

## 2 Problemanalyse und Stand der Forschung

### 2.1 Wertschöpfung im Verkehrsinfrastrukturbau

Die Durchführung großer Verkehrsinfrastrukturbauprojekte setzt eine Planung, Steuerung und Kontrolle von wertschöpfenden Aktivitäten zur Erbringung einer definierten Leistung in einer definierten Zeit und zu definierten Kosten voraus. Zeit und Kosten werden in der Planung projektiert und sind für den Bauausführenden fixe Größen. Die Steuerung sichert eine Umsetzung der Planung in der Form, dass durch die Erbringung einer hohen Leistung der Kosten- und Zeitrahmen der Baumaßnahme möglichst unterschritten wird. Besondere Anforderungen an die Steuerung entstehen durch die Leistungserbringung in Verbänden mehrerer Organisationen im WSS und aufgrund des stets kundenindividuellen Gutes im Verkehrsinfrastrukturbau. Kundenindividuelle Güter bedingen eine Integration des Kunden in den Prozess der Leistungserstellung und werden erst nach Eingang eines Kundenauftrags speziell an die Anforderungen des Kunden angepasst gefertigt (Build-to-Order). Mit diesen Eigenschaften sind Verkehrsinfrastrukturbauten mit Kontraktgütern nach Kaas (1995, S. 8) gleichzusetzen, die ein Versprechen über eine zu erbringende Leistung vertraglich vor der Leistungserbringung zusichern. In der Wertschöpfung des Verkehrsinfrastrukturbaus ist die vertragliche Zusicherung aufgrund der Fertigungsbedingungen in der Umwelt mit einem Risiko behaftet, da externe Einflüsse nicht hinreichend genau antizipiert und planseitig erfasst werden können. Für den Akteur<sup>15</sup> im Verkehrsinfrastrukturbau besteht die Herausforderung der Steuerung seiner nachvertraglichen Wertschöpfung in derart, negative Effekte der Umweltbeeinflussung bestmöglich auszugleichen, um vertragliche Abweichungen und daraus resultierende monetäre Konsequenzen zu minimieren. Die Steuerung in der Vertragserfüllung ist ausschlaggebend für die entstehenden Kosten und die benötigte Zeit, die über Konventionalstrafen zusätzlich erhöhend auf die Kosten wirken kann.

Das Risiko der Umweltbeeinflussung eines Akteurs kann im Fall von Kontraktgütern durch Reduktion der Individualisierungsleistung auf eine Wertschöpfungsstufe gering gehalten werden. Dies ist in der Wertschöpfung des Verkehrsinfrastrukturbaus nicht möglich. Jede Stufe muss den individuellen Anforderungen des Endproduktes angepasst durchgeführt werden. Eine höhere Adaptivität des WSS wird von der kundenindividuellen Massenfertigung (Piller

---

<sup>15</sup> In der ökonomischen Betrachtung ist der Akteur das ökonomische Individuum, das in den Grenzen der gegebenen Institutionen, insbesondere der Organisation und der Gesellschaft, seine wertschöpfenden Handlungen durchführt. Der Akteur im WSS ist dem aufbauorganisatorischen Konzept des Aufgabenträgers nach Kosiol (1962, S. 43) gleichzusetzen, der von Ferstl und Sinz (2008, S. 3) weiter in den maschinellen und personellen Aufgabenträger verfeinert wird. Im weiteren Verlauf der Arbeit erfolgt eine Verfeinerung durch die Verwendung ökonomischer Theorien.

2003; Pine II 1993; Pine II et al. 1993, S. 108 - 119) untersucht. Der Erklärungsbereich der kundenindividuellen Massenfertigung erstreckt sich jedoch auf Güter des Konsums, die im Zuge der Kundenanforderungen ausgehend von einem Massenprodukt modular individualisiert werden, um dem Bedarf an individuellen Produkten und Leistungen zu angemessenen Preisen beim Endkunden Rechnung zu tragen. Diese Perspektive auf die individuelle Fertigung ist für das in dieser Arbeit betrachtete WSS des Verkehrsinfrastrukturbaus ungeeignet, da für das WSS nicht der Weg von hochstandardisierten Produkten zu Produkten hoher Individualität betrachtet wird, sondern das WSS stets auf Produkte hoher Individualität ausgerichtet ist.

