR_\alpha^{System}(\theta_u, \theta_u) - VaR_\alpha(\theta_u) \right) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \left( \underline{VaR} + VaR_\alpha^{System}(\theta_u, \theta_u) - \underline{VaR} \right) \\
 &< \frac{1}{2} \cdot \left( VaR_\alpha(\theta) + VaR_\alpha^{System}(\theta, \theta_u) - \underline{VaR} \right) \\
 &= SW^1(\theta_1 = \theta, \theta_2 = \theta_u)
 \end{aligned} \tag{4.47}$$

da  $\theta_u$  das Minimum-Value-at-Risk Portfolio unter Einhaltung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint darstellt und  $VaR_\alpha^{System}(\theta_u, \theta_u) < VaR_\alpha^{System}(\theta, \theta_u)$  für  $\theta < \theta_u$ , aufgrund von  $\theta + \theta_u < 2 \cdot \theta_u < 2 \cdot \theta^{mikro}$  gilt. Bank 1 bevorzugt zudem die Wahl des Portfolios  $\theta_o$  gegenüber eines jeden Portfolios  $\theta > \theta_o$ :

$$\begin{aligned}
 SW^1(\theta_1 = \theta_o, \theta_2 = \theta_u) &= \frac{1}{2} \cdot \left( VaR_\alpha(\theta_o) + VaR_\alpha^{System}(\theta_o, \theta_u) - VaR_\alpha(\theta_u) \right) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot \left( \underline{VaR} + VaR_\alpha^{System}(\theta_o, \theta_u) - \underline{VaR} \right) \\
 &< \frac{1}{2} \cdot \left( VaR_\alpha(\theta) + VaR_\alpha^{System}(\theta, \theta_u) - \underline{VaR} \right) \\
 &= SW^1(\theta_1 = \theta, \theta_2 = \theta_u)
 \end{aligned} \tag{4.48}$$

da eine Erhöhung von  $\theta_o$  zu  $\theta$  den individuellen Value-at-Risk von Bank 1, welcher aufgrund von  $\theta > \theta_o > \theta^{mikro}$  ansteigt, stärker beeinflusst als den systemische Value-at-Risk, welcher nur für  $\theta_o + \theta_u < 2 \cdot \theta^{mikro}$  sinkt. Falls Bank 2 also das Portfolio  $\theta_u$  wählt, so ist die optimale Reaktion von Bank 1 die Wahl des Portfolios  $\theta_o$ . Der Beweis von  $\theta_1^{**}(\theta_o) = \theta_u$  ist analog.  $\square$

Eine grafische Darstellung der Reaktionsfunktionen  $\theta_1^{**}(\theta_2)$  und  $\theta_2^{**}(\theta_1)$  liefert Abbildung 4.20. Aus dieser lässt sich auch das infolge der Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint resultierende Nash-Gleichgewicht ablesen.

**Lemma 4.9.** *Das Nash-Gleichgewicht des Optimierungsproblems 4.38 ist gegeben durch  $(\theta_i^{**}; \theta_j^{**}) = (\theta_u; \theta_o)$ .*

*Beweis.* Der Beweis folgt unmittelbar aus Lemma 4.8.  $\square$

Die Nebenbedingung in Form der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint ist somit im Nash-Gleichgewicht für beide Finanzinstitute stets bindend. Zum Zwecke der Minimierung des vorzuhaltenden Eigenkapitals erzeugen die Banken zudem eine Diversität in der Portfoliowahl, indem verschiedene, einen Value-at-Risk in Höhe von  $VaR$  erzeugende Portfolios gewählt werden. Somit führt auch die makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung in der hier vorgestellten Form zu einer Auflösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen. Zudem kann die Bankenaufsicht durch die Vorgabe der auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisiken die aus der Portfoliowahl der Banken resultierende Diversität und Diversifikation leicht steuern.

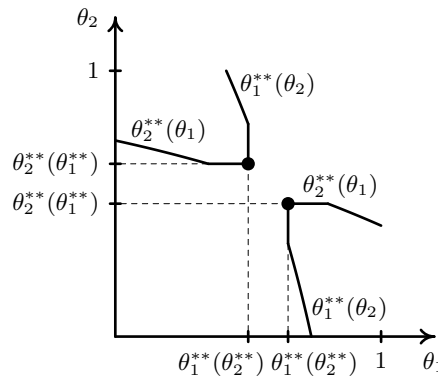


Abbildung 4.20: Darstellung der Reaktionsfunktionen bei Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint.<sup>301</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

### 4.2.3 Implikationen für die Portfoliowahl

Abbildung 4.21 stellt die Funktionsweise der in Kapitel 4.2.2 erörterten Regulierung sowie deren Implikationen für die Portfoliowahl der Banken anhand des  $(\mu, \sigma)$ -Diagramms grafisch dar. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, führt die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint zunächst dazu, dass diejenige Portfoliowahl  $(\theta^{mikro}; \theta^{mikro})$ , welche den Beitrag  $SW^i$  einer Bank  $i$  zum Risiko des Bankensystems minimiert (dargestellt durch den weiß gefüllten Punkt), ebenso untersagt wird, wie sämtliche andere Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$ , bei denen eine der beiden Banken ein Portfolio mit einem individuellen Risiko kleiner als  $\underline{VaR}$  wählt. Während die makroprudentielle Value-at-Risk constraint somit die zur Senkung des systemischen Risikos notwendige Aufnahme von Mindestrisiken auf individueller Ebene garantiert, sichert die makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung in Form der Shapley-Wert-constraint, dass die Reaktion beider Banken auf die zusätzliche regulatorische Anforderung in Form eben jener Value-at-Risk constraint unterschiedlich ausfällt und somit im Nash Gleichgewicht  $(\theta_i^*; \theta_j^*)$  eine zur Senkung des systemischen Risikos notwendige Diversität in der Portfoliowahl erzeugt wird (dargestellt durch die schwarz gefüllten Punkte).

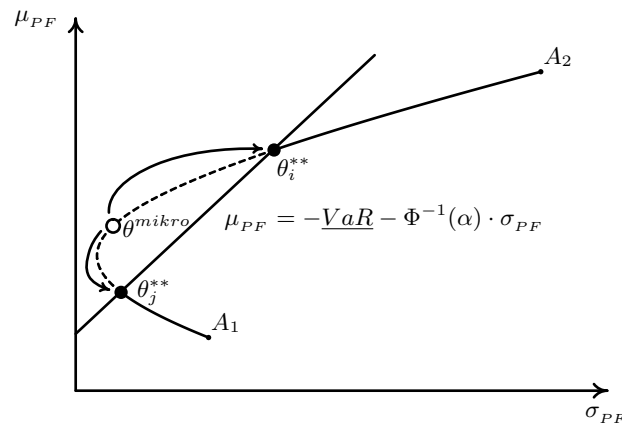


Abbildung 4.21: Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl der Banken, dargestellt im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm.<sup>302</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 4.21 zeigt zudem, dass auch eine makroprudentielle Bankenregulierung in der hier vorgestellten Form zur Wahl von nicht  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios führt. Dies fußt dar-

<sup>301</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ .

<sup>302</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ . Zusätzlich gilt  $\underline{VaR} = 0,85$ . Dargestellt sind folgende Portfolios:

auf, dass die Schaffung einer Diversität in der Portfoliowahl unter der Vorgabe eines auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisikos die einzige Möglichkeit zur Begrenzung des Risikos des Bankensystems, gemessen durch den systemischen Value-at-Risk, darstellt. Daher entfernen sich die optimalen Portfolios der Banken bei der Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint in entgegengesetzter Richtung vom Minimum-Value-at-Risk-Portfolio.

Eine alternative grafische Darstellung liefert die in Abbildung 4.22 aufgezeigte Betrachtung der optimalen Portfoliowahl in einem  $(\mu, VaR)$ -Diagramm. Die makroprudentielle Value-at-Risk constraint verläuft hier parallel zur Ordinate. Während sich anhand von Abbildung 4.21 die durch die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint erzwungene Änderung der Standardabweichung des Portfoliorückflusses direkt erkennen lässt, kann anhand von Abbildung 4.22 evaluiert werden, in welcher Größenordnung der Regulator das einzugehende Mindestrisiko auf individueller Ebene relativ zum minimalen bzw. maximalen Value-at-Risk vorgibt.<sup>303</sup>

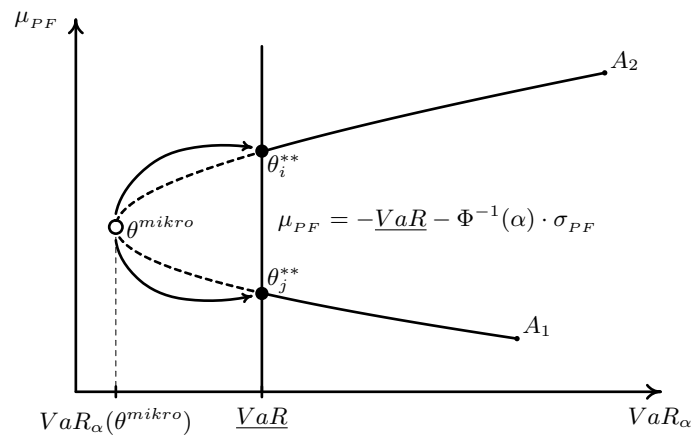


Abbildung 4.22: Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die Portfoliowahl der Banken, dargestellt im  $(\mu, VaR)$ -Diagramm.<sup>304</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

| $\theta$ | $\sigma_{FF}(\theta)$ | $\mu_{FF}(\theta)$ | $VaR_{\alpha}(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 0,29     | 1,10                  | 1,71               | 0,85                   |
| 0,58     | 0,86                  | 1,42               | 0,57                   |
| 0,83     | 0,87                  | 1,17               | 0,85                   |

<sup>303</sup>Die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint und die damit verbundene Vorgabe eines bei der Portfoliowahl minimal zu erreichenden Value-at-Risk führt dabei keineswegs zwangsweise zu einer Erhöhung der Standardabweichung des optimalen Portfolios. Dies fußt analog zum infolge der Implementierung einer mikroprudentiellen Value-at-Risk constraint möglichen Verbot des Minimum-Varianz-Portfolios darauf, dass der Value-at-Risk und das  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip nicht miteinander kompatibel sind, sodass die Menge der  $(\mu, \sigma)$ -effizienten Portfolios und die der  $(\mu, VaR)$ -effizienten Portfolios nicht deckungsgleich sind.

### 4.3 Duplikation der Portfoliowahl unter der Regulierung per Externalitätenterm durch die Regulierung mittels Value-at-Risk constraint

Während in Kapitel 4.1 die Höhe des vorzuhaltenden Eigenkapitals einer Bank durch deren vollständigen Beitrag zum systemischen Risiko bestimmt wurde, müssen die Banken unter der in Kapitel 4.2 vorgestellten makroprudentiellen Regulierung Eigenkapital in Höhe ihres Beitrages zum Risiko des Bankensystems vorhalten und dabei eine makroprudentielle Value-at-Risk constraint einhalten. Die Begründung für die zunächst (vordergründig aufgrund der immer noch stark mikroprudentiell geprägten Denkweise bei der Bankenregulierung) kontraintuitiv erscheinenden Vorgabe von auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisiken in Kapitel 4.2 lieferte dabei die in Kapitel 4.1 vorgestellte intuitive Ausgestaltung der makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung, bei der eine direkte regulatorische Erfassung der Abhängigkeitsstruktur zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute durch die Erhebung eines Externalitätenterms erfolgte und die Erhöhung des Risikos auf individueller Ebene (im hier betrachteten Modellrahmen mit lediglich zwei riskanten Anlagen) eine notwendige Folge eben jener Regulierung darstellte. Hieran anknüpfend ist zu untersuchen, wie die Ausgestaltung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint zu erfolgen hat, damit die resultierende Portfoliowahl der Banken unter der intuitiven Ausgestaltung, bei der auf die Implementierung eines Externalitätenterms zurückgegriffen wird, dupliziert wird.

Hierzu seien die Entscheidungskalküle von Bank 1 unter den beiden vorgestellten Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung nochmals gegenübergestellt:

$$\begin{array}{ll}
 \text{I} & \text{II} \\
 \min_{\theta_1} SW^1(\theta_1, \theta_2) + EX^1(\theta_1, \theta_2) & \min_{\theta_1} SW^1(\theta_1, \theta_2) \\
 \text{NB: } \overline{\theta_1} = 1 & \text{NB: } VaR_\alpha(\theta_1) \geq \underline{VaR} \\
 & \overline{\theta_1} = 1 \quad .
 \end{array} \tag{4.49}$$

Falls die Banken Eigenkapital in Höhe ihres Beitrags zum systemischen Risiko vorhalten müssen (Ansatz I), so führt dies im Nash-Gleichgewicht zur einer Portfoliowahl  $(\theta_i^*; \theta_j^*)$ ,

<sup>304</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ . Somit gilt  $VaR_\alpha^{min} = 0,57$ . Die dargestellten Portfolios entsprechen denjenigen aus Abbildung 4.21.

deren Diversität umso größer ist, je stärker die Höhe des systemischen Risikos durch den Externalitätenterm determiniert wird.<sup>305</sup> Die Charakterisierung des Nash-Gleichgewichts für den Fall, dass die Banken Eigenkapital in Höhe ihres Beitrags zum Risiko des Bankensystems vorhalten und dabei eine makroprudentielle Value-at-Risk constraint erfüllen müssen (Ansatz II), fällt indes leichter. Die Portfoliowahl im Nash-Gleichgewicht, gegeben durch  $(\theta_i^{**}; \theta_j^{**}) = (\theta_u; \theta_o)$ , ist hier dadurch charakterisiert, dass die Nebenbedingung in Form der Value-at-Risk constraint für beide Banken bindend ist, wobei voneinander verschiedene Portfolios gewählt werden. Eine grafische Gegenüberstellung der Nash-Gleichgewichte, jeweils dargestellt im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm, liefert Abbildung 4.23.

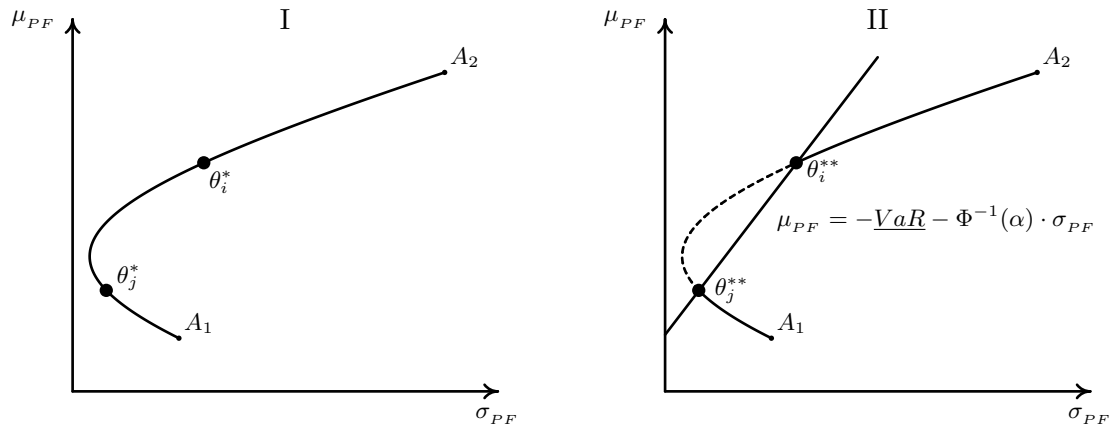


Abbildung 4.23: Lage der im Nash-Gleichgewicht gewählten Portfolios im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm bei einer Regulierung mittels Externalitätenterm (I) und mittels makroprudentieller Value-at-Risk constraint (II).<sup>306</sup> (Quelle: Eigene Darstellung.)

Wie anhand Abbildung 4.23 ersichtlich wird, lässt sich unter einer Regulierung mittels makroprudentieller Value-at-Risk constraint jedes beliebige Nash-Gleichgewicht  $(\theta_i^{**}; \theta_j^{**}) = (\theta_u; \theta_o)$  mit  $\theta_u < \theta^{mikro} < \theta_o$  erzeugen, sodass insbesondere auch die Portfoliowahl unter einer Regulierung mittels Externalitätenterm dupliziert werden kann. Dies fußt darauf, dass die Bankenaufsicht bei der Implementierung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint zwei unabhängige Entscheidungsvariablen in Form der Höhe des auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisikos  $\underline{VaR}$  und des Konfidenzniveaus  $1 - \alpha$ , zu dem

<sup>305</sup>Siehe Kapitel 4.1.2.2.

<sup>306</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau für die Ermittlung der Mindesteigenkapitalanforderung ist gegeben durch  $1 - \alpha_{RC} = 0,99$ . Die linke Abbildung stellt daher das aus Kapitel 4.1.2.2 bekannte Nash-Gleichgewicht  $(\theta_i^*; \theta_j^*) = (0,34; 0,82)$  dar. Für die Duplikation dieses Nash-Gleichgewichtes unter Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint ist seitens des Regulierers ein auf individueller Ebene einzugehendes Mindestrisiko, gemessen durch den Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha_{const} = 0,9955$ , in Höhe von  $\underline{VaR} = 1,075$  vorzugeben.

die Value-at-Risk constraint erfüllt werden muss, besitzt.<sup>307</sup> Somit kann jede beliebige Gerade<sup>308</sup> in Form der Value-at-Risk constraint durch das  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm gelegt, zwei beliebige Schnittpunkte der Value-at-Risk constraint mit der Hyperbel erzeugt und infolgedessen auch jedes Nash-Gleichgewicht  $(\theta_i^*; \theta_j^*) = (\theta_u; \theta_o)$  mit  $\theta_u < \theta^{mikro} < \theta_o$  erzeugt werden.<sup>309</sup> Dies erlaubt insbesondere die Duplikation desjenigen Nash-Gleichgewichtes  $(\theta_i^*; \theta_j^*)$ , welches unter einer Regulierung mittels Externalitätenterm resultiert.

## 4.4 Zwischenfazit

Kapitel 4 zeigte zwei mögliche Ausgestaltungen einer Mindesteigenkapitalanforderung zur Verfolgung makroprudentieller Ziele. In Kapitel 4.1 wurde zunächst ein intuitiver Ansatz vorgestellt, bei dem das vorzuhaltende Eigenkapital einer Bank von deren Beitrag zum systemischen Risiko abhängt. Essentiell ist hierbei eine vollständige regulatorische Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos und somit insbesondere die Berücksichtigung der vom gesamten Bankensystem auf die Realwirtschaft übertragenen Risiken. Realisiert wird dies durch die Implementierung eines Externalitätenterms, der die Mindesteigenkapitalanforderung aus Kapitel 3.7, deren Höhe lediglich vom Beitrag einer Bank zum Risiko des Bankensystems abhing, dahingehend ergänzt, dass die Finanzinstitute einen zusätzlichen Mindesteigenkapitalbetrag vorhalten müssen, dessen Höhe durch die sich aus der Portfoliowahl ergebenden Verflechtung zwischen den Finanzinstituten bestimmt wird. Die wesentlichen Implikationen einer solchen makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung für die Portfoliowahl der Banken wurden in Kapitel 4.1.2 dargelegt. Es wurde gezeigt, dass Finanzinstitute im Rahmen einer makroprudentiellen Bankenregulierung entgegen der klassischen Portfoliotheorie nach MARKOWITZ (1952) aus rationalen Gründen Portfolios wählen, die das Kriterium der  $(\mu, \sigma)$ -Effizienz nicht erfüllen. Ursächlich hierfür ist die entstehende Diversität bzgl. der Portfoliowahl der Banken, welche aus regulatorischer

<sup>307</sup>Die Wahl des Konfidenzniveaus  $1 - \alpha_{const}$ , bzgl. dem die Value-at-Risk constraint zu erfüllen ist, kann freilich unabhängig von der Wahl desjenigen Konfidenzniveaus  $1 - \alpha_{RC}$  erfolgen, welches zur Ermittlung der Mindesteigenkapitalanforderung herangezogen wird.

<sup>308</sup>Jede Gerade ist charakterisiert durch zwei Parameter, den Schnittpunkt  $n$  mit der Ordinate und den Anstieg  $m$ . Während für die makroprudentielle Value-at-Risk constraint der Schnittpunkt mit der Ordinate stets  $n = -\underline{VaR}$  entspricht, existiert aufgrund der strengen Monotonie der Verteilungsfunktion  $\Phi$  der Standardnormalverteilung eine Eins-zu-Eins Korrespondenz zwischen dem vom Regulierer vorgegebenen Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  und dem Anstieg  $m = -\Phi^{-1}(\alpha)$ .

<sup>309</sup>Die Value-at-Risk constraint kann, falls bei ihrer Implementierung ein anderes Konfidenzniveau als für die Bestimmung der Mindesteigenkapitalanforderungen verwendet wird, seitens des Regulierers freilich auch so ausgestaltet werden, dass  $\theta_u < \theta_o \leq \theta^{mikro}$  oder  $\theta^{mikro} \leq \theta_u < \theta_o$  gilt. In diesen Fällen würde das Portfolio  $\theta^{mikro}$  allerdings nicht die Value-at-Risk constraint verletzen, sodass beide Finanzinstitute gemäß den Überlegungen aus Kapitel 3.7.6.2.2 das Portfolio  $\theta^{mikro}$  zur Minimierung ihres jeweiligen Beitrages  $SW^i$  zum Risiko des Bankensystems wählen und die Value-at-Risk constraint somit keinerlei Einfluss auf die Portfoliowahl besitzt.

Sicht aufgrund der mit ihr verbundenen geringen Interbanken-Korrelation von großem Wert ist. Im Rahmen der makroprudentiellen Bankenregulierung ist das  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip somit, wie in Kapitel 4.1.2.3 vorgenommen, um die Dimension  $\rho$  zu erweitern.

Eine weitere Implikation der makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung aus Kapitel 4.1 ist der Anstieg des individuellen Risikos beider Finanzinstitute im Vergleich zum mikroprudentiellen Regulierungsregime. Wie in Kapitel 4.2 gezeigt wurde, ist ein solcher Anstieg des individuellen Risikos einer Bank im betrachteten Modellrahmen und in Verbindung mit der Mindesteigenkapitalanforderung aus Kapitel 3.7 auch hinreichend für die Erzeugung einer Diversität in der Portfoliowahl der Finanzinstitute. Operationalisiert wurde die Anforderung an das individuelle Risiko einer Bank durch eine (im Rahmen der mikroprudentiellen Bankenregulierung bereits wohlbekannte) Value-at-Risk constraint, die zur Senkung des systemischen Risikos Mindestrisiken vorgibt, welche seitens der Finanzinstitute bei ihrer Portfoliowahl auf individueller Ebene einzugehen sind. Kapitel 4.3 verdeutlichte abschließend, dass die Portfoliowahl unter der Regulierung mittels eines Externalitätenterms stets durch die Regulierung mittels einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint dupliziert werden kann.

Für ein allgemeines Portfolio-Selection Problem wurde in Kapitel 4 somit erstmalig eine Mindesteigenkapitalanforderungen ausgearbeitet, unter deren Implementierung Finanzinstitute im Rahmen klassischer Portfolio-Selection-Probleme ihr jeweiliges Portfolio im Eigeninteresse derart wählen, dass die im Bankensystem befindliche Verflechtungen aufgelöst werden und das systemische Risiko, vordergründig aufgrund der resultierenden Diversität in der Portfoliowahl, begrenzt ist. Modelliert wurde das Entscheidungsverhalten der Banken dadurch, dass diese bei ihrer Portfoliowahl das regulatorische Kapital (die sich durch die Portfoliowahl ergebene Mindesteigenkapitalanforderung) minimieren. Dieses in der Praxis freilich kaum aufzufindende Entscheidungskriterium diente dabei zunächst der Erlangung von Konsistenzaussagen, da eine makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auch dann zu einer im Lichte des systemischen Risikos wünschenswerten Portfoliowahl der Banken führen sollte, wenn diese zur Minimierung des von der Bankenaufsicht vorgegebenen Risikomaßes gewillt sind. Zum Zwecke einer adäquateren Abbildung des Entscheidungsverhaltens von Finanzinstituten unter Risiko wird dieses im Folgenden wie in der Literatur üblich durch das  $(\mu, \sigma)$ -Kriterium operationalisiert, sodass die Banken bei ihrer Portfoliowahl nicht mehr allein die mit ihrer Portfoliowahl einhergehende Mindesteigenkapitalanforderung berücksichtigen, sondern den zu erwartenden Ertrag ihres Portfolios gegen dessen Risiko unter Einhaltung regulatorischer Anforderungen abwägen.

## 5 Portfoliowahl von Banken mit $(\mu, \sigma)$ -Entscheidungskalkül unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung

Wie zuvor stehen beiden Banken zwei riskante Anlagen zur Verfügung, deren Rückflüsse  $(A_1, A_2)$  bivariat normalverteilt sind:

$$\begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} \sim N(\boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\Sigma}) \quad \text{mit } \boldsymbol{\mu} = \begin{pmatrix} \mu_{A_1} \\ \mu_{A_2} \end{pmatrix} \quad \text{und } \boldsymbol{\Sigma} = \begin{pmatrix} \sigma_{A_1}^2 & \sigma_{A_1, A_2} \\ \sigma_{A_1, A_2} & \sigma_{A_2}^2 \end{pmatrix} .$$

Der Rückfluss  $A_i$  pro in Anlage  $i$  investierter Geldeinheit ist somit normalverteilt mit den Parametern  $\mu_{A_i}$  und  $\sigma_{A_i}^2$ . Erneut investieren beide Banken insgesamt jeweils eine Geldeinheit, wobei  $\theta_i$  den von Bank  $i$  investierten Anteil in die riskante Anlage 1 angibt. Wie bereits erörtert, ist der Portfoliorückfluss  $X^i$  von Bank  $i$  ebenfalls normalverteilt mit den Parametern  $\mu_{PF_i}$  und  $\sigma_{PF_i}^2$ :

$$\begin{aligned} X^i &\sim N(\mu_{PF_i}, \sigma_{PF_i}^2) \\ \text{mit } \mu_{PF_i}(\theta_i) &:= \mu(X^i) = \theta_i \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2}) + \mu_{A_2} \\ \text{und } \sigma_{PF_i}^2(\theta_i) &:= \sigma^2(X^i) = \theta_i^2 \cdot \mathfrak{a} + 2 \cdot \theta_i \cdot \mathfrak{b} + \mathfrak{c} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Anders als in Kapitel 4 erfolgt die Portfoliowahl der Banken nun nicht mehr unter dem Entscheidungskalkül der Minimierung des regulatorischen Kapitals, bemessen durch das von der Bankenaufsicht vorgegebene Risikomaß im Rahmen der mikro- bzw. makroprudentiellen Bankenregulierung. Stattdessen wird das Entscheidungsverhalten der Banken unter Risiko wie für finanzierungstheoretische Fragestellungen üblich durch das  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip als ein Vertreter der „klassischen“ Entscheidungskriterien operationalisiert.<sup>310</sup> Dieses unterstellt den betrachteten Finanzinstituten das folgende Zielfunktional  $\Phi$ :

<sup>310</sup> „Klassische“ Entscheidungskriterien (SCHNEEWEISS (1967)) bzw. „ad hoc“ Entscheidungskriterien (BAMBERG/TROST (1996)) oder auch „Ersatzentscheidungskriterien“ (Dinkelbach 1996) sind solche Entschei-

$$\max_{\theta} \Phi(\mu_{PF}(\theta), \sigma_{PF}^2(\theta)) \quad . \quad (5.2)$$

Eine Erhöhung des erwarteten Portfoliorückflusses  $\mu_{PF_i}$  geht dabei mit einem erhöhten Zielfunktionswert einher, wohingegen eine erhöhte Varianz  $\sigma_{PF_i}^2$  aufgrund der typischerweise angenommenen Risikoaversion den Zielfunktionswert verringert:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \mu_{PF}} > 0 \quad , \quad \frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_{PF}^2} < 0 \quad .^{311} \quad (5.3)$$

Im weiteren Verlauf der Arbeit soll Bank  $i$  das folgende spezielle Präferenzfunktional  $U_i$  unterstellt werden:

$$U_i(\mu_{PF}(\theta), \sigma_{PF}^2(\theta)) := U_i(\theta) = \mu_{PF}(\theta) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot \sigma_{PF}^2(\theta) \quad .^{312} \quad (5.4)$$

Das Präferenzfunktional  $U_i$  erfüllt für  $\lambda_i > 0$  offensichtlich die durch Formel 5.3 gestellten Anforderungen:

$$\frac{\partial U_i}{\partial \mu_{PF}} = 1 > 0 \quad , \quad \frac{\partial U_i}{\partial \sigma_{PF}^2} = -\frac{\lambda_i}{2} < 0 \quad . \quad (5.5)$$

Der Parameter  $\lambda_i$  lässt sich somit als Risikoaversionsparameter interpretieren. Da mit steigendem  $\lambda_i$  sowohl absolut als auch relativ zum erwarteten Portfoliorückfluss eine stärkere

dungskriterien, bei denen anstelle der gesamten Verteilungsfunktion einer Zufallsvariable lediglich einzelne Verteilungsparameter berücksichtigt werden. Neben ihrer Plausibilität und ihrer leichten Verständlichkeit spricht für die Verwendung solcher Entscheidungskriterien auch, dass durch sie eine gute Approximation der wahren (aber unbekannten) Präferenzen in denjenigen Situationen erzeugt werden kann, in denen (wie im hier betrachteten Modellrahmen) eine Vielzahl von Entscheidungsträgern von einer Regelung betroffen ist. Vgl. BAMBERG/TROST (1996), S. 652. Aufgrund der hier vorgenommenen Einschränkung auf normalverteilte Rückflüsse entspricht das  $(\mu, \sigma)$ -Prinzip zudem der Operationalisierung des Erwartungsnutzen- bzw. Bernoulli-Prinzips nach VON NEUMANN/MORGENSTERN (1944). Für eine Konsistenz des  $(\mu, \sigma)$ -Prinzips mit dem Bernoulli-Prinzip jenseits der Normalverteilung bedarf es hingegen der Annahme einer quadratischen Nutzenfunktion.

<sup>311</sup>Die Anwendungsgebiete des  $(\mu, \sigma)$ -Entscheidungsprinzips sind zahlreich. Neben der klassischen Portfoliotheorie nach MARKOWITZ (1952) zählen hierzu auch Bewertungsmodelle wie das CAPM nach SHARPE (1964), LINTNER (1965) und MOSSIN (1966) oder Modelle zur Bewertung von Derivaten (bspw. BESSEMBINDER/LEMMON (2002), BROCKETT ET AL. (2009) und XU ET AL. (2008)) sowie das Risikomanagement (bspw. ANDERSON/DANTHINE (1980) und DUFFIE/RICHARDSON (1991)), das Liquiditätsmanagement (bspw. TOBIN (1958)) und die Versicherungsökonomie (DOHERTY/RICHTER (2002)).

<sup>312</sup>Das Präferenzfunktional  $U_i$  entspricht unter der angenommenen Normalverteilung dem Sicherheitsäquivalent einer exponentiellen Nutzenfunktion  $u(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x}$ . Der Beweis nach FREUND (1956) findet sich im Anhang in Kapitel 8.7. Kritik erfährt dieses spezielle Präferenzfunktional vor allem aufgrund der unterstellten zunehmenden Risikoaversion, welche eine abnehmende Risikoübernahme bei steigendem Ausgangsvermögen induziert. Vgl. BAMBERG (1986), S. 19. Darüber hinaus zeigt der empirische Befund, dass bei Investitionsentscheidungen auch Momente höherer Ordnung berücksichtigt werden. Der interessierte Leser sei verwiesen auf DITTMAR (2002), FANG/LAI (1997) und KRAUS/LITZENBERGER (1976).

Gewichtung der Varianz des Portfoliorückflusses erfolgt, geht ein höheres  $\lambda_i$  mit einer stärkeren Risikoaversion einher.<sup>313</sup> Zudem erhöht sich mit steigendem  $\lambda_i$  der bei der Ermittlung des Nutzens  $U_i$  vorgenommene Abschlag vom erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$ .

Im Folgenden soll nun die Portfoliowahl der Finanzinstitute unter verschiedenen Regulierungsregimen untersucht werden. Kapitel 5.1 zeigt hierfür zunächst den Fall eines unregulierten Bankensystems auf, bei dem jedes Finanzinstitut das jeweils nutzenmaximale Portfolio wählt. Es wird insbesondere dargelegt, wie der Risikoaversionsparameter  $\lambda_i$  für verschiedene Parameterkonstellationen auf die optimale Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  wirkt und unter welchen Bedingungen es zu hohen indirekten Verflechtungen zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute kommt. Hieran anknüpfend verdeutlicht Kapitel 5.2, wie die Portfoliowahl der Banken durch die Implementierung einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung beeinflusst wird. Operationalisiert wird die mikroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung dadurch, dass der aus der Portfoliowahl einer Bank resultierende Value-at-Risk den vorhandenen Eigenkapitalbetrag nicht übersteigen darf. Hier werden insbesondere die Gründe dafür dargelegt, dass die Implementierung einer solchen, auf den individuellen Risiken eines Finanzinstituts beruhenden Mindesteigenkapitalanforderung mit einer Erhöhung der im Bankensystem vorhandenen indirekten Verflechtungen einhergeht. Anschließend zeigt Kapitel 5.3, wie durch die Implementierung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung eben jene Verflechtungen gelöst werden können. Betrachtet werden dabei die beiden in Kapitel 4 hergeleiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten. In Kapitel 5.3.1 wird die makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung folglich dadurch operationalisiert, dass der aus der Portfoliowahl einer Bank resultierende Beitrag zum systemischen Risiko den vorhandenen Eigenkapitalbetrag der Bank nicht übersteigen darf. Demgegenüber muss die Portfoliowahl einer Bank bei der in Kapitel 5.3.2 betrachteten Ausgestaltung zwei regulatorische Anforderungen erfüllen. Während der Beitrag einer Bank zum Risiko des Bankensystems den vorhandenen Eigenkapitalbetrag der Bank nicht übersteigen darf, muss der aus der Portfoliowahl einer Bank resultierende Value-at-Risk einen von der Bankenaufsicht vorgegebenen Mindestwert übersteigen und die Bank somit zum Zweck der Senkung des systemischen Risikos notwendige Mindestrisiken auf individueller Ebene eingehen. Für beide Ausgestaltungsmöglichkeiten werden dabei die Strategieräume und resultierenden Nash-Gleichgewichte in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern der Banken aufgezeigt sowie ausgewählte Regime näher beleuchtet. Kapitel 5 schließt mit einem Zwischenfazit in Kapitel 5.4.

---

<sup>313</sup>Vgl. FREUND (1956), S. 260.

## 5.1 Portfoliowahl ohne Regulierung

Falls im Rahmen der Portfoliowahl keine regulatorischen Anforderungen seitens der Bankenaufsicht gestellt werden, können und werden die Finanzinstitute ihr Portfolio so wählen, dass sich ihr Nutzen  $U_i$  maximiert. Das Entscheidungskalkül einer Bank  $i$  stellt sich somit formal wie folgt dar:

$$\begin{aligned} \max_{\theta} \quad U_i(\theta) &= \mu_{PF}(\theta) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot \sigma_{PF}^2(\theta) \\ NB: \quad \bar{\theta} &= 1 \end{aligned} \quad (5.6)$$

Die für die Maximierung der Nutzenfunktion  $U_i$  zu erfüllende Bedingung erster Ordnung lautet somit

$$\begin{aligned} \frac{\partial U_i(\theta)}{\partial \theta} &\stackrel{!}{=} 0 \\ \Leftrightarrow \quad \frac{\partial \mu_{PF}(\theta)}{\partial \theta} &= \frac{\lambda_i}{2} \cdot \frac{\partial \sigma_{PF}^2(\theta)}{\partial \theta} \end{aligned} \quad (5.7)$$

Für das nutzenmaximale Portfolio entspricht der Grenzertrag in Form der marginalen Änderung des erwarteten Portfoliorückflusses  $\mu_{PF}$  bei einer marginalen Erhöhung des in Anlage 1 investierten Anteils  $\theta$  dem mit dem Faktor  $\frac{\lambda_i}{2}$  gewichteten Grenzkrisiko in Form der marginalen Änderung der Varianz  $\sigma_{PF}^2$  des Portfoliorückflusses bei einer marginalen Erhöhung des in Anlage 1 investierten Anteils  $\theta$ .<sup>314</sup> Aufgrund der bivariat normalverteilten Rückflüsse der beiden für die Investition zur Verfügung stehenden Anlagen lässt sich die durch den Risikoavversionsparameter  $\lambda_i$  determinierte optimale Portfoliowahl  $\theta^{ohne}(\lambda_i)$  von Bank  $i$  explizit darstellen.

**Lemma 5.1.** *Die nutzenmaximale Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  von Bank  $i$  für den Fall zweier bivariat normalverteilter Anlagen ergibt sich durch*

$$\theta_i^{ohne} := \theta^{ohne}(\lambda_i) = \frac{\frac{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}{\lambda_i} - \mathfrak{b}}{\mathfrak{a}} \quad (5.8)$$

<sup>314</sup>Falls der erwartete Ertrag sämtlicher Anlagen identisch ist und der erwartete Rückfluss eines Portfolios somit aufgrund der Linearität des Erwartungswertes unabhängig von dessen Zusammensetzung ist, wählen sämtliche Finanzinstitute unabhängig von ihrem Risikoavversionsparameter das Minimum-Varianz-Portfolio  $\theta_{\sigma_{min}^2}$ .

*Beweis.* Gemäß den Formeln 3.57 ist die durch Formel 5.7 gegebene Bedingung erster Ordnung äquivalent zu

$$\mu_{A_1} - \mu_{A_2} = \lambda_i \cdot (\theta_i \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b}) \quad . \quad (5.9)$$

Umstellen nach  $\theta_i$  liefert  $\theta_i^{ohne}$ . □

Grafisch entspricht die optimale Portfoliowahl  $\theta^{ohne}$ , wie in Abbildung 5.1 dargestellt, dem Tangentialpunkt der Nutzen-Isoquante  $\mu_{PF} = \frac{\lambda}{2} \cdot \sigma_{PF}^2 + \bar{U}$  an den effizienten Rand im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm. Die Abbildung verdeutlicht nochmals, dass bei höherer Risikoaversion  $\lambda$  einer Erhöhung der Standardabweichung des Portfoliorückflusses ein höherer Anstieg des erwarteten Portfoliorückflusses für die Aufrechterhaltung eines gegebenen Nutzenniveaus  $\bar{U}$  gegenüberstehen muss.

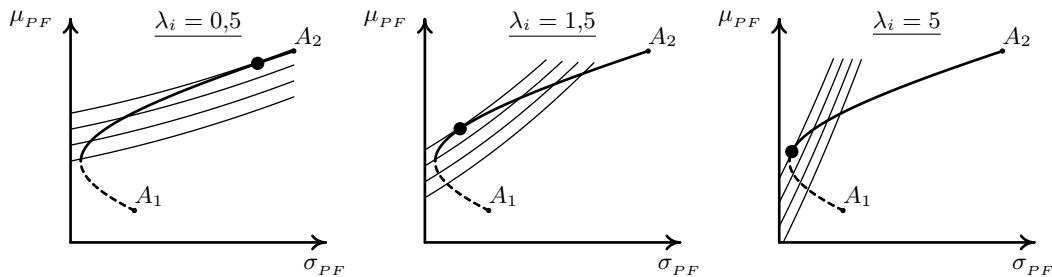


Abbildung 5.1: Darstellung der optimalen Portfoliowahl  $\theta^{ohne}$  ohne Regulierung als Tangentialpunkt der Nutzen-Isoquante  $\mu_{PF} = \frac{\lambda}{2} \cdot \sigma_{PF}^2 + \bar{U}$  an den Hyperbelast im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm.<sup>315</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

### 5.1.1 Komparativ statische Analysen

Aus Formel 5.8 lassen sich zwei plausible Konvergenzaussagen ableiten. Während für den Grenzfall der maximalen bzw. unendlichen Risikoaversion einer Bank ( $\lambda_i \rightarrow \infty$ ) deren Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  gegen das Minimum-Varianz-Portfolio  $\theta_{\sigma_{min}^2}$  konvergiert, erfährt die Varianz des Portfoliorückflusses für den Grenzfall der Risikoneutralität ( $\lambda_i \rightarrow 0$ ) keinerlei

<sup>315</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ . Dargestellt sind folgende Portfolios:

| $\lambda$ | $\theta^{ohne}(\lambda)$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_{\alpha}(\theta)$ |
|-----------|--------------------------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 0,5       | 0,08                     | 1,39                  | 1,92               | 1,30                   |
| 1,5       | 0,49                     | 0,91                  | 1,52               | 0,60                   |
| 5         | 0,63                     | 0,84                  | 1,37               | 0,58                   |

Berücksichtigung, sodass die Portfoliowahl gegen das Maximum-Ertrag-Portfolio  $\theta_{\mu_{max}}$  konvergiert:

$$\begin{aligned} \theta_i^{ohne} &\rightarrow \theta_{\sigma_{min}^2} = -\frac{b}{a} \quad \text{für } \lambda_i \rightarrow \infty, \\ \theta_i^{ohne} &\rightarrow \theta_{\mu_{max}} \in \{0; 1\} \quad \text{für } \lambda_i \rightarrow 0. \end{aligned} \quad (5.10)$$

Die erste Ableitung der optimalen Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  nach  $\lambda_i$  verdeutlicht darüber hinaus, dass die Funktion  $\theta_i^{ohne}(\lambda_i)$  zwischen diesen beiden Grenzfällen einen monoton Verlauf bzgl. des Risikoaversionsparameters aufweist.

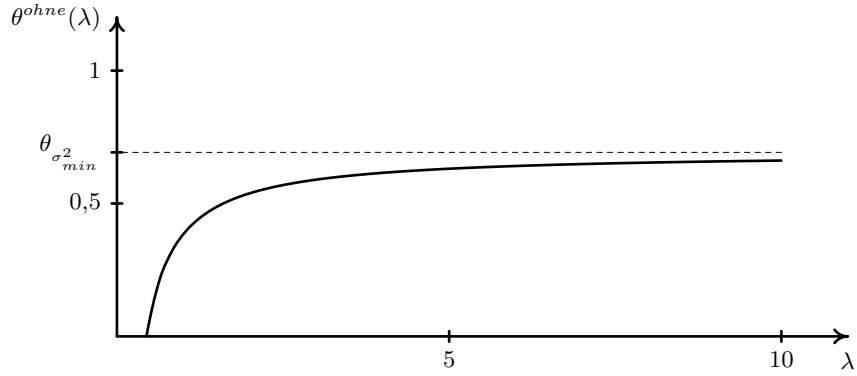


Abbildung 5.2: Optimale Portfoliowahl  $\theta^{ohne}$  ohne Regulierung in Abhängigkeit vom Risikoaversionsparameter  $\lambda$ .<sup>316</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

**Lemma 5.2.** *Die optimalen Portfoliowahl eines Finanzinstituts ist bei steigender Risikoaversion durch eine Erhöhung des Anteils in diejenige Anlage charakterisiert, die einen geringeren erwarteten Rückfluss aufweist.*

*Beweis.* Partielle Differentiation von 5.8 bzgl.  $\lambda_i$  führt zu

$$\frac{\partial \theta_i^{ohne}}{\partial \lambda_i} = -\frac{1}{\lambda_i^2} \cdot \frac{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}{a} \quad \begin{cases} > 0 & \text{für } \mu_{A_1} < \mu_{A_2} \\ = 0 & \text{für } \mu_{A_1} = \mu_{A_2} \\ < 0 & \text{für } \mu_{A_1} > \mu_{A_2} \end{cases}. \quad (5.11)$$

□

Falls also die riskante Anlage 1 einen geringeren erwarteten Rückfluss aufweist als die riskante Anlage 2, so erfährt die erwartete Überrendite von Anlage 2 bei einem steigenden

<sup>316</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15.

Risikoaversionsparameter  $\lambda_i$  aufgrund der damit verbundenen stärkeren Gewichtung der Varianz als Risikokomponente eine geringere Bedeutung. Infolgedessen erhöht sich der in die riskante Anlage 1 optimal investierte Anteil  $\theta_i^{ohne}$ . Abbildung 5.2 stellt diesen Sachverhalt grafisch dar und verdeutlicht nochmals die Konvergenz der optimalen Portfoliowahl gegen das Minimum-Varianz-Portfolio für den Fall  $\lambda_i \rightarrow \infty$ .

Wie bereits angedeutet, wird die optimale Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  einer Bank nicht allein von deren Risikoaversionsparameter  $\lambda_i$ , sondern auch von den Verteilungsparametern der für die Investition zur Verfügung stehenden Anlagen bestimmt.

