

---

## **"Neue Methoden für die bauteilorientierte Ausschreibung und Kalkulation unter Beachtung des Integrated Product Lifecycle Management (PLM/PDM) von Bauwerken"**

Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.  
Leiter der Professur Baubetrieb und Bauverfahren  
Bauhaus-Universität Weimar



Dipl.-Ing. (Arch.) Arno Blickling  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur  
Baubetrieb und Bauverfahren, Bauhaus-Universität Weimar

### **Zusammenfassung**

Die Autoren stellen Grundlagen und Methoden zur Erstellung von Ausschreibungen und zur Durchführung der Kalkulation vor, die direkt mit dreidimensionalen Bauteilmodellen arbeiten. Dies trägt dazu bei, den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes durchgängig über 3-D-Modelle beschreiben zu können.

Im ersten Abschnitt werden grundlegende Überlegungen zum Einsatz von PLM/PDM-Technologien im Bauwesen angestellt. Im Anschluß daran wird die herkömmliche Ausschreibungsmethodik analysiert. Die Unterschiede zwischen einem konventionellen Leistungsverzeichnis und einem dreidimensionalen Bauteilkatalog (Objektdatenbank) hinsichtlich der Datenstruktur werden dargestellt. Hieraus abgeleitet werden Methoden und Prozesse bei der Erstellung einer 3-D-Leistungsbeschreibung entwickelt. Dazu wird eine geeignete Benutzer-Schnittstelle eines dreidimensionalen Bauteilkataloges vorgestellt. Schließlich werden praxisrelevante Probleme bei der Verwendung von Bauteilkatalogen erörtert.

Ein wesentlicher Baustein ist die Kalkulation. Hier werden Kalkulationsmethoden basierend auf einem zweidimensionalen Leistungsverzeichnis und einem dreidimensionalen Bauteilkatalog miteinander verglichen. Ergänzt wird dies um Lösungen zur Anbindung von elektronischen Marktplätzen an den Bauteilkatalog zum Zweck der Preisbildung. Schließlich wird ein Ausblick gegeben, wie eine Synthese zwischen dreidimensionalem Bauteilkatalog und textlichen Standard-Leistungsbeschreibungen erreicht werden kann.

### **Einleitung**

Aktuelle Forschungsbeiträge in der Bauinformatik legen dem Planungs-, Ausführungs- und Kommunikationsprozess im Bauwesen ein virtuelles, dreidimensionales Modell zu Grunde [1], [2]. Verteilte, objektorientierte CAD-Modelle, die über Netzwerke den verschiedenen Baubeteiligten zur Verfügung gestellt werden, sorgen für simultanes Bearbeiten von jederzeit konsistenten Informationen [3], [4]. Die Entwicklung weg von starren Modellen mit festgeschriebenen Objektstrukturen hin zu flexiblen, dynamischen CAD-Modellen mit dynamischen Objektstrukturen [5], [6] sowie die Entwicklung neuer Schnittstellen wie z.B. den Industry Foundation Classes (IFC) weisen die Richtung in eine auf 3-D-Modellen begründete Baupraxis der Zukunft über alle Leistungsphasen und über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerkes hinweg.

---

In einigen Teilbereichen der Bauproduktionstechnik werden heute bereits durch die teilautomatisierte Vorfertigung einzelner Bauteile (z.B. Beton-Fertigteile, Dachstühle, Mauerwerkswände, [7]) bauteilorientierte Methoden bei der Fertigung und Montage angewandt. Ebenso besteht in der Planungsphase anhand virtueller 3-D-Standard-Bauteile die Möglichkeit, diese Elemente ohne weiteren Bearbeitungsaufwand in das entsprechende virtuelle Bauwerksmodell einzubauen [8].

Aufgrund der ganzheitlichen Betrachtungsweise des Lebenszyklus eines Bauwerkes und der gleichzeitigen Vorgabe, dass ein Bauwerk ein individuell gefertigtes Produkt mit Unikatscharakter bleibt, lassen sich für das Bauwesen Parallelen und Bezüge zu dem betriebswirtschaftlich geprägten Integrated Product Lifecycle Management (PLM) herstellen. PLM beschreibt die ganzheitliche Sichtweise auf ein Produkt, die sämtliche Einflußfaktoren auf dieses Produkt von der Entwicklung bis zur Entsorgung berücksichtigt. Insbesondere die Automobilindustrie ist Vorreiter in der Entwicklung und Anwendung von computerbasierten PLM-Systemen.

Wendet man diese Sichtweisen auf das Produkt "Bauwerk" an, durchläuft das Bauwerk in seinem Lebenszyklus zahlreiche Stationen einer zufällig zusammengestellten "Fertigungsstraße", bei denen Produktdaten immer wieder uneinheitlich oder redundant geändert und erfasst werden – z.B. von 3-D im Modell zu 2-D im Plan - sodass eine gesamtheitliche Betrachtungsweise bisher unmöglich gemacht ist. Erst dadurch, dass ein 3-D-Modell des Bauwerkes durchgängig über den gesamten Lebenszyklus von den unterschiedlichen Baubeteiligten entwickelt und vervollkommen wird, wird aus der Planung sukzessive eine lückenlose Dokumentation ohne "blinde Flecken", die zur weiteren Unterstützung bei Betrieb und Erhalt des Bauwerkes genutzt werden kann.

In dem auf 3-D-Modellen aufbauenden Planungszyklus und in den entsprechenden Leistungsphasen während der Erstellung eines Bauwerkes existieren nach wie vor Teilbereiche, die weiterhin ein- oder zweidimensional geprägt sind. Dazu gehören insbesondere die Phasen der Ausführungsplanung (einschließlich der Werkplanung), der Vergabe und der Ausführung des Bauwerkes auf der Baustelle sowie die Objektüberwachung. Die bisherige zweidimensionale, papiergestützte Arbeitsweise basiert auf historisch gewachsenen Methoden und Arbeitsprozessen, die nicht uneingeschränkt auf die Prozesse einer dreidimensional und modellbasierten Arbeitsweise übertragbar sind. Für diese dreidimensionale Arbeitsweise müssen neue Methoden und Prozesse entwickelt und in den entsprechenden Standardwerken für den Baupraktiker bereitgestellt werden.

### **Product Lifecycle Management (PLM)**

Dieser Begriff umfasst das ganzheitliche Management eines Produktes von dessen geistiger Entwicklung (Produktidee) bis hin zu dessen Wiederverwertung oder Verschrottung. Die Arbeit wird von einem Produktmanager durchgeführt. Sobald ein Produktentwickler eine Produktidee hat, beginnt ausserdem eine Informationskette zu starten: "Ich habe da folgende Idee..". Dabei beschreibt der Produktentwickler seine geistige Arbeit mit Worten und Bildern, mit Dokumenten oder eventuell Skizzen. Wird das Produkt weiterentwickelt, nimmt die Anzahl der Informationen rund um das Produkt stark zu, es werden externe Experten hinzugezogen, Umfragen gestartet und erste Machbarkeitsstudien angefertigt. Im allgemeinen Maschinenbau werden erste virtuelle Prototypen (DMU, Digital Mock Up) oder physische Modelle (Rapid Prototyping, Lasersintern, etc.) angefertigt, die bereits eine sehr große Menge an Informationen sowohl im Modell als auch in dazugehörigen Dokumenten mit sich führen. Hat das Produkt seinen Zweck erfüllt und seine qualitative oder technische Funktionsfähigkeit verloren, wird es entweder einem Recycling zugeführt oder verschrottet.

Die Arbeit des Produktentwicklers ist mit der des Planers bzw. Architekten im Bauwesen zu vergleichen. Die Aufgaben des Produktmanagers lassen sich im Bauwesen bis heute nicht einer einzigen Person zuordnen, obwohl dies von den Begrifflichkeiten her eigentlich der Facility Manager sein müsste [9]. An der Bauhaus-Universität Weimar werden in diesem Zusammenhang seit zwei Jahren Manager für Bau, Immobilien und Infrastruktur ausgebildet, die in der Zukunft die Rolle des Produktmanagers übernehmen könnten.

In der Praxis wird die Rolle des Produktmanagers im Bauwesen von mehreren Beteiligten ausgeschmückt. Am Anfang übernimmt der Architekt die Aufgabe, danach evtl. der Projektsteuerer, dann der Projektmanager und der Bauleiter. Erst zum Schluß tritt heute der Facility Manager in Aktion - meist zu spät. Dennoch verlangt der Markt immer mehr "Ganzheitliches Bauen", wo alle Aspekte des zu errichtenden Bauwerks von Beginn an berücksichtigt werden. Diese Entwicklung bietet sehr gute Voraussetzungen, um ein Integrated Product Lifecycle Management einzuführen.

## Product Data Management (PDM)

PDM ist ein Hauptbestandteil des PLM und beschreibt das Datenmanagement eines Produktes, d.h. die Verwaltung sämtlicher Informationen über ein Produkt, die im Laufe seines Lebenszyklus anfallen. **Abb. 1** [10] veranschaulicht das Grobkonzept zu einem ganzheitlichen PDM wie es in der Automobilindustrie entwickelt wird. Dabei wird eine 3D-fähige Internetapplikation bestehend aus mehreren Portalen implementiert, die sämtliche Informationen zu diesem Produkt vorhält. Die Konsistenz dieser Daten wird durch Anbindung an ERP- bzw. CAD-Systeme und durch die Vernetzung der Portale untereinander gewährleistet.

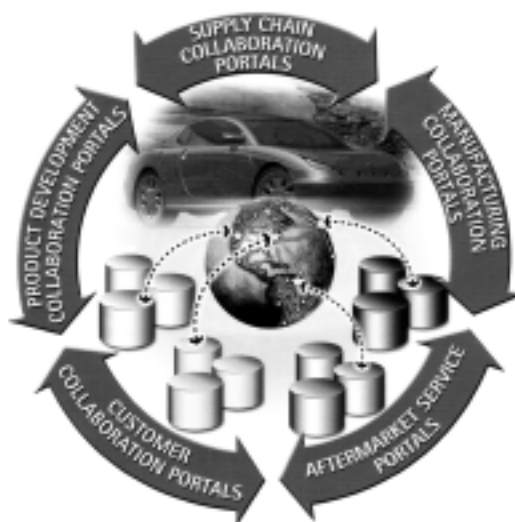


Abbildung 1: PDM in der Automobilindustrie - Zusammenführung aller 3D-Produktdaten in Internetportalen (aus [10], S. 33)

Wendet man die beiden Ansätze PLM und PDM auf das Bauwesen an, so läßt sich für den Begriff des PLM analog der Begriff des "**Total Facility Management**" finden. Letztgenannter Begriff bezeichnet im Bauwesen ebenfalls die ganzheitliche Betrachtungsweise einer Bauaufgabe (Facility = engl. für Anlage). Die Begriffe lassen sich wie folgt zuordnen:

1. Product Lifecycle Management <-> Total (Integrated) Facility Management
2. Produkt <-> Bauwerk bzw. Facility

## PDM im Bauwesen

Für PDM läßt sich im Bauwesen bis heute keine Parallele finden. In der Bauwirtschaft gibt es trotz verfügbarer Technologien bis heute keine Wendung von einem dokumentenorientierten zu einem modellorientierten bzw. parameterbasierten Vorgehen.

Dies ist umso widersprüchlicher, als dass heute in internetbasierten Bauportalen mit Dokumentenmanagement-Produkten geworben wird, für die uns wirtschaftliche Applikationen im Bauwesen noch fehlen. Im Bereich der Kommunikationsmodelle sind uns andere Branchen weit voraus.

Schmitt und Wendenburg [11] beschreiben zum einen die teilweise Abkehr von Dokumenten bei der Kommunikation und zum anderen eine kurzfristige, informelle Kommunikation parallel zur dokumentenbasierten Kommunikation. Das Bauwesen nutzt im wesentlichen nur den zweiten Teil.

**Abb. 2** zeigt ein PLM/PDM-System aus dem Maschinenbau. Dabei wird unterschieden zwischen dem "Prozessmanagement" links im Bild und dem "Datenmanagement" rechts. Dazwischen fungiert als Brücke das "Life Cycle Management".

Im Zusammenhang mit PDM ist hier für das Bauwesen besonders der Begriff des "Parameter Management" interessant. Schmitt und Wendenburg stellen in ihrem Beitrag die Eignung von Dokumenten als Kommunikationsmedium bei der Produktentwicklung in Frage.

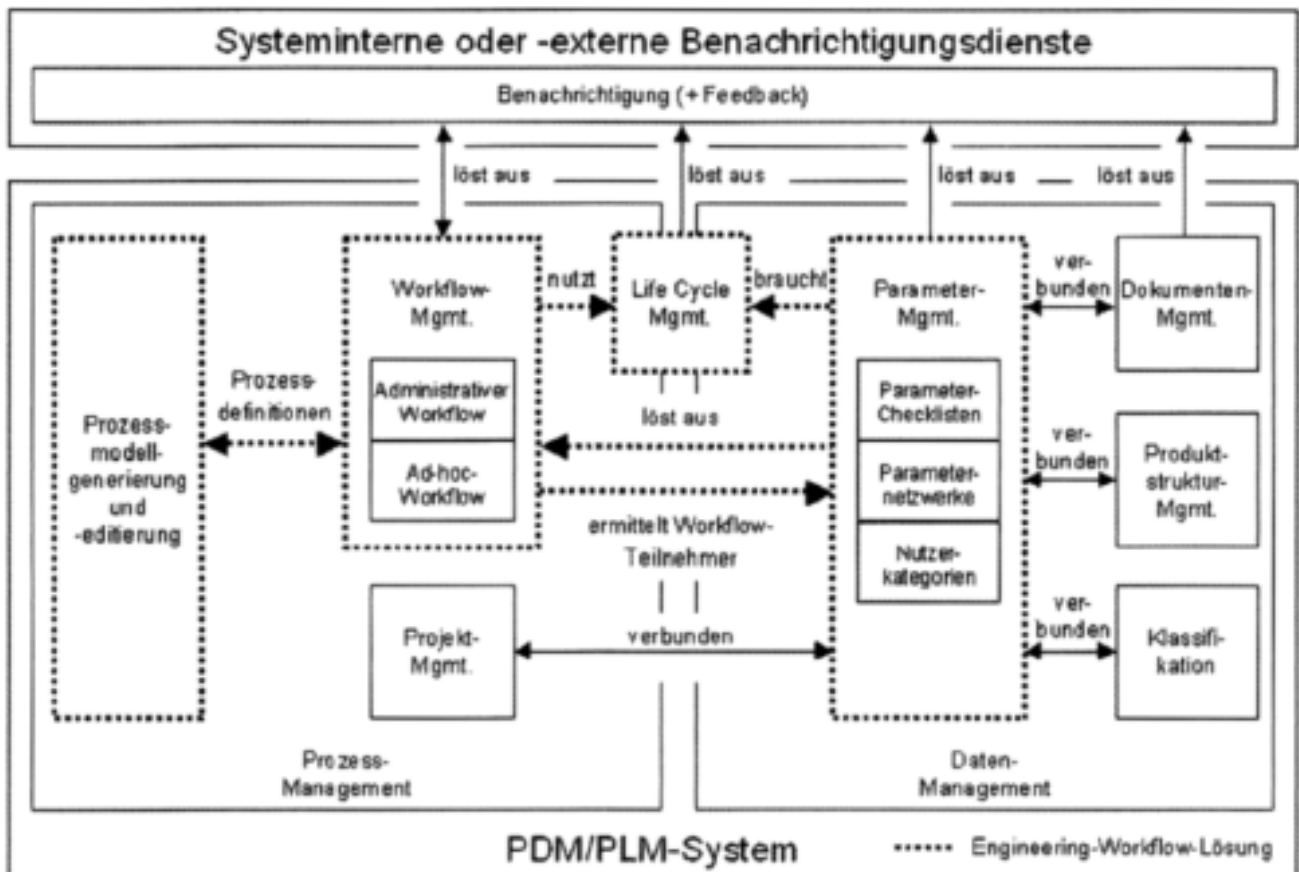


Abbildung 2: Funktionale Architektur eines PLM/PDM-Systems aus dem Maschinenbau (aus [11])

Diese Entwicklungen im Automobilbau tragen der Einsicht Rechnung, dass z.B. in Dokumenten nur ein geringer Bruchteil der Informationen für den Empfänger von Relevanz ist. Der Rest der Informationen in Dokumenten wird "mitgeschleppt" und führt zu hohem Verwaltungsaufwand und zu hohem Zeitaufwand bei der Erstellung und Verwaltung dieser Dokumente. Aus diesem Grund entwickelt die Automobilindustrie Techniken, um lediglich die relevanten Parameter eines Produktdatenmodells zu kommunizieren.

