



Ursachen und Zusammensetzung von Bauabfällen

Bauteilbezogene Abfallkennwerte, Ökobilanzierung und Handlungsansätze für eine ressourceneffiziente Baulogistik

Prof. Dr.-Ing. Patrick Schwerdtner
Jan Niklas Lünig
Gerrit Placzek

Feldstudien zur Identifikation von Abfallursachen

Ressourceneffizienz durch alternative Verpackungskonzepte

Sensibilisierung für die Potenziale der Entsorgungslogistik

Kurzfassung

Die Bauwirtschaft zählt zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftssektoren und ist mit vielfältigen Stoffströmen und erheblichen Abfallaufkommen verbunden. Angesichts des hohen Primärrohstoffbedarfs, steigender Rohstoffkosten und der Notwendigkeit, den ökologischen Fußabdruck der Bauwirtschaft zu verringern, gewinnen ressourceneffizientes Bauen und die Vermeidung von Bauabfällen unter dem Leitbild „Zero Waste“ zunehmend an Bedeutung. Bauabfälle werden häufig als unvermeidbare Begleiterscheinung angesehen. Jedes zur Baustelle transportierte Material, das den tatsächlich notwendigen Bedarf für die Produktion übersteigt, verursacht jedoch zusätzliche Abfälle und Emissionen. Das Projekt folgt dem Leitgedanken der Suffizienz, nur die tatsächlich für die Wertschöpfung erforderlichen Baumaterialien in der notwendigen Menge und mit dem effizientesten Transport- sowie Verpackungskonzept zu transportieren. Entstandene Abfälle sollen sortenrein erfasst und im Sinne der Kreislaufwirtschaft einer hochwertigen Verwertung zugeführt werden.

Eine Voraussetzung für die Entwicklung von Entsorgungs- und Recyclingkonzepten, die logistische Steuerung sowie eine Beurteilung etwaiger Umweltauswirkungen bildet die genaue Kenntnis über Ursachen, Zusammensetzung und Mengen von Bauabfällen. In bisherigen Forschungsarbeiten wurde dies noch nicht umfassend analysiert. In den Studien zeigte sich, dass die Abfallmengen und -zusammensetzungen projektspezifisch stark schwanken und meist nur das projektbezogene Gesamtabfallaufkommen betrachtet wird. Eine differenzierte Betrachtung einzelner Bauteile, Gewerke und Abfallfraktionen fehlt weitgehend. Für den europäischen Raum liegen zudem nur vereinzelte empirische Studien vor. Die Übertragbarkeit internationaler Ergebnisse ist aufgrund regionaler Unterschiede in Vorschriften und Konstruktionsweisen allerdings stark eingeschränkt. Das Forschungsprojekt „Zero Waste Baulogistik“ setzte an dieser Forschungslücke an und adressierte unter anderem folgende Fragen:

- Zu welchem Zeitpunkt und aus welchen Ursachen entstehen Bauabfälle im Hochbau?
- Welche Abfälle aus Restmengen, Verschnitt, Verpackungen und Ladungsträgern fallen in welcher Menge an?

- Welches Potenzial bietet die Baulogistik zur Reduzierung von Bauabfallmengen?
- Wie wirken sich die Abfallmengen auf die Umweltbilanz eines Baustoffs, eines Bauteils und/oder eines Gewerks aus?

Die Erhebung der bauteilbezogenen Abfallmengen erfolgte im Rahmen von Feldstudien auf Baustellen der Praxispartner Lindner SE und Zeppelin Rental GmbH. Hierzu wurde zunächst eine Methodik zur Quantifizierung einzelner Abfallursachen entwickelt, die auf Baustellen unterschiedlicher Größen und Gewerke übertragbar ist und neben Abfallursachen auch logistische Ineffizienzen im Bauprozess offenbart. Die Methodik kombiniert Baustellenbegehungen, Abfallverwiegung sowie die Auswertung von Lieferscheinen, Abrechnungsmengen und Entsorgungsnachweisen. Die ermittelten bauteilbezogenen Abfallkennwerte bilden die Grundlage für die Abschätzung der Umweltwirkungen aus Bauabfällen, die mittels einer Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 durchgeführt wird.

Die Anwendung der Methodik auf zehn Bauvorhaben zeigte, dass neben einem unzureichenden Problembewusstsein insbesondere wirksame Anreizmechanismen zur Abfallvermeidung fehlen. Dabei können alle Projektbeteiligten durch ihr Handeln maßgeblich zur Reduzierung von Bauabfällen beitragen. Auf Grundlage der empirischen Untersuchungen wurden spezifische Abfallkennwerte für verschiedene Bauprodukte abgeleitet, deren ökologische Auswirkungen quantifiziert und das Einsparpotenzial abfallvermeidender Maßnahmen wie Mehrwegladungsträger oder erhöhte Recyclingquoten bewertet. Die Ergebnisse belegen, dass Bauabfälle zu einem erheblichen Anteil auf vermeidbare Ursachen wie Überbestellungen, Lagerschäden sowie Mangelfolgeschäden zurückzuführen sind. Durch geeignete Maßnahmen entlang der Planungs-, Logistik- und Ausführungsprozesse lassen sich sowohl ökologische als auch ökonomische Verbesserungspotenziale erschließen.

Zur Identifizierung und Quantifizierung der Abfallursachen wurden im Zeitraum von Januar 2025 bis August 2025 Feldstudien durchgeführt. Hierfür wurde eine Erfassungsmethodik entwickelt, welche auf zehn Baustellen verschiedener Nutzungsarten, darunter Hotel-, Schul- sowie Bürogebäude, angewendet wurde.

Entstehungszeitpunkte und Ursachen

Die Entstehung von Bauabfällen ist nach Kern et al. 2015 nicht auf einzelne Ereignisse zurückzuführen, sondern ergibt sich aus dem Zusammenwirken mehrerer Faktoren. Aufgrund individueller Projektcharakteristika (Gebäudeart, Projektabwicklungsmodell etc.) und Produktionsbedingungen (verfügbare Lager- und Entsorgungsflächen, Bauverfahren etc.) variiert der quantitative Einfluss der Abfallursachen projektweise. Der physische Anfall von Bauabfällen kann in vier Phasen adressiert werden: Planung, Beschaffungs- und Produktionslogistik, Ausführung sowie Entsorgungslogistik nach Fertigstellung. In den durchgeführten Feldstudien wurden die Ursachen aus der Literatur mittels Vor-Ort-Beobachtungen und Vor-Ort-Gesprächen validiert. Eine Übersicht der in der Literatur identifizierten und im Rahmen der Feldstudien validierten Abfallursachen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht der identifizierten Abfallursachen

Zeitpunkt	Ursachen von Bauabfällen
Planung	Fehlerhafte Planung
	Fehlerhafte Mengenermittlung
	Planungsänderungen
Beschaffungs- & Produktionslogistik	Produktfehler/Qualitätsmängel
	Transportschäden/-verluste
	Restbestände zur Entsorgung
	Verpackungsmaterial
	Fehlerhafte Lagerung
Ausführung	Verschnitt
	Mangelhafte Ausführung (inkl. Sekundärfolgen)
	Gerätestörung/ungeeignete Ausrüstung
Nach Fertigstellung	Beschädigung durch andere Gewerke
	Temporärer Bauteilschutz
	Verlust/Diebstahl
	Witterungsschäden

Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Obwohl Bauabfälle überwiegend während der Ausführungsphase anfallen, lassen sich die Ursachen häufig auf die Planungsphase zurückführen (Tabelle 1). Die Untersuchungen von Formoso et al. 2002 und Mália et al. 2013 verdeutlichen, dass insbesondere planerische Entscheidungen maßgeblich die Menge und Zusammensetzung von Bauabfällen beeinflussen und deren Reduktion ermöglichen. Beispielsweise sind Verschnittabfälle im Trockenbau oftmals unvermeidlich, da Öffnungen, Versprünge und Sondermaße bereits als Ergebnis der Planung Bauabfälle verursachen. Auf der Baustelle kann lediglich sichergestellt werden, dass keine unnötigen Abfälle entstehen und die zu entsorgenden Abfälle sortenrein getrennt werden.

