

# 1 Einführung

## 1.1 Anlass der Arbeit

Baumaschinen werden heute zunehmend mit elektronischen Datensystemen ausgestattet. Nach den Untersuchungen von Sturm [STURM (2013)] gilt dies beispielsweise für 40-50 % der Planiertrauben oder 70 % der Grader.

Bei solchen Systemen unterscheidet man nach ihrem Nutzungsbereich bzw. dem Zweck der Datenaufnahmen zwei Hauptgruppen:

- Baumaschinensteuerungssysteme (BSS)
- Baumaschinenüberwachungssysteme (BÜS)

Baumaschinensteuerungssysteme sind auf die Bedienung der Baumaschinen ausgelegt. Sie sollen den Geräteführer bei seinem Umgang mit der Baumaschine und dem Bearbeitungsgegenstand (Gelände, Bauwerk) unterstützen.

Baumaschinenüberwachungssysteme erfassen technische Betriebsdaten (Kraftstoffverbrauch, Betriebsstunden, Öldruck etc.), die für die Unterhaltung beziehungsweise Wartung der Baumaschinen von Bedeutung sind.

Beiden Systemen ist gemein, dass deren Einsatz in der Praxis eine Übertragung der Daten erfordert. Die Daten der Baumaschinenüberwachungssysteme werden bei vollständiger Nutzung in Echtzeit („Realtime“) an eine für die Geräteunterhaltung zuständige Betriebsstelle mittels eines Datenübertragungssystems (DTS)<sup>1)</sup> übermittelt. Dort werden die Daten analysiert, um gegebenenfalls durch entsprechende Maßnahmen Betriebsstörungen vermeiden zu können. Die BÜS-Daten müssen von der lokal auf der Baustelle positionierten Baumaschine zu einem externen System (z. B. zu der für die Geräteunterhaltung zuständigen MTA<sup>2)</sup>) übertragen werden.

Anders bei Baumaschinensteuerungssystemen, nach deren Zweck geht es hier primär darum, erfasste Positionsdaten der Werkzeuge (Schar, Löffel, Schild) innerhalb der Baumaschine in den Steuerungsbereich des Geräteführers oder an die Maschinenhydraulik zu übertragen. Im Erdbau bedeutet dies, dass z. B. die Geometriedaten des zu bearbeitenden Geländes und die aktuelle Position des Werkzeuges im Steuerstand der Baumaschine angezeigt werden. Der Geräteführer kann hieran erkennen, ob und in welchem Maß eine weitere Bearbeitung bzw. Positionsveränderung des Werkzeuges (z. B. des Schildes) notwendig ist. Bei manchen Systemen wird das Werkzeug auf Basis dieser Informationen automatisch durch die

---

<sup>1)</sup> DTS = Data Transmission System

<sup>2)</sup> MTA = Maschinentechnische Abteilung

Maschinenhydraulik gesteuert. Eine ständige Datenverbindung zu einer zentralen externen Stelle ist für diese Steuerungsaufgabe (durch den Geräteführer oder die Maschinenhydraulik) nicht erforderlich. Einige auf dem Markt verfügbare Systeme ermöglichen auch für Baumaschinensteuerungssysteme eine Datenübertragung zu externen Systemen, womit eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung der Ist-Geometriedaten aus BSS für baubetriebliche Aufgaben vorliegt.