**Lemma 5.3.** *Ein Anstieg des erwarteten Rückflusses von Anlage 1 führt ceteris paribus stets zu einer Erhöhung des optimal in die riskante Anlage 1 investierten Anteils  $\theta_i^{ohne}$ , wohingegen ein Anstieg des erwarteten Rückflusses von Anlage 2 stets eine Senkung von  $\theta_i^{ohne}$  induziert.*<sup>317</sup>

*Beweis.* Partielle Differentiation von 5.8 bzgl.  $\mu_{A_1}$  und  $\mu_{A_2}$  führt zu

$$\frac{\partial \theta_i^{ohne}}{\partial \mu_{A_1}} = \frac{1}{\lambda_i \cdot \mathbf{a}} > 0 \quad , \quad \frac{\partial \theta_i^{ohne}}{\partial \mu_{A_2}} = -\frac{1}{\lambda_i \cdot \mathbf{a}} < 0 \quad . \quad (5.12)$$

□

### 5.1.2 Verflechtungen im unregulierten Bankensystem

Da im unregulierten Bankensystem seitens der Bankenaufsicht keine Anforderungen an die Portfoliowahl der Banken gestellt werden, sind im Lichte der aus der Portfoliowahl resultierenden Verflechtungen lediglich zwei Fälle voneinander zu unterscheiden. Der erste Fall ist durch eine homogene Risikoeinstellung beider Banken gekennzeichnet. Homogene Risikoeinstellung meint, dass sich die Risikoaversionsparameter  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  der beiden Finanzinstitute für die Erzeugung einer signifikanten Diversität in der Portfoliowahl nicht stark genug unterscheiden.<sup>318</sup> In diesem Fall entstehen die indirekten Verflechtungen zwischen

<sup>317</sup>Die Abhängigkeit der optimalen Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  von den Varianzen  $\sigma_{A_1}^2$  und  $\sigma_{A_2}^2$  ist hingegen wesentlich komplexer, da je nach Abhängigkeitsstruktur zwischen den beiden Anlagen bspw. eine steigende Varianz von Anlage 1 mit einer Erhöhung des optimal in Anlage 1 investierten Anteils  $\theta_i^{ohne}$  einhergehen kann. Ursächlich hierfür ist, dass nicht die Varianz der einzelnen Anlagen, sondern die Varianz des Portfoliorückflusses die relevante Risikogröße darstellt und diese nichtlinear und insbesondere nicht zwingend monoton von den Varianzen der einzelnen Anlagen abhängt. Auf die formale Darstellung der Ableitung von  $\theta_i^{ohne}$  nach  $\sigma_{A_1}^2$  und  $\sigma_{A_2}^2$  wird an dieser Stelle aufgrund des fehlenden Erkenntnisgewinns verzichtet.

<sup>318</sup>Die Differenz der Risikoaversionsparameter dient dabei offensichtlich nicht als Maß für die Homogenität der Risikoeinstellung, da bspw. eine unendlich risikoaverse Bank ( $\lambda \rightarrow \infty$ ) das Minimum-Varianz-Portfolio und eine stark risikoaverse Bank ein Portfolio mit hoher Ähnlichkeit zum Minimum-Varianz-Portfolio wählt, sodass starke Verflechtungen zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken existieren, obwohl die Differenz der Risikoaversionsparameter unendlich groß ist.

den Portfoliorückflüssen der Banken wie im Modell von WAGNER (2010) aus deren internen Risikomanagementprozess heraus.<sup>319</sup> Demgegenüber steht der Fall, dass eine Heterogenität bzgl. der Risikoavversionsparameter  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  derart vorliegt, dass sich diese Heterogenität in einer für die Milderung des systemischen Risikos hinreichend starken Diversität bzgl. der Portfoliowahl der Banken widerspiegelt. Abbildung 5.3 stellt diese beiden Fälle, dargestellt durch die jeweilige Lage der optimalen Portfoliowahl beider Finanzinstitute im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm, vergleichend gegenüber.

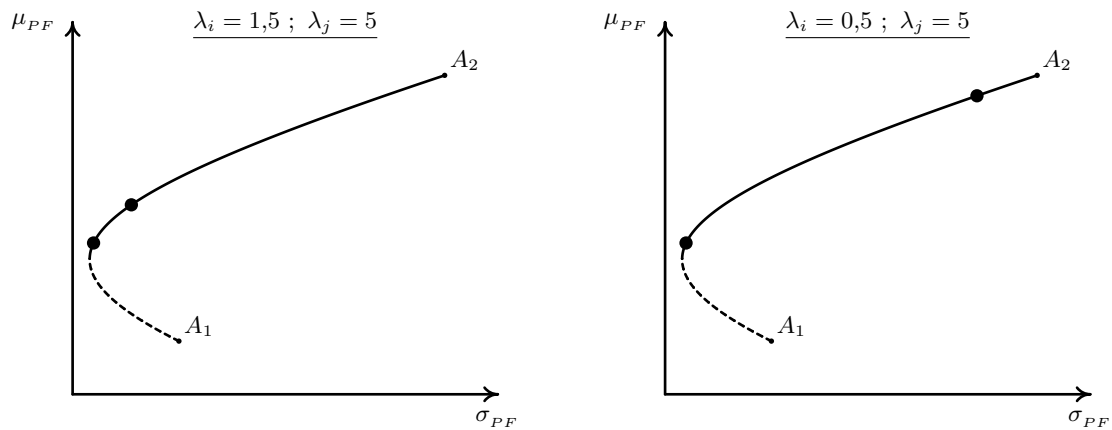


Abbildung 5.3: Lage der optimale Portfolios beider Finanzinstitute im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm ohne Regulierung je nach Diversität der Risikoavversionsparameter  $\lambda_i$  und  $\lambda_j$ .<sup>320</sup> (Quelle: Eigene Darstellung.)

Die linke Grafik stellt dabei für die durch Formel 4.15 gegebene Parametrisierung den Fall der homogenen Risikoeinstellungen der Banken dar, exemplarisch aufgezeigt durch die Risikoavversionsparameter  $\lambda_i = 1,5$  (im Folgenden als moderate Risikoaversion bezeichnet) und  $\lambda_j = 5$  (starke Risikoaversion). Beide Banken wählen hier relativ stark diversifizierte Portfolios ( $\theta_i^{ohne}(\lambda=1,5) = 0,49$  bzw.  $\theta_j^{ohne}(\lambda=5) = 0,63$ ), was wiederum zu einer hohen Korrelation ( $\rho_{PF_1, PF_2} = 0,96$ ) zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und infolgedessen zu einem hohen systemischen Risiko (2,78) führt.<sup>321</sup> Demgegenüber charakterisiert die rechte

<sup>319</sup> Ähnliche Effekte finden sich bspw. auch in ZHOU (2013).

<sup>320</sup> Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15. Dargestellt sind die Portfolios aus Abbildung 5.1.

<sup>321</sup> Die Höhe des systemischen Risikos wird auch hier durch Formel 4.1 in Verbindung mit Formel 4.14 für  $k_1 = 1$  und  $k_2 = 10$  ermittelt. Der hier dargestellte Fall der homogenen Risikoeinstellung beider Banken ist offensichtlich nicht der „worst-case-Fall“. Falls bspw. auch Bank  $i$  stark risikoavers wäre ( $\lambda_i = 5$ ), so würde sich die identische Risikoeinstellung in einer identischen Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne} = \theta_j^{ohne} = 0,63$  sowie in einer maximalen Korrelation in Höhe von  $\rho_{PF_1, PF_2} = 1$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und infolgedessen in einem systemischen Risiko in Höhe von 3,17 widerspiegeln. Zu einem noch höheren systemischen Risiko führt der Fall der (identischen) schwachen Risikoaversion beider Banken ( $\lambda_i = \lambda_j = 0,5$ ), welcher eine simultane exzessive Risikoaufnahme auf individueller und systemischer Ebene nach sich zieht

Grafik den Fall der heterogenen Risikoeinstellung der Banken, ausgedrückt durch die Risikoaversionsparameter  $\lambda_i=0,5$  (schwache Risikoaversion) und  $\lambda_j=5$ . Die starke Heterogenität in den Risikoeinstellungen spiegelt sich hier in einer signifikanten Diversität in der Portfoliowahl ( $\theta_i^{ohne}(\lambda=0,5) = 0,08$  bzw.  $\theta_j^{ohne}(\lambda=5) = 0,63$ ) wider, welche wiederum zu einer moderaten Korrelation ( $\rho_{PF_1, PF_2} = 0,70$ ) zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und infolgedessen zu einem vergleichsweise geringen systemischen Risiko (1,91) führt.

## 5.2 Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung

Im Rahmen der mikroprudentiellen Bankenregulierung wird die Portfoliowahl einer Bank typischerweise durch die Implementierung einer Value-at-Risk constraint eingeschränkt.<sup>322</sup> Infolgedessen muss der sich aus der Portfoliowahl  $\theta$  ergebene Value-at-Risk des Portfoliorückflusses zu einem von der Bankenaufsicht vorgegebenen Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  vollständig durch das Eigenkapital des Finanzinstituts gedeckt werden. Formal entspricht dies der Erweiterung des Entscheidungskalküls einer Bank im unregulierten Bankensystem durch eine zusätzliche Nebenbedingung in Form eben jener Value-at-Risk constraint:

$$\begin{aligned} \max_{\theta} \quad U_i(\theta) &= \mu_{PF}(\theta) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot \sigma_{PF}^2(\theta) \\ NB: \quad VaR_{\alpha}(\theta) &\leq EK \\ \bar{\theta} &= 1 \end{aligned} \quad (5.13)$$

Die Größe  $EK$  bezeichnet dabei den jeweils vorhandenen Eigenkapitalbetrag eines Finanzinstituts. Obwohl durch die Implementierung der Value-at-Risk constraint eine Einschränkung der Menge der zulässigen Portfolios  $\theta$  erfolgt, weicht die optimale Portfoliowahl  $\theta^{mikro}$  einer Bank unter mikroprudentieller Regulierung nicht zwingend von derjenigen ohne Regulierung ab. Eine solche Übereinstimmung der optimalen Portfoliowahl kann dabei auf zwei verschiedene Ursachen zurückgeführt werden. Zum einen kann die Risikoaversion eines Finanzinstituts so stark sein, dass dieses zur Maximierung der Nutzenfunktion  $U_i$  aus Eigeninteresse ein Portfolio wählt, welches aufgrund der starken Diversifikation die Value-at-Risk constraint selbst für sehr hohe Konfidenzniveaus nicht verletzt. In diesem Fall würden also sowohl die Bankenaufsicht als auch die stark risikoaverse Bank Portfolios mit geringem individuellen Risiko präferieren, wenngleich für die Messung des individuellen Risikos unterschiedliche Maße (auf Seiten der Bankenaufsicht der Value-at-Risk des Portfoliorückflusses

und infolgedessen zu einem systemischen Risiko in Höhe von 4,62 führt.

<sup>322</sup>S. Kapitel 4.2.1.

zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$ , auf Seiten der Bank die Varianz des Portfoliorückflusses) herangezogen werden.<sup>323</sup> Zum anderen kann selbst ein schwach risikoaverses Finanzinstitut unter mikroprudentieller Regulierung die nutzenmaximale Portfoliowahl ungeachtet deren hohen Value-at-Risk realisieren, sofern es über ausreichend Eigenkapital verfügt.

**Lemma 5.4.** *Die nutzenmaximale Portfoliowahl  $\theta_i^{mikro}$  von Bank  $i$  unter einer mikroprudentiellen Regulierung ergibt sich durch*

$$\theta_i^{mikro} := \theta^{mikro}(\lambda_i, EK) = \begin{cases} \theta_i^{ohne} & , \text{ für } VaR(\theta_i^{ohne}) \leq EK \\ \arg \max_{\theta: VaR(\theta) = EK} U_i(\theta) & , \text{ für } VaR(\theta_i^{ohne}) > EK \end{cases} . \quad (5.14)$$

*Beweis.* Dass  $\theta_i^{mikro} = \theta_i^{ohne}$  für  $VaR(\theta_i^{ohne}) \leq EK$  gilt, folgt aus Lemma 5.8. Hingegen folgt  $\theta_i^{mikro} = \arg \max_{\theta: VaR(\theta) = EK} U_i(\theta)$  unmittelbar aus der für  $\lambda_i > 0$  strikten Konkavität von  $U_i$  bzgl.  $\theta$ .  $\square$

Falls der Value-at-Risk des nutzenmaximalen Portfolios einer Bank also deren vorhandenen Eigenkapitalbetrag übersteigt, so muss die Bank zur Einhaltung der Value-at-Risk constraint eine Umschichtung ihres Portfolios vornehmen.<sup>324</sup> Aufgrund der Gestalt der Nutzenfunktion  $U_i$  sinkt der Nutzen einer Bank infolge der durch die mikroprudentielle Regulierung erzwungenen Portfolioumschichtung umso stärker, je mehr die Portfoliowahl infolge der Umschichtung von der nutzenmaximalen Portfoliowahl  $\theta^{ohne}$  abweicht. Für diejenigen Banken, deren nutzenmaximale Portfoliowahl  $\theta^{ohne}$  die Value-at-Risk constraint verletzt, ist die optimale Portfoliowahl  $\theta^{mikro}$  unter mikroprudentieller Regulierung folglich dadurch charakterisiert, dass die Value-at-Risk constraint stets bindend ist.<sup>325</sup>

Während die Bankenaufsicht durch die Implementierung einer auf den Value-at-Risk des Portfoliorückflusses einer Bank basierenden Mindesteigenkapitalanforderung offensichtlich eine Begrenzung des individuellen Risikos erreicht und somit die Ziele einer mikroprudentiellen Bankenregulierung effektiv verfolgt, ist der Effekt aus makroprudentieller Sicht (das systemische Risiko betreffend) ambivalent. Hierfür werden im Folgenden mittels Abbildung 5.4 und der durch 4.15 gegebenen Parametrisierung wie schon bei der Untersuchung

<sup>323</sup>Wie in Kapitel 4.2.1 bereits erörtert, kann es durch die Implementierung einer Value-at-Risk constraint allerdings auch zum Verbot des Minimum-Varianz-Portfolios seitens der Bankenaufsicht kommen.

<sup>324</sup>Die Möglichkeit der zusätzlichen Aufnahme von Eigenkapital zur Erfüllung der Value-at-Risk constraint bei unveränderter Portfoliowahl wird an dieser Stelle ausgeblendet.

<sup>325</sup>Aus einem ähnlichen Grund war auch die makroprudentielle Value-at-Risk constraint für den Fall, dass die Banken ihren Beitrag zum Risiko des Bankensystems minimieren, stets bindend. Siehe Kapitel 4.2.2.

der Verflechtungen im unregulierten Bankensystems in Kapitel 5.1.2 der Fall einer moderat ( $\lambda_i = 1,5$ ) und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_j = 5$ ) sowie der Fall einer schwach ( $\lambda_i = 0,5$ ) und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_j = 5$ ) betrachtet. Da für den Fall einer moderat und einer stark risikoaversen Bank die Value-at-Risk constraint typischerweise (mit Ausnahme extrem hoher Konfidenzniveaus) nicht durch die nutzenmaximale Portfoliowahl ( $\theta_j^{ohne}(\lambda_j=5)$  bzw.  $\theta_j^{ohne}(\lambda_j=1,5)$ ) verletzt wird, führt eine mikroprudentielle Bankenregulierung hier zu keiner Erhöhung der allerdings ohnehin recht hohen Verflechtung und zu keiner Änderung des systemischen Risikos. Für den Fall einer schwach und einer stark risikoaversen Bank treten hingegen infolge der Portfolioumschichtung der schwach risikoaversen Bank zwei bzgl. des systemischen Risikos gegenläufige Effekte auf. Zum einen sinkt durch die mikroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung das individuelle Risiko der schwach risikoaversen Bank ( $Var(\theta_j^{mikro}) = 0,65 < 1,30 = Var(\theta_j^{ohne})$ ), welches einen Teil des systemischen Risikos darstellt. Bank  $j$  wählt somit ein Portfolio mit geringerer Standardabweichung ( $\sigma_{PF}(\theta_j^{mikro}) = 0,95 < 1,39 = \sigma_{PF}(\theta_j^{ohne})$ ), welches dafür aber einen geringeren erwarteten Portfoliorückfluss ( $\mu_{PF}(\theta_j^{mikro}) = 1,56 < 1,92 = \mu_{PF}(\theta_j^{ohne})$ ) aufweist. Diesem positiven Effekt steht allerdings ein negativer Effekt in der Form gegenüber, dass sich die Portfolios beider Banken infolge der Portfolioumschichtung der schwach risikoaversen Bank (von  $\theta_j^{ohne} = 0,08$  hin zu  $\theta_j^{mikro} = 0,44$ ) stärker ähneln ( $\theta_i^{ohne} = \theta_i^{mikro} = 0,63$ ) und sich infolgedessen die Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute erhöht (von  $\rho_{PF_i, PF_j} = 0,70$  auf  $\rho_{PF_i, PF_j} = 0,86$ ). Die hohen Verflechtungen zwischen den Banken fußen hier also nicht wie im Falle des unregulierten Bankensystems auf den internen Risikomanagementprozessen der Finanzinstitute, sondern werden erst durch die Implementierung einer mikroprudentiellen Bankenregulierung erzeugt. Ursächlich hierfür ist, dass die für beide Banken identische Nebenbedingung in Form der Value-at-Risk constraint zu einer Annäherung der Entscheidungskalküle beider Banken führt und infolgedessen die Heterogenität der Banken bzgl. ihrer Risikoeinstellung überlagert.<sup>326</sup> Während die mikroprudentielle Ausgestaltung einer Mindesteigenkapitalanforderung also niemals eine Diversität in der Portfoliowahl der Finanzinstitute erzeugt und somit nicht zur Verfolgung makroprudentieller Ziele beiträgt, wird eine im unregulierten Bankensystem eventuell vorhandene Diversität in der Portfoliowahl gar vernichtet und daher den Zielen einer makroprudentiellen Bankenregulierung entgegengewirkt.<sup>327</sup>

<sup>326</sup>Selbiger Effekt findet sich in ZHOU (2013).

<sup>327</sup>Die Überlagerung der Heterogenität bzgl. der Risikoeinstellungen ist dabei umso stärker, je strenger die Value-at-Risk constraint ist. Für den Extremfall, dass die Value-at-Risk constraint lediglich die Wahl des Minimum-Value-at-Risk-Portfolios erlaubt, wählen sämtliche Banken unabhängig von ihrer Risikoeinstellung das identische Portfolio.

<sup>328</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK = 0,65$ . Neben den in Abbildung 5.3 bereits dargestellten Portfolios

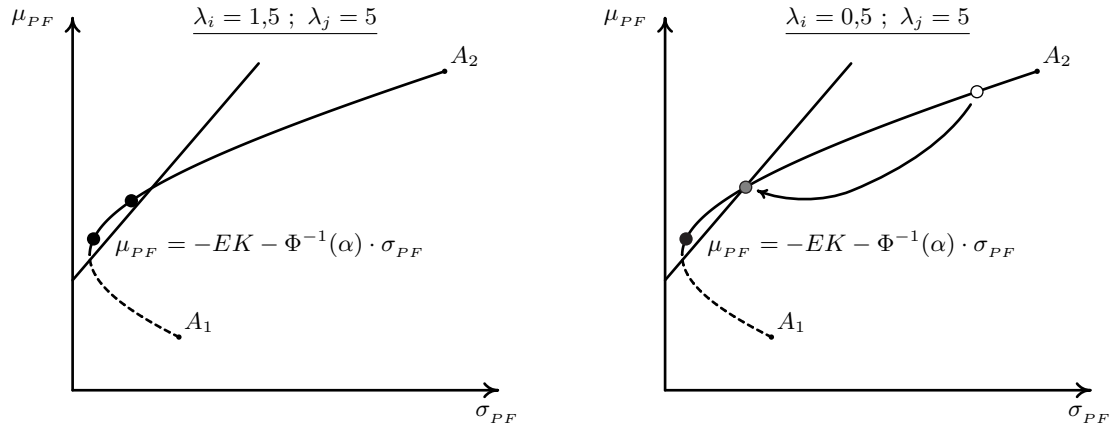


Abbildung 5.4: Lage der optimalen Portfolios im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm unter mikroprudentieller Regulierung je nach Diversität der Risikoaversionsparameter  $\lambda_i$  und  $\lambda_j$ .<sup>328</sup> (Quelle: Eigene Darstellung.)

Um die mikroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung in der hier vorgestellten Form sowie deren Implikationen für die Portfoliowahl der Banken nochmals genauer im Lichte der Auswirkungen auf das systemische Risiko zu beleuchten, wird im Folgenden mittels Abbildung 5.5 die Portfoliowahl der schwach risikoaversen Bank  $j$  im  $(\mu, \rho)$ - sowie im  $(\rho, \sigma)$ -Diagramm betrachtet. Bank  $i$  wird dabei eine starke Risikoaversion unterstellt, sodass deren optimale Portfoliowahl nicht durch die mikroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung beeinflusst wird.<sup>329</sup> Während die regulatorisch induzierte Portfolioumschichtung von Bank  $j$  unverändert zur Wahl eines Portfolios führt, welches nicht  $(\mu, \rho)$ -effizient ist, wählt Bank  $j$  infolge der mikroprudentiellen Regulierung anstelle des  $(\rho, \sigma)$ -effizienten Portfolios  $\theta_j^{ohne}$  das Portfolio  $\theta_j^{mikro}$ , welches bei gegebener Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne} = \theta_i^{mikro}$  der stark risikoaversen Bank  $i$  nicht  $(\rho, \sigma)$ -effizient ist. Ursächlich hierfür ist, dass bei gegebener Portfoliowahl der stark risikoaversen Bank  $i$ , welche durch ein geringes individuelles Risiko in Form der Standardabweichung charakterisiert ist, eine mikroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung und eine damit einhergehende Senkung des individuellen Risikos zu einer Annäherung der optimalen Portfoliowahl beider Finanzinstitute und somit zu einer Erhöhung der Interbanken-Korrelation führt. Bank  $j$  könnte in diesem Falle durch eine alternative Portfoliowahl mit identischer Standardabweichung ( $\theta_j = 0,94$ ) eine geringere Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken erzeu-

ist hier auch das Portfolio  $\theta = 0,44$  mit  $\mu_{PF}(\theta) = 1,56$  sowie  $\sigma_{PF}(\theta) = 0,95$  und  $VaR_\alpha(\theta) = 0,65$  abgebildet.

<sup>329</sup>Da es zum Zweck der Ermittlung der Interbanken-Korrelation  $\rho_{PF_i, PF_j}$  bei der Betrachtung der Portfoliowahl von Bank  $j$  im  $(\mu, \rho)$ - und im  $(\rho, \sigma)$ -Diagramm der Vorgabe der Portfoliowahl von Bank  $i$  bedarf, sei diese hier so vorgegeben, dass die mikroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung ausschließlich die Portfoliowahl von Bank  $j$  beeinflusst und eine sich ändernde Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken ausschließlich infolge der von ihr vorgenommenen Portfolioumschichtung entsteht.

gen ( $\rho_{PF_i, PF_j}(\theta=0,94) = 0,81 < 0,93 = \rho_{PF_i, PF_j}(\theta=0,44)$ ). Da eine sinkende Korrelation zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken allerdings weder den Nutzen von Bank  $j$  erhöht noch zur Erfüllung der seitens der Bankenaufsicht gestellten regulatorischen Anforderungen beiträgt und diese alternative Portfoliowahl darüber hinaus zu einem geringeren erwarteten Portfoliorückfluss führt ( $\mu_{PF_j}(\theta=0,94) = 1,06 < 1,56 = \mu_{PF_j}(\theta=0,44)$ ) und infolgedessen einen geringeren Nutzen induziert ( $U_j(\theta=0,94) = 0,84 < 1,34 = U_j(\theta=0,44)$ ), wählt Bank  $j$  das nicht  $(\rho, \sigma)$ -effiziente Portfolio  $\theta_j^{mikro}$ .

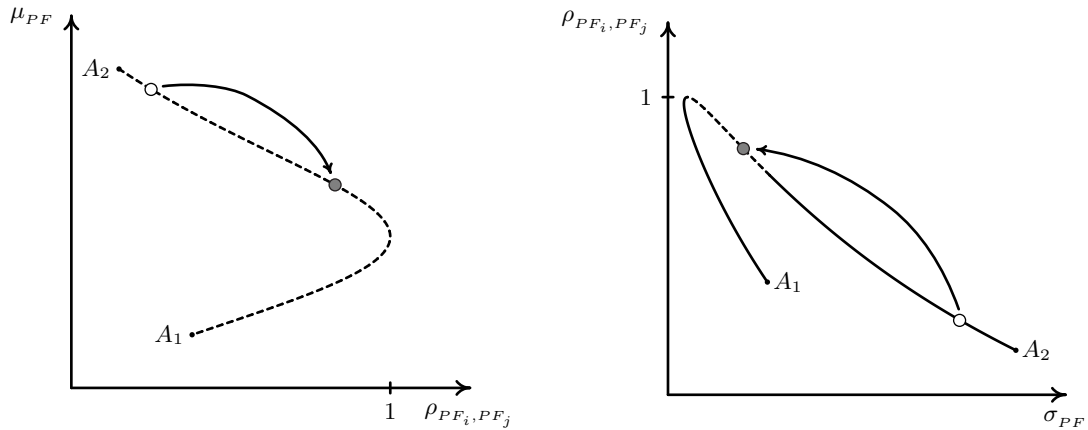


Abbildung 5.5: Einfluss einer mikroprudentiellen Regulierung auf die optimale Portfoliowahl einer schwach risikoaversen Bank  $j$  ( $\lambda_j = 0,5$ ) bei starker Risikoaversion von Bank  $i$  ( $\lambda_i = 5$ ), dargestellt im  $(\mu, \rho)$ - und  $(\rho, \sigma)$ -Diagramm.<sup>330</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Die Portfoliowahl  $\theta_j = 0,94$ , welche  $(\rho, \sigma)$ - aber nicht  $(\mu, \sigma)$ -effizient ist, wird darüber hinaus aufgrund des mit ihr einhergehenden hohen individuellen Risikos durch die Value-at-Risk constraint untersagt. Entsprechend stellt Abbildung 5.6 die Menge der zulässigen Portfolios einer schwach risikoaversen Bank  $j$  unter mikroprudentieller Regulierung bei starker Risikoaversion von Bank  $i$  im  $(\mu, \rho)$ - und  $(\rho, \sigma)$ -Diagramm dar. Zulässig sind dabei jeweils diejenigen Portfolios auf der durchgezogenen Linie, wohingegen die Wahl derjenigen Portfolios auf der gestrichelten Linie seitens der Bankenaufsicht untersagt wurde. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, führt die alleinige Fokussierung einer mikroprudentiellen Mindesteigen-

<sup>330</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK = 0,65$ . Das von Bank  $i$  gewählte Portfolio  $\theta_i = 0,63$  führt bekanntermaßen zu einem erwarteten Portfoliorückfluss i.H.v.  $\mu_{PF}(\theta_i) = 1,37$  bei einer Standardabweichung von  $\sigma_{PF}(\theta_i) = 0,84$ , sodass  $Var_{\alpha}(\theta_i) = 0,58$  gilt. Dargestellt sind folgende Portfolios:

| $\theta_j$ | $\sigma_{PF}(\theta_j)$ | $\mu_{PF}(\theta_j)$ | $\rho_{PF_i, PF_j}(\theta_i, \theta_j)$ | $Var_{\alpha}(\theta_i)$ |
|------------|-------------------------|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| 0,08       | 1,39                    | 1,92                 | 0,70                                    | 1,30                     |
| 0,44       | 0,95                    | 1,56                 | 0,93                                    | 0,65                     |

kapitalanforderung auf den erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  eines Finanzinstituts sowie dessen Standardabweichung  $\sigma_{PF}$  für den betrachteten Fall zu einer wenig plausiblen Einschränkung der Portfoliowahl von Bank  $j$  bzgl. den Kriterien der  $(\rho, \sigma)$ - und  $(\mu, \rho)$ -Effizienz. Durch die Implementierung der Value-at-Risk constraint untersagt die Bankenaufsicht sowohl die Wahl des einzig  $(\mu, \rho)$ -effizienten Portfolios als auch die Wahl fast sämtlicher  $(\rho, \sigma)$ -effizienter Portfolios. Dies fußt vordergründig darauf, dass die von Bank  $j$  zu erfüllende Mindesteigenkapitalanforderung in keiner Weise von der Portfoliowahl von Bank  $i$  abhängt und die Dimension der Korrelation  $\rho_{PF_i, PF_j}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute im Rahmen der mikroprudentiellen Bankenregulierung folglich ungeachtet ihrer hohen Relevanz für die Höhe des systemischen Risikos keinerlei Berücksichtigung erfährt.

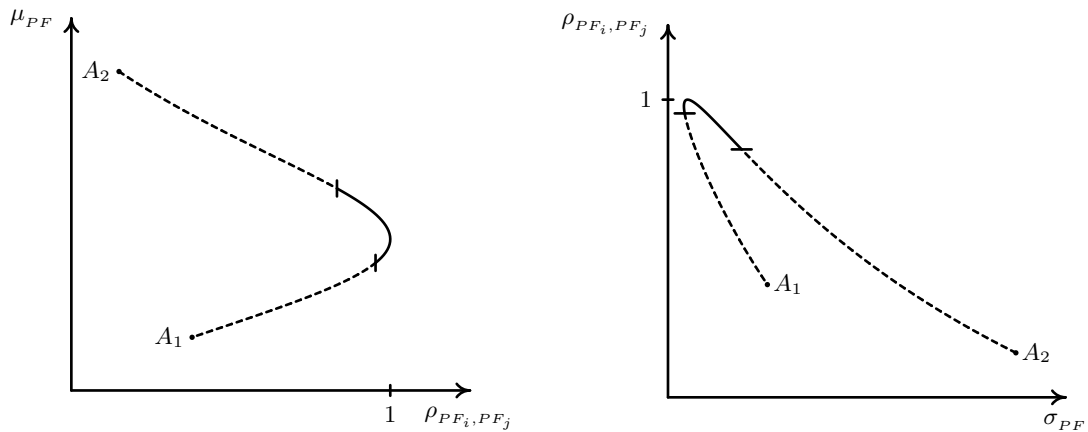


Abbildung 5.6: Die Menge der zulässigen Portfolios einer schwach risikoaversen Bank  $j$  unter mikroprudentieller Regulierung bei starker Risikoaversion von Bank  $i$ , dargestellt im  $(\mu, \rho)$ - und  $(\rho, \sigma)$ -Diagramm.<sup>331</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

### 5.3 Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung

Aus den offengelegten Defiziten einer mikroprudentiellen Bankenregulierung lassen sich bereits Anforderungen an eine makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung ableiten. Im Allgemeinen sollte diese zur Begrenzung der Verflechtungen zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute eine Diversität in deren Portfoliowahl sicherstellen. Konkret bedeutet dies, dass durch die makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung für den Fall einer homogenen Risikoeinstellung der Banken eine (ohne adäquate Regulierung nicht im gewünschten Umfang vorhandene) Diversität zu erzeugen ist, wohingegen für den

<sup>331</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK = 0,65$ .

Fall einer heterogenen Risikoeinstellung der Banken deren Überlagerung und eine damit einhergehende Verringerung der Diversität in der Portfoliowahl zu vermeiden ist. Im Lichte dieser Anforderungen werden im Folgenden die beiden in Kapitel 4 hergeleiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung analysiert.

### **5.3.1 Portfoliowahl unter makroprudentieller Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms**

#### **5.3.1.1 Notwendigkeit und Ausgestaltung des Anpassungsfaktors**

Im weiteren Verlauf der Arbeit soll die makroprudentielle Ausgestaltung der Mindesteigenkapitalanforderung nicht ausschließlich im Lichte der Implikationen für die Portfoliowahl in Form der mit ihr einhergehenden Risikogrößen (dem Beitrag zum Risiko innerhalb und außerhalb des Bankensystems, dem systemischen Risiko als Ganzes sowie den individuellen Risiken der Banken in Form der Values-at-Risk) und resultierenden Nutzen für die Finanzinstitute betrachtet werden. Zusätzlich soll wie schon in Kapitel 4 auch der Mehrwert einer makroprudentiellen Ausgestaltung der Mindesteigenkapitalanforderung gegenüber dem mikroprudentiellen Pendant sowie dem Regime des unregulierten Bankensystems herausgearbeitet werden. Dabei dient die optimale Portfoliowahl der Banken im unregulierten Bankensystem als eine Art „Benchmark“, die in verkürzter Form nochmals der optimalen Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung gegenübergestellt wird. Anschließend werden die Implikationen des Überganges von einer mikroprudentiellen Bankenregulierung hin zu einer makroprudentiellen Bankenregulierung dargelegt sowie die optimale Portfoliowahl der Finanzinstitute unter makroprudentieller Regulierung samt den aus ihr resultierenden Risikogrößen ebenfalls dem unregulierten Bankensystem gegenübergestellt.

Damit beim Übergang von einer mikroprudentiellen Bankenregulierung hin zu einer makroprudentiellen Bankenregulierung ein sinnvoller Vergleich der jeweils optimalen Portfoliowahl stattfinden kann, bedarf es zunächst weiteren Vorüberlegungen. Operationalisiert wird der Übergang bekanntermaßen dadurch, dass das Eigenkapital einer Bank nicht mehr länger nur den aus der Portfoliowahl resultierenden Value-at-Risk des Portfoliorückflusses zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  vollständig zu decken hat, sondern den vollständigen Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko übersteigen muss. Insofern treten infolge dieses Übergangs zwei Effekte auf. Zum einen wird die Struktur der Regulierung bewusst dahingehend geändert, dass eine Neudefinition des für die Regulierung maßgeblichen Risikobegriffs erfolgt. Zum anderen induziert der von der Bankenaufsicht vollzogene Übergang von der Betrachtung individueller Risiken hin zur Betrachtung systemischer Risikobeiträge einen Größeneffekt in der Art, dass der Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko aufgrund der Berücksichtigung der sich außerhalb des Bankensystems realisierenden Risiken eine wesentlich höhere Größendimension

besitzt als deren individuelles Risiko. Um eine Vermischung dieser beiden Effekte zu verhindern, ist der Übergang von einer mikroprudentiellen Bankenregulierung hin zu einer makroprudentiellen Bankenregulierung so auszugestalten, dass der Größeneffekt nicht auftritt.<sup>332</sup> Andernfalls würde ein wenig sinnvoller Vergleich der optimalen Portfoliowahl unter einer vergleichsweise schwachen mikroprudentiellen Regulierung mit der optimalen Portfoliowahl unter einer vergleichsweise strengen makroprudentiellen Regulierung vorgenommen werden.

Für die Quantifizierung des Größeneffektes wird zunächst die Höhe der minimalen Mindesteigenkapitalanforderung  $RC_{min}^{i,mikro}$  einer Bank  $i$  unter mikroprudentieller Regulierung, welche durch die Wahl des Minimum-Value-at-Risk-Portfolios erreicht wird, bestimmt:

$$\begin{aligned} \min_{\theta_i} \quad RC_{min}^{i,mikro} &= VaR_{\alpha}(\theta_i) \\ NB : \quad \bar{\theta}_i &= 1 \end{aligned} \quad (5.15)$$

Anschließend wird die Höhe der Mindesteigenkapitalanforderung  $RC_{min}^{i,makro}$  einer Bank  $i$  unter makroprudentieller Regulierung für den Fall bestimmt, dass beide Banken wie schon in Kapitel 4 ihren Beitrag zum systemischen Risiko minimieren. Die Mindesteigenkapitalanforderung ergibt sich dann aus dem jeweiligen Beitrag zum systemischen Risiko für die Portfoliowahl im Nash-Gleichgewicht.

$$\begin{aligned} \min_{\theta_i} \quad RC_{min}^{i,makro} &= SV^i(\theta_i, \theta_j) + EX(\theta_i, \theta_j) \\ NB : \quad \bar{\theta}_i &= 1 \end{aligned} \quad (5.16)$$

Zur Quantifizierung des Größeneffektes wird dann die minimale Mindesteigenkapitalanforderung beider Banken unter mikroprudentieller Regulierung ins Verhältnis gesetzt zu derjenigen unter makroprudentieller Regulierung, sodass man den Anpassungsfaktor  $AF$  erhält:

$$AF = \frac{RC_{min}^{1,mikro} + RC_{min}^{2,mikro}}{RC_{min}^{1,makro} + RC_{min}^{2,makro}} \quad (5.17)$$

<sup>332</sup>Die Berücksichtigung eines solchen Größeneffekts ist bspw. auch beim Übergang vom Risikomaß Value-at-Risk hin zu einem Shortfall-Risikomaß vonnöten und kann dort bspw. über die Anpassung des Konfidenzniveaus  $1 - \alpha$  stattfinden. Zudem wurden auch im Rahmen der Einführung risikosensitiver Mindesteigenkapitalanforderungen beim Übergang von Basel I hin zu Basel II eine Anpassung der Asset-Korrelationen dahingehend vorgenommen, dass der vorzuhaltende Eigenkapitalbetrag einer Bank unter dem alten, risikoinsensitiven Ansatz im Schnitt (wenngleich nicht für jede Bank exakt) mit dem vorzuhaltenden Eigenkapitalbetrag unter dem neuen, risikosensitiven Ansatz übereinstimmt. Vgl. BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2005), S. 14.

Der Anpassungsfaktor gibt somit das Verhältnis der gesamten (durchschnittlichen) Mindesteigenkapitalanforderung des Bankensystems unter mikroprudentieller Regulierung zu der gesamten (durchschnittlichen) Mindesteigenkapitalanforderung des Bankensystems unter makroprudentieller Regulierung für den Fall an, dass die Banken das jeweils von der Bankenaufsicht vorgegebene Risikomaß minimieren und sich daher in beiden Regimen im Sinne der Bankenaufsicht verhalten.

Für die Ermittlung des vorzuhaltenden Mindesteigenkapitalbetrags einer Bank mit  $(\mu, \sigma)$ -Entscheidungskalkül unter makroprudentieller Regulierung wird deren Beitrag zum systemischen Risiko im Folgenden mit dem durch Formel 5.17 gegebenen Anpassungsfaktor  $AF$  multipliziert. Dies wiederum induziert, dass nun beim Übergang von einer mikro- hin zu einer makroprudentiellen Bankenregulierung die gesamte (durchschnittliche) Mindesteigenkapitalanforderung des Bankensystems unverändert bleibt und somit kein Größeneffekt auftritt.<sup>333</sup> Das Entscheidungskalkül von Bank  $i$  unter makroprudentieller Bankenregulierung, bei der der vorzuhaltende Mindesteigenkapitalbetrag einer Bank von deren Beitrag zum systemischen Risiko abhängt, stellt sich somit formal wie folgt dar:

$$\begin{aligned} \max_{\theta_i} \quad U_i(\theta_i) &= \mu_{PF}(\theta_i) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot \sigma_{PF}^2(\theta_i) \\ NB: \quad RC^i(\theta_i, \theta_j) &\leq EK \\ \bar{\theta} &= 1 \end{aligned} \tag{5.18}$$

$$\text{mit} \quad RC^i(\theta_i, \theta_j) = \frac{RC_{min}^{1,mikro} + RC_{min}^{2,mikro}}{RC_{min}^{1,makro} + RC_{min}^{2,makro}} \cdot [SV^i(\theta_i, \theta_j) + EX(\theta_i, \theta_j)] \quad .$$

### 5.3.1.2 Strategieraum

Eine makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung führt ebenso wie ihr mikroprudentielles Pendant zu einer Einschränkung des Strategieraums (der Menge der zulässigen Portfolios  $\theta$ ) einer Bank. Im Gegensatz zur mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung ist die Zulässigkeit eines Portfolios  $\theta_1$  von Bank 1 unter makroprudentieller Regulierung abhängig von der Portfoliowahl  $\theta_2$  von Bank 2 et vice versa.<sup>334</sup> Abbildung 5.7 zeigt exem-

<sup>333</sup>Falls der Algorithmus zur Berechnung des Anpassungsfaktors  $AF$  nun nochmals gestartet und diesmal bei der Berechnung von  $RC_{min}^{i,makro}$  der Beitrag einer Bank zum systemischen Risiko mit dem Faktor  $AF$  multipliziert werden würde, so würde infolge der Beseitigung des Größeneffektes nun der Anpassungsfaktor  $AF = 1$  resultieren.

<sup>334</sup>Durch eine solche interdependente Einschränkung des Strategieräume der Banken wird der Endogenität des systemischen Risikos (s. Kapitel 3.2) adäquat Rechnung getragen.

plarisch den Strategieraum von Bank 1 in Abhängigkeit der Portfoliowahl von Bank 2 unter makroprudentieller Regulierung, dargestellt durch die schraffierte Fläche.

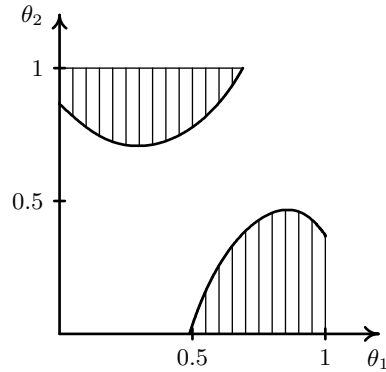


Abbildung 5.7: Strategieraum von Bank 1 unter makroprudentieller Regulierung mittels Externalitätenterm.<sup>335</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Das dargestellte Einheitsquadrat kann dabei zum tieferen Verständnis gedanklich in fünf Bereiche zerlegt werden. Der Bereich rund um den Mittelpunkt (0,5;0,5) kennzeichnet den Fall der starken Diversifikation von Bank 1 bei einer ebenfalls starken Diversifikation von Bank 2. In diesem Bereich ist trotz des mit ihr einhergehenden geringen individuellen Risikos keine Portfoliowahl  $\theta_1$  zulässig, da eine starke Diversifikation von Bank 1 bei zeitgleicher starker Diversifikation von Bank 2 eine hohe Verflechtung zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken widerspiegelt. Aufgrund des Externalitätenterms wird diese adäquat erfasst und folglich eine hohe, den vorhandenen Eigenkapital einer Bank typischerweise übersteigende Mindesteigenkapitalanforderung gestellt. Der linke untere und rechte obere Quadrant kennzeichnen die Übergewichtung einer Anlage seitens Bank 1, wobei selbige Übergewichtung auch durch die Portfoliowahl von Bank 2 vorgenommen wird. Hier ist ebenfalls keine Portfoliowahl  $\theta_1$  zulässig, da diese zusätzlich zu den hohen Verflechtungen auch zu einem hohen individuellen Risiko von Bank 1 führen würde.<sup>336</sup> Die zulässigen Portfolios befinden sich somit allesamt im linken oberen und rechten unteren Quadranten. Hier findet im Rahmen der Portfoliowahl von Bank 1 eine Übergewichtung derjenigen Anlage statt, welche infolge der Portfoliowahl von Bank 2 untergewichtet wird. Die Menge der zulässigen Portfolios für Bank 1 ist also vordergründig dadurch charakterisiert, dass durch sie eine zum Zweck der Milderung des systemischen Risikos hinreichend große Diversität in der Portfoliowahl beider

<sup>335</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $k_1 = 1$ ,  $k_2 = 10$  und  $EK=0,8$ .

<sup>336</sup>Insbesondere ist somit die Portfoliowahl  $\theta_1$  von Bank 1 immer dann unzulässig, wenn Bank 2 die Portfoliowahl  $\theta_2 \approx \theta_1$  trifft. Der Fall  $\theta_2 = \theta_1$  entspricht grafisch der Winkelhalbierenden, welche den Strategieraum von Bank 1 nicht schneidet und mit einem vergleichsweise großen Abstand zum Strategieraum verläuft.

Banken sichergestellt wird. Nichtsdestotrotz kann auch die Wahl eines stark diversifizierten Portfolios seitens Bank 1 zulässig sei, nämlich genau dann, wenn Bank 2 eine der beiden Anlagen stark übergewichtet.

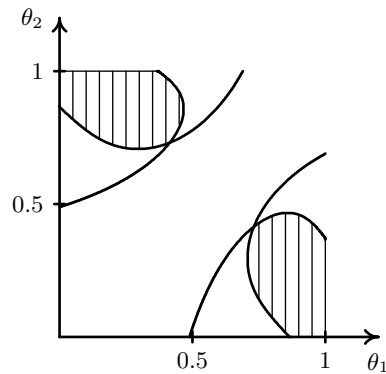


Abbildung 5.8: Strategieraum unter makroprudentieller Regulierung mittels Externalitätsterm.<sup>337</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Da Bank 2 die identische Mindesteigenkapitalanforderung zu erfüllen hat, ergibt sich ihr Strategieraum nach analogen Überlegungen. Abbildung 5.8 stellt daher die Strategieräume beider Finanzinstitute und folglich den Strategieraum des Bankensystems dar.<sup>338</sup> Dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass die Portfoliowahl beider Finanzinstitute die Mindesteigenkapitalanforderung erfüllt. Daher ergibt sich der Strategieraum des gesamten Bankensystems, wiederum dargestellt durch die schraffierte Fläche, aus der Schnittmenge der Strategieräume beider Banken. Die durch den Strategieraum gegebene Menge der zulässigen Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  ist dadurch charakterisiert, dass durch sie eine Diversität in der Portfoliowahl beider Banken sichergestellt wird und somit in Konsequenz eine starke Verflechtung der Portfoliorückflüsse der Banken regulatorisch untersagt wird.<sup>339</sup>

Während unter einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung die Menge der zulässigen Portfolios von Bank  $i$  von der Portfoliowahl von Bank  $j$  abhängt, findet eine solche interdependente Einschränkung der Strategieräume beider Finanzinstitute unter mikroprudentieller Regulierung nicht statt. Hier wird beiden Banken seitens der Bankenaufsicht unabhängig voneinander die Wahl derjenigen Portfolios untersagt, die zu einem hohen

<sup>337</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $k_1 = 1$ ,  $k_2 = 10$  und  $EK=0,8$ .

<sup>338</sup>Wie in Abbildung 5.8 vorgenommen, lässt sich Abbildung 5.7 dadurch um den Strategieraum von Bank 2 ergänzen, dass man den Strategieraum von Bank 1 an der Winkelhalbierenden spiegelt.

<sup>339</sup>Insbesondere ist also die starke Diversifikation des Portfoliorückflusses von Bank  $i$  nicht länger zulässig. Dies fußt darauf, dass hierfür eine Portfoliowahl von Bank  $j$  nötig wäre, die durch eine starke Übergewichtung einer der beiden Anlagen charakterisiert ist. Infolge einer solchen Portfoliowahl würde Bank  $j$  allerdings nicht die von der Bankenaufsicht gestellte Mindesteigenkapitalanforderung erfüllen.