Abfallkennwerte für ausgewählte Bauteile

Zeitgleich mit den Baustellenbegehungen und Gesprächen wurden die Abfallmengen ausgewählter Bauteile durch Vor-Ort-Verwiegungen erfasst. Dabei wurde die prozessbezogene Betrachtungsebene gewählt, um die Abfallmengen einzelnen Arbeitsschritten zuzuordnen. Eine wesentliche Herausforderung stellte dabei die Zuordnung der Abfälle zu den gewählten Bauteilen dar, da viele Abfallursachen aus Tabelle 1 während des gesamten Prozesses von der Anlieferung bis zum Einbau des Materials auftreten können. Aufgrund punktueller Beobachtungen sind einige Abfallursachen daher oftmals nicht direkt zuordenbar. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurden zunächst Verschnitt- und Verpackungsabfälle betrachtet. Diese können direkt am Entstehungsort separiert und anschließend verwogen werden. Im Rahmen der Datenaufnahme wurden die Verschnittmengen von über 200 Bauteilen erfasst sowie die Verpackungsmengen unter Berücksichtigung der Kommissionierung je Ladungsträger erhoben. Der Fokus lag dabei auf Trockenbauwänden, Hohlraumböden sowie Heiz- und Kühldecken.

In Abbildung 1 ist eine Übersicht der gemessenen Verschnitt- und Verpackungsabfälle dargestellt. Heiz- und Kühldecken weisen mit insgesamt 785 kg je 100 m² Ausführungsmenge die höchsten Gesamtabfallmengen auf. Primär wurden diese durch Verpackungsmaterialien (760 kg je 100 m²) verursacht. Der überwiegende Anteil

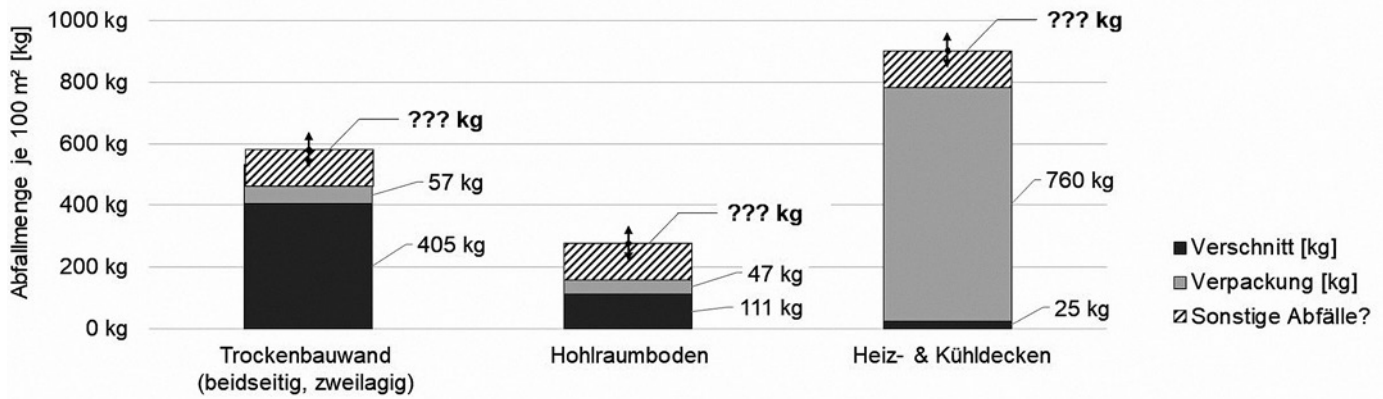


Abb. 1: Bauteilbezogene Abfallkennwerte für Verschnitt und Verpackungsmaterialien;
Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

entfällt auf Transportboxen, die zwar für eine Mehrfachverwendung ausgelegt sind, aufgrund unwirtschaftlicher Rückführung jedoch meist entsorgt wurden. Verschnittabfälle fallen mit lediglich 25 kg nur in geringen Mengen bei der Herstellung der Unterkonstruktion an. Trockenbauwände zeigen mit 462 kg Gesamtabfall ein umgekehrtes Verhältnis: geringe Verpackungsmengen (57 kg je 100 m²) zu hohen Verschnittabfällen (Median 405 kg je 100 m²). Während die Verpackungsabfälle je System baustellenübergreifend vergleichbare Messwerte aufwiesen, zeigte sich bei Verschnittabfällen ein anderes Bild. Als wesentliche Einflussfaktoren wurden die Größe der Wand, die Dichte des Materials, die Anzahl an Öffnungen sowie die Qualifikation der Ausführenden identifiziert. Der Median der Verschnittmengen liegt bei 9,5 % Mehrmaterial an Gipskartonplatten. Aufgrund der erheblichen Streuungen können die tatsächlichen Abfallmengen projektspezifisch deutlich abweichen. Hohlraumböden weisen mit insgesamt 158 kg je 100 m² die geringsten Abfallmengen auf, wobei 111 kg je 100 m² (entspricht 6,3 % Verschnittanteil) auf Verschnitt und 47 kg/ 100 m² auf Verpackung entfallen.

Neben Abfällen im Arbeitsbereich aus Verschnitt und Verpackungsmaterial resultieren gemäß der in Tabel-

le 1 aufgelisteten Abfallursachen auch prozessbedingte Abfälle aus Bestell-, Transport-, Lager- und Mangelbeseitigungsvorgängen. Zur Abschätzung der sonstigen Abfallursachen wurde eine Methodik entwickelt, welche die Abfallmengen aus den Wiegescheinen mit den zuvor gebildeten Abfallkennzahlen und den Ausführungsmengen gemäß Leistungsverzeichnis (LV) gegenüberstellt. Bei drei untersuchten Schulbauvorhaben fielen 36,8 t, 49,6 t sowie 23,9 t Gipsabfälle an. Auf Basis der Ausführungsmengen aus den LVs wurden die durch Verschnitt zu erwartenden Abfallmengen überschlägig ermittelt, indem die Ausführungsmenge mit dem bauteilspezifischen Verschnittkennwert unter Berücksichtigung der Materialdichte multipliziert wurde. Die Gegenüberstellung der prognostizierten Verschnittmengen mit den tatsächlich entsorgten Gipsabfallmengen gemäß Wiegescheinen zeigt, dass 47 % bis 89 % der Trockenbauabfälle auf Verschnitt zurückzuführen sind, während 11 % bis 53 % der Gipsabfälle aus vermeidbaren prozessbedingten Ursachen stammten (Abbildung 2). Besonders ins Gewicht fielen dabei Sekundärfolgen mangelhafter Bauleistungen, etwa Wasserschäden, die wiederholt große Abfallmengen verursachten.