Das Individualization Engineering (Kirn et al. 2008, S. 3 - 60) nutzt eine Perspektive auf die Adaptivität<sup>16</sup> des WSS in Raum, Zeit und Ökonomie, um Potenziale im soziotechnischen System der Wertschöpfung zu beschreiben, zu analysieren und zu prognostizieren. Die Grundlage der Individualisierung sind flexible Koordinationsverfahren für wertschöpfende Aktivitäten in mehrstufigen WSS. Insbesondere wird der Beitrag von Informations- und Kommunikationssystemen<sup>17</sup> zur Steigerung der Adaptivität im WSS für logistische Transformationen untersucht (Kirn et al. 2008, S. 6). Das Individualization Engineering erlaubt die Untersuchung einer umweltinduzierten Beeinflussung auf das WSS im Fall von Kontraktgütern über alle Stufen des WSS hinweg mit dem Ziel der Leistungserhöhung durch die Adaption des WSS. Nach Ferstl und Sinz (2008, S. 3) wird die Adaption des WSS durch den Einsatz neuer oder erweiterter Informationssysteme zur Automatisierung in Form des maschinellen Aufgabenträgers im WSS ermöglicht. Unter der Perspektive des Individualization Engineering (Kirn et al. 2008, S. 3 - 60) werden Informationssysteme gestaltet, die zunehmend eigenständig steuernd in die Wertschöpfung eingreifen und Flexibilität bei geänderten Rahmenbedingungen gewährleisten. Das Individualization Engineering findet in dieser Arbeit in der Beschreibung und Analyse des WSS im Verkehrsinfrastrukturbau Anwendung, in dem insbesondere Leistungspotenziale in der Flexibilisierung der Prozesse zur Adaption des WSS an veränderte Umweltbedingungen in der Erstellung der Verkehrsinfrastruktur vermutet werden. Zu untersuchen ist sowohl die organisatorische als auch die informationstechnische Unterstützung.

---

<sup>16</sup> Adaptivität wird in dieser Arbeit gemäß des Frameworks von Baker (1996, S. 1 - 7) auf der Ebene von Organisationen und Wertschöpfungsstrukturen mit strategischem Bezug verwendet. Davon abgegrenzt wird die Flexibilität als operativer Begriff nach Baker (1996, S. 6) auf der Ebene des Ressourceneinsatzes in Prozessen.

<sup>17</sup> Informations- und Kommunikationssysteme unterstützen nach Ferstl und Sinz (2008, S. 3) durch Automatisierung von Informationsverarbeitungsaufgaben als maschinelle Aufgabenträger.

### 2.1.1 Auswertung empirischer Befunde

Der Auftragnehmer kann bestimmte Umweltunsicherheiten, z. B. saisonal bauungeeignetes Wetter, vertraglich regeln, jedoch nicht alle potenziell auftretenden Störungen<sup>18</sup> mit Einfluss auf seine Leistung vollständig vertraglich abschließen. Er muss sich zur Erbringung einer Leistung zu bestimmten Kosten mit bestimmten Fertigstellungsterminen verpflichten. In der Folge werden bei Auftreten von Störungen Zeit- und Kostenbudgets regelmäßig überschritten (Hasenclever et al. 2011, S. 205) und Konventionalstrafen ausgesprochen. Dreier (2001) identifiziert bei 17 untersuchten Bauvorhaben des Tief-, Spezialtief- und Verkehrsinfrastrukturbaus aus insgesamt 85 untersuchten Bauvorhaben eine 100%ige störungsbedingte Überschreitung der budgetierten Baukosten. 25% der 17 Bauvorhaben des Tief-, Spezialtief- und Verkehrsinfrastrukturbaus weisen eine mindestens 45%ige Überschreitung des Budgets<sup>19</sup> auf. Im Mittel aller Vorhaben besteht eine Budgetüberschreitung von 20%. Die Störungsmehrkosten bezogen auf das geplante Budget der drei größten Budgetabweichungen des Tief-, Spezialtief- und Verkehrsinfrastrukturbaus liegen jeweils bei annähernd 70%. Die Budgetüberschreitung der 23 schlüsselfertigen Bauvorhaben in der Stichprobe fällt mit den störungsbedingten Mehrkosten von 6% und 12% in den oberen Quartilen der Stichprobe vergleichsweise niedrig aus. Von allen untersuchten Bauvorhaben konnten störungsbedingt nur 11,8% der Vorhaben innerhalb der geplanten Soll-Bauzeit fertiggestellt werden. Da die Materialkomponente in den 86 Bauvorhaben störungsbedingt nahezu unverändert blieb, sind die Abweichungen durch Personal- und Gerätekosten umso stärker zu gewichten (Dreier 2001, S. 41). Die zeitlichen Überschreitungen können nicht unabhängig vom Budget betrachtet werden, da eine Budgetüberschreitung unmittelbar durch längere Vorhaltezeiten von Gerät und Baustelleneinrichtung entsteht.