Value-at-Risk führen. Somit ist die durch den Strategieraum gegebene Menge der zulässigen Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  dadurch charakterisiert, dass beide Portfolios stark diversifizierte und infolgedessen stark verflochtene Portfolios wählen. Eine zur Milderung des systemischen Risikos hinreichend starke Diversität in der Portfoliowahl der Banken wird dabei unter einer strengen mikroprudentiellen Eigenkapitalanforderung (in Form eines hohen Konfidenzniveaus  $1 - \alpha$  bei der Ermittlung des Value-at-Risk) zwar nicht explizit, aber doch implizit seitens der Bankenaufsicht untersagt. Infolgedessen existieren nur wenige Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$ , welche sowohl unter einer mikro- als auch unter einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung zulässig sind. Hingegen existiert eine Vielzahl an Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$ , die weder eine mikro- noch eine makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung erfüllen. Dies sind diejenigen Portfoliokombinationen, die weder mit einem geringen individuellen Risiko (gemessen durch den Value-at-Risk zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$ ) noch mit einer Diversität in der Portfoliowahl einhergehen.

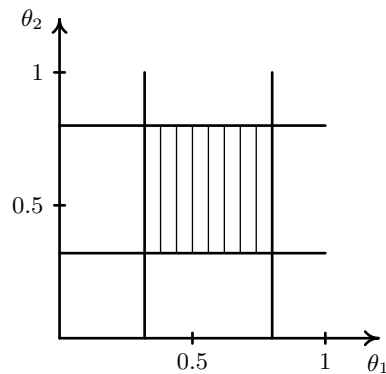


Abbildung 5.9: Strategieraum unter mikroprudentieller Regulierung.<sup>340</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abschließend und zum Zwecke der Vollständigkeit stellt Abbildung 5.10 diejenigen Portfoliokombinationen dar, welche im unregulierten Bankensystem für die Portfoliowahl infrage kommen.<sup>341</sup> Aufgrund des den Finanzinstituten durch Formel 5.2 unterstellten Entscheidungsfunktional sind die relevanten Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  in diesem Regime dadurch charakterisiert, dass beide Banken  $(\mu, \sigma)$ -effiziente Portfolios wählen. Wie die Abbildung aufzeigt, geht mit einer solchen Beschränkung auf die Wahl  $(\mu, \sigma)$ -effizienter Portfolios

<sup>340</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK=0,8$ . Von den zulässigen Portfolios  $\theta_i \in [0,32; 0,80]$  erfüllt allerdings lediglich die Teilmenge  $\theta_i \in [0,32; 0,69]$  das Kriterium der  $(\mu, \sigma)$ -Effizienz.

<sup>341</sup>Da die Einschränkung der Portfoliowahl hier durch das Entscheidungsfunktional der Finanzinstitute und nicht durch Anforderungen der Bankenaufsicht induziert wird, ist die Bezeichnung Strategieraum unzulässig oder zumindest irreführend.

eine starke Begrenzung der maximal möglichen Diversität bzgl. der Portfoliowahl der Finanzinstitute einher.

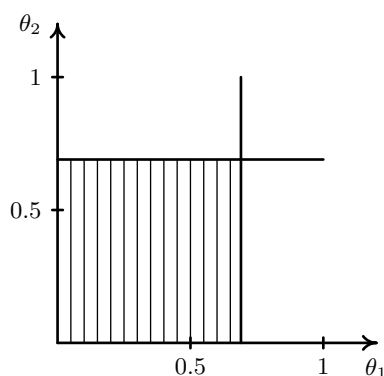


Abbildung 5.10: Menge der im unregulierten Bankensystem gewählten Portfolios.<sup>342</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

### 5.3.1.3 Nash-Gleichgewichte

Im Folgenden werden die resultierenden Nash-Gleichgewichte unter makroprudentieller Regulierung betrachtet. Hierbei ist zunächst festzuhalten, dass deren Existenz aufgrund der fehlenden Konvexität des Strategieraumes einer Bank nicht länger für beliebige Parameterkonstellationen gesichert ist.<sup>343</sup> Die Existenz des Nash-Gleichgewichtes hängt also unter anderem von der strenge der makroprudentiellen Regulierung, sprich der Höhe des Konfidenzniveaus  $1 - \alpha$  sowie der Parameter  $k_1$  und  $k_2$  des Externalitätenterms, ab. Eine zu strenge makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung kann den Strategieraum der Banken dabei so sehr verkleinern, dass sich kein Nash-Gleichgewicht mehr einstellt.<sup>344</sup> Dies ist dahingehend problematisch, dass eine (makroprudentielle) Mindesteigenkapitalanforderung andererseits zum Zwecke einer signifikanten Beeinflussung der Portfoliowahl eines Finanzinstituts eine hinreichende Strenge besitzen muss.

<sup>342</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15.

<sup>343</sup>Gemäß dem Fixpunktsatz nach KAKUTANI (1941) kann gezeigt werden, dass für den Fall eines konvexen und kompakten Strategieraumes aufgrund der Stetigkeit der betrachteten Zielfunktion stets ein Nash-Gleichgewicht existiert. Für weitere Ausführungen zu der Existenz von Nash-Gleichgewichten siehe Kapitel 8.1.2 im Anhang.

<sup>344</sup>Während es für die Bestimmung der optimalen Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung ausreicht, dass der Strategieraum nichtleer ist und somit die Wahl des Minimum-Value-at-Risk-Portfolios zulässig bleibt, besteht unter makroprudentieller Regulierung die zusätzliche Anforderung, dass sich die Reaktionsfunktionen beider Banken schneiden.

<sup>345</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $k_1 = 1$ ,  $k_2 = 10$  und  $EK=0,8$ .

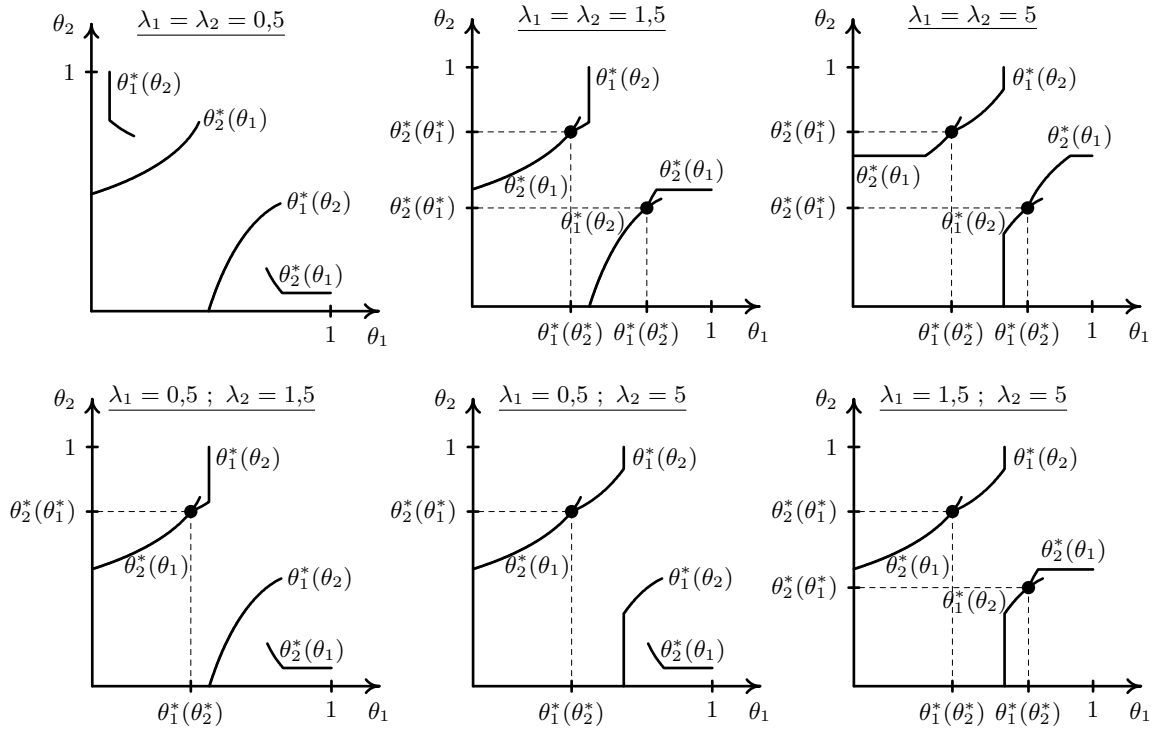


Abbildung 5.11: Reaktionsfunktionen beider Banken je nach Risikoaversionsparameter unter makroprudentieller Regulierung mittels Externalitätenterm.<sup>345</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 5.11 stellt für verschiedene Risikoaversionsparameter-Kombinationen  $(\lambda_1, \lambda_2)$  den typischen Verlauf der erneut implizit gegebenen, aber nicht explizit darstellbaren Reaktionsfunktionen  $\theta_i^*(\theta_j)$  beider Banken sowie die resultierenden Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^*; \theta_2^*)$  grafisch dar. Wie zuvor wird auch hier der Fall der schwachen ( $\lambda_i = 0,5$ ), moderaten ( $\lambda_i = 1,5$ ) sowie starken ( $\lambda_i = 5$ ) Risikoaversion einer Bank betrachtet. Der Fall zweier schwach risikoaverser Banken verdeutlicht nochmals die Problematik der Existenz von Nash-Gleichgewichten, da hier kein Schnittpunkt der Reaktionsfunktionen beider Banken existiert. Demgegenüber existieren in den restlichen Regimen sehr wohl (teilweise auch zwei) Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^*; \theta_2^*)$ , bei denen zwei Eigenschaften hervorzuheben sind. Zum einen lässt sich eine Robustheitsaussage dahingehend ableiten, dass sich die Reaktionsfunktionen beider Banken immer im selben Punkt schneiden und das Nash-Gleichgewicht somit aus systemischer Sicht, sofern existent, unabhängig von den Risikoaversionsparametern der Banken ist.<sup>346</sup> Da der Schnittpunkt der Reaktionsfunktionen dem Schnittpunkt der Ränder

<sup>346</sup> Aus systemischer Sicht ist es, das Nash-Gleichgewicht  $(\theta_i^*; \theta_j^*)$  betreffend, freilich irrelevant, welche Bank das Portfolio  $\theta_i^*$  und welche das Portfolio  $\theta_j^*$  wählt, da die resultierenden Risikokennzahlen des Bankensystems hiervon unberührt bleiben. Dies fußt auf dem Symmetrie-Axiom des Shapley-Wertes, gemäß dem die Risikokennzahlen eben nicht von der Bezeichnung der Banken, sondern lediglich von deren Ent-

der jeweiligen Strategieräume entspricht, ist die makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung im Nash-Gleichgewicht anders als ihr mikroprudentielles Pendant zudem stets für beide Finanzinstitute bindend. Dies fußt darauf, dass die Portfoliowahl der Banken ohne eine makroprudentielle Regulierung insbesondere aufgrund der nicht vorgenommenen Übergewichtung derjenigen Anlage mit dem geringeren erwarteten Rückfluss nie zu einer hinreichend starken Diversität in der Portfoliowahl führt.<sup>347</sup> Daher erfüllt die Portfoliowahl der Finanzinstitute im unregulierten Bankensystem nicht die Anforderungen der makroprudentiellen Bankenaufsicht, sodass hier stets ein Regulierungsbedarf besteht.

Im folgenden Abschnitt wird der Mehrwert einer makroprudentiellen Bankenregulierung gegenüber einer mikroprudentiellen Bankenregulierung sowie gegenüber eines unregulierten Bankensystems anhand der detaillierteren Betrachtung zweier Regime (zwei stark risikoaverse Banken sowie eine schwach und eine stark risikoaverse Bank) verdeutlicht.

#### 5.3.1.4 Portfoliowahl bei zwei stark risikoaversen Banken

Tabelle 5.1 ist die optimale Portfoliowahl sowie die sich aus ihr ergebenden Risikokennzahlen zweier stark risikoaverser Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 5$ ) unter verschiedenen Regulierungsregimen zu entnehmen. Dabei ist die optimale Portfoliowahl im unregulierten Bankensystem dadurch gekennzeichnet, dass beide Finanzinstitute das identische stark diversifizierte Portfolio  $\theta^{ohne} = 0,63$  zur Maximierung ihres Nutzens wählen und somit keine Diversität in der Portfoliowahl existiert. Solch eine Portfoliowahl führt zu einem geringen (im Rahmen der mikroprudentiellen Bankenregulierung relevanten) individuellen Risiko in Form des Value-at-Risk des Portfoliorückflusses zum Konfidenzniveau  $1 - \alpha$ . Demgegenüber ist der Beitrag beider Banken zum systemischen Risiko und infolgedessen auch das für die makroprudentiellen Bankenaufsicht relevante systemische Risiko aufgrund der aus der identischen Portfoliowahl resultierenden maximalen Verflechtung zwischen den Finanzinstituten hoch.

---

scheidungen abhängen (siehe Kapitel 3.7.1). Für eine Bank  $i$  hingegen ist es im Hinblick auf den aus der Portfoliowahl resultierenden Nutzen  $U_i$  sehr wohl bedeutsam, welches der beiden Portfolios sie im Nash-Gleichgewicht wählt. Daher stellt sich in denjenigen Regimen, in denen zwei Nash-Gleichgewichte existieren, die Frage nach dem sich letztendlich tatsächlich einstellenden Nash-Gleichgewicht. Da die Beantwortung dieser Frage nicht Teil der vorliegenden Arbeit ist, wird sich im Folgenden ausschließlich auf die resultierenden Risikokennzahlen der einzelnen Nash-Gleichgewichte fokussiert.

<sup>347</sup> Ohne Regulierung ist die maximale Diversität in der Portfoliowahl der Banken dadurch gekennzeichnet, dass Bank  $i$  für  $\lambda_i \rightarrow \infty$  das Minimum-Varianz-Portfolio wählt und Bank  $j$  für  $\lambda_j \rightarrow 0$  ausschließlich in diejenige Anlage mit dem höheren erwarteten Rückfluss (bei höherer Standardabweichung) investiert. Die Diversität ist hier also auf den oberen Ast der Hyperbel im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm beschränkt. Diese Einschränkung wird unter einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung (durch die eine starke Übergewichtung einer einzelnen Anlage untersagt wird) nochmals verschärft, unter einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung hingegen vollständig aufgehoben.

| $\theta_i^*$                                       | $SV^i$ | $EX$ | syst. Risiko | $Var_\alpha^i$ | $U_i$ |
|----------------------------------------------------|--------|------|--------------|----------------|-------|
| Portfoliowahl ohne Regulierung                     |        |      |              |                |       |
| 0,63                                               | 0,58   | 1,00 | 3,17         | 0,58           | -0,39 |
| 0,63                                               | 0,58   |      |              | 0,58           | -0,39 |
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung |        |      |              |                |       |
| 0,63                                               | 0,58   | 1,00 | 3,17         | 0,58           | -0,39 |
| 0,63                                               | 0,58   |      |              | 0,58           | -0,39 |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung |        |      |              |                |       |
| 0,73                                               | 0,57   | 0,36 | 1,87         | 0,67           | -0,47 |
| 0,41                                               | 0,58   |      |              | 0,68           | -0,79 |

Tabelle 5.1: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen zweier stark risikoaverser Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 5$ ) unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Da der starken Risikoaversion beider Finanzinstitute bedingt deren individuelles Risiko im unregulierten Bankensystem als gering einzustufen ist und das Ausmaß der Verflechtungen zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken für die mikroprudentielle Bankenaufsicht irrelevant ist, untersagt eine mikroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung diese nutzenmaximale Portfoliowahl nicht ( $\theta^{mikro} = \theta^{ohne}$ ), sodass die Risikokennzahlen des Bankensystems unverändert bleiben und sich der Nutzen der Finanzinstitute infolge der Regulierung nicht verringert.

Unter einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung hingegen führt die optimale Portfoliowahl zweier stark risikoaverser Banken ohne Regulierung aufgrund der mit ihr einhergehenden maximalen Verflechtung zwischen den Portfoliorückflüssen, welche durch den Externalitätsterm adäquat erfasst und somit regulatorisch sanktioniert wird, zu einer den Eigenkapitalbetrag beider Finanzinstitute übersteigenden Mindesteigenkapitalanforderung. Die nutzenmaximale Portfoliowahl ist somit aufgrund der mit ihr einhergehenden exzessiven Aufnahme von Risiken auf systemischer Ebene nicht länger zulässig. Die sich im Nash-Gleichgewicht ergebene Portfoliowahl  $(\theta_i^*; \theta_j^*) = (0,73; 0,41)$  ist vordergründig durch ihre Diversität gekennzeichnet, welche zulasten der Diversifikation und somit auch durch einen Anstieg der individuellen Risiken der Finanzinstitute geschaffen wird.<sup>348</sup> Dem-

<sup>348</sup>Während gemäß ZHOU (2013) der Anstieg der Verflechtung zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken infolge einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung als Kosten der mikroprudentiellen Regulierung aufgefasst werden kann, kann der sich durch die Implementierung einer makroprudentiellen

gegenüber bleiben die Beiträge beider Banken zum Risiko des Bankensystems aufgrund des dort infolge der Diversität in der Portfoliowahl entstehenden Diversifikationseffektes nahezu unverändert, wohingegen die Beiträge der Banken zum Risiko außerhalb des Bankensystems durch die optimale Portfoliowahl und der sich aus ihr ergebenden Auflösung der starken Verflechtung erheblich sinken. Dies führt letztendlich zu einer deutlichen Senkung des systemischen Risikos sowie zu einer der Abweichung von der nutzenmaximalen Portfoliowahl  $\theta^{ohne}$  bedingten Senkung des Nutzens beider Finanzinstitute.

### 5.3.1.5 Portfoliowahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank

| $\theta_i^*$                                       | $SV^i$ | $EX$ | syst. Risiko | $VarR_\alpha^i$ | $U_i$ |
|----------------------------------------------------|--------|------|--------------|-----------------|-------|
| Portfoliowahl ohne Regulierung                     |        |      |              |                 |       |
| 0,08                                               | 1,12   | 0,20 | 1,91         | 1,31            | 1,44  |
| 0,63                                               | 0,39   |      |              | 0,58            | -0,39 |
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung |        |      |              |                 |       |
| 0,32                                               | 0,72   | 0,48 | 2,19         | 0,80            | 1,39  |
| 0,63                                               | 0,50   |      |              | 0,58            | -0,39 |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung |        |      |              |                 |       |
| 0,73                                               | 0,57   | 0,36 | 1,87         | 0,67            | 1,10  |
| 0,41                                               | 0,58   |      |              | 0,68            | -0,79 |

Tabelle 5.2: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1=0,5$ ;  $\lambda_2=5$ ) unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Tabelle 5.2 ist die optimale Portfoliowahl sowie die sich aus ihr ergebenden Risikokennzahlen einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1 = 0,5$ ;  $\lambda_2 = 5$ ) unter verschiedenen Regulierungsregimen zu entnehmen. Hier ist die Portfoliowahl im unregulierten Bankensystem aufgrund der Heterogenität in den Risikoeinstellungen bereits durch eine Diversität charakterisiert. Während Bank 2 aufgrund ihrer starken Risikoaversion das stark diversifizierte Portfolio  $\theta_2^{ohne} = 0,63$  mit einem entsprechend geringen Value-at-Risk wählt, nimmt die schwach risikoaverse Bank 1 eine starke Übergewichtung der Anlage 2 (aufgrund ihres höheren erwarteten Rückflusses) vor, sodass die optimale Portfoliowahl  $\theta_1^{ohne} = 0,08$

---

Mindesteigenkapitalanforderung (typischerweise) induzierte Anstieg der individuellen Risiken der Banken als Kosten einer makroprudentiellen Regulierung verstanden werden.

im unregulierten Bankensystem zu einem hohen individuellen Risiko in Form des Value-at-Risk führt. Aufgrund der Diversität in der Portfoliowahl ist die Verflechtung zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken und folglich auch das durch die Banken verursachte Risiko außerhalb des Bankensystems gering. Dies spiegelt sich letztendlich in einem geringen systemischen Risiko wieder, wobei der Beitrag der Banken zum systemischen Risiko ungleichmäßig verteilt ist. Bank 2 weist infolge ihrer starken Diversifikation einen geringen Beitrag zum Risiko des Bankensystems sowie, der riskanten Portfoliowahl von Bank 1 bedingt, zum Risiko außerhalb des Bankensystems auf. Demgegenüber trägt Bank 1 den Großteil des im Bankensystem befindlichen Risikos.

Während die optimale Portfoliowahl der stark risikoaversen Bank 2 durch die Implementierung einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung, wie in Kapitel 5.3.1.4 bereits erörtert, nicht beeinflusst wird, untersagt die mikroprudentielle Bankenaufsicht der schwach risikoaversen Bank 1 die starke Übergewichtung von Anlage 2. Infolgedessen erfolgt eine Portfolioumschichtung von Bank 1 dahingehend, dass die Übergewichtung von Anlage 2 zurückgefahren und das Portfolio somit stärker diversifiziert wird. Die optimale Portfoliowahl  $\theta^{mikro} = 0,32$  von Bank 1 unter mikroprudentieller Regulierung ist somit durch ein geringeres individuelles Risiko gekennzeichnet. Allerdings erhöht sich durch die zunehmende (im Rahmen der mikroprudentiellen Bankenregulierung allerdings irrelevante) Verflechtung der Portfoliorückflüsse beider Finanzinstitute das systemische Risiko.<sup>349</sup> Zudem sinkt der Nutzen von Bank 1 aufgrund der Abweichung von der nutzenmaximalen Portfoliowahl.

Wie in Kapitel 5.3.1.3 gezeigt, ist das Nash-Gleichgewicht unter makroprudentieller Regulierung (sofern existent) unabhängig von den Risikoaversionsparametern der Banken. Daher lautet das Nash-Gleichgewicht, welches hier allerdings eindeutig ist, wie schon in Kapitel 5.3.1.4  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (0,73; 0,41)$ . Die entsprechenden Risikokennzahlen sind ebenfalls bereits bekannt. Verändert hat sich hingegen der Mehrwert einer makroprudentiellen Bankenregulierung. Dieser ist gegenüber eines unregulierten Bankensystems zwar aufgrund des geringeren systemischen Risikos gegeben, allerdings (der Heterogenität in den Risikoeinstellungen der Banken und der damit einhergehenden Diversität in der nutzenmaximalen Portfoliowahl bedingt) nicht wesentlich.<sup>350</sup> Der Mehrwert gegenüber der mikroprudentiellen Bankenregulierung ist hingegen aufgrund des deutlich geringeren systemischen Risikos unverändert gegeben.

<sup>349</sup>Der Anstieg des systemischen Risikos im Vergleich zum unregulierten Bankensystem ist dabei vordergründig auf den Anstieg der Risiken außerhalb des Bankensystems zurückzuführen. Die der Senkung des individuellen Risikos einer Bank dienende und oftmals kritisierte Abwälzung von Risiken auf Marktteilnehmer außerhalb des Bankensystems ist hier also der mikroprudentiellen Regulierung geschuldet.

<sup>350</sup>Im hier betrachteten Fall erhöht sich unter der makroprudentiellen Bankenregulierung allerdings der Anteil der Risiken außerhalb des Bankensystems am systemischen Risiko.

Für den Fall einer schwach und einer stark risikoaversen Bank lassen sich weitere Implikationen ableiten, die das Verständnis einer makroprudentiellen Bankenregulierung nochmals erhöhen. Zum einen zeigt Tabelle 5.2, dass das individuelle Risiko der schwach risikoaversen Bank 1 unter makroprudentieller Regulierung am geringsten ist und somit insbesondere nicht zwangsweise beim Übergang von einer mikroprudentiellen hin zu einer makroprudentiellen Regulierung des Bankensystems ansteigen muss. Andererseits erhöht sich im Vergleich zum unregulierten Bankensystem infolge der Implementierung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung der Beitrag der stark risikoaversen Bank 2 sowohl zum Risiko des Bankensystems als auch zum Risiko außerhalb des Bankensystems und infolgedessen deren Beitrag zum systemischen Risiko.<sup>351</sup> Somit kommt es durch den Übergang von einer mikroprudentiellen Bankenregulierung hin zu einer makroprudentiellen Bankenregulierung weder zu einer uneingeschränkten Erhöhung des individuellen Risikos sämtlicher Banken, noch zu einer uneingeschränkten Senkung der Beiträge sämtlicher Banken zum systemischen Risiko.<sup>352</sup> Dies fußt darauf, dass im Rahmen der makroprudentiellen Bankenregulierung die Milderung des systemischen Risiko und nicht die Erhöhung individueller Risiken oder die Senkung sämtlicher systemischer Risikobeiträge vorderstes Ziel ist. Darüber hinaus spiegelt das Nash-Gleichgewicht  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (0,73; 0,41)$  ein dem Gefangenendilemma ähnelndes Koordinationsproblem derart wider, dass sich der Nutzen beider Banken durch einen von der Bankenaufsicht keineswegs untersagten Tausch der Portfolios, welcher aber kein Nash-Gleichgewicht darstellt, erhöhen würde.<sup>353</sup>

### 5.3.2 Portfoliowahl unter makroprudentieller Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer Value-at-Risk constraint

Wie in Kapitel 4.2 dargelegt, muss die Bankenaufsicht für die Implementierung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung nicht zwangsweise auf einen Externalitätenterm zurückgreifen. Stattdessen kann die Mindesteigenkapitalanforderung einer Bank ausschließlich an deren Beitrag zum Risiko des Bankensystems unter Vernachlässigung des Beitrages zum Risiko außerhalb des Bankensystems geknüpft werden, sofern zusätzlich zu dieser lediglich einen Teil des Beitrages einer Bank zum systemischen Risiko erfassenden Mindesteigenkapitalanforderung eine makroprudentielle Value-at-Risk constraint, welche die

<sup>351</sup>Dies ist allerdings vordergründig der sich ändernden Portfoliowahl der schwach risikoaversen Bank 1 geschuldet, wie die Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung zeigt. Auch hier erhöht sich der Beitrag von Bank 2 sowohl zum Risiko des Bankensystems als auch zum Risiko außerhalb des Bankensystems, obwohl die Portfoliowahl von Bank 2 im Vergleich zum unregulierten Bankensystem unverändert ist.

<sup>352</sup>Nichtsdestotrotz stellen diese beiden Fälle die Regel dar.

<sup>353</sup>Der Nutzen von Bank 1 würde durch die Wahl von  $\theta_1 = 0,41$  auf  $U_1 = 1,35$  ansteigen, der von Bank 2 infolge der Wahl von  $\theta_2 = 0,73$  auf  $U_2 = -0,47$ .

Aufnahme von Mindestrisiken auf individueller Ebene sicherstellt, implementiert wird.<sup>354</sup> Formal stellt sich das Entscheidungskalkül einer Bank  $i$  dann wie folgt dar:

$$\begin{aligned}
 \max_{\theta_i} \quad U_i(\theta_i) &= \mu_{PF}(\theta_i) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot \sigma_{PF}^2(\theta_i) \\
 NB: \quad SW(\theta_i, \theta_j) &\leq EK \\
 VaR_\alpha(\theta_i) &\geq \underline{VaR} \\
 \overline{\theta_i} &= 1
 \end{aligned} \tag{5.19}$$

Dabei kann die makroprudentielle Value-at-Risk constraint auch als Einschränkung an die Menge der zulässigen Portfolios einer Bank formuliert werden:

$$\begin{aligned}
 \max_{\theta_i} \quad U_i(\theta_i) &= \mu_{PF}(\theta_i) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot \sigma_{PF}^2(\theta_i) \\
 NB: \quad SW(\theta_i, \theta_j) &\leq EK \\
 \theta_i &\notin (\theta_u(\underline{VaR}); \theta_o(\underline{VaR})) \\
 \overline{\theta_i} &= 1
 \end{aligned} \tag{5.20}$$

Die Portfolios  $\theta_u$  und  $\theta_o$  sind dabei gemäß Lemma 4.7 gegeben, die Value-at-Risk constraint erfüllt annahmegemäß die durch Formel 4.40 gegebenen Ungleichungen.

### 5.3.2.1 Strategieraum

Auch unter der hier betrachteten Ausgestaltung der makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung ist die Menge der zulässigen Portfolios von Bank 1 (diejenigen Portfolios  $\theta_1$ , deren Wahl zu einem Beitrag zum Risiko des Bankensystems führt, welcher den vorhanden Eigenkapitalbetrag der Bank nicht überschreitet) abhängig von der Portfoliowahl  $\theta_2$  von Bank 2 et vice versa. Abbildung 5.12 stellt die Menge der zulässigen Portfolios von Bank 1 in Abhängigkeit von der Portfoliowahl  $\theta_2$  von Bank 2 für den Fall grafisch dar, dass die Bankenaufsicht auf die Implementierung der Value-at-Risk constraint verzichtet (bspw. operationalisiert durch  $\underline{VaR} = -\infty$ ). Zulässig sind hier, wie durch die schraffierte Fläche dargestellt, sämtliche gut diversifizierte Portfolios unabhängig von der Portfoliowahl

<sup>354</sup>Auf die Berechnung des Anpassungsfaktors kann hier verzichtet werden, da die Minimierung des Shapley-Wertes zur Wahl des Minimum-Varianz-Portfolios beider Banken führt (siehe Kapitel 3.7.6) und somit stets der Anpassungsfaktors  $AF = 1$  resultiert.

$\theta_2$  von Bank 2 sowie, gegeben der durch die Portfoliowahl  $\theta_2$  von Bank 2 vorgenommenen Übergewichtung der Anlage 1, diejenigen Portfolios, welche Anlage 2 übergewichten et vice versa.<sup>355</sup>

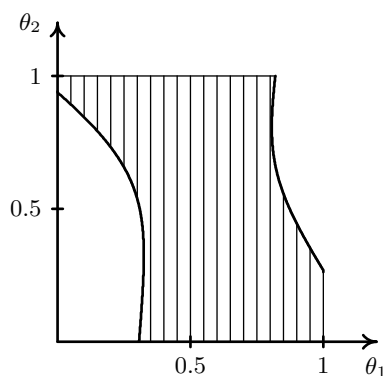


Abbildung 5.12: Strategieraum von Bank 1 unter makroprudentieller Regulierung allein auf Basis des Shapley-Wertes.<sup>356</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Da Bank 2 die identische Mindesteigenkapitalanforderung zu erfüllen hat, ergibt sich ihr Strategieraum nach analogen Überlegungen. Abbildung 5.13 stellt daher die Strategieräume beider Banken dar.<sup>357</sup> Dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass die Portfoliowahl beider Finanzinstitute die Mindesteigenkapitalanforderung erfüllt. Daher ergibt sich der Strategieraum des gesamten Bankensystems, wiederum dargestellt durch die schraffierte Fläche, aus der Schnittmenge der Strategieräume beider Banken. Die durch den Strategieraum gegebene Menge der zulässigen Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  ist dadurch charakterisiert, dass durch sie entweder eine Diversität in der Portfoliowahl beider Banken sichergestellt wird, oder aber beide Banken gut diversifizierte Portfolios wählen. Eine starke Verflechtung der Portfoliorückflüsse der Banken wird somit seitens der Bankenaufsicht aufgrund der hier noch fehlenden Value-at-Risk constraint nicht uneingeschränkt untersagt.

<sup>355</sup>Ein Vergleich mit dem Strategieraum aus Kapitel 5.3.1.2, bei dem das Eigenkapital einer Bank infolge der Implementierung des Externalitätenterms zusätzlich die von der Bank verursachten Risiken außerhalb des Bankensystems und somit den kompletten Beitrag zum systemischen Risiko decken musste, verdeutlicht bereits die Notwendigkeit der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint, da es einer weiteren Einschränkung des hier dargestellten Strategieraums von Bank 1 durch ein Verbot der gut diversifizierten Portfolios, welche im Folgenden durch eben jene Value-at-Risk constraint vorgenommen wird, bedarf. Ansonsten würde der Übergang von der mikro- zur makroprudentiellen Bankenregulierung lediglich mit einer Vergrößerung des Strategieraumes einhergehen.

<sup>356</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$  und es gilt  $EK=0,8$ .

<sup>357</sup>Wie in Abbildung 5.13 vorgenommen, lässt sich Abbildung 5.12 dadurch um den Strategieraum von Bank 2 ergänzen, dass man den Strategieraum von Bank 1 an der Winkelhalbierenden spiegelt.

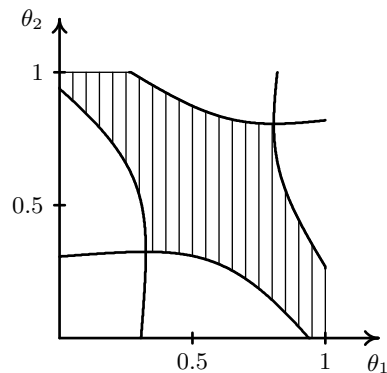


Abbildung 5.13: Strategieraum unter makroprudentieller Regulierung allein auf Basis des Shapley-Wertes.<sup>358</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Durch die Implementierung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint und der damit verbundenen Vorgabe von auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisiken erfolgt, wie in Abbildung 5.14 dargestellt, eine weitere Einschränkung des Strategieraums von Bank 1 dahingehend, dass unabhängig von der Portfoliowahl  $\theta_2$  von Bank 2 die Wahl sämtlicher gut diversifizierter Portfolios regulatorisch untersagt wird. Infolgedessen sind für Bank 1 nun lediglich diejenigen Portfolios zulässig, die zu einer hinreichend starken Diversität in der Portfoliowahl führen.

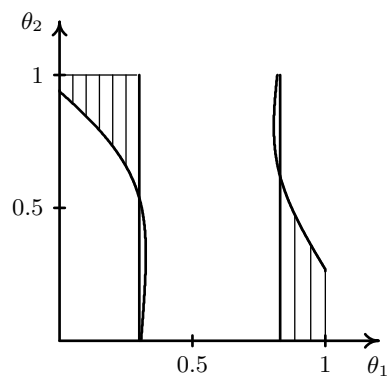


Abbildung 5.14: Strategieraum von Bank 1 unter makroprudentieller Regulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint.<sup>359</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 5.15 stellt wiederum den Strategieraum des gesamten Bankensystems dar, wel-

<sup>358</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$  und es gilt  $EK = 0,8$ .

<sup>359</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$  und  $EK = 0,8$  sowie  $\underline{VaR} = 0,85$ .

cher sich aus der Schnittmenge der Strategieräume beider Banken ergibt. Wie schon beim in Abbildung 5.8 dargestellten Strategieraum des gesamten Bankensystems unter einer makroprudentiellen Regulierung mittels Externalitätenterm ist die durch den Strategieraum gegebene Menge der zulässigen Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  dadurch charakterisiert, dass durch sie eine Diversität in der Portfoliowahl beider Banken sichergestellt wird und somit in Konsequenz eine starke Verflechtung der Portfoliorückflüsse der Finanzinstitute regulatorisch untersagt wird.

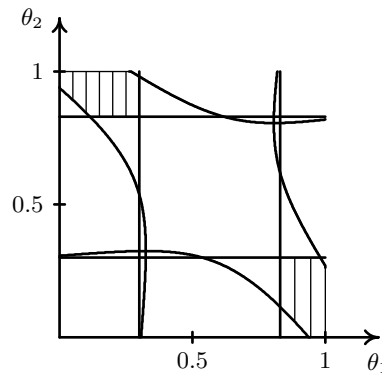


Abbildung 5.15: Strategieraum unter makroprudentieller Regulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint.<sup>360</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

### 5.3.2.2 Nash-Gleichgewichte

Im Folgenden werden erneut die infolge der Implementierung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung in der hier betrachteten Ausgestaltung resultierenden Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^*; \theta_2^*)$  für verschiedene Risikoaversionsparameter-Kombinationen  $(\lambda_1; \lambda_2)$  aufgezeigt. Für den Fall, dass die Bankenaufsicht auf die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint verzichtet (operationalisiert durch  $\underline{VaR} = -\infty$ ), stellt Abbildung 5.16 den typischen Verlauf der erneut lediglich implizit gegebenen, aber nicht explizit darstellbaren Reaktionsfunktionen  $\theta_i^*(\theta_j)$  beider Banken sowie die resultierenden Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^*; \theta_2^*)$  grafisch dar. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, ist die Portfoliowahl der Banken im Nash-Gleichgewicht, mit Ausnahme des Falles einer schwach und einer stark risikoaversen Bank, durch eine fehlende Diversität in der Portfoliowahl gekennzeichnet.<sup>361</sup> Zudem wird durch eine Mindesteigenkapitalanforderung allein auf Basis

<sup>360</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$  und  $EK = 0,8$  sowie  $\underline{VaR} = 0,85$ .

<sup>361</sup>Für den Fall einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ist die Diversität allerdings nicht auf die (vermeintlich) makroprudentielle Regulierung, sondern auf die Heterogenität der Banken bzgl. ihrer

des Shapley-Wertes weder die Portfoliowahl einer moderat noch die einer stark risikoaversen Bank beeinflusst. Hingegen wird die Portfoliowahl einer schwach risikoaversen Bank dahingehend geändert, dass sich ihr individuelles Risiko ohne die Schaffung einer Diversität in der Portfoliowahl verringert.<sup>362</sup>

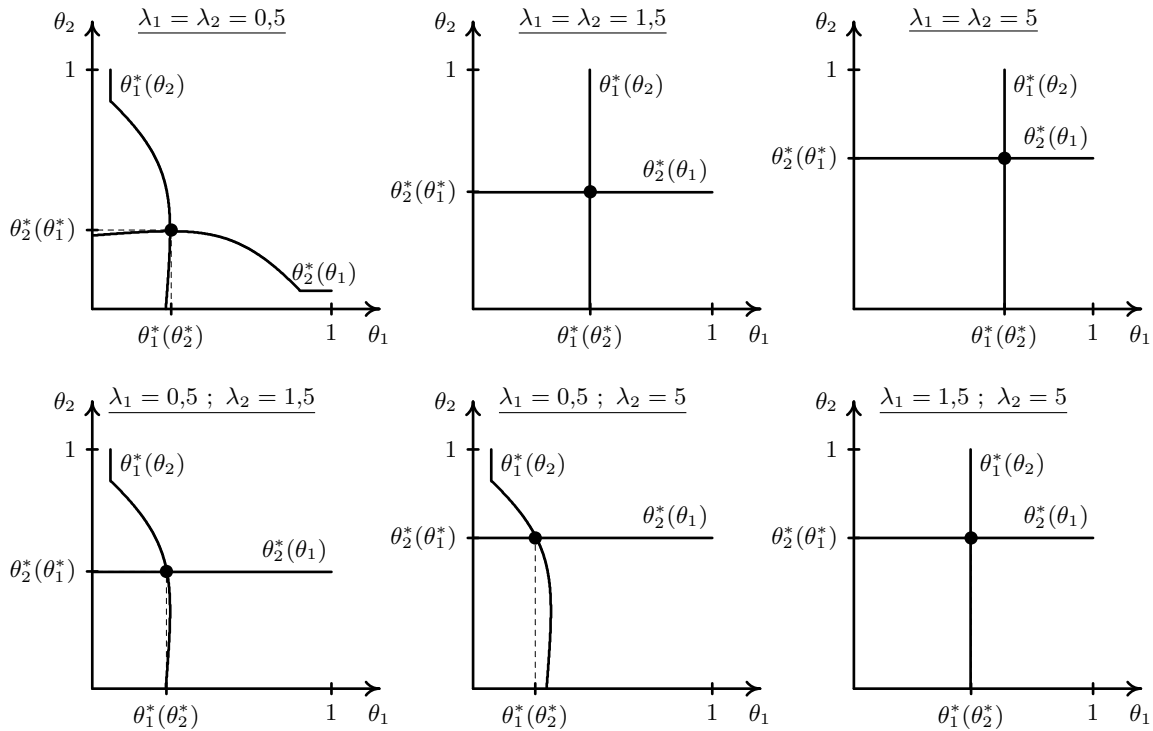


Abbildung 5.16: Reaktionsfunktionen beider Banken je nach Risikoavversionsparameter unter makroprudentieller Regulierung allein auf Basis des Shapley-Wertes.<sup>363</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Infolge der Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint ändern sich notwendigerweise, des mit ihr einhergehenden Verbotes stark diversifizierter Portfolios bedingt, die resultierenden Nash-Gleichgewichte. Da der Strategieraum nun, wie in Kapitel 5.3.2.1 dargestellt, ausschließlich Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  enthält, die durch eine Diversität gekennzeichnet sind, ist bei Betrachtung von Abbildung 5.17 vielmehr die Existenz der Nash-Gleichgewichte in sämtlichen Regimen zu betonen. Dabei ist für eine moderat

Risikoeinstellung zurückzuführen.

<sup>362</sup>Da selbige Effekte auch bei der Implementierung einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auftreten, lässt sich auch hier eine Konvergenz der Portfoliowahl unter makroprudentieller Bankenregulierung gegen die Portfoliowahl unter mikroprudentieller Bankenregulierung für den Fall beobachten, dass die Bankenaufsicht auf die Vorgabe von auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisiken verzichtet.

<sup>363</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$  und es gilt  $EK=0,8$ .

ebenso wie für eine stark risikoaverse Bank im Nash-Gleichgewicht stets die Value-at-Risk constraint diejenige Nebenbedingung, welche bindend ist.<sup>364</sup> Demgegenüber stellt für eine schwach risikoaverse Bank, welche das durch eine makroprudentielle Value-at-Risk constraint vorgegebene Mindestrisiko auf individueller Ebene aus Eigeninteresse heraus eingeht, die Mindesteigenkapitalanforderung in Form der Shapley-Wert constraint die bindende Nebenbedingung dar. Eine Ausnahme bildet hier der Fall zweier schwach risikoaverser Banken, bei dem für eine Bank sehr wohl die Value-at-Risk constraint bindend ist.

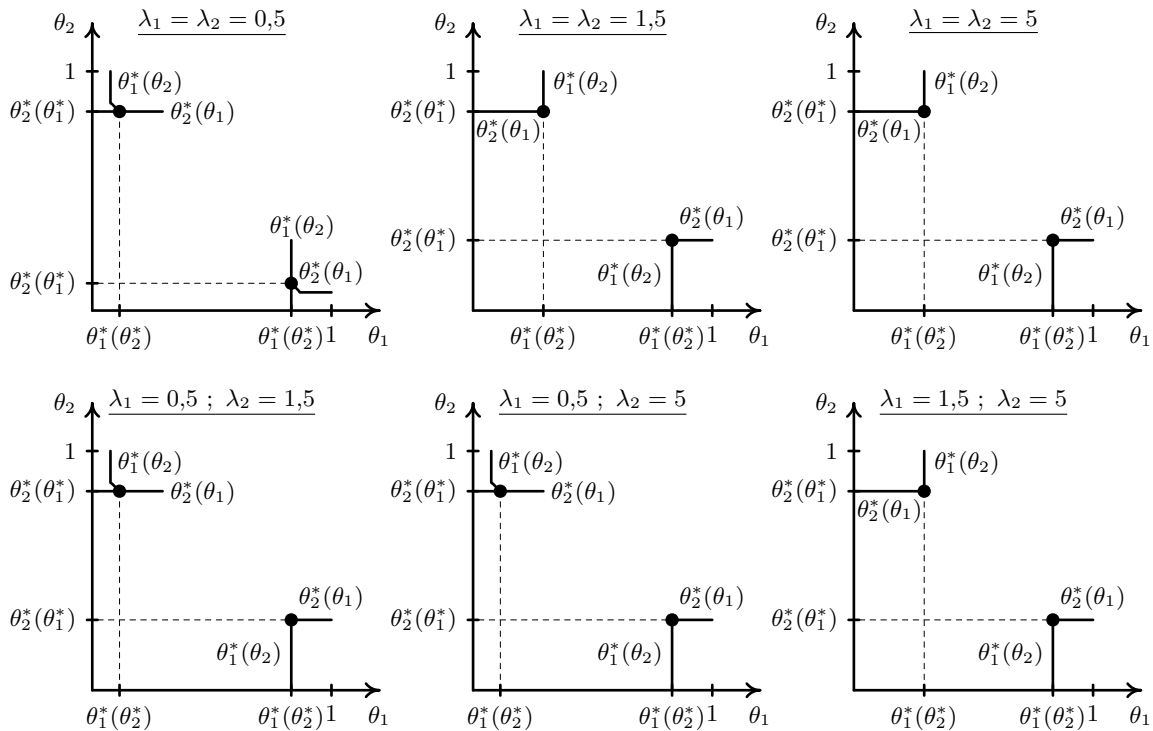


Abbildung 5.17: Reaktionsfunktionen beider Banken je nach Risikoavversionsparameter unter makroprudentieller Regulierung mittels Value-at-Risk constraint.<sup>365</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Falls das Bankensystem keine schwach risikoaverse Bank enthält, lautet das Nash-Gleichgewicht daher stets  $(\theta_i^*; \theta_j^*) = (\theta_u(\underline{VaR}); \theta_o(\underline{VaR}))$ .<sup>366</sup> Das zweite existierende Nash-Gleichgewicht  $(\theta_i^*; \theta_j^*) = (\theta_u(SW = EK); \theta_o(\underline{VaR}))$  ergibt sich daraus, dass eine schwach

<sup>364</sup>Dies fußt vordergründig darauf, dass durch die Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes wenn überhaupt nur die nutzenmaximale Portfoliowahl der schwach risikoaversen Bank untersagt wird.

<sup>365</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$  und  $EK=0,8$  sowie  $\underline{VaR}=0,85$ .