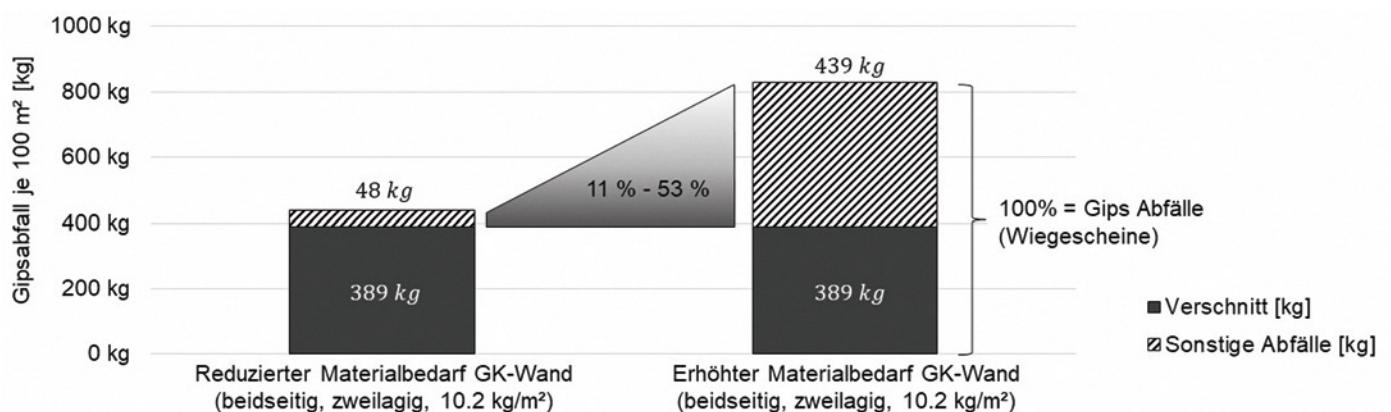


Abb. 2: Abfallmengen aus sonstigen Abfallursachen (Transport-, Lagerschäden, Mangelbeseitigung etc.) am Beispiel des Trockenbaus;
Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Zusammensetzung von Bauabfällen

Für die Planung von Recycling- und Verwertungsstrategien werden neben den Abfallmengen auch Angaben zur Zusammensetzung der Bauabfälle nach Abfallfraktionen benötigt (Tischer/Besiou/Graubner 2013). Der Anteil einer Abfallfraktion ergibt sich aus dem Verhältnis der jeweiligen Abfallmenge zur gesamten Abfallmenge (Bakchan/Faust 2019). Am Beispiel von drei Schulbaustellen wurden die Entsorgungsnachweise in Form von Wiegescheinen aus dem gesamten Ausbauprozess ausgewertet. Abbildung 3 stellt die prozentuale Abfallverteilung nach Ausbaugewerken dar. Bei den drei Schulgebäuden fielen im Ausbauprozess zwischen 100 t und 209 t Abfall an. Bezogen auf die Bruttogeschossfläche (BGF) variierten die Abfallmengen zwischen 17,0 kg/m² BGF und 21,6 kg/m² BGF. Die prozentuale Verteilung zeigt eine verhältnismäßig homogene Abfallzusammensetzung. Holzabfälle dominieren mit 29% bis 33% den Gesamtabfall, gefolgt von Gipsabfällen mit 18% bis 25% und gemischten Bauabfällen mit bis zu 25%.

Die Abfallmengen bezogen auf kg/m² BGF liegen im Vergleich zu den internationalen Übersichtsarbeiten von Mália et al. 2013 und Hoang et al. 2020 im unteren Bereich. Aufgrund unterschiedlicher Stichprobengrößen, lokaler Vorschriften zur Trennung und Entsorgung sowie weiterer regionaler Einflussfaktoren sind einzelne Kennwerte nur eingeschränkt vergleichbar. Es zeigt sich jedoch, dass bei den untersuchten Ausbauprojekten deutlich höhere Anteile an Gips, Holz, Papier und Kunststoff anfielen. Dies erklärt sich dadurch, dass internationale Studien überwiegend Gesamtbauvorhaben einschließlich Rohbau betrachten, in denen Beton und Bauschutt die Abfallzusammensetzung dominieren.

Umweltwirkungen aus Bauabfällen

Zur Abschätzung der ökologischen Bedeutung von Bauabfällen wurde eine vereinfachte Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040:2021 durchgeführt, die sich auf abfallbedingte Umweltwirkungen der Ausführungsphase beschränkt. In die Berechnung flossen die Herstellung und der Transport überschüssiger Materialien sowie deren Entsorgung ein. Als Datengrundlage dienten herstellerseitige Umweltproduktdeklarationen (EPDs), welche validierte Kennwerte für definierte Mengeneinheiten enthalten. Der Vergleich verschiedener EPDs gleicher Produktkategorie offenbarte dabei erhebliche Unterschiede in den Annahmen zu Transportdistanzen, Verpackungsmengen und Entsorgungsszenarien. Die in den EPDs ausgewiesenen Verpackungs- und Verschnittmengen lagen für die ausgewählten Produkte deutlich unter den auf den Baustellen tatsächlich gemessenen Mengen.

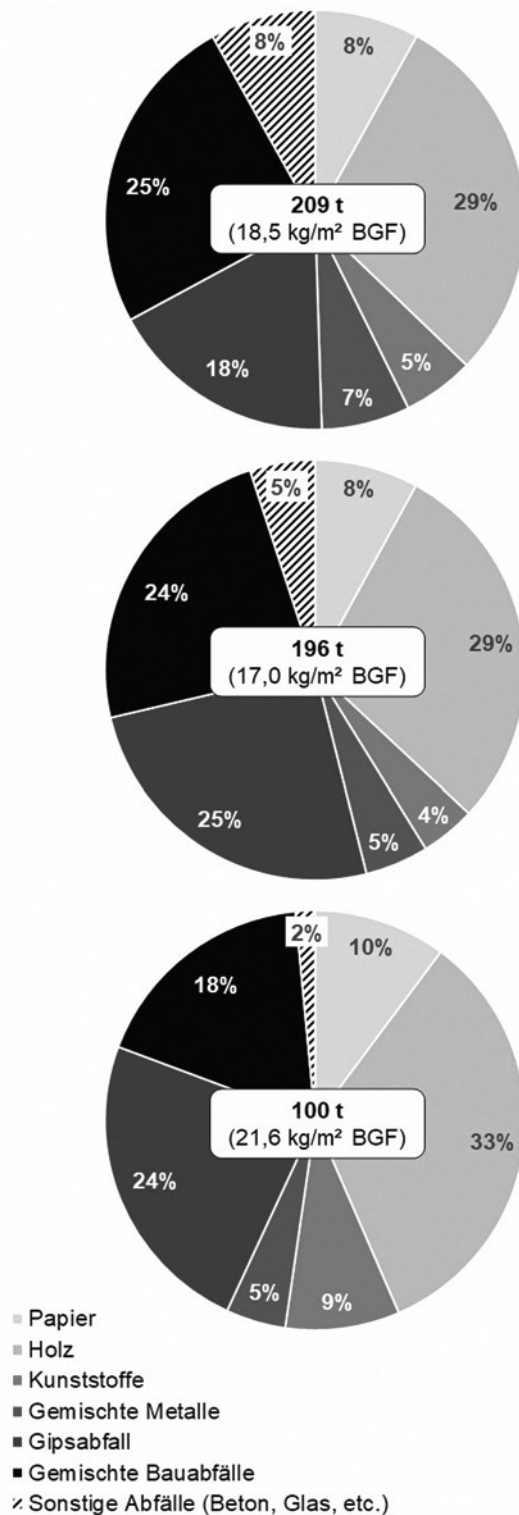


Abb. 3: Gesamtabfallmengen und prozentuale Verteilung am Beispiel von drei Schulneubauten; Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Die Ergebnisse der ökobilanziellen Bewertung für den Umweltindikator Treibhauspotenzial (GWP, englisch: Global Warming Potential) sind in Abbildung 4 am Beispiel von 100 m² Trockenbauwand dargestellt. Betrachtet wurde dabei eine beidseitig zweilagig beplankte Trockenbauwand einschließlich Dämmung. Von der Materialherstellung bis zum Abschluss des Einbaus entstehen dabei insgesamt 3.108 kg CO₂-Äq. Der größte Anteil entfällt

