

# Schlussbericht

## zum Vorhaben

Thema:

**DiNaBau – Digitale Vermittlung von Lehrinhalten zur Nachhaltigkeit im Bauwesen**

Zuwendungsempfänger:

**Technische Universität Dresden Institut für Baukonstruktion und Institut für Baubetriebswesen**

Förderkennzeichen:

**2221HV051X**

Laufzeit:

**01.02.2023 bis 31.01.2025**

Monat der Erstellung:

**01/2025**

Datum der Veröffentlichung:

**12.09.2025**

Gefördert durch:



**Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft**

**aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages**

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) als Projektträger des BMEL für das Förderprogramm Nachwachsende Rohstoffe unterstützt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorenschaft.



# Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Kurzbericht .....</b>	<b>1</b>
1.	Aufgabenstellung .....	1
2.	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	1
3.	Resümee der wesentlichen Ergebnisse .....	2
a)	Arbeitspakete und Meilensteine .....	2
b)	Zusammenfassung .....	4
<b>II.</b>	<b>Ausführliche Darstellung der Ergebnisse .....</b>	<b>5</b>
1.	Erzielte Ergebnisse .....	5
	Arbeitspaket 1: Recherche und Einordnung ressourcenschonender Baumaterialien und - konstruktionen.....	5
	Arbeitspaket 2: Recherche und Einordnung ressourcenschonender baubetrieblicher Abläufe und Verfahren .....	7
	Arbeitspaket 3: Entwicklung zielgerichteter Lehr- und Lernkonzepte .....	8
	Arbeitspaket 4: Integration neuer Inhalte in vorhandene Lehre .....	11
	Arbeitspaket 5: Erarbeitung von BIM-Gebäudemodellen zur Variantendarstellung und Ökobilanzierung .....	12
	Arbeitspaket 6 Entwicklung neuer Lehrveranstaltungen sowie externer Seminare.....	16
	Arbeitspaket 7: Aufbereitung und Integration der Lehrinhalte in OER-Datenbank und Evaluation .....	29
	Arbeitspaket 8: Netzworfbildung.....	30
2.	Verwertung .....	30
a)	Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen.....	30
b)	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende.....	30
c)	Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende.....	30
d)	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit .....	30
3.	Erkenntnisse von Dritten .....	31
4.	Veröffentlichungen .....	31



# I. Kurzbericht

## 1. Aufgabenstellung

Das Forschungsprojekt hat sich zum Ziel gesetzt, moderne digitale Lehrmethoden in Verbindung mit dem Fokus auf Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung und digitale Gebäudemodelle (BIM; Building Information Modelling) im Bauwesen stärker in die universitäre Lehre zu integrieren. Neben universitätsinternen Lehrmaterialien werden unter Anwendung von OER (Open Educational Resources), die Grundlage für außeruniversitäre Vernetzung, ein Wissenstransfer zwischen Universitäten, Hochschulen, Berufsschulen und Unternehmen realisiert.

Um die Klimaneutralität des Gebäudebestandes in Deutschland zu erreichen, ist bei zukünftigen Ingenieurinnen und Ingenieuren ein größeres Bewusstsein für nachhaltiges Bauen zu schaffen und in das Curriculum der Studierenden der TU Dresden zu integrieren. Das Vorhaben greift hierfür aktuelle Entwicklungen der Digitalisierung des Bauwesens auf, insbesondere die Anwendung von Building Information Modeling (BIM). Die Arbeitsmethode ermöglicht die Erstellung digitaler Zwillinge, mit denen Materialbedarf, Umweltwirkung und baubetriebliche Aspekte analysiert und optimiert werden können. Digitale Gebäudemodelle eröffnen zudem die Möglichkeit, für Studierende in verschiedenen Gebäudemodellen unterschiedliche Nachhaltigkeitskonzepte zu verfolgen und diese Varianten hinsichtlich ihrer Ergebnisse (Umweltbelastungen) zu vergleichen. Somit werden sowohl innovative Ansätze als auch praktische Kompetenzen vermittelt, die zur Bewältigung von aktuellen Herausforderungen des nachhaltigen Bauens angewendet werden können.