Flyvbjerg et al. (2003, S. 71 - 88; 2004, S. 3 - 18) analysieren eine Stichprobe von 258 Transportinfrastrukturvorhaben aus 20 Nationen auf fünf Kontinenten mit einem Schwerpunkt auf Europa (181 Vorhaben) und einem Gesamtbudget von 90 Mrd. US\$. Die durchschnittliche Kostenabweichung der Bahninfrastrukturvorhaben lag bei 44,7%, bei den Tunnel- und Brückenvorhaben bei 33,8% und bei den Straßenvorhaben bei 20,4% in ihrer Stichprobe. Bezogen auf die europäischen Vorhaben beträgt die Kostenabweichung 22,4%, obwohl die durchschnittliche Abweichung in Europa am niedrigsten ist. Über alle Vorhaben ergibt sich eine Kosteneskalation von 27,6%. Eine Kosteneskalation entsteht in neun von zehn Projekten. Die These, dass Kosten in der gleichen

---

<sup>18</sup> Dreier (2001, S. 5) definiert Störungen als Behinderungen im baubetrieblichen Sinn, die zu einer Abweichung vom Bau-Soll führen. Störungen wirken sich nach Dreier (2001, S. 35) unmittelbar auf den Bauablauf aus, der durch Verzögerungen, Unterbrechungen, Beschleunigungen und Bauzeitverschiebungen gegenüber dem Plan des Vorhabens verändert wird.

<sup>19</sup> Die Überschreitungen wurden um technische Nachträge zum ursprünglichen Bauvorhaben bereinigt und sind somit auf Störungen im Sinne von Dreier (2001, S. 5) zurückzuführen.

Höhe über- wie unterschätzt wurden, musste mit hoher Signifikanz abgelehnt werden. Ebenso wurde mit hoher Signifikanz die These abgelehnt, dass die Höhe der unterschätzten Kosten gleichauf mit der Höhe der überschätzten Kosten liegt. Unterschätzte Kosten liegen in der Stichprobe signifikant höher als überschätzte Kosten. Risiken aus fehlerhaften Kostenabschätzungen großer Infrastrukturvorhaben werden ignoriert oder verharmlost (Flyvbjerg et al. 2003, S. 86). Die entstehenden Kosten sind volkswirtschaftlicher Schaden und belasten Steuerzahler oder private Investoren.

Assaf und Al-Hejji (2006, S. 349 - 357) befragen im Rahmen ihrer Arbeit 15 Eigentümer, 23 bauausführende Unternehmen und 19 Projektsteuerer zu Ursachen von Bauzeitverzögerungen. Die Gruppe der Eigentümer nennt in hoher Anzahl und auch mit hoher Wichtigkeit zu wenige und unqualifizierte Arbeitskräfte, niedrige Produktivität und schlechte Planung. Die Gruppe der bauausführenden Unternehmen nennt ausbleibende Zahlungen der Eigentümer, verspätete Abnahme und Freigabe von Dokumenten durch die Eigentümer sowie deren Änderungswünsche zur Bauausführung. Die Gruppe der Projektsteuerer benennt zu wenige Arbeitskräfte, ausbleibende laufende Zahlungen der Eigentümer, ineffiziente Planung und Ausführung durch die bauausführenden Unternehmen sowie die Art des Zuschlagsverfahrens für ausgeschriebene Bauleistungen. Odeh und Battaineh (2002, S. 67 - 73) betrachten in ihrer Studie ausschließlich die Projektsteuerer und bauausführenden Unternehmen. In ihrer Erhebung bei den 63 bauausführenden Unternehmen steht die Produktivität aus eingesetzter Arbeit an erster Stelle vor Eingriffen durch den Eigentümer und unzureichender Erfahrung des bauausführenden Unternehmens. Ardit et al. identifizieren in ihrer Studie über 384 untersuchten Bauprojekten in der Türkei neben Schwierigkeiten der landestypischen Rahmenbedingungen bei der Beschaffung von Baumaterial und einer hohen Inflation Probleme durch einen gestörten Bauablauf mit 153 Nennungen und unerwarteten Bauuntergrund mit 49 Nennungen. Sweis et al. (2008, S. 665 - 674) betrachten sieben empirische Arbeiten über Einflüsse auf das Bauwesen im mittleren Osten<sup>20</sup>. Auch in ihrer Erhebung werden Faktoren der schlechten Planung, zu viele Änderungswünsche und schlechte Abstimmung genannt. Mangelnde Informationen oder kurzfristige Eingriffe in den Bauablauf erfordern nach Winch und Kelsey (2005, S. 141 - 149) ein dezentrales operatives Planen in höherer Frequenz.