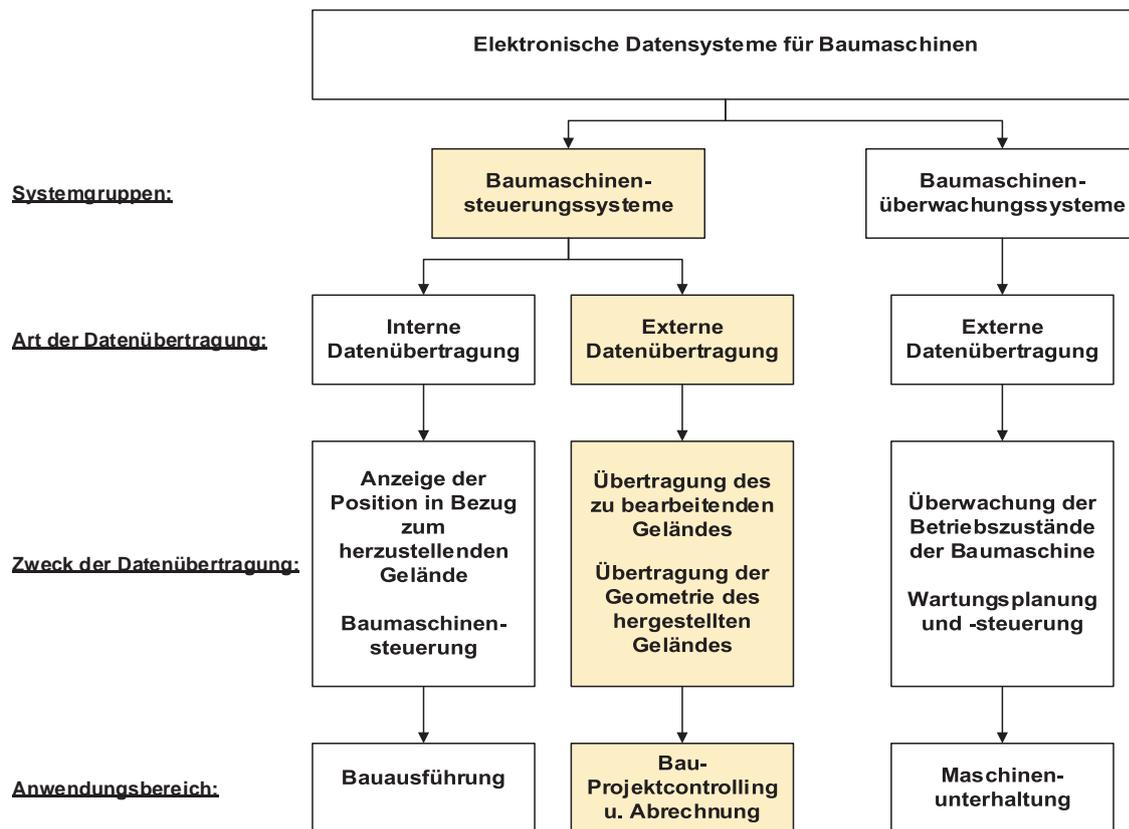


Abb. 1: Systematisierung elektronischer Datensysteme für Baumaschinen

Diese Ist-Geometriedaten, die die baubetrieblichen Aufgaben unterstützen können, werden aktuell weder in die Prozesse des Bau-Projektcontrollings noch in die Prozesse der Abrechnung zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber integriert. „Trotz eines stetig steigenden Zugangs zu Sensordaten von Baumaschinen und den damit verbundenen Informationen ist deren integrale Nutzung [...] bisher noch sehr stark eingeschränkt.“<sup>3)</sup> Besonders interessant ist die Nutzung dieser Daten aus den Baumaschinensteuerungssystemen für Bauprojekte im Bereich des Erdbaus. Für den Erdbau stellen Baumaschinen, insbesondere die Leistungsgeräte Bagger, Planierdraupe und Grader, eine wichtige Ressource dar. Weiterhin ist die Nutzung solcher Ist-Geometriedaten für den Erdbau von besonderem Interesse, weil „[...] im Erdbau

<sup>3</sup> BREGENHORN, TOBIAS; GENTES, SASCHA (2012)

*Prozessinformationen in möglichst kleinen Zeitabständen zur Verfügung stehen müssen, da sich die vorherrschenden – und teilweise im Voraus nicht genau bekannten oder gänzlich unbekannt – Randbedingungen (z. B. Bodeneigenschaften und Witterungseinflüsse) im dynamischen Gesamtsystem kurzzyklisch ändern können“.<sup>4)</sup>*

Neue Möglichkeiten zur Nutzung der Ist-Geometriedaten aus den Baumaschinensteuerungssystemen für die Mengenermittlung bei Erdbauprojekten ergeben sich insbesondere in Zusammenhang mit der modellbasierten Mengenermittlung, die in den Themenkomplex des „Building Information Modeling“ (BIM, auch 5-D-Modellierung genannt) einzuordnen ist. Dabei wird ein digitales Modell des Bauwerkes als Basis für die Mengenermittlung eingesetzt. BIM ist im Hochbau bereits verbreitet und wird vermehrt eingesetzt. Dies gilt speziell für die gestalterischen Planungsaufgaben. Im Erdbau ist diese Technologie weitestgehend unbekannt und wird bisher in der Praxis nicht angewendet.

Die Mengenermittlung als Anwendungsfeld der Technologien „BSS“ und „BIM“ ist Informationsgrundlage für das Bau-Projektcontrolling und für die Abrechnung zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber. Dabei ist insbesondere für das Bau-Projektcontrolling die zeitnahe Ermittlung der Mengen als Informationsbasis für Entscheidungen wichtig. Differenzierte Steuerungs- und Kontrollsysteme, die der Führungsebene verdichtete entscheidungsrelevante Informationen liefern und diese Informationen visualisieren, sind für das Bau-Projektcontrolling von besonderer Bedeutung.<sup>5)</sup>

Anlass der Ausrichtung der Arbeit auf die Mengenermittlung bei Erdbauprojekten sind die besonderen Eigenschaften dieser Projekte. Die hergestellte Geometrie muss vor Ort aufgemessen werden. Häufig betreffen Erdbaumaßnahmen komplexe Geländestrukturen, die eine große Anzahl an Messpunkten notwendig machen. Weiterhin liegen die zu erfassenden Ausführungsorte bei Erdbaubaustellen weit auseinander und vom Baubüro entfernt, wodurch zusätzlich Zeit für die Anfahrt benötigt wird. Daher ist die zeitnahe Ermittlung der Mengen im Erdbau häufig aufwendig.

## **1.2 Zielsetzung der Arbeit**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Ermittlung von Bauleistungsmengen bei Erdbaumaßnahmen unter Einsatz von Baumaschinensteuerungssystemen („MEBSS“) (Kapitel 5).

Dabei fokussiert sich die Arbeit auf große Erdbaumaßnahmen für Erschließungen und Trassierungen sowie Profilierungsarbeiten in großem Umfang. Die im Rahmen dieser Bauprojekte von Baumaschinen ausgeführten Leistungen sind Betrachtungsgegenstand der Arbeit.