mit 2.470 kg CO₂-Äq. (79,5 %) auf die Herstellungsphase (Modul A1–A3), überwiegend durch Dämmung (39 %) und Metallprofile (27 %). Gipskartonplatten verursachen trotz ihres hohen Gewichtsanteils lediglich 13 % der Herstellungsemissionen. Der Transport zur Baustelle (Modul A4) verursacht 4,7 % der Gesamtemissionen. Der Bau- und Einbauprozess (Modul A5) trägt rund 15,8 % zu den Gesamtemissionen bei. Dieser Anteil ist durch Maßnahmen auf der Baustelle direkt beeinflussbar. Innerhalb des Moduls A5 entfallen 9,6 % der Umweltwirkungen auf Verschnittverluste und 3,6 % auf Verpackungsmaterialien. Verschnitt und Verpackung verursachen damit zusammen 410 kg CO₂-Äq. beziehungsweise 13,2 % der Gesamtemissionen der Trockenbauwand.

Ein vergleichbares Bild zeigt sich bei den weiteren untersuchten Bauteilen. Die Heiz- und Kühldecke verursacht mit 7.234 kg CO₂-Äq. die höchsten Gesamtemissionen, gefolgt von der Trockenbauwand (3.108 kg CO₂-Äq.) und dem Doppelbodensystem (1.723 kg CO₂-Äq.). Der Anteil des Bau- und Einbauprozesses an den Gesamtemissionen ist bei allen drei Systemen vergleichbar und schwankt zwischen 15,8 % und 17,4 %. Die Zusammensetzung innerhalb dieses Moduls unterscheidet sich jedoch deutlich: Während bei der Trockenbauwand und beim Doppelboden Materialverluste durch Verschnitt überwiegen, dominiert bei der Heiz- und Kühldecke das Ver-

packungsmaterial mit 1.225 kg CO₂-Äq. und einem Anteil von 16,9 % an den Gesamtemissionen.

Die Ergebnisse belegen, dass die Bauphase mit etwa 17 % einen relevanten Beitrag zu den Gesamtemissionen leistet. Die Ökobilanzierung eignet sich als Instrument zur Identifikation und Priorisierung von Optimierungspotenzialen. Insbesondere die Reduzierung von Verschnittmengen sowie des abfallbedingten Materialmehrbedarfs bietet erhebliches Potenzial zur Verbesserung der Gesamtumweltbilanz.

Umweltproduktdeklaration

Eine Umweltproduktdeklaration (EPD, englisch: Environmental Product Declaration) stellt nach DIN EN 15804 verifizierte und quantifizierte Umweltinformationen zu einem Bauprodukt auf harmonisierter, wissenschaftlicher Grundlage bereit. EPDs ermöglichen den Vergleich von Bauprodukten hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus und bilden die Datengrundlage für die Ökobilanzierung von Gebäuden.

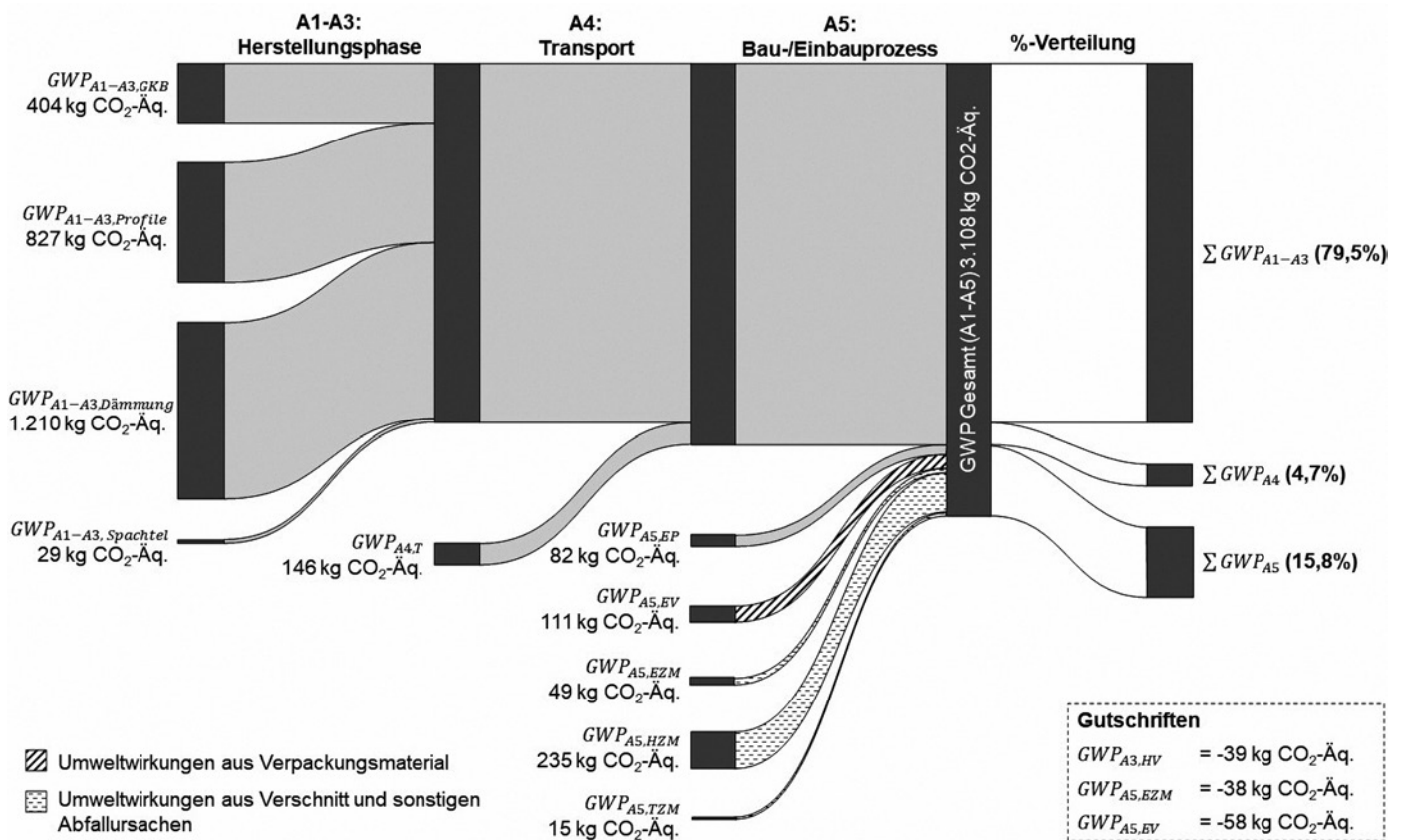


Abb. 4: Treibhauspotenzial (GWP) von 100 m² Trockenbauwand bis zum Einbau;
Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Potenziale der Baulogistik

