

## Betriebsanalyse eines holzhackschnitzelbefeuerten Nahwärmenetzes

Christoph Hofmann, M. Eng.; Prof. Dr.-Ing. Tobias Plessing, Monika Heinrich, M. Eng.

Institut für Wasser- und Energiemanagement (IWE), Hochschule Hof, Hof

### 1 Das Demonstrationsobjekt im Überblick

Das iwe der Hochschule Hof befasst sich im Rahmen eines Forschungsprojekts zum Thema Mensch Maschine Interaktion mit der Analyse und Optimierung eines Nahwärmenetzes im oberfränkischen Markt Nordhalben im Landkreis Kronach. Innerhalb der Energievision Frankenwald e.V. errichtete die Bioenergie Nordhalben e.G. ein holzhackschnitzelbefeuertes Nahwärmenetz zur zentralen Wärmeversorgung der Anwohner.

#### 1.1 Das Nahwärmenetz

Das Netz der Bioenergie Nordhalben e.G. erstreckt sich auf 1,7 km und umfasst 45 angeschlossene Objekte. Unter den angeschlossenen Parteien befinden sich auch das Rathaus, die Schule, die Bayerische Staatsforsten, Banken und ein Gasthof.

#### 1.2 Das Heizwerk

Die beiden zentralen Wärmeerzeuger im Heizhaus bilden zwei Holzhackschnitzelkessel der Firma Gilles und HDG Bavaria. „Die Beheizung und Bereitstellung von Warmwasser sind Voraussetzungen für einen hohen Wohnkomfort, aber gleichzeitig auch verantwortlich für einen großen Teil des Verbrauchs an fossilen Energieträgern.“ [1] Als  $CO_2$ -neutrale Energiequelle ersetzen die beiden Kessel im Heizhaus 45 Heizanlagen und tragen so zur  $CO_2$ -Reduktion im Ort und der Region bei. Für die Heißwasser-Bevorratung stehend zwei 10.000 Literpeicher zur Verfügung. Über zwei Netzpumpen wird das Heißwasser durch das Netz geleitet.

### 2 Ist-Situation

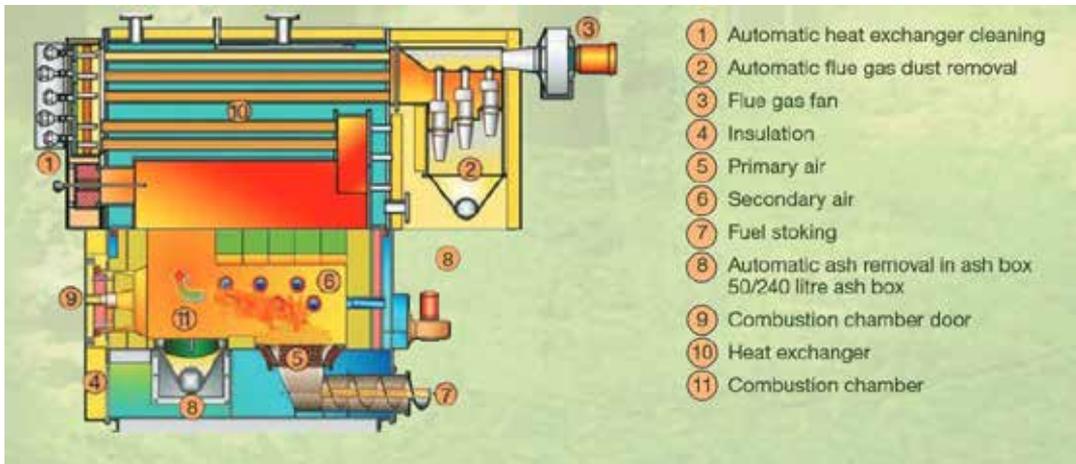
Um weitere Einblicke in die aktuelle Betriebsweise des Nahwärmenetzes der Bioenergie Nordhalben zu erhalten, werden im Folgenden die Bereiche Heizhaus und Wärmenetz separat beleuchtet.

#### 2.1 Ist-Aufnahme im Heizhaus

Innerhalb des Heizhauses werden nun die Themen „Feuerung“, „Holzhackschnitzel Lagerung“ und „Verluste im Heizhaus“ dargestellt.

### 2.1.1 Feuerung

Es sind zwei Kesselanlagen mit einer monovalenten Hackschnitzelfeuerung installiert. Die beiden Kessel werden normalerweise getrennt voneinander betrieben. Der große Kessel im Winter und der Kleine für Grundlasten im Sommer. Bei sehr kalten Tagen bzw. Spitzenlastanforderungen können beide im Parallelbetrieb laufen. Beide Kessel müssen manuell eingeschaltet werden. Es gibt keine übergeordnete Regelung, welche beiden Kessel miteinander vernetzt. Bei Abfall der Puffertemperatur wird der jeweilige zweite Wärmezeuger dazu geschaltet. Dabei bildet der Kessel der Firma Gilles, welcher primär für den Winterbetrieb zuständig ist, den größeren der beiden Kessel. In Abbildung 1 ist der schematische Aufbau des Gilles Kessels zu erkennen.



**Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Gilles-Kessels (Quelle: Fa. Gilles, 2017)**

Die Steuerung der Kesselfeuerung erfolgt über die Einschubdauer. Die Primärluftzufuhr und die Soll-Kesseltemperatur sind dort ebenfalls einstellbar. Anhand dieser Parameter muss eine möglichst optimale Verbrennung generiert werden. Um dieses Verhältnis möglichst effizient einzustellen, braucht es einige Zeit sowie Erfahrung und sollte im Zuge von verschiedenen Betriebsweisen beobachtet werden. Die Kesselanlage tritt in den Modus der Glutbetherhaltung, wenn keine Wärmeanforderung verlangt wird. Das bedeutet, dass die Feuerung nicht völlig abgeschaltet ist, jedoch nur die Glut im Feuerraum durch Primärluftzufuhr erhalten wird. Bei Wärmeanforderung schaltet dieser automatisch in Normal-Betrieb um. Damit können lange Aufheizperioden und Verzögerungen eingespart werden. Die Temperatur des rechten Pufferspeichers beeinflusst die Brenneinstellungen der Anlage nicht. In folgender Tabelle 1 sind die technischen Daten des Kessels zu entnehmen.

**Tabelle 1: Technische Daten des Gilles Kessels**

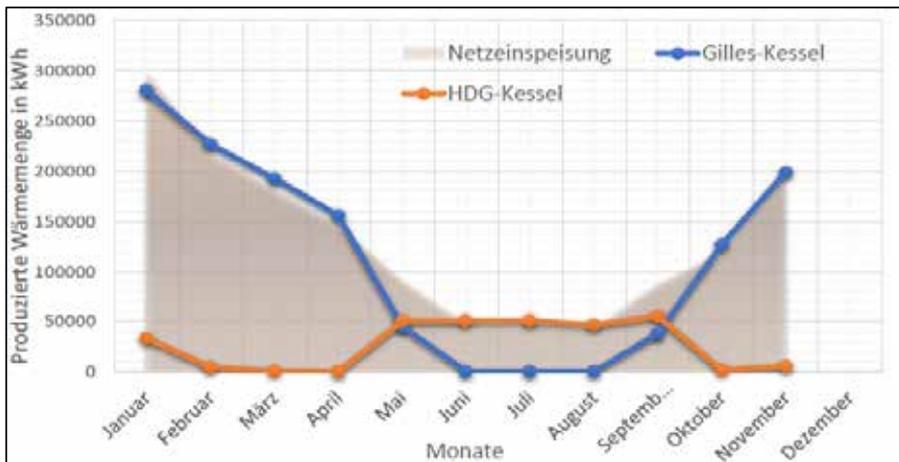
Bezeichnung	Gilles
Modell	HPKI – K 550
Baujahr	2011
Nennwärmeleistung	550 kW
Wasserinhalt	1550 L
Kesselklasse	3
Max. Betriebstemperatur	95 °C
Max. Betriebsdruck	5 bar
Brennstoff	Hackschnitzel bis Größe 50 und Wassergehalt 20-35 %
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	Teillast ca. 80 %; bei Vollast ~ 90 % (nach Herstellerangabe 80 – 90 %)
Jahresnutzungsgrad	keine Angabe
Betriebsführung und Steuerung	Einschubgesteuert (Hackschnitzel) und durch Primärluftzufuhr
Heizperiode	Winterkessel: Grundlastkessel für Heizperiode bis 500-550 kW

Den kleinen Kessel und für den Sommerbetrieb gedacht bildet der Kessel der Firma HDG. Die technischen Angaben ergeben sich aus den Herstellerangaben bzw. den vorhandenen Typenschild am Kessel und befinden sich in folgender Tabelle 2.

**Tabelle 2: Technische Daten des HDG Kessels**

Bezeichnung	HDG
Modell	Compact 200 A rechts (Prototyp)
Baujahr	2016
Max. Nennwärmeleistung	200 kW (min. 60 kW)
Wassernhalt	450 L
Kesselklasse	5
Max. Betriebstemperatur	95 °C
Max. Betriebsdruck	3 bar
Brennstoff	Hackschnitzel B1 (Pellets C1)
Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	Teillast ca. 60 %; bei Vollast ~ 75 % (nach Herstellerangabe 70 – 98 %)
Jahresnutzungsgrad	keine Angabe
Betriebsführung und Steuerung	Wärme gesteuert nach Pufferfühler (linker Puffer)
Heizperiode	Sommerkessel für Grundlast und Spitzenlast im Winter (parallel zu Gilles-Kessel)