Übertragen auf das Bauwesen muss Kommunikation in Zukunft an das 3-D-Produktdatenmodell (im Bauwesen: 3-D-Bauwerksmodell mit Produktdatenbank im CAD) angelehnt werden. Der Dokumentenverkehr könnte so zurückgehen. Aus diesem Grund ist es notwendig, Methoden zu entwickeln, die eine Ausschreibung und Kalkulation direkt anhand des Produktdatenmodells ermöglichen, ohne dabei in sich geschlossene und sich somit abkoppelnde Dokumente (wie z.B. Leistungsverzeichnisse) zu produzieren.

---

## Teilemanagement als Grundlage der 3D-Modellierung

Es ist bekannt, dass der Aufwand für die Entwicklung von virtuellen 3D-Modellen sehr groß ist. Dennoch hat sich der Siegeszug von CAx-Systemen in der Produktentwicklung bzw. in der Bauplanung durchgesetzt. Nach einer Studie des CAD-Circle vom Sommer 2001 [12] sind mittlerweile an 21 % aller CAD-Arbeitsplätze dreidimensionale Konstruktionen möglich. Durch Nutzung der Synergien bei der Verwendung von CAD mit CAM hat der Maschinenbau eine Vorreiterrolle übernommen. Ebenso hat eine beachtliche Entwicklung stattgefunden, die es mittlerweile ermöglicht, Anlagen über ein durchgängig dreidimensional geplantes, virtuelles 1:1 Modell zu steuern und zu warten. Im Bauwesen wird diese Entwicklung verzögert, da der Anteil an nicht wiederzuverwendenden virtuellen Bauteilen bei der Produktion eines Bauwerkes noch zu hoch ist. Während bei einem Auto zum Beispiel komplette Baugruppen zwischen den Modellen ausgetauscht werden können, wird für ein Bauwerk - noch - fast der komplette Bauteilbestand immer wieder aufs Neue entwickelt. Lediglich Möbel und andere Accessoires können heute aus industriellen Produktkatalogen direkt in bauspezifische CAD-Systeme integriert werden.

Im Automobilbau bezeichnet man den Umgang mit den einzelnen Konstruktionsteilen eines Produktes als "Teilemanagement" bzw. "parts management" (engl.). Um dieses Fachgebiet herum wurden in der Automobilbranche Spezialapplikationen entwickelt, die sowohl industriell gefertigte Standard-Teile als auch von den einzelnen Automobilkonzernen speziell entwickelte Teile verwalten. Anhand der Vorbilder aus dem Automobilbau soll im folgenden untersucht werden, wie und ob diese Technologien auf das Bauwesen übertragen werden können. Dabei geht es weniger um konstruktionstechnische Details als vielmehr um die Potenziale, die im Aufbau eines solchen Teilemanagements bei der Bauindustrie verborgen liegen.

## Reale Produkte als virtuelle Bauteile

Der Aufbau eines Teilemanagements im Bauwesen setzt die Idee eines ganzheitlichen, dreidimensionalen PLM voraus. Dies bedeutet, dass jedes real existierende und physisch vorhandene Produkt von seinem Hersteller in einem virtuellen, dreidimensionalen Bauteil abgebildet wird. **Abb. 3** zeigt ein solches virtuelles 3D-Produkt. Das Produkt kann unter [13] heruntergeladen und unter der Voraussetzung, dass das passende CAD-System verwendet wird, in das entsprechende virtuelle CAD-Modell eingesetzt werden.

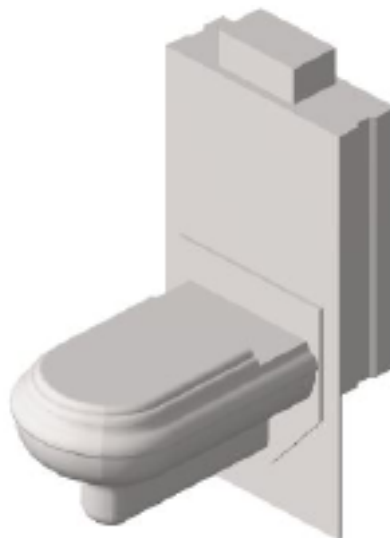


Abbildung 3: Ein virtuelles 3D-CAD-Modell als Abbild eines realen Produktes

Die nächste Stufe dieser Technologie ist die Entwicklung von elektronischen Produktkatalogen. Produktkataloge sind bereits seit längerer Zeit als Bildkataloge im Handel. Seit kürzerer Zeit etablieren sich im Internet Portale, die sich auf das Angebot solcher Produkte auch in 3D-Formaten für verschiedenste CAD-Anwendungen spezialisieren [14]. Diese Produktkataloge entsprechen den Standard-Teilekatalogen in der Automobilindustrie, in denen z.B. standardisierte Schraubentypen verwaltet werden. Die Automobilindustrie entwickelt trotz des immer höher werdenden Anteils an wiederverwendbaren oder standardisierten Teilen immer noch einen wesentlichen Anteil der Bauteile eines Automobils selbst, d.h. als individuelles 3D-Modell. Sämtliche neu entwickelten Teile stellen für einen Automobilkonzern eine wertvolle Wissensquelle dar, zumal alle bei der Produktentwicklung neu entstehenden Informationen zu den Bauteilen im PLM-System mitgeschrieben werden. Diese Informationen können für statistische Auswertungen, Vergleichstests und betriebswirtschaftliche Analysen verwendet werden. Ebenso bieten Teilekataloge als Bestandteil eines ganzheitlichen PLM/PDM-Systems die Möglichkeit, über eine Vernetzung Entwicklungspartnern und Zulieferern Zugang zu den Produktdaten zu verschaffen. Nach [15] tauschen die Automobilhersteller und ihre Zulieferer jährlich zwischen 4 und 6 Terabyte an Daten untereinander aus. Um Redundanzen bei dieser Datenhaltung zu vermeiden wird bei Volkswagen an einem Projekt gearbeitet, welches einen simultanen Zugriff auf mehrere PDM-Systeme über das Internet ermöglicht [15]. **Abb. 4** zeigt das Prinzip eines solchen Systems. Mit "PDTnet-Schema" wird ein systemunabhängiges Kommunikationsprotokoll definiert, über das mehrere PDM-Server miteinander vernetzt werden. Dabei werden der auch im Bauwesen bekannte Schnittstellenstandard STEP für den Datenaustausch und die XML-Technologie bzw. das SOAP-Protokoll (Simple Object Access Protocol) für die Anbindung an das Internet benutzt. Es wird ersichtlich, dass in der Automobilbranche in Zukunft die Kommunikation über die PDM-Systeme laufen wird. Durch die Trennung des geometrischen Modells vom eigentlichen Datenmodell eines Produktes entstanden um die CAD-Applikationen herum externe Datenbanken, in denen die Produktdaten aufbewahrt werden. Durch die Verknüpfung des geometrischen Modells mit den Produktdaten in den externen Datenbanken ist es heute möglich, die Produktdaten zeitverschieben zu ändern, sie dann zu kommunizieren und erst zum Schluß mit den geometrischen Daten im CAD-System abzugleichen. Die Kommunikation der Parameter eines Bauteils [11] ist die logische Konsequenz, da diese Parameter einem Eintrag in der entsprechenden Produktdatenbank eines Produktes entsprechen. Da dieser Eintrag nicht redundant sein darf (d.h. es darf zu jedem Zeitpunkt x nur genau ein einziger Wert

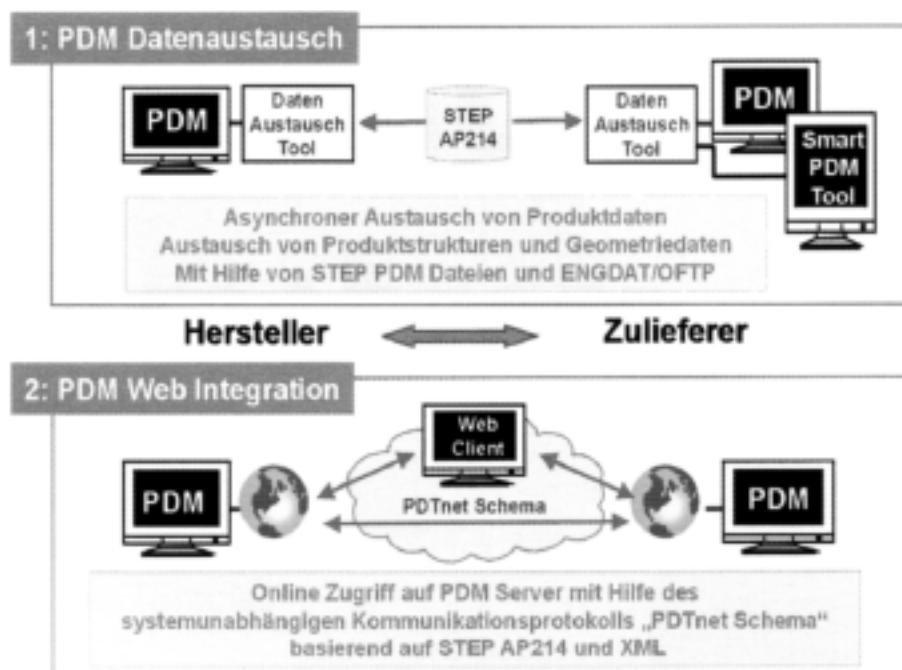


Abbildung 4: Vernetzung mehrerer PDM-Server mit dem Kommunikationsprotokoll PDTnet-Schema

---

für einen Eintrag existieren) wird daran solange zeitverschoben entwickelt, bis der Parameter bzw. Eintrag von allen Beteiligten anerkannt wird [16]. Es ist dazu notwendig, dass alle Beteiligten auf ein Produktdatenmodell zugreifen. Da dies nur mit computerbasierten Technologien möglich ist, müssen die Parameter des Produktdatenmodells unter den Beteiligten **formal** abgeglichen werden. Für diese einheitliche Form der Produktdaten bedarf es eines Standards, der sich mit der Zeit jedoch selbst auf dem Markt herausbilden muss. Ein Beispiel ist die unterschiedliche Definition der Produktdatenmodelle in Software-Anwendungen der Planung einerseits und in Anwendungen der Ingenieurberechnungen andererseits. Trotz der überwiegend inhomogenen Produktlandschaft gibt es einige Produkte, die eine Übernahme des Produktdatenmodells von einem ins andere System möglich machen. Diese Funktionalitäten sind jedoch nur dann möglich, wenn überhaupt mit einem virtuellen 3D-Modell gearbeitet wird. Im Baubetrieb haben diese 3D-Technologien bisher nur zögerlich Einzug gefunden, weil das Produktdatenmodell im Baubetrieb noch auf klassische Art und Weise definiert wird, nämlich mit Text und Zeichnung.

Um Baubetrieben die Möglichkeit zu schaffen, an der virtuellen 3D-Welt moderner Produktdatenmodelle teilzuhaben, soll im folgenden gezeigt werden, welche Änderungen und Entwicklungen stattfinden müssen, damit die Integration der Baubetriebe in die 3D-Produktdatenmodelle erfolgen kann.

## **Grundlagen der positionsbasierten und bauteilorientierten Methode im Vergleich**

In diesem Abschnitt sollen die positionsbasierte und die bauteilorientierte Herangehensweise an Leistungsbeschreibungen in ihren Grundlagen untersucht und dargestellt werden.

Aufbauend auf den Forderungen von Gehri [17] wird ein 3D-Datenkonzept für den Bereich der AVA dargestellt, welches sich von den heute weit verbreiteten, textbasierten Datenformaten (GAEB 1990 bzw. 2000) distanziert und statt dessen vollständig auf einem dreidimensionalen Ansatz beruht. Obwohl die Ausschreibung in ihrem kompletten Umfang aus einer Vielzahl von Dokumenten in den unterschiedlichsten Formaten bestehen kann, ist aus baubetrieblicher Sicht das Leistungsverzeichnis das Dokument, welches während der praktischen Ausführung am häufigsten herangezogen wird. Aus diesem Grund ist in diesem Beitrag lediglich das Leistungsverzeichnis Gegenstand der Untersuchungen. Dabei wird untersucht, wie das klassische Leistungsverzeichnis als vom 3-D-Modell losgekoppeltes Dokument durch eine direkte Schnittstelle zum 3-D-Modell ersetzt wird. **Abb. 5** zeigt im Überblick das Ordnungssystem eines klassischen Leistungsverzeichnisses und geht dabei auch kurz auf die Datenstruktur der Kalkulation ein.