Die Ergebnisse der Feldstudien verdeutlichen, dass alle Projektbeteiligten – von Bauherren und Planenden über Produkthersteller bis hin zu ausführenden Unternehmen – einen Einfluss auf das Bauabfallaufkommen besitzen. Eine zentrale Herausforderung für die gezielte Abfallvermeidung besteht in der zeitlichen und organisatorischen Entkopplung von Abfallursache und Abfallentstehung. Während in der Ausführungsphase Bauabfälle aus Transportschäden, Wasserschäden und fehlerhaften Zuschnitten unmittelbar sichtbar sind und die damit verbundenen Mehraufwendungen durch Transport- und Sortiervorgänge spürbar sind, fehlt dieses Bewusstsein in vorgelagerten Planungsphasen weitgehend. Dabei beeinflussen Planende durch die Wahl des Bauverfahrens, der Materialien und der Gebäudeabmessungen die Abfallentstehung maßgeblich. Ebenso besitzen die Produkthersteller durch Produktabmessungen und die Gestaltung von Verpackungssystemen Einfluss auf das spätere Abfallaufkommen.

Baulogistik

Die Baulogistik ist für die Bereitstellung des richtigen Objekts, in der richtigen Menge, und Qualität, zum richtigen Zeitpunkt und am richtigen Ort verantwortlich.

Ein erheblicher Teil der Bauabfälle entsteht entlang von Transport-, Umschlag- und Lagerungsprozessen auf der Baustelle (Abbildung 5). Durch eine koordinierte und gewerkeübergreifend abgestimmte Baulogistik lassen sich Mehrfachhandhabungen und Materialschäden verhindern und damit die Abfallentstehung unmittelbar reduzieren. Vor diesem Hintergrund lag der Fokus der untersuchten Optimierungsmaßnahmen auf der Ausführungsphase aus Perspektive ausführender Unternehmen. Dabei wurden insbesondere die Abfallvermeidungspotenziale im Rahmen der Baulogistik betrachtet, indem die Einsparungspotenziale für drei Szenarien quantifiziert und deren ökologische Wirkung bewertet wurden. Betrachtet wurden die Einführung von Mehrwegladungsträgern (Szenario 1), die (optimierte und) sortenreine Trennung von Bauabfällen (Szenario 2) sowie die Reduzierung des abfallbedingten Materialmehrabbedarfs (Szenario 3).

Die Einführung von Mehrwegladungsträgern bietet erhebliches Potenzial zur Reduzierung von Abfällen und Prozessverschwendungen. Ungeeignete Ladungsträger führen zu nicht wertschöpfenden Tätigkeiten wie manuellen Umschlag- und Sortiervorgängen und verursachen neben Verpackungsabfällen auch Materialverluste durch Transport- und Lagerschäden. Eine Anpassung von Mehrwegladungsträgern, bei der baulogistische Anforderungen wie Stapelbarkeit und Unterfahrbarkeit auf Baustellen berücksichtigt werden, kann bereits einen Beitrag zur Abfallvermeidung leisten und darüber hinaus auch Personalkosten einsparen.

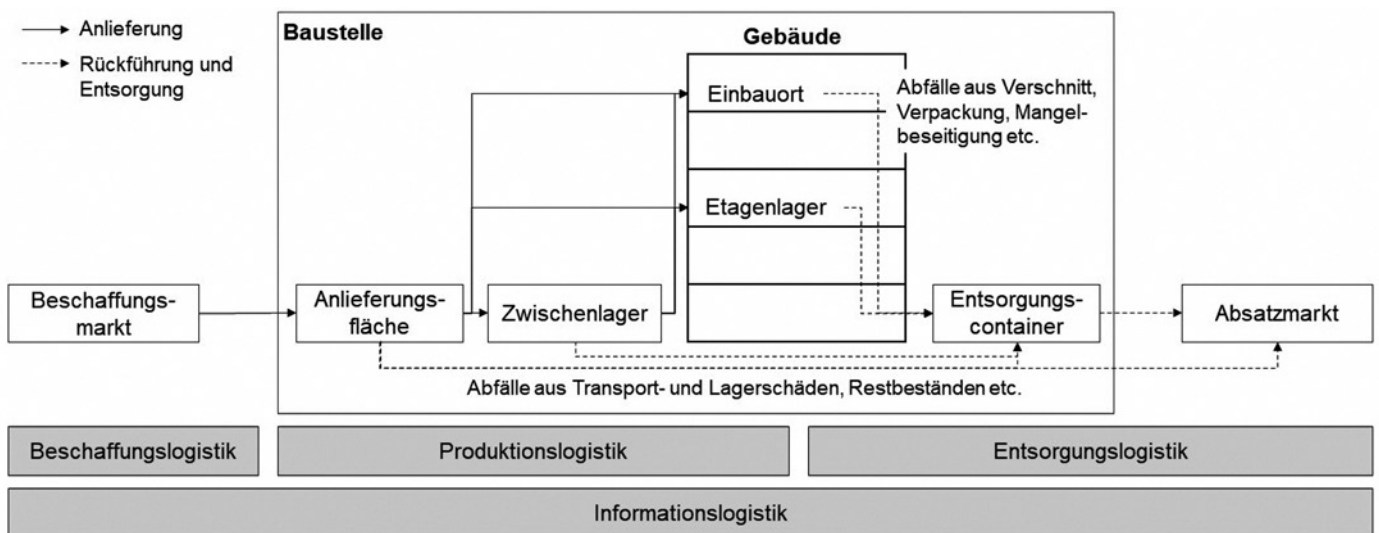


Abb. 5: Aufgabenbereiche der Baulogistik; Quelle: In Anlehnung an Boenert/Blömeke 2006

Nutzen für die Praxis

Das Forschungsprojekt „Zero Waste Baulogistik“ leistet einen wesentlichen Beitrag zu einem verbesserten Verständnis der Ursachen und der Zusammensetzung von Bauabfällen. Die Identifikation von Abfallquellen und -mengen bildet eine grundlegende Wissensbasis für baupraktische Vermeidungsstrategien. Wirksame Gegenmaßnahmen lassen sich nur auf Basis bekannter Ursachen entwickeln und umsetzen. Die ermittelten Abfallkennwerte quantifizieren die tatsächlichen Materialverluste und die damit verbundenen Emissionen. Hierdurch wird eine Transparenz über das Ausmaß vermeidbarer Abfälle geschaffen und eine wirtschaftliche Bewertung von Vermeidungsstrategien ermöglicht. Die entwickelten Lösungsansätze können sowohl auf kleinen als auch auf großen Baustellen in unterschiedlichen Unternehmereinsatzformen angewendet werden. Dadurch können Verbesserungen in den drei Dimensionen der Nachhaltigkeit erreicht werden:

- Durch abfallarme Bauprozesse entstehen aufgeräumte und besser organisierte Baustellen, die das Risiko für Arbeitsunfälle reduzieren und den Arbeits- und Gesundheitsschutz der Beschäftigten verbessern (sozialer Nutzen).
- Die Reduzierung des Anfalls von Bauabfällen senkt den Primärressourcenbedarf bei Bauvorhaben und verbessert durch sortenreine Trennung die Voraussetzungen für die Kreislaufwirtschaft (Ressourceneffizienz).
- Die Vermeidung von Abfällen reduziert sowohl die Kosten für zu viel beschaffte Materialien als auch die Entsorgungskosten. Geringere Abfallmengen reduzieren zudem den Anteil an nicht wertschöpfenden Prozessen wie dem Transportieren von Materialien und Abfällen sowie dem Sortieren von Restmengen (Wirtschaftlichkeit).