Die Steuerung über die Wärmanforderung erfolgt über den Temperaturfühler im linken Pufferspeicher. Fällt die Temperatur des Fühlers herab, steuert der Kessel mit einer höheren Wärmezufuhr dagegen oder der andere Wärmeerzeuger wird zusätzlich eingeschaltet. Ein weiterer Unterschied zum Gilles-Kessel ist, dass der HDG-Kessel in einem Stand-by-Modus laufen kann. Wird keine Wärme gebraucht, fährt die Feuerung herunter und geht nicht in den Glutbeterhaltungsmodus (wie beim Gilles-Kessel). Dies spart Brennstoff, braucht aber auch mehr Zeit, um wieder den gewünschten Betriebspunkt zu erreichen. In Abbildung 2 wird die Wärmeerzeugung beider Kesselanlagen im Jahr 2017 auf die einzelnen Monate aufgeteilt. Es ist ersichtlich, dass im Januar und im November (wegen den Versuchen) die beiden Kessel gemeinsam zusammen im Betrieb waren. Völlig ausgeschaltet war der kleine Kessel im Februar, März, April sowie Oktober. Im Betrieb war der HDG -Kessel im Mai, Juni, Juli, August und September (orangene Linie). Der große Kessel (blaue Linie) lief nur in den Sommermonaten Juni, Juli und August nicht. Die graue Fläche zeigt den Betrag der Netzeinspeisung.



**Abbildung 2: Produzierte Wärmemenge vom Gilles und HDG Kessel 2017**

### 2.1.2 Verluste im Heizhaus

In Abbildung 3 werden die relativen Verluste in Abhängigkeit zu der produzierten Wärmemenge aufgetragen. Die Verluste setzen sich aus der Differenz der in den Kesseln angezeigten produzierten Wärmemengen und dem Wärmemengenzähler am Heizhausausgang zusammen. Dieses Defizit kann durch thermische Verluste im Heizhaus, sowie Speicherverluste bei den Pufferspeichern etc. entstehen. Der Mittelwert der Verluste über die elf Monate im Jahr 2017 beträgt 6,16 %.

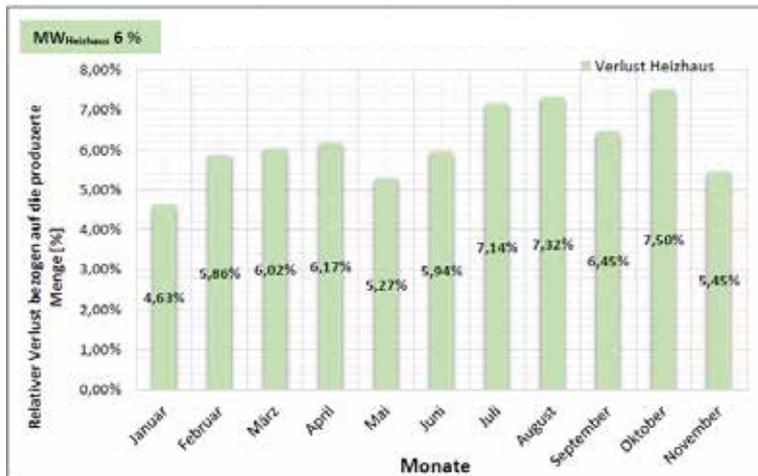


Abbildung 3: Relative Verluste im Heizhaus 2017

In Abbildung 4 werden die absoluten Verluste dargestellt. Es ist zu erkennen, dass diese Verluste direkt mit den produzierten Wärmemengen korrelieren (vgl. Abbildung 2). Der Mittelwert liegt bei errechneten 8,28 MWh.

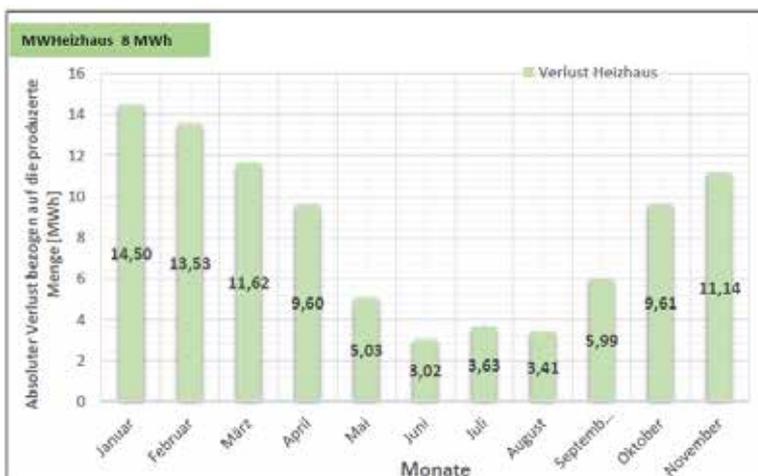


Abbildung 4: Absolute Verluste des Heizhauses im Jahr 2017

Die monetären Heizhausverluste sind in der Tabelle 3 aufgeführt. Dabei werden die prozentualen Verlustanteile mit dem Hackschnitzeleinkaufspreis verrechnet. Nicht berücksichtigt werden Kesselanlagen- oder Netzverluste. Der Dezember ist wegen der Erfassungsperiode nicht miteinbezogen.