Anhand der Beispielposition "Aufbeton" soll untersucht werden, wie es zu der Struktur des Leistungsverzeichnisses kommt bzw. wie es zu der Modellstruktur eines Bauteils in einem 3D-CAD-System kommt. In [17] behandelt Gehri bereits 1992 diese Problematik, allerdings ohne das heute vorhandene Hintergrundwissen über die Möglichkeiten von 3D-CAD-Modellen. Er weist in seinen Beschreibungen über die Programmierung einer objektbasierten Anwendung für die Bauleitung auf Seite 91 auf folgenden Tatbestand hin:

*"Um den (..) gesetzten Zielen - 1. Baustelle als Profitcenter fördern (autonom machen)  
2. Bessere Unterstützung des Baustellenleiters bei seinen Führungsaufgaben 3.  
Entwicklung eines Beratersystems für Baustellenleiter - gerecht zu werden, wird das  
Umfeld der Baustellenleitung im folgenden in einer objektorientierten Betrachtungsweise  
modelliert."*

Dies impliziert neben seinem Willen zur objektorientierten Betrachtungsweise des Datenmodells aufgrund der im Jahre 1992 mehr und mehr Einzug findenden Programmiermethode des OOP (Object Oriented Programming) ebenso seine Kritik an der Tatsache, dass das aktuelle Umfeld der Baustellenleitung zur Zeit doppelte Arbeit mit Ausschreibungen im Zusammenhang mit der Arbeitsvorbereitung hat, da diese - wie er schreibt - "tätigkeitsspezifisch" ausgeschrieben sind:

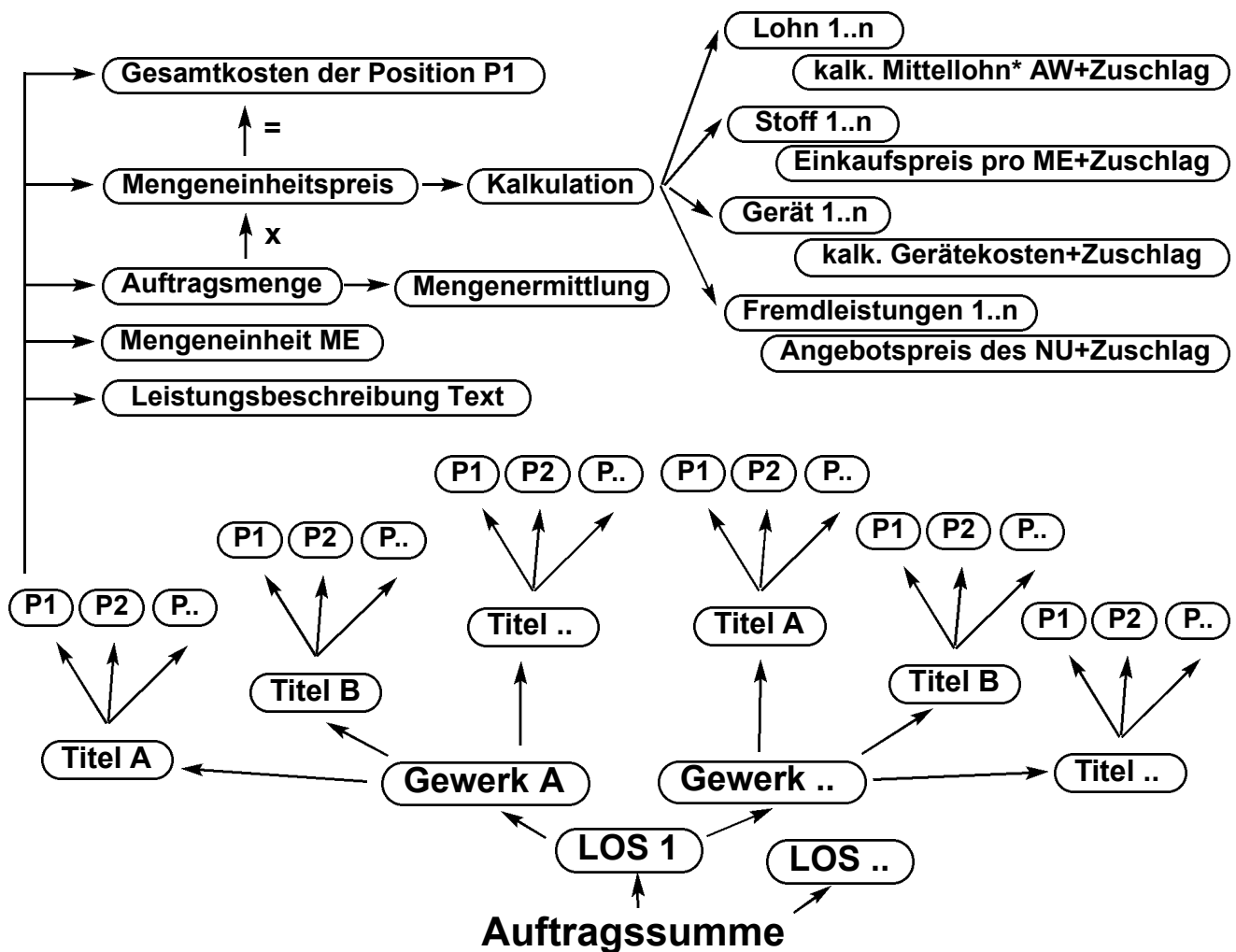


Abbildung 5: Ordnungssystem eines klassischen Leistungsverzeichnisses mit Kalkulation (hier nur 4 Kostenarten)

“Es ergibt sich teilweise die abwegige Situation, dass ein Bauherr alle Pläne vorliegen hat und für den Kostenvoranschlag die einzelnen Bauteile erfassen und massenmäßig berechnen lässt. Bevor die Ausschreibung an den Unternehmer geht, werden aber alle diese Massen aufsummiert, um tätigkeitsspezifisch auszuschreiben. Der Unternehmer muss nun diese Massen wieder auflgliedern, um seine Planung durchführen zu können und um eine Massenkontrolle zu erhalten.”

**Abb. 6** zeigt die Methode der Mengenermittlung, wie sie in obigem Zitat beschrieben ist, anhand eines 3D-Modells für die Beispiel-Position “Aufbeton auf ebene Flächen”. Der ausschreibende Ingenieur des Bauherrn hat alle Pläne vorliegen und muss nun ähnliche Tätigkeiten in LV-Positionen zusammenfassen (dunkel markierte Flächen im rechten Bildteil), möglichst unter Beachtung der Richtlinien für die Ausschreibung von Bauleistungen der VOB/A und VOB/C.

Was in einem gut strukturierten 3D-CAD-Modell in wenigen Sekunden mit einer Abfrage herausgezogen werden kann (z.B. suche alle Objekte, in deren Bezeichnung “Aufbeton” vorkommt und die aus dem Material “B15” sind), kostet den ausschreibenden Planer viel Zeit und Mühe. Er muss folgende Prozesse abwickeln, um die gewünschte Menge in Kubikmeter zu erhalten:

1. Suche im Planmaterial nach Stellen, an denen Aufbeton vorgesehen ist
2. Identifikation der Kubatur des Aufbetons in Schnitten und Grundrissen
3. Berechnung der Volumina der einzelnen Kubaturen



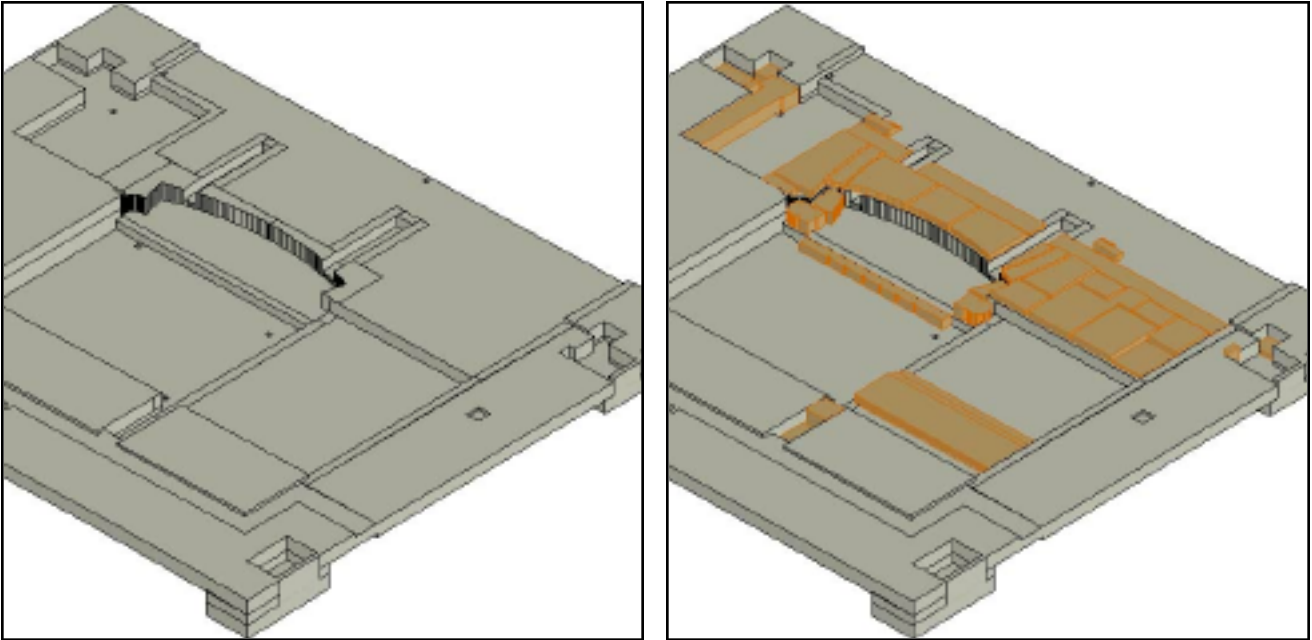


Abbildung 6: Fundament eines Gebäudes ohne und mit gekennzeichneten Aufbetonbereichen

4. Prüfung und ggf. Ausgleich wegen der Differenz "wahre Mengen zu VOB-Mengen" (nach VOB/C)
5. Bildung der Summe aller Kubaturen

Die Summe wird dann als Menge in die LV-Position "Aufbeton auf ebene Flächen" eingetragen. Dabei soll nicht außer Acht gelassen werden, dass es sich hierbei um eine relativ einfache Position handelt, die recht übersichtlich ist, da es sich bei "Aufbeton auf ebene Flächen" meist um das "Zuschütten" von bereits betonierten Flächen und um rechtwinklige Kubaturen handelt. Würde man den Ausgleichsbeton gegen Erdreich in einem geometrisch komplizierten Aushub ermitteln müssen (z.B. bei der Planung von Negativschalung aus Beton für eine Arbeitskalkulation im Rahmen eines Verfahrensvergleichs), so würde die Berechnung wesentlich aufwändiger sein.

Die Kritik von Gehri an der "tätigkeitsspezifischen" Ausschreibung drückt sich im Anschluss an obiges Zitat ebenso verstärkt in folgender Überlegung aus:

*"Zu diskutieren wäre eine Vergabemöglichkeit, die sich zwischen Pauschal- und Einzelpositionsaufträgen finden würde: Der Bauherr würde auf Funktions- oder Bauteilebene ausschreiben (...)."*

Zu Beginn entsteht ein beträchtlicher Mehraufwand, da die Bauteile definiert werden müssen. Der Gewinn entsteht durch das im Nachhinein vereinfachte Abarbeiten der Bauteile beim Bestellen, Ausführen und Abrechnen sowie bei Akkordarbeiten, beim Aufmessen und beim Arbeiten im späteren Bestand. Das System von Gehri verfolgt also den Zweck, das LV während der Ausschreibungsphase so aufzubereiten, dass die Bauleitung es während der Ausführung gut für das Controlling einsetzen kann.

### **Die bauteilorientierte Ausschreibung**

Wir unterteilen heute die Gebäude während der Bauausführung in Bauabschnitte. Leider bestehen keine einheitlichen Regeln, nach dem ein Gebäude in Abschnitte bzw. Bauteile einzuteilen ist. Die Ausschreibung verwendet den Begriff Los für ganze Gebäude oder große Einzelteile eines Gesamtprojekts. Der Bauunternehmer spricht von Bauabschnitten, die er selbst in der Regel im Rahmen der Arbeitsvorbereitung ablauforientiert festlegt. Der Statiker spricht von

Betonierabschnitten oder Statik-Positionen und meint damit konstruktive Einheiten. Es ist reiner Zufall, wenn z.B. die anfänglichen Bezeichnungen des Architekten für bestimmte "Teile" des Gebäudes von Anfang bis Ende eines Projektes beibehalten werden. Dies ist jedoch eine Grundvoraussetzung sowohl für die Arbeit von Gehri als auch für vorliegende Arbeit.

Untersuchungen von Brumme an der Professur Baubetrieb und Bauverfahren der Bauhaus-Universität Weimar [18] haben gezeigt, dass die heutigen Strukturen zur Einordnung von Bauteilen in den einschlägigen DIN-Normen (z.B. DIN 276) nicht ausreichen, um der Flexibilität der heute verwendeten CAD-Systeme gerecht zu werden.

Ebenso zeigen aktuelle Forschungsergebnisse [19], dass eine vordefinierte Klassifikation von Bauteilen aufgrund der uneinheitlichen Formalität in den einzelnen Fachdisziplinen im Bauwesen sehr schwierig ist. Nach Thurow und Donath ist ein allumfassendes Bauwerksmodell aufgrund der Vielfältigkeit in der Architektur von vornherein nicht produktiv:

*"Bis heute ist kein allumfassendes Bauwerksmodell entstanden und wird aus Sicht der Autoren auch nicht entstehen. Zu unterschiedlich und vielseitig fällt Architektur in der Realität aus."*

Dennoch ist es notwendig, den überwiegenden Teil aller Bauteile einzuordnen. Dies schließt nicht aus, dass Sonderbauteile gesondert behandelt werden müssen. Wichtig ist, dass jedes einzelne Bauteil des Gebäudes eine eindeutige Identifikation erfährt. Die Vorgehensweise hierzu ist das virtuelle, dreidimensionale Gebäudemodell, in dem jedes einzelne Bauteil eindeutig erfasst wird. In Anlehnung an das Ordnungssystem in **Abb. 1** wird das in **Abb. 7** folgende bauteilorientierte Ordnungssystem definiert. Es wird nicht mehr von einem tätigkeitsspezifischen Leistungsverzeichnis ausgegangen, sondern von einem bauteilorientierten Leistungsverzeichnis, in welchem die einzelnen Titel je nach Festlegung des Planers aus potenziellen Bauteilgruppen und diese wiederum aus einzelnen Bauteilen bestehen.