<sup>366</sup>Die Portfolios  $\theta_u$  und  $\theta_o$  wurden so definiert, dass  $VaR(\theta_u(\underline{VaR})) = VaR(\theta_o(\underline{VaR})) = \underline{VaR}$  gilt.

risikoaverse Bank von den beiden Portfolios, für die die Mindesteigenkapitalanforderung bindend ist, dasjenige wählt, welches ihren Nutzen maximiert, sodass die Value-at-Risk constraint wiederum nur noch für eine Bank bindend ist.<sup>367</sup>

Da eine ausführliche Analyse der resultierenden Nash-Gleichgewichte und relevanten Risikokennzahlen lediglich eine Wiederholung der bereits in Kapitel 5.3.1.3 gewonnenen Erkenntnisse darstellen würde, wird im Folgenden für ausgewählte Risikoparameterkombinationen  $(\lambda_i; \lambda_j)$  die Funktionsweise der makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung in der hier betrachteten Form näher erläutert sowie die bestehenden Unterschiede zwischen den beiden Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung herausgearbeitet.

### 5.3.2.3 Portfoliowahl bei zwei stark risikoaversen Banken

Abbildung 5.18 stellt den Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint in Verbindung mit einer Mindesteigenkapitalanforderung in Abhängigkeit des Beitrages einer Bank zum Risiko des Bankensystems auf die optimale Portfoliowahl zweier stark risikoaverser Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 5$ ) grafisch dar. Im unregulierten Bankensystem spiegelt sich die Homogenität der Banken bzgl. ihrer Risikoeinstellung ebenso wie unter mikroprudentieller Regulierung in der Wahl des identischen, stark diversifizierten Portfolios  $\theta^{ohne}$  wider (dargestellt durch den weiß gefüllten Punkt). Diese Portfoliowahl wird unter makroprudentieller Regulierung beiden Finanzinstituten untersagt, da sie mit keiner hinreichend starken Aufnahme von Risiken auf individueller Ebene einhergeht. Infolgedessen müssen die Banken eine Umschichtung ihres Portfolios vornehmen. Der strikten Konkavität ihrer Nutzenfunktion bedingt wird diese Portfolioumschichtung so vorgenommen, dass die Abweichung von der nutzenmaximalen Portfoliowahl, unter Einhaltung der regulatorischen Anforderungen, minimal ist. Daher ist hier für beide Banken die Value-at-Risk constraint im Nash-Gleichgewicht  $(\theta_1^{**}; \theta_2^{**})$  bindend. Da der Strategieraum des gesamten Bankensystems ausschließlich solche

<sup>367</sup>Die optimale Portfoliowahl einer schwach risikoaversen Bank  $i$  im Nash-Gleichgewicht ist somit durch eine Übergewichtung derjenigen Anlage mit dem höheren erwarteten Rückfluss (bei höherer Standardabweichung) charakterisiert, sodass Bank  $j$  entsprechend diejenige Anlage mit dem geringeren erwarteten Rückfluss (bei geringerer Standardabweichung) übergewichtet (bei der Abbildung 5.3.2.1 zugrundeliegenden Parametrisierung ist dies Anlage 2, daher der Index  $u$  bei  $\theta_u(SW=EK)$ ). Dies fußt auf den sich aus den Risikoeinstellungen ergebenden Nutzenfunktionen der Banken. Für eine schwach risikoaverse Bank geht, der geringen Gewichtung der Standardabweichung  $\sigma_{PF}$  des Portfoliorückflusses bedingt, ausschließlich die Wahl derjenigen Portfolios, welche die Anlage mit dem höheren erwarteten Rückfluss übergewichten, mit einem hohen Nutzen einher. Eine solche Präferenz für eine der beiden für die Investition zur Verfügung stehenden Anlagen existiert für eine moderat sowie für eine stark risikoaverse Bank, der „mittigen“ Lage des optimalen Portfolios  $\theta^{ohne}$  bedingt, hingegen nicht, da eine von solchen Finanzinstituten angestrebte hinreichend starke Diversifikation des Portfoliorückflusses auch durch die Übergewichtung derjenigen Anlage mit dem geringeren erwarteten Rückfluss realisierbar ist (bei der Abbildung 5.3.2.1 zugrundeliegenden Parametrisierung ist dies Anlage 1, daher der Index  $o$  bei  $\theta_o(VaR)$ ).

Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  zulässt, die mit einer Diversität in der Portfoliwahl einhergehen, erfolgt im Rahmen der Portfoliumschichtung eine Übergewichtung unterschiedlicher Anlagen (dargestellt durch die schwarz gefüllten Punkte). Grafisch entfernen sich die Banken dabei in entgegengesetzter Richtung entlang der Hyperbel von der nutzenmaximalen Portfoliwahl  $\theta^{ohne}$ .

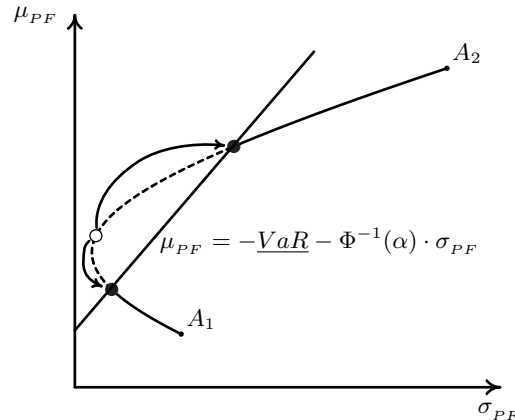


Abbildung 5.18: Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliwahl zweier stark risikoaverser Banken.<sup>368</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Während die makroprudentielle Value-at-Risk constraint also die Aufnahme von Mindestri-siken auf individueller Ebene garantiert, stellt die Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes sicher, dass die Portfoliwahl im Nash-Gleichgewicht durch eine Diver-sität gekennzeichnet ist und die Reaktion der Finanzinstitute auf die Implementierung der Value-at-Risk constraint somit nicht, wie unter mikroprudentieller Regulierung der Fall, identisch ausfällt.<sup>369</sup>

#### 5.3.2.4 Portfoliwahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank

<sup>368</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, zusätzlich gilt  $EK = 0,85$ . Dargestellt sind folgende Portfolios:

| $\theta$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_{\alpha}(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 0,29     | 1,10                  | 1,71               | 0,85                   |
| 0,63     | 0,87                  | 1,37               | 0,58                   |
| 0,83     | 0,87                  | 1,17               | 0,85                   |

<sup>369</sup>Ohne die Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes, infolge derer die Entscheidungskalküle der Banken nicht mehr unabhängig voneinander wären, würden sich die Entscheidungskalküle der Banken durch die für beide Banken identische Value-at-Risk constraint erneut annähern, sodass die Schaffung einer Diversität in der Portfoliwahl der Banken ausgeschlossen wäre.

<sup>370</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, zusätzlich gilt  $EK = 0,85$ . Dargestellt sind

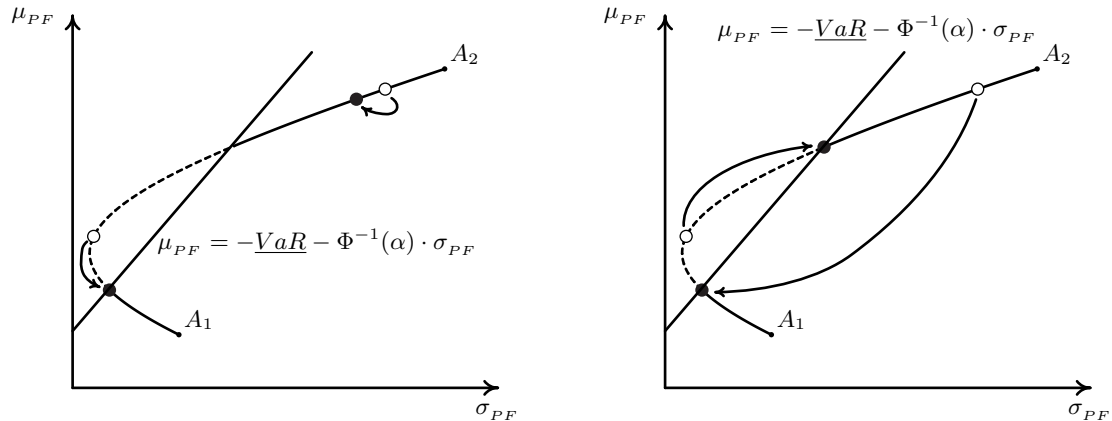


Abbildung 5.19: Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl einer schwach und einer stark risikoaversen Bank.<sup>370</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 5.19 verdeutlicht die Portfoliowahl einer schwach ( $\lambda_i = 0,5$ ) und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_j = 5$ ) unter einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung der hier betrachteten Form. Eine Verletzung der Value-at-Risk constraint durch die nutzenmaximale Portfoliowahl ist hier lediglich für die stark risikoaverse Bank (dargestellt durch den weiß gefüllten Punkt auf dem gestrichelten Abschnitt der Hyperbel), nicht aber für die schwach risikoaverse Bank, welche aus Eigeninteresse hinreichend große Risiken auf individueller Ebene eingeht (dargestellt durch den weiß gefüllten Punkt auf dem durchgezogenen Abschnitt der Hyperbel), festzustellen. Die dadurch notwendige Portfolioumschichtung führt zu zwei voneinander zu unterscheidenden Nash-Gleichgewichten ( $\theta_1^{**}; \theta_2^{**}$ ). Dabei stellt die linke Grafik den Fall dar, dass die stark risikoaverse Bank die Aufnahme von Mindestrisiken auf individueller Ebene und somit die Erfüllung der Value-at-Risk constraint durch eine Erhöhung des in die Anlage mit dem geringeren erwarteten Rückfluss investierten Anteils realisiert und die schwach risikoaverse Bank ihren Portfoliorückfluss zur Erfüllung der Mindesteigenkapitalanforderung in geringem Umfang stärker diversifiziert.<sup>371</sup> Demgegenüber

folgende Portfolios:

| $\theta$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_{\alpha}(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 0,08     | 1,39                  | 1,92               | 1,31                   |
| 0,11     | 1,33                  | 1,89               | 1,21                   |
| 0,29     | 1,10                  | 1,71               | 0,85                   |
| 0,63     | 0,87                  | 1,37               | 0,58                   |
| 0,83     | 0,87                  | 1,17               | 0,85                   |

<sup>371</sup>Zum tieferen Verständnis und für eine bessere Vergleichbarkeit mit der rechten Grafik kann die Portfolioumschichtung der Banken auch als zweistufiger Prozess aufgefasst werden. Im ersten Schritt schichten die Banken ihr jeweiliges Portfolio so um, dass die Nebenbedingung in Form der Value-at-Risk constraint für beide Finanzinstitute bindend ist, wobei die stark risikoaverse Bank diejenige Anlage mit dem geringeren erwarteten Rückfluss und die stark risikoaverse Bank entsprechend diejenige Anlage mit dem

stellt die rechte Grafik den Fall dar, dass die makroprudentielle Value-at-Risk constraint für beide Banken bindend ist. Hier erfolgt die Aufnahme von Mindestrisiken auf individueller Ebene seitens der stark risikoaversen Bank durch eine Erhöhung des in die Anlage mit dem höheren erwarteten Rückfluss investierten Anteils, infolgedessen die schwach risikoaverse Bank nun diejenige Anlage mit dem geringeren erwarteten Rückfluss übergewichten muss.<sup>372</sup>

### 5.3.2.5 Portfoliowahl bei zwei schwach risikoaversen Banken

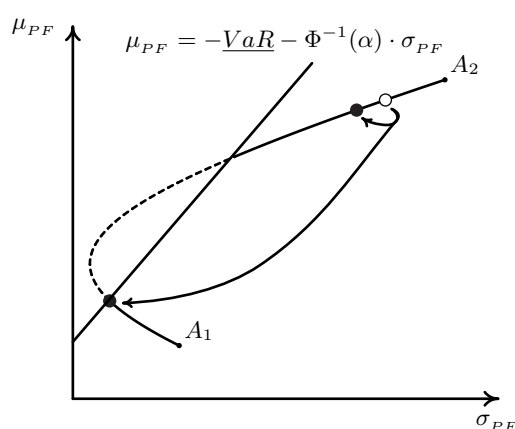


Abbildung 5.20: Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl zweier schwach risikoaverser Banken.<sup>373</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Abbildung 5.20 stellt den Einfluss einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint in Verbindung mit einer Mindesteigenkapitalanforderung basierend auf den Beitrag einer Bank zum Risiko des Bankensystems auf die optimale Portfoliowahl zweier schwach risikoaverser Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,5$ ) grafisch dar. Im unregulierten Bankensystem spiegelt sich die Hö-

heren erwarteten Rückfluss übergewichtet. An dieser Stelle ist die Portfoliokombination  $(\theta_1; \theta_2)$  bereits zulässig. Allerdings kann die schwach risikoaverse Bank aufgrund der nicht bindenden Mindesteigenkapitalanforderung nun eine nochmalige Portfolioumschichtung in Form einer stärkeren Übergewichtung der Anlage mit dem höheren erwarteten Rückfluss vornehmen, welche mit einer Nutzensteigerung einhergeht und die Zulässigkeit der Portfoliokombination nicht berührt.

<sup>372</sup>Für die Abbildung 5.19 zugrundeliegende Parametrisierung ist das in der linken Grafik dargestellte Nash-Gleichgewicht aufgrund der dort lediglich geringen Abweichung beider Banken von der jeweils nutzenmaximierenden Portfoliowahl  $\theta^{ohne}$  dominant.

<sup>373</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, zusätzlich gilt  $EK = 0,85$ . Dargestellt sind folgende Portfolios:

| $\theta$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_{\alpha}(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 0,08     | 1,39                  | 1,92               | 1,31                   |
| 0,11     | 1,33                  | 1,89               | 1,21                   |
| 0,83     | 0,87                  | 1,17               | 0,85                   |

mogenität der Banken bzgl. ihrer Risikoeinstellung in der Wahl des identischen, die Anlage mit dem höheren erwarteten Rückfluss übergewichtenden Portfolios  $\theta^{ohne}$  wider (dargestellt durch den weiß gefüllten Punkt). Diese Portfoliowahl wird unter makroprudentieller Regulierung beiden Finanzinstituten untersagt, da die Risikoaufnahme auf individueller Ebene hier ohne der Erzeugung einer Diversität in der Portfoliowahl erfolgt und somit die Mindesteigenkapitalanforderung verletzt wird, der Beitrag der Banken zum Risiko des Bankensystems, bestimmt durch den Shapley-Wert, also den vorhandenen Eigenkapitalbetrag übersteigt. Die im Nash-Gleichgewicht resultierende Portfoliowahl  $(\theta_1^{**}; \theta_2^{**})$  unter makroprudentieller Regulierung ist hier dadurch gekennzeichnet, dass Bank  $i$  eine geringe Umschichtung ihres Portfolios zum Zweck der Erfüllung der Mindesteigenkapitalanforderung vornimmt, während Bank  $j$  zur Sicherstellung der Diversität eine starke Portfolioumschichtung vornehmen muss.<sup>374</sup>

## 5.4 Zwischenfazit

In Kapitel 5 wurde das Entscheidungsverhalten der Banken unter Risiko wie in der Literatur üblich durch das  $(\mu, \sigma)$ -Kriterium operationalisiert, sodass die Banken bei ihrer Portfoliowahl nicht mehr wie in Kapitel 4 allein das resultierende regulatorische Kapital berücksichtigen, sondern unter Einhaltung regulatorischer (Eigenkapital-)Anforderungen den zu erwartenden Ertrag ihres Portfolios gegen dessen Risiko abwägen. Die optimale Portfoliowahl einer Bank im unregulierten Bankensystem ist daher abhängig von deren Risikoaversion und somit insbesondere nicht für sämtliche Banken identisch. Somit kann sich bereits im unregulierten Bankensystem eine aus systemischer Sicht wertvolle Diversität in der Portfoliowahl der Banken aus einer Heterogenität in den Risikoeinstellungen heraus ergeben, wohingegen der Fall der starken Verflechtung zweier Banken für den Fall einer homogenen Risikoeinstellung beider Banken resultiert.

Die Wirkung einer mikroprudentiellen und daher ausschließlich auf den individuellen Risiken des Portfolios einer Bank basierenden Mindesteigenkapitalanforderung ist aus systemischer Sicht dadurch charakterisiert, dass durch sie eine Heterogenität in den Risikoeinstellungen überlagert und somit die im unregulierten Bankensystem vorhandene Diversität in der Portfoliowahl vernichtet wird, wohingegen sie für den Fall der homogenen Risikoeinstellung nicht fähig ist, eine Diversität in der Portfoliowahl zu erzeugen.

Für die Untersuchung der Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung wurden die beiden in Kapitel 4 hergeleiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen

<sup>374</sup> Auch hier kann die Portfolioumschichtung der Banken als zweistufiger Prozess, bei dem die Value-at-Risk constraint zunächst für beide Banken bindend ist und sich Bank  $i$  anschließend ohne relevante Folgen für Bank  $j$  besserstellen kann, aufgefasst werden.

Mindesteigenkapitalanforderung herangezogen. Falls die Bankenaufsicht die Implementierung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung durch die Verwendung des Externalitätenterms realisiert, bedarf es zunächst einer Anpassung, damit sich die mikro- und die makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung lediglich in ihrer Struktur, nicht aber in ihrer Höhe unterscheiden und somit eine Separierung der beim Übergang von einer mikro- hin zu einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung entstehenden Effekte stattfindet. Es wurde gezeigt, dass es unter einer solchen Mindesteigenkapitalanforderung für die Existenz einer optimalen Portfoliowahl, anders als unter mikroprudentieller Regulierung, nicht ausreichend ist, dass der Strategieraum des Bankensystems nichtleer ist. Falls allerdings eine optimale Portfoliowahl existiert, so ist diese stets dadurch gekennzeichnet, dass beide Banken gut, wenngleich nicht stark diversifizierte Portfolios wählen und die Portfoliowahl der Banken eine für die Milderung des systemischen Risikos hinreichend starke Diversität aufweist. Einer makroprudentiellen Bankenaufsicht gelingt somit auch im hier betrachteten Modellrahmen eine erheblich Senkung des systemischen Risikos, welche keineswegs zwingend mit der Erhöhung der individuellen Risiken der Finanzinstitute einhergeht. Selbiges gilt, wenn die makroprudentielle Bankenaufsicht ihre Ziele durch die Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint verfolgt, wobei hier in einer größeren Anzahl an Regimen die Existenz von Nash-Gleichgewichten sichergestellt ist. Zusammenfassend lässt sich eine Robustheit der beiden in Kapitel 4 ausgearbeiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung in Bezug auf das den Finanzinstituten unterstellte Entscheidungskalkül festhalten.

## 6 Portfoliowahl von Banken mit $(\mu, \sigma)$ -Entscheidungskalkül unter mikro- und makroprudentieller Bankenregulierung bei Berücksichtigung heterogener Größen

Kapitel 6 liefert eine Erweiterung des in Kapitel 5 vorgestellten Modells in der Art, dass die zuvor postulierte Homogenität der beiden betrachteten Finanzinstitute bzgl. ihrer Größe aufgehoben wird. Die Heterogenität in den Größen der Banken wird im Folgenden dadurch operationalisiert, dass Bank 1 für die Portfoliowahl statt einer Geldeinheit nun  $Y_1 \in (0, 2)$  Geldeinheiten und Bank 2 nun  $Y_2 = 2 - Y_1$  Geldeinheiten zur Verfügung stehen. Ausgehend vom bisher betrachteten Fall  $Y_1 = Y_2 = 1$  impliziert die Erhöhung der Größe eines Finanzinstituts somit eine zunehmende Heterogenität in den Größen der Banken. Der restliche Modellrahmen bleibt unverändert bestehen. Diese Operationalisierung gewährleistet eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der vorherigen Kapitel, insbesondere Kapitel 5, da der investierte Gesamtbetrag und somit die Größe des gesamten Bankensystems erneut  $Y_1 + Y_2 = 2$  Geldeinheiten beträgt.

Mit veränderter Größe einer Bank ändert sich auch deren Nutzenfunktion  $U_i$ . Aufgrund der positiven Linearität des Erwartungswertes und des Risikomaßes Standardabweichung ergibt sie sich nun wie folgt:

$$\begin{aligned}
 U_i(\theta) &= Y_i \cdot \mu_{PF}(\theta) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot Y_i^2 \cdot \sigma_{PF}^2(\theta) \\
 \text{mit } \mu_{PF}(\theta) &= \theta \cdot (\mu_{A_1} - \mu_{A_2}) + \mu_{A_2} \\
 \text{und } \sigma_{PF}^2(\theta) &= \theta^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}
 \end{aligned} \tag{6.1}$$

Analog zu Kapitel 5 wird im Folgenden die Portfoliowahl der Banken unter verschiedenen Regulierungsregimen untersucht. Kapitel 6.1 zeigt hierfür zunächst den Fall eines unregulierten Bankensystems auf, bei dem beide Finanzinstitute das für sie nutzenmaximale

Portfolio wählen. Es wird insbesondere dargelegt, wie die Größe  $Y_i$  einer Bank für verschiedene Parameterkonstellationen auf die optimale Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  wirkt und unter welchen Bedingungen es zu hohen indirekten Verflechtungen zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken kommt. Hieran anknüpfend verdeutlicht Kapitel 6.2, wie die Portfoliowahl der Banken unter einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung, operationalisiert durch die Implementierung einer mikroprudentiellen Value-at-Risk constraint, beeinflusst wird. Anschließend zeigt Kapitel 6.3, wie durch die Verfolgung eines makroprudentiellen Regulierungsansatzes eben jene Verflechtungen gelöst werden können. Betrachtet werden dabei erneut die beiden in Kapitel 4 hergeleiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten. Dabei werden jeweils die Strategieräume und resultierenden Nash-Gleichgewichte in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern sowie in Abhängigkeit von den Größen der Banken aufgezeigt sowie ausgewählte Regime näher beleuchtet. Zur Vermeidung von Redundanzen werden hier vordergründig diejenigen Effekte dargelegt, welche aus der Berücksichtigung heterogener Größen resultieren und daher in Kapitel 5 keine Erwähnung finden konnten. Kapitel 6 schließt mit einem Zwischenfazit in Kapitel 6.4.

## 6.1 Portfoliowahl ohne Regulierung

Falls im Rahmen der Portfoliowahl keine regulatorischen Anforderungen seitens der Bankenaufsicht gestellt werden, können und werden die Finanzinstitute ihr Portfolio so wählen, dass sich ihr Nutzen  $U_i$  maximiert.

**Lemma 6.1.** *Die nutzenmaximale Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  von Bank  $i$  bei Berücksichtigung heterogener Größen ergibt sich für den Fall zweier bivariat normalverteilter Anlagen durch*

$$\theta_i^{ohne} := \theta^{ohne}(Y_i, \lambda_i) = \frac{\frac{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}{Y_i \cdot \lambda_i} - \mathfrak{b}}{\mathfrak{a}} . \quad (6.2)$$

*Beweis.* Die Bedingung erster Ordnung lautet

$$\frac{\partial U_i(\theta)}{\partial \theta} \stackrel{!}{=} 0 \Leftrightarrow Y_i \cdot \frac{\partial \mu_{PF}(\theta)}{\partial \theta} = Y_i^2 \cdot \frac{\lambda_i}{2} \cdot \frac{\partial \sigma_{PF}^2(\theta)}{\partial \theta} . \quad (6.3)$$

Gemäß den Formeln 3.57 ist die durch Formel 6.3 gegebene Bedingung erster Ordnung äquivalent zu

$$\mu_{A_1} - \mu_{A_2} = Y_i \cdot \lambda_i \cdot (\theta_i \cdot \mathfrak{a} + \mathfrak{b}) . \quad (6.4)$$

Umstellen nach  $\theta_i$  liefert  $\theta_i^{ohne}$ . □

### 6.1.1 Komparativ statische Analyse

Lemma 6.1 ermöglicht die Untersuchung des Einflusses von bankspezifischen Parametern auf die nutzenmaximale Portfoliowahl.

**Lemma 6.2.** *Bei steigender Risikoaversion  $\lambda_i$  erhöht sich für die optimale Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  der Anteil in diejenige Anlage, die einen geringeren erwarteten Rückfluss aufweist.*

*Beweis.* Partielle Differentiation von 6.2 bzgl.  $\lambda_i$  führt zu

$$\frac{\partial \theta_i^{ohne}}{\partial \lambda_i} = -\frac{1}{Y_i \cdot \lambda_i^2} \cdot \frac{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}{\alpha} \begin{cases} > 0 & \text{für } \mu_{A_1} < \mu_{A_2} \\ = 0 & \text{für } \mu_{A_1} = \mu_{A_2} \\ < 0 & \text{für } \mu_{A_1} > \mu_{A_2} \end{cases} . \quad (6.5)$$

□

**Lemma 6.3.** *Bei steigender Größe  $Y_i$  einer Bank erhöht sich für die optimale Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  der Anteil in diejenige Anlage, die einen geringeren erwarteten Rückfluss aufweist.*

*Beweis.* Partielle Differentiation von 6.2 bzgl.  $Y_i$  führt zu

$$\frac{\partial \theta_i^{ohne}}{\partial Y_i} = -\frac{1}{Y_i^2 \cdot \lambda_i} \cdot \frac{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}{\alpha} \begin{cases} > 0 & \text{für } \mu_{A_1} < \mu_{A_2} \\ = 0 & \text{für } \mu_{A_1} = \mu_{A_2} \\ < 0 & \text{für } \mu_{A_1} > \mu_{A_2} \end{cases} . \quad (6.6)$$

□

Lemma 6.2 und Lemma 6.3 verdeutlichen, dass die Erhöhung der Größe einer Bank einen ähnlichen Effekt aufweist wie die Erhöhung des Risikoaversionsparameters.<sup>375</sup> Entsprechend lässt sich das Produkt aus der Größe einer Bank und deren Risikoaversionsparameter als „effektiver Risikoaversionsparameter“ verstehen.

<sup>375</sup>Siehe Lemma 5.2 sowie die anschließenden Erläuterungen. Ursächlich hierfür ist die durch die Nutzenfunktion induzierte steigende absolute Risikoaversion. Begründet werden kann diese bspw. dadurch, dass sich bei steigender Größe einer Bank deren Geschäfts- und Investitionsfelder typischerweise erweitern (müssen) und der Portfoliorückfluss daher eine stärkere Diversifikation aufweist.

**Lemma 6.4.** *Bei steigender effektiver Risikoaversion  $Y_i \cdot \lambda_i$  erhöht sich für die optimale Portfoliowahl  $\theta_i^{ohne}$  der Anteil in diejenige Anlage, die einen geringeren erwarteten Rückfluss aufweist.*

*Beweis.* Partielle Differentiation von 6.2 bzgl.  $Y_i \cdot \lambda_i$  führt zu

$$\frac{\partial \theta_i^{ohne}}{\partial (Y_i \cdot \lambda_i)} = -\frac{1}{Y_i^2 \cdot \lambda_i^2} \cdot \frac{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}{a} \begin{cases} > 0 & \text{für } \mu_{A_1} < \mu_{A_2} \\ = 0 & \text{für } \mu_{A_1} = \mu_{A_2} \\ < 0 & \text{für } \mu_{A_1} > \mu_{A_2} \end{cases} . \quad (6.7)$$

□

Abbildung 6.1 liefert eine grafische Darstellung der aus den Sätzen 6.2-6.4 gewonnenen Erkenntnisse.

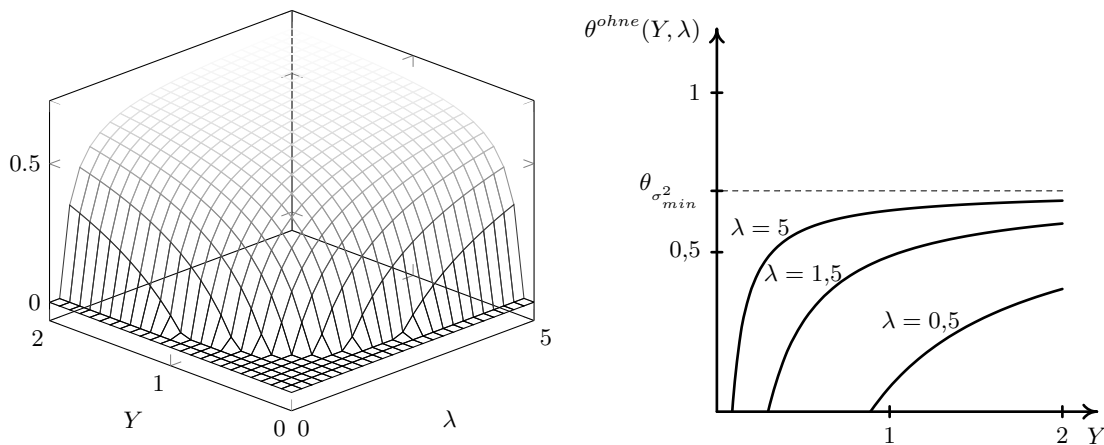


Abbildung 6.1: Optimale Portfoliowahl  $\theta^{ohne}$  ohne Regulierung in Abhängigkeit der Größe  $Y$  einer Bank und deren Risikoaversionsparameter  $\lambda$ .<sup>376</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

### 6.1.2 Verflechtungen im unregulierten Bankensystem

Der Effekt einer zunehmenden Heterogenität in den Größen der Banken auf die Diversität in deren Portfoliowahl ist kein eindeutiger. Entscheidend ist hier, ob sich die effektiven Risikoaversionsparameter beider Finanzinstitute, also das Produkt aus dem Risikoaversionsparameter  $\lambda_i$  und der Größe  $Y_i$  von Bank  $i$ , mit zunehmender Heterogenität in den Größen

<sup>376</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15.

annähern oder nicht. Falls beide Banken identische Risikoavversionsparameter besitzen, so wird eine zunehmende Heterogenität in den Größen der Banken zu einer steigenden Heterogenität in den effektiven Risikoavversionsparametern und letztendlich zu einer erhöhten Diversität in der Portfoliowahl beider Finanzinstitute führen. Tabelle 6.1 stellt exemplarisch die optimale Portfoliowahl und resultierenden Risikokennzahlen zweier schwach risikoaverser Banken ohne Regulierung dar.<sup>377</sup>

|             | $\lambda_1 = \lambda_2 = 0,5$ |                   |                    |                       |                                         |
|-------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
|             | $Y_i \cdot \lambda_i$         | $\theta_i^{ohne}$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\rho_{PF_1, PF_2}(\theta_i, \theta_j)$ |
| $Y_1 = 1,0$ | 0,50                          | 0,08              | 1,92               | 1,34                  | 1,00                                    |
| $Y_2 = 1,0$ | 0,50                          | 0,08              | 1,92               | 1,34                  |                                         |
| $Y_1 = 1,5$ | 0,75                          | 0,28              | 1,72               | 1,11                  | 0,97                                    |
| $Y_2 = 0,5$ | 0,25                          | 0,00              | 2,00               | 1,50                  |                                         |

Tabelle 6.1: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei zwei schwach risikoaversen Banken ohne Regulierung. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Eine Homogenität in den Größen beider Banken ( $Y_1 = Y_2 = 1$ ) resultiert aufgrund der übereinstimmenden Risikoavversionsparameter in einer identischen Portfoliowahl. Da mit zunehmender Heterogenität in den Größen die effektiven Risikoavversionsparameter ebenfalls eine immer größer werdende Heterogenität aufweisen, induziert diese hier eine Diversität bzgl. der Portfoliowahl beider Finanzinstitute. Dabei investiert die kleinere Bank, welche eine geringere effektive Risikoaversion aufweist, im Einklang mit Lemma 6.3 einen höheren Anteil in Anlage 2, da diese einen höheren erwarteten Rückfluss aufweist.

Falls beide Banken voneinander verschiedene Risikoavversionsparameter aufweisen, so ist der Effekt einer zunehmenden Heterogenität in den Größen der Banken uneindeutig. Tabelle 6.2 stellt die optimale Portfoliowahl und resultierenden Risikokennzahlen bei einer schwach und einer moderat risikoaversen Banken ohne Regulierung dar. Bei homogener Größe ( $Y_1 = Y_2 = 1$ ) wählen die Banken aufgrund ihrer unterschiedlichen Risikoavversionsparameter voneinander verschiedene Portfolios. Falls nun die Größe der schwach risikoaversen Bank 1 steigt, so nähern sich die effektiven Risikoaversionen beider Banken zunächst an, bis sie für  $Y_1 = 1,5$  übereinstimmen und folglich zu einer identischen Portfoliowahl beider Banken führen. In diesem Regime führt eine zunehmende Heterogenität in den Größen der Banken also zu einer abnehmenden Diversität bzgl. der Portfoliowahl. Steigt hingegen die

<sup>377</sup>Betrachtet wird dabei wie auch im Folgenden die durch Formel 4.15 gegebene Parametrisierung.

Größe der moderat risikoaversen Bank, so steigt die Heterogenität bzgl. der effektiven Risikoaversionen beider Finanzinstitute und die für  $Y_1 = Y_2 = 1$  ohnehin bereits vorhandene Diversität bzgl. der Portfoliowahl nimmt weiter zu.

|             | $\lambda_1 = 0,5 ; \lambda_2 = 1,5$ |                   |                    |                       |                                         |
|-------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
|             | $Y_i \cdot \lambda_i$               | $\theta_i^{ohne}$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\rho_{PF_1, PF_2}(\theta_i, \theta_j)$ |
| $Y_1 = 1,0$ | 0,50                                | 0,08              | 1,92               | 1,34                  | 0,87                                    |
| $Y_2 = 1,0$ | 1,50                                | 0,49              | 1,51               | 0,91                  |                                         |
| $Y_1 = 1,5$ | 0,75                                | 0,28              | 1,72               | 1,11                  | 1,00                                    |
| $Y_2 = 0,5$ | 0,75                                | 0,28              | 1,72               | 1,11                  |                                         |
| $Y_1 = 0,5$ | 0,25                                | 0,00              | 2,00               | 1,50                  | 0,77                                    |
| $Y_2 = 1,5$ | 2,25                                | 0,56              | 1,44               | 0,87                  |                                         |

Tabelle 6.2: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer moderat risikoaversen Bank ohne Regulierung. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Zusammenfassend stellt Abbildung 6.2 nochmals grafisch dar, wie eine Heterogenität in den Größen der Banken die Diversität bzgl. der Portfoliowahl der Banken erhöht (linke Grafik) oder aber verringert (rechte Grafik).

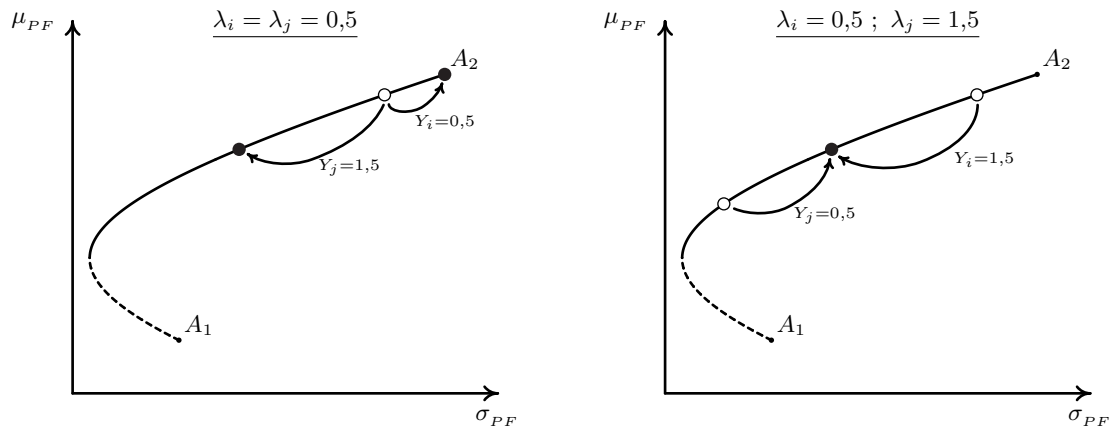


Abbildung 6.2: Lage optimale Portfolios ohne Regulierung im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm je nach Heterogenität der Risikoaversionsparameter  $\lambda_i$  und  $\lambda_j$  sowie Größen  $Y_i$  und  $Y_j$ .<sup>378</sup> (Quelle: Eigene Darstellung.)

<sup>378</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch

## 6.2 Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung

Unter mikroprudentieller Regulierung wird die Portfoliowahl einer Bank durch die Implementierung einer Value-at-Risk constraint eingeschränkt. Unter dieser muss der sich aus der Portfoliowahl  $\theta$  einer Bank ergebende Value-at-Risk des Portfoliorückflusses zu einem von der Bankenaufsicht vorgegebenen Konfidenzniveau  $1 - \alpha$  vollständig durch Eigenkapital gedeckt werden. Der Bank  $i$  zur Verfügung stehende Eigenkapitalbetrag ergibt sich per Annahme durch  $Y_i \cdot EK$ . Eine Vergleichbarkeit zu den Ergebnissen der vorherigen Kapiteln ist somit auch an dieser Stelle gewährleistet, da für den Fall  $Y_1 = Y_2 = 1$  beide Banken einen Eigenkapitalbetrag in Höhe von  $EK$  aufweisen.

Das Entscheidungskalkül einer Bank im mikroprudentiellen Regulierungsregime stellt sich formal also wie folgt dar:

$$\begin{aligned} \max_{\theta} \quad U_i(\theta) &= Y_i \cdot \mu_{PF}(\theta) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot Y_i^2 \cdot \sigma_{PF}^2(\theta) \\ NB: \quad VaR_{\alpha}(\theta) &\leq EK \\ \bar{\theta} &= 1 \end{aligned} \quad (6.8)$$

Da sowohl der einer Bank zur Verfügung stehende Eigenkapitalbetrag als auch der Value-at-Risk des Portfoliorückflusses einer Bank bei gegebener Portfoliowahl, der positiven Homogenität des Risikomaßes Value-at-Risk bedingt, den Faktor  $Y_i > 0$  enthalten, erfährt dieser in der Nebenbedingung keine Berücksichtigung. Bereits an dieser Stelle ist ersichtlich, dass die Bankenaufsicht durch die Implementierung einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung Anreizeffekte setzt, welche unabhängig von der Größe des regulierten Finanzinstituts sind.

Wie in Kapitel 5.2 erörtert, weicht ungeachtet der Einschränkung der Menge der zulässigen Portfolios  $\theta$  die optimale Portfoliowahl  $\theta^{mikro}$  einer Bank unter mikroprudentieller Regulierung nicht zwingend von derjenigen ohne Regulierung ab. Falls eine Abweichung allerdings regulatorisch induziert wird, so ist die Nebenbedingung in Form der Value-at-Risk constraint stets bindend.

---

$1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK = 0,8$ . Dargestellt sind folgende Portfolios:

| $\theta$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_{\alpha}(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|------------------------|
| 0,00     | 1,50                  | 2,00               | 1,49                   |
| 0,08     | 1,39                  | 1,92               | 1,30                   |
| 0,28     | 1,11                  | 1,71               | 0,88                   |
| 0,49     | 0,91                  | 1,51               | 0,81                   |

**Lemma 6.5.** Die optimale Portfoliowahl  $\theta_i^{mikro}$  von Bank  $i$  unter einer mikroprudentiellen Regulierung ergibt sich durch

$$\theta_i^{mikro} := \theta^{mikro}(Y_i, \lambda_i, EK) = \begin{cases} \theta_i^{ohne} & , \text{ falls } VaR(\theta_i^{ohne}) \leq EK \\ \arg \max_{\theta: VaR(\theta)=EK} U_i(\theta) & , \text{ falls } VaR(\theta_i^{ohne}) > EK \end{cases} \quad (6.9)$$

*Beweis.* Dass  $\theta_i^{mikro} = \theta_i^{ohne}$  für  $VaR(\theta_i^{ohne}) \leq EK$  gilt, folgt aus Lemma 6.2. Hingegen folgt  $\theta_i^{mikro} = \arg \max_{\theta: VaR(\theta)=EK} U_i(\theta)$  unmittelbar aus der für  $\lambda_i > 0$  strikten Konkavität von  $U_i$  bzgl.  $\theta$ .  $\square$

Wie Abbildung 6.3 aufzeigt, weist eine mikroprudentielle Bankenregulierung auch unter Berücksichtigung heterogener Größen die aus Kapitel 5.2 bekannten Defizite auf. Sie wirkt somit einer durch die Heterogenität in den Größen der Banken verringerten Diversität in der Portfoliowahl nicht entgegen und überlagert zudem die durch eine Heterogenität in den Größen geschaffene bzw. erhöhte Diversität in der Portfoliowahl. Insbesondere kommt es im mikroprudentiellen Regulierungsregime nicht zu einer Senkung des systemischen Risikos, welches sich für für zahlreiche Parameterkonstellationen gar erhöht.

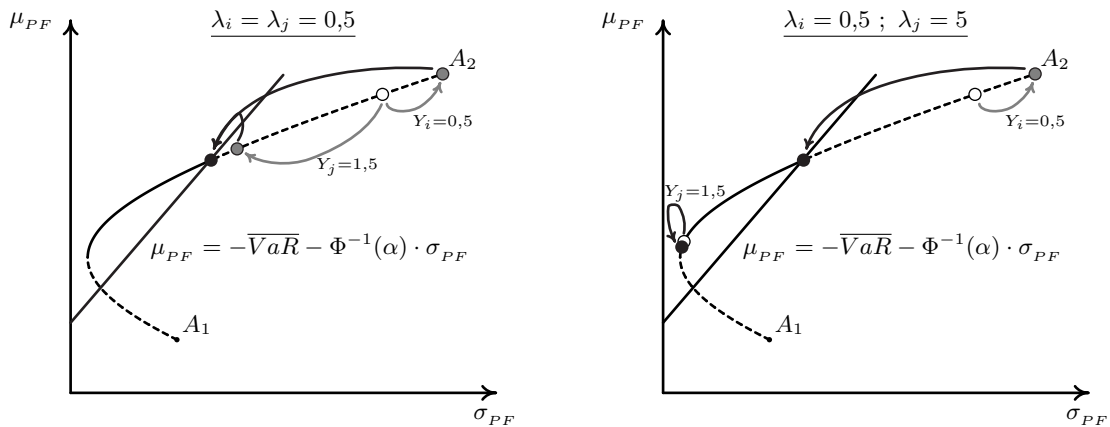


Abbildung 6.3: Lage der optimalen Portfolios unter mikroprudentieller Regulierung im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm je nach Heterogenität der Risikoaversionparameter  $\lambda_i$  und  $\lambda_j$  sowie Größen  $Y_i$  und  $Y_j$ .<sup>379</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

<sup>379</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK = 0,8$ . Dargestellt sind folgende Portfolios:

## 6.3 Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung

### 6.3.1 Portfoliowahl unter makroprudentieller Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms

Unter einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. eines Externalitätenterms richtet sich die Höhe des vorzuhaltenden Eigenkapitals einer Bank nach deren gesamten Beitrag zum systemischen Risiko. Formal stellt sich das Entscheidungskalkül von Bank  $i$  wie folgt dar:

$$\begin{aligned} \max_{\theta_i} \quad U_i(\theta_i) &= Y_i \cdot \mu_{PF}(\theta_i) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot Y_i^2 \cdot \sigma_{PF}^2(\theta_i) \\ NB: \quad RC(Y_1, \theta_i, \theta_j) &\leq Y_i \cdot EK \\ \overline{\theta_i} &= 1 \end{aligned} \tag{6.10}$$

$$\text{mit} \quad RC(Y_1, \theta_i, \theta_j) = AF(Y_1) \cdot [SV^i(Y_1, \theta_i, \theta_j) + EX^i(\theta_i, \theta_j)] \quad .$$

Die Berechnung des Anpassungsfaktors  $AF$  erfolgt dabei mit dem in Kapitel 5.3.1.1 erörterten Algorithmus. Weiterhin ist an dieser Stelle die Unabhängigkeit des Externalitätenterms von der Größe einer Bank zu betonen. Diese resultiert aus der in Kapitel 4.1.1 ausführlich begründeten Annahme, dass sich Risiken außerhalb des Bankensystems ausschließlich beim gemeinsamen Ausfall beider Banken materialisieren und daher im Einklang mit der in Kapitel 3.7.2 erörterten Fairness-Eigenschaft des Shapley-Wertes ungeachtet einer möglichen Heterogenität in den Größen der Banken stets gleichmäßig auf beide Banken aufgeteilt werden. Der Strategieraum einer Bank hängt aufgrund der Verwendung der Risikoallokationsfunktion Shapley-Wert zur Allokation der im Bankensystem befindlichen Risiken nichtsdestotrotz von deren Größe ab. Die von der Bankenaufsicht durch die Implementierung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung gesetzten Anreizeffekte sind somit anders als unter einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung abhängig von der Größe des regulierten Finanzinstituts.

| $\theta$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_\alpha(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,00     | 1,50                  | 2,00               | 1,49                 |
| 0,08     | 1,39                  | 1,92               | 1,30                 |
| 0,28     | 1,11                  | 1,71               | 0,88                 |
| 0,32     | 1,06                  | 1,68               | 0,80                 |
| 0,63     | 0,84                  | 1,37               | 0,58                 |
| 0,65     | 0,84                  | 1,35               | 0,59                 |

### 6.3.1.1 Strategieraum und Nash-Gleichgewichte

Der Shapley-Wert von Bank 1, welcher von deren Größe  $Y_1$ , der sich hieraus ergebenden Größe  $Y_2 = 2 - Y_1$  von Bank 2 sowie der Portfoliowahl beider Banken abhängt, besitzt die folgenden Eigenschaften:

$$\begin{aligned}
 SW^1(Y_1, \theta_1, \theta_2) &= \frac{1}{2} \cdot (VaR_\alpha^1(Y_1, \theta_1) + VaR_\alpha^{System}(Y_1, \theta_1, \theta_2) - VaR_\alpha^2(2 - Y_1, \theta_2)) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot (Y_1 \cdot VaR_\alpha^1(\theta_1) + VaR_\alpha^{System}(Y_1, \theta_1, \theta_2) - (2 - Y_1) \cdot VaR_\alpha^2(\theta_2)) \\
 &\begin{cases} \leq Y_1 \cdot VaR_\alpha^1(\theta_1) \\ \rightarrow 2 \cdot VaR_\alpha^1(\theta_1) \quad , \text{ für } Y_1 \rightarrow 2 \quad [VaR_\alpha^{System}(Y_1, \theta_1, \theta_2) \rightarrow 2 \cdot VaR_\alpha^1(\theta_1)] \\ \rightarrow 0 \quad , \text{ für } Y_1 \rightarrow 0 \quad [VaR_\alpha^{System}(Y_1, \theta_1, \theta_2) \rightarrow 2 \cdot VaR_\alpha^2(\theta_2)] \end{cases} \quad (6.11)
 \end{aligned}$$

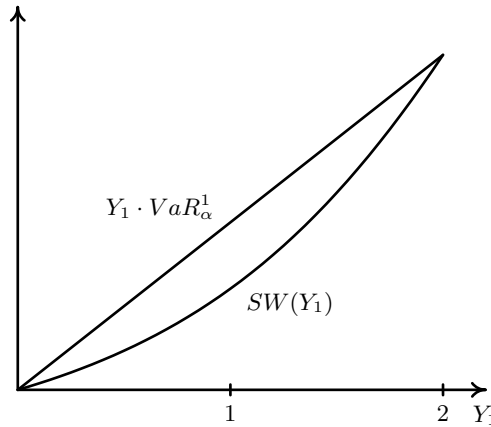


Abbildung 6.4: Verlauf der Risikomaße Value-at-Risk und Shapley-Wert in Abhängigkeit von der Größe  $Y_1$  von Bank 1.<sup>380</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Während der Beitrag  $SW^1$  von Bank 1 zu den im Bankensystem befindlichen Risiken gemäß der in Kapitel 3.7.2 erörterten Eigenschaft der kooperativen Subadditivität niemals deren individuelles Risiko  $Y_1 \cdot VaR_\alpha^1$  übersteigt, erfolgt für den Fall  $Y_1 \rightarrow 2$  (und somit  $Y_2 \rightarrow 0$ ) eine Konvergenz dieses Risikobeitrages gegen das individuelle Risiko. Diese sich durch die Anwendung des Shapley-Wertes ergebende Konvergenzeigenschaft ist aus Gründen der Plausibilität auch zu fordern, da für den Grenzfall  $Y_1 = 2$  das Bankensystem allein aus Bank 1 besteht und folglich die im Bankensystem befindlichen Risiken mit dem individuellen Risiko von Bank 1 zusammenfallen. Aus analogen Gründen konvergiert dieser Risikobeitrag für

<sup>380</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15. Die vorgegebene Portfoliowahl lautet  $(\theta_1, \theta_2) = (0,80; 0,20)$ .