## 2. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Bearbeitung des Projektes erfolgte in mehreren aufeinanderfolgenden und parallel zueinander ablaufenden Arbeitspaketen (AP). Diese waren wiederum in einzelne Arbeitsschritte untergliedert, in welchen Teilziele der Arbeitspakete bearbeitet wurden. Abbildung 1 zeigt den Arbeitsplan wie er bereits im Zuge der Antragsstellung entwickelt wurde und im Projekt erfolgreich kongruent umgesetzt werden konnte.

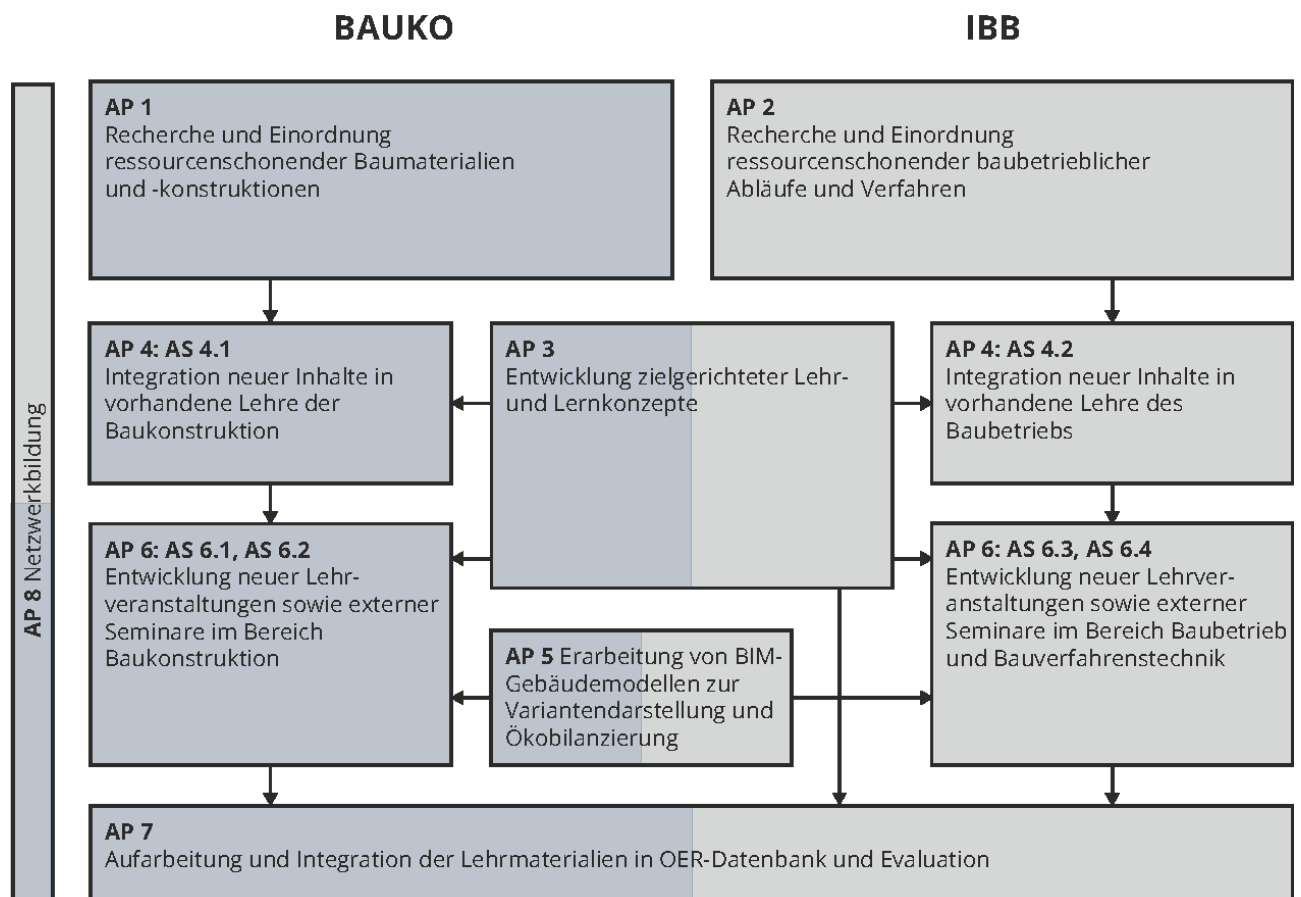


Abbildung 1: Übersicht Arbeitsplan und Arbeitspakete.

Des Weiteren erfolgte während der gesamten Projektlaufzeit die Etablierung eines DiNaBau-Netzwerks mit Partnern aus Forschung und Praxis (AP8).