---

<sup>4</sup> BREGENHORN, TOBIAS; GENTES, SASCHA (2012), S. 460

<sup>5</sup> Vgl. NEBE, LARS (2003), S. 1 u. S. 190

Das Bau-Projektcontrolling ist auf aktuelle Ist-Mengen angewiesen und macht daher die zeitnahe Ermittlung der Mengen erforderlich. Das Verfahren „MEBSS“ soll diese notwendige zeitnahe Informationsgrundlage für die Entscheidungen des Bau-Projektcontrollings liefern. Der Leistungsstand der Baustelle, der auf den geleisteten Mengen für die LV-Positionen und den Prozessmengen für Hilfsbauwerke o. Ä. basiert, soll durch eine Visualisierung übersichtlich und schnell erfassbar sein.

Weiterhin soll das Verfahren „MEBSS“ bei der Aufstellung von Abschlagsrechnungen eingesetzt werden. Die Abrechnung zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber ist bei Erdbauprojekten ebenfalls auf eine baubegleitende Mengenermittlung angewiesen. Dies ergibt sich zum einen aus der Zielsetzung einer zeitnahen Rechnungsstellung und zum anderen aus dem Aspekt, dass bei Erdbauprojekten häufig Leistungen überbaut werden und später nicht mehr zu erfassen sind. Das Verfahren muss bei der Nutzung für die Abrechnung die daraus resultierenden Anforderungen hinsichtlich Prüfbarkeit und Genauigkeit erfüllen.

Der Ansatz, die durch die Baumaschinensteuerungssysteme zur Verfügung stehenden Ist-Geometriedaten für eine modellbasierte Mengenermittlung im Erdbau zu verwenden, ist neu. Die vorliegende Arbeit befasst sich interdisziplinär mit Aspekten aus den Bereichen Vermessung, (Bau-)Informatik, Baurecht und Baubetrieb. Der Schwerpunkt liegt auf den baubetrieblichen Aspekten.

### **1.3 Stand der Forschung und inhaltliche Abgrenzung**

Für die Thematik der IT-gestützten Ermittlung von Bauleistungsmengen des Erdbaus unter Einsatz von Baumaschinensteuerungssystemen ist der Stand der Forschung in den Bereichen „Baumaschinensensorik“, „Mengenermittlung im Erdbau“ und „Building Information Modeling im Erdbau“ relevant.

#### **Baumaschinensensorik**

Bezüglich der Baumaschinensensorik ist zwischen Forschungen aus dem Bereich der Baumaschinenüberwachungssysteme und der Baumaschinensteuerungssysteme zu unterscheiden.

Im Bereich der Baumaschinenüberwachungssysteme im Erdbau wurden insbesondere von der Technischen Universität München Forschungen durchgeführt [GÜNTHER (2006), GÜNTHER (2009)]. Der Lehrstuhl für Fördertechnik, Materialfluss und Logistik beschäftigte sich in den Forschungsvorhaben mit der Fahrzeugdisposition von LKW und der Transportlogistikplanung im Erdbau. Eingesetzte Technologien waren GPS-gestützte Bordcomputer für LKW und Simulationswerkzeuge für die Logistikplanung. Solche Baumaschinenüberwachungssysteme, die zur Maschinenunterhaltung und für die Disposition eingesetzt werden, sind für das in dieser Arbeit entwickelte Verfahren „MEBSS“ nicht relevant.

Stempfhuber [STEMPFHUBER (2008)] untersuchte Baumaschinensteuerungssysteme hinsichtlich ihrer technischen Aspekte. Dabei wurde insbesondere auf die technischen Komponenten, das Funktionsprinzip und die Genauigkeiten eingegangen. Diese Ausführungen liefern für die vorliegende Arbeit relevante technische Aspekte bezüglich der Baumaschinensteuerungssysteme – baubetriebliche Aspekte der BSS werden nicht behandelt. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden Baumaschinensteuerungssysteme als Lieferant von Ist-Geometriedaten betrachtet. Die technischen Komponenten der Baumaschinensteuerungssysteme und deren Eigenschaften werden in der Arbeit erläutert. Tiefer gehende technische Details sind in den zuvor genannten Arbeiten von Stempfhuber zu finden und werden im Zuge des Verfahrens „MEBSS“ nicht weiter ausgeführt.

Erste Untersuchungen zur Gewinnung von Leistungsdaten eines Baggers durch ein Baumaschinensteuerungssystem wurden von Rausch, Schreiber und Diegelmann [RAUSCH ET AL. (2008)] durchgeführt. Dabei wurde eine Schnittstelle für den Import von Kostenstelleninformationen eines Baggers in ein ERP-System entwickelt. Die Messpunktaufnahme muss bei diesem Verfahren vor Ort durch den Baggerführer initiiert werden. Eine konstante Aufnahme des Geländes findet nicht statt. Im Rahmen von „MEBSS“ werden die Erdbaugeräte Bagger, Planierdrape und Grader berücksichtigt. Eine Eingrenzung auf Bagger, wie bei Rausch, Schreiber und Diegelmann, findet nicht statt. Bei Rausch, Schreiber und Diegelmann handelt es sich zudem um abgegrenzte (technische) Untersuchungen ohne Anbindung an baubetriebliche Aufgaben (z. B. AVA-Systeme).