**Tabelle 3: Auflistung der Verluste im Heizhaus**

Monat 2017	Verlust [%]	Hackschnitzpreis Einkauf [€]	Verlust [€]
Januar	4,63%	8.379 €	388 €
Februar	5,86%	6.888 €	403 €
März	6,02%	6.027 €	363 €
April	6,17%	4.305 €	266 €
Mai	5,27%	2.583 €	136 €
Juni	5,94%	1.701 €	101 €
Juli	7,14%	1.722 €	123 €
August	7,32%	1.470 €	108 €
September	6,45%	2.583 €	167 €
Oktober	7,50%	3.843 €	288 €
November	5,45%	6.447 €	351 €

Die kälteren Monate generieren einen höheren, finanziellen Verlust innerhalb des Heizhauses. Der monatliche Mittelwert der Verluste im Jahr 2017 beträgt 245 €.

### 2.1.3 Holzhackschnitzel Lagerung

Die Hackschnitzel wurden von 2012 bis 2015 unter einem Versorgungsmodell bezogen, welches sich nach dem Wärmeertrag der Kesselanlagen richtete. Also wurde nach entstandener Wärme bezahlt, nicht nach Kilogramm oder Schüttraummeter der Hackschnitzel. Das Hackgut bestand damals aus Ästen, Schnittgrün und Hackschnitzel sowie Sägewerksabfälle und hatte keinen festgelegten Wassergehalt. Beim Durcharbeiten der Logbücher, welche händisch geführt werden, war eine hohe Störungsrate bzgl. des Hackgutes aufgeführt. Seit Mitte 2015 wurde diese Kooperation (wegen dieser massiven Störungen) beendet und es wird mittlerweile einheitliches Hackgut gekauft. Die Feuerungen werden momentan mit 50 % Waldhackschnitzel (Fichte) mit Rinde (15 % Wassergehalt) und 50 % Sägewerkschnitzel 35 bis 40 % Wassergehalt somit Gesamtwassergehalt ~25 % betrieben. Bei stichprobenartigen Messungen der Hackschnitzel mittels eines Feuchtemessgeräts waren diese bei rund 20 % Feuchtegehalt, was eher einem 15 prozentigen Wassergehalt entspricht. Dadurch kann ein höherer Heizwert erzielt werden. Diese Lieferantenbeziehung ist bis heute bestehend. Die Lagerung erfolgt in einem Bunker unter dem Heizhaus mit einem Fassungsvermögen von ca. 110 srm und reicht im Sommer für 2-3 Wochen, im Winter für 2-3 Tage bis zu einer Woche. Das Hackgut ist wassergeschützt und durch die Lagerung kann eine homogenere Wasserverteilung erfolgen. Danach wird das Hackgut mit einem Rundausträger über die Förderschnecke zum Dosierbehälter gefördert. Dort wird es kurz zwischengelagert, bevor es in den jeweiligen Kessel gelangt und dort verbrannt wird. Mit einem Dosierbehälter ist es möglich, mehrere Feuerungen gleichzeitig ohne Verzögerungen zu versorgen.

## 2.2 Ist-Aufnahme im Netz

Wie auch im Falle des Heizhauses werden nun verschiedene Punkte des Netzes beleuchtet. Zunächst wird die Verrohrung des Netzes untersucht worauf im Anschluss die Netzverluste thematisiert werden. Auch wird die Datenaufnahme im Netz sowie die verbaute Haustechnik inklusive Hausübergabestationen erörtert.

### 2.2.1 Verrohrung des Netzes

Das Netz verläuft inmitten des Marktes Nordhalben und erstreckt sich mit 1670,10 m Rohrsystem. In folgender Tabelle 4 sind die Rohre aufgelistet und Anteilig der Länge in Prozent angegeben. Installiert wurden hier Rauthermex-Rohre der Fa. REHAU. Dabei wurden die Rohre nicht mit Sand umfüllt, sondern mit Bläh-Schiefer vom anliegenden Schieferbergwerk in Lehesten. Die von 2013 bis 2016 erbrachte, mittlere Wärmemenge der bisherigen Jahre, welche von den Genossen abgenommen wurde, sind 1510 MWh. Die Anschlussdichte wird aus der Summe der Wärmeabnehmer (1510 MWh) durch die Trassenlänge (1670,10 m) dividiert. Dabei ist über die genannten Jahre eine Anschlussdichte von 0,9 vorhanden, welche definitiv noch ausbaufähig ist. Am besten sind Anschlussdichten zwischen 1,2 und 1,9. [2] Die Mittelwerte in diesem Kapitel ergeben sich immer aus den monatlichen Verlusten durch die Anzahl der Monate dividiert.

**Tabelle 4: Rohre anteilig der Gesamtlänge des Netzes**

HA UNO	260,85 m	16%	HA...Hausanschluss
HL UNO	507,30 m	30%	HL...Hauptleitung
HA DUO	384,40 m	23%	DUO...zwei Rohre in einem Rohr
HL DUO	517,55 m	31%	UNO...Einrohrsystem

### 2.2.2 Netzverluste

Die Netzverluste werden ermittelt, indem die Daten der Wärmemengenzähler vom Heizhaus und der Abnehmer als Grundlage herangezogen werden. Die Verluste sind die Mittelwerte von den Jahren 2013 bis 2016. Vor allem in den Sommermonaten Juni bis September sind Verluste von über 40 % erkennbar. Im Mittelwert der Monate werden rund 25 % Netzverlust erreicht. (Abbildung 6). Im Falle der absoluten Werte treten Verluste im Bereich von 20,5 bis 28,0 MWh auf. Im Mittel sind dies ca. 25 MWh durchschnittlich im Monat (Abbildung 5).