$Y_1 \rightarrow 0$  (und somit  $Y_2 \rightarrow 2$ ) gegen Null. Eine grafische Darstellung dieser Eigenschaften liefert Abbildung 6.4.

Mit zunehmender Größe einer Bank wird deren Beitrag zum systemischen Risiko also zunehmend durch deren Beitrag zum Risiko des Bankensystems (insbesondere durch deren individuelles Risiko) und weniger durch ihren Beitrag zu den sich außerhalb des Bankensystem materialisierenden Risiken bestimmt. Folglich ändert sich der Strategieraum des Bankensystems dahingehend, dass vermehrt Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$  zulässig sind, die mit einer starken Diversifikation des Portfoliorückflusses der größeren Bank einhergehen. Hingegen verletzen diejenigen Portfoliokombinationen, die durch eine geringe Diversifikation des Portfoliorückflusses der größeren Bank charakterisiert sind, die Mindesteigenkapitalanforderung. Da im hier betrachteten Modellrahmen die Erhöhung der Größe einer Bank stets mit der Verringerung der Größe der anderen im Bankensystem befindlichen Bank einhergeht, wird eine Diversität in der Portfoliowahl dadurch sichergestellt, dass sich die Zusammensetzung des Beitrages der kleineren Bank zum systemischen Risiko gegensätzlich verhält.

| $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | $Y_1$                                |                                     |                                      |                                   |                                      |                                     |                                      |
|-------------|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
|             |             | 0,25<br>( $\theta_1^*; \theta_2^*$ ) | 0,5<br>( $\theta_1^*; \theta_2^*$ ) | 0,75<br>( $\theta_1^*; \theta_2^*$ ) | 1<br>( $\theta_1^*; \theta_2^*$ ) | 1,25<br>( $\theta_1^*; \theta_2^*$ ) | 1,5<br>( $\theta_1^*; \theta_2^*$ ) | 1,75<br>( $\theta_1^*; \theta_2^*$ ) |
| 0,5         | 0,5         | (0,71 ; <b>0,34</b> )                | (0,63 ; 0,28)                       | /                                    | /                                 | /                                    | (0,28 ; 0,63)                       | ( <b>0,34</b> ; 0,71)                |
| 1,5         | 1,5         | (0,99 ; <b>0,58</b> )                | /                                   | /                                    | (0,73 ; 0,41)<br>(0,41 ; 0,73)    | /                                    | /                                   | ( <b>0,58</b> ; 0,99)                |
| 5           | 5           | /                                    | /                                   | /                                    | (0,73 ; 0,41)<br>(0,41 ; 0,73)    | /                                    | /                                   | /                                    |
| 0,5         | 1,5         | (0,99 ; <b>0,58</b> )                | /                                   | /                                    | (0,73 ; 0,41)                     | /                                    | (0,28 ; 0,63)                       | ( <b>0,34</b> ; 0,63)                |
| 0,5         | 5           | (0,00 ; <b>0,66</b> )                | /                                   | /                                    | (0,73 ; 0,41)                     | /                                    | (0,28 ; 0,63)                       | ( <b>0,34</b> ; 0,63)                |
| 1,5         | 5           | (0,00 ; <b>0,66</b> )                | /                                   | /                                    | (0,73 ; 0,41)<br>(0,41 ; 0,73)    | /                                    | /                                   | ( <b>0,58</b> ; 0,99)                |

Tabelle 6.3: Resultierende Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^*; \theta_2^*)$  unter einer makroprudentiellen Regulierung mittels Externalitätenterm in Abhängigkeit von den Risikoavversionsparametern  $\lambda_i$  und der Größe  $Y_1$  von Bank 1. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Tabelle 6.3 führt die sich unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms resultierenden Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^*; \theta_2^*)$  in Abhängigkeit von den Risikoavversionsparametern  $\lambda_i$  und der Größe  $Y_1$  von Bank 1 für die durch Formel 4.15

gegebene Parametrisierung sowie den in Kapitel 5.3 bereits betrachteten Fall  $\alpha = 0,01$ ,  $k_1 = 1$ ,  $k_2 = 10$  sowie  $EK = 0,8$  auf. Wie die Tabelle verdeutlicht, existiert in zahlreichen Regimen kein Nash-Gleichgewicht. Des Weiteren ist der Tabelle zu entnehmen, dass die optimale Portfoliowahl der größeren Bank unter makroprudentieller Regulierung, sofern existent, gegen diejenige unter mikroprudentieller Regulierung konvergiert, dargestellt durch die fett-gedruckten Portfolios  $\theta_1^*$  für den Fall  $Y_1 = 1,75$  bzw.  $\theta_2^*$  für  $Y_1 = 0,25$ .<sup>381</sup> Die Portfoliowahl der größeren Bank ist somit durch eine starke Diversifikation charakterisiert, wohingegen die kleinere Bank zur Sicherstellung der Diversität bzgl. der Portfoliowahl der Finanzinstitute eine der beiden Anlagen stark übergewichtet und in zahlreichen Regimen gar (fast) gänzlich auf eine Diversifikation ihres Portfoliorückflusses verzichtet.

Im folgenden Abschnitt wird der Mehrwert einer makroprudentiellen Bankenregulierung gegenüber einer mikroprudentiellen Bankenregulierung sowie gegenüber eines unregulierten Bankensystems anhand der detaillierteren Betrachtung zweier Regime (zwei moderat risikoaverse Banken sowie eine schwach und eine stark risikoaverse Bank) verdeutlicht.

### 6.3.1.2 Portfoliowahl bei zwei moderat risikoaversen Banken

#### 6.3.1.2.1 Der Fall homogener Größen

Tabelle 6.4 stellt die Portfoliowahl zweier moderat risikoaverser Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 1,5$ ) mit identischer Größe ( $Y_1 = Y_2 = 1$ ) unter verschiedenen Regulierungsregimen dar. Im unregulierten Bankensystem wählen beide Banken aufgrund der identischen Risikoavversionsparameter, der identischen Größe und des hiermit einhergehenden identischen Entscheidungskalküls das identische, gut diversifizierte Portfolio  $\theta_1^{ohne}(Y=1) = \theta_2^{ohne}(Y=1) = 0,48$ . Trotz des mit dieser Portfoliowahl einhergehenden geringen individuellen Risikos, gemessen durch den Value-at-Risk des jeweiligen Portfoliorückflusses, ist das systemische Risiko aufgrund der Wahl identischer Portfolios und der sich hieraus ergebenden starken Verflechtungen zwischen beiden Finanzinstituten hoch.<sup>382</sup> Da die Erzeugung einer Diversität im Rahmen einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung nicht möglich ist, ist auch in diesem Regime ein hohes systemisches Risiko vorzufinden. Aufgrund der ohnehin vorhandenen moderaten Risikoaversion beider Banken, welche auch bei Betrachtung der effektiven Risikoavversionsparameter besteht, bleibt deren Portfoliowahl von der Implementierung einer solchen Regulierung gar unberührt. Hingegen wählen unter einer makroprudentiellen

<sup>381</sup>Die optimale Portfoliowahl einer Bank mit Größe  $Y = 2$  unter mikroprudentieller Regulierung in Abhängigkeit vom Risikoavversionsparameter lautet  $\theta^{mikro}(\lambda=0,5) = 0,38$  sowie  $\theta^{mikro}(\lambda=1,5) = 0,59$  und  $\theta^{mikro}(\lambda=5) = 0,66$ .

<sup>382</sup>Zum Zwecke der Vergleichbarkeit ist der Value-at-Risk wie auch in den folgenden Tabellen pro investierter Geldeinheit und somit nicht „größenskaliert“ aufgeführt.

Bankenregulierung beide Banken voneinander verschiedene Portfolios, welche zwar zu einer moderaten Erhöhung der individuellen Risiken führen, allerdings die Beiträge beider Banken sowohl zu den im Bankensystem befindlichen Risiken (wenngleich nur leicht) als auch zu den Risiken außerhalb des Bankensystems (erheblich) senken.

| $\theta_i^*$                                       | $SV^i$ | $EX^i$ | syst. Risiko | $Var_\alpha^i$ | $U_i$ |
|----------------------------------------------------|--------|--------|--------------|----------------|-------|
| Portfoliowahl ohne Regulierung                     |        |        |              |                |       |
| 0,48                                               | 0,61   | 1,00   | 3,21         | 0,61           | 0,89  |
| 0,48                                               | 0,61   |        |              | 0,61           | 0,89  |
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,48                                               | 0,61   | 1,00   | 3,21         | 0,61           | 0,89  |
| 0,48                                               | 0,61   |        |              | 0,61           | 0,89  |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,73                                               | 0,57   | 0,36   | 1,87         | 0,67           | 0,75  |
| 0,41                                               | 0,58   |        |              | 0,68           | 0,88  |

Tabelle 6.4: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei zwei moderat risikoaversen Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 1,5$ ) für  $Y_1 = 1$  unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.)

### 6.3.1.2.2 Der Fall heterogener Größen

Tabelle 6.5 betrachtet hieran anknüpfend den Fall, dass beide Banken eine starke Heterogenität bzgl. ihrer Größen aufweisen ( $Y_1 = 1,75$  und somit  $Y_2 = 0,25$ ). Hier weist aufgrund der unterschiedlichen effektiven Risikoaversionen bereits die Portfoliowahl im unregulierten Bankensystem eine hohe Diversität auf, infolgedessen das systemische Risiko, allen voran im Vergleich zu dem in Tabelle 6.4 dargestellten Fall homogener Größen, gering ist. Dieser Fall zeigt exemplarisch, wie durch eine zunehmende Heterogenität in den Größen von Finanzinstituten eine Diversität in der Portfoliowahl erzeugt wird. Diese wird allerdings im Rahmen einer mikroprudentiellen Bankenregulierung durch die dort implementierte Value-at-Risk constraint überlagert. Bank 2 wird hier die Wahl des Portfolios  $\theta_2^{ohne} = 0,00$  untersagt. Die notwendige Portfolioumschichtung von Bank 2 führt zwar zu einer signifikanten Senkung des individuellen Risikos, erhöht ungeachtet dessen aber die indirekten Verflechtungen zwischen beiden Finanzinstituten und in Konsequenz das systemische Risiko. Eine makroprudentielle Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms weist dieses Defizit hingegen nicht

auf, sondern führt zu einer nochmaligen (wenngleich nicht erheblichen) Senkung des systemischen Risikos im Vergleich zum unregulierten Bankensystem.<sup>383</sup>

| $\theta_i^*$                                       | $SV^i$ | $EX^i$ | syst. Risiko | $VaR_\alpha^i$ | $U_i$ |
|----------------------------------------------------|--------|--------|--------------|----------------|-------|
| Portfoliowahl ohne Regulierung                     |        |        |              |                |       |
| 0,58                                               | 0,91   | 0,25   | 1,69         | 0,57           | 0,80  |
| 0,00                                               | 0,28   |        |              | 1,49           | 0,39  |
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,58                                               | 0,98   | 0,64   | 2,53         | 0,57           | 0,80  |
| 0,32                                               | 0,18   |        |              | 0,80           | 0,37  |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,58                                               | 0,92   | 0,18   | 1,52         | 0,57           | 0,80  |
| 0,99                                               | 0,24   |        |              | 1,29           | 0,21  |

Tabelle 6.5: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei zwei moderat risikoaversen Banken ( $\lambda_1 = \lambda_2 = 1,5$ ) für  $Y_1 = 1,75$  unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Eine makroprudentielle Bankenregulierung löst somit für den in Tabelle 6.4 dargestellten Fall homogener effektiver Risikoaversionen die im Bankensystem vorhandenen Verflechtungen, wohingegen sie für den in Tabelle 6.5 dargestellten Fall einer ohne Regulierung bereits vorhandenen Diversität bzgl. der Portfoliowahl von Banken deren Überlagerung verhindert. Eine mikroprudentielle Bankenregulierung hingegen weist keine dieser beiden im Lichte des systemischen Risiko bedeutungsvollen Charakteristika auf.

<sup>383</sup>Dass sich das hohe individuelle Risiko von Bank 2 hier nicht in einem hohen systemischen Risiko widerspiegelt, ist der geringen Größe dieses Finanzinstituts geschuldet. Aus selbigen Grund ist die Portfoliowahl des größeren Finanzinstituts durch eine starke Diversifikation charakterisiert. Während also das Nash-Gleichgewicht  $(\theta_1^*; \theta_2^*) = (0,58; 0,99)$  insbesondere eine zulässige Portfoliowahl darstellt, gilt dies für  $(\theta_1; \theta_2) = (0,99; 0,58)$  nicht. Dies zeigt nochmals, dass die Bankenaufsicht durch die Implementierung einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes Anreizeffekte setzt, welche anders als die von einer mikroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Value-at-Risk gesetzten Anreizeffekte von der Größe einer Bank abhängig sind.

### 6.3.1.3 Portfoliowahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank

#### 6.3.1.3.1 Der Fall homogener Größen

Wie Tabelle 6.6 zeigt, weist die Portfoliowahl einer schwach und einer stark risikoaversen Bank bei homogener Größe ( $Y_1 = Y_2 = 1$ ) bereits im unregulierten Bankensystem eine Diversität auf, die ungeachtet des hohen individuellen Risikos der schwach risikoaversen Bank zu einem geringen systemischen Risiko führt. Während eine mikroprudentielle Regulierung erneut die Heterogenität bzgl. der Risikoaversionen überlagert, leidet eine makroprudentielle Bankenregulierung nicht unter diesem Defizit. Zwar kommt es auch unter ihr zu einer erheblichen Umschichtung beider Portfolios, allerdings ist das Nash-Gleichgewicht wie schon im unregulierten Bankensystem durch eine Portfoliowahl charakterisiert, die mit einem geringen systemischen Risiko einhergeht. Im Vergleich zum unregulierten Bankensystem verteilt sich unter einer makroprudentiellen Regulierung lediglich das systemische Risiko gleichmäßiger auf die Finanzinstitute, da nun beide ein Portfolio wählen, welches durch eine moderate Diversifikation gekennzeichnet ist.

| $\theta_i^*$                                       | $SV^i$ | $EX^i$ | syst. Risiko | $VaR_\alpha^i$ | $U_i$ |
|----------------------------------------------------|--------|--------|--------------|----------------|-------|
| Portfoliowahl ohne Regulierung                     |        |        |              |                |       |
| 0,08                                               | 1,12   | 0,20   | 1,91         | 1,31           | 1,44  |
| 0,63                                               | 0,39   |        |              | 0,58           | -0,39 |
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,32                                               | 0,73   | 0,47   | 2,17         | 0,81           | 1,39  |
| 0,63                                               | 0,50   |        |              | 0,58           | -0,39 |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,73                                               | 0,57   | 0,36   | 1,87         | 0,67           | 1,10  |
| 0,41                                               | 0,58   |        |              | 0,68           | -0,77 |

Tabelle 6.6: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1=0,5$ ;  $\lambda_2=5$ ) für  $Y_1 = 1$  unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.)

### 6.3.1.3.2 Der Fall heterogener Größen (I)

Anknüpfend an Tabelle 6.6 verdeutlicht Tabelle 6.7 die Portfoliowahl und resultierenden Risikokennzahlen einer schwach und einer stark risikoaversen Bank für den Fall, dass die schwach risikoaverse Bank 1 eine Größe in Höhe von  $Y_1 = 1,75$  aufweist. Durch diese Heterogenität in den Größen verringert sich die Heterogenität in den effektiven Risikoaversionen erheblich, sodass im unregulierten Bankensystem hohe Verflechtungen zwischen den Portfoliorückflüssen beider Banken bestehen und das systemische Risiko entsprechend hoch ist. Da ungeachtet des hohen systemischen Risikos das jeweilige individuelle Risiko beider Banken moderat ist, ist die nutzenmaximale Portfoliowahl beider Banken auch unter mikroprudentieller Regulierung zulässig. Hingegen untersagt eine makroprudentielle Bankenregulierung, dem hohen systemischen Risiko bedingt, diese Portfoliowahl und generiert im Nash-Gleichgewicht erneut die zur Senkung des systemischen Risikos erforderliche Diversität in der Portfoliowahl der Finanzinstitute. Die makroprudentielle Bankenregulierung senkt somit erneut in erster Linie diejenigen Risiken, die sich bei einem gemeinsamen Ausfall beider Banken außerhalb des Bankensystems materialisieren.

| $\theta_i^*$                                       | $SV^i$ | $EX^i$ | syst. Risiko | $VaR_\alpha^i$ | $U_i$ |
|----------------------------------------------------|--------|--------|--------------|----------------|-------|
| Portfoliowahl ohne Regulierung                     |        |        |              |                |       |
| 0,34                                               | 1,35   | 0,94   | 3,39         | 0,78           | 2,07  |
| 0,44                                               | 0,16   |        |              | 0,64           | 0,25  |
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,34                                               | 1,35   | 0,94   | 3,39         | 0,78           | 2,07  |
| 0,44                                               | 0,16   |        |              | 0,64           | 0,25  |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,34                                               | 1,31   | 0,36   | 2,14         | 0,78           | 2,07  |
| 0,68                                               | 0,11   |        |              | 0,62           | 0,22  |

Tabelle 6.7: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1=0,5$ ;  $\lambda_2=5$ ) für  $Y_1 = 1,75$  unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.)

### 6.3.1.3.3 Der Fall heterogener Größen (II)

Falls sich im Vergleich zu Tabelle 6.6 hingegen die Größe der stark risikoaversen Bank 2 erhöht ( $Y_1 = 0,25$  und somit  $Y_2 = 1,75$ ), so wächst die Heterogenität in den effektiven Risikoaversionsparametern, welche sich für den Fall  $Y_1 = Y_2 = 1$  ohnehin bereits stark unterscheiden ( $\lambda_1 = 0,5$  und  $\lambda_2 = 5$ ), nochmals an. Dies führt im unregulierten Bankensystem zu einer Senkung des systemischen Risikos im Vergleich zum Fall homogener Größen. Durch die Implementierung einer mikroprudentiellen Bankenregulierung wird diese erneut überlagert, da die nutzenmaximale Portfoliowahl der schwach risikoaversen Bank 1 aufgrund des mit ihr einhergehenden hohen individuellen Risikos regulatorisch untersagt und Bank 1 zu einer Umschichtung ihres Portfolios gezwungen wird. Infolge dieser Umschichtung nimmt die Verflechtung zwischen beiden Finanzinstituten zu, sodass sich das systemische Risiko im Vergleich zum unregulierten Bankensystem erhöht. Unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung bleibt die nutzenmaximale Portfoliowahl beider Banken aufgrund des mit ihr einhergehenden geringen systemischen Risikos hingegen zulässig.

| $\theta_i^*$                                       | $SV^i$ | $EX^i$ | syst. Risiko | $VaR_\alpha^i$ | $U_i$ |
|----------------------------------------------------|--------|--------|--------------|----------------|-------|
| Portfoliowahl ohne Regulierung                     |        |        |              |                |       |
| 0,00                                               | 0,24   | 0,12   | 1,39         | 1,49           | 0,46  |
| 0,66                                               | 0,91   |        |              | 0,60           | -2,98 |
| Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,32                                               | 0,15   | 0,41   | 1,98         | 0,80           | 0,40  |
| 0,66                                               | 1,00   |        |              | 0,60           | -2,98 |
| Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung |        |        |              |                |       |
| 0,00                                               | 0,24   | 0,12   | 1,39         | 1,49           | 0,46  |
| 0,66                                               | 0,91   |        |              | 0,60           | -2,98 |

Tabelle 6.8: Optimale Portfoliowahl und resultierende Risikokennzahlen bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank ( $\lambda_1=0,5$ ;  $\lambda_2=5$ ) für  $Y_1 = 0,25$  unter verschiedenen Regulierungsregimen. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Wie Tabelle 6.7 und Tabelle 6.8 zeigen, wirkt eine makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung anders als ihr mikroprudentielles Pendant einer sich aus Größeneffekten ergebenden Angleichung der effektiven Risikoaversionen beider Banken erfolgreich entgegen, wohingegen sie für den Fall einer zunehmenden Heterogenität in den effektiven Risikoaversionen

diese nicht überlagert. Eine makroprudentielle Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms führt somit, sofern ein Nash-Gleichgewicht existiert, auch bei Berücksichtigung heterogener Größen stets zu einer Auflösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen und letztendlich zu einem geringen systemischen Risiko.

### 6.3.2 Portfoliowahl unter makroprudentieller Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer Value-at-Risk constraint

Unter einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer Value-at-Risk constraint richtet sich das vorzuhaltende Eigenkapital einer Bank nach deren Beitrag zum Risiko des Bankensystems. Da diese Mindesteigenkapitalanforderung ohne zusätzliche Nebenbedingung im Vergleich zu ihrem mikroprudentiellen Pendant, wie in Kapitel 5.3.2.1 gezeigt, lediglich mit einer Vergrößerung des Strategieraums einhergeht, bedarf es der Implementierung einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint, welche die zur Senkung des systemischen Risikos notwendige Aufnahme von Mindestrisiken auf individueller Ebene sicherstellt. Formal stellt sich das Entscheidungskalkül von Bank  $i$  wie folgt dar:

$$\begin{aligned}
 \max_{\theta_i} \quad U_i(\theta_i) &= Y_i \cdot \mu_{PF}(\theta_i) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot Y_i^2 \cdot \sigma_{PF}^2(\theta_i) \\
 NB: \quad SW^i(Y_1, \theta_i, \theta_j) &\leq Y_i \cdot EK \\
 VaR_\alpha(\theta_i) &\geq \underline{VaR} \\
 \overline{\theta_i} &= 1
 \end{aligned} \tag{6.12}$$

Die Value-at-Risk constraint bezieht sich dabei auf den sich aus der Portfoliowahl  $\theta_i$  ergebenden Value-at-Risk des Portfoliorückflusses pro investierter Geldeinheit.<sup>384</sup>

#### 6.3.2.1 Strategieraum und Nash-Gleichgewichte bei einer größenunabhängigen Value-at-Risk constraint

Wie in Kapitel 6.3.1.1 dargestellt, konvergiert der Beitrag von Bank 1 zu den im Bankensystem befindlichen Risiken für den Fall  $Y_1 \rightarrow 2$  (und somit  $Y_2 \rightarrow 0$ ) gegen deren individuelles Risiko. Somit gewinnt dieses mit zunehmender Größe einer Bank dahingehend an Bedeutung, dass vermehrt Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$ , welche mit einer starken Diversifikation

<sup>384</sup> Alternativ kann die Value-at-Risk constraint auch formuliert werden durch  $VaR_\alpha(Y_i, \theta_i) \geq Y_i \cdot \underline{VaR}$ . Diese Darstellung ist aufgrund der positiven Homogenität des Risikomaßes Value-at-Risk äquivalent zur Darstellung im Entscheidungskalkül 6.12.

von Bank 1 einhergehen, die Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes erfüllen. Hingegen führen mit zunehmender Größe einer Bank immer mehr Portfoliokombinationen  $(\theta_1; \theta_2)$ , die mit einer geringen Diversifikation des Portfoliorückflusses der größeren Bank einhergehen, zu einer Verletzung der Mindesteigenkapitalanforderung.

| $\lambda_1$   $\lambda_2$ |     | $Y_1$                             |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
|---------------------------|-----|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                           |     | 0,25                              | 0,5                               | 0,75                              | 1                                 | 1,25                              | 1,5                               | 1,75                              |
|                           |     | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ |
| 0,5                       | 0,5 | (0,84 ; <b>0,29</b> )             |                                   | (0,84 ; 0,20)                     | (0,84 ; 0,11)                     | (0,84 ; 0,00)                     |                                   |                                   |
|                           |     | (0,00 ; <b>0,84</b> )             |                                   |                                   | (0,11 ; 0,84)                     | (0,20 ; 0,84)                     | (0,29 ; 0,84)                     |                                   |
| 1,5                       | 1,5 | (0,84 ; <b>0,29</b> )             |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   | (0,84 ; 0,00)                     |
|                           |     | (0,00 ; <b>0,84</b> )             | (0,29 ; 0,84)                     |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| 5                         | 5   | (0,84 ; <b>0,29</b> )             |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
|                           |     | (0,29 ; 0,84)                     |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| 0,5                       | 1,5 | (0,00 ; <b>0,84</b> )             |                                   |                                   | (0,84 ; 0,29)                     |                                   |                                   | (0,84 ; 0,00)                     |
|                           |     |                                   |                                   |                                   | (0,11 ; 0,84)                     | (0,20 ; 0,84)                     | (0,29 ; 0,84)                     |                                   |
| 0,5                       | 5   | (0,00 ; <b>0,84</b> )             |                                   |                                   | (0,11 ; 0,84)                     | (0,20 ; 0,84)                     | (0,84 ; 0,29)                     | (0,84 ; 0,00)                     |
|                           |     |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   | (0,29 ; 0,84)                     |                                   |
| 1,5                       | 5   | (0,00 ; <b>0,84</b> )             | (0,84 ; <b>0,29</b> )             |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |

Tabelle 6.9: Resultierende Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^{**}; \theta_2^{**})$  unter einer makroprudentiellen Regulierung mittels Value-at-Risk constraint in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern  $\lambda_i$  und der Größe  $Y_1$  von Bank 1. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Tabelle 6.9 führt die resultierenden Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^{**}; \theta_2^{**})$  des Entscheidungskalküls 6.12 in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern  $\lambda_i$  und der Größe  $Y_1$  von Bank 1 auf. Bezugnehmend auf die in Tabelle 6.3 dargestellten Nash-Gleichgewichte unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms sind dabei sowohl strukturelle Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede festzustellen. Als großer Vorteil der auf einer Value-at-Risk constraint beruhenden makroprudentiellen Bankenregulierung lässt sich die Sicherstellung von Nash-Gleichgewichten in sämtlichen Regimen festhalten.<sup>385</sup> Eine strukturelle Gemeinsamkeit existiert hingegen bzgl. der Konvergenz der Portfoliowahl der größeren Bank gegen diejenige unter mikroprudentieller Regulierung, dargestellt durch die fett-gedruckten Portfolios  $\theta_1^{**}$  für den Fall  $Y_1 = 1,75$  bzw.  $\theta_2^{**}$  für  $Y_1 = 0,25$ . Bei einer makroprudentiellen Regulierung mittels Value-at-Risk constraint ist diese dadurch erkennbar,

<sup>385</sup> Es existieren in sämtlichen Regimen gar zwei Nash-Gleichgewichte. Tabelle 6.9 listet ungeachtet dessen ausschließlich die dominanten auf.

dass bereits für  $Y_1 = 1,5$  ( $Y_1 = 0,5$ ) die Value-at-Risk constraint die für Bank 1 (Bank 2) bindende Nebenbedingung darstellt und Bank 1 (Bank 2) somit stets dasjenige Portfolio mit dem geringst möglichen individuellen Risiko wählt. Wie bei der makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Externalitätenterms wird eine hinreichend starke Diversität bzgl. der Portfoliowahl beider Banken auch hier durch die Portfoliowahl der kleineren Bank, welche für zahlreiche Parameterkonstellationen (fast) gänzlich auf eine Diversifikation ihres Portfoliorückflusses verzichtet, sichergestellt.

### 6.3.2.2 Größenabhängige Ausgestaltung der Value-at-Risk constraint

#### 6.3.2.2.1 Notwendigkeit und Ausgestaltung einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint

Wie Tabelle 6.9 zeigt, ist die Konvergenz der Portfoliowahl unter makroprudentieller Bankenregulierung gegen diejenige unter mikroprudentieller Bankenregulierung aufgrund der Konzeption der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint nur bedingt möglich. Insbesondere ist eine vollständige Konvergenz der Portfoliowahl der größeren Bank, wie sie unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms vorzufinden ist, dadurch von vornherein ausgeschlossen, dass auch der Value-at-Risk des Portfoliorückflusses der größeren Bank ein auf individueller Ebene vorgegebenes Mindestrisiko übersteigen muss.

Damit eine solche vollständige Konvergenz nicht von vornherein ausgeschlossen wird, soll im Folgenden eine größenabhängige Ausgestaltung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint hergeleitet werden. An deren Konzeption sind dabei folgende Anforderungen zu stellen: Da für den Grenzfall  $Y_i = 2$  das Bankensystem allein aus Bank  $i$  besteht, darf eine makroprudentielle Value-at-Risk constraint die Portfoliowahl von Bank  $i$  nicht einschränken, da die Vorgabe eines auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisikos für  $Y_i = 2$  mit der Vorgabe eines Mindestrisikos auf systemischer Ebene gleichzusetzen ist. Da somit für  $Y_i \rightarrow 2$  die Portfoliowahl von Bank  $i$  lediglich durch die Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes eingeschränkt wird, ist die Portfoliowahl der kleineren Bank zur Sicherstellung der Diversität bzgl. der Portfoliowahl beider Finanzinstitute umso stärker durch die makroprudentielle Value-at-Risk constraint einzuschränken.<sup>386</sup>

Für die Ausgestaltung einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint seien zunächst folgende Größen definiert:

<sup>386</sup>Da bei einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint die Wahl eines stark diversifizierten Portfolios seitens Bank  $i$  für  $Y_i \rightarrow 2$  zulässig ist, muss das andere im Bankensystem befindliche Finanzinstitut zur Vermeidung einer starken Verflechtung beider Finanzinstitute ein besonders schlecht diversifiziertes Portfolio wählen. Dies ist im Einklang mit der makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms, bei der ebenfalls vordergründig die Portfoliowahl der kleinen Bank die Diversität in der Portfoliowahl sicherstellt.

$$\begin{aligned}
VaR_{min} &:= \min_{\theta \in [0,1]} VaR_{\alpha}(\theta) \\
\text{und } VaR_{max} &:= \max_{\theta \in [0,1]} VaR_{\alpha}(\theta) = \max\{VaR_{\alpha}(\theta = 0); VaR_{\alpha}(\theta = 1)\} \quad .
\end{aligned} \tag{6.13}$$

$VaR_{min}$  gibt somit den größten Value-at-Risk an, den eine Bank durch ihre Portfoliowahl nicht unterschreiten kann.<sup>387</sup> Folglich stellt sie auch die Untergrenze einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint dar. Die Größe  $VaR_{max}$  bezeichnet hingegen den kleinsten Value-at-Risk, der durch die Portfoliowahl der Banken garantiert nicht überschritten wird. Der Subadditivität des Risikomaßes Value-at-Risk bedingt resultiert der maximale Value-at-Risk für  $\theta \in \{0; 1\}$ .

Basierend auf den Größen  $VaR_{min}$  und  $VaR_{max}$  sei die größenabhängige, makroprudentielle Value-at-Risk constraint gegeben durch

$$\underline{VaR}(Y_i) = \frac{VaR_{max} - VaR_{min}}{k_1} \cdot (2 - Y_i)^{k_2} + VaR_{min} \quad \text{mit } k_2 > 0, \quad k_1 \geq 2^{k_2} \quad . \tag{6.14}$$

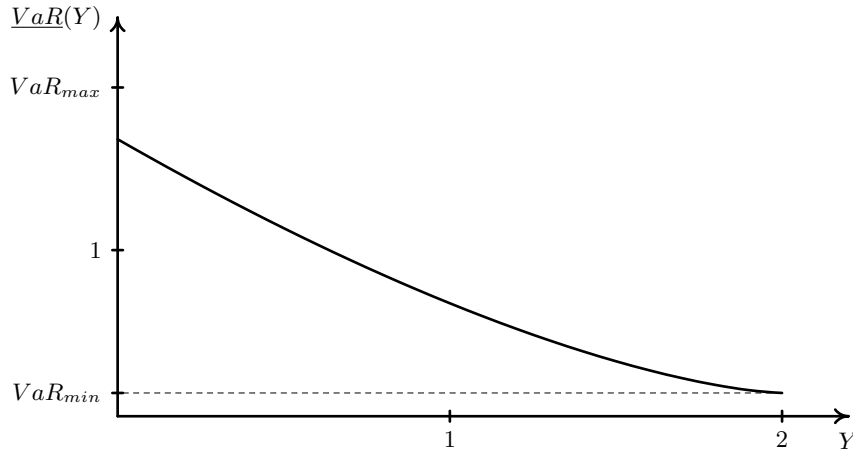


Abbildung 6.5: Funktionaler Verlauf der größenabhängigen Value-at-Risk constraint  $\underline{VaR}(Y)$  für  $k_1 = 3,4$  und  $k_2 = 1,5$ .<sup>388</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Die durch Formel 6.14 gegebene Konzeption der größenabhängigen, makroprudentiellen Value-at-Risk constraint erfüllt dabei sämtliche zuvor formulierten Anforderungen. So gilt  $\underline{VaR}(Y_i = 2) = VaR_{min}$ , sodass die Portfoliowahl von Bank  $i$  für den Grenzfall  $Y_i = 2$  nicht durch die makroprudentielle Value-at-Risk constraint eingeschränkt wird. Zudem nimmt die

<sup>387</sup>Die Values-at-Risk werden auch hier pro investierter Geldeinheit betrachtet.

<sup>388</sup>Da die Parametrisierung derjenigen aus Formel 4.15 entspricht, gilt  $VaR_{min} = 0,58$  sowie  $VaR_{max} = 1,5$ . Das verwendete Konfidenzniveau beträgt  $1 - \alpha = 0,99$ .

Höhe des auf individueller Ebene einzugehenden Mindestrisikos mit fallender Größe einer Bank zu, wobei sie  $VaR_{max}$  nicht überschreitet. Die Größen  $k_1$  und  $k_2$  können dabei analog zu ihren jeweiligen Pendant bei der Ausgestaltung des Externalitätenterms interpretiert werden und dienen auch hier der Möglichkeit zur Abbildung möglichst vieler Verläufe der größenabhängigen, makroprudentiellen Value-at-Risk constraint. Die Größe  $k_2$  kann somit als Maß für die von der Bankenaufsicht gewünschte Konvergenzgeschwindigkeit interpretiert werden, wohingegen die Größe  $k_1$  die maximale Höhe der Value-at-Risk constraint beeinflusst. Abbildung 6.5 stellt die Funktion  $\underline{VaR}(Y)$  für die durch Formel 4.15 gegebene Parametrisierung grafisch dar. Hierbei wurde  $k_1 = 3,4$  gesetzt, sodass  $\underline{VaR}(Y=1) = 0,85$  gilt und eine Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen der vorherigen Kapiteln gegeben ist. Zudem wird durch die Wahl von  $k_2 = 1,5$  eine moderate Konvergenzgeschwindigkeit festgesetzt.

Die durch die makroprudentielle Value-at-Risk constraint induzierte Einschränkung der Menge der zulässigen Portfolios einer Bank ändert sich nun also mit deren Größe. Abbildung 6.6 stellt diese anhand der dort schraffierten Fläche grafisch dar. Die Funktionen  $\theta_u(\underline{VaR}(Y), \alpha)$  sowie  $\theta_o(\underline{VaR}(Y), \alpha)$  sind dabei gemäß Lemma 4.7 unter Verwendung von Formel 6.14 gegeben. Die Abbildung verdeutlicht nochmals, dass sich die Menge der zulässigen Portfolios mit wachsender Größe erweitert, wohingegen eine Bank mit geringer Größe ausschließlich schlecht diversifizierte Portfolios wählen darf und die Menge an zulässigen Portfolios vergleichsweise klein ist.

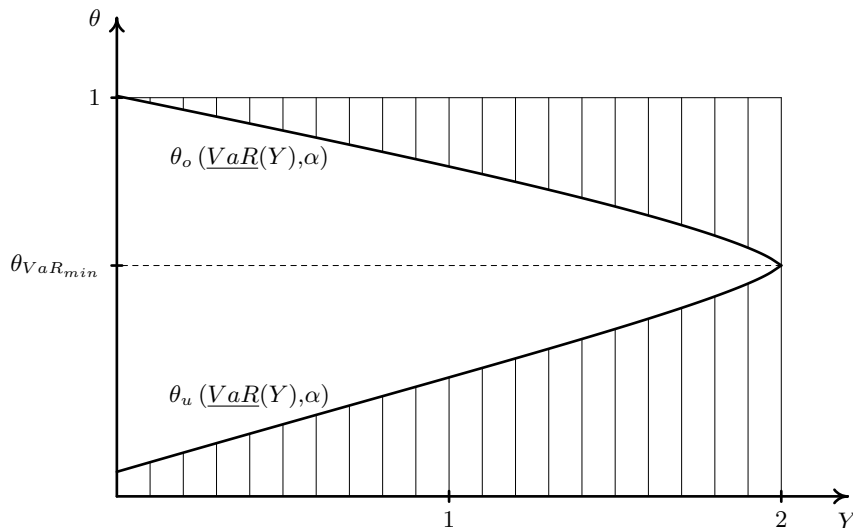


Abbildung 6.6: Die Menge der bzgl. der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint zulässigen Portfolios einer Bank in Abhängigkeit von deren Größe.<sup>389</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Das Entscheidungskalkül von Bank  $i$  stellt sich bei Implementierung einer größenabhängigen, makroprudentiellen Value-at-Risk constraint formal wie folgt dar:

$$\begin{aligned}
 \max_{\theta_i} \quad & U_i(\theta_i) = Y_i \cdot \mu_{PF}(\theta_i) - \frac{\lambda_i}{2} \cdot Y_i^2 \cdot \sigma_{PF}^2(\theta_i) \\
 NB: \quad & SW^i(Y_1, \theta_i, \theta_j) \leq Y_i \cdot EK \\
 & VaR_\alpha(\theta_i) \geq \underline{VaR}(Y_i) \\
 & \bar{\theta}_i = 1 \\
 \text{mit} \quad & \underline{VaR}(Y_i) = \frac{VaR_{max} - VaR_{min}}{k_1} \cdot (2 - Y_i)^{k_2} + VaR_{min} .
 \end{aligned} \tag{6.15}$$

### 6.3.2.2 Strategieraum bei einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint

Abbildung 6.7 stellt die größenabhängige, makroprudentielle Value-at-Risk constraint für verschiedene Größen der Finanzinstitute im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm grafisch dar. Die hier vorgenommene Betrachtung relativer Portfoliorückflüsse erlaubt die Darstellung der Value-at-Risk constraints beider Finanzinstitute anhand einer  $(\mu, \sigma)$ -Hyperbel.

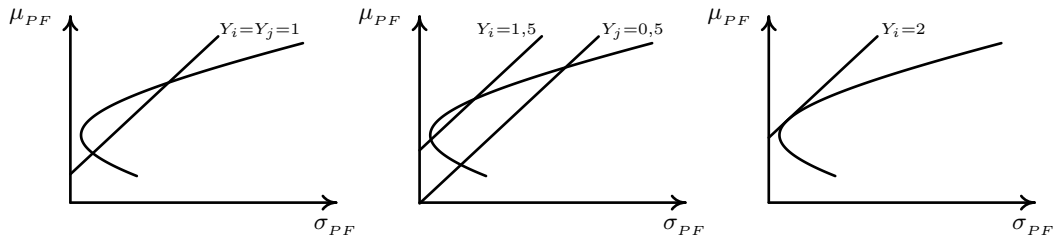


Abbildung 6.7: Darstellung der größenabhängigen Value-at-Risk constraints im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm bei relativer Betrachtung der Portfoliorückflüsse.<sup>390</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Ausgehend vom Fall homogener Größen ( $Y_i = Y_j = 1$ ), bei dem beide Banken die identische Value-at-Risk constraint erfüllen müssen, entfernen sich die constraints bei einer zunehmenden Heterogenität in den Größen der Banken aufgrund der Monotonie von  $\underline{VaR}(Y)$  bzgl.  $Y$  in entgegengesetzter Richtung.<sup>391</sup> Die Value-at-Risk constraint der größeren Bank ergibt

<sup>389</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15.

<sup>390</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $k_1 = 3,4$  sowie  $k_2 = 1,5$ .

<sup>391</sup>Die Größe  $-\underline{VaR}(Y)$  entspricht dem Schnittpunkt der Value-at-Risk constraint mit der Ordinate.

sich somit durch eine Parallelverschiebung der auf  $\underline{VaR}(Y=1)$  basierenden Value-at-Risk constraint nach oben, diejenige der kleineren Bank durch eine Parallelverschiebung dieser constraint nach unten. Der Anforderung  $\underline{VaR}(Y=2) = VaR_{min}$  bedingt ergibt sich für  $Y_i = 2$  die entsprechende Value-at-Risk constraint von Bank  $i$  durch die Tangente an die  $(\mu, \sigma)$ -Hyperbel im Punkt  $(\sigma_{PF}(\theta_{VaR_{min}}); \mu_{PF}(\theta_{VaR_{min}}))$ .

Eine absolute Darstellung der größenabhängigen, makroprudentiellen Value-at-Risk constraint liefert Abbildung 6.8. Die erwarteten Portfoliorückflüsse sowie deren jeweilige Standardabweichung sind hier also nicht pro investierter Geldeinheit aufgeführt, sondern wurden mit den entsprechenden Größen der Banken multipliziert. Hier entfernen sich bei einer zunehmenden Heterogenität in den Größen der Banken ausgehend vom Fall homogener Größen ( $Y_i = Y_j = 1$ ) nicht nur die Value-at-Risk constraints in entgegengesetzter Richtung, sondern aufgrund der positiven Linearität des Erwartungswertes sowie des Risikomaßes Standardabweichung auch die jeweiligen  $(\mu, \sigma)$ -Hyperbeln. Zudem wird anhand der Abbildung die mit der Größe einer Bank abnehmende Einschränkung der Portfoliowahl aufgrund der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm dargestellt. Für  $Y_i=1,5$  ist somit beinahe die komplette Hyperbel zulässig, wohingegen für  $Y_j=0,5$  die Menge der erlaubten  $(\mu, \sigma)$ -Kombinationen erheblich eingeschränkt wird.

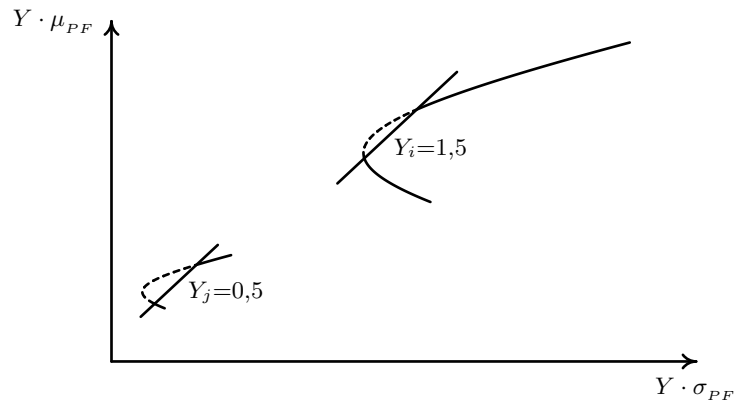


Abbildung 6.8: Darstellung der größenabhängigen Value-at-Risk constraint im  $(\mu, \sigma)$ -Diagramm für  $Y_i = 1,5$  bei absoluter Betrachtung der Portfoliorückflüsse.<sup>392</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Zur Darstellung des Strategieraumes beider Banken bedarf es der simultanen Betrachtung der Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes und der größenabhängigen, makroprudentiellen Value-at-Risk constraint, welche in Abbildung 6.9

<sup>392</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $k_1 = 3,4$  sowie  $k_2 = 1,5$ .

erfolgt. Die Menge der zulässigen Portfolios wurden für den Fall  $Y_1 = 1$  bereits in Kapitel 5.3.2.1 ausführlich charakterisiert. Für den Fall einer starken Heterogenität in den Größen der Banken, dargestellt durch  $Y_1 = 1,75$ , ändert sich diese Menge dahingehend, dass die größenabhängige, makroprudentielle Value-at-Risk constraint der größeren Bank 1 nun die Wahl stark diversifizierter Portfolios erlaubt, der kleineren Bank 2 hingegen selbst die Wahl moderate diversifizierter Portfolios untersagt. Durch die implementierte Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes wird der größeren Bank 1 zudem ungeachtet der Portfoliowahl der kleineren Bank 2 die Wahl schlecht diversifizierter Portfolios untersagt. In Konsequenz besteht der Strategieraum des Bankensystems aus denjenigen Portfoliokombinationen  $(\theta_1, \theta_2)$ , die mit einer starken Diversifikation des Portfoliorückflusses des großen Finanzinstituts und einer zur Vermeidung hoher Verflechtungen schwachen Diversifikation des Portfoliorückflusses des kleineren Finanzinstituts einhergehen. Insbesondere sind somit nach wie vor sämtliche Portfoliokombinationen unzulässig, die durch eine geringe Diversität bzgl. der Portfoliowahl der Finanzinstitute charakterisiert sind und infolgedessen eine hohe Verflechtung zwischen deren Portfoliorückflüssen induzieren.