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Autobaulog“<sup>6)</sup> [KIRN UND MÜLLER (2013)] wurden u. a. Baumaschinensteuerungssysteme behandelt. Dabei wurden die BSS für die Ausführung von Profilierungsarbeiten im Erdbau und als Lieferant von Ist-Geometriedaten erforscht. Die gewonnenen Daten sind insbesondere als Datenbasis für die Entwicklung der angestrebten Autonomie der Baumaschinen verwendet worden. Autobaulog verfolgt den Ansatz, dass Baumaschinen durch Kommunikation untereinander autonom „handeln“. Ohne Anweisung der Bauleitung soll bei entsprechenden Ereignissen die Anzahl der LKW verändert werden oder andere Fahrrouten sollen gewählt werden. „Autobaulog“ ist ein Teilprojekt des Technologieprogrammes „Autonomik“.<sup>7)</sup> Im Rahmen des Forschungsvorhabens AutoBauLog wird erstmals 5-D-Technologie (BIM) in Verbindung mit Baumaschinensteuerungssystemen eingesetzt. Im Zuge des Forschungsvorhabens wurden die technischen Voraussetzungen (Schnittstellen etc.) für die Übertragung der Daten von Baumaschinen zu 5-D-Software entwickelt. Darauf aufbauend wird in dieser

---

<sup>6)</sup> Forschungsvorhaben über 3,5 Jahre, Partner u. a.: RIB Information Technologies AG, Ed. Züblin AG, Drees & Sommer Infra Consult Entwicklungsmanagement GmbH, Topcon Deutschland GmbH

<sup>7)</sup> BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE (2009)

Arbeit diese Schnittstelle für die Nutzung der Ist-Geometriedaten für die modellbasierte Mengenermittlung verwendet. Der Autonomiegedanke von „Autobalog“ wird bei „MEBSS“ nicht verfolgt.

### **Mengenermittlung im Erdbau**

Die Mengenermittlung im Erdbau bzw. die Ermittlung des Leistungsstandes von Erdbaubaustellen wird in der baubetrieblichen Forschung bisher nicht behandelt. Die Mengenermittlungsverfahren werden in den REB-Verfahrensbeschreibungen und der zugehörigen Literatur erörtert [BUNDESANSTALT FÜR STRAßENWESEN (2012b)].

Schweibenz [SCHWEIBENZ (2006)] befasst sich im Rahmen seiner Dissertation mit der Bewertung des Fertigstellungsgrades von Bauwerken, der auf der Erfassung der Bauleistungsmengen durch deren Einteilung in Fertigungsabschnitte beruht. Dabei setzt Schweibenz sich speziell mit Hochbauwerken auseinander.

Innovative Ansätze zur Erfassung des Leistungsstandes von Baustellen (basierend auf der Ermittlung von Mengen) sind beispielsweise der Einsatz von RFID [HELMUS (2009)] oder Bildinformationssystemen [HEIM (2002), PFLUG (2008)]. Erdbaubaustellen wurden bei diesen Arbeiten nicht betrachtet. Sie liefern daher keine relevanten Aspekte für „MEBSS“.

### **Building Information Modeling im Erdbau**

Im Bereich des Building Information Modeling im Infrastrukturbau wurden von Kaminski [KAMINSKI (2010)] und vom Forschungskonsortium „Forbau“ [GÜNTHER ET AL. (2010)] Untersuchungen durchgeführt – spezielle auf den Erdbau ausgerichtete Untersuchungen existieren nicht. Kaminski untersucht die Potenziale des Building Information Modeling für Infrastrukturprojekte. Schwerpunkt der Untersuchungen sind dabei die Planungsaufgaben (Entwurf etc.) der Bauvorhaben. Ziel des Forschungsvorhabens Forbau war eine *„[...] ganzheitliche, digitale Planung und Realisierung einer Baustelle mit interaktiver Rückmeldung des realen Baufortschritts in ein 4-D-Baustelleninformationsmodell“*.<sup>8)</sup> Forbau arbeitet mit einem 3-D-Modell als Grundlage der Planung und der Ablaufsimulation. Im Bereich der Ausführungsphase werden RFID-Sensoren<sup>9)</sup> für die Ist-Daten-Erfassung eingesetzt. Die vorliegende Arbeit behandelt das Building Information Modeling als Instrument für die baubetriebliche Aufgabe der Mengenermittlung (modellbasierte Mengenermittlung) unter Einsatz von Baumaschinensteuerungssystemen. Auswirkungen und Potenziale des BIM für weitere Aufgabenfelder werden nicht untersucht.

---

<sup>8)</sup> GÜNTHER, WILLIBALD A. et al. (2010)

<sup>9)</sup> RFID = Radio-Frequency Identification

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bisher im Bereich der Baumaschinensteuerungssysteme spezielle technische Aspekte wie Genauigkeiten oder Schnittstellenprogrammierungen untersucht wurden. Die baubetriebliche Nutzung der BSS-Daten als Datengrundlage für die Abrechnung und das Bau-Projektcontrolling wurde nicht untersucht. Dies geschieht im Rahmen der vorliegenden Arbeit anhand der Mengenermittlung bei Erdbaumaßnahmen. Im Bereich der Mengenermittlung wurden technische Systeme für Hochbauprojekte untersucht (RFID, Bildinformationssysteme). Diese sind jedoch nicht auf die Anwendung im Erdbau ausgerichtet. Untersuchungen bezüglich BIM im Erdbau wurden bisher nur vereinzelt durchgeführt. Diese Untersuchungen beschäftigen sich schwerpunktmäßig mit der Verwendung des Building Information Modeling für gestalterische Planungsaufgaben.