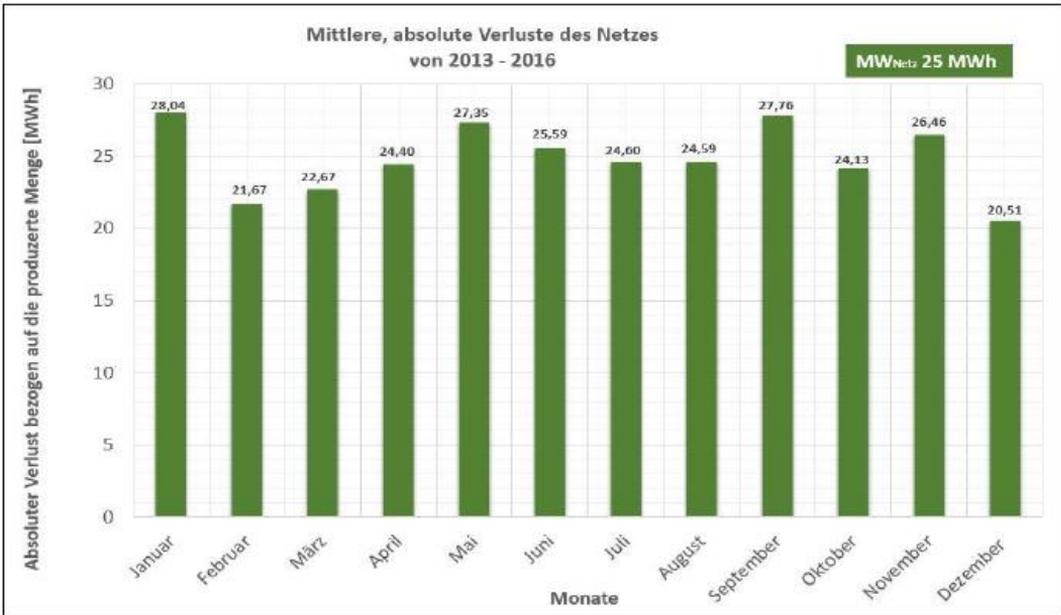


Abbildung 5: Absolute, mittlere Verluste des Nahwärmenetzes von 2013 - 2016

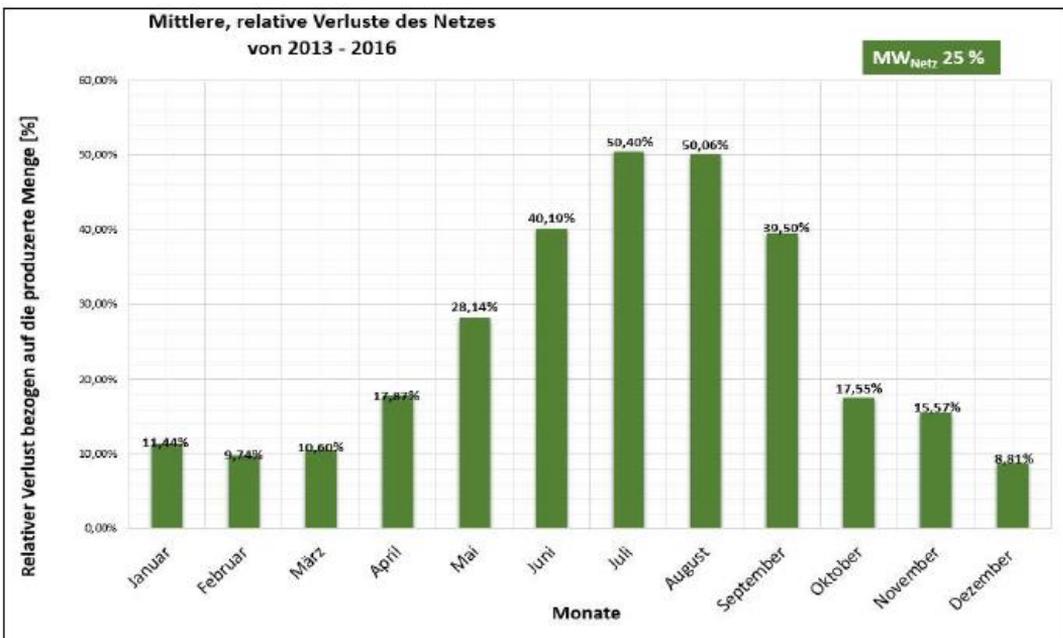


Abbildung 6: Relative, mittlere Verluste des Nahwärmenetzes von 2013 - 2016

In Tabelle 5 sind die monetären Verluste errechnet. Dabei sind die prozentualen Anteile der Netzverluste mit dem Hackschnitzzeleinkaufspreis verrechnet. Es sind keine Wirkungsgrade oder Verluste im Heizhaus berücksichtigt. Der Monat Dezember ist wegen des Erfassungszeitraumes hier nicht mit aufgeführt. Vor allem sind die Verluste im November und September am höchsten mit knapp 1000 €. Im Durchschnitt belaufen sich die monetären Netzverluste auf rund 796 € im Monat.