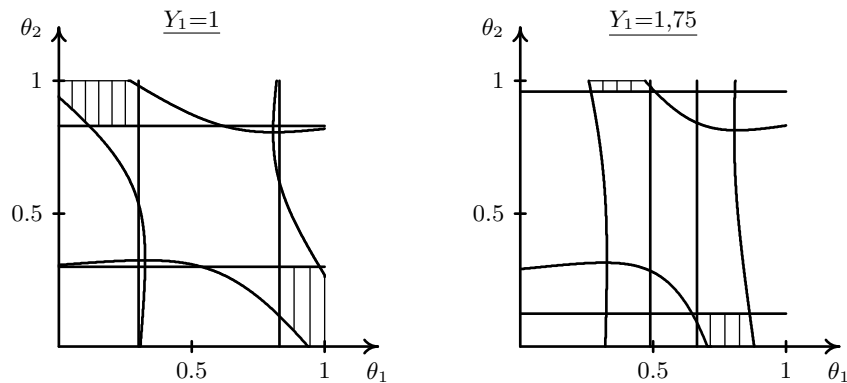


Abbildung 6.9: Strategieraum unter makroprudentieller Regulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint.<sup>393</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

### 6.3.2.2.3 Nash-Gleichgewichte bei einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint

Tabelle 6.10 gibt einen Überblick über die resultierenden Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^{**}, \theta_2^{**})$  des Entscheidungskalküls 6.15 in Abhängigkeit von den Risikoavversionsparametern  $\lambda_i$  und der Größe  $Y_1$  von Bank 1 für die durch Formel 4.15 gegebene Parametrisierung. Bezugnehmend

<sup>393</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK=0,8$  sowie  $k_1 = 3,4$  und  $k_2 = 1,5$ .

auf die in Tabelle 6.3 dargestellten Nash-Gleichgewichte unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms und die in Tabelle 6.12 dargestellten Nash-Gleichgewichte unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer größenunabhängigen Value-at-Risk constraint sind folgende Ergebnisse festzuhalten: Zum einen existieren im Gegensatz zur makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms auch bei Verwendung einer größenabhängigen, makroprudentiellen Value-at-Risk constraint in sämtlichen Regimen Nash-Gleichgewichte. Zum anderen konvergiert die optimale Portfoliowahl bei einer größenabhängigen, makroprudentiellen Value-at-Risk constraint wie auch die optimale Portfoliowahl unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Externalitätenterms mit steigender Größe einer Bank gegen diejenige unter mikroprudentieller Bankenregulierung, dargestellt durch die fett-gedruckten Portfolios  $\theta_1^{**}$  für den Fall  $Y_1 = 1,75$  bzw.  $\theta_2^{**}$  für  $Y_1 = 0,25$ .

| $\lambda_1 \mid \lambda_2$ |     | $Y_1$                             |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
|----------------------------|-----|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                            |     | 0,25                              | 0,5                               | 0,75                              | 1                                 | 1,25                              | 1,5                               | 1,75                              |
|                            |     | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$ |
| 0,5                        | 0,5 | (0,96 ; <b>0,34</b> )             | (0,92 ; 0,28)                     | (0,88 ; 0,20)                     | (0,84 ; 0,11)<br>(0,11 ; 0,84)    | (0,20 ; 0,88)                     | (0,28 ; 0,92)                     | ( <b>0,34</b> ; 0,96)             |
| 1,5                        | 1,5 | (0,96 ; <b>0,48</b> )             | (0,92 ; 0,41)                     | (0,88 ; 0,35)                     | (0,84 ; 0,29)<br>(0,29 ; 0,84)    | (0,35 ; 0,88)                     | (0,41 ; 0,92)                     | ( <b>0,48</b> ; 0,96)             |
| 5                          | 5   | (0,12 ; <b>0,68</b> )             | (0,18 ; 0,74)                     | (0,24 ; 0,78)                     | (0,84 ; 0,29)<br>(0,29 ; 0,84)    | (0,78 ; 0,24)                     | (0,74 ; 0,18)                     | ( <b>0,68</b> ; 0,12)             |
| 0,5                        | 1,5 | (0,96 ; <b>0,48</b> )             | (0,92 ; 0,41)                     | (0,88 ; 0,35)                     | (0,84 ; 0,29)<br>(0,11 ; 0,84)    | (0,20 ; 0,88)                     | (0,28 ; 0,92)                     | ( <b>0,34</b> ; 0,96)             |
| 0,5                        | 5   | (0,08 ; <b>0,68</b> )             | (0,06 ; 0,74)                     | (0,08 ; 0,78)                     | (0,11 ; 0,84)                     | (0,20 ; 0,88)                     | (0,28 ; 0,92)                     | ( <b>0,34</b> ; 0,96)             |
| 1,5                        | 5   | (0,08 ; <b>0,68</b> )             | (0,18 ; 0,74)                     | (0,24 ; 0,78)                     | (0,29 ; 0,84)                     | (0,35 ; 0,88)                     | (0,41 ; 0,92)                     | ( <b>0,48</b> ; 0,96)             |

Tabelle 6.10: Resultierende Nash-Gleichgewichte  $(\theta_1^{**}; \theta_2^{**})$  unter einer makroprudentiellen Regulierung mittels größenabhängiger Value-at-Risk constraint in Abhängigkeit von den Risikoavversionsparametern  $\lambda_i$  und der Größe  $Y_1$  von Bank 1. (Quelle: Eigene Darstellung.)

Da eine ausführliche Analyse der resultierenden Nash-Gleichgewichte und relevanten Risikokennzahlen lediglich eine Wiederholung der bereits in Kapitel 6.3.1 gewonnenen Erkenntnissen darstellen würde, wird im Folgenden für ausgewählte Risikoparameterkombinationen  $(\lambda_i; \lambda_j)$  die Funktionsweise der makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung in der

hier betrachteten Form näher erläutert.

### 6.3.2.2.3.1 Portfoliowahl bei zwei stark risikoaversen Banken

Wie in Kapitel 5.3.2.3 ausführlich erörtert und in der linken Grafik von Abbildung 6.10 dargestellt, wird für  $Y_1 = Y_2 = 1$  die nutzenmaximale Portfoliowahl zweier stark risikoaverser Banken ( $\theta_1^{ohne}(Y=1) = \theta_2^{ohne}(Y=1) = 0,63$ ) durch die makroprudentielle Value-at-Risk-constraint untersagt ( $VaR_\alpha(\theta_1^{ohne}(Y=1)) < \underline{VaR}(Y=1)$ ). Die Diversität in der Portfoliowahl ( $\theta_i^{**}(Y=1) = 0,29$  und  $\theta_j^{**}(Y=1) = 0,84$ ) wird dann durch die Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes gesichert. Nichtsdestotrotz sind die Portfolios beider Banken durch eine moderate Diversifikation charakterisiert.

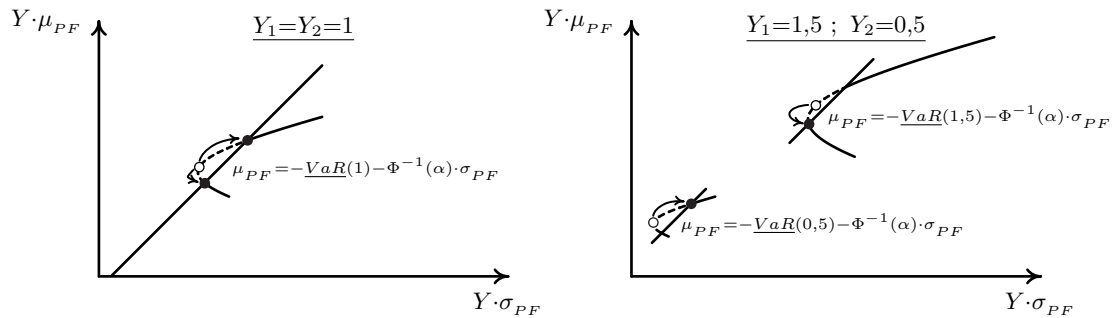


Abbildung 6.10: Einfluss einer größenabhängigen makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die optimale Portfoliowahl zweier stark risikoaverser Banken.<sup>394</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

Wie die rechte Grafik von Abbildung 6.10 dargestellt, ändert sich bei einer Heterogenität in den Größen der Banken, hier operationalisiert durch  $Y_1 = 1,5$ , die optimale Portfoliowahl der Banken im unregulierten Bankensystem ( $\theta_1^{ohne}(Y=1,5) = 0,65$  und  $\theta_2^{ohne}(Y=0,5) = 0,57$ ), da sich die effektive Risikoaversion der größeren (kleineren) Bank erhöht (verringert). Nichtsdestotrotz untersagt die makroprudentielle Value-at-Risk constraint auch hier die nutzenmaximale Portfoliowahl beider Banken ( $VaR_\alpha(\theta_1^{ohne}(Y=1,5)) < \underline{VaR}(Y=1,5)$  sowie

<sup>394</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK = 0,8$ ,  $k_1 = 3,4$  sowie  $k_2 = 1,5$ . Dargestellt sind folgende Portfolios:

| $\theta$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_\alpha(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,18     | 1,24                  | 1,82               | 1,07                 |
| 0,29     | 1,10                  | 1,71               | 0,85                 |
| 0,57     | 0,86                  | 1,43               | 0,57                 |
| 0,63     | 0,87                  | 1,37               | 0,58                 |
| 0,65     | 0,84                  | 1,35               | 0,57                 |
| 0,74     | 0,84                  | 1,26               | 0,69                 |
| 0,83     | 0,87                  | 1,17               | 0,85                 |

$VaR_\alpha(\theta_1^{ohne}(Y=0,5)) < \underline{VaR}(Y=0,5)$ ). Aufgrund der größenabhängigen Konzeption dieser Value-at-Risk constraint ist die größere Bank 1 lediglich zu einer geringen Portfolioumschichtung gezwungen ( $\theta_1^{**}(Y=1,5) = 0,74$ ), wohingegen die kleinere Bank 2 ihr Portfolio im Vergleich zum Fall  $Y_1 = Y_2 = 1$  stärker umschichten muss ( $\theta_2^{**}(Y=0,5) = 0,18$ ).<sup>395</sup> Die Portfoliowahl der Banken im Nash-Gleichgewicht ist hier erneut durch eine Diversität bei einer starken Diversifikation des Portfolios der größeren Bank 1 und einer geringen Diversifikation des Portfolios der kleineren Bank 2 charakterisiert.

### 6.3.2.2.3.2 Portfoliowahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank

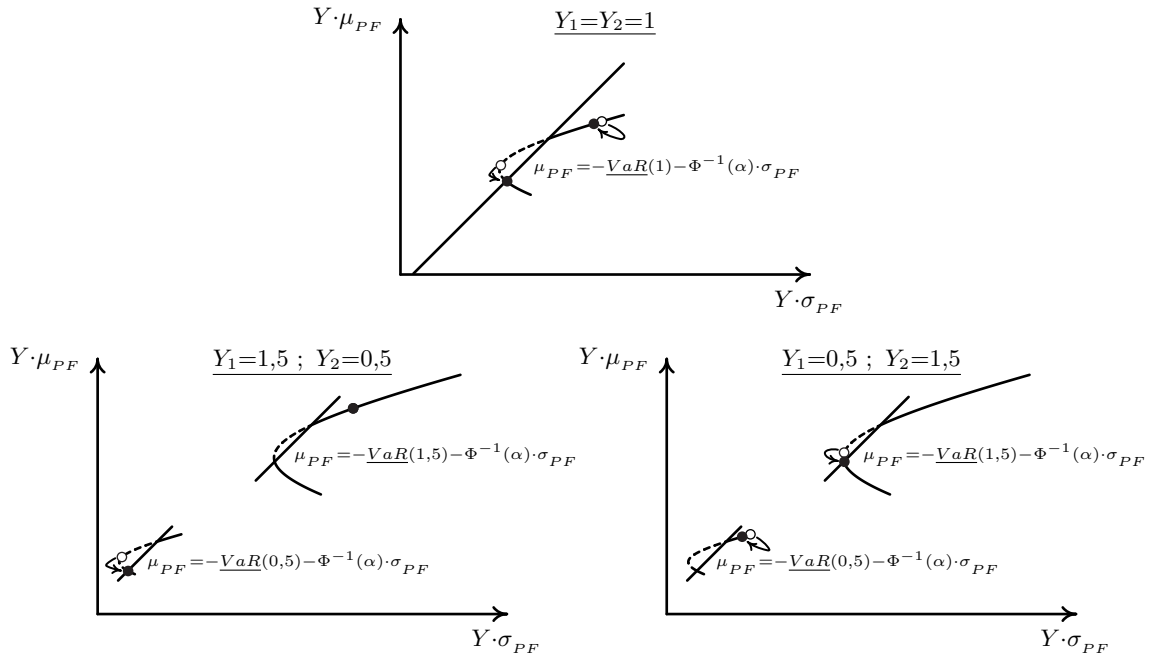


Abbildung 6.11: Einfluss einer größenabhängigen makroprudentiellen Value-at-Risk constraint auf die Portfoliowahl einer schwach und einer stark risikoaversen Bank.<sup>396</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

In Kapitel 5.3.2.4 wurde die in der oberen Grafik von Abbildung 6.11 dargestellte Portfoliowahl bei einer schwach und einer stark risikoaversen Bank für den Fall homogener Größen bereits ausführlich erörtert. So muss die stark risikoaverse Bank 2 von ihrer nutzenmaximalen Portfoliowahl  $\theta_2^{ohne}(Y=1) = 0,63$  abweichen, da diese die Value-at-Risk constraint

<sup>395</sup>Damit diese geringe Umschichtung von Bank 1 die regulatorischen Anforderungen der Bankenaufsicht nicht verletzt, bedarf es einer größenabhängigen Konzeption der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint.

<sup>396</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15, das Konfidenzniveau ist gegeben durch  $1 - \alpha = 0,99$ , zusätzlich gilt  $EK = 0,8$ ,  $k_1 = 3,4$  sowie  $k_2 = 1,5$ . Dargestellt sind folgende Portfolios:

traint verletzt ( $VaR_\alpha(\theta_1^{ohne}(Y=1)) < \underline{VaR}(Y=1)$ ). Die dadurch initiierte Portfolioumschichtung beider Banken führt im Nash-Gleichgewicht zu  $(\theta_1^{**}(Y=1); \theta_2^{**}(Y=1)) = (0,11; 0,84)$ , sodass auch die schwach risikoaverse Bank 1 von ihrer nutzenmaximalen Portfoliowahl  $\theta_1^{ohne}(Y=1) = 0,08$  abweichen muss. Die Portfoliowahl beider Banken unter makroprudentieller Regulierung ist hier durch eine hohe Diversität bei schwacher Diversifikation beider Banken charakterisiert.

Die linke untere Grafik in Abbildung 6.11 stellt den Fall dar, dass die Größe der schwach risikoaversen Bank 1 auf  $Y_1 = 1,5$  steigt. Infolgedessen erhöht sich deren effektive Risikoaversion, sodass die nutzenmaximale Portfoliowahl  $\theta_1^{ohne}(Y=1,5) = 0,28$  nun durch einen wesentlich höheren Diversifikationsgrad gekennzeichnet ist. Hingegen nimmt die effektive Risikoaversion der kleineren Bank 2 ab, sodass deren nutzenmaximale Portfoliowahl  $\theta_2^{ohne}(Y=0,5) = 0,57$  nun zu einem höheren, wenngleich immer noch geringen individuellen Risiko führt. Diese wird durch die Value-at-Risk constraint untersagt ( $VaR_\alpha(\theta_2^{ohne}(Y=0,5)) < \underline{VaR}(Y=0,5)$ ). Zur Lösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen kommt es auch hier durch die Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes, welche die kleinere Bank 2 ungeachtet deren hohen Risikoaversion im Nash-Gleichgewicht  $(\theta_1^{**}(Y=1,5); \theta_2^{**}(Y=0,5)) = (0,28; 0,92)$  zur Wahl eines schlecht diversifizierten Portfolios zwingt.

Die rechte untere Grafik in Abbildung 6.11 stellt den Fall dar, dass die Größe der stark risikoaversen Bank 2 auf  $Y_1 = 1,5$  steigt. Infolgedessen erhöht sich deren effektive Risikoaversion, sodass die nutzenmaximale Portfoliowahl  $\theta_2^{ohne}(Y=1,5) = 0,65$  fast dem Minimum-Varianz-Portfolio entspricht. Hingegen nimmt die effektive Risikoaversion von Bank 1 ab, sodass deren nutzenmaximale Portfoliowahl  $\theta_1^{ohne}(Y=0,5) = 0,00$  nun durch einen vollständigen Verzicht auf Diversifikation gekennzeichnet ist. Da also bereits ohne Regulierung die große Bank ein stark diversifiziertes Portfolio wählt und die Portfoliowahl der kleineren Bank zu einer Diversität in der Portfoliowahl der Banken führt, erzwingt die makroprudentielle Bankenregulierung im Nash Gleichgewicht  $(\theta_1^{**}(Y=0,5); \theta_2^{**}(Y=1,5)) = (0,06; 0,74)$  eine

| $\theta$ | $\sigma_{PF}(\theta)$ | $\mu_{PF}(\theta)$ | $VaR_\alpha(\theta)$ |
|----------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 0,00     | 1,50                  | 2,00               | 1,49                 |
| 0,06     | 1,41                  | 1,94               | 1,34                 |
| 0,08     | 1,39                  | 1,92               | 1,31                 |
| 0,11     | 1,33                  | 1,89               | 1,21                 |
| 0,29     | 1,10                  | 1,71               | 0,85                 |
| 0,57     | 0,86                  | 1,43               | 0,57                 |
| 0,63     | 0,87                  | 1,37               | 0,58                 |
| 0,65     | 0,84                  | 1,35               | 0,57                 |
| 0,74     | 0,84                  | 1,26               | 0,69                 |
| 0,83     | 0,87                  | 1,17               | 0,85                 |
| 0,92     | 0,93                  | 1,08               | 1,08                 |

vergleichsweise geringe Portfolioumschichtung.<sup>397</sup>

### 6.3.2.3 Mehrwert einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint

Durch die größenabhängige Ausgestaltung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint wurde eine Konvergenz der Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer eben solchen Value-at-Risk constraint gegen diejenige unter mikroprudentieller Regulierung anders als noch in Kapitel 6.3.2.1 nicht von vornherein (per Konstruktion) ausgeschlossen. Hieran anknüpfend stellt sich nun die Frage, inwiefern eine solche größenabhängige Ausgestaltung überhaupt einen Mehrwert gegenüber einer größenunabhängigen Ausgestaltung aufweist. Zu diesem Zweck finden sich in Tabelle 6.11 sämtliche Nash-Gleichgewichte und die mit ihr jeweils einhergehende Höhe des systemischen Risikos unter beiden Regulierungsregimen für den Fall einer starken Heterogenität in den Größen der Banken.

| $\lambda_1$ | $\lambda_2$ | $Y_1 = 0,25 ; Y_2 = 1,75$              |              |                                          |             | $Y_1 = 1,75 ; Y_2 = 0,25$              |              |                                          |             |
|-------------|-------------|----------------------------------------|--------------|------------------------------------------|-------------|----------------------------------------|--------------|------------------------------------------|-------------|
|             |             | $\underline{VaR} = \underline{VaR}(1)$ |              | $\underline{VaR} = \underline{VaR}(Y_i)$ |             | $\underline{VaR} = \underline{VaR}(1)$ |              | $\underline{VaR} = \underline{VaR}(Y_i)$ |             |
|             |             | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$      | s. Risiko    | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$        | s. Risiko   | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$      | s. Risiko    | $(\theta_1^{**} ; \theta_2^{**})$        | s. Risiko   |
| 0,5         | 0,5         | (0,84 ; 0,29)<br>(0,00 ; 0,84)         | 1,63<br>1,37 | (0,96 ; 0,34)                            | 1,39        | (0,29 ; 0,84)<br>(0,84 ; 0,00)         | 1,63<br>1,37 | (0,34 ; 0,96)                            | 1,39        |
| 1,5         | 1,5         | (0,84 ; 0,29)<br>(0,00 ; 0,84)         | 1,63<br>1,37 | (0,96 ; 0,48)                            | <b>1,33</b> | (0,29 ; 0,84)<br>(0,84 ; 0,00)         | 1,63<br>1,37 | (0,48 ; 0,96)                            | <b>1,33</b> |
| 5           | 5           | (0,84 ; 0,29)<br>(0,29 ; 0,84)         | 1,63         | (0,12 ; 0,68)                            | <b>1,44</b> | (0,29 ; 0,84)<br>(0,84 ; 0,29)         | 1,63         | (0,68 ; 0,12)                            | <b>1,44</b> |
| 0,5         | 1,5         | (0,00 ; 0,84)                          | 1,37         | (0,96 ; 0,48)                            | <b>1,33</b> | (0,29 ; 0,84)<br>(0,84 ; 0,00)         | 1,63<br>1,37 | (0,34 ; 0,96)                            | 1,39        |
| 0,5         | 5           | (0,00 ; 0,84)                          | 1,37         | (0,08 ; 0,68)                            | 1,39        | (0,29 ; 0,84)<br>(0,84 ; 0,29)         | 1,63         | (0,34 ; 0,96)                            | <b>1,39</b> |
| 1,5         | 5           | (0,00 ; 0,84)                          | 1,37         | (0,08 ; 0,68)                            | 1,39        | (0,29 ; 0,84)<br>(0,84 ; 0,29)         | 1,63         | (0,48 ; 0,96)                            | <b>1,39</b> |

Tabelle 6.11: Mehrwert einer größenabhängigen Value-at-Risk constraint gegenüber einer größenunabhängigen Value-at-Risk constraint in Abhängigkeit von den Risikoaversionsparametern  $\lambda_i$ . (Quelle: Eigene Darstellung.)

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, führen beide Regulierungsregime für zahlreiche Para-

<sup>397</sup> Auch hier ist die geringe Portfolioumschichtung von Bank 2 nur aufgrund der größenabhängigen Konzeption der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint im Einklang mit den regulatorischen Anforderungen der Bankenaufsicht.

meterkonstellationen zu einer nahezu identischen Höhe des systemischen Risikos. In den verbliebenen Fällen kommt es durch die größenabhängige Ausgestaltung der makroprudentiellen Value-at-Risk constraint allerdings zu einer signifikanten Senkung des systemischen Risikos, dargestellt durch die fett-gedruckten Werte des systemischen Risikos, sodass deren Implementierung tatsächlich mit einem erheblichen Mehrwert einhergeht.<sup>398</sup>

## 6.4 Zwischenfazit

Kapitel 6 lieferte eine Erweiterung des in Kapitel 5 vorgestellten Modells. Es wurde die Annahme der homogenen Größe beider Banken aufgehoben und die Portfoliowahl von Finanzinstituten in Abhängigkeit von deren Größe unter verschiedenen Regulierungsregimen beleuchtet. Die Heterogenität in den Größen der Banken wurde dabei so modelliert, dass eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denjenigen der vorherigen Kapiteln gewährleistet ist.

Wie gezeigt wurde, ändert sich mit einer zunehmenden Heterogenität in den Größen der Finanzinstitute bereits deren Portfoliowahl im unregulierten Bankensystem. Ursächlich hierfür ist, dass sich mit zunehmender (abnehmender) Größe einer Bank deren effektive Risikoaversion erhöht (sinkt), die Präferenz für stark diversifizierte Portfolios also steigt (abnimmt). Folglich ändert sich bei einer zunehmenden Heterogenität in den Größen der Banken auch die Diversität bzgl. der Portfoliowahl. Da dieser Effekt allerdings kein eindeutiger ist, kann eine zunehmende Heterogenität in der Größe der Finanzinstitute sowohl zu einer Erhöhung als auch zu einer Verringerung des systemischen Risikos führen.

Unter einer mikroprudentiellen Bankenregulierung hingegen ist der Effekt einer zunehmenden Heterogenität in den Größen der Finanzinstitute eindeutig. Falls sich durch die Änderung der effektiven Risikoaversionen die Diversität bzgl. der Portfoliowahl der Banken erhöht, so wird diese durch die im Rahmen einer mikroprudentiellen Bankenregulierung implementierten Value-at-Risk constraint wieder vernichtet und infolgedessen das systemische Risiko erhöht. Wird die Diversität in der Portfoliowahl der Banken durch eine zunehmende Heterogenität in deren Größen hingegen verringert, so gelingt es der mikroprudentiellen Bankenregulierung nicht, eine zur Senkung des systemischen Risikos notwendige Diversität zu erzeugen.

Die aus Kapitel 5 bekannten makroprudentiellen Regulierungsregime weisen dieses Defizit nicht auf. Unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des External-

<sup>398</sup>Dies ist dahingehend nicht verwunderlich, dass das Regulierungsregime auf Basis einer größenabhängigen, makroprudentiellen Value-at-Risk constraint allen voran im Lichte der jeweiligen Strategieräume eine höhere Ähnlichkeit mit dem Regulierungsregime auf Basis des Externalitätenterms, bei dem eine Bank Eigenkapital entsprechend ihres gesamten Beitrages zum systemischen Risiko vorhalten muss, aufweist.

litätenterms wird bei einer starken Heterogenität in den Größen der Banken die Senkung des systemischen Risiko dadurch induziert, dass das größere Finanzinstitut ihrer hohen Relevanz für das im Bankensystem befindliche Risiko bedingt im Nash-Gleichgewicht ein stark diversifiziertes Portfolio, das kleinere Finanzinstitut hingegen zur Lösung der im Bankensystem vorhandenen Verflechtungen ein schlecht diversifiziertes Portfolio wählt. Infolgedessen konvergiert die Portfoliowahl der großen Bank gegen diejenige unter mikroprudentieller Regulierung. Diese Konvergenz lässt sich auch unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung auf Basis des Shapley-Wertes zzgl. einer makroprudentiellen Value-at-Risk constraint feststellen, sobald die Value-at-Risk constraint größensensitiv konzipiert ist. Als wesentlicher Vorteil des letzteren Regulierungsansatzes lässt sich die Existenz von Nash-Gleichgewichten in sämtlichen Regimen festhalten, wohingegen eine makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Externalitätenterms in der Mehrzahl der Regime kein Nash-Gleichgewicht liefert. Mit Ausnahme dieses Defizits lässt sich also auch eine Robustheit der beiden ausgearbeiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen Mindesteigenkapitalanforderung in Bezug auf Größeneffekte festhalten.

## 7 Fazit und Ausblick

Der wesentliche Beitrag der vorliegenden Arbeit zur relevanten Literatur ist die Ausarbeitung zweier Instrumente der makroprudentiellen Bankenregulierung, bei deren Implementierung die Bankenaufsicht Anreizeffekte derart setzt, dass die Portfoliowahl der regulierten Finanzinstitute frei von starken Verflechtungen ist. Ungeachtet des für den Zweck der Herausarbeitung der Haupteffekte und der Handhabbarkeit vereinfachten Modellrahmens leisten die zentralen Ergebnisse der Arbeit einen Beitrag zum tieferen Verständnis für die Portfoliowahl von Finanzinstituten unter einer makroprudentiellen Bankenregulierung sowie für die Kernelemente und die möglichen Fallstricken einer makroprudentiellen Bankenregulierung im Allgemeinen.

Die Arbeit baut auf den folgenden, der relevanten Literatur bereits bekannten Resultaten auf:

- Direkte und indirekte Verflechtungen zwischen Finanzinstituten lassen sich sowohl auf deren institutsinterne Risiko- und Liquiditätsmanagementprozesse als auch auf strategische Entscheidungen zurückführen.
- Durch die einer mikroprudentiellen Bankenregulierung zur Verfügung stehenden Instrumente werden den Finanzinstituten keine Anreize zur Auflösung dieser Verflechtungen gesetzt.
- Der in Basel III implementierte systemische Risikopuffer führt zu keiner adäquaten Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos, da durch ihn lediglich ausgewählte Finanzinstitute stärker mikroprudentiell reguliert werden und die im Bankensystem befindlichen Verflechtungen unberührt bleiben oder sich gar erhöhen.
- In der relevanten Literatur wurde bisher nicht geklärt, welches Instrument der makroprudentiellen Bankenregulierung eine hohe Verflechtung zwischen Finanzinstituten im Rahmen klassischer Portfolio Selection Probleme verhindert.

Die Entwicklung geeigneter Instrumente zur regulatorischen Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos stellt aktuell somit ein offenes Problemfeld der makroprudentiellen Bankenregulierung dar. Da dieses Problemfeld in der relevanten Literatur bereits

identifiziert wurde, lassen sich aus ihr auch erste Ansätze für dessen Erschließung ableiten. Wenngleich eine modellgestützte Untersuchung der mit ihr verbundenen Anzeizeffekte bisher ausgeblieben ist, wird vordergründig der Idee einer makroprudentiell ausgestalteten Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des  $\Delta CoVaR$  oder auf Basis des Shapley-Wertes Aufmerksamkeit geschenkt. Über den bisherigen Stand der Literatur hinaus legte die in dieser Arbeit vorgenommene modellgestützte theoretische Untersuchung beider Ansätze folgende Erkenntnisse offen:

- Eine makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des  $\Delta CoVaR$  ermöglicht im Kontext der Portfolio Selection von Finanzinstituten keine adäquate Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos. Ursächlich hierfür ist die Unvereinbarkeit des  $\Delta CoVaR$  mit dem too-big-to-fail Paradigma sowie die fehlende Allokationseigenschaft des  $\Delta CoVaR$ , welche komparativ statische Eigenschaften induziert, die der ökonomischen Intuition zuwiderlaufenden.
- Eine makroprudentielle Mindesteigenkapitalanforderung, welche unter Anwendung der Allokationsfunktion Shapley-Wert das Risiko des gesamten Bankensystems auf einzelne Finanzinstitute aufteilt, setzt trotz plausibel erscheinenden komparativ statischen Eigenschaften keine Anzeizeffekte, die bei der Betrachtung klassischer Portfolio Selection Probleme eine Auflösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen induzieren. Es kommt in diesem Regulierungsregime lediglich zu einer Duplikation der Portfoliowahl unter mikroprudentieller Regulierung. Dies fußt auf der Gleichsetzung des systemischen Risikos und des Risikos des Bankensystems, infolgedessen diejenigen Risiken vernachlässigt werden, welche sich außerhalb des Bankensystems im Falle einer Schieflage des gesamten Bankensystems materialisieren. Durch eine solche unvollständige Erfassung des systemischen Risikos erfahren insbesondere die Verflechtungen zwischen Finanzinstituten keine adäquate Berücksichtigung.

In der vorliegenden Arbeit wurde die in der Literatur diskutierte makroprudentielle Ausgestaltung einer Mindesteigenkapitalanforderung auf Basis des Shapley-Wertes dahingehend erweitert, dass ihre Implementierung tatsächlich mit einer Auflösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen einhergeht und eine adäquate Erfassung der Querschnittsdimension des systemischen Risikos sichergestellt ist. Hierbei sind folgende Kernergebnisse festzuhalten:

- Damit der vorzuhaltende Eigenkapitalbetrag einer Bank deren vollständigen Beitrag zum systemischen Risiko entspricht, bedarf es einer Erweiterung des in der Literatur vorgeschlagenen Shapley-Wert-Ansatzes in Form der zusätzlichen Implementierung

eines Externalitätenterms. Dieser erfasst direkt die Abhängigkeitsstruktur zwischen den Portfoliorückflüssen der Finanzinstitute und infolgedessen die sich außerhalb des Bankensystems materialisierenden Risiken.

- Eine Auflösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen lässt sich auch dadurch erreichen, dass die Bankenaufsicht neben einer Mindesteigenkapitalanforderung basierend auf den Beitrag eines Finanzinstituts zum Risiko des Bankensystems eine zusätzliche regulatorische Anforderung in Form einer geeigneten makroprudentiellen Value-at-Risk constraint, welche die zur Milderung des systemischen Risikos notwendige moderate Risikoaufnahme von Finanzinstituten auf individueller Ebene erzwingt, erhebt. Im betrachteten Modellrahmen war dabei eine Duplikation der optimalen Portfoliowahl unter der Regulierung per Externalitätenterm durch die Regulierung mittels Value-at-Risk constraint möglich.
- Die optimale Portfoliowahl der Banken ist nicht länger durch eine starke Diversifikation, sondern durch eine hinreichend große Diversität charakterisiert. Infolgedessen werden im Nash-Gleichgewicht entgegen dem mikroprudentiellen Paradigma auch solche Portfolios gewählt, die das Kriterium der  $(\mu, \sigma)$ -Effizienz nicht erfüllen.
- Die beiden hergeleiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen Bankenregulierung sind robust gegenüber einer Änderung der den Finanzinstituten unterstellten Entscheidungskalküle.
- Die beiden hergeleiteten Ausgestaltungsmöglichkeiten einer makroprudentiellen Bankenregulierung liefern einen theoretischen Nachweis ökonomisch plausibler Konvergenzaussagen. So konvergiert die Portfoliowahl der Banken unter makroprudentieller Regulierung gegen diejenige unter mikroprudentieller Regulierung, sofern eine Schiefelage des gesamten Bankensystems keine Kosten für die Realwirtschaft oder den Steuerzahler induzieren bzw. die Finanzinstitute durch die Bankenaufsicht nicht zur Aufnahme von Mindestrisiken auf individueller Ebene gezwungen werden. Eine weitere Konvergenz der Portfoliowahl unter makroprudentieller Regulierung gegen diejenige unter mikroprudentieller Regulierung lässt sich für den Fall nachweisen, dass die Größe einer Bank gegen die Gesamtgröße des Bankensystems konvergiert.

Die in dieser Arbeit betrachteten klassischen Portfolio Selection Probleme bilden zudem einen geeigneten Ausgangspunkt für die Adressierung weiterführender Fragestellungen:

- Anstelle zweier Anlagen und zweier Finanzinstitute kann der allgemeine Fall von  $n$  Anlagen und  $m$  Finanzinstituten betrachtet werden. Für den Fall von  $m > 2$  Finanzinstituten bedarf es einer Anpassung des Externalitätenterms, da die Verflechtung einer

Bank im Bankensystem nicht wie für den Fall  $m=2$  durch die Interbanken-Korrelation gemessen werden kann, sondern anhand einer separaten Kennzahl bestimmt werden muss. Da allerdings der mathematische Aufwand für die vollständige Erfassung eines Entscheidungsproblems mit zunehmender Komplexität rapide ansteigt, ist es fraglich, ob die Nash-Gleichgewichte für den verallgemeinerten Fall überhaupt noch angegeben werden können.

- Neben dem  $(\mu, \sigma)$ -Entscheidungskalkül können andere Entscheidungskalküle zur Erlangung weiterer Robustheitsaussagen herangezogen werden. Bspw. ist für die Berücksichtigung von Größeneffekten eine Betrachtung solcher Entscheidungskalküle von Interesse, die eine konstante oder abnehmende absolute Risikoaversion aufweisen.
- Eine Erweiterung des Modells ist unter anderem dahingehend möglich, dass verschiedenen Interdependenzen, beispielsweise diejenigen zwischen den direkten und den indirekten Verflechtungen, diejenigen zwischen der Querschnitts- und der Zeitdimension des systemischen Risikos oder aber diejenigen zwischen risikosensitiven (bspw. Mindesteigenkapitalanforderungen) und risikoinsensitiven (bspw. ein maximaler Verschuldungsgrad) regulatorischen Anforderungen, betrachtet werden.
- Eine alternative Erweiterung des Modells ist u.a. dadurch möglich, dass die Finanzinstitute bei ihrer Portfoliowahl aufgrund des systemischen Risikoanreizes eine Präferenz für eine hohe Verflechtung besitzen und daher bewusst das systemische Risiko erhöhen.
- Da die praktische Umsetzbarkeit der in dieser Arbeit herausgearbeiteten Instrumente der makroprudentiellen Bankenregulierung aufgrund der interdependenten Entscheidungsprobleme der Banken und des damit verbundenen hohen Informationsbedarfs fraglich ist, stellt sich die Frage, inwieweit eine heterogene mikroprudentielle Regulierung von Finanzinstituten zu einer Auflösung der im Bankensystem befindlichen Verflechtungen führen kann. Zur Evaluierung der Zweckmäßigkeit eines solchen Regulierungsansatzes können die resultierenden Risikokennzahlen an der aus theoretischen Gesichtspunkten „korrekten“ makroprudentiellen Regulierung gespiegelt werden.

Neben den aufgeführten Resultaten verdeutlicht die Arbeit, dass die Bemühungen der Politik und der Wissenschaft zur Ausarbeitung eines Regulierungsrahmenwerkes mit einem noch stärkeren makroprudentiellen Fokus zu intensivieren sind. Bei der Implementierung makroprudentieller Instrumente verdient allen voran die Frage nach deren tatsächlicher Eignung, welche aufgrund der hohen Komplexität makroprudentieller Fragestellungen typischerweise nicht ohne eine sorgfältige theoretische Untersuchung beantwortet werden kann, besonderes Augenmerk. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sowie die aufgezeigten Fallstricken einer makroprudentiellen Bankenregulierung können dabei als Ausgangspunkt für

---

die Ausarbeitung zukünftiger Rahmenwerke zum Zwecke einer angemessenen Regulierung von Finanzinstituten dienen.

## 8 Anhang

### 8.1 Nash-Gleichgewichte

#### 8.1.1 Definition

Das Nash-Gleichgewicht nach NASH (1951) ist die Formalisierung eines Lösungskonzeptes von nicht kooperativen Spielen, bei denen  $n$  Spieler ihre individuelle Strategie simultan festlegen.<sup>399</sup>

**Definition 8.1.** *Das Nash-Gleichgewicht ist eine Strategiekombination  $\theta^*$ , bei der jeder Spieler eine optimale Strategie  $\theta_i^*$  wählt, gegeben die optimalen Strategien  $\theta_{-i}^*$  aller anderen Spieler. Folglich gilt*

$$U_i(\theta_i^*, \theta_{-i}^*) \geq U_i(\theta_i, \theta_{-i}^*) \quad \forall i, \forall \theta_i \in \Theta_i \quad .^{400}$$

$\Theta_i$  bezeichnet hierbei den Strategieraum von Spieler  $i$  und  $U_i$  dessen Nutzenfunktion, welche von der Strategie  $\theta$  sämtlicher Spieler und somit insbesondere nicht ausschließlich von der von Spieler  $i$  gewählten Strategie  $\theta_i$  abhängt. Wie Definition 8.1 offenlegt, besteht im Nash-Gleichgewicht für keinen Spieler ein Anreiz zur Abweichung von seiner Gleichgewichtsstrategie  $\theta_i^*$ .<sup>401</sup> Insbesondere kann sich somit kein einzelner Spieler durch die Wahl einer alternativen Strategie besserstellen.<sup>402</sup>

Jeder Spieler sieht sich somit zwei Herausforderungen gegenübergestellt.<sup>403</sup> Zum einen muss ein Spieler die möglichen Strategien  $\theta_{-i}$  der Mitspieler und folglich deren Strategieraum kennen. Zum anderen muss ein Spieler für jede dieser Strategien der Mitspieler die für ihn beste Antwort  $\theta_i^*$  bestimmen. Dies geschieht mithilfe einer sogenannten Reaktionsfunktion.

---

<sup>399</sup>Simultan meint hier, dass ein Spieler zum Zeitpunkt seiner Strategiewahl keinerlei Kenntnis bzgl. der Strategie eines anderen Spielers besitzt.

<sup>400</sup>Vgl. NASH (1951), S. 287.

<sup>401</sup>Vgl. BERNINGHAUS ET AL. (2010), S. 24.

<sup>402</sup>Das von NASH (1951) formalisierte Lösungskonzept ist daher eine Verallgemeinerung des von COURNOT (1838) entwickelten Lösungskonzeptes für Spiele aus der Oligopoltheorie.

<sup>403</sup>Vgl. HOLLER/ILLING (2009), S. 56.

**Definition 8.2.** Die Reaktionsfunktion  $\theta_i^*(\theta_{-i})$  ist eine Abbildung, die jeder denkbaren Strategie  $\theta_{-i}$  der Mitspieler die optimale Strategie  $\theta_i^*$  von Spieler  $i$  zuordnet.

$$\theta_i^*(\theta_{-i}) = \{ \theta_i^* \in \Theta_i : U_i(\theta_i^*, \theta_{-i}^*) \geq U_i(\theta_i, \theta_{-i}^*) \quad \forall \theta_i \in \Theta_i \} \quad .$$

Ein Gleichgewichtsstrategie  $\theta_i^*$  im Sinne des Nash-Gleichgewichtes liegt offenbar nur dann vor, wenn die den Mitspielern unterstellte Strategie  $\theta_{-i}$  wiederum für jeden einzelnen Mitspieler die optimale Reaktion auf die Strategien der anderen Spieler sind.<sup>404</sup> Beim Nash-Gleichgewicht handelt es sich also um wechselseitig beste Antworten und folglich um den Schnittpunkt der Reaktionsfunktionen sämtlicher Spieler.<sup>405</sup>

Für die Wahl von Nash-Gleichgewichtsstrategien existieren zwei Erklärungsansätze.<sup>406</sup> Zum einen verhalten sich sämtliche Spieler im Nash-Gleichgewicht rational. Zum anderen kann das Nash-Gleichgewicht als der Endpunkt eines dynamischen Anpassungsprozesses verstanden werden, in dem die Spieler von einer zufälligen Ausgangsstrategie aus sequenziell auf die sich ändernden Strategien der Mitspieler reagieren.

Da das Nash-Gleichgewicht ein formales Lösungskonzept von nicht kooperativen Spielen darstellt, überrascht es nicht, dass die Gleichgewichtsstrategien  $\theta^*$  der Spieler typischerweise nicht das Kriterium der Effizienz erfüllt.<sup>407</sup> Folglich existiert eine Strategie  $\theta^{eff}$ , unter deren Wahl jeder Spieler im Vergleich zur Gleichgewichtsstrategie bessergestellt ist. Während  $\theta^{eff}$  anders als  $\theta^*$  eine pareto-optimale Strategie darstellt, erfüllt es typischerweise nicht die durch Definition 8.1 formulierten Anforderungen an ein Nash-Gleichgewicht, da sich einzelne Spieler durch ein Abweichen von  $\theta_i^{eff}$  besserstellen können und auch werden. Infolgedessen fallen individuelle und kollektive Rationalität im Nash-Gleichgewicht auseinander.<sup>408</sup>

### 8.1.2 Existenz von Nash-Gleichgewichten

Zum Zwecke der Evaluierung der Sinnhaftigkeit des von NASH (1951) vorgestellten Lösungskonzeptes wird im Folgenden auf die Problematik der Existenz von Nash-Gleichgewichten eingegangen. Ein Lösungskonzept ist bspw. dann nur bedingt brauchbar, wenn es lediglich für sehr speziell ausgestaltete Spiele eine Lösung liefert.<sup>409</sup> Ein Beispiel

<sup>404</sup>Vgl. HOLLER/ILLING (2009), S. 57.

<sup>405</sup>Vgl. NASH (1951), S. 287.

<sup>406</sup>Vgl. HOLLER/ILLING (2009), S. 59.

<sup>407</sup>Vgl. BERNINGHAUS ET AL. (2010), S. 14-15. Typisches Beispiele hierfür sind das OPEC-Spiel oder das Gefangenendilemma.

<sup>408</sup>Vgl. HOLLER/ILLING (2009), S. 73-75. Ein Ausweg wäre ein geeigneter Nutzentransfer zwischen den Spielern, sogenannte Seitenzahlungen, oder bindende Verträge.

<sup>409</sup>Vgl. HOLLER/ILLING (2009), S. 62.

hierfür ist das Konzept dominanter Strategien, bei dem für Spieler  $i$  eine Strategie  $\theta_i^*$  derart existiert, dass sie gänzlich unabhängig von den Strategien der Mitspieler stets optimal ist.

Wie in Kapitel 8.1.1 erörtert, ist in der Terminologie der Reaktionsfunktionen das Nash-Gleichgewicht die beste Antwort auf sich selbst.<sup>410</sup> Somit resultiert für den Fall, dass die Spieler die Strategie  $\theta^*$  spielen, wiederum  $\theta^*$  als beste Antwort. Aus mathematischer Sicht ist das Nash-Gleichgewicht somit ein Fixpunkt der Reaktionsfunktionen. Infolgedessen kann das Problem der Existenz von Nash-Gleichgewichten auf das Problem der Existenz von Fixpunkten bzgl. der gegebenen Reaktionsfunktionen zurückgeführt werden.<sup>411</sup> Letzteres wurde in der Mathematik für verschiedene Allgemeinheitsgrade bereits gelöst. Formuliert werden dabei spezielle Restriktionen an das Spiel, welche ihrerseits wiederum spezielle Eigenschaften der Reaktionsfunktion induzieren.