Um dies nochmals zu veranschaulichen, wird das Prinzip des tätigkeitsspezifischen Leistungsverzeichnisses in **Abb. 8** dem Prinzip des bauteilorientierten in **Abb. 9** gegenübergestellt: Im Beispiel der LV-Position "Aufbeton auf ebene Flächen" werden so aus einer Menge von 31 örtlich

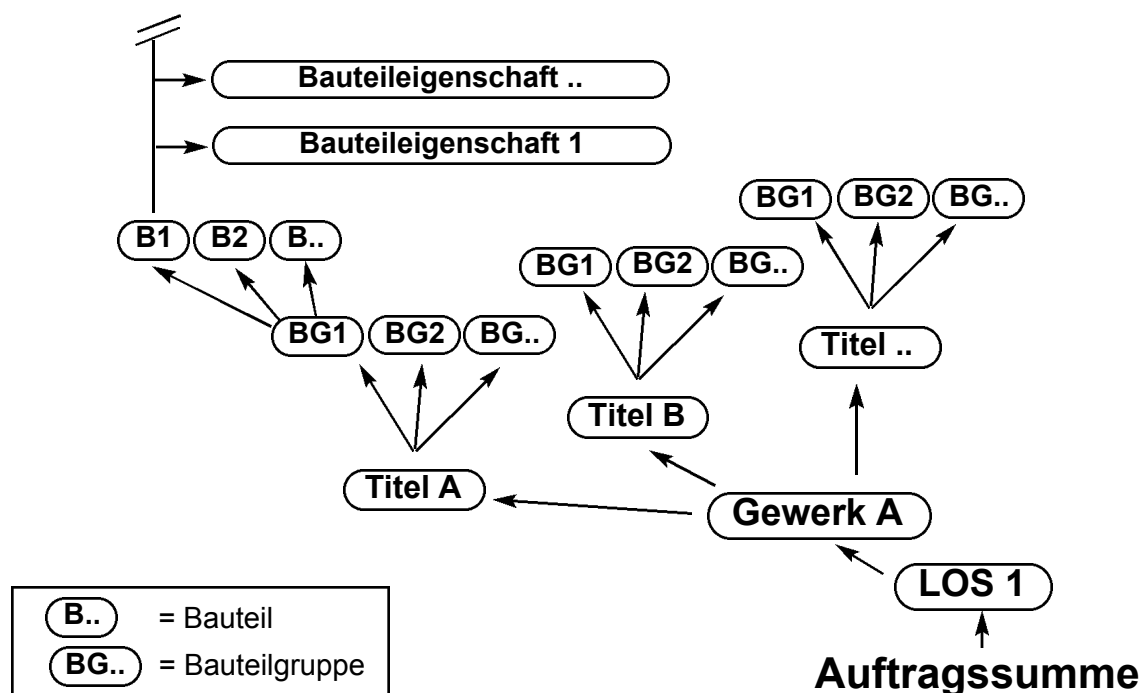


Abbildung 7: Ordnungssystem für ein bauteilorientiertes Leistungsverzeichnis (in Anlehnung an das klassische LV)

getrennten Aufbetonbereichen, die vorher in einer einzelnen tätigkeitsspezifischen Position zusammengefasst wurden, 31 selbständige Einzelbauteile mit eindeutigen Nummern (ID). Diese 31

*Prinzip des tätigkeitsspezifischen Leistungsverzeichnisses: 31 örtlich getrennte Bauteile ergeben eine LV-Position*

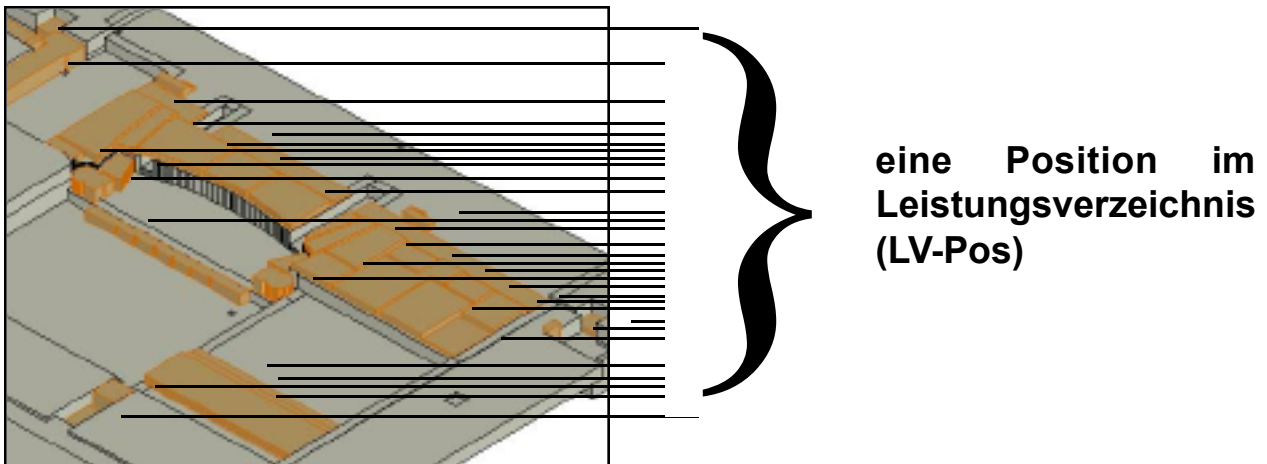


Abbildung 8: Prinzip des tätigkeitsspezifischen Leistungsverzeichnisses

*Prinzip des bauteilorientierten Leistungsverzeichnisses: 31 örtlich getrennte Bauteile ergeben eine Bauteilgruppe (BG)*

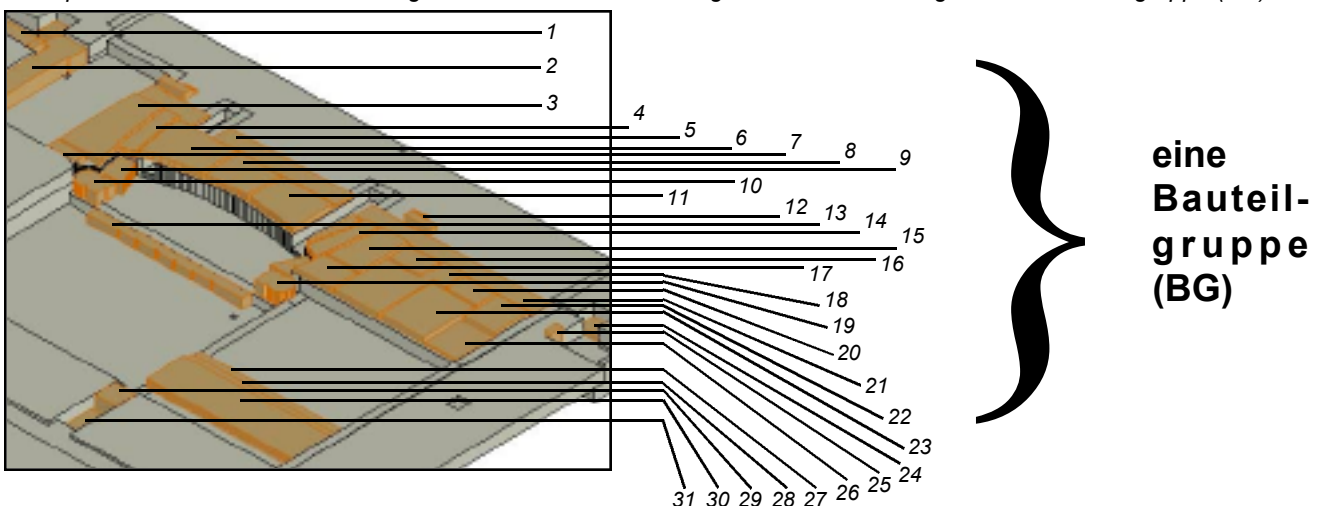


Abbildung 9: Prinzip des bauteilorientierten Leistungsverzeichnisses

Bauteile ergeben zusammengefasst eine Bauteilgruppe (BG). Die Summe aller Bauteilgruppen ergibt analog zum Leistungsverzeichnis ein **Bauteilverzeichnis**. Somit werden Gebäude anhand von Bauteilverzeichnissen beschrieben.

### Struktur und Benutzer-Schnittstelle für ein bauteilorientiertes Bauteilverzeichnis

Der Aufbau eines bauteilorientierten Kataloges zum Zweck der Ausschreibung und Kalkulation muss von vornherein völlig neu überlegt werden. Dies wird deutlich, wenn man die Vor- und Nachteile der klassischen Kalkulation mit einem LV und der Kalkulation mit einem Bauteilverzeichnis gegenüberstellt.

Der Vorteil des "tätigkeitsspezifischen" LVs besteht darin, dass durch eine relativ große Unschärfe bei der Beschreibung der Leistung eine recht große Anzahl von Bauteilen in einer Position untergebracht werden kann.

Der Nachteil ist, dass man für die Mengenermittlung alle Planunterlagen auswerten muss, um die Mengenanteile zu bestimmen. Dieser zeitaufwendige Vorgang findet in der Praxis nur sehr oberflächlich statt und unterstützt Mengenspekulationen des Bauunternehmers.

Geht man nun bauteilorientiert vor, wandeln sich jeweils die Vorteile der einen Methode teilweise in Nachteile um. Der Vorteil liegt darin, dass man nun aus dem Computermodell sehr schnell die Mengen zu den Bauteilen erhält und diese nicht erst anhand der Pläne ermitteln muss. Dabei müssen allerdings die Bauteile parallel zur Konstruktion am Computer gekennzeichnet und evtl. zu Bauteilgruppen zusammengefasst werden. Der Nachteil liegt in dem hohen Zeitaufwand der Visualisierung und der damit verbundenen hohen Genauigkeit der Beschreibung der einzelnen Bauteile. Dadurch erhöht sich die Anzahl der "verschiedenartigen" Leistungen drastisch, da nun z.B. jede Wand ein eigenes Bauteil darstellt, sobald sie sich in nur einer Eigenschaft von einer anderen Wand unterscheidet.

Um die Vorteile beider Methoden zusammenzuführen, bietet sich die sog. "Elementmethode" an. Diese verbindet den Vorteil der schnellen Mengenermittlung mit dem Vorteil der vergrößerten Zusammenfassung bei der Leistungsbeschreibung und der damit einhergehenden geringen Anzahl von LV-Positionen. Es werden lediglich die Eckdaten eines Standard-Bauteils im Computer angegeben (z.B. bei einem Satteldach die Länge, Breite, Neigung und einige Material- und Konstruktionsangaben) und dieser erstellt dazu alle notwendigen Positionen und Mengen automatisch. Dieser Ansatz ist zwar ein Fortschritt, erfüllt aber nicht den Anspruch an ein modernes PLM/PDM-System, da er nach wie vor vom virtuellen 3-D-Modell losgekoppelt ist.

Um an dieser Stelle von sämtlichen Vorzügen eines PLM/PDM-Systems profitieren zu können, muss das Gebäude analog zum Automobil in möglichst kleine Bestandteile zerlegt werden. Obwohl dies in der Baubranche im Unterschied zur Automobilbranche nicht immer sinnvoll scheint, soll im folgenden von diesem Leitgedanken ausgegangen werden. Analog zur **Abb. 7** soll ein Gebäude ausgehend von seinen kleinsten Teilen (z.B. Steckdosen) über verschiedene Gruppenhierarchien aufgebaut werden. Als Orientierung für den Detaillierungsgrad soll hier die kleinstmögliche Mengeneinheit beim Einkauf der verschiedenen Produkte aus den Produktkatalogen gelten. Eine Steckdose kann man z.B. einzeln kaufen. Es wird ersichtlich, dass man sich bei monolithischer Arbeitsweise (Beton) eine Gliederung der Bauteile überlegen muss. Bei Mauerwerk macht es hingegen keinen Sinn, im Computer einzelne Steine bei der Konstruktion zu verwenden, auch wenn man nur einen einzelnen Stein kaufen könnte. Bei Beton-Fertigteilstürzen kann man wiederum nur ein einziges Stück auf einmal im Modell verbauen und wird deshalb den Sturz als einzelnes Bauteil wählen.

Die Basis der im folgenden beschriebenen bauteilorientierten Ausschreibung und Kalkulation stellt das 3-D-Modell eines Carports dar. Es wird versuchsweise mit mehreren Bauweisen (Holz, Stahl, Beton, Mauerwerk) experimentiert. **Abb. 10** zeigt das Modell des Carports.

Bei der Entwicklung einer Benutzer-Schnittstelle für die bauteilorientierte Ausschreibung wird insbesondere der Tatsache Rechnung getragen, dass der Ausschreibende beim Verfassen der Leistungsbeschreibung heute in der Regel keine direkte visuelle Verbindung zum 3-D-Modell des

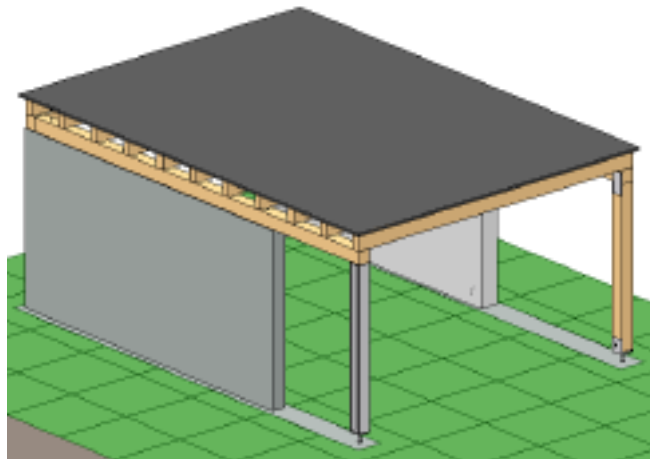


Abbildung 10: Gesamtbild des Carports auf der grünen Wiese

Gebäudes hat. Eine bauteilorientierte Ausschreibung soll deshalb die auszuführende Leistung nicht nur mit Worten, sondern auch mit dem der Leistung entsprechenden Bild aus dem 3-D-Modell beschreiben. Dies ist in gängigen CAD-Produkten heute nur eingeschränkt möglich, da die Abgrenzung des abzubildenden Bereiches oft unklar ist und die Darstellung des Modells außerhalb der CAD-Anwendung in einem ausgewählten Kontext schwierig umzusetzen ist. Abbildung 11 zeigt das User-Interface einer bauteilorientierten Ausschreibung am Beispiel des Bodenaushubs für den Fundamentstreifen. Zum besseren Verständnis der auszuführenden Leistung werden verschiedene mediale Darstellungsmöglichkeiten (Text, Plan, Bild, 4D-Film) in die Ausschreibung integriert.

In **Abb. 11** ist rechts zu sehen, dass verschiedene Informationen zu diesem Bauteil vorgehalten werden. Durch Anklicken des Pfeils können diese Informationen eingesehen werden. So verbirgt sich hinter dem Button "Geometrie" der Planauszug aus dem CAD-Modell. Diese Pläne sind ebenso wie obige 3-D-Abbildung des Aushubs direkt mit der CAD-Anwendung verknüpft und ändern sich, wenn im 3-D-Modell die Geometrie des Aushubs verändert wird.

Unter "Material" verbirgt sich eine genaue Beschreibung der Bodenbeschaffenheit. Es ist sinnvoll, dass im CAD-Modell von vornherein die verschiedenen Bestandteile des vorgefundenen Bodens als Material definiert werden, z.B. ein Materialtyp "Oberboden" oder die nach DIN 18300 definierten Böden nach Bodenklassen. Unter "Mengen" werden die aus dem CAD-Modell abgeleiteten Mengen des Aushubs definiert. Die Mengen basieren auf der Geometrie und sind ebenfalls direkt mit dem Modell verknüpft.