Nach Hasenclever et al. (2011, S. 206) sind die Überschreitungen insbesondere im Tiefbau auf mangelndes Management in der Baulogistik zurückzuführen. Hasenclever et al. (ebd) kritisieren eine nur beschränkte Adaption des Logistikbegriffs durch die Bauwirtschaft in Form der operativen Abwicklung von Materiallieferungen. Die managementbezogene Aufgabe einer Koordination des

---

<sup>20</sup> Wetterbedingte Ausfälle fallen bei der Betrachtung von Baueinflüssen in dieser Region nicht ins Gewicht.



gesamten Leistungserstellungsprozesses durch Planung, Steuerung und Kontrolle sowie die Auffassung des Logistiksystems als Verbund der Gütertransformationen, die dem Logistikbegriff von Gudehus (2010) entspricht, findet keine Anwendung. Dadurch bleibt der Blick auf tiefergehende Optimierungspotenziale im logistischen System im Sinne einer ganzheitlichen Steuerung verwehrt. Legt man den Logistikbegriff nach Gudehus (ebd.) zugrunde, werden insbesondere im Bereich der Steuerung von Organisations- und Koordinationsprozessen nach Günther et al. (2008, S. 17) die betragsmäßig größten Einsparpotenziale auf der Baustelle sichtbar, die wesentlich von den Personal- und Gerätevorhaltekosten geprägt werden. Einer unmittelbaren Übertragung des Konzeptes eines ganzheitlichen Logistiksystem aus der fertigen Industrie auf die Baulogistik stehen jedoch folgende branchenspezifische Merkmale und Rahmenbedingungen entgegen (Engelmann 2001, S. 95 - 108; Hasenclever et al. 2011, S. 208 f.):

1. Bauobjekte sind Einzelfertigungen aus standardisierten Komponenten – Das Bauobjekt als Ganzes ist ein Kontraktgut hoher Individualität. Die benötigten Materialien, Prozessabläufe und Fähigkeiten sind meist standardisiert und können objektübergreifend angewendet werden. Insbesondere der Erdbau weist eine hohe Standardisierung der Prozesse auf, die durch Wiederholung der Aktivitäten von Ausbau, Transport und Einbau für eine definierte Menge verschiedener Bodenklassen gekennzeichnet sind. Dennoch besteht eine Unsicherheit durch das Kontraktgut des Bauobjekts, da es sich räumlich an die Bedingungen des Urgeländes anpassen muss. In der Folge muss das anfallende Material im logistischen System des Ein- und Ausbaus verwerten werden, das durch Lager- und Aufbereitungsflächen sowie Ab- und Antransport von Deponien erweitert sein kann. Abhängig von der Qualität des Materials, die zuvor nicht vollständig bekannt ist, wird es zwischengelagert, unmittelbar verbaut, aufbereitet und verbaut oder bei nicht gegebener Eignung auf Deponien, die wiederum nur für spezielle Materialarten geeignet sind, abtransportiert. In der Folge lassen sich die logistischen Prozesse durch die erwarteten Bodenschichten ermittelt durch Bodenproben zwar grobgranular planen, jedoch bis zum Zeitpunkt des stattfindenden Ausbaus nicht vollständig determinieren. Das tatsächlich vorgefundene Bodenmaterial kann in Quantität und Qualität aufgrund der Bodenproben nicht hinreichend genau prognostiziert werden, so dass keine vollständige Planbarkeit unterstellt werden kann. Darüber hinaus können in der Planungsphase unentdeckte Findlinge oder Fliegerbomben den Ablauf im Erdbau massiv stören. Insbesondere der Ausbau unterliegt Schwankungen in seiner Wertschöpfung, die sich auf das gesamte WSS auswirken.
2. Standortgebundenheit der Wertschöpfung – Der Produktionsstandort kann nur in begrenztem Umfang und nur für das jeweilige Bauprojekt optimiert werden. Jede Baustelle stellt neue Anforderungen an die Baulogistik durch