## **1.4 Aufbau der Arbeit**

Die Entwicklung des Verfahrens zur IT-gestützten Ermittlung der Bauleistungsmengen des Erdbaus unter Einsatz von Baumaschinensteuerungssystemen („MEBSS“) wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit in folgenden Schritten (Kapiteln) behandelt.

Nach der Vorstellung des Anlasses und der Zielsetzung der Arbeit, des Standes der Forschung und der inhaltlichen Abgrenzung wird in Kapitel 2 auf die Charakteristika des Erdbaus eingegangen. Dabei wird insbesondere die Bedeutung der Ressource „Baumaschine“ für Erdbauprojekte untersucht.

In Kapitel 3 wird die Mengenermittlung, die Anwendungsfeld des Verfahrens ist, vorgestellt. Im Zuge dessen wird das Aufmaß als Grundlage der Mengenermittlung erläutert und die verschiedenen Verfahren der Mengenermittlung bei Erdbauprojekten werden vorgestellt. Weiterhin werden die Anforderungen an die Mengenermittlung dargestellt. Dies sind zum einen rechtliche Anforderungen und zum anderen Anforderungen seitens des Bau-Projektcontrollings.

In Kapitel 4 werden Baumaschinensteuerungssysteme vorgestellt. Dabei gehen die Erläuterungen auf das Funktionsprinzip, die notwendigen Komponenten, Systemvarianten und Einsatzgrenzen ein. Darüber hinaus stellt die Arbeit die Technik der Datenübertragung von der Baumaschine an einen Server vor. Durch die Erläuterungen wird das technologische Hintergrundwissen für das Verständnis des in Kapitel 5 entwickelten Verfahrens geschaffen. Das entwickelte Verfahren wird von den Möglichkeiten dieser technischen Komponenten bestimmt.

Kapitel 5 stellt als zentrales Kapitel das entwickelte Verfahren vor. Zu Beginn dieses Kapitels werden die Grundzüge des Verfahrens zur Mengenermittlung bei Erdbauprojekten unter Einsatz von BSS dargestellt. Anschließend wird die technische Verknüpfung von Ist-Geometriedaten und 5-D-Software erläutert. Im Anschluss daran folgt die Erläuterung der modellbasierten Mengenermittlung als Ergebnis des

Verfahrens. Weiterhin werden die neuen Aufgaben der Beteiligten im Zuge des entwickelten Verfahrens vorgestellt. Hier wird speziell auf die vorgesehene Einbindung von Baumaschinenführer und Bauleitung eingegangen. Zum Abschluss des fünften Kapitels wird das Verfahren „MEBSS“ in einem Prozessmodell dargestellt und simuliert. Es wird dabei dem konventionellen aufmaßbasierten Verfahren zur Mengenermittlung im Erdbau gegenübergestellt.

Folgend auf diese technischen Aspekte wird in Kapitel 6 auf die rechtlichen Regelungen und vertraglichen Aspekte eingegangen, die bei Anwendung des entwickelten Verfahrens für die Abrechnung zu beachten sind. Dabei gehen die Empfehlungen über die aktuell vorhandenen Regelungen hinaus.

Im Anschluss daran wird das Verfahren in Kapitel 7 an einem Praxisprojekt erprobt. Im Zuge dieses Praxistests wird ein Regenrückhaltebecken im Rahmen der Baumaßnahme „Ausbau Bundesautobahn 8 Ulm-Augsburg“ hergestellt.

In Kapitel 8 folgt die Bewertung des Verfahrens zur Mengenermittlung bei Erdbaumaßnahmen unter Einsatz von Baumaschinensteuerungssystemen. Sie erfolgt aus den Erkenntnissen, die während der Verfahrensentwicklung, der Simulation und der Praxiserprobung gewonnen wurden.

Die Arbeit schließt mit Kapitel 9, das eine Zusammenfassung der Arbeit und Ansätze für weitere Forschungen und Entwicklungen beinhaltet.

Abbildung 2 fasst den inhaltlichen Aufbau zusammen:

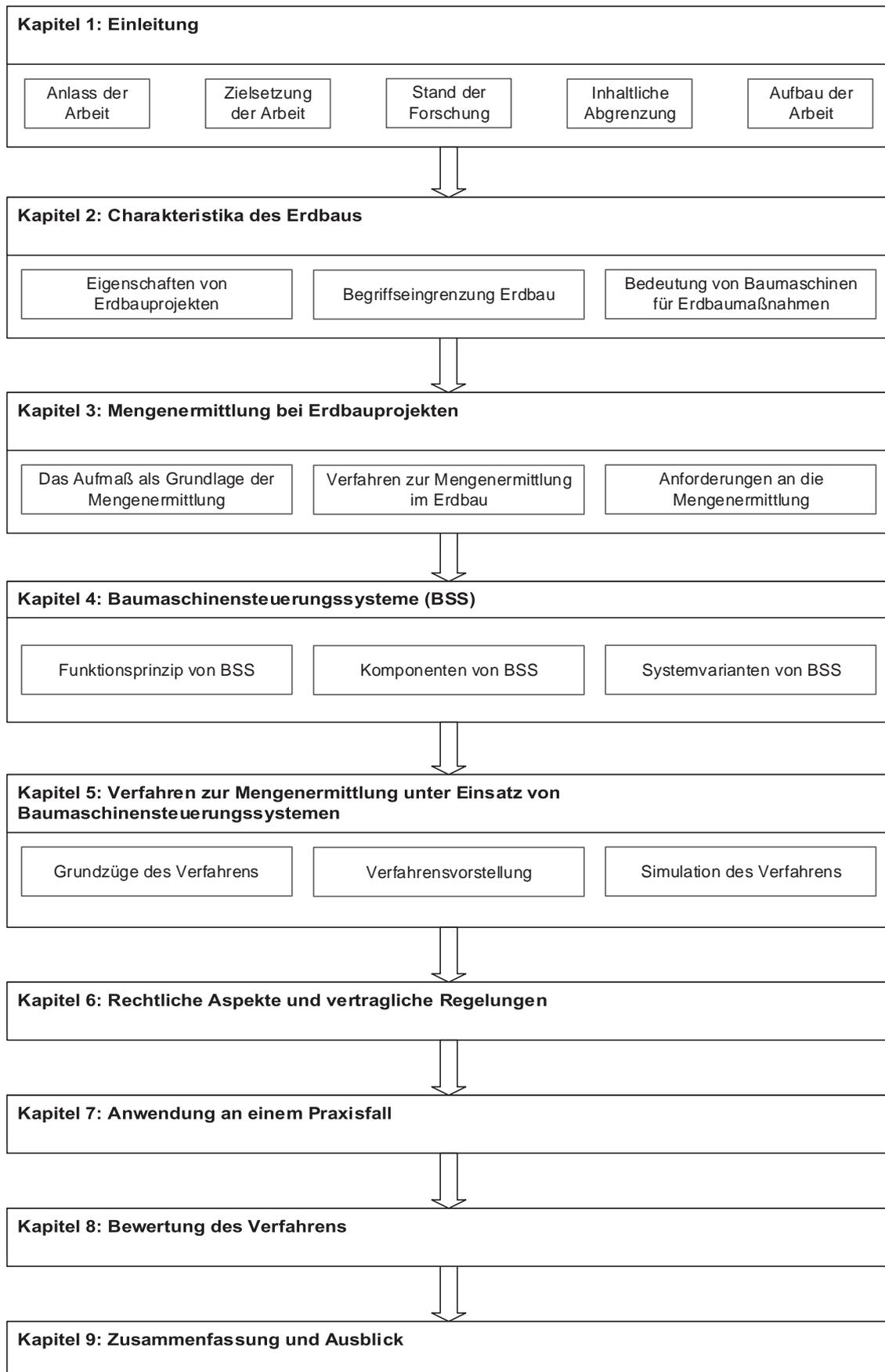


Abb. 2: Aufbau der Arbeit



## 2 Charakteristika des Erdbaus

Der Erdbau wird auch unter dem Oberbegriff „Tiefbau“ geführt. Der Tiefbau umfasst alle Ausführungen von Bauwerken in und unter der Erde sowie ebenerdige Bauwerke. Dazu gehören Erdbau, Straßenbau, Grundbau, Siedlungswasserbau, Leitungsbau, Tunnelbau und Deponiebau.

Der Begriff „Tiefbau“ grenzt die oben genannten Arbeitsbereiche gegenüber dem Hochbau ab. Da sich die unter dem Begriff Tiefbau zusammengefassten Leistungen hinsichtlich ihrer Charakteristika unterscheiden (z. B. Erdbau vs. Leitungsbau) ist eine tiefer gehende Abgrenzung des Erdbaus notwendig. Eine einheitliche Systematik zur Untergliederung der Leistungen des Tiefbaus hinsichtlich des Erdbaus ist nicht vorhanden. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit eine solche Systematik entwickelt.

Für die Ausführung von Erdarbeiten, die dem Erdbau zuzurechnen sind, ist die DIN 18300 (neben der allgemeinen DIN 18299<sup>10</sup>) die geltende Allgemeine Technische Vertragsbedingung (ATV). Die ATVs sind eine Sammlung von DIN-Normen für die jeweiligen Gewerke (DIN 18300 ff). Ihnen vorangestellt ist die DIN 18299, die eine gewerkeübergreifende allgemeine Norm darstellt.

Die ATVs sind die erste Grundlage für die Festlegung der Leistungsbereiche des Erdbaus. Die DIN 18300 legt in Abschnitt 1 den Regelungsbereich der Norm fest.