Bauteilbezogene Abfallkennwerte

Im Forschungsprojekt wurde eine Methodik zur bauteilbezogenen Erfassung und Quantifizierung von Bauabfällen entwickelt, die in dieser Form bislang nicht vorlag. Einzelne Studien, etwa Lipsmeier 2004 oder Llatas 2011, erhoben Abfallkennwerte für ausgewählte Bauteile. Ein integrierter Ansatz, der Baustellenbegehungen, direkte

Verwiegung und die Auswertung von Projektunterlagen kombiniert, fehlte jedoch. Die entwickelte Methodik umfasst standardisierte Erhebungsbögen zur differenzierten Erfassung von Verpackungs- und Verschnittabfällen sowie eine darauf aufbauende Berechnungsmethodik zur Bestimmung bauteilspezifischer Kennwerte. Die Methodik erwies sich als auf Baustellen unterschiedlicher Größe und auf verschiedene Gewerke übertragbar und erlaubt neben der Quantifizierung von Abfallmengen auch die Identifikation logistischer Ineffizienzen im Bauprozess.

Auf Grundlage der empirischen Untersuchungen wurden bauteilbezogene Abfallkennwerte für ausgewählte Ausbaugewerke erhoben. Diese Kennwerte bieten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten:

- **Vergleich der Abfallintensität von Bauprodukten:** Bauteilbezogene Abfallkennwerte ermöglichen in der Planungsphase den direkten Vergleich von Bauprodukten hinsichtlich der zu erwartenden Abfallmengen.
- **Prognose von Abfallmengen und Entsorgungskosten:** Verschnittanteile und Entsorgungskosten können für künftige Projekte frühzeitiger und genauer abgeschätzt werden.
- **Materialmehrmengen in der Kalkulation:** Kalkulatorische Aufschläge für Verschnitt, Transportschäden und Mängelbeseitigungen können begründet und Bestellmengen bedarfsgerecht angepasst werden.
- **Dimensionierung von Containern:** In Verbindung mit dem Terminplan ermöglichen die Kennwerte eine fraktionsbezogene, zeitlich differenzierte Abschätzung des Containerbedarfs.

Darüber hinaus ermöglichen die Abfallkennwerte eine Bewertung von Ineffizienzen im Bauproduktionssystem. Gemäß Skoyles 1976 sowie Lünig/Vogel 2025 sind Bauabfälle als Ausdruck von Verschwendungen zu verstehen. Im Sinne der Lean-Philosophie erhöhen Lagerungs- und Transportschäden, Mängelbeseitigungen (inkl. Sekundärfolgen) sowie ungenutzte Materialbestände weder die Qualität noch den Wert des Bauprodukts. Durch eine Gegenüberstellung der aus Ausführungsmengen und Abfallkennwerten erwarteten Verschnittmengen mit den dokumentierten Gesamtabfallmengen aus Entsorgungsnachweisen lässt sich der Anteil prozessbedingter Abfäl-

le projektbezogen abschätzen und projektübergreifend vergleichen. Da die Methodik auf bereits vorliegenden Projektunterlagen basiert, ist eine projektübergreifende Anwendung ohne aufwendige Vor-Ort-Verwiegungen möglich.

Ansätze zur Abfallvermeidung

Abfallvermeidung beginnt nicht auf der Baustelle, sondern in der Planung. Obwohl Bauabfälle überwiegend während der Ausführungsphase anfallen, lassen sich die Ursachen häufig auf vorgelagerte Planungsentscheidungen zurückführen. Planende, Produkthersteller, Bauherren und ausführende Unternehmen tragen daher gemeinsam Verantwortung für eine abfallarme Bauproduktion. Eine grundlegende Voraussetzung für die Wirksamkeit aller Maßnahmen ist ein Kulturwandel hin zu einer gemeinsamen Abfallvermeidungskultur.

Bereits in der Planungsphase werden durch die Wahl der Bauprodukte und deren Abmessungen wesentliche Voraussetzungen für eine abfallarme Ausführung geschaffen. Architektonische Entscheidungen zur Kompaktheit des Entwurfs, zur Einhaltung von Standardmaßen sowie zur Vermeidung nachträglicher Planungsänderungen beeinflussen die Abfallmengen maßgeblich (Mália et al. 2013; Kern et al. 2015). Folgende Aspekte sollten bereits in der Planungsphase Berücksichtigung finden.

- **Standardisierte Abmaße:** Profile können auf Maß bestellt werden; standardisierte Abmessungen verringern planungsbedingte Verschnittmengen unmittelbar.
- **Verwendung vorgefertigter oder modularer Bauteile:** Die Verlagerung von Zuschnitten in die Vorfertigung reduziert Verschnitt auf der Baustelle, wobei Abfälle in der Produktion sowie ein erhöhter Verpackungsaufwand bei der Bewertung zu berücksichtigen sind.

Hersteller von Bauprodukten sind gemäß §23 Abs. 1 Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) verpflichtet, Erzeugnisse so zu gestalten, dass bei deren Herstellung und Gebrauch möglichst wenig Abfall entsteht und eine hochwertige Verwertung ermöglicht wird. Die Feldstudien zeigten, dass ein erheblicher Anteil der Holzabfälle auf den Einsatz von Einwegpaletten zurückzuführen ist. Da Einwegpaletten, wie in Abbildung 6 dargestellt, schadensanfällig und in der Regel nicht unterfahrbar sind, resultieren daraus wiederholte manuelle Umschlagvorgänge und Materialschäden. Produkthersteller können durch folgende Maßnahmen zur Abfallreduktion beitragen:



Abb. 6: Beschädigte und nicht unterfahrbare Einwegpalette;
Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

- **Einführung von Mehrwegverpackungssystemen:** Branchenweit standardisierte Paletten mit vierseitiger Unterfahrbarkeit reduzieren Verpackungsabfälle und erleichtern den innerbetrieblichen Materialtransport. Dezentrale Rückgabemöglichkeiten senken die logistischen Hürden der Palettenrückführung.
- **Recyclingfähige Produktgestaltung:** Lösbare Verbindungen ermöglichen die sortenreine Trennung von Materialfraktionen und erleichtern die Wiederverwendung oder Verwertung von Bauteilen.