ihre individuellen topografischen, geologischen und verkehrstechnischen Gegebenheiten. Diese Gegebenheiten können sich mit Fortschreiten des Baus durch Umlegen von Bauverkehrswegen und Befahrbarkeit bereits geschaffener Flächen verändern. Insbesondere der Erdbau im Verkehrsinfrastrukturbau verfügt über wechselnde Routen, die auch auf der bereits fertiggestellten Trasse verlaufen können. Dies unterscheidet sich entscheidend von langfristig geplanten Logistiksystemen mit optimierten, statischen Transportwegen über Straße oder Schiene. Jeder Akteur hat seine wertschöpfende Tätigkeit stets standortgebunden an der Situation auszurichten.

3. Hohe Arbeitsteiligkeit in der Wertschöpfung – In der Baubranche des Verkehrsinfrastrukturbaus wird regelmäßig auf Subunternehmer zurückgegriffen, denen Teilgewerke übertragen werden. Im Erdbau werden insbesondere Transportaufgaben an mehrere Unterauftragnehmer mit unterschiedlich großen Transportflotten vergeben. Dies bedeutet einen erhöhten Koordinationsaufwand, eine hohe Anzahl von Schnittstellen sowie Medienbrüche bei der Informationsweitergabe zwischen den Fahrern, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle Fahrzeuge mit identischen Kommunikationssystemen ausgestattet sind.
4. Unsichere Witterungsbedingungen – Die Wertschöpfung im Verkehrsinfrastrukturbau, insbesondere im Erdbau, ist von den Witterungsbedingungen abhängig. Während saisonale Schwankungen durch Jahreszeiten planbar sind, führen kurzfristig auftretende Wettereinflüsse wie Starkregen, verlängerte Winterperioden oder sehr trockene Bedingungen unmittelbar zur Verzögerungen im Bauablauf, die bei besonderer Schwere ungeplante Bauunterbrechung nach sich ziehen. Ein in der Folge erhöhter Arbeitseinsatz durch Nacht- und Wochenendarbeit ist im Plan sowohl seitens zusätzlich benötigter Zeit als auch anfallender Mehrkosten nicht erfasst.

Die Bodenmaterialbewegung im Verkehrsinfrastrukturbau ist als Teilsystem durch eine hohe Wahrscheinlichkeit des Abweichens gegenüber der ursprünglichen Planung geprägt. Insbesondere im Bereich des Materialausbaus wird durch das Vorliegen einer hohen Umweltunsicherheit nach Engelmann (2001, S. 95 - 108) und Hasenclever et al. (2011, S. 208 f.) ein hohes Leistungspotenzial durch eine Steuerung der Akteure erwartet. „Die wesentlichen Herausforderungen für die Baulogistik liegen somit in dem Management von Unsicherheiten durch Sicherstellung einer hohen Flexibilität, um die Versorgungssicherheit bei geringen Kosten zu gewährleisten“ (Hasenclever et al. 2011, S. 210). Das WSS gewinnt an zeitlicher Adaptivität, da die Steuerung im Sinne einer prozessseitigen Flexibilität den Rahmenbedingungen der Wertschöpfung derart angepasst werden kann, dass Prozessschritte vorgezogen oder nach hinten verlagert werden können, wenn diese eine höhere Leistung erbringen. Im Beispiel des ersten Kapitels ist die Flexibilität der Akteure in Form von Beladestellen sicherzustellen.

len, da aufgrund verfügbarer Beladeleistung eine weitere Fahrt zu einer anderen Beladestelle zu einer höheren Leistung führen kann.