Demnach gilt sie *„[...] für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden und Fels. Sie gilt auch für*

- *das Lösen von Boden und Fels im Grundwasser und im Uferbereich unter Wasser, wenn diese Arbeiten im Zusammenhang mit dem Lösen von Boden und Fels über Wasser an Land ausgeführt werden,*
- *das Aufbereiten und Behandeln von Boden und Fels zur erdbautechnischen Verwertung sowie*
- *erdbautechnische Arbeiten mit Recyclingbaustoffen, industriellen Nebenprodukten und sonstigen Stoffen*

*und auch für Erdarbeiten im Zusammenhang mit*

- *Entwässerungskanalarbeiten (siehe ATV DIN 18306 ‚Entwässerungskanalarbeiten‘),*
- *Druckrohrleitungsarbeiten außerhalb von Gebäuden (siehe ATV DIN 18307 ‚Druckrohrleitungsarbeiten außerhalb von Gebäuden‘),*
- *Drän- und Versickerarbeiten (siehe ATV DIN 18308 ‚Drän- und Versickerarbeiten‘) sowie*

---

<sup>10</sup> DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2012), DIN 18299

- *Kabelleitungstiefbauarbeiten (siehe ATV DIN 18322 ‚Kabelleitungstiefbauarbeiten‘).<sup>11)</sup>*

Das Statistische Bundesamt veröffentlicht zu den jeweiligen Baupreisindizes sogenannte Wägungsschemata, die die Kostenanteile der einzelnen Leistungsbereiche an den Baukosten prozentual angeben [STATISTISCHES BUNDESAMT (2013b)]. Diese Kostenaufgliederung kann neben der DIN 18300 als zweite Grundlage für eine Festlegung der Leistungsbereiche des Erdbaus dienen.

Als dritte Grundlage zur Entwicklung einer Bestimmung des Umfangs des Erdbaus kann die Gliederungssystematik des Standardleistungsbuches Bau herangezogen werden [GEMEINSAMER AUSSCHUSS ELEKTRONIK IM BAUWESEN (GAEB) (2014)].

Analysiert man die Kostenaufgliederung des Statistischen Bundesamtes hinsichtlich Erdbauleistungen, können diese dem Regelungsbereich der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen und der Gliederung nach STLB Bau gegenübergestellt werden.

Dazu wurden zunächst die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (DIN 18300 bis DIN 18459) nach „Erdbau-nahen“ Leistungsbereichen untersucht. Dies führte zu folgendem Ergebnis:

DIN 18300	Erdarbeiten
DIN 18301	Bohrarbeiten
DIN 18302	Ausbau von Bohrungen
DIN 18303	Verbauarbeiten
DIN 18304	Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
DIN 18305	Wasserhaltungsarbeiten
DIN 18306	Entwässerungskanalarbeiten
DIN 18308	Dränarbeiten
DIN 18310	Sicherungsarbeiten an Deichen etc.
DIN 18311	Nassbaggerarbeiten
DIN 18312	Untertagebauarbeiten
DIN 18315	Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten ohne Bindemittel
DIN 18316	Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten mit hydr. Bindemitteln
DIN 18317	Verkehrswegebauarbeiten – Oberbauschichten aus Asphalt
DIN 18318	Verkehrswegebauarbeiten – Pflasterdecken und Plattenbeläge in ungebundener Ausführung, Einfassungen
DIN 18319	Rohrvortriebsarbeiten
DIN 18320	Landschaftsbauarbeiten
DIN 18322	Kabelleitungstiefbauarbeiten
DIN 18325	Gleisbauarbeiten
DIN 18336	Abdichtungsarbeiten
DIN 18459	Abbruch und Rückbauarbeiten

Nicht dem Erdbau zugehörig
  Straßenbau
  Dem Erdbau zugehörig

Tab. 1: „Erdbau-nahe“ Leistungsbereiche der ATV

<sup>11</sup> DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2012), DIN 18300

Gemäß der Geltungsbereiche der jeweiligen ATVs aus Tabelle 1 können die dunkelrot hinterlegten Leistungsbereiche als „nicht dem Erdbau zugehörig“ bezeichnet werden. Die grau hinterlegten Leistungsbereiche gehören zum Straßenbau und sind daher ebenfalls keine Erdbauleistungen. Daraus ergibt sich, dass „Erdarbeiten“ (DIN 18300) und „Nassbaggerarbeiten“ (DIN 18311) in einem ersten Schritt dem Erdbau zuzuordnen sind. Bei Nassbaggerarbeiten kann auch deshalb von Erdbau gesprochen werden, weil auch in DIN 18300 das Lösen von Boden unter Wasser inbegriffen ist. Dies betrifft aber lediglich den Fall, dass die Arbeiten in Zusammenhang mit Arbeiten über Wasser stehen. Aufgrund der technologischen Nähe dieser Arbeiten gemäß DIN 18300 und Nassbaggerarbeiten gemäß DIN 18311 können diese jedoch ebenfalls dem Erdbau zugeordnet werden.

Analog des zuvor beschriebenen Vorgehens kann auch die Gliederung des STL B Bau nach „Erdbau-nahen“ Leistungen analysiert werden. Sie wurden anschließend ebenfalls hinsichtlich ihrer Zugehörigkeit zum Erdbau untersucht. Dies führt zu folgendem Ergebnis:

002 Erdarbeiten
003 Landschaftsbauarbeiten
004 Landschaftsbauarbeiten - Pflanzen
005 Brunnenbauarbeiten und Aufschlussbohrungen
006 Spezialtiefbauarbeiten
007 Untertagebauarbeiten
008 Wasserhaltungsarbeiten
009 Entwässerungskanalarbeiten
010 Drän- und Versickerarbeiten
011 Abscheider- und Kleinkläranlagen
080 Straßen, Wege, Plätze
085 Rohrvortriebsarbeiten
097 Bauarbeiten an Gleisen und Weichen