Hervorzuheben sind an dieser Stelle die Nemetschek Allplan Group sowie One ClickLCA, die maßgeblich an der Konzeption der neuen Lehrveranstaltungen im Rahmen von Arbeitspaket 6 beteiligt waren.

Im Kontext zu Arbeitspaket 7 sind insbesondere das Unternehmen ClayTec und das Architekturbüro Schwarz in Verbindung mit den zugehörigen OER-Informationsvideos zu nennen. Auch nach Abschluss des Projekts ist vorgesehen, weitere Unternehmen des Netzwerks in die Vorlesungen einzuladen, um den Studierenden zusätzliche Einblicke in die berufliche Praxis zu gewähren.

Nachstehend aufgeführte Unternehmen, Verbände und Institutionen wurden ebenfalls zur fachlichen Beratung während des gesamten Forschungsvorhabens kontaktiert und konnten für das DiNaBau Netzwerk gewonnen werden:

- DGNB
- Paul Bauder GmbH & Co. KG (Gründachaufbauten)
- Glapor
- Carlisle Construction Materials GmbH (Abdichtungen)
- Lignotrend Produktions GmbH (Holzbau)
- S&P Sahlmann Planungsgesellschaft für Bauwesen mbH Dresden (Bauplanung)
- ClayTec GmbH & Co. KG (Lehmbau)

Folgende Organisationen und Verbände werden in das Projekt einbezogen:

- Ingenieurkammer/Architektenkammer Sachsen
- Hanfbaukollektiv (Hanfkalk als Baustoff)

Folgende Bildungseinrichtungen werden in das Projekt einbezogen:

- Technische Universität Dresden, Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren (ZiLL)
- Hochschule Anhalt, Fachgebiet Ingenieurhochbau, building envelope research group
- TU Hamburg Harburg, Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft
- Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Lehrgebiet Baukonstruktion/Bauwerkserhaltung
- TU Dortmund, Juniorprofessur Ressourceneffizientes Bauen

### 3. Resümee der wesentlichen Ergebnisse

#### a) Arbeitspakete und Meilensteine

<b>Arbeitspakete (AP) (lt. Planung im Antrag)</b>	<b>Bearbeitungszeitraum (lt. Balkenplan im Antrag)</b>	<b>Zielerreichung</b>
AP 1 Recherche und Einordnung ressourcenschonender Baumaterialien und -konstruktionen	02/2023 bis 05/2023 (nur Bauko)	Das Arbeitspaket wurde gemäß Plan bearbeitet und abgeschlossen.
AP 2 Recherche und Einordnung ressourcenschonender baubetrieblicher Abläufe und Verfahren	02/2023 bis 05/2023 (nur IBB)	Das Arbeitspaket wurde gemäß Plan bearbeitet und abgeschlossen.
AP 3 Entwicklung zielgerichteter Lehr- und Lernkonzepte	06/2023 bis 11/2023	Das Arbeitspaket wurde gemäß Plan bearbeitet und abgeschlossen.
AP 4 Integration neuer Inhalte in vorhandene Lehre	11/2023 bis 01/2024	Das Arbeitspaket wurde gemäß Plan bearbeitet und abgeschlossen.
AP 5 Erarbeitung von BIM-Gebäudemodellen zur Variantendarstellung und Ökobilanzierung	10/2023 bis 04/2024	Das Arbeitspaket wurde gemäß Plan bearbeitet und abgeschlossen.
AP 6 Entwicklung neuer Lehrveranstaltungen sowie externer Seminare	03/2024 bis 09/2024	Das Arbeitspaket wurde gemäß Plan bearbeitet und abgeschlossen.
AP 7 Aufarbeitung und Integration der Lehrinhalte in OER-Datenbank und Evaluation	09/2024 bis 01/2025	Das Arbeitspaket wurde gemäß Plan bearbeitet und abgeschlossen.

<b>Arbeitspakete (AP)</b> (lt. Planung im Antrag)	<b>Bearbeitungszeitraum</b> (lt. Balkenplan im Antrag)	<b>Zielerreichung</b>
AP 8 Netzbauwerkbildung	03/2023 bis 01/2025	Das Arbeitspaket wurde gemäß Plan bearbeitet und abgeschlossen.