Hasenclever et al. (2011, S. 210 ff.) analysieren eingehend die vorbauliche Planungsphase, die im Sinne vorheriger Einflüsse nur bedingt zur Sicherstellung einer hohen Flexibilität im Falle einer Störung beitragen kann. Einzig die Aufstockung von Reservekapazitäten kann planseitig vorgesehen werden, jedoch widerspricht diese einer geforderten Kostenminimierung. Pufferkapazitäten im Erdbau sind aufgrund der hohen Kosten für zusätzliche Maschinen im Fuhrpark, die nicht produktiv arbeiten, nicht zu rechtfertigen. Hiernach kann eine sorgfältige Planung zu einer Störungsminderung beitragen, aber insbesondere aufgrund der Punkte (1) und (4) eine Steuerung im Störfall nicht obsolet machen. Dies belegt Dreier (2001, S. 24 - 36) in der Analyse von 91 ablaufgestörten Bauvorhaben. Er identifiziert acht Ursachengruppen von Störungen, dargestellt in Tabelle 1, die das Baugeschehen in der Ausführung beeinflussen. In der Erhebung sind die drei häufigsten Störungsgruppen mit 73,6% der Nennungen (1) geänderte oder zusätzliche Leistungen, mit 71,4% der Nennungen (2) verspätete Planlieferungen und mit 60,4% der Nennungen (3) fehlende Vorleistungen. Eine fehlerhafte oder unvollständige Planung wurde in 49,5% der Fälle als Ursache der Störung benannt. Die meisten Störungsursachen sind durch eine fundierte Planung nicht abwendbar, sondern müssen in der Umsetzung des Infrastrukturvorhabens durch steuernde Eingriffe abgemildert werden. Außergewöhnliche Witterungseinflüsse und Baugrundeinflüsse werden ebenfalls unter den acht häufigsten Störungsursachen genannt.

Laufer et al. (1992, S. 250) verfeinern die Störungsursachen für den kurzfristigen Steuerungsbedarf im Erdbau auf wechselnde Untergrund- und Wetterbedingungen, Verfügbarkeit und Versorgung mit Ressourcen, unerwartete Koordinationsprobleme und technische Ausfälle. Alle Störungsursachen sowohl nach Dreier (2001, S. 24 - 36) als auch nach Laufer et al. (1992, S. 250) führen im Individualization Engineering (Kirn et al. 2008, S. 20 f.) im WSS des Erdbaus zum Bedarf einer gesteigerten zeitlichen und räumlichen Adaptivität von erwarteten versus tatsächlich bewegten Materialmengen. Außergewöhnliche Witterungs- und Baugrundeinflüsse sowie fehlende Ressourcen, unerwartete Koordinationsprobleme sowie technische Ausfälle beeinflussen die maximale Leistung des Bodenausbaus, so dass sich die raumzeitliche Leistung im bauleistungsorientierten System verringert. Verspätete Planlieferungen, fehlende oder unvollständige Planunterlagen sowie ausbleibende Entscheidungen des Auftraggebers verschieben den Zeitpunkt des Beginns von Bodenbewegungen nach hinten. Verringerte Leistung sowie ein verschobener Beginn bewirken eine zeitliche Verschiebung der Fertigstellung. Geänderte oder zusätzliche Leistungen sowie Eingriffe des Auftraggebers in das Ablaufkonzept verändern die bewegten Mengen sowohl räumlich als auch zeitlich. Ein Informationssystem zur Steuerung des WSS muss sowohl räumliche als auch zeitliche Verschiebungen von

Bodenmaterialbewegungen durch Störungen erfassen können, die durch (1) eine veränderte Auftragslage oder (2) nicht antizipierte Umweltbedingungen entstehen.

Tabelle 1 Störungen mit Einfluss auf das Baugeschehen eines ausführenden Akteurs nach Dreier (2001, S. 24 - 36)