Die Menge der hier hinterlegten Informationen kann sehr groß werden. Als Grundsatz dabei gilt jedoch, dass Eigenschaften, die bereits im CAD-Modell definiert wurden, nicht nochmals in einer Leistungsbeschreibung zu definieren sind, da damit redundante Informationen entstünden. Eine bauteilorientierte Ausschreibung unter Zugriff auf ein CAD-Modell verhindert somit, dass Eigenschaften vom Ausschreibenden nochmals definiert werden müssen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass vom Architekten noch nicht genau definierte Bauteile (z.B. in der Phase der Genehmigungsplanung) zunächst als Platzhalter definiert werden können, da durch die Dreidimensionalität fehlende Bauteile zum einen auffallen und zum anderen unklare bzw. widersprüchliche Stellen sichtbar werden. Dadurch werden für die spätere Ausführungsplanung möglichst alle Bauteile mit maximaler Genauigkeit beschrieben. Zwischenzeitliche Änderungen am

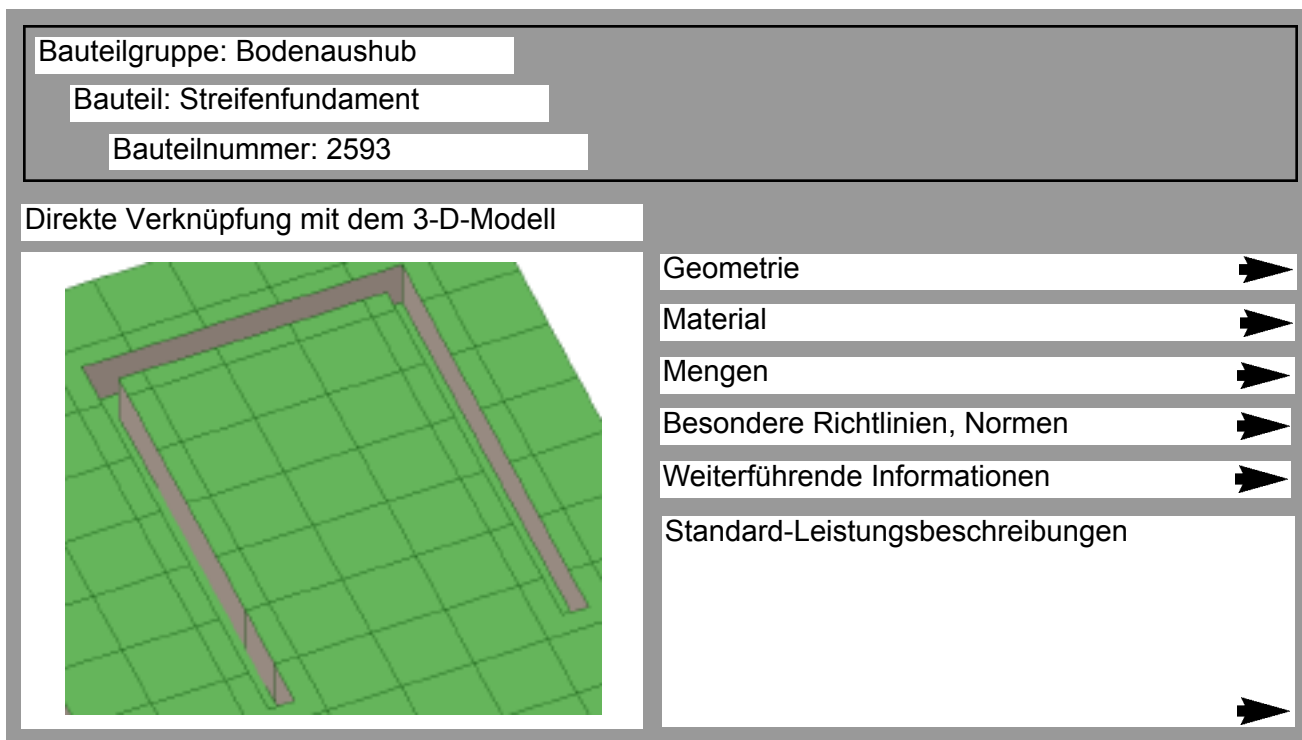


Abbildung 11: Benutzer-Schnittstelle für die bauteilorientierte Ausschreibung eines Fundamentaushubs

CAD-Modell werden dokumentiert und fließen in die bauteilorientierte Ausschreibung ein.

**Abb. 12** zeigt, wie die hinterlegten Informationen durch den Benutzer einsehbar sind, hier Geometrien und Mengen. Die eigentliche Mengenberechnung ist hier nicht dargestellt, da sie im Hintergrund läuft. Heute wirkt sich dieses noch als Nachteil aus, da z.B. die VOB/B für gewisse Bauteile verlangt, dass solche Mengenberechnungen (z.B. bei der Abrechnung) nachvollziehbar sein müssen.

Die Vorgehensweise nach **Abb. 12** wird nun für alle Bauteile des Carports durchgeführt. Dabei kann es nicht dem Computerprogramm überlassen sein, die Definition und die Abgrenzung der einzelnen Bauteile vorzunehmen. Es bleibt hier die Aufgabe des Ingenieurs, diese zu machen. Es wird offensichtlich, dass der Ausschreibende dazu über Kenntnisse der Arbeitsweise der 3-D-CAD-Software verfügen muss. Das Endergebnis des Ausschreibungsvorgangs ist das bauteilorientierte Bauteilverzeichnis mit allen zu dem Bauwerk gehörenden Bauteilen.

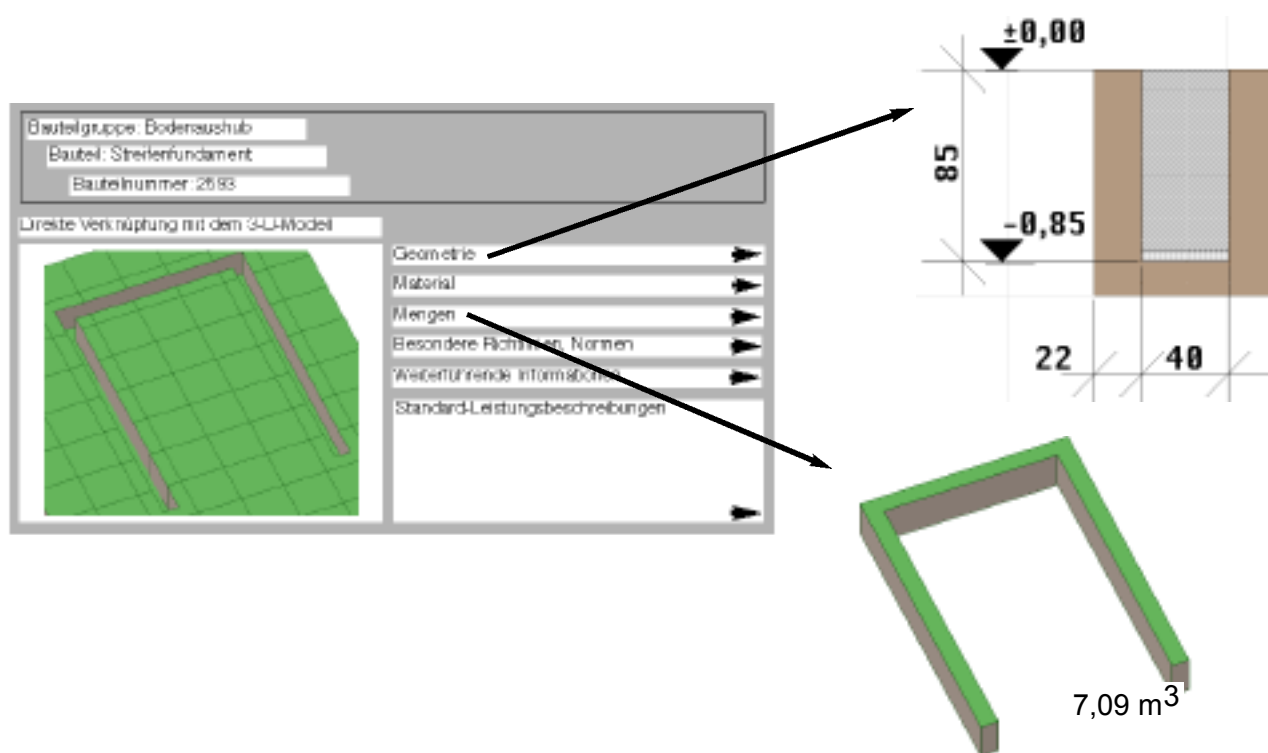


Abbildung 12: Das Bauteil "Aushub Fundament" wird vom CAD-Modell in die Ausschreibung übernommen

## Die Kalkulation mit einem bauteilorientierten Bauteilverzeichnis

Wie lässt sich anhand des Bauteilverzeichnisses die Kalkulation durchführen? In der klassischen Kalkulation werden analog zur Struktur eines Leistungsverzeichnisses positionsbezogene Einheitspreise für jeweils eine Mengeneinheit einer Positionen gebildet (**Abb. 5**).

In obigem Fall wird mit den 4 Kostenarten Lohn, Stoff, Gerät und NU kalkuliert. Bei der positionsbasierten Kalkulation werden somit die Kosten für die Erbringung einer Leistung für die Menge 1 einer bestimmten Mengeneinheit (z.B. 1 m<sup>3</sup> Aushub herstellen) bestimmt. Dabei kommt es vor, dass in mehreren Positionen identische Stoffe oder Geräte verwendet werden. Pro Position ist es erforderlich, dass z.B. der Stoffaufwand für die Menge 1 in der Mengeneinheit der Position bestimmt wird. Die Vorgehensweise bei der Kalkulation mit Bauteilen ist nun anders. In Abhängigkeit von der Definition und Abgrenzung der einzelnen Bauteile entstehen zu jedem Bauteil verschiedene Mengenanteile in den 4 Kostenarten. Die Stoffmengen werden aus dem CAD-Modell herausgezogen

und dem Bauteil zugeordnet. Geräteleistungen und NU-Leistungen werden ebenso dem Bauteil und nicht einer kumulierten Leistung zugeordnet. Der Lohn muss bei der Kalkulation mit Bauteilen in besonderer Weise berücksichtigt werden. Die Zersplitterung des Bauwerkes in viele zum Teil sehr kleine Einzelbauteile macht es erforderlich, zu jedem dieser Bauteile einzelne Zeitaufwandswerte angeben zu müssen, obwohl die Bauteile hinsichtlich des Ihnen beizumessenden Aufwandswertes identisch sind. Als Beispiel kann hier die Sparrenlage des Carports herangezogen werden. Es sind mehrere Bauteile, welche die Bauteilgruppe "Sparren" bilden. Jeder einzeln zu verlegende Sparren erfordert ungefähr den gleichen Zeitaufwand beim Verlegen. Es wäre sehr aufwändig, zu jedem einzelnen Sparren den Lohnaufwand getrennt angeben zu müssen. Also sollte man für Bauteile mit einem annähernd identischem Zeitaufwand bei der Herstellung auf vordefinierte Ansätze in Wissensdatenbanken zurückgreifen und diese den Bauteilen zuordnen können, wie nachfolgend gezeigt wird.

An dieser Stelle verlässt man den Weg der klassischen Kalkulation. Es ist nun möglich, zu den einzelnen LV-Positionen die dazugehörigen Bauteile zusammenzufassen [vgl. Hasenbein]. Genau dieser Schritt führt jedoch unter Beachtung moderner CAD-Systeme zu bauteilorientierten Methoden bei der Ausschreibung und Kalkulation. Im folgenden soll nun anhand des unvollständigen Bauteilverzeichnis des Carports die Methode der Kalkulation mit Bauteilen geschildert werden. Im Bauteilverzeichnis befinden sich als Bauteile bzw. Bauteilgruppen der **Fundamentaushub**, die **Holzstütze**, die **Mauerwerkswand** sowie die **Pfetten**. Die **Abbildungen 13 bis 16** zeigen das Bauteilverzeichnis, wie es der Bauunternehmer zur Kalkulation erhält. Ebenso hat der Unternehmer Zugang zum 3-D-Modell, um dort navigieren und bei Bedarf weitere Details einsehen zu können.

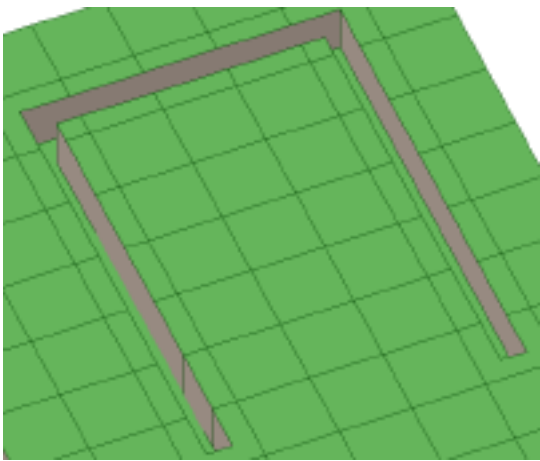
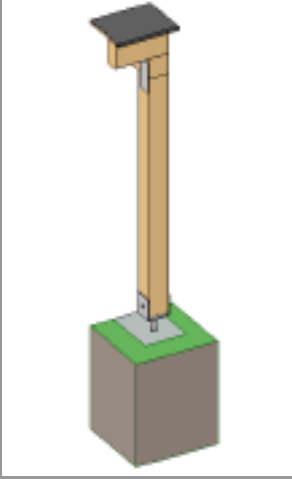
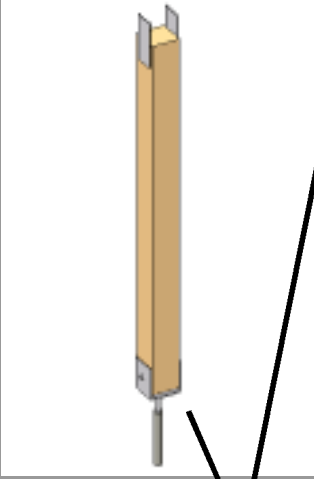
Bauteilgruppe: Bodenaushub	
Bauteil: Streifenfundament	
Bauteilnummer: 2593	
Direkte Verknüpfung mit dem 3-D-Modell	
	Geometrie <span style="float: right;">➔</span>
	Material <span style="float: right;">Bodenklasse xyz</span> <span style="float: right;">➔</span>
	Mengen <span style="float: right;">7,09 m3</span> <span style="float: right;">➔</span>
	Besondere Richtlinien, Normen <span style="float: right;">➔</span>
	Weiterführende Informationen <span style="float: right;">➔</span>
	Standard-Leistungsbeschreibungen <span style="float: right;">➔</span>

Abbildung 13: Fundamentaushub

Bauteilgruppe: Holzstütze													
Bauteil: Holzstütze													
Bauteilnummer: 2594													
Direkte Verknüpfung mit dem 3-D-Modell													
													
<table border="1"> <tr> <td>Geometrie</td> <td>➔</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>Nadelholz xyz, Vergußmörtel, Edelstahl ➔</td> </tr> <tr> <td>Mengen</td> <td>➔</td> </tr> <tr> <td>Besondere Richtlinien, Normen</td> <td>➔</td> </tr> <tr> <td>Weiterführende Informationen</td> <td>➔</td> </tr> <tr> <td>Standard-Leistungsbeschreibungen</td> <td>➔</td> </tr> </table>		Geometrie	➔	Material	Nadelholz xyz, Vergußmörtel, Edelstahl ➔	Mengen	➔	Besondere Richtlinien, Normen	➔	Weiterführende Informationen	➔	Standard-Leistungsbeschreibungen	➔
Geometrie	➔												
Material	Nadelholz xyz, Vergußmörtel, Edelstahl ➔												
Mengen	➔												
Besondere Richtlinien, Normen	➔												
Weiterführende Informationen	➔												
Standard-Leistungsbeschreibungen	➔												

Holzstütze, 18x18 cm, H=2,32 m, Nadelholz xyz, usw.  
 0,01 m3, Vergußmörtel xyz, usw.  
 Stahlbolzen mit Mutter, M 24, Edelstahl, usw.  
 2 Nagelplatten, Edelstahl, 300x100x3mm, usw.  
 Stützenfuß, Edelstahl, für 18-er Stütze, usw.