**Tabelle 5: Auflistung der Netzverluste im Jahr 2017**

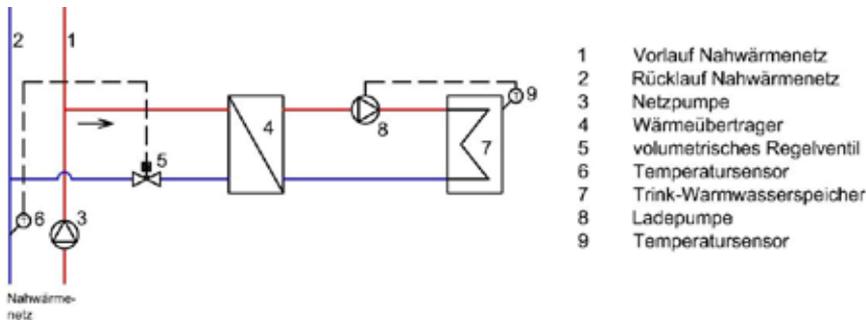
Monat 2017	Verlust [%]	Hackschnitzpreis Einkauf [€]	Verlust [€]
Januar	11,44%	8.379 €	958 €
Februar	9,74%	6.888 €	671 €
März	10,60%	6.027 €	639 €
April	17,87%	4.305 €	769 €
Mai	28,14%	2.583 €	727 €
Juni	40,19%	1.701 €	684 €
Juli	50,40%	1.722 €	868 €
August	50,06%	1.470 €	736 €
September	39,50%	2.583 €	1.020 €
Oktober	17,55%	3.843 €	675 €
November	15,57%	6.447 €	1.004 €

### 2.2.3 Datenaufnahme

Die Erfassung der Daten über den drahtgebundenen M-Bus hat ergeben, dass dieser seit Einbau nie richtig funktioniert hat. Aus einem Protokoll zur Problembeseitigung geht hervor, dass bei der Errichtung des Hackschnitzelheizwerkes der Bioenergie Nordhalben e.G. zur Datenaufzeichnung und für die Abrechnung der einzelnen Hausanschlüsse bei den Wärmeabnehmern Wärmemessgeräte der Firma Kamstrup Typ 402 und 302 verbaut wurden. [3] „Diese wurden über Telefondrähte mit dem M-Bus im Hackschnitzelheizwerk verbunden. Im Heizhaus gibt es zwei Kabelstränge, die zwischen Schreibtisch und dem vorderen Schaltschrank zu einer Verteilerdose führen und dort zusammen verbunden werden. Von dort führt das Kabel weiter zu der Box M-Bus 80. Der M-Bus ist mit einem seriellen Kabel mit dem PC verbunden. Der PC speichert mit Hilfe der Software WinMiocs (pewoControl) der Firma Schneid die ausgelesenen Daten der Wärmehähler. Von den Kabelsträngen in der Verteilerdose führt einer zum Auslesen der drei Zähler im Heizhaus, der andere führt zu dem Verteilerkasten im Heizhauskeller hinter dem Hackschnitzelbunker. Dort werden drei Kabelstränge mit Telefonkabel aus dem Heizhaus zusammengeführt, die mit den Heizleitungen zu den 43 Hausanschlüssen führen.“ [3]

### 2.2.4 Hausübergabestationen

Um Teilbereiche des Netzes abschalten zu können, muss auf die Unterstation der Wärmeabnehmer zugegriffen werden können. Aktuell sind analoge Regelorgane eingesetzt, wodurch ein vordefinierter Zugriff nicht ermöglicht werden kann. Das Prinzip der Regelung einer analogen Übergabestation ist in Abbildung 7 dargestellt.



**Abbildung 7: Schema einer analog geregelten Hausübergabestation**

Das Nahwärmenetz wird von der Netzpumpe (3) betrieben. Das Heizwasser wird durch die Vorlaufleitung (1) an den Wärmeübertrager (4) gefördert. Im Wärmeübertrager wird die Wärme an das Abnehmernetz übertragen. Über die Rücklaufleitung (2) wird das abgekühlte Wasser in die Heizzentrale zurückgefördert. Die, an das Abnehmernetz übertragene, Wärme wird durch die Trinkwasser-Ladepumpe (8) in den Trinkwarmwasserspeicher (7) geladen. Der Speicher erwärmt sich so lange, bis der Temperatursensor (9) eine vorgegebene Temperatur erreicht hat. Die Pumpe schaltet ab. Da keine Wärme mehr abgenommen wird, steigt auf der Wärmenetz-Seite die Temperatur in der Rücklaufleitung an. Diese wird durch einen Temperatursensor (6) ermittelt. Steigt die Temperatur über einen Schwellwert an ist davon auszugehen, dass keine Wärme mehr abgenommen wird und das volumetrische Regelventil (5) schließt, um die Rücklauftemperaturen im Nahwärmenetz zu begrenzen. Das volumetrische Regelventil kann somit nicht komplett schließen. Es muss immer etwas geöffnet bleiben, so dass eine Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklaufleitung festgestellt werden kann. Im Sommer bedeutet das hohe Zirkulationsverluste. Da das Wärmenetz und das Abnehmernetz keine Daten untereinander austauschen können, muss seitens des Nahwärmenetzes die Wärmeversorgung immer aufrechterhalten werden.