**Lemma 8.3.** *Ein Spiel besitzt ein Nash-Gleichgewicht, falls es folgende beiden Eigenschaften aufweist:*

- i) *der Strategieraum  $\Theta_i$  eines jeden Spielers  $i$  ist kompakt und konvex;*
- ii) *die Nutzenfunktion  $U_i(\theta)$  eines jeden Spielers  $i$  ist stetig und begrenzt in  $\theta \in \Theta$  sowie quasi-konkav in  $\theta_i$ .*

*Beweis.* Der Beweis, welche sich auf das Fixpunkttheorem nach BROUWER (1911) und dessen Verallgemeinerung nach KAKUTANI (1941) stützt, findet sich bspw. in NIKAIDO/SATO (1970) oder FRIEDMAN (1990).  $\square$

Für den Spezialfall, dass das Spiel gar durch streng konkave und stetig differenzierbare Nutzenfunktionen sämtlicher Spieler sowie durch einen eindimensionalen Strategieraum charakterisiert ist, lässt sich das Nash-Gleichgewicht verhältnismäßig leicht als die Lösung des durch Formel 8.1 gegebenen  $n$ -dimensionalen simultanen Gleichungssystems gewinnen:

$$\frac{\partial U_i(\theta_i, \theta_{-i})}{\partial \theta_i} = 0 \quad \forall i \quad . \quad (8.1)$$

Da die in Lemma 8.3 gestellten Anforderungen nicht von sämtlichen Spielen erfüllt werden, ist die Existenz eines Nash-Gleichgewichtes gemäß Definition 8.1 nicht gesichert. Als Ausweg dieses Existenzproblems greift die Spieltheorie auf die Betrachtung von gemischten Strategien zurück.<sup>412</sup> Gemischte Strategien sind Wahrscheinlichkeitsverteilungen über der

<sup>410</sup>Vgl. BERNINGHAUS ET AL. (2010), S. 35.

<sup>411</sup>Vgl. NASH (1951), S. 288.

<sup>412</sup>S. DASGUPTA/MASKIN (1986a) und DASGUPTA/MASKIN (1986b).

Menge der reinen Strategien  $\theta_i \in \Theta_i$ . Aufgrund der hiermit einhergehenden Randomisierung der Strategiewahl eines jeden Spieler erfährt die Betrachtung gemischter Strategien große Kritik. Zum einen ist die Annahme eines rationalen Randomisierens aus verhaltenstheoretischer Sicht dahingehend problematisch, dass Menschen typischerweise die Fähigkeit zur Randomisierung fehlt.<sup>413</sup> Zum anderen ist zu hinterfragen, wie sinnvoll die Annahme eines rationalen Spielers ist, der seine Strategiewahl unter Verwendung eines Zufallsmechanismus trifft und ob die Existenz eines Gleichgewichtes in gemischten Strategien daher nicht vielmehr ein technischer Trick ist, welcher mit dem tatsächlichen Verhalten rationaler Spieler nichts gemeinsam hat.<sup>414</sup>

### 8.1.3 Eindeutigkeit von Nash-Gleichgewichten

Für den Fall, dass die Existenz eines Nash-Gleichgewichtes gesichert ist, stellt sich unmittelbar die Frage nach dessen Eindeutigkeit. Die Eindeutigkeit eines Nash-Gleichgewichtes ist eine wünschenswerte Eigenschaft, da es bei der Existenz mehrerer Nash-Gleichgewichte schwer zu begründen ist, wie sämtliche Spieler unabhängig voneinander genau eines von mehreren Nash-Gleichgewichten wählen sollen.<sup>415</sup> Allerdings sind für die Eindeutigkeit weitaus restriktivere und zudem ökonomisch oftmals wenig sinnvolle Anforderungen an das Spiel zu stellen als für die Existenz von Nash-Gleichgewichten. Existenzaussagen werden daher weniger durch zusätzliche Bedingungen an das Spiel als vielmehr aus der Gestalt der Reaktionsfunktionen der Spieler abgeleitet. Beispielsweise existiert für ein Spiel mit zwei Spielern offensichtlich dann ein eindeutiges Nash-Gleichgewicht, wenn der Strategieraum konvex ist und die Reaktionsfunktionen beider Spieler stetig sind sowie streng monoton verlaufen. Für mehr als zwei Spieler lässt sich diese Bedingung leicht verallgemeinern, indem Anforderungen an die erste Ableitung der Reaktionsfunktionen (der zweiten Ableitung der Nutzenfunktion) dahingehend gestellt werden, dass die Jakobi-Matrix der ersten Ableitung (die Hesse-Matrix der Nutzenfunktion) negativ semi-definit ist. Da es allerdings keine sinnvollen ökonomischen Erklärungsansätze gibt, die den Verlauf einer Reaktionsfunktion generell einschränken, kann die Existenz mehrerer Nash-Gleichgewichte im Allgemeinen nicht ausgeschlossen werden.

<sup>413</sup>Wenn Individuen bspw. eine zufällige Abfolge eines Münzwurfes nennen sollen, so wird zwischen den beiden möglichen Ausprägungen wesentlich häufiger gewechselt als bei einer tatsächlich zufälligen Abfolge. Ursächlich hierfür ist die begrenzte Speicherkapazität des menschlichen Gehirns in Verbindung mit dem Bestreben der Nennung beider Ausprägungen in identischer Anzahl. Der interessierte Leser sei auf KAREEV (1992) verwiesen.

<sup>414</sup>Vgl. BERNINGHAUS ET AL. (2010), S. 29; HOLLER/ILLING (2009), S. 68.

<sup>415</sup>Vgl. HOLLER/ILLING (2009), S. 72-73.

## 8.2 Herleitung des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss $\mu_{PF}$ und der Varianz $\sigma_{PF}$

Um einen vorgegebenen erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  zu erreichen, muss das Portfolio  $\theta_\mu$  wie folgt gewählt werden:

$$\begin{aligned}\mu_{PF} &= \theta_\mu \cdot \mu_{A_1} + (1 - \theta_\mu) \cdot \mu_{A_2} \\ \Rightarrow \theta_\mu &= \frac{\mu_{PF} - \mu_{A_2}}{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}.\end{aligned}\tag{8.2}$$

Durch das Einsetzen von  $\theta_\mu$  in die durch Formel 4.8 gegebene Berechnungsvorschrift für die Varianz  $\sigma_{PF}^2$  des Portfoliorückflusses erhält man den durch Formel 4.27 gegebenen funktionalen Zusammenhang zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  und der Varianz  $\sigma_{PF}^2$ :

$$\begin{aligned}\sigma_{PF}^2(\mu_{PF}) &= \theta_\mu^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_\mu \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c} \\ \text{mit } \theta_\mu &= \frac{\mu_{PF} - \mu_{A_2}}{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}.\end{aligned}\tag{8.3}$$

## 8.3 Darstellung $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene $\bar{\theta}$ .

Abbildung 8.1 stellt noch einmal den Zusammenhang zwischen dem erwarteten Rückfluss  $\mu_{PF}$  und der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken für verschiedene Portfolios  $\bar{\theta}$  dar. Wie der Abbildung zu entnehmen ist, hängt die Menge der  $(\mu, \rho)$ -effizienten Portfolios stark von der Portfoliowahl  $\bar{\theta}$ , welche zur Bestimmung der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken vorzugeben ist, ab. Für  $\bar{\theta} = 0$  sind dabei sämtliche Portfolios  $(\mu, \rho)$ -effizient, da hier für  $\theta = \bar{\theta} = 0$  der maximalen Korrelation auch der maximale erwartete Portfoliorückfluss gegenübersteht und bei einem steigenden  $\theta$  die Korrelation stetig abnimmt. Für den Fall  $\bar{\theta} = 1$  hingegen führt die Portfoliowahl  $\theta = 0$  erneut zum maximalen erwarteten Portfoliorückfluss, nun aber bei einer zeitgleich minimalen Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken, sodass diese Portfoliowahl hier die einzig  $(\mu, \rho)$ -effiziente ist.

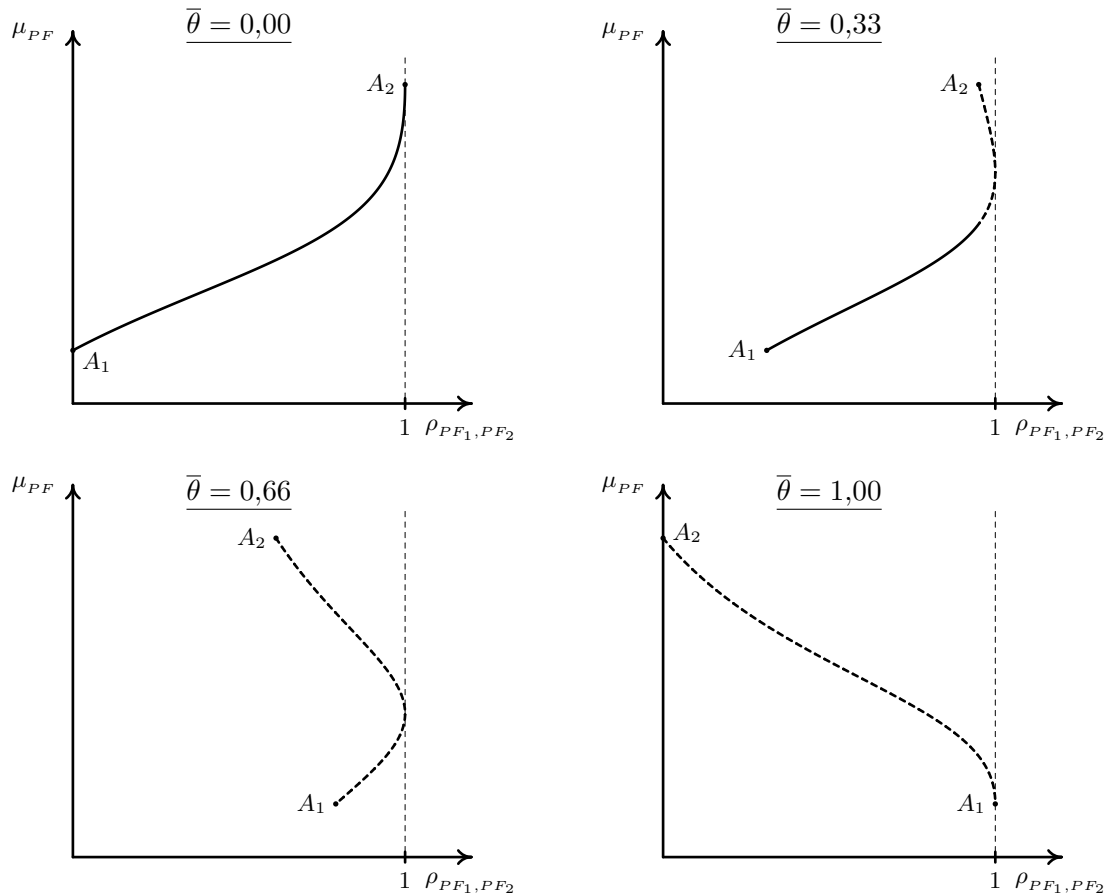


Abbildung 8.1: Darstellung  $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie  $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene  $\bar{\theta}$ .<sup>416</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

#### 8.4 Herleitung des funktionalen Zusammenhangs zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss $\mu_{PF}$ und der Korrelation $\rho_{PF_1, PF_2}$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken

Um einen vorgegebenen erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  zu erreichen, muss das Portfolio  $\theta_\mu$  wie folgt gewählt werden:

<sup>416</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15.

$$\begin{aligned}
\mu_{PF} &= \theta_\mu \cdot \mu_{A_1} + (1 - \theta_\mu) \cdot \mu_{A_2} \\
\Rightarrow \theta_\mu &= \frac{\mu_{PF} - \mu_{A_2}}{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}.
\end{aligned} \tag{8.4}$$

Durch das Einsetzen von  $\theta_\mu$  in die durch Formel 4.13 gegebene Berechnungsvorschrift für die Korrelation  $\rho_{PF_i, PF_j}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und anschließender Umordnung der Terme erhält man den durch Formel 4.32 gegebenen funktionalen Zusammenhang zwischen dem erwarteten Portfoliorückfluss  $\mu_{PF}$  und der Korrelation  $\rho_{PF_i, PF_j}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken:

$$\begin{aligned}
\rho_{PF_i, PF_j}(\mu_{PF}, \bar{\theta}) &= \frac{\theta_\mu \cdot [\bar{\theta} \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b}] + \bar{\theta} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}{\sqrt{\theta_\mu^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_\mu \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}} \cdot \sqrt{\bar{\theta}^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \bar{\theta} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}} \\
\text{mit } \theta_\mu &= \frac{\mu_{PF} - \mu_{A_2}}{\mu_{A_1} - \mu_{A_2}}.
\end{aligned} \tag{8.5}$$

## 8.5 Darstellung $(\sigma, \rho)$ -effizienter sowie $(\sigma, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene $\bar{\theta}$ .

Abbildung 8.2 stellt noch einmal den Zusammenhang zwischen der Standardabweichung  $\sigma_{PF}$  und der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken für verschiedene Portfolios  $\bar{\theta}$  dar. Auch hier hängt die Menge der  $(\mu, \rho)$ -effizienten Portfolios stark von der Portfoliowahl  $\bar{\theta}$ , welche zur Bestimmung der Korrelation  $\rho_{PF_1, PF_2}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken vorzugeben ist, ab. Während für  $\bar{\theta} = 0$  diejenigen Portfolios  $(\sigma, \rho)$ -dominiert werden, welche Anlage 2 übergewichten, werden für  $\bar{\theta} = 1$  diejenigen Portfolios  $(\sigma, \rho)$ -dominiert, welche Anlage 1 übergewichten. Für  $\bar{\theta} = 0,66$  hingegen werden diejenigen Portfolios  $(\sigma, \rho)$ -dominiert, welche der Portfoliowahl  $\bar{\theta}$  (zu) stark ähneln.

<sup>417</sup>Die Parametrisierung entspricht derjenigen aus Formel 4.15.

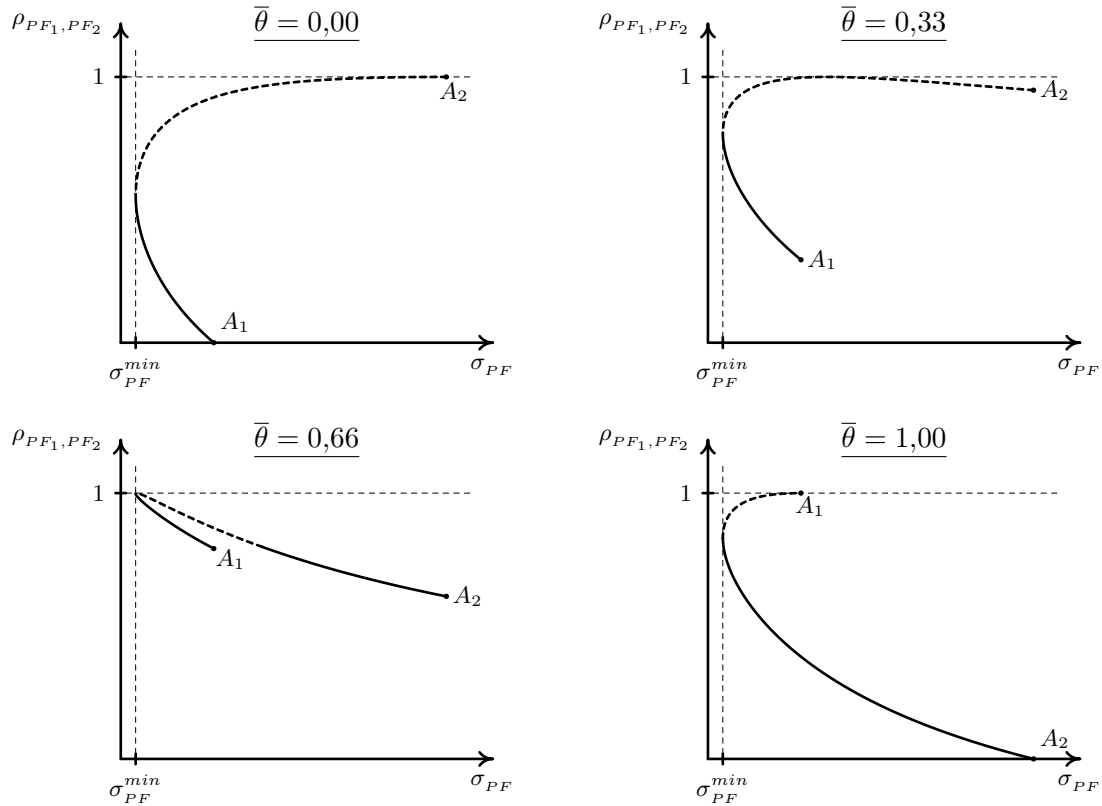


Abbildung 8.2: Darstellung  $(\mu, \rho)$ -effizienter sowie  $(\mu, \rho)$ -dominierter Portfolios für verschiedene  $\bar{\theta}$ .<sup>417</sup>(Quelle: Eigene Darstellung.)

## 8.6 Herleitung des funktionalen Zusammenhang zwischen der Varianz $\sigma_{PF}$ und der Korrelation $\rho_{PF_1,PF_2}$ zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken

Um eine Varianz des Portfoliorückflusses in Höhe von  $\sigma_{PF}$  zu erreichen, muss  $\theta$  wie folgt gewählt werden:

$$\begin{aligned} \sigma_{PF}^2 &= \theta_{\sigma}^2 \cdot a + 2 \cdot \theta_{\sigma} \cdot b + c \\ \Rightarrow \theta_{\sigma} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot (c - \sigma_{PF}^2)}}{2 \cdot a} \end{aligned} \quad (8.6)$$

Durch das Einsetzen von  $\theta_{\sigma}$  in die durch Formel 4.13 gegebene Berechnungsvorschrift für die Korrelation  $\rho_{PF_i,PF_j}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken und anschließender Umordnung der Terme wie in Kapitel 8.4 erhält man den durch Formel 4.27 gegebenen

funktionalen Zusammenhang zwischen der Varianz  $\sigma_{PF}$  des Portfoliorückflusses und der Korrelation  $\rho_{PF_i, PF_j}$  zwischen den Portfoliorückflüssen der Banken:

$$\rho_{PF_1, PF_2}(\sigma_{PF}, \bar{\theta}) = \frac{\theta_\sigma \cdot [\bar{\theta} \cdot \mathbf{a} + \mathbf{b}] + \bar{\theta} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}{\sqrt{\theta_\sigma^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \theta_\sigma \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}} \cdot \sqrt{\bar{\theta}^2 \cdot \mathbf{a} + 2 \cdot \bar{\theta} \cdot \mathbf{b} + \mathbf{c}}} \quad (8.7)$$

$$\text{mit} \quad \theta_\sigma = \frac{-\mathbf{b} \pm \sqrt{\mathbf{b}^2 - 4 \cdot \mathbf{a} \cdot (\mathbf{c} - \sigma_{PF}^2)}}{2 \cdot \mathbf{a}} \quad .$$

## 8.7 Entscheidungstheoretische Fundierung des Präferenzfunktional $\Phi(X) = \mu(X) - \frac{\lambda}{2} \cdot \sigma^2(X)$

Damit die sich aus dem Präferenzfunktional  $\Phi(X) = \mu(X) - \frac{\lambda}{2} \cdot \sigma^2(X)$  ergebene Präferenzordnung für die Alternativenmenge  $\mathcal{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  als rational im Sinne der Erwartungsnutzentheorie angesehen werden kann, bedarf es einer elliptischen Verteilung (bspw. der Normalverteilung) der Rückflüsse  $X_i$ . Unter dieser ergibt sich, wie im Folgenden gezeigt wird, das Präferenzfunktional  $\Phi(X)$  als das Sicherheitsäquivalent einer exponentiellen Nutzenfunktion  $u(x)$ , welche sich formal wie folgt darstellt:

$$u(x) = 1 - e^{-\lambda \cdot x} \quad .^{418} \quad (8.8)$$

Für den Fall der Normalverteilung des Rückflusses  $X$  folgt  $e^X$  wiederum einer logarithmischen Normalverteilung:

$$X \sim N(\mu, \sigma^2) \Rightarrow e^X \sim LN(\mu, \sigma^2) \quad .^{419} \quad (8.9)$$

Der Erwartungswert  $\mathbb{E}(e^X)$  der logarithmisch normalverteilten Zufallsvariable  $e^X$  sowie deren Varianz  $Var(e^X)$  ist hierbei gegeben durch:

$$\begin{aligned} \mathbb{E}(e^X) &= e^{\mu + \frac{1}{2} \cdot \sigma^2} \\ Var(e^X) &= e^{2 \cdot \mu + \sigma^2} \cdot (e^{\sigma^2} - 1) \quad . \end{aligned} \quad (8.10)$$

<sup>418</sup>Es werden ausschließlich risikoaverse Entscheider betrachtet, sodass  $\lambda > 0$  gilt.

<sup>419</sup>Eine logarithmische Normalverteilung ist eben dadurch charakterisiert, dass sie unter Logarithmierung einer Normalverteilung entspricht. Entsprechend beziehen sich die bei  $Y \sim LN(\mu, \sigma)$  angegebenen Parameter  $\mu := \mu(Y)$  und  $\sigma := \sigma(Y)$  nicht direkt auf die Zufallsvariable, sondern auf deren Logarithmierung.

Bekanntermaßen führt die lineare Transformation einer normalverteilten Zufallsvariable  $X$  erneut zu einer normalverteilten Zufallsvariable, sodass sich der Erwartungswert der dann wiederum logarithmisch normalverteilten Zufallsvariable  $e^{-\lambda \cdot X}$  wie folgt darstellen lässt:

$$\mathbb{E}\left(e^{-\lambda \cdot X}\right) = e^{-\lambda \cdot \mu + \frac{\lambda^2}{2} \cdot \sigma^2} . \quad (8.11)$$

Entsprechend ist der Erwartungsnutzen von  $X$  gegeben durch:

$$\begin{aligned} \mathbb{E}(u(X)) &= \mathbb{E}\left(1 - e^{-\lambda \cdot X}\right) , \\ &= 1 - e^{-\lambda \cdot \mu + \frac{\lambda^2}{2} \cdot \sigma^2} . \end{aligned} \quad (8.12)$$

Das Sicherheitsäquivalent des unsicheren Rückflusses  $X$  ist definiert als derjenige sichere Betrag  $CE(X)$ , dessen Nutzen dem Erwartungsnutzen des Rückflusses  $X$  entspricht:

$$\begin{aligned} u(CE(X)) &= \mathbb{E}(u(X)) \\ \Leftrightarrow CE(X) &= u^{-1}(\mathbb{E}(u(X))) . \end{aligned} \quad (8.13)$$

Die inverse Nutzenfunktion ist für den Fall der exponentiellen Nutzenfunktion gegeben durch:

$$u^{-1}(x) = -\frac{\ln(1-x)}{\lambda} . \quad (8.14)$$

Entsprechend ergibt sich das Sicherheitsäquivalent der normalverteilten Zufallsvariable  $X$  unter Annahme der exponentiellen Nutzenfunktion durch:

$$\begin{aligned} CE(X) &= u^{-1}(\mathbb{E}(u(X))) \\ &= -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln\left(1 - \left(1 - e^{-\lambda \cdot \mu + \frac{\lambda^2}{2} \cdot \sigma^2}\right)\right) \\ &= \mu - \frac{\lambda}{2} \cdot \sigma^2 . \end{aligned} \quad (8.15)$$

# Literaturverzeichnis

- ACHARYA, V. V. (2003): Is the international convergence of capital adequacy regulation desirable?, in: *The Journal of Finance*, 58(6), S. 2745–2782.
- ACHARYA, V. V. (2009): A theory of systemic risk and design of prudential bank regulation, in: *Journal of Financial Stability*, 5(3), S. 224–255.
- ACHARYA, V. V./BHARATH, S. T./SRINIVASAN, A. (2007): Does industry-wide distress affect defaulted firms? Evidence from creditor recoveries, in: *Journal of Financial Economics*, 85(3), S. 787–821.
- ACHARYA, V. V./PEDERSEN, L. H./PHILIPPON, T./RICHARDSON, M. P. (2010a): Measuring systemic risk, FRB of Cleveland Working Paper.
- ACHARYA, V. V./PEDERSEN, L. H./PHILIPPON, T./RICHARDSON, M. P. (2010b): A Tax on Systemic Risk, FRB of Cleveland Working Paper.
- ACHARYA, V. V./YORULMAZER, T. (2007): Too many to fail – an analysis of time-inconsistency in bank closure policies, in: *Journal of financial intermediation*, 16(1), S. 1–31.
- ACHARYA, V. V./YORULMAZER, T. (2008a): Cash-in-the-market pricing and optimal resolution of bank failures, in: *Review of Financial Studies*, 21(6), S. 2705–2742.
- ACHARYA, V. V./YORULMAZER, T. (2008b): Information contagion and bank herding, in: *Journal of Money, Credit and Banking*, 40(1), S. 215–231.
- ADRIAN, T./BRUNNERMEIER, M. K. (2008): CoVaR, in: FRB of New York Staff Report, 348, S. 1–37.
- AGÉNOR, P.-R./PEREIRA DA SILVA, L. A. (2014): Macroprudential regulation and the monetary transmission mechanism, in: *Journal of Financial Stability*, 13, S. 44–63.
- AIKMAN, D./NELSON, B./TANAKA, M. (2015): Reputation, risk-taking, and macroprudential policy, in: *Journal of Banking & Finance*, 50, S. 428–439.

- ALBRECHT, J./FRANÇOIS, D./SCHOORS, K. (2002): A Shapley decomposition of carbon emissions without residuals, in: *Energy Policy*, 30(9), S. 727–736.
- ALEXANDER, G. J./BAPTISTA, A. M. (2002): Economic implications of using a mean-VaR model for portfolio selection: A comparison with mean-variance analysis, in: *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26(7), S. 1159–1193.
- ALEXANDER, G. J./BAPTISTA, A. M. (2004): A Comparison of VaR and CVaR Constraints on Portfolio Selection with the Mean-Variance Model, in: *Management Science*, 50(9), S. 1261–1273.
- ALLEN, F./BABUS, A./CARLETTI, E. (2012): Asset commonality, debt maturity and systemic risk, in: *Journal of Financial Economics*, 104(3), S. 519–534.
- ALLEN, F./CARLETTI, E. (2006): Credit risk transfer and contagion, in: *Journal of Monetary Economics*, 53(1), S. 89–111.
- ALLEN, F./GALE, D. (2000): Financial contagion, in: *Journal of political economy*, 108(1), S. 1–33.
- ALLEN, F./GALE, D. (2007): Systemic risk and regulation, in: CAREY, M./STULZ, R. M. (Hrsg.), *The Risks of Financial Institutions*, Kap. 7, S. 341–376, University of Chicago Press.
- ALLEN, L./JAGTIANI, J. (2000): The risk effects of combining banking, securities, and insurance activities, in: *Journal of Economics and Business*, 52(6), S. 485–497.
- ALLEN, L./SAUNDERS, A. (2004): Incorporating systemic influences into risk measurements: A survey of the literature, in: *Journal of Financial Services Research*, 26(2), S. 161–191.
- ALNASSAR, W./AL-SHAKRCHY, E./ALMSAFIR, M. K. (2014): Credit Derivatives: Did They Exacerbate the 2007 Global Financial Crisis? AIG: Case Study, in: *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 109, S. 1026–1034.
- ANDERSEN, H. (2011): Procyclical implications of Basel II: Can the cyclicity of capital requirements be contained?, in: *Journal of Financial Stability*, 7(3), S. 138–154.
- ANDERSON, R. W./DANTHINE, J.-P. (1980): Hedging and joint production: theory and illustrations, in: *The Journal of Finance*, 35(2), S. 487–498.
- ANG, B./LIU, F./CHEW, E. (2003): Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis, in: *Energy Policy*, 31(14), S. 1561–1566.

- ANGELINI, P./MARESCA, G./RUSSO, D. (1996): Systemic risk in the netting system, in: *Journal of Banking & Finance*, 20(5), S. 853–868.
- ANGELINI, P./NERI, S./PANETTA, F. (2014): The interaction between capital requirements and monetary policy, in: *Journal of Money, Credit and Banking*, 46(6), S. 1073–1112.
- ARNOLD, B./BORIO, C./ELLIS, L./MOSHIRIAN, F. (2012): Systemic risk, macroprudential policy frameworks, monitoring financial systems and the evolution of capital adequacy, in: *Journal of Banking & Finance*, 36(12), S. 3125–3132.
- ARORA, N./GANDHI, P./LONGSTAFF, F. A. (2012): Counterparty credit risk and the credit default swap market, in: *Journal of Financial Economics*, 103(2), S. 280–293.
- ARTZNER, P./DELBAEN, F./EBER, J.-M./HEATH, D. (1999): Coherent measures of risk, in: *Mathematical finance*, 9(3), S. 203–228.
- ASEA, P. K./BLOMBERG, B. (1998): Lending cycles, in: *Journal of Econometrics*, 83(1), S. 89–128.
- ATHANASOGLU, P. P./BRISSIMIS, S. N./DELIS, M. D. (2008): Bank-specific, industry-specific and macroeconomic determinants of bank profitability, in: *Journal of international financial Markets, Institutions and Money*, 18(2), S. 121–136.
- ATHANASOGLU, P. P./DANILIDIS, I./DELIS, M. D. (2014): Bank procyclicality and output: Issues and policies, in: *Journal of Economics and Business*, 72, S. 58–83.
- AVRAMIDIS, P./PASIOURAS, F. (2015): Calculating Systemic Risk Capital: A Factor Model Approach, in: *Journal of Financial Stability*, 16, S. 138–150.
- AYUSO, J./PÉREZ, D./SAURINA, J. (2004): Are capital buffers pro-cyclical?: Evidence from Spanish panel data, in: *Journal of financial intermediation*, 13(2), S. 249–264.
- BALOGH, P. (2012): Macro Prudential Supervision Tools in the European Banking System, in: *Procedia Economics and Finance*, 3, S. 642–647.
- BAMBERG, G. (1986): The hybrid model and related approaches to capital market equilibria, in: BAMBERG, K., GÜNTHER AND SPREMANN (Hrsg.), *Capital Market Equilibria*, Springer.
- BAMBERG, G./SPREMANN, K. (1981): Implications of constant risk aversion, in: *Zeitschrift für Operations Research*, 25(7), S. 205–224.
- BAMBERG, G./TROST, R. (1996): Entscheidungen unter Risiko: Empirische Evidenz und Praktikabilität, in: *Betriebswirtschaftliche Forschung und Praxis*, 6, S. 640–662.

- BANK OF ENGLAND (2011): Limited liability and bank herding, in: Discussion Paper.
- BARNHART, S. W./KAHL, K. H./BARNHART, C. M. (1996): An empirical analysis of the alleged manipulation attempt and forced liquidation of the July 1989 soybean futures contract, in: *Journal of Futures Markets*, 16(7), S. 781–808.
- BARTHOLDI III, J. J./KEMAHLIOĞLU-ZIYA, E. (2005): Using Shapley value to allocate savings in a supply chain, in: PARDALOS, P./GEUNES, J. (Hrsg.), *Supply chain optimization*, S. 169–208, Springer.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2004): *International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: A Revised Framework*, Bank for International Settlements.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2005): *An Explanatory Note on the Basel II IRB Risk Weight Functions*, Bank for International Settlements.
- BASEL COMMITTEE ON BANKING SUPERVISION (2010): *Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems*, Bank for International Settlements.
- BASTO, R. B. (2013): A Macro-prudential Policy for Financial Stability, in: *Economic Bulletin and Financial Stability Report*, S. 73–86.
- BATTAGLIA, F./GALLO, A. (2013): Securitization and systemic risk: An empirical investigation on Italian banks over the financial crisis, in: *International Review of Financial Analysis*, 30, S. 274–286.
- BATTISTON, S./DELLI GATTI, D./GALLEGATI, M./GREENWALD, B./STIGLITZ, J. E. (2012a): Liaisons dangereuses: Increasing connectivity, risk sharing, and systemic risk, in: *Journal of Economic Dynamics and Control*, 36(8), S. 1121–1141.
- BATTISTON, S./GATTI, D. D./GALLEGATI, M./GREENWALD, B./STIGLITZ, J. E. (2012b): Default cascades: When does risk diversification increase stability?, in: *Journal of Financial Stability*, 8(3), S. 138–149.
- BEDENDO, M./BRUNO, B. (2012): Credit risk transfer in US commercial banks: What changed during the 2007–2009 crisis?, in: *Journal of Banking & Finance*, 36(12), S. 3260–3273.
- BENIGNO, G./CHEN, H./OTROK, C./REBUCCI, A./YOUNG, E. R. (2013): Financial crises and macro-prudential policies, in: *Journal of International Economics*, 89(2), S. 453–470.

- BERGER, A. N./UDELL, G. F. (1994): Did risk-based capital allocate bank credit and cause a "credit crunch" in the United States?, in: *Journal of Money, Credit and Banking*, 26(3), S. 585–628.
- BERGER, A. N./UDELL, G. F. (2004): The institutional memory hypothesis and the procyclicality of bank lending behavior, in: *Journal of financial intermediation*, 13(4), S. 458–495.
- BERGER, P. G./OFEK, E. (1995): Diversification's effect on firm value, in: *Journal of financial economics*, 37(1), S. 39–65.
- BERGER, P. G./OFEK, E./SWARY, I. (1996): Investor valuation of the abandonment option, in: *Journal of Financial Economics*, 42(2), S. 257–287.
- BERNANKE, B./GERTLER, M. (1989): Agency costs, net worth, and business fluctuations, in: *The American Economic Review*, S. 14–31.
- BERNANKE, B./GERTLER, M./GILCHRIST, S. (1996): The Financial Accelerator and the Flight to Quality, in: *The Review of Economics and Statistics*, 78(1), S. 1–15.
- BERNANKE, B. S./LOWN, C. S./FRIEDMAN, B. M. (1991): The credit crunch, in: *Brookings papers on economic activity*, 2, S. 205–247.
- BERNINGHAUS, S./EHRHART, K.-M./GÜTH, W. (2010): *Strategische Spiele: eine Einführung in die Spieltheorie*, Springer-Verlag.
- BERROSPIDE, J. M./EDGE, R. M. (2010): The Effects of Bank Capital on Lending: What Do We Know, and What Does It Mean?, in: *International Journal of Central Banking*, 6(4), S. 5–54.
- BESSEMBINDER, H./LEMMON, M. L. (2002): Equilibrium pricing and optimal hedging in electricity forward markets, in: *the Journal of Finance*, 57(3), S. 1347–1382.
- BIANCHI, J./MENDOZA, E. G. (2010): Overborrowing, Financial Crises and „Macroprudential“ Taxes.
- BIKKER, J. A./METZEMAKERS, P. A. (2005): Bank provisioning behaviour and procyclicality, in: *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 15(2), S. 141–157.
- BILBAO, J. (1998): Axioms for the Shapley value on convex geometries, in: *European Journal of Operational Research*, 110(2), S. 368–376.

- BILLIO, M./GETMANSKY, M./LO, A. W./PELIZZON, L. (2012): Econometric measures of connectedness and systemic risk in the finance and insurance sectors, in: *Journal of Financial Economics*, 104(3), S. 535–559.
- BIMPIKIS, K./TAHBAZ-SALEHI, A. (2012): Inefficient Diversification, in: *Columbia Business School Research Paper*, 13(1), S. 1–29.
- BIS (2010): Guidance for national authorities operating the countercyclical capital buffer, in: *Bank for International Settlements Research Paper*.
- BIS (2011): Basel III: A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems, in: *Bank for International Settlements Research Paper*.
- BLACK, F./SCHOLES, M. (1973): The pricing of options and corporate liabilities, in: *The journal of political economy*, 81(3), S. 637–654.
- BLAVARG, M./NIMANDER, P. (2001): Interbank exposures and systemic risk, in: *Sveriges Riksbank Economic Review*, 2, S. 287–305.
- BLISS, R. R./KAUFMAN, G. G. (2006): Derivatives and systemic risk: Netting, collateral, and closeout, in: *Journal of Financial Stability*, 2(1), S. 55–70.
- BLUHM, M./KRAHNEN, J. P. (2014): Systemic risk in an interconnected banking system with endogenous asset markets, in: *Journal of Financial Stability*, 13, S. 75–94.
- BOLLEN, N. P. (1998): A note on the impact of options on stock return volatility, in: *Journal of banking & Finance*, 22(9), S. 1181–1191.
- BOLTON, P./OEHMKE, M. (2013): Strategic conduct in credit derivative markets, in: *International Journal of Industrial Organization*, 31(5), S. 652–658.
- BONGINI, P./NIERI, L./PELAGATTI, M. (2015): The importance of being systemically important financial institutions, in: *Journal of Banking & Finance*, 50, S. 562–574.
- BORIO, C. (2011): Implementing a macroprudential framework: Blending boldness and realism, in: *Capitalism and Society*, 6(1), S. 1–23.
- BORIO, C. E./SHIM, I. (2007): What can (macro-) prudential policy do to support monetary policy?, *Bank for International Settlements*.
- BÖRNER, M. (2013): (Über-)Diversifikation, systemischer Risikoanreiz und makroprudentielle Bankenregulierung: Theoretische Erklärungsansätze und empirischer Befund, *Diplomarbeit, Friedrich-Schiller-Universität, Jena*.

- BOSS, M./SUMMER, M./THURNER, S. (2004): Contagion flow through banking networks, in: MARIAN BUBAK, P. M. A. S., GEERT DICK VAN ALBADA/DONGARRA, J. (Hrsg.), Computational Science-ICCS 2004, S. 1070–1077, Springer.
- BOUVATIER, V./LEPETIT, L. (2008): Banks' procyclical behavior: Does provisioning matter?, in: Journal of international financial markets, institutions and money, 18(5), S. 513–526.
- BREWER III, E./JAGTIANI, J. (2013): How much did banks pay to become Too-Big-To-Fail and to become systemically Important?, in: Journal of Financial Services Research, 43(1), S. 1–35.
- BREWER III, E./MINTON, B. A./MOSER, J. T. (2000): Interest-rate derivatives and bank lending, in: Journal of Banking & Finance, 24(3), S. 353–379.
- VAN DEN BRINK, R. (2002): An axiomatization of the Shapley value using a fairness property, in: International Journal of Game Theory, 30(3), S. 309–319.
- VAN DEN BRINK, R./VAN DER LAAN, G. (1998): Axiomatizations of the normalized Banzhaf value and the Shapley value, in: Social Choice and Welfare, 15(4), S. 567–582.
- BROCKETT, P. L./GOLDENS, L. L./WEN, M.-M./YANG, C. C. (2009): Pricing weather derivatives using the indifference pricing approach, in: North American Actuarial Journal, 13(3), S. 303–315.
- BROUWER, L. E. J. (1911): Über abbildung von mannigfaltigkeiten, in: Mathematische Annalen, 71(1), S. 97–115.
- BRUNNERMEIER, M. K. (2009): Deciphering the Liquidity and Credit Crunch 2007–2008, in: The Journal of Economic Perspectives, 23(1), S. 77–100.
- BRUSCO, S./CASTIGLIONESI, F. (2007): Liquidity coinsurance, moral hazard, and financial contagion, in: The Journal of Finance, 62(5), S. 2275–2302.
- BUNCIC, D./MELECKY, M. (2013): Macroprudential stress testing of credit risk: A practical approach for policy makers, in: Journal of Financial Stability, 9(3), S. 347–370.
- CALISTRU, R. A. (2012): The Credit Derivatives Market—A Threat to Financial Stability?, in: Procedia-Social and Behavioral Sciences, 58, S. 552–559.
- CAMPA, J. M./KEDIA, S. (2002): Explaining the diversification discount, in: The Journal of Finance, 57(4), S. 1731–1762.

- CANEDO, J. M. D./JARAMILLO, S. M. (2009): A network model of systemic risk: stress testing the banking system, in: *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 16(1-2), S. 87–110.
- CAO, H. H. (1999): The effect of derivative assets on information acquisition and price behavior in a rational expectations equilibrium, in: *Review of Financial Studies*, 12(1), S. 131–163.
- CAPELLE-BLANCARD, G. (2010): Are Derivatives Dangerous? A Literature Survey, in: *International Economics*, 123, S. 67–89.
- CAPRIO, G./KLINGEBIEL, D. (2002): Episodes of systemic and borderline banking crises, in: *Managing the Real and Fiscal Effects of Banking Crises*, 428, S. 31–49.
- CARLSTROM, C. T./FUERST, T. S. (1997): Agency costs, net worth, and business fluctuations: A computable general equilibrium analysis, in: *The American Economic Review*, 87(5), S. 893–910.
- CARRON, A. S./FRIEDMAN, B. M. (1982): Financial crises: recent experience in US and international markets, in: *Brookings Papers on Economic Activity*, 1982(2), S. 395–422.
- CASTIGLIONESI, F./FERIOZZI, F./LÓRÁNT, G./PELIZZON, L. (2014): Liquidity coinsurance and bank capital, in: *Journal of Money, Credit and Banking*, 46(2-3), S. 409–443.
- CASTRÉN, O./RANCAN, M. (2014): Macro-Networks An Application to Euro Area Financial Accounts, in: *Journal of Banking & Finance*, 46, S. 43–58.
- CASTRO, C./FERRARI, S. (2014): Measuring and testing for the systemically important financial institutions, in: *Journal of Empirical Finance*, 25, S. 1–14.
- CATARINEU-RABELL, E./JACKSON, P./TSOMOCOS, D. P. (2005): Procyclicality and the new Basel Accord-banks' choice of loan rating system, in: *Economic Theory*, 26(3), S. 537–557.
- CHAKRAVARTY, S./FONSECA, M. A./KAPLAN, T. R. (2014): An experiment on the causes of bank run contagions, in: *European Economic Review*, 72, S. 39–51.
- CHAKRAVARTY, S./GULEN, H./MAYHEW, S. (2004): Informed trading in stock and option markets, in: *The Journal of Finance*, 59(3), S. 1235–1258.
- CHAKRAVORTI, S. (2000): Analysis of systemic risk in multilateral net settlement systems, in: *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 10(1), S. 9–30.

- CHEN, C. R./STEINER, T. L./WHYTE, A. M. (2006): Does stock option-based executive compensation induce risk-taking? An analysis of the banking industry, in: *Journal of Banking & Finance*, 30(3), S. 915–945.
- CHIROLEU-ASSOULINE, M./FODHA, M. (2014): From regressive pollution taxes to progressive environmental tax reforms, in: *European Economic Review*, 69, S. 126–142.
- CHUN, Y. (1989): A new axiomatization of the Shapley value, in: *Games and Economic Behavior*, 1(2), S. 119–130.
- CIFUENTES, R./FERRUCCI, G./SHIN, H. S. (2005): Liquidity risk and contagion, in: *Journal of the European Economic Association*, 3(2-3), S. 556–566.
- CLAESSENS, S./DJANKOV, S./KLINGEBIEL, D./ ET AL. (2001): Financial Restructuring in East Asia: Halfway There?, in: STIJN CLAESSENS, S. D./MODY, A. (Hrsg.), *Resolution of Financial Distress*, Kap. 10, S. 229–259, World Bank.
- CLEMENT, P. (2010): The term „macroprudential“: Origins and evolution, in: *BIS Quarterly Review*, 6, S. 59–67.
- COCCO, J. F./GOMES, F. J./MARTINS, N. C. (2009): Lending relationships in the inter-bank market, in: *Journal of Financial Intermediation*, 18(1), S. 24–48.
- COLLETAZ, G./HURLIN, C./PÉRIGNON, C. (2013): The Risk Map: A new tool for validating risk models, in: *Journal of Banking & Finance*, 37(10), S. 3843–3854.
- COLLIN, M./DRUANT, M./FERRARI, S. (2014): Macroprudential policy in the banking sector: framework and instruments, in: *Financial Stability Review*, 12(1), S. 85–97.
- CONRAD, J. (1989): The Price Effect of Option Introduction, in: *Journal of Finance*, 44(2), S. 487–498.
- COOPERMAN, E. S./LEE, W. B./WOLFE, G. A. (1992): The 1985 Ohio thrift crisis, the FSLIC’s solvency, and rate contagion for retail CDs, in: *The Journal of Finance*, 47(3), S. 919–941.
- CORDELLA, T./YEYATI, E. L. (2003): Bank bailouts: moral hazard vs. value effect, in: *Journal of Financial Intermediation*, 12(4), S. 300–330.
- COURNOT, A.-A. (1838): *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses*, Hachette.
- COX, T. H./BLAKE, S. (1991): Managing cultural diversity: Implications for organizational competitiveness, in: *The Executive*, 5(3), S. 45–56.