Abbildung 14: Holzstütze

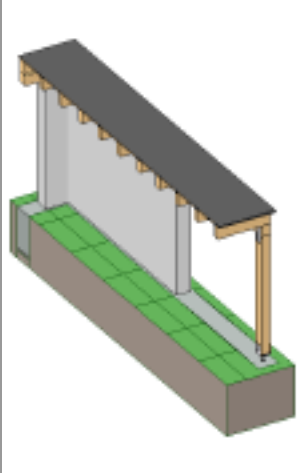
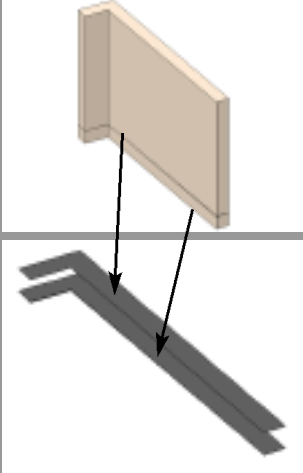
Bauteilgruppe: Mauerwerkswände													
Bauteil: Mauerwerkswand													
Bauteilnummer: 2595													
Direkte Verknüpfung mit dem 3-D-Modell													
													
<table border="1"> <tr> <td>Geometrie</td> <td>d=24 cm ➔</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>Kalksandstein, Abdichtungsbahn, usw. ➔</td> </tr> <tr> <td>Mengen</td> <td>2,59 m3 bzw. 0,682+3,87 lfm ➔</td> </tr> <tr> <td>Besondere Richtlinien, Normen</td> <td>➔</td> </tr> <tr> <td>Weiterführende Informationen</td> <td>➔</td> </tr> <tr> <td>Standard-Leistungsbeschreibungen</td> <td>➔</td> </tr> </table>		Geometrie	d=24 cm ➔	Material	Kalksandstein, Abdichtungsbahn, usw. ➔	Mengen	2,59 m3 bzw. 0,682+3,87 lfm ➔	Besondere Richtlinien, Normen	➔	Weiterführende Informationen	➔	Standard-Leistungsbeschreibungen	➔
Geometrie	d=24 cm ➔												
Material	Kalksandstein, Abdichtungsbahn, usw. ➔												
Mengen	2,59 m3 bzw. 0,682+3,87 lfm ➔												
Besondere Richtlinien, Normen	➔												
Weiterführende Informationen	➔												
Standard-Leistungsbeschreibungen	➔												

Abbildung 15: Mauerwerkswand



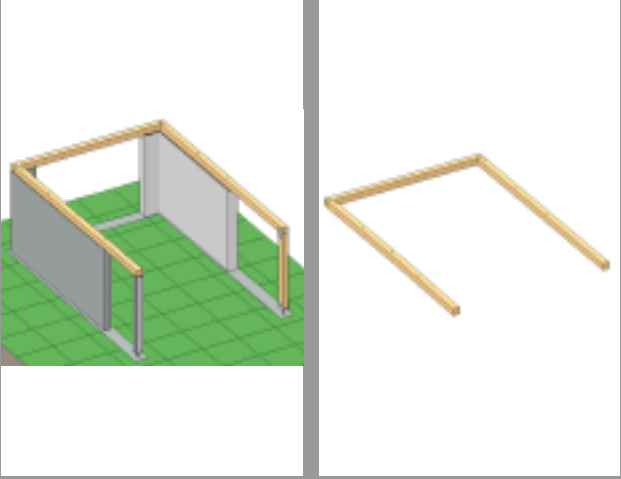
Bauteilgruppe: Pfetten																			
Bauteil: Pfetten																			
Bauteilnummer: 2596																			
Direkte Verknüpfung mit dem 3-D-Modell																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Geometrie</td> <td style="padding: 2px;">b=12 cm, h=24 cm</td> <td style="text-align: right;">▶</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Material</td> <td style="padding: 2px;">Nadelholz, Edelstahl, usw.</td> <td style="text-align: right;">▶</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Mengen</td> <td style="padding: 2px;">17,54 lfm, 9 Bolzen, M 12</td> <td style="text-align: right;">▶</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Besondere Richtlinien, Normen</td> <td></td> <td style="text-align: right;">▶</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Weiterführende Informationen</td> <td></td> <td style="text-align: right;">▶</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;">Standard-Leistungsbeschreibungen</td> <td style="text-align: right;">▶</td> </tr> </table>	Geometrie	b=12 cm, h=24 cm	▶	Material	Nadelholz, Edelstahl, usw.	▶	Mengen	17,54 lfm, 9 Bolzen, M 12	▶	Besondere Richtlinien, Normen		▶	Weiterführende Informationen		▶	Standard-Leistungsbeschreibungen		▶
Geometrie	b=12 cm, h=24 cm	▶																	
Material	Nadelholz, Edelstahl, usw.	▶																	
Mengen	17,54 lfm, 9 Bolzen, M 12	▶																	
Besondere Richtlinien, Normen		▶																	
Weiterführende Informationen		▶																	
Standard-Leistungsbeschreibungen		▶																	

Abbildung 16: Pfetten

## Die Kalkulation über die Endsumme

Im folgenden wird von einer Kalkulation über die Endsumme mit den 4 Kostenarten Lohn, Stoff, Gerät und Nachunternehmerleistung ausgegangen. Die Kostenarten sollen jedem Bauteil bzw. jeder Bauteilgruppe gesondert zugeordnet werden.

### Die Kostenart "Stoffe"

Zur Durchführung der Kalkulation begibt sich der Bearbeiter zuerst in die Materialliste. Dort sieht er sämtliche in dem Bauwerk verwendeten Bauteile mit deren Mengenangaben. Die Liste ist sortiert, sodaß lediglich unterschiedliche Bauteile als gesonderte Position in der Liste erscheinen. Die Materialliste wird automatisch aus dem Bauteilverzeichnis generiert und dem Kalkulator wie in **Abb. 17** gezeigt zur Verfügung gestellt.

Ein wesentlicher Vorteil bei dieser Methode besteht darin, dass der Kalkulator nur die Mengen sieht, die der Planer im 3-D-Modell auch definiert. Es fällt an dieser Stelle auf, dass z.B. der Planer den Kleber für das Mauerwerk nicht als eigenes 3-D-Objekt definiert hat. Somit erscheint auch der Kleber

Verwendete Baustoffe mit Mengenangaben			
Holzstütze, 18x18 cm, H=2,32 m, Nadelholz xyz	1	Stück	
Pegelbeton xyz	0,01	m <sup>3</sup>	
Stahbolzen mit Mutter, M 24, Edelstahl, Typ xyz	1	Stück	
Nagelplatte, Edelstahl, 300x100x3mm	2	Stück	
Stützenfuß, Edelstahl, für 18-er Stütze, Modell xyz	1	Stück	
Kalksandstein, xyz	2,59	m <sup>3</sup>	
Kleber für Kalksandstein, xyz	2,59	m <sup>3</sup>	Schwachstelle!!
Abdichtungsbahn, Breite 24 cm, xyz	4,55	lfm	
Pfette (b=12, h=24), Nadelholz xyz,	17,54	lfm	
Stahbolzen, M 12, Edelstahl, Typ xyz	9	Stück	

Abbildung 17: Materialliste für den Kalkulator als Auszug aus dem 3-D-Modell

nicht in der Materialliste. In der heutigen Praxis ist in "Mauerwerk herstellen" im Text der Leistungsbeschreibung vermerkt, dass das Mauerwerk geklebt und nicht mit Mörtel gemauert werden soll. Es obliegt daher dem Kalkulator, zu prüfen, was im Text der Leistungsbeschreibung steht bzw. mit welcher Menge Kleber er zu kalkulieren hat. Im Idealfall wird im 3-D-Modell bereits bei der Baustoffauswahl während der Konstruktion entschieden, welches Steinformat mit welchem Kleber bzw. Mörtelaufwand eingesetzt wird (vorgeschlagene Auswahl). In diesem Fall würde die Materialliste nicht nur die Steinmenge, sondern auch die Bindemittelmenge ausgeben. **Abb. 18** verdeutlicht das Zustandekommen der Materialliste und die Möglichkeiten zur Auspreisung.

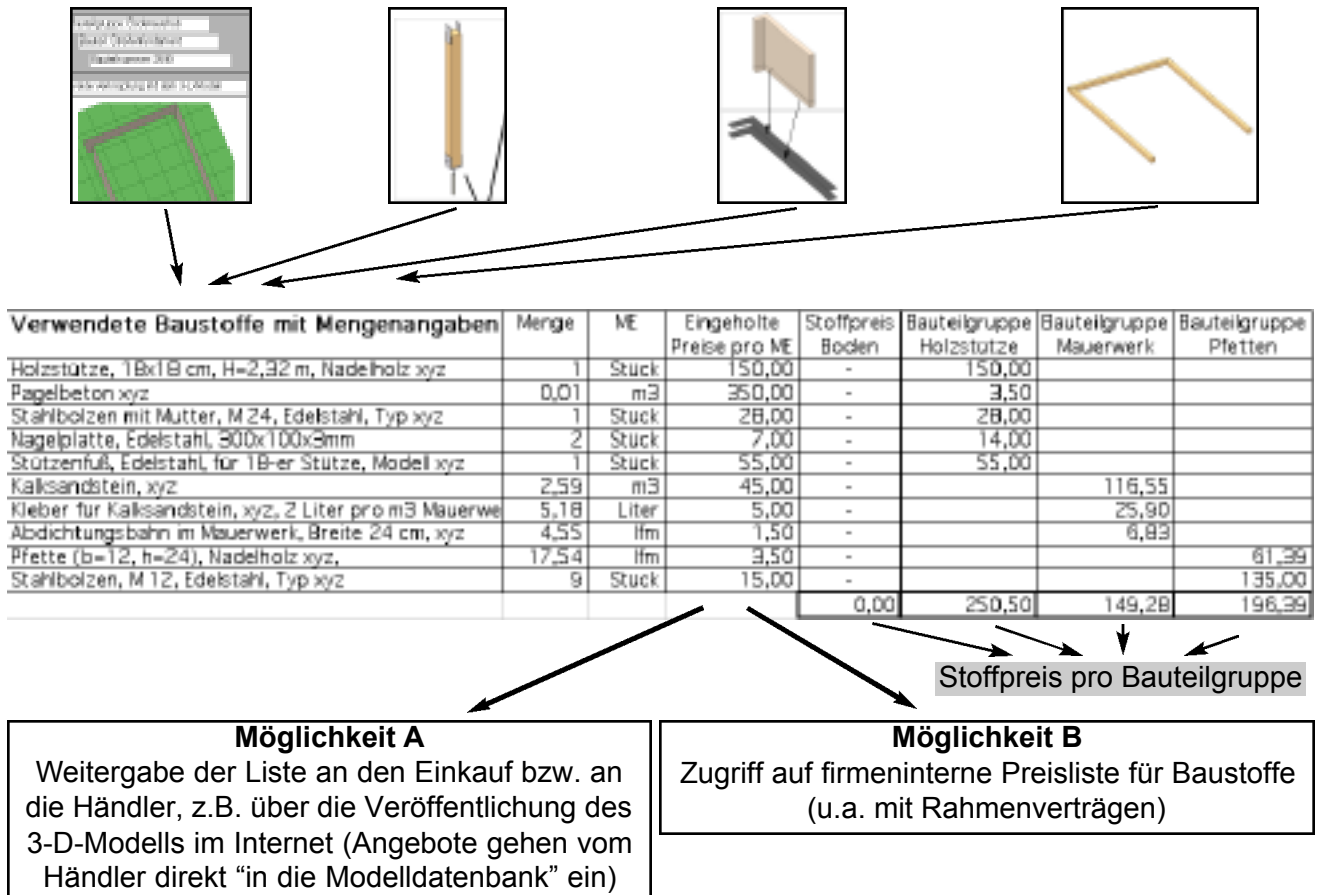


Abbildung 18: Das Zustandekommen der Materialliste aus dem 3-D-Modell und die Möglichkeiten der Verwendung

Hier ist bereits die Möglichkeit der Veröffentlichung von 3-D-Modellen im Internet angesprochen. Sind die Mengengerüste der Modelle im Internet abrufbar, können Baustoffhändler direkt über dieses Medium Preise an das 3-D-Modell "anhängen". Dabei kann der Kalkulator entscheiden, welche Mengen von welchem Bieter angeboten werden sollen bzw. welche Preise er letzten Endes übernimmt. Dieser Ansatz läuft auf eine "Baustoff-Auktion am Modell" hinaus, bei der der Einkäufer im Bauunternehmen schließlich - unter Vorbehalt der Auftragsakquisition - Zuschläge an die Baustoffhändler erteilt.

Neben dem Vorteil, alle bis zur Phase der Ausschreibung vom Planer berücksichtigten Bauteilgruppen und deren Mengen einsehen zu können, bietet sich dem Kalkulator der Vorteil, in kumulierter Form alle Baustoffe, die in dem Bauwerk Verwendung finden, zusammen mit den Gesamtmengen in einer Liste einzusehen und auszupreisen.

Im Anschluß daran fließen diese Preise wieder zurück in die Bauteilgruppe und ergeben dort unter der Kostenart "Stoffe" bestimmte Beträge. Diese Beträge sind jeweils das Produkt aus der in der Bauteilgruppe ermittelten Menge eines bestimmten Baustoffes und dem dazu in der Materialliste ermittelten Einkaufspreisen (siehe Feld "Stoffpreis pro Baustoffgruppe" in **Abb. 18**). Die Einzelkalkulation der Kostenart "Stoff" fällt somit bei der Kalkulation mit dem Bauteilverzeichnis für

den Kalkulator komplett weg. Seine Aufgabe besteht lediglich darin, dafür zu sorgen, dass die Materialliste des Modells ausgepreist wird. Des Weiteren bieten Modelle die Möglichkeit, den Bauteilen Attribute zuzuweisen, die losgelöst vom Modell in der Leistungsbeschreibung stehen. Die klassische Kalkulation definierte in einer LV-Position lediglich "Text" und "Menge", jedoch keine Bauteile im Sinne eines Bauteilverzeichnisses mit einer Menge an Attributen. Somit wird das klassische LV nicht aktualisiert, wenn sich an den Beschreibungen im Modell Änderungen ergeben.

### Die Kostenart "Geräte"

Der Einfachheit halber wird in diesem Beispiel vorausgesetzt, dass der Leistungswert für den Bagger xyz mit dem Löffel xyz zur Bearbeitung des Bauteils "Aushub" angegeben sei bzw. in der Bauteildatenbank des Unternehmens recherchiert werden kann. Somit könnte man z.B. nach dem Aushub von Streifenfundamenten mit ähnlichen Kubaturen, Bodeneigenschaften und Geländebedingungen suchen, die mit dem zu kalkulierenden Gerät bereits erstellt wurden.