Nicht dem Erdbau zugehörig
  Straßenbau
  Dem Erdbau zugehörig

Tab. 2: „Erdbau-nahe“ Leistungen gem. STL B Bau

Im Rahmen der Wägungsschemata des Statistischen Bundesamtes werden die Erdarbeiten wie folgt aufgegliedert:

Arbeitsräume verfüllen
Oberboden abtragen
Oberboden andecken
Graben ausheben im Tiefbau
Boden lösen und fördern
Boden lösen und weiter verwenden
Fels lösen und weiter verwenden
Boden verdichten
Baugrube ausheben im Tiefbau
Untergrundverbesserung im Tiefbau

Dem Erdbau zugehörig

Tab. 3: Erdarbeiten gem. Wägungsschema des Stat. Bundesamtes

Für eine Eingrenzung des Begriffes Erdbau können die Angaben der DIN 18300, der DIN 18311, des Statistischen Bundesamtes und des Standardleistungsbuches Bau miteinander verglichen werden. Aus diesem Vergleich ergibt sich die folgende Zuordnung von Leistungen bzw. Leistungsbereichen zum Oberbegriff Erdbau:

- Oberbodenarbeiten
- Boden und Fels lösen, laden, fördern, einbauen und verdichten
- Bodenverbesserungsarbeiten
- Herstellung des Planums
- Schürfgruben, Schürfschlitze und Suchgräben
- Nassbaggerarbeiten

Mit dieser Aufzählung sind die dem Erdbau zuzuordnenden Leistungen auf Basis der zuvor beschriebenen Gliederungssystematiken festgelegt worden.

### **Definition zum Erdbau**

Erdbauarbeiten können zusammenfassend wie folgt definiert werden:

Erdbauarbeiten sind oberflächennahe Arbeiten zur Herstellung oder Bearbeitung von Erdbauwerken (z. B. Böschung, Einschnitt, Damm, Berme) durch Bearbeitung und Bewegung von Erdstoffmengen.

### **Einflüsse auf die Prozesse des Erdbaus**

Die Prozesse des Erdbaus können durch eine Vielzahl interner und externer Aspekte beeinflusst werden. Dabei unterscheidet man nach Bregenhorn und Gentes

[BREGENHORN UND GENTES (2012)] zwischen Aspekten, die durch den Prozess bzw. dessen Planung und Gestaltung beeinflussbar (systemendogen), und solchen, die dadurch nicht beeinflussbar (systemexogen) sind (Tab. 4):

Systemendogene Einflüsse	Systemexogene Einflüsse
Arbeitskettendimensionierung	Vorhandenes Gelände, Materialbeschaffenheit, Grundwasser
Wartung und Instandhaltung der Baumaschinen	Zur Verfügung stehender Arbeitsraum
Maschinenart, -leistung, -größe, -antriebsart	Transportentfernungen
Fertigkeiten des Personals	Witterung und Klima

Tab. 4: Einflüsse auf den Erdbauprozess<sup>12)</sup>

### Planung der Prozessketten und der Einzelgeräte im Erdbau

Im Erdbau ist die Planung der Prozessketten (Ressourcen, Kapazitäten etc.) von großer Bedeutung. Bei Erdbauprojekten sind im Vergleich zu Hochbauprojekten wenige, jedoch „dominante“ Prozesse vorzufinden. Diese häufig voneinander abhängigen Prozesse Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten machen eine Abstimmung der jeweiligen Baumaschinen besonders wichtig. Dafür müssen sowohl die Anzahl der jeweiligen Baumaschinen als auch deren Leistung (z. B. m<sup>3</sup>/h) aufeinander abgestimmt werden. Durch eine richtige Dimensionierung der Arbeitskette können Stillstands- und Wartezeiten verhindert werden. Bei der Auswahl der Baumaschinen ist jedoch nicht nur die Abstimmung der Baumaschinen untereinander von Bedeutung, sondern auch die möglichst optimale Auswahl der Einzelgeräte (Größe, Fahrwerk, Werkzeuge etc.). Bei Erdbaumaßnahmen muss diese Auswahl unter Berücksichtigung der Bedingungen vor Ort geschehen. Die Bodenbeschaffenheit, Witterung und Transportentfernungen spielen dabei eine entscheidende Rolle. Beispielhaft kann dafür die Wahl des Fahrwerks oder die Wahl des Verdichtungsgerätes (statische/dynamische Verdichtung) genannt werden.

### Einfluss von Witterung und Boden auf den Erdbau

Der Erdbau ist, auch im Vergleich zu anderen Bautätigkeiten (z. B. Hochbau), stark von Umwelteinflüssen (Witterung, Bodenverhältnisse) abhängig. Aufgrund von Frost, Trockenheit oder Regenfällen müssen Bauverfahren gegebenenfalls umgestellt werden oder der Bauablauf muss verändert werden. Die durchzuführenden Prozesse verändern sich somit je nach Witterung oder können nicht mehr durchgeführt werden.

Vorfertigungsansätze, wie sie beispielsweise im Hochbau durch Elementbauweise existieren, sind im Erdbau nicht vorzufinden.

<sup>12)</sup> BREGENHORN, TOBIAS; GENTES, SASCHA (2012)