Ursachengruppe	Häufige Ausprägungen im Bauablauf
Geänderte oder zusätzliche Leistungen	Konstruktive Änderungen wegen Optimierung oder Sonderwünschen, Bewehrungsänderungen, Änderungen statischer Konzepte, Änderung der Rahmenbedingungen
Verspätete Planlieferungen	Verspätete Lieferung von Ausführungsplänen, Bewehrungsplänen, Ausführungsplanung und Objektplanungen
Fehlerhafte oder unvollständige Planunterlagen	Fehlende Ausführungsplanung, Freigabevermerke auf Ausführungsplanungen, Darstellungen und Aktualisierungen; Widersprüche zwischen Planungsunterlagen einzelner Planer; Vorgabe eines nicht realistischen Ausführungskonzeptes; Fehler bei der statischen Bemessung
Fehlende oder verspätete Vorleistungen vom Auftraggeber	Fehlende Beauftragung und Koordination von ausführenden Unternehmen; rechtzeitige Bereitstellung des Grundstücks, der Lager- und Arbeitsplätze; fehlende Aufrechterhaltung einer allgemeinen Ordnung auf der Gesamtbaustelle sowie Regeln des Zusammenwirkens mehrerer Unternehmer
Fehlende oder verspätete Entscheidungen vom Auftraggeber	Fehlende Entscheidungen zu Fragen der Ausführung, zu geänderter oder zusätzlicher Leistung, zu Vorbehalten und Bedenken des Auftragnehmers und zur Freigabe erstellter Ausführungsplanungen
Eingriffe des Auftraggebers in das Ablaufkonzept	Zeitliche Verschiebung der Ausführung, Änderung der Ablauffolge; Anordnung von Beschleunigungsmaßnahmen; Verlängerung der Bauausführung; Änderung der Baustelleneinrichtung; Änderung der Bauverfahren
Außergewöhnliche Witterungseinflüsse	Außergewöhnlich niedrige Temperaturen im Winterzeitraum, lange Winterperioden, hohe Niederschläge, starke Stürme und über das jahreszeitlich zu erwartende Mittel hinausgehende Pegelstände von Flüssen
Baugrundeinflüsse	Von der Bearbeitung abweichende Bodenklassen, Verteilung von Bodenklassen oder Grundwasserverhältnisse; Störung des Baugrundes durch alte Fundamente oder Injektionsblöcke; Kontamination des Baugrundes; Kampfmittelfunde; erhebliche Mengenerhöhung bei Bauleistungen im Bereich des Baugrunds

Die Steuerung des WSS wird im Fall auftretender Störungen durch Strukturbrüche im WSS erschwert. Hasenclever et al. (2011, S. 216) identifizieren vertikale Strukturbrüche durch Trennung von Planung und Ausführung sowie horizontale Strukturbrüche vorrangig durch eine stark fragmentierte Bauausführung der unterschiedlichen Gewerke und der daran beteiligten Firmen. Die vertikalen Strukturbrüche führen nach Hasenclever et al. (2011, S. 218) typischerweise zu fragmentierter Information aufgrund des fehlenden Informationsaustauschs

entlang der Stufen des WSS. In der Folge entsteht auf jeder Stufe eine erhöhte Unsicherheit der Akteure, die durch Vorhalten überdimensionierter Pufferkapazitäten reagieren, sofern diese zur Verfügung stehen. Der horizontale Systembruch zieht eine hohe Anzahl von Schnittstellen, ebenfalls einen fragmentierten Informationsaustausch und Verantwortlichkeitsprobleme nach sich, da die beteiligten Unternehmen für ihre Materialversorgungsprozesse selbst verantwortlich sind. Die in der Baubranche durch die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A (DIN Normenausschuss Bauwesen 2010) vorgegebene Trennung von Gewerken in der Ausführungsphase (Eitelhuber 2007) forciert das Entstehen horizontaler Brüche. Die Strukturbrüche vertikaler und horizontaler Art können zu einer unwirtschaftlichen Koordination von Bauabläufen durch zu geringe Konzentration auf das Baugeschehen führen, da die administrativen Tätigkeiten in der Bauleitung überhand nehmen und Aspekte der Baustellenablaufplanung keine ausreichende Berücksichtigung finden können. Die Ursache-Wirkungsbeziehungen von vertikalen und horizontalen Brüchen nach Hasenclever et al. (2011, S. 218) sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Ursache und Wirkung horizontaler und vertikaler Brüche nach Hasenclever et al. (2011, S. 218)

Ursache	Wirkung
Vertikaler Wertschöpfungsbruch	Fragmentierter Informationsaustausch vor- und nachgelagerter Wertschöpfungsstufen durch isolierte Informationssysteme mit der Folge einer nur ungenauen Ressourcen- und Terminplanung Überdimensionierte Lagerbestände entlang der gesamten Wertschöpfungskette durch mangelnde Abstimmung Mangelndes Kooperationsverhalten
Horizontaler Wertschöpfungsbruch	Hohe Anzahl von Schnittstellen und somit hohe Komplexität der Versorgungsströme Medienbrüche mit der Folge eines hohen manuellen Erfassungsanteils und mangelnder Aktualität der Daten Fragmentierter Informationsaustausch zwischen ausführenden Bauunternehmen durch nicht-standardisierte Informationssysteme Mangelnde Abstimmung Mangelndes Kooperationsverhalten Zu geringe Konzentration auf Kernkompetenzen der Baubeteiligten (z.B. zu viele administrative Tätigkeiten für Bauleitung) Verantwortlichkeitsprobleme aufgrund einer fehlenden, gewerkeübergreifenden Instanz zur Planung, Steuerung und Kontrolle von Versorgungsprozessen