Dem Kalkulator bleibt ferner, die globale Position der Baustelle relativ zum Sitz des Unternehmens, das Gerät und den Leistungswert pro Einheit des Bauteils einmal zu Beginn der Geräteauswahl zu bestimmen. Aufgrund der globalen Position der Baustelle wird berechnet, mit welchem Aufwand (Zeit und Kosten Transportmittel/Stunde) das Gerät vom Lager auf die Baustelle und wieder zurück transportiert wird. Aufgrund der Angabe über das Gerät und dessen Kombinationsmöglichkeiten mit verschiedenen Transportmitteln wird das wirtschaftlichste Transportmittel von der Datenbank vorgeschlagen und vom Kalkulator bestimmt.

In unserem Beispiel kommt ein Gerät bei der Bearbeitung des Bauteils "Aushub" vor, hier ein Minibagger. Der Prozess für den Kalkulator sieht wie folgt aus:

**Abb. 19** zeigt die notwendigen Schritte zur Kalkulation eines Gerätes für das Bauteil "Aushub Streifenfundament". Das Modell kennt den Bagger und seine aus der Geräte-Datenbank stammenden Attribute (z.B. 10 m<sup>3</sup> pro Betriebsstunde, 30 EUR/Betriebsstunde). Ebenso kennt das Modell die Menge 7,09 m<sup>3</sup> des Bauteils als ein Attribut des Bauteils. Es fehlt lediglich noch die Aussage, dass das Bauteil "Aushub" mit diesem Gerät abzarbeiten ist. Alle anderen Werte ermittelt die Datenbank selbst. Das Ergebnis der Gerätekosten für das Bauteil "Aushub Streifenfundament" sähe z.B. folgendermaßen aus:

Erbringung der Leistung: 30 EUR/1 Betriebsstunde \* 1 Betriebsstunde/10 m<sup>3</sup> \* 7,09 m<sup>3</sup> = 21,27 EUR

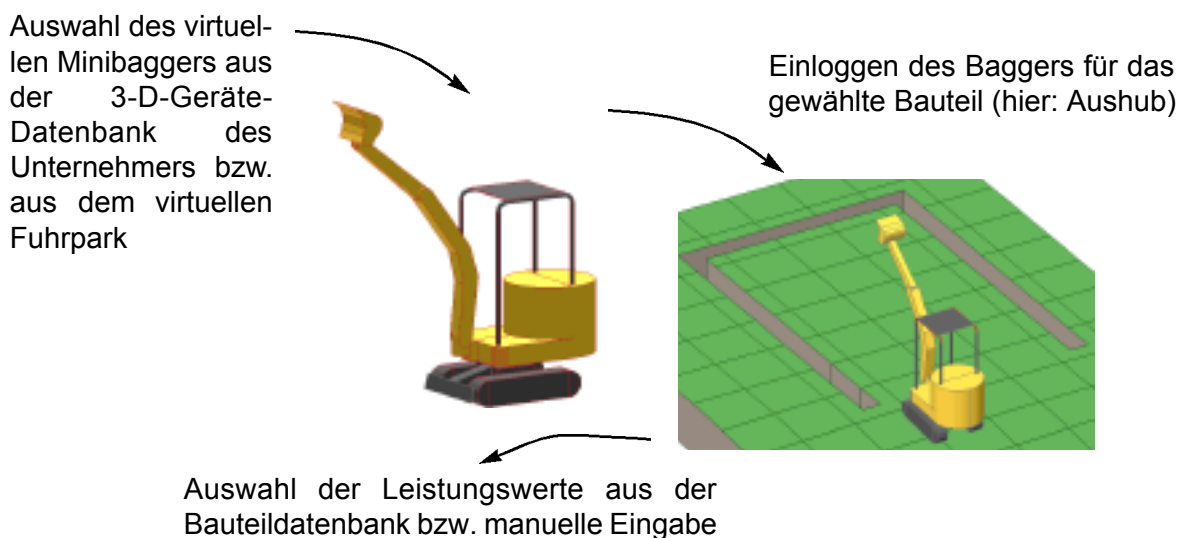


Abbildung 19: Prozess der Kalkulation mit einer virtuellen Geräte-Datenbank im 3-D-Modell

Aus den Berechnungen des Telematiksystems (für Bagger und Transportmittel) sowie der Auswahl des Transportmittels werden über die internen Stunden-Verrechnungssätze aus der virtuellen Geräte-Datenbank die Gesamtkosten für An- und Abtransport und die Vorhaltezeit des Baggers bestimmt. Auf eine detaillierte Berechnung wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da diese Prozesse allein durch den Einsatz eines 3-D-Modells keinen Änderungen unterliegen. Obige Kostenangabe bezieht sich nur auf die reine Leistungserbringung. Die zusätzlichen Kosten für den Geräteeinsatz mit An- und Abtransport und den Vorhaltekosten werden automatisch ausgegeben.

#### Kostenart "Nachunternehmer"

In der klassischen Kalkulation werden bestimmte Leistungen des LV bei einem Nachunternehmer (NU) angefragt. Dieser gibt für die angefragte Leistung einen Einheitspreis ab. Dabei kann es zu vielfältigen Vertragsmodellen kommen. Der NU kann auf die Baustelleneinrichtung des Auftragnehmers (AN) zurückgreifen oder seine eigene mitbringen. Beim Carport könnte der NU zum Beispiel den Bagger seines AN mitnutzen. Dies würde somit zur Folge haben, dass das Monitoring für den AN bezüglich des Bauteils "Aushub Streifenfundament" falsch wäre und fehlerhafte Leistungswerte in der Geräte-Datenbank entstehen würden. Falls also der NU den Bagger mitnutzen soll, muss dieser bei der Vergabe von Bauteilen an den NU in diese Bauteile als Leistung des AN miteingerechnet werden. Ebenso können z.B. Baustoffe vom AN gestellt werden und nur die Lohnarbeiten von einem NU erbracht werden. Es muss also die Möglichkeit bewahrt bleiben, Bauteile bzw. Bauteilgruppen nach Kostenarten getrennt an NU zu vergeben.

Der Einfachheit halber wird in diesem Beispiel davon ausgegangen, dass der NU seine eigenen Geräte und Baustoffe mitbringt und mit dem AN einen Einheitspreis vereinbart. In unserem Beispiel soll das Bauteil "Mauerwerkswand" von einem NU erbracht werden. Der Prozess der Kalkulation dieser Bauteilgruppe als NU-Bauteilgruppe vollzieht sich wie folgt:

**Abb. 20** zeigt analog zur Kalkulation des Gerätes den Prozess, den der Kalkulator im Bauunternehmen durchlaufen muss, um das Bauteil "Mauerwerkswand" als NU-Bauteil zu kalkulieren. Der Kalkulator entscheidet sich für einen NU und ordnet diesem NU ein Bauteil bzw. eine Bauteilgruppe zu. Dabei kann er in diesem Beispiel die Kostenarten Lohn, Stoff und Gerät vernachlässigen, da das Bauteil komplett vom NU erbracht wird, d.h. dieser bringt Mitarbeiter, Baustoffe und Geräte selbst mit. Der Kalkulator gibt lediglich den Verrechnungssatz pro Bauteil-Einheit an, in diesem Fall 130,00 EUR/m<sup>3</sup>. Diesen Wert entnimmt er der firmeninternen Bauteildatenbank oder ermittelt ihn über eine Ausschreibung an ausgewählte NU. Damit der NU sein NU-Angebot und seine Arbeitsvorbereitung besser abwickeln kann, kann er das 3-D-Modell mit den für ihn zu erbringenden Bauteilen einsehen und z.B. die Komplexität der zu erbringenden Leistung abschätzen oder die Baustoffmengen ermitteln.

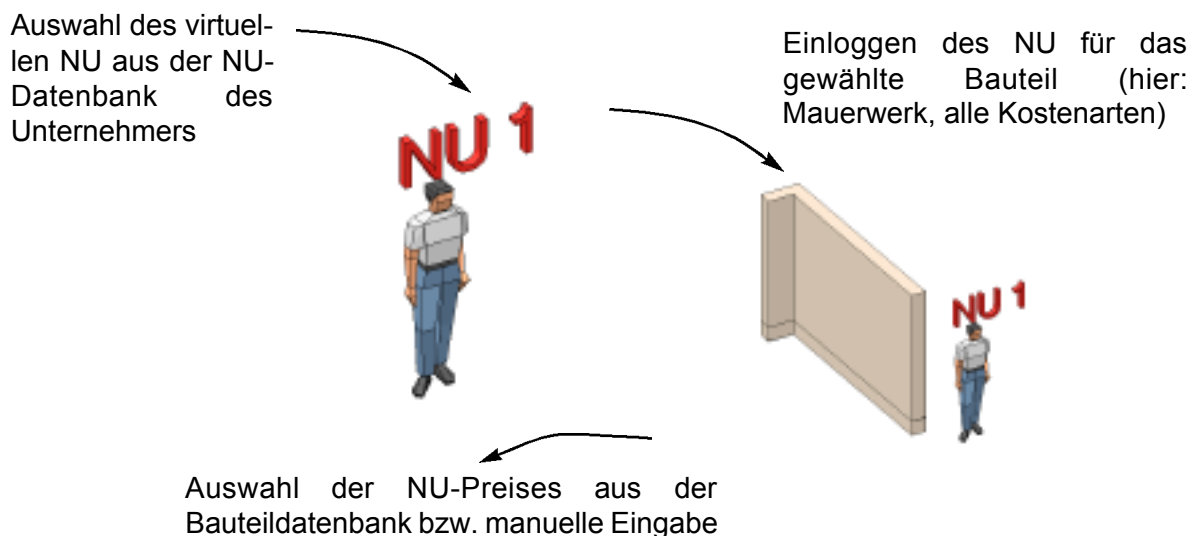


Abbildung 20: Prozess der Kalkulation mit einer virtuellen Geräte-Datenbank im 3-D-Modell

---

Unter der Kostenart "NU" für die Vergabe des Bauteils "Mauerwerkswand" könnte unter Zugriff auf die firmeninterne NU-Datenbank folgendes erscheinen:

Kostenart NU:  $2,59 \text{ m}^3 * 125,00 \text{ EUR/m}^3 = 323,75 \text{ EUR}$  (ohne Eingriff des Kalkulators)

Kostenart NU:  $2,59 \text{ m}^3 * 130,00 \text{ EUR/m}^3 = \mathbf{336,70 \text{ EUR}}$  (nach Ausschreibung an ausgewählte NU)

Der Kalkulator korrigiert also den Wert aus der firmeninternen Bauteildatenbank (125,00 EUR/m<sup>3</sup>) auf 130,00 EUR/m<sup>3</sup>.

### Die Kostenart "Lohn"

Die Kostenart Lohn gestaltet sich bei der Kalkulation mit einem Bauteilverzeichnis als besonders schwierig. Der Vorteil aus der einfachen Kalkulation der Baustoffe wird hier durch die hohe Anzahl an Bauteilen bzw. Bauteilgruppen im Vergleich zu der relativ niedrigen Anzahl an Positionen geschmälert. Ebenso ist die hohe Genauigkeit bei der Beschreibung der Bauteile ein Nachteil, weil dadurch bei jedem Bauteil ein anderer Aufwandswert angenommen werden müsste, da die zu erbringenden Leistungen in ihren Unterschieden erst durch das 3-D-Modell richtig offenbar werden. War früher eine Wand zwischen 10 und 20 m Höhe in einer LV-Position immer unter den gleichen Bedingungen zu kalkulieren, so wird nun durch die visuelle Rückkopplung erreicht, dass der Kalkulator bei dem einen oder anderen Bauteil "Wand zwischen 10 und 20 m Höhe" abweichende Aufwandswerte für den Lohn ansetzen kann, da er über das Modell leicht erkennen kann, ob diese Wand einfach geschalt oder ob sie z.B. aufgrund von aufliegenden Decken mehrmals unterbrochen werden muss. Dies hat einen großen Einfluß auf den auf den erreichbaren Aufwandswert.

Eine über ein Bauteilverzeichnis durchzuführende Kalkulation ist möglich, wenn - analog zu den Bauteilen "Aushub Streifenfundament" und "Mauerwerkswand" - mit firmeninternen Bauteildatenbanken gearbeitet wird. Im Vergleich zu den auf dem Markt befindlichen Katalogen mit Leistungs- und Aufwandswerten besitzen die Informationen in firmeninternen Bauteilkatalogen wesentliche Vorteile:

- bessere Qualität der Leistungs- und Aufwandswerte, da diese speziell für ein Unternehmen gesammelt werden und somit Rücksicht auf die besondere Struktur des Unternehmens nehmen
- Sammlung der Werte für Bauteile und nicht für Positionen

Bauunternehmen realisieren zu einem Großteil immer wieder ähnliche Bauteile, sodass die Vergleichbarkeit von neu zu kalkulierenden Bauteilen mit denen aus der firmeninternen Bauteildatenbank zu wesentlich genaueren Leistungs- und Aufwandswerten führen kann. Das gesamte Wissen einer Bauunternehmung wird in einer bauteilorientierten Form aufbewahrt.

Bei der Durchführung der Kalkulation werden den einzelnen Bauteilen Mitarbeiter zugeordnet. Dabei kann der Kalkulator entweder namentliche Angaben machen oder standardisierte Mitarbeiterprofile wählen. Namentliche Mitarbeiter fließen ggfs. mit ihren personifizierten Aufwandswerten in die Kalkulation ein, Profile erhalten den Aufwandswert über einen Mittelwert des gesamten Unternehmens. Dabei wird nach Tarifgruppen unterschieden.

Diese Vorgehensweise berücksichtigt, dass die einzusetzenden Mitarbeiter einer Baustelle in der Phase der Kalkulation noch nicht vollständig feststehen, der Kalkulator jedoch unter Umständen berücksichtigen kann, dass z.B. der Polier bereits feststeht.