## 3 Optimierungspotential

In diesem Abschnitt werden nun einige Ansätze thematisiert, welche die Betriebsweise der Anlage verbessern beziehungsweise die Effizienz steigern.

### 3.1 Hackschnitzeltrocknung

Durch die technische Analyse konnten enorme Verluste innerhalb des Heizhaus-Systems festgestellt werden. Ein Teil des Verlustes entsteht bei der Zwischenspeicherung der Wärme in den Pufferspeichern. Hierbei ist es schwierig, Energie einzusparen, da die beiden Pufferspeicher zusätzlich nochmals isoliert sind. Aus diesem Grund wurde eine rechnerische Abschätzung des Potentials aus dem Abgasvolumenstrom bei der Verbrennung durchgeführt.

Der Grundgedanke ist hierbei, die restliche Abwärme des Abgases nicht ungenutzt aus dem Schornstein zu schicken, sondern diese weiter für eine Hackschnitzelvortrocknung zu nutzen. Dabei kann die nebenstehende Garage als Vortrocknungspatz mit einem Anhänger genutzt werden. Dabei müssten die Hackschnitzel vorher in diesem Hänger getrocknet und anschließend in den unterirdischen Bunker befördert werden. Dieses Verfahren findet bereits privat Anwendung: Dabei werden Buchenholzhackschnitzel in einem umgerüsteten Anhänger mit rund  $18 \text{ m}^3$  vorgetrocknet. Je nach Witterung dauert dies im Sommer zwei bis drei Tage und im Winter ca. eine Woche. Die Anwendung schafft es hierbei, die Hackschnitzel mit einem Wassergehalt von rund 25 bis 30 % auf unter 10 % zu trocknen. Alternativ wäre eine Einleitung des Wärmestroms in den bestehenden Hackschnitzelbunker möglich. Nach Berechnung des Sachverhalts wird deutlich, dass der jährlichen Einsparung durch Hackschnitzeltrocknung eine Investition von 15.000 € entgegensteht. Hierbei wird eine statische Amortisationsrechnung herangezogen, da eine momentane Niedrigzinslage herrscht. Bei kurzen Laufzeiten und der momentanen Zinslage, nähert sich die statische der dynamischen Amortisationsrechnung an. Die dynamische Rechnung beinhaltet einen Zinseszineffekt, der wegen der kurzen Dauer vernachlässigt wird [4] Die statische Amortisationsrechnung lautet wie folgt:

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{\text{Investitionsbetrag [€]}}{\text{Gewinn} \left[ \frac{\text{€}}{\text{a}} \right] + \text{Abschreibungen} \left[ \frac{\text{€}}{\text{a}} \right]} = \frac{\text{Investitionsbetrag [€]}}{\text{Rückfluss im Jahr} \left[ \frac{\text{€}}{\text{a}} \right]} \quad [4]$$

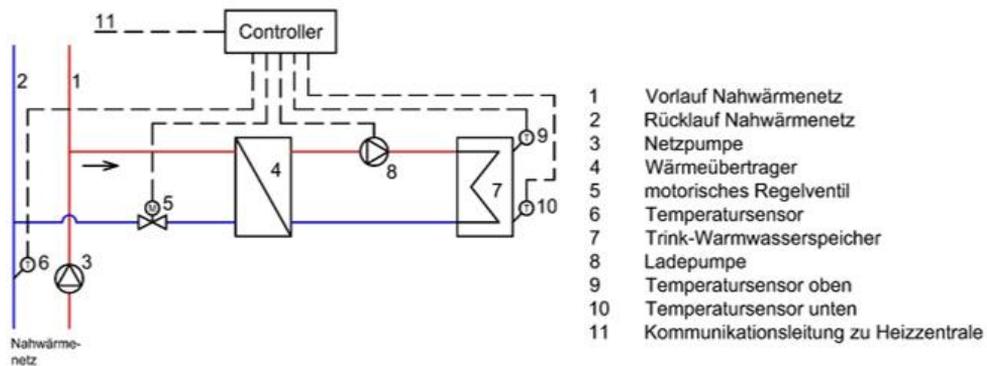
$$AZ = \frac{15.000 \text{ €}}{2.500 \frac{\text{€}}{\text{a}}} = 6a$$