- CROCKETT, A. (2000): Marrying the micro-and macro-prudential dimensions of financial stability, BIS speeches.
- CRUIJSSEN, F./BORM, P./FLEUREN, H./HAMERS, H. (2010): Supplier-initiated outsourcing: A methodology to exploit synergy in transportation, in: *European Journal of Operational Research*, 207(2), S. 763–774.
- CUKIERMAN, A./IZHAKIAN, Y. (2015): Bailout uncertainty in a microfounded general equilibrium model of the financial system, in: *Journal of Banking & Finance*, 52, S. 160–179.
- CUMMINS, J. D./WEISS, M. A. (2014): Systemic risk and the US insurance sector, in: *Journal of Risk and Insurance*, 81(3), S. 489–528.
- DAS, S./KALIMIPALLI, M./NAYAK, S. (2014): Did CDS trading improve the market for corporate bonds?, in: *Journal of Financial Economics*, 111(2), S. 495–525.
- DASGUPTA, A. (2004): Financial Contagion through Capital Connections: A Model of the Origin and Spread of Bank Panics, in: *Journal of the European Economic Association*, 2(6), S. 1049–1084.
- DASGUPTA, P./MASKIN, E. (1986a): The existence of equilibrium in discontinuous economic games, I: Theory, in: *The Review of economic studies*, S. 1–26.
- DASGUPTA, P./MASKIN, E. (1986b): The Existence of Equilibrium in Discontinuous Economic Games, II: Applications, in: *The Review of economic studies*, S. 27–41.
- DE GIORGI, E. G. (2002): A note on portfolio selection under various risk measures, Institute for Empirical Research, University of Zurich.
- DEGRYSE, H./NGUYEN, G. (2007): Interbank exposures: An empirical examination of contagion risk in the Belgian banking system, in: *International Journal of Central Banking*, 3(2), S. 123–171.
- DELIS, M. D./TRAN, K. C./TSIONAS, E. G. (2012): Quantifying and explaining parameter heterogeneity in the capital regulation-bank risk nexus, in: *Journal of Financial Stability*, 8(2), S. 57–68.
- DELL'ARICCIA, G./MARQUEZ, R. (2006): Lending booms and lending standards, in: *The Journal of Finance*, 61(5), S. 2511–2546.
- DEMARZO, P./DUFFIE, D. (1999): A liquidity-based model of security design, in: *Econometrica*, 67(1), S. 65–99.

- DEMARZO, P. M. (2005): The pooling and tranching of securities: A model of informed intermediation, in: *Review of Financial Studies*, 18(1), S. 1–35.
- DENAULT, M. (2001): Coherent allocation of risk capital, in: *Journal of risk*, 4, S. 1–34.
- DIAMOND, D. W./DYBVIK, P. H. (1983): Bank runs, deposit insurance, and liquidity, in: *The journal of political economy*, 91(3), S. 401–419.
- DIAMOND, D. W./RAJAN, R. G. (2005): Liquidity shortages and banking crises, in: *The Journal of Finance*, 60(2), S. 615–647.
- DITTMAR, R. F. (2002): Nonlinear pricing kernels, kurtosis preference, and evidence from the cross section of equity returns, in: *The Journal of Finance*, 57(1), S. 369–403.
- DOHERTY, N. A./RICHTER, A. (2002): Moral hazard, basis risk, and gap insurance, in: *Journal of Risk and Insurance*, 69(1), S. 9–24.
- DONG, B./NI, D./WANG, Y. (2012): Sharing a polluted river network, in: *Environmental and Resource Economics*, 53(3), S. 367–387.
- DREHMANN, M./BORIO, C. E./GAMBACORTA, L./JIMENEZ, G./TRUCHARTE, C. (2010): Countercyclical capital buffers: exploring options, Bank for International Settlements Research Paper.
- DREHMANN, M./TARASHEV, N. (2013): Measuring the systemic importance of interconnected banks, in: *Journal of Financial Intermediation*, 22(4), S. 586–607.
- DRUMOND, I. (2009): Bank capital requirements, business cycle fluctuations and the Basel Accords: a synthesis, in: *Journal of Economic Surveys*, 23(5), S. 798–830.
- DUBEY, P. (1982): The shapley value as aircraft landing fees–revisited, in: *Management Science*, 28(8), S. 869–874.
- DUFFEE, G. R./ZHOU, C. (2001): Credit derivatives in banking: Useful tools for managing risk?, in: *Journal of Monetary Economics*, 48(1), S. 25–54.
- DUFFIE, D./RICHARDSON, H. R. (1991): Mean-variance hedging in continuous time, in: *The Annals of Applied Probability*, 1(1), S. 1–15.
- EASLEY, D./O’HARA, M./SRINIVAS, P. S. (1998): Option volume and stock prices: Evidence on where informed traders trade, in: *The Journal of Finance*, 53(2), S. 431–465.
- EDGE, R. M./MEISENZAHN, R. R. (2011): The Unreliability of Credit-to-GDP Ratio Gaps in Real Time: Implications for Countercyclical Capital Buffers, in: *International Journal of Central Banking*, 7(4), S. 261–298.

- EICHBERGER, J./SUMMER, M. (2005): Bank capital, liquidity, and systemic risk, in: *Journal of the European Economic Association*, 3(2-3), S. 547–555.
- ELLIS, L./HALDANE, A./MOSHIRIAN, F. (2014): Systemic risk, governance and global financial stability, in: *Journal of Banking & Finance*, 45, S. 175–181.
- ELSINGER, H./LEHAR, A./SUMMER, M. (2006a): Risk assessment for banking systems, in: *Management science*, 52(9), S. 1301–1314.
- ELSINGER, H./LEHAR, A./SUMMER, M. (2006b): Systemically important banks: an analysis for the European banking system, in: *International Economics and Economic Policy*, 3(1), S. 73–89.
- ELSINGER, H./LEHAR, A./SUMMERC, M. (2006c): Using Market Information for Banking System Risk Assessment, in: *International Journal of Central Banking*, 2(1), S. 137–165.
- ELUL, R. (1995): Welfare effects of financial innovation in incomplete markets economies with several consumption goods, in: *Journal of Economic Theory*, 65(1), S. 43–78.
- ENGELBRECHT, G./VOS, A. (2009): On the use of the Shapley Value in Political Conflict Resolution, in: *Scientia Militaria: South African Journal of Military Studies*, 37(1), S. 73–94.
- ESRB (2014a): The ESRB Handbook on Operationalising Macro-prudential Policy in the Banking Sector, European Systemic Risk Board working paper.
- ESRB (2014b): Flagship Report on Macro-prudential Policy in the Banking Sector, European Systemic Risk Board working paper.
- ESRB (2014c): Operationalising the countercyclical capital buffer: indicator selection, threshold identification and calibration options, in: *European Systemic Risk Board Occasional Paper Series*, 5, S. 1–95.
- FANG, H./LAI, T.-Y. (1997): Co-kurtosis and Capital Asset Pricing, in: *Financial Review*, 32(2), S. 293–307.
- FILIS, G./FLOROS, C./ECKELS, B. (2011): Option listing, returns and volatility: evidence from Greece, in: *Applied Financial Economics*, 21(19), S. 1423–1435.
- FLANNERY, M. J./KWAN, S. H./NIMALENDRAN, M. (2013): The 2007–2009 financial crisis and bank opaqueness, in: *Journal of Financial Intermediation*, 22(1), S. 55–84.
- FRANCIS, J. (1990): Accounting for futures contracts and the effect on earnings variability, in: *Accounting Review*, 65(4), S. 891–910.

- FRATIANNI, M./MARCHIONNE, F. (2013): The banking bailout of the subprime crisis: Was the bang worth the buck?, in: *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 23, S. 240–264.
- FREEMAN, L. C. (1977): A set of measures of centrality based on betweenness, in: *Sociometry*, 40(1), S. 35–41.
- FREEMAN, L. C. (1979): Centrality in social networks conceptual clarification, in: *Social Networks*, 1(3), S. 215–239.
- FREIXAS, X./PARIGI, B. (1998): Contagion and efficiency in gross and net interbank payment systems, in: *Journal of Financial Intermediation*, 7(1), S. 3–31.
- FREIXAS, X./PARIGI, B. M./ROCHET, J.-C. (2000): Systemic risk, interbank relations, and liquidity provision by the central bank, in: *Journal of money, credit and banking*, 32(3), S. 611–638.
- FREUND, R. J. (1956): The introduction of risk into a programming model, in: *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, S. 253–263.
- FRIEDKIN, N. E. (1991): Theoretical foundations for centrality measures, in: *American journal of Sociology*, 96(6), S. 1478–1504.
- FRIEDMAN, J. W. (1990): *Game theory with applications to economics*, Oxford University Press New York.
- FRISK, M./GÖTHE-LUNDGREN, M./JÖRNSTEN, K./RÖNNQVIST, M. (2010): Cost allocation in collaborative forest transportation, in: *European Journal of Operational Research*, 205(2), S. 448–458.
- FROOT, K. A./SCHARFSTEIN, D. S./STEIN, J. C. (1993): Risk management: Coordinating corporate investment and financing policies, in: *the Journal of Finance*, 48(5), S. 1629–1658.
- FROOT, K. A./STEIN, J. C. (1998): Risk management, capital budgeting, and capital structure policy for financial institutions: an integrated approach, in: *Journal of Financial Economics*, 47(1), S. 55–82.
- FURFINE, C. H. (2003): Interbank Exposures: Quantifying the Risk of Contagion, in: *Journal of Money, Credit and Banking*, 35(1), S. 111–128.
- GAI, P./KAPADIA, S. (2010): Contagion in financial networks, in: *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Science*, 466(2120), S. 2401–2423.

- GALATI, G./MOESSNER, R. (2013): Macroprudential policy—a literature review, in: *Journal of Economic Surveys*, 27(5), S. 846–878.
- GATELY, D. (1974): Sharing the gains from regional cooperation: A game theoretic application to planning investment in electric power, in: *International Economic Review*, 15(1), S. 195–208.
- GAUTHIER, C./LEHAR, A./SOUISSI, M. (2012): Macroprudential capital requirements and systemic risk, in: *Journal of Financial Intermediation*, 21(4), S. 594–618.
- GEORG, C.-P. (2013): The effect of the interbank network structure on contagion and common shocks, in: *Journal of Banking & Finance*, 37(7), S. 2216–2228.
- GHOSSOUB, E. A./REED, R. R. (2015): The size distribution of the banking sector and the effects of monetary policy, in: *European Economic Review*, 75, S. 156–176.
- GIESECKE, K./WEBER, S. (2006): Credit contagion and aggregate losses, in: *Journal of Economic Dynamics and Control*, 30(5), S. 741–767.
- GIRARDI, G./ERGÜN, T. A. (2013): Systemic risk measurement: Multivariate GARCH estimation of CoVaR, in: *Journal of Banking & Finance*, 37(8), S. 3169–3180.
- GOLDSTEIN, I./PAUZNER, A. (2004): Contagion of self-fulfilling financial crises due to diversification of investment portfolios, in: *Journal of Economic Theory*, 119(1), S. 151–183.
- GÓMEZ, F. (2015): Failed bank takeovers and financial stability, in: *Journal of Financial Stability*, 16, S. 45–58.
- GOODHART, C./HOFMANN, B./SEGOVIANO, M. (2004): Bank regulation and macroeconomic fluctuations, in: *Oxford review of economic Policy*, 20(4), S. 591–615.
- GORDY, M. B./HOWELLS, B. (2006): Procyclicality in Basel II: Can we treat the disease without killing the patient?, in: *Journal of Financial Intermediation*, 15(3), S. 395–417.
- GORMLEY, T. A./JOHNSON, S./RHEE, C. (2015): Ending „Too Big To Fail“: Government Promises Versus Investor Perceptions, in: *Review of Finance*, 19(2), S. 491–518.
- GORTON, G./HUANG, L. (2004): Liquidity, Efficiency, and Bank Bailouts, in: *The American Economic Review*, 94(3), S. 455–483.
- GRAHAM, D. A./MARSHALL, R. C./RICHARD, J.-F. (1990): Differential payments within a bidder coalition and the Shapley value, in: *The American Economic Review*, 80(3), S. 493–510.

- GRAHAM, J. R./LEMMON, M. L./WOLF, J. G. (2002): Does corporate diversification destroy value?, in: *The Journal of Finance*, 57(2), S. 695–720.
- GRAHN-VOORNEVELD, S. (2012): Sharing costs in Swedish road ownership associations, in: *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(4), S. 645–651.
- GRAVELLE, T./LI, F. (2013): Measuring systemic importance of financial institutions: An extreme value theory approach, in: *Journal of Banking & Finance*, 37(7), S. 2196–2209.
- GROPP, R./VESALA, J. (2004): Deposit insurance, moral hazard and market monitoring, in: *Review of Finance*, 8(4), S. 571–602.
- GULAMHUSSEN, M./PINHEIRO, C./POZZOLO, A. F. (2014): International diversification and risk of multinational banks: evidence from the pre-crisis period, in: *Journal of Financial Stability*, 13, S. 30–43.
- HALDANE, A. G./ ET AL. (2009): Rethinking the financial network, Speech delivered at the Financial Student Association, Amsterdam, April.
- HANSON, S. G./KASHYAP, A. K./STEIN, J. C. (2011): A macroprudential approach to financial regulation, in: *The Journal of Economic Perspectives*, 25(1), S. 3–28.
- HAQ, M./HEANEY, R. (2012): Factors determining European bank risk, in: *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 22(4), S. 696–718.
- HARDOUVELIS, G. A. (2010): Actions for a less procyclical financial system, in: *Economy & Markets, Eurobank Research*, 5(5), S. 1–33.
- HART, O. D. (1975): On the optimality of equilibrium when the market structure is incomplete, in: *Journal of Economic Theory*, 11(3), S. 418–443.
- HARTMANN, P. (2015): Real Estate Markets and Macroprudential Policy in Europe, in: *Journal of Money, Credit and Banking*, 47(1), S. 69–80.
- HAUTSCH, N./SCHAUMBURG, J./SCHIENLE, M. (2014): Forecasting systemic impact in financial networks, in: *International Journal of Forecasting*, 30, S. 781–794.
- HAUTSCH, N./SCHAUMBURG, J./SCHIENLE, M. (2015): Financial network systemic risk contributions, in: *Review of Finance*, 19, S. 685–738.
- HEID, F. (2007): The cyclical effects of the Basel II capital requirements, in: *Journal of Banking & Finance*, 31(12), S. 3885–3900.

- HELLWIG, M. (1994): Liquidity provision, banking, and the allocation of interest rate risk, in: *European Economic Review*, 38(7), S. 1363–1389.
- HELLWIG, M. (1995): Systemic Aspects of Risk Management in Banking and Finance, in: *Swiss Journal of Economics and Statistics (SJES)*, 131(IV), S. 723–737.
- HELLWIG, M. (1998): Banks, Markets, and the Allocation of Risks in an Economy, in: *Journal of Institutional and theoretical Economics*, 154(1), S. 328–345.
- HENTSCHEL, L./KOTHARI, S. (2001): Are Corporations Reducing or Taking Risks with Derivatives?, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 36(1), S. 93–118.
- HIRTLE, B. (2009): Credit derivatives and bank credit supply, in: *Journal of Financial Intermediation*, 18(2), S. 125–150.
- HOLLER, M. J./ILLING, G. (2009): *Einführung in die Spieltheorie*, Springer-Verlag.
- HONKAPOHJA, S. (2014): Financial Crises: Lessons from the Nordic Experience, in: *Journal of Financial Stability*, 13, S. 193–201.
- HONOHAN, P./KLINGEBIEL, D. (2002): Controlling the Fiscal Costs of Banking Crises, in: KLINGEBIEL, D./LAEVEN, L. (Hrsg.), *Managing the Real and Fiscal Effects of Banking Crises*, Bd. 428, S. 15–29, World Bank.
- HOQUE, H./ANDRIOSOPOULOS, D./ANDRIOSOPOULOS, K./DOUADY, R. (2015): Bank regulation, risk and return: Evidence from the credit and sovereign debt crises, in: *Journal of Banking & Finance*, 50, S. 455–474.
- HRYCKIEWICZ, A. (2014): What do we know about the impact of government interventions in the banking sector? An assessment of various bailout programs on bank behavior, in: *Journal of Banking & Finance*, 46, S. 246–265.
- HU, H. T./BLACK, B. (2008): Debt, equity and hybrid decoupling: Governance and systemic risk implications, in: *European Financial Management*, 14(4), S. 663–709.
- HUANG, X./ZHOU, H./ZHU, H. (2009): A framework for assessing the systemic risk of major financial institutions, in: *Journal of Banking & Finance*, 33(11), S. 2036–2049.
- HUANG, X./ZHOU, H./ZHU, H. (2012a): Assessing the systemic risk of a heterogeneous portfolio of banks during the recent financial crisis, in: *Journal of Financial Stability*, 8(3), S. 193–205.
- HUANG, X./ZHOU, H./ZHU, H. (2012b): Systemic risk contributions, in: *Journal of financial services research*, 42(1-2), S. 55–83.

- DI IASIO, G. (2013): Incentives and financial crises: Microfounded macroprudential regulation, in: *Journal of Financial Intermediation*, 22(4), S. 627–638.
- IBRAGIMOV, R./JAFEE, D./WALDEN, J. (2011): Diversification disasters, in: *Journal of financial economics*, 99(2), S. 333–348.
- IMF (2010): Global Financial Stability Report. Meeting New Challenges to Stability and Building a Safer System, Global financial stability report.
- INTEFJORD, N. (2005): Risk and hedging: Do credit derivatives increase bank risk?, in: *Journal of Banking & Finance*, 29(2), S. 333–345.
- IORI, G./DE MASI, G./PRECUP, O. V./GABBI, G./CALDARELLI, G. (2008): A network analysis of the Italian overnight money market, in: *Journal of Economic Dynamics and Control*, 32(1), S. 259–278.
- IORI, G./JAFAREY, S./PADILLA, F. G. (2006): Systemic risk on the interbank market, in: *Journal of Economic Behavior & Organization*, 61(4), S. 525–542.
- JACKLIN, C. J./BHATTACHARYA, S. (1988): Distinguishing panics and information-based bank runs: Welfare and policy implications, in: *The Journal of Political Economy*, 96(3), S. 568–592.
- JACQUES, K. T. (2010): Procyclicality, bank lending, and the macroeconomic implications of a revised Basel accord, in: *Financial Review*, 45(4), S. 915–930.
- JÄGER-AMBROZEWICZ, M. (2012): Closed Form Solutions of Measures of Systemic Risk, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.
- JAMES, C. (1991): The losses realized in bank failures, in: *The Journal of Finance*, 46(4), S. 1223–1242.
- JAYANTI, S./WHYTE, A. M. (1996): Global Contagion Effects of the Continental Illinois Failure, in: *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 6, S. 87–99.
- JENSEN, M. C. (1986): Agency costs of free cash flow, corporate finance, and takeovers, in: *The American economic review*, 76(2), S. 323–329.
- JENSEN, M. C./MECKLING, W. H. (1976): Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure, in: *Journal of financial economics*, 3(4), S. 305–360.
- JIMÉNEZ, G./SAURINA, J. (2006): Credit Cycles, Credit Risk, and Prudential Regulation, in: *International Journal of Central Banking*, 2(2).

- JOKIPII, T./MILNE, A. (2008): The cyclical behaviour of European bank capital buffers, in: *Journal of banking & finance*, 32(8), S. 1440–1451.
- JOKIVUOLLE, E./KIEMA, I./VESALA, T. (2013): Why Do We Need Countercyclical Capital Requirements?, in: *Journal of Financial Services Research*, 46(1), S. 55–76.
- KAKUTANI, S. (1941): A generalization of Brouwer’s fixed point theorem, in: *Duke Mathematical Journal*, 8(3), S. 457–459.
- KAR, A. (2002): Axiomatization of the Shapley value on minimum cost spanning tree games, in: *Games and Economic Behavior*, 38(2), S. 265–277.
- KAREEV, Y. (1992): Not that bad after all: Generation of random sequences., in: *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(4), S. 1189–1194.
- KASHYAP, A. K./STEIN, J. C. (2004): Cyclical implications of the Basel II capital standards, in: *Economic Perspectives*, QI, S. 18–31.
- KAUFMAN, G. G. (2014): Too big to fail in Banking: What does it mean?, in: *Journal of Financial Stability*, 13, S. 214–223.
- KILDUFF, M./ANGELMAR, R./MEHRA, A. (2000): Top management-team diversity and firm performance: Examining the role of cognitions, in: *Organization Science*, 11(1), S. 21–34.
- KIYOTAKI, N./MOORE, J. (1997): Credit Cycles, in: *The Journal of Political Economy*, 105(2), S. 211–248.
- KIYOTAKI, N./MOORE, J. (2002): Balance-sheet contagion, in: *American Economic Review*, 92(2), S. 46–50.
- KLEINBERG, N. L./WEISS, J. H. (1985): A new formula for the Shapley value, in: *Economics Letters*, 17(4), S. 311–315.
- KLEINOW, J./HORSCH, A. (2014): The impact of state guarantees on banks’ ratings and risk behaviour, in: *Journal of Governance and Regulation*, 3(1), S. 42–57.
- KNIGHT, D./PEARCE, C. L./SMITH, K. G./OLIAN, J. D./SIMS, H. P./SMITH, K. A./FLOOD, P. (1999): Top management team diversity, group process, and strategic consensus, in: *Strategic Management Journal*, 20(5), S. 445–465.
- KRAUS, A./LITZENBERGER, R. H. (1976): Skewness preference and the valuation of risk assets\*, in: *The Journal of Finance*, 31(4), S. 1085–1100.

- KRAUSE, A./GIANSANTE, S. (2012): Interbank lending and the spread of bank failures: A network model of systemic risk, in: *Journal of Economic Behavior & Organization*, 83(3), S. 583–608.
- KUHN, H. W./TUCKER, A. W. (1951): Nonlinear programming, in: NEYMAN, J. (Hrsg.), *Proceedings of second Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, S. 481–492, University of California Press.
- KUIPERS, J./MOSQUERA, M. A./ZARZUELO, J. M. (2013): Sharing costs in highways: A game theoretic approach, in: *European Journal of Operational Research*, 228(1), S. 158–168.
- KUMAR, P./SEPPI, D. J. (1992): Futures manipulation with „cash settlement“, in: *The Journal of Finance*, 47(4), S. 1485–1502.
- KÜRSTEN, W. (1991): Optimale fix-variable Kreditkontrakte: Zinsänderungsrisiko, Kreditausfallrisiko und Financial Futures Hedging, in: *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 43(10), S. 867–891.
- KÜRSTEN, W. (1995): Risky Debt, Managerial Ownership and Capital Structure: New Fundamental Doubts on the Classical Agency Approach, in: *Journal of Institutional and Theoretical Economics (JITE) / Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 151(3), S. 526–555.
- KÜRSTEN, W. (1997): Standardhedging, Simultanhedging und Portefeuille-Theorie, in: *Wirtschaftswissenschaftliches Studium*, 26(3), S. 119–123.
- KÜRSTEN, W. (2001a): Marktrisiko des Handelsbuches einer Modell-Universalbank und Adverse Regulierungseffekte des „neuen“ Grundsatzes I, in: STÜTZEL, W. (Hrsg.), *Moderne Konzepte für Finanzmärkte, Beschäftigung und Wirtschaftsverfassung*, S. 63–80, Mohr Siebeck.
- KÜRSTEN, W. (2001b): Stock Options, Managerentscheidungen und (eigentliches) Aktionärsinteresse: Korrekturbedarfe einer fehlgeleiteten Diskussion um „anreizkompatible“ Vergütungsdesigns, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 71(3), S. 249–270.
- KÜRSTEN, W. (2002): Managerentlohnung, Risikopolitik und Stakeholder-Interessen – Eine theoretische Analyse der Konsequenzen von Aktienoptionsplänen, in: STÜTZEL, W. (Hrsg.), *Corporate Governance*, S. 175–190, Springer.
- KÜRSTEN, W. (2006a): Corporate Hedging, Stakeholderinteresse und Shareholder Value, in: *Journal für Betriebswirtschaft*, 56(1), S. 3–31.

- KÜRSTEN, W. (2006b): Risikomanagement und aktionärsorientierte Unternehmenssteuerung – mehr Fragen als Antworten, in: KÜRSTEN, W./NIETERT, B. (Hrsg.), Kapitalmarkt, Unternehmensfinanzierung und rationale Entscheidungen, S. 179–204, Springer.
- KÜRSTEN, W./LINDE, R. (2011): Corporate hedging versus risk-shifting in financially constrained firms: the time-horizon matters!, in: *Journal of Corporate Finance*, 17(3), S. 502–525.
- KÜRSTEN, W./MECKL, R./KROSTEWITZ, A. (2007): Value-Based M&A-Management – der M&A-Prozess im Lichte des Shareholder Value-Prinzips, in: *Die Unternehmung*, 61(2), S. 157–178.
- LADLEY, D. (2013): Contagion and risk-sharing on the inter-bank market, in: *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37(7), S. 1384–1400.
- LAEVEN, L./LEVINE, R. (2009): Bank governance, regulation and risk taking, in: *Journal of Financial Economics*, 93(2), S. 259–275.
- LAEVEN, L./MAJNONI, G. (2003): Loan loss provisioning and economic slowdowns: too much, too late?, in: *Journal of financial intermediation*, 12(2), S. 178–197.
- LAMONT, O. (1997): Cash flow and investment: Evidence from internal capital markets, in: *The Journal of Finance*, 52(1), S. 83–109.
- LANG, L. H./STULZ, R. M. (1994): Tobin’s  $q$ , Corporate Diversification, and Firm Performance, in: *Journal of Political Economy*, 102(6), S. 1248–1280.
- LEE, S. H. (2013): Systemic liquidity shortages and interbank network structures, in: *Journal of Financial Stability*, 9(1), S. 1–12.
- LEHAR, A. (2005): Measuring systemic risk: A risk management approach, in: *Journal of Banking & Finance*, 29(10), S. 2577–2603.
- LEITNER, Y. (2005): Financial networks: Contagion, commitment, and private sector bailouts, in: *The Journal of Finance*, 60(6), S. 2925–2953.
- LELAND, H. E./PYLE, D. H. (1977): Informational asymmetries, financial structure, and financial intermediation, in: *The Journal of Finance*, 32(2), S. 371–387.
- LENZU, S./TEDESCHI, G. (2012): Systemic risk on different interbank network topologies, in: *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 391(18), S. 4331–4341.
- LINS, K./SERVAES, H. (1999): International evidence on the value of corporate diversification, in: *The Journal of Finance*, 54(6), S. 2215–2239.

- LINSMEIER, T. J./PEARSON, N. D. (2000): Value at risk, in: *Financial Analysts Journal*, 56(2), S. 47–67.
- LINTNER, J. (1965): The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets, in: *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), S. 13–37.
- LITTLECHILD, S. C./THOMPSON, G. (1977): Aircraft landing fees: a game theory approach, in: *The Bell Journal of Economics*, 8(1), S. 186–204.
- LONGIN, F./SOLNIK, B. (2001): Extreme correlation of international equity markets, in: *The Journal of Finance*, 56(2), S. 649–676.
- LÓPEZ-ESPINOSA, G./RUBIA, A./VALDERRAMA, L./ANTÓN, M. (2013): Good for one, bad for all: Determinants of individual versus systemic risk, in: *Journal of Financial Stability*, 9(3), S. 287–299.
- MA, R. T./CHIU, D. M./LUI, J./MISRA, V./RUBENSTEIN, D. (2010): Internet Economics: The use of Shapley value for ISP settlement, in: *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 18(3), S. 775–787.
- MACHO-STADLER, I./PÉREZ-CASTRILLO, D./WETTSTEIN, D. (2007): Sharing the surplus: An extension of the Shapley value for environments with externalities, in: *Journal of Economic Theory*, 135(1), S. 339–356.
- MAILATH, G. J./MESTER, L. J. (1994): A positive analysis of bank closure, in: *Journal of Financial Intermediation*, 3(3), S. 272–299.
- MAINIK, G./SCHAANNING, E. (2012): On dependence consistency of CoVaR and some other systemic risk measures, Department of Mathematics, ETH Zürich.
- MARCUCCI, J./QUAGLIARIELLO, M. (2008): Is bank portfolio riskiness procyclical?: Evidence from Italy using a vector autoregression, in: *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 18(1), S. 46–63.
- MARKOSE, S./GIANANTE, S./SHAGHAGHI, A. R. (2012): „Too interconnected to fail“ financial network of US CDS market: Topological fragility and systemic risk, in: *Journal of Economic Behavior & Organization*, 83(3), S. 627–646.
- MARKOWITZ, H. (1952): Portfolio Selection, in: *The Journal of Finance*, 7(1), S. 77–91.
- MARSDEN, P. V. (2002): Egocentric and sociocentric measures of network centrality, in: *Social networks*, 24(4), S. 407–422.

- MASCIANDARO, D./PASSARELLI, F. (2013): Financial systemic risk: Taxation or regulation?, in: *Journal of Banking & Finance*, 37(2), S. 587–596.
- MATSUSAKA, J. G. (2001): Corporate Diversification, Value Maximization, and Organizational Capabilities, in: *The Journal of Business*, 74(3), S. 409–431.
- MAY, R. M./ARINAMINPATHY, N. (2010): Systemic risk: the dynamics of model banking systems, in: *Journal of the Royal Society Interface*, 7(46), S. 823–838.
- MAYORDOMO, S./RODRIGUEZ-MORENO, M./PEÑA, J. I. (2014): Derivatives holdings and systemic risk in the US banking sector, in: *Journal of Banking & Finance*, 45, S. 84–104.
- MEMMEL, C./GÜNDÜZ, Y./RAUPACH, P. (2015): The common drivers of default risk, in: *Journal of Financial Stability*, 16, S. 232–247.
- MERTON, R. C. (1972): An analytic derivation of the efficient portfolio frontier, in: *Journal of financial and quantitative analysis*, 7(4), S. 1851–1872.
- MERTON, R. C. (1973): Theory of rational option pricing, in: *The Bell Journal of economics and management science*, 4(1), S. 141–183.
- MEYER, M./MILGROM, P./ROBERTS, J. (1992): Organizational prospects, influence costs, and ownership changes, in: *Journal of Economics & Management Strategy*, 1(1), S. 9–35.
- MILNE, A. (2009): Macroprudential policy: what can it achieve?, in: *Oxford Review of Economic Policy*, 25(4), S. 608–629.
- MISHRA, D./RANGARAJAN, B. (2007): Cost sharing in a job scheduling problem, in: *Social Choice and Welfare*, 29(3), S. 369–382.
- MORRISON, A. D. (2005): Credit Derivatives, Disintermediation, and Investment Decisions, in: *The Journal of Business*, 78(2), S. 621–648.
- MOSSIN, J. (1966): Equilibrium in a capital asset market, in: *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 34(4), S. 768–783.
- MOULIN, H. (1995): On Additive Methods to Share Joint Costs, in: *Japanese Economic Review*, 46(4), S. 303–332.
- MULLAINATHAN, S. (2002): A memory-based model of bounded rationality, in: *Quarterly Journal of Economics*, CXVII(3), S. 735–774.
- MÜLLER, J. (2006): Interbank credit lines as a channel of contagion, in: *Journal of Financial Services Research*, 29(1), S. 37–60.

- MYERSON, R. B. (1980): Conference structures and fair allocation rules, in: *International Journal of Game Theory*, 9(3), S. 169–182.
- NAKABAYASHI, M. (2010): Optimal tax rules and public sector efficiency with an externality in an overlapping generations model, in: *Journal of Public Economics*, 94(11), S. 1028–1040.
- NASH, J. (1951): Non-cooperative games, in: *Annals of mathematics*, 54(2), S. 286–295.
- VON NEUMANN, J./MORGENSTERN, O. (1944): *Theory of games and economic behavior*, Wiley.
- NI, D./WANG, Y. (2007): Sharing a polluted river, in: *Games and Economic Behavior*, 60(1), S. 176–186.
- NICOLO, A./PELIZZON, L. (2008): Credit derivatives, capital requirements and opaque OTC markets, in: *Journal of Financial Intermediation*, 17(4), S. 444–463.
- NIER, E./YANG, J./YORULMAZER, T./ALENTORN, A. (2007): Network models and financial stability, in: *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(6), S. 2033–2060.
- NIJSKENS, R./WAGNER, W. (2011): Credit risk transfer activities and systemic risk: How banks became less risky individually but posed greater risks to the financial system at the same time, in: *Journal of Banking & Finance*, 35(6), S. 1391–1398.
- NIKAIDO, H./SATO, K. (1970): *Introduction to sets and mappings in modern economics*, North-Holland Amsterdam.
- NORGES BANK (2013): *Criteria for an appropriate countercyclical capital buffer*, Norges Bank Papers No. 1.
- VAN OORDT, M. R. (2014): Securitization and the dark side of diversification, in: *Journal of Financial Intermediation*, 23(2), S. 214–231.
- PARLOUR, C. A./PLANTIN, G. (2008): Loan sales and relationship banking, in: *The Journal of Finance*, 63(3), S. 1291–1314.
- PARTNOY, F./SKEEL, D. A. (2006): The Promise and Perils of Credit Derivatives, in: *University of Cincinnati Law Review*, 75, S. 1019–1052.
- PATRO, D. K./QI, M./SUN, X. (2013): A simple indicator of systemic risk, in: *Journal of Financial Stability*, 9(1), S. 105–116.

- PEROTTI, E. C./SUAREZ, J. (2002): Last bank standing: what do I gain if you fail?, in: *European Economic Review*, 46(9), S. 1599–1622.
- PEURA, S./JOKIVUOLLE, E. (2004): Simulation based stress tests of banks' regulatory capital adequacy, in: *Journal of Banking & Finance*, 28(8), S. 1801–1824.
- PIGOU, A. C. (1912): *Wealth and Welfare*, Macmillan and Company, London.
- PLANTIN, G./SAPRA, H./SHIN, H. S. (2008): Marking-to-Market: Panacea or Pandora's Box?, in: *Journal of Accounting Research*, 46(2), S. 435–460.
- POLEDNA, S./THURNER, S./FARMER, J. D./GEANAKOPOLOS, J. (2014): Leverage-induced systemic risk under Basle II and other credit risk policies, in: *Journal of Banking & Finance*, 42, S. 199–212.
- POPE, J./OWEN, A. D. (2009): Emission trading schemes: potential revenue effects, compliance costs and overall tax policy issues, in: *Energy Policy*, 37(11), S. 4595–4603.
- PULVINO, T. C. (1998): Do asset fire sales exist? An empirical investigation of commercial aircraft transactions, in: *The Journal of Finance*, 53(3), S. 939–978.
- PUZANOVA, N./DÜLLMANN, K. (2013): Systemic risk contributions: A credit portfolio approach, in: *Journal of Banking & Finance*, 37(4), S. 1243–1257.
- QUÉMARD, J.-L./GOLITIN, V. (2005): Interest rate risk in the French banking system, in: *Financial Stability Review*, 6, S. 81–94.
- RAFFESTIN, L. (2014): Diversification and systemic risk, in: *Journal of Banking & Finance*, 46, S. 85–106.
- RAJAN, R./SERVAES, H./ZINGALES, L. (2000): The cost of diversity: The diversification discount and inefficient investment, in: *The Journal of Finance*, 55(1), S. 35–80.
- RAJAN, R. G. (1994): Why bank credit policies fluctuate: A theory and some evidence, in: *The Quarterly Journal of Economics*, 109(2), S. 399–441.
- REPULLO, R./SUAREZ, J. (2013): The procyclical effects of bank capital regulation, in: *Review of Financial Studies*, 26(2), S. 452–490.
- ROCHET, J.-C. (2008): Procyclicality of financial systems: is there a need to modify current accounting and regulatory rules?, in: *Financial Stability Review*, 12, S. 95–99.
- ROCHET, J.-C./TIROLE, J. (1996): Interbank lending and systemic risk, in: *Journal of Money, credit and Banking*, 28(4), S. 733–762.

- RODRÍGUEZ-MORENO, M./PEÑA, J. I. (2013): Systemic risk measures: The simpler the better?, in: *Journal of Banking & Finance*, 37(6), S. 1817–1831.
- ROSEN, J. B. (1965): Existence and uniqueness of equilibrium points for concave n-person games, in: *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 33(3), S. 520–534.
- ROTHSCHILD, R. (2001): On the use of a modified Shapley value to determine the optimal size of a cartel, in: *Journal of Economic Behavior & Organization*, 45(1), S. 37–47.
- SAATCIOGLU, K./STALLAERT, J./WHINSTON, A. B. (2001): Design of a Financial Portal, in: *Communications of the ACM*, 44(6), S. 33–38.
- SAMUELSON, P. A. (1967): General proof that diversification pays, in: *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 2(1), S. 1–13.
- SANTOMERO, A. M./TRESTER, J. J. (1998): Financial innovation and bank risk taking, in: *Journal of Economic Behavior & Organization*, 35(1), S. 25–37.
- SAUNDERS, A. (1987): The Interbank Market, Contagion Effects and International Financial Crises, in: PORTES, R./SWOBODA, A. (Hrsg.), *Threats to International Financial Stability*, S. 196–232, Cambridge University Press, New York.
- SCHARFSTEIN, D. S./STEIN, J. C. (1990): Herd behavior and investment, in: *The American Economic Review*, 80(3), S. 465–479.
- SCHNABEL, I./SHIN, H. S. (2004): Liquidity and contagion: the crisis of 1763, in: *Journal of the European Economic Association*, 2(6), S. 929–968.
- SCHNEEWEISS, H. (1967): *Entscheidungskriterien bei Risiko*, Springer.
- SCHWARTZ, L. A./STOWE, K./TARRANT, W. (2013): The stock price effect of the introduction of exchange-traded credit derivatives, in: *Applied Financial Economics*, 23(19), S. 1531–1539.
- SERVAES, H. (1996): The value of diversification during the conglomerate merger wave, in: *The Journal of Finance*, 51(4), S. 1201–1225.
- SHAFFER, S. (1994): Pooling intensifies joint failure risk, in: *Research in Financial Services*, 6, S. 249–280.
- SHAPLEY, L. S. (1953): A value for n-person games, in: KUHN, H. W./TUCKER, A. K. (Hrsg.), *Contributions to the Theory of Games II*, *Annals of Mathematics Studies*, Bd. II, S. 307–312, Princeton University Press, Princeton.

- SHAPLEY, L. S. (1988): A value for n-person games, in: ROTH, A. E. (Hrsg.), *The Shapley value: essays in honor of Lloyd S. Shapley*, S. 31–40, Cambridge University Press, Cambridge.
- SHARPE, W. F. (1964): Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk, in: *The Journal of Finance*, 19(3), S. 425–442.
- SHELDON, G./MAURER, M. (1998): Interbank Lending and Systemic Risk: An Empirical Analysis for Switzerland, in: *Swiss Journal of Economics and Statistics*, 134(IV), S. 685–704.
- SHLEIFER, A./VISHNY, R. W. (1992): Liquidation values and debt capacity: A market equilibrium approach, in: *The Journal of Finance*, 47(4), S. 1343–1366.
- SHUBIK, M. (1962): Incentives, decentralized control, the assignment of joint costs and internal pricing, in: *Management Science*, 8(3), S. 325–343.
- SINKEY JR, J. F./CARTER, D. A. (2001): Evidence on the financial characteristics of banks that do and do not use derivatives, in: *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 40(4), S. 431–449.
- SIRONI, A. (2003): Testing for market discipline in the European banking industry: Evidence from subordinated debt issues, in: *Journal of Money, Credit, and Banking*, 35(3), S. 443–472.
- STRÖMBERG, P. (2000): Conflicts of interest and market illiquidity in bankruptcy auctions: Theory and tests, in: *The Journal of Finance*, 55(6), S. 2641–2692.
- STULZ, R. (1990): Managerial discretion and optimal financing policies, in: *Journal of Financial Economics*, 26(1), S. 3–27.
- STULZ, R. M. (2004): Should We Fear Derivatives?, in: *Journal of Economic Perspectives*, 18(3), S. 173–192.
- STULZ, R. M. (2010): Credit Default Swaps and the Credit Crisis, in: *The Journal of Economic Perspectives*, S. 73–92.
- STÜTZEL, W. (1959): Ist die „Goldene Bankregel“ eine geeignete Richtschnur für die Geschäftspolitik der Kreditinstitute?, *Vorträge für Sparkassenprüfer*.
- SZEGÖ, G. (2002): Measures of risk, in: *Journal of Banking & Finance*, 26(7), S. 1253–1272.
- SZEGÖ, G. (2005): Measures of risk, in: *European Journal of Operational Research*, 163(1), S. 5–19.

- TARASHEV, N./BORIO, C./TSATSARONIS, K. (2010): Attributing systemic risk to individual institutions, BIS Working Paper.
- THOMPSON, J. R. (2010): Counterparty risk in financial contracts: Should the insured worry about the insurer?, in: *The Quarterly Journal of Economics*, 125(3), S. 1195–1252.
- TINBERGEN, J. (1952): *On the theory of economic policy*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- TOBIN, J. (1958): Liquidity preference as behavior towards risk, in: *The review of economic studies*, 25(2), S. 65–86.
- UPPER, C. (2011): Simulation methods to assess the danger of contagion in interbank markets, in: *Journal of Financial Stability*, 7(3), S. 111–125.
- UPPER, C./WORMS, A. (2004): Estimating bilateral exposures in the German interbank market: Is there a danger of contagion?, in: *European Economic Review*, 48(4), S. 827–849.
- VALDERRAMA, L. (2015): Macroprudential regulation under repo funding, in: *Journal of Financial Intermediation*, 24(2), S. 178–199.
- VAN LELYVELD, I./LIEDORP, F. (2006): Interbank contagion in the Dutch banking sector: A sensitivity analysis, in: *International Journal of Central Banking*, 2(2), S. 99–133.
- VAN NORDEN, S. (2011): Discussion of „The unreliability of credit-to-GDP ratio gaps in real time: Implications for countercyclical capital buffers“, in: *International Journal of Central Banking*, 7(4), S. 299–303.
- VANDEBUSSCHE, M. J./VOGEL, M. U./DETRAGIACHE, M. E. (2015): Macroprudential Policies and Housing Prices A New Database and Empirical Evidence for Central, Eastern, and Southeastern Europe, in: *Journal of Money, Credit and Banking*, 47(1), S. 343–377.
- VANHOOSE, D. (2007): Theories of bank behavior under capital regulation, in: *Journal of Banking & Finance*, 31(12), S. 3680–3697.
- VIÑALS, J. (2011): *Macroprudential Policy: An Organizing Framework*, International Monetary Fund working paper.
- WAGNER, W. (2007): The liquidity of bank assets and banking stability, in: *Journal of Banking & Finance*, 31(1), S. 121–139.
- WAGNER, W. (2008): The homogenization of the financial system and financial crises, in: *Journal of Financial Intermediation*, 17(3), S. 330–356.

- WAGNER, W. (2009): Efficient asset allocations in the banking sector and financial regulation, in: *International Journal of Central Banking*, 5(1), S. 75–95.
- WAGNER, W. (2010): Diversification at financial institutions and systemic crises, in: *Journal of Financial Intermediation*, 19(3), S. 373–386.
- WAGNER, W. (2011): Systemic Liquidation Risk and the Diversity–Diversification Trade-Off, in: *The Journal of Finance*, 66(4), S. 1141–1175.
- WAGNER, W./MARSH, I. W. (2006): Credit risk transfer and financial sector stability, in: *Journal of Financial Stability*, 2(2), S. 173–193.
- WAGNER, W. H./LAU, S. C. (1971): The effect of diversification on risk, in: *Financial Analysts Journal*, 27(6), S. 48–53.
- WEISS, G. N./BOSTANDZIC, D./NEUMANN, S. (2014): What factors drive systemic risk during international financial crises?, in: *Journal of Banking & Finance*, 41, S. 78–96.
- WEISS, G. N./MÜHLNICKEL, J. (2014): Why do some insurers become systemically relevant?, in: *Journal of Financial Stability*, 13, S. 95–117.
- WELLS, S. (2002): UK interbank exposures: systemic risk implications, in: *Financial Stability Review*, 13(12), S. 175–182.
- WIESE, H. (2005): *Kooperative Spieltheorie*, Oldenbourg Verlag, München.
- WILLIAMSON, O. E. (1988): Corporate finance and corporate governance, in: *The Journal of Finance*, 43(3), S. 567–591.
- XU, W./ODENING, M./MUSSHOFF, O. (2008): Indifference pricing of weather derivatives, in: *American Journal of Agricultural Economics*, 90(4), S. 979–993.
- YOUNG, H. P. (1985): Monotonic solutions of cooperative games, in: *International Journal of Game Theory*, 14(2), S. 65–72.
- ZHOU, C. (2013): The impact of imposing capital requirements on systemic risk, in: *Journal of Financial Stability*, 9(3), S. 320–329.
- ZHU, H. (2008): Capital Regulation and Banks’ Financial Decisions, in: *International Journal of Central Banking*, 4(1), S. 165–211.

## Lebenslauf

Name: Michael Börner  
Geburtsdatum: 06.12.1989  
Geburtsort: Jena

### Akademischer Werdegang

- 10 2013 – 03 2016 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre insb. Finanzierung, Banken und Risikomanagement an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena
- 10 2011 – 09 2013 Master-Studium der Betriebswirtschaft an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena  
Studienschwerpunkt: Accounting, Taxation and Capital Markets
- 10 2008 – 09 2011 Bachelor-Studium der Wirtschaftsmathematik an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena
- 06 2000 – 06 2008 Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife am Lyonel-Feininger-Gymnasium in Mellingen
- 06 1996 – 06 2000 Grundschulausbildung in Mellingen

### Sonstige Tätigkeiten

- 03 2013 – 05 2013 Tutor für statistische Inferenz am Lehrstuhl für Wirtschafts- und Sozialstatistik an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena
- 04 2013 – 09 2013 Wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für ABWL und Controlling an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena
- 05 2012 – 09 2013 Wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Wirtschafts- und Sozialstatistik an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena
- 12 2011 – 09 2013 Wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre insb. Finanzierung, Banken und Risikomanagement an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena
- 02 2011 – 07 2011 Praktikum in der Sparkasse Jena-Saale-Holzland in der Abteilung Kreditrisikomanagement

Jena, 19. Oktober 2016

Hiermit erkläre ich,

1. dass mir die geltende Promotionsordnung bekannt ist;
2. dass ich die Dissertation selbst angefertigt, keine Textabschnitte eines Dritten oder eigener Prüfungsarbeiten ohne Kennzeichnung übernommen und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben habe;
3. dass ich bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes keine unzulässige Hilfe in Anspruch genommen habe;
4. dass ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen habe und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen;
5. dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe;
6. dass ich nicht die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung bei einer anderen Hochschule bzw. anderen Fakultät als Dissertation eingereicht habe.

Jena, 19. Oktober 2016