<b>Meilensteine (M)</b> (lt. Planung im Antrag)	<b>Fälligkeit</b> (lt. Balkenplan im Antrag)	<b>Zielerreichung</b>
<b>M 1</b> Vorliegen relevanter und priorisierter Lehrinhalte zu ressourcenschonenden Baumaterialien und -konstruktionen	Mai 2023	Auf der Seite des Instituts für Baukonstruktion wurde das Modul „Baukonstruktion zu errichtender Gebäude“ ausgewählt, um die erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse des Projektes in die Lehre zu integrieren. Auf Basis ausführlicher Literaturrecherchen und vielfältigen Kontakten zu Netzwerkpartnern wurden Themenbereiche und Lehrinhalte zur Verwendung nachhaltiger und ressourcenschonender Baukonstruktionen sowie geeigneter Baumaterialien (Materialproben für Studenten) ausgewählt. Akteure aus materialgewinnenden, verarbeitenden und planenden Bereichen (Netzwerkpartner) wurden aktiv angesprochen, um ihre Expertise in die Lehrinhaltsgestaltung einzubinden. Der Stand der Normung wurde über die Datenbank Nautos aufgearbeitet. Der Meilenstein wurde erreicht.
<b>M 2</b> Vorliegen relevanter und priorisierter Lehrinhalte zu ressourcenschonenden baubetrieblichen Abläufen und -verfahren	Mai 2023	Module des Baubetriebs aus verschiedenen Studienjahren wurden ausgewählt, um Lehrinhalte zu nachwachsenden Rohstoffen als Baumaterialien zu integrieren. Die zu betrachtenden Rohstoffe wurden mittels Recherchearbeit basierend auf den Kriterien der Relevanz, Priorität und Aktualität ausgewählt. Die Lehrinhalte umfassen nicht nur theoretische Aspekte, sondern bieten auch praxisnahe Einblicke in die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe aus baubetrieblicher Perspektive. Zudem erfolgte eine aktive Einbindung von Akteuren aus den Bereichen Materialgewinnung, Weiterverarbeitung und Planung, um deren Expertise in die Lehrinhalte einzubeziehen. Der aktuelle Stand der Normung wurde ebenfalls umfassend aufgearbeitet. Der Meilenstein wurde erreicht.
<b>M 3</b> Disziplinübergreifende, zielgruppengerechte und lehrveranstaltungsübergreifende Lehr- und Lernkonzepte	November 2023	Es wurden disziplinübergreifende (BAUKO und Baubetrieb) und zielgruppenorientierte Lehr- und Lernkonzepte auf Basis der AP 1 und 2 ausgearbeitet. Hierfür wurden drei Schwerpunktthemen (Ökobilanz, Nachhaltigkeitsstrategien und Zyklusfähigkeit siehe AP 3) gewählt und für die Integration in die Lehre vorbereitet. Der Meilenstein wurde erreicht.
<b>M 4</b> Überarbeitete Lehrveranstaltungen je Fachdisziplin	Januar 2024	Die Lehrveranstaltungen, die in Arbeitspaket 3 definiert wurden, liegen nun inhaltlich erarbeitet vor. Ferner folgten eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus Arbeitspaket 1 / 2 und die didaktische Aufbereitung und Visualisierung mittels der BIM (Building Information Modeling) – Methode aus AP5. Die erarbeiteten Materialien berücksichtigen bereits einen Teil der Anforderungen für die geplante Veröffentlichung als OER-Materialien.
<b>M 5</b> Über die Lebenszyklusphasen eines Gebäudes nutzbare BIM-Modelle zur Ökobilanzierung	April 2024	Es wurden verschiedene BIM-Modelle erarbeitet, die sich für die ganzheitliche Abbildung der Gebäudeplanung, -umsetzung und ökobilanzielle Bewertung eignen und in der Lehre eingesetzt werden können.
<b>M 6</b> Neue Lehrveranstaltungen und externes Bildungsangebot zur Nachhaltigkeit im Bauwesen	September 2024	Im Rahmen der Weiterentwicklung des bestehenden Kolloquiums wurde das neue Wahlmodul (Digitale Baukonstruktion mit BIM für eine nachhaltige Bauweise in CAD und das Fach Ökobilanzierung) in das Curriculum integriert und erstmalig im Wintersemester 2024/2025 durchgeführt. Auf Basis der erarbeiteten

Meilensteine (M) (lt. Planung im Antrag)	Fälligkeit (