Der eigentliche Prozess der Kalkulation besteht darin, den Bauteilen diejenigen Mitarbeiter zuzuweisen, die diese Bauteile abarbeiten. Dabei kann der Kalkulator unterstützt werden, indem z.B. der Mauerwerkswand automatisch aus der Reihe der Mitarbeiter ein Maurer zugewiesen wird. Einer Steckdose kann ein Elektriker zugeordnet werden. Vorstellbar ist hier auch, dass ein Hinweis gegeben wird, wenn eine Arbeit durchzuführen ist, für die niemand auf der Baustelle offiziell qualifiziert ist. So muss z.B. die Prüfung der Baustellenstromversorgung in regelmäßigen Abständen von einem gelernten Elektriker durchgeführt werden. Der Prozess der Kalkulation gestaltet sich - wie hier am Beispiel des Bauteils "Mauerwerkswand" in **Abb. 21** aufgezeigt - für den Kalkulator wie folgt: Ordnet man dem Bauteil "Mauerwerkswand" den Mitarbeiter "Maurer" zu, so wird festgelegt, dass Maurer mit seinem speziellen Aufwandswert dieses Bauteil abarbeitet. Der Mitarbeiter "Maurer"

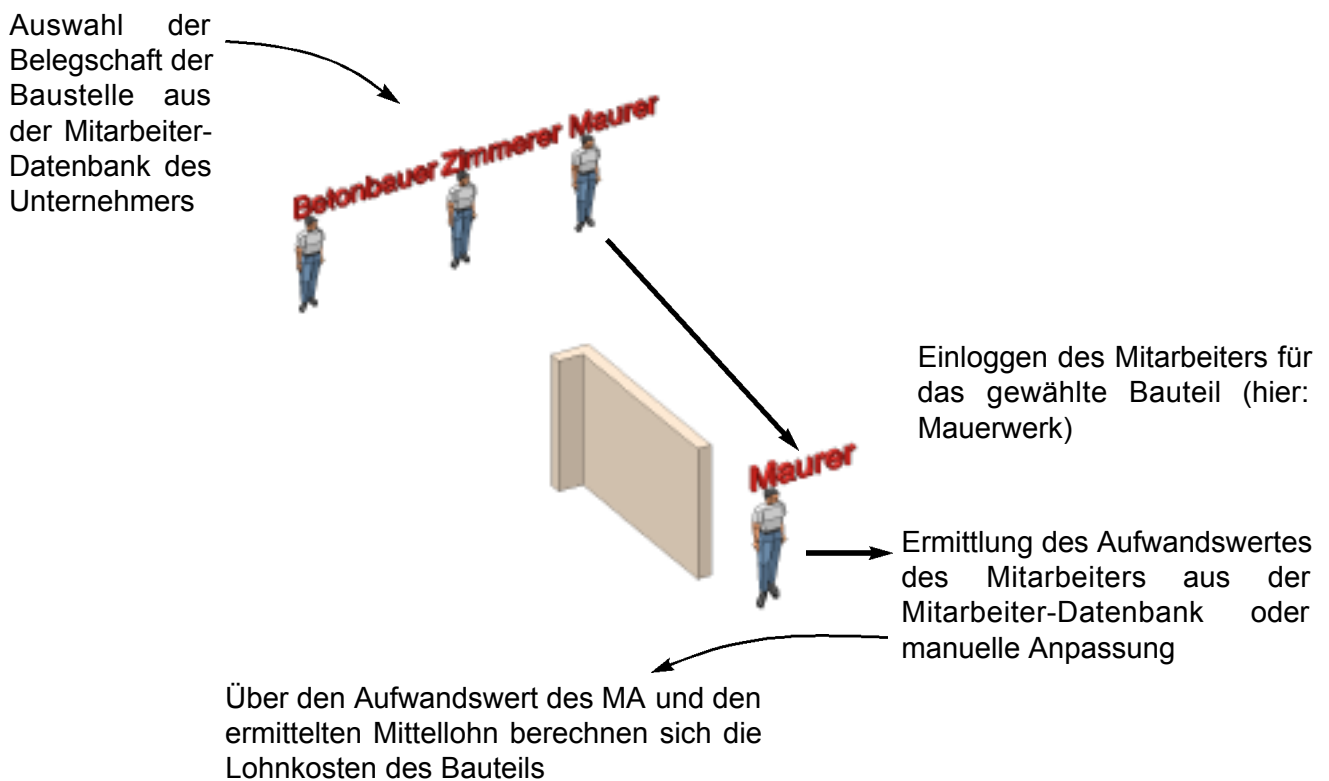


Abbildung 21: Prozess der Lohnkosten-Kalkulation mit einer virtuellen Mitarbeiter-Datenbank im 3-D-Modell

besitzt aufgrund der Auswertungen aus früheren Einsätzen seinen persönlichen Aufwandswert, hier angenommen mit 0,45 h/m<sup>2</sup> (24-er Mauerwerk Kalksandstein) bzw. 0,45 h/0,24 m<sup>3</sup> = 1,88 h/m<sup>3</sup>. Aufgrund der Attribute des Mitarbeiters (Auslöse, Überstunden, Sozialkosten, etc.) aus der Mitarbeiter-Datenbank wird der Stundensatz speziell für diesen Mitarbeiter bestimmt (hier angenommen mit 14,00 EUR plus 100% Zuschlag = 28,00 EUR/h) und mit der abzuarbeitenden Menge an Mauerwerk bzw. dem Aufwandswert multipliziert:

Lohnkosten Bauteil "Mauerwerkswand": 28,00 EUR/h \* 2,59 m<sup>3</sup> \* 1,88 h/m<sup>3</sup> = 136,34 EUR

Die Lohnkosten für das Herstellen des Bauteils "Mauerwerkswand" belaufen sich somit insgesamt auf 136,34 EUR. Für den Fall des Carports ließen sich jetzt die Gesamtkosten des Bauteils "Mauerwerkswand" bestimmen. Die Kosten setzen sich zusammen aus den beiden Kostenarten "Lohn" und "Stoff". Der Lohn wurde analog zu **Abb. 21** ermittelt und die Stoffkosten lassen sich aus **Abb. 18** ableiten. **Abb. 22** zeigt das Zustandekommen der Gesamtkosten der Bauteilgruppe "Mauerwerkswand" ohne den Gemeinkostenanteil.

#### Kalkulation der Gemeinkosten

Nachdem die Einzelkosten der einzelnen Bauteile bzw. Bauteilgruppen berechnet sind, hat man in Analogie zur klassischen Kalkulation die Einzelkosten der Teilleistungen (EKdT) bestimmt. Der weitere Prozess der klassischen Kalkulation sieht nun die Bestimmung der Gemeinkosten (GK), Allgemeinen Geschäftskosten (AGK) sowie Wagnis+Gewinn (W+G) vor. Die AGK sowie W+G werden im Rahmen dieser Arbeit konventionell als prozentuale Aufschläge auf die EKdT bestimmt. Die GK können bauteilorientiert berechnet werden. So wird zum Beispiel ein Kran als Bauteil aus der virtuellen Geräte-Datenbank der gesamten virtuellen Baustelle als Gemeinkosten-Bauteil zugeordnet.

Insbesondere bei den Gemeinkosten ist eine bauteilorientierte Vorgehensweise sinnvoll. Sämtliche Bauteile der Baustelleneinrichtung (Container, Bauleiter, etc.) können als CAD-Bauteile über Ihren Lebenszyklus hinweg auf der Baustelle eingeloggt bzw. wieder entfernt werden. Da die globalen

Verwendete Baustoffe mit Mengenangaben	Menge	ME	Eingeholte Preise pro ME	Stoffpreis Boden	Bauteilgruppe Holzstütze	Bauteilgruppe Mauerwerk	Bauteilgruppe Pfetten
Holzstütze, 18x18 cm, H=2,32 m, Nadelholz xyz	1	Stück	150,00	-	150,00		
Pagelbeton xyz	0,01	m <sup>3</sup>	350,00	-	3,50		
Stahlbolzen mit Mutter, M 24, Edelstahl, Typ xyz	1	Stück	28,00	-	28,00		
Nagelplatte, Edelstahl, 300x100x9mm	2	Stück	7,00	-	14,00		
Stützenfuß, Edelstahl, für 18-er Stütze, Model xyz	1	Stück	55,00	-	55,00		
Kalksandstein, xyz	2,59	m <sup>3</sup>	45,00	-		116,55	
Kleber für Kalksandstein, xyz, 2 Liter pro m <sup>3</sup> Mauerwerk	5,18	Liter	5,00	-		25,90	
Abdichtungsbahn im Mauerwerk, Breite 24 cm, xyz	4,55	lfm	1,50	-		6,83	
Pfette (b=12, h=24), Nadelholz xyz,	17,54	lfm	3,50	-			61,39
Stahlbolzen, M 12, Edelstahl, Typ xyz	9	Stück	15,00	-			135,00
				0,00	250,50	149,28	196,39

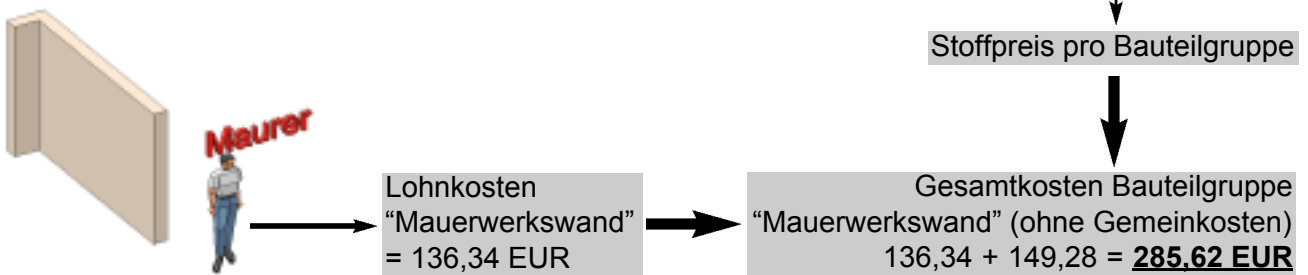


Abbildung 22: Ermittlung der Gesamtkosten der Bauteilgruppe "Mauerwerkswand" ohne Gemeinkostenanteil

Positionen der Ausstattung über das Telematiksystem erfasst werden, kann jederzeit der Aufenthaltsort von Bauteilen der Baustelleneinrichtung bestimmt werden.

In unserem Beispiel wird z.B. herausgefunden, dass der Kran über die kalkulierte Zeit hinweg auf der Baustelle eingeloggt war und zu einem späteren Datum seinen Ort gewechselt hat. Diese Qualität in der dreidimensionalen Dokumentation ist eine Grundlage für spätere Konflikte in der Abrechnung und vermag es, entscheidungsbefugten Laien (u.U. Richter, Bauherr) sehr schnell zu einer Entscheidungsgrundlage zu verhelfen.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die teilweise Durchführung einer Kalkulation über die Endsumme mit einem Bauteilverzeichnis in obigem Beispiel zeigt, dass neue Methoden und Prozesse notwendig sind, um anhand von computerbasierten 3-D-Modellen ausschreiben und kalkulieren zu können. Die Struktur des klassischen Leistungsverzeichnisses geht nicht konform mit den Möglichkeiten einer modernen 3-D-CAD-Applikation. Der hier beschriebene Ansatz distanziert sich somit von der klassischen Kalkulation mit textbasierten, 2-dimensionalen - auch digitalen (GAEB) - Leistungsbeschreibungen und wendet sich stattdessen vollständig modellbasierten Methoden zu.

Es ist ebenso klar geworden, dass die Funktionalitäten von CAD-Applikationen erweitert werden müssen, um diese neuen Methoden am 3-D-Modell zu ermöglichen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, insbesondere in den Phasen 5 bis 8 der HOAI, wo die Prozesse bisher noch vom 3-D-Modell losgekoppelt sind. Ebenso müssen die neuen Prozessmodelle verfeinert und näher spezifiziert werden, um die Schwächen weiter zu minimieren. Insbesondere die Kostenart Lohn sowie die Möglichkeiten in der Abrechnung und im Controlling bzw in der ganzheitlichen Simulation der virtuellen 3-D-Baustelle bilden weitere Forschungsansätze, die in der Zukunft näher untersucht werden.

### Literatur:

- [1] Projekt GroupPlan in Weimar am WIM, ASIM, Beitrag IKM '97, Hauschild, Th. und Hübler, R., <http://www.uni-weimar.de/Bauing/iwv/forschung/forsch-grouppl.html>, (Stand: 15.11.2002)
- [2] Schneider, Ulrich: Standardisierung der Kommunikation als Integrationsansatz für das Bauwesen, Diss. Bauhaus-Universität Weimar, Juni 2000

- 
- [3] Berghammer, F. und W. Kirchmann: *Objektorientierte Methoden in Großprojekten*. In: *Informatik Spektrum* (1992) 15:S.287-292. Berlin/Heidelberg: Springer, 1992
- [4] Büttner, Hans-Georg: *Unterstützung objektorientierter Modellierung im Bauwesen*. In: *Bauen mit Computern*. VDI Fortschritt-Berichte Nr. 116. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1992
- [5] Wehner, R., Steinmann, F., Hübler, R. "FLEXOB-Entwicklungstool für dynamische modellbasierte CAD-Systeme", *IKM '97 : Berichte, Bauhaus-Universität Weimar*, 1997
- [6] Ranglack, D.; Kolbe, P.; Steinmann, F. "Eine Schnittstelle für dynamische Objektstrukturen für Entwurfsanwendungen", *Beitrag beim Kolloquium über Anwendungen der Informatik und Mathematik in Architektur und Bauwesen (IKM)*, Februar 1997 in Weimar
- [7] N.N.: *Mauerwerk vom Fließband*, in: *bd-baumaschinendienst*, 7 bzw. 8/2001, S. 36-38
- [8] [www.archimedia.de/GDL\\_was.html](http://www.archimedia.de/GDL_was.html), (Stand 22.03.02)
- [9] Kahlen, Hans: *Integrales Facility Management: Management des Ganzheitlichen Bauens / Hans Kahlen*. Mit Exkursen von Christian Aichner - 1. Auflage - Düsseldorf: Werner, 1999
- [10] N.N.: *Zentrale Quelle für Produktdaten, CAD/CAM*, Heft 2/2002, S. 33 (Produkt der Fa. PTC Parametric Technology Corp.)
- [11] Schmitt, R., Wendenburg M.: *Parameterbasierter Engineering-Workflow: Dokumente als Bremsklötze der Produktentwicklung, CAD/CAM*, Heft 2/2002, S. 48-51
- [12] Ulrich Sandler: *Autodesk neu erfunden: Inventor und Streamline*, *CAD/CAM*, Heft 2/2002, S. 44-45
- [13] [www.realobjekte.at](http://www.realobjekte.at) (hier ein WC aus der Produktreihe SanBloc der Firma Geberit mit der Serien-Nr. 2936715)
- [14] [www.gdlcentral.com](http://www.gdlcentral.com)
- [15] Sander, R., Lämmer, L., Engelhardt, H.: *Simultaner Zugriff auf mehrere PDM-Systeme, CAD/CAM*, Heft 9/2002, S. 66-69
- [16] Firmenich, Berthold: *CAD im Bauplanungsprozess: Verteilte Bearbeitung einer strukturierten Menge von Objektversionen*, Shaker Verlag, Aachen 2002, zugl.: Weimar, Bauhaus-Universität, Dissertation, 2001
- [17] Gehri, Markus: *Computerunterstützte Baustellenführung*, vdf Verlag der Fachvereine an den schweizerischen Hochschulen und Techniken AG, Zürich, 1992, zugl.: Diss. ETH Nr. 9583
- [18] Brumme, Christian: *Bauteilorientiertes Planen und Bauen*, Diplomarbeit 2002, Professur Baubetrieb und Bauverfahren, Bauhaus-Universität Weimar
- [19] Thurow, T., Donath, D.: *Vision eines mitwachsenden Geometriemodells für die computergestützte Bauaufnahme*, in: *Forum Bauinformatik 2002 - Junge Wissenschaftler forschen*, VDI Verlag, Düsseldorf 2002, S. 9-15
- [20] Brumme, Christian: *Bauteilorientiertes Planen und Bauen*, Diplomarbeit 2002, Professur Baubetrieb und Bauverfahren, Bauhaus-Universität Weimar