Horizontale Brüche im WSS entstehen insbesondere aufgrund der geringen Wertschöpfungstiefe in der Baubranche. Die Wertschöpfungstiefe reduziert sich bei großen Bauunternehmen, die Zuschläge zu großen Infrastrukturvorhaben im Verkehrsinfrastrukturbau erhalten, nach Leinz (2004) von 50% auf durchschnitt-

lich 20%. Große Bauunternehmen treten als Generalunternehmer auf und vergeben viele Leistungen fremd. Insbesondere im Erdbau großer Verkehrsinfrastrukturbauten finden sich besonders ausgeprägte horizontale Systembrüche, da die Fremdvergabe von Erdbauleistungen an Subunternehmer in der Rolle von Generalunternehmern üblich ist. Die Fremdvergabe eines Gewerkes erfolgt häufig an regionale Unternehmen mit einer jeweils kleinen Maschinenflotte, so dass die Kosten für An- und Abtransportkosten der Maschinen gering bleiben. In der Folge werden insbesondere im Erdbau unterschiedliche Transport-, Aus- und Einbaufahrzeuge mit variierenden Kapazitäten, Fähigkeiten der Fahrer und technischen Systemen eingesetzt. Es entstehen zwangsläufig Abstimmungsprobleme sowohl zwischen den Unternehmen einer Stufe (horizontale Brüche) als auch mit den Unternehmen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen (vertikale Brüche). „Eine große Schwierigkeit liegt dabei in den vielfältigen Beeinflussungen und Wechselwirkungen der einzelnen Materialströme untereinander, durch die sich beispielsweise Hebe- und Transportfahrzeuge gegenseitig beeinträchtigen“ (Hasenclever et al. 2011, S. 227). Die Schwierigkeit für jeden Akteur besteht in der Identifikation von und Reaktion auf Schwankungen der Materialströme, da er keine Informationen über die Leistungen seiner Vorleister und Abnehmer beschaffen kann, mit denen er in Interdependenz steht. Die lokale Perspektive des Akteurs auf seine Tätigkeit ermöglicht es ihm nicht, alle interdependenten Leistungserstellungsprozesse zu erfassen und in seiner Tätigkeit zu berücksichtigen. Ebenfalls fehlt eine übergeordnete Instanz, die den Akteuren leistungsmaximierende Vorgaben gibt, da auch für solche Systeme nur partielle, teils hochaggregierte Informationen vorliegen, die sich nicht zur Steuerung eignen.

Ein Informationssystem zur Unterstützung der Aktivitäten im Erdbau muss die unvollständige Informationslage über die Aktivitäten aller Akteure und den Zustand der Verkehrswegebaustelle handhaben können. Es muss auch dann unterstützend wirken, wenn nur partielle Informationen eine lokale Optimierung erlauben. Da die Grundlage der Unsicherheit im Erdbau des Verkehrsinfrastrukturbaus das Verrichtungsobjekt des Bodenmaterials ist, muss sich die Optimierung an dessen Verfügbarkeit und den Ressourcen zu dessen Verarbeitung orientieren. Denn vor dem Ausbau kann nicht exakt bestimmt werden, welches Bodenmaterial abtransportiert werden muss, und welches Material sich für den erneuten Verbau eignet. Ein erneuter Verbau kann eine vorhergehende Aufbereitung des Materials erfordern. Der bestmögliche Einsatzort der Maschinen ändert situativ abhängig vom ausgebauten Material und von der Auslastung der Baustelle an anderen Orten. Damit ändern sich die bestmöglichen Zuordnungen im WSS des Erdbaus zur Aufrechterhaltung eines maximalen Leistungsflusses permanent mit der Qualität des vorgefundenen Bodenmaterials und den auftretenden Störungen. Unter dieser Prämisse muss ein unterstützendes Informationssystem nach Hasenclever et. al (2011, S. 227) dafür sorgen, dass „Personal



Verfügungsrechtliche Steuerung wertschöpfender  
Prozesse

Ein gestaltender Ansatz der Verteilten Künstlichen  
Intelligenz am Beispiel des Verkehrsinfrastrukturbaus  
Jacob, A.

2013, XVII, 286 S. 50 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-04347-6