### 3.2 M-Bus Fehlerbehebung

Wesentlich bei der effizienten Betriebsweise eines Nahwärmenetzes ist die feine Aufzeichnung der Verbräuche der angeschlossenen Parteien. So können Lastprofile zu den Verbrauchern erstellt und Rückschlüsse auf deren Energiebedarfe getroffen und somit gezielt Energie ins Netz eingetragen werden. Im Zuge der Fehlerbehebung wurden diverse Änderungen am M-Bus durchgeführt. Eine erste Neverkabelung des kompletten Systems hat zunächst keine Verbesserung des Misstandes erbracht. Nach weiteren Untersuchungen und Tests wurden sämtliche Kabel im Heizhaus durch Kabel mit einer besseren Schirmung ersetzt und falls noch nicht geschehen wurden etwaige Systeme geerdet. Dies hat eine geringfügige Verbesserung erzielt, was daran auszumachen war, dass nun wieder die Signale einiger Verbraucher am PC im Heizhaus ankamen. Die vollständige Instandsetzung des M-Bus System geschah nach einer letzten, langwierigen Fehlersuche durch den Elektriker. Hier wurde aufgedeckt, dass der Frequenzumformer des Abzugsventilators des großen Kessels in das M-Bus System streut. Grund hierfür war ein falsch dimensionierter elektrischer Filter. Dieser war lediglich für eine Kabellänge von ca. 5 m ausgelegt. Nach Montage eines korrekten Filters funktioniert die Datenübertragung wieder lückenlos.

### 3.3 Umrüstung auf digitale Übergabestationen

Eine digitale Übergabestation bietet denselben Funktionsumfang, wie deren analoge Schwester, allerdings werden das Regelventil (5), der Temperatursensor im Rücklauf des Nahwärmenetzes (6), die Ladepumpe (8), der Temperatursensor im Speicher oben (9) und der Temperatursensor im Speicher unten (10) von einem dezentralen Controller (11) verwaltet (Abbildung 8).



**Abbildung 8: Schema einer digital geregelten Übergabestation**

Da dem Controller alle notwendigen Daten vor und hinter dem Wärmeübertrager bekannt sind, kann dieser das Wärmenetz sofort abriegeln, sobald keine Wärme mehr benötigt wird. Dies geschieht über ein motorisches Regelventil (5), welches komplett schließt. Dadurch wird eine Eindämmung der Zirkulationsverluste geschaffen. Zudem ist der Controller über eine Datenleitung mit der Heizzentrale verbunden, wodurch alle notwendigen Daten geloggt und visualisiert werden können. Auch ein Fernzugriff ist möglich. Im Netz der Bioenergie werden vereinzelt solche digitalen Übergabestationen angeschafft und getestet. Lediglich die Implementierung in das Visualisierungstool der neuen Übergabestationen müssen durch Enerpipe durchgeführt werden.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Das Nahwärmenetz der Bioenergie Nordhalben ist ein effektiver Beitrag zur  $CO_2$  Reduktion, welcher jedoch Raum für Verbesserungen bietet. Eine Hackschnitzeltrocknung wurde erörtert, jedoch wegen der Investition und der Amortisationszeit von sechs Jahren zunächst bis auf weiteres ausgesetzt. Digitale Übergabestationen bieten die Möglichkeit einer zentralen Regelung des Netzes und somit die Chance auf eine Reduktion der Netzverluste. Durch die Funktionsweise der digitalen Stationen lassen sich diese komplett schließen, was keine ungewollte Erwärmung des Rücklaufes und somit eine Verbesserung der Spreizung im Netz erzeugt. Die zentrale Regelbarkeit bietet Nordhalben die Option, das Netz für ausgewählte Zeiträume ruhen zu lassen und vorgefertigte Beladeszenarien zu verwenden. Hierfür müssen jedoch alle Stationen umgerüstet werden, was eine erhebliche Investition nach sich zieht. Um dies zu untersuchen wird das iwe der Hochschule Hof Langzeitanalysen und Datenaufzeichnungen durchführen. Durch den wieder instandgesetzten M-Bus liegen von nun an wieder Echtzeit Daten der Verbraucher im 5 Minutentakt vor. Anhand dieser Daten können zum einen Ruhephasen des Netzes mit geringer Anforderung detektiert, zum anderen wetterabhängige Voraussagemodelle erstellt werden um den zukünftigen Energieeintrag ins Netz präzise vorausplanen zu können. Diese Voraussagemodelle bieten auch die Perspektive zur intelligenten Einbindung von Solarthermie. Anhand dieser Analysen und die dadurch simulierbaren Einsparpotenziale kann die Rechtfertigung der Investition von digitalen Übergabestationen für das gesamte Netz getätigt werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme, „Planungshandbuch Fernwärme“, EnergieSchweiz, Ittigen, 2017.
- [2] Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke, „Planungshandbuch“ (Bd. 4), Straubing, 2008
- [3] Michael Köstner, „M-Bus-System>PDF-Datei: Protokoll M-Bus Bioenergie Nordhalben“, 2017
- [4] G. Groh, V. Schröer, Sicher zur Industriekauffrau/-mann - Der gesamte Prüfungsstoff in einem Buch, Merkur-Verlag Rinteln, 51. Auflage, 2014