In der Ausführungsphase bieten insbesondere die Qualitätssicherung und eine koordinierte Baulogistik Potenzial zur Abfallvermeidung. Die Feldstudien zeigten, dass Baumängel wie fehlerhafte Anschlüsse und Undichtigkeiten zu Wasserschäden führten, die den Rückbau und die Entsorgung bereits eingebauter Leistungen nach sich zogen. Je früher ein Mangel erkannt wird, desto geringer sind die Sekundärfolgen und die damit verbundenen Abfallmengen (Lünig et al. 2025). Folgende Maßnahmen reduzieren prozessbedingte Abfälle:

- **Koordinierte Baulogistik:** Eine gewerkeübergreifend abgestimmte Materialversorgung und -rückführung vermeidet Mehrfachhandhabungen, reduziert Transportschäden und verringert den Bedarf an Umverpackungen.
- **Frühzeitige Identifizierung von Baumängeln:** Regelmäßige Qualitätskontrollen ermöglichen die frühzeitige Erkennung von Ausführungsmängeln und verhindern abfallintensive Sekundärfolgen.
- **Wiederverwendung von Restmaterialien:** Nicht benötigte Bauprodukte und Einzelteile sollten sortenrein gesammelt und für andere Einbauorte oder Baustellen bereitgestellt werden.

Bei der Einführung von Abfallvermeidungsmaßnahmen ist zu berücksichtigen, dass Maßnahmen in Wechselwirkung zueinander stehen und zu Verlagerungseffekten führen können. So reduziert der temporäre Schutz fertiggestellter Leistungen mittels OSB-Platten oder Folie nachträgliche Beschädigungen, verursacht jedoch selbst Bauabfälle. Derartige Zielkonflikte sind projektspezifisch zu bewerten, um Verschiebungen von Aufwendungen statt tatsächlicher Einsparungen zu vermeiden.

Maßnahmen zur Erhöhung der Sortierquoten

Entstandene Abfälle sind gemäß der Abfallhierarchie des KrWG vorrangig einer Wiederverwendung oder dem Recycling zuzuführen. Grundvoraussetzung hierfür ist die sortenreine Trennung der Abfälle nach Fraktionen auf der Baustelle (Abbildung 7). Anhand stark variierender Mischabfallquoten zeigte sich in den Feldstudien, dass die Sortierquote maßgeblich von organisatorischen und logistischen Rahmenbedingungen abhängt und durch gezielte Eingriffe deutlich gesteigert werden kann. Eine frühzeitige Berücksichtigung der Entsorgungslogistik bereits in der Planungsphase schafft dabei die Voraussetzung für eine effektive sortenreine Trennung.

Folgende Maßnahmen wurden abgeleitet:

- **Verwendung von Deckelmulden:** Offene Container führen zur Durchfeuchtung der Abfälle und erhöhen den energetischen Aufwand beim Materialrecycling. Abschließbare Mulden verhindern zudem die Entsorgung privater Abfälle.
- **Witterungsfeste Beschilderung:** Eindeutige und mehrsprachige Beschriftung der Container gewährleistet eine klare Zuordnung der Abfallfraktionen.
- **Strategische Positionierung der Container:** Kurze Transportwege zu sortenreinen Containern fördern die Trennung. Mischcontainer sollten nicht direkt am Gebäude platziert werden.
- **Mitarbeiterschulungen:** Vermischung von Bauabfällen resultiert häufig aus fehlender Kenntnis über korrekte Entsorgung. Schulungen zur Abfalltrennung erhöhen die Sortierquoten.
- **Beseitigung von Abfällen:** Bereits kleine Abfallmengen „wachsen“ schnell, da weitere Gewerke Abfälle hinzuwerfen. Eine schnelle Beseitigung verhindert ungewollte Sammelpunkte.
- **Wahl der Abfallsäcke:** Undurchsichtige Säcke verhindern die Kontrolle des Inhalts und enthalten häufig gemischte Abfälle, was eine nachträgliche Sortierung erschwert.



Abb. 7: Mischcontainer als Problemstellung; Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Methodik und Projektverlauf

Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde im Projekt „Zero Waste Baulogistik“ ein mehrstufiger Ansatz verfolgt, der qualitative und quantitative Methoden kombiniert. Zunächst erfolgte eine Literaturrecherche zur Aufarbeitung des Forschungsstands. Darauf aufbauend wurde gemeinsam mit den Praxispartnern eine Methodik für Feldstudien entwickelt, die quantitative Erhebungen (Verwiegungen, Entsorgungsnachweise) und qualitative Elemente (Vor-Ort-Gespräche, Beobachtungen) umfasst. Die Daten wurden mittels Ökobilanzierung analysiert, um Umweltwirkungen und Einsparpotenziale zu quantifizieren. Abschließend wurden die Lösungsansätze in Expertenworkshops hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit bewertet.

Feldstudien

Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Vorgehensweisen zur Quantifizierung von Abfallmengen, -zusammensetzung und Ursachen in Abstimmung mit den Praxispartnern sowie unter Berücksichtigung bisheriger Forschungsarbeiten wurde ein Mixed-Method-Ansatz entwickelt. Durch die Kombination mehrerer Methoden sollen die Limitationen der Einzelansätze ausgeglichen werden. Zum Einsatz gelangen Baustellenbegehungen zur qualitativen Erfassung von Abfallursachen und zur

Identifizierung logistischer Herausforderungen, Vor-Ort-Verwiegungen zur Quantifizierung des Anteils aus Verschnitt und Verpackung sowie die Auswertung von Projektunterlagen mit Fokus auf Entsorgungsnachweise zur Ermittlung weiterer Abfallursachen (Abbildung 8).

Bauteilbezogene Ökobilanzierung

Zur Beurteilung der potenziellen Umweltwirkungen aus Bauabfällen wurde die Methodik der Ökobilanzierung (LCA, englisch: Life Cycle Assessment) herangezogen. Gemäß DIN EN ISO 14040:2021 werden bei der Ökobilanzierung die Umweltaspekte und -wirkungen eines Produktes entlang des gesamten Lebenswegs „von der Rohstoffgewinnung und -erzeugung über die Energieerzeugung und Materialherstellung bis zur Anwendung, Abfallbehandlung und endgültigen Beseitigung“ betrachtet. Der Fokus der Untersuchung lag auf dem Bau- und Einbauprozess (Modul A5), das die Umweltwirkungen der Errichtungsphase einschließlich der Abfallbehandlung bis zum Ende des Abfallstatus erfasst. Anhand der erhobenen Abfallkennwerte sowie der Angaben in den Hersteller-EPDs wurden die Umweltwirkungen aus Verpackungs- und Verschnittabfällen für ausgewählte Bauteile abgeschätzt. Betrachtet wurden die Indikatoren GWP, PENRE, POCP, AP, EP-terrestrial und PERT.

Projektverlauf

Zur Erreichung der Zielsetzung wurde das Forschungsprojekt in fünf Arbeitsschritte unterteilt. Der erste Arbeitsschritt umfasste die Zusammenstellung normativer und regulativer Nachhaltigkeitsanforderungen an Ausbauprozesse im Allgemeinen sowie die Baulogistik im Speziellen. Darauf aufbauend verdeutlichte ein Review des aktuellen Forschungsstands die maßgeblichen Optimierungspotenziale und bildete die Grundlage für die Auswahl der betrachteten Bauprozesse.

Im zweiten Arbeitsschritt fand gemeinsam mit den Praxispartnern die Vorbereitung der Datenerhebung statt. Dabei wurden die zu erhebenden Daten definiert, die zu analysierenden Ausbauprozesse identifiziert und Baustellen für die Feldstudien ausgewählt. Im Zuge mehrerer Feldstudien wurden die Daten aufgenommen und anschließend ausgewertet. Die IST-Materialströme wurden



Abb. 8: Verwiegung von Verschnittabfällen am Einbaort;
Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

unter anderem durch Sankey-Diagramme dargestellt und Optimierungspotenziale identifiziert.

Im dritten Arbeitsschritt wurde eine Methodik entwickelt, um auf Grundlage der gemessenen Abfallkennwerte den Anteil der Emissionen und Ressourcenverluste aus Baumaterialien darzustellen. Die Methodik ermöglicht einen ökologisch-ökonomischen Vergleich der späteren Lösungsansätze mit der aufgenommenen IST-Situation. Dem ging die Entwicklung einer Berechnungsmethodik für den Vergleich voraus, die auch eine Übertragbarkeit auf weitere Projekte zulässt. Die erarbeiteten Alternativen werden im Anschluss gemeinsam mit den Projektpartnern beurteilt, um Handlungsempfehlungen zu erarbeiten.

Im vierten Arbeitsschritt wurden Lösungsansätze zur Verbesserung der Suffizienz baupraktischer Materialströme entwickelt. Dazu wurden zunächst Recherchen zu alternativen Konzepten der Materialdisposition, der Verpackung und des Transports sowie der Verarbeitungs- und Montagekonzepte durchgeführt. Anschließend wurden quantifizierbare Optimierungspotenziale für die betrachteten Bauprozesse ausgearbeitet und gemeinsam mit den Praxispartnern in Workshops beurteilt.

Im fünften Arbeitsschritt wurden die entwickelten Lösungsansätze mithilfe der in Schritt drei erarbeiteten Methodik bewertet und Handlungsempfehlungen für die Baupraxis abgeleitet.



Abb. 9: Lagerung von Trockenbaumaterialien; Quelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Literatur

Bakchan, A.; Faust, K. M., 2019: Construction waste generation estimates of institutional building projects: Leveraging waste hauling tickets. *Waste Management*, 87: 301–312. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.024>

Boenert, L.; Blömeke, M., 2006: Kostensenkung durch ein zentrales Logistikmanagement. In: Clausen, U. (Hrsg.): *Baulogistik – Konzepte für eine bessere Ver- und Entsorgung im Bauwesen*. Hamburg: 29–41.

Formoso, C. T.; Soibelman, L. M.; Cesare, C. D.; Isatto, E. L., 2002: Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128. Jg. (4): 316–325. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2002\)128:4\(316\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2002)128:4(316))

Hoang, N. H.; Ishigaki, T.; Kubota, R.; Tong, T. K.; Nguyen, T. T.; Nguyen, H. G.; Yamada, M.; Kawamoto, K., 2020: Waste generation, composition, and handling in building-related construction and demolition in Hanoi, Vietnam. *Waste Management*, 117: 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.006>

Kern, A. P.; Ferreira Dias, M.; Piva Kulakowski, M.; Paulo Gomes, L., 2015: Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression. *Waste Management*, 39: 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.01.043>

Lipsmeier, K., 2004: *Abfallkennzahlen für Neubauleistungen im Hochbau: Hochbaukonstruktionen und Neubauvorhaben im Hochbau nach abfallwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Beiträge zu Abfallwirtschaft/Altlasten 37*. Pirna.

Llatas, C., 2011: A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list. *Waste Management*, 31. Jg. (6): 1261–1276. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.023>

Lünig, J. N.; Seiß, S.; Schwerdtner, P.; Melzner, J., 2025: Reducing construction quality costs through ontology-based inspection planning. *Advanced Engineering Informatics*, 68. Jg.: 103650. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2025.103650>

Lünig, J. N.; Vogel, H., 2025: Verschwendungen aus Bauabfällen im Kontext der LEAN-Philosophie. In: *Tagungsband 34. BBB Assistent*innen-Tagung 2025 Berlin*. Berlin: 405–415. <https://doi.org/10.14279/depositonce-23997>

Mália, M.; de Brito, J.; Pinheiro, M. D.; Bravo, M., 2013: Construction and demolition waste indicators. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 31. Jg. (3): 241–255. <https://doi.org/10.1177/0734242X12471707>

Skoyles, E. R., 1976: Materials wastage – a misuse of resources. *Batiment International, Building Research and Practice*, 4. Jg. (4): 232–243. <https://doi.org/10.1080/09613217608550498>

Tischer, A.; Besiou, M.; Graubner, C. A., 2013: Efficient waste management in construction logistics: a refurbishment case study. *Logistics Research*, 6: 159–171. <https://doi.org/10.1007/s12159-013-0105-5>

Projektbeteiligte

Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb



Technische Universität Braunschweig



Linder SE

Paul Oschatz

Stefan Lagleder



Zeppelin Rental GmbH

Hilmar Toitzsch

David Jansen



Impressum

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG



Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-24.26
Projektlaufzeit: 08.24 bis 01.26
Bundesmittel in €: 84.718,54

Zuwendungsempfängende:
Technische Universität Braunschweig,
Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Über Zukunft Bau

Mit dem Innovationsprogramm Zukunft Bau stärkt das BMWSB gemeinsam mit dem BBSR die Zukunfts- und Innovationsfähigkeit des Bausektors. Die Zukunft Bau Forschungsförderung schafft Vorbilder, die die Machbarkeit von neuen Ideen ausloten und die Baupraxis weiterentwickeln. Gefördert werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die einen Gebäudebezug als Schwerpunkt haben und einen substantiellen Beitrag zur Bewältigung aktueller und künftiger Herausforderungen im Baubereich erwarten lassen.

zukunftbau.de

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat WB 3 „Forschung und Innovation im Bauwesen“
Daniel Wöffen
daniel.woeffen@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

Prof. Dr.-Ing. Patrick Schwerdtner
Technische Universität Braunschweig,
Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Jan Niklas Lünig
Technische Universität Braunschweig,
Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb
jan-niklas.luenig@tu-braunschweig.de

Gerrit Placzek
Technische Universität Braunschweig,
Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Redaktion

Technische Universität Braunschweig,
Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb

Stand

April 2026

Grafisches Konzept

www.sans-serif.de

Satz und Barrierefreiheit

www.deckermedia.de

Bildnachweis

Titelbild: Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb, Braunschweig

Vervielfältigung



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons-Lizenz Attribution – Share Alike 4.0 (CC BY-SA 4.0). Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers und der Weitergabe unter gleichen Bedingungen die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell. Nähere Informationen zu dieser Lizenz finden sich unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de/>.

Die Bedingungen der Creative Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

Schwerdtner, P.; Lünig, J. N.; Placzek, G., 2026: Ursachen und Zusammensetzung von Bauabfällen: Bauteilbezogene Abfallkennwerte, Ökobilanzierung und Handlungsansätze für eine ressourceneffiziente Baulogistik. Herausgeber: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Zukunft Bau – Forschung KOMPAKT 8/2026. Bonn. <https://doi.org/10.58007/dckc-zf95>

Bonn 2026
ISSN 2944-067X

Dieses Werk ging aus folgendem Forschungsbericht hervor:

Lünig, J. N.; Placzek, G.; Schwerdtner, P., 2026: Zero Waste Baulogistik: Ressourceneffizienz durch alternative Verpackungskonzepte und optimierten Materialeinsatz. Eigenverlag des Instituts für Bauwirtschaft und Baubetrieb der Technischen Universität Braunschweig. Braunschweig.

Hier geht es zum kostenfreien Forschungsbericht:

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202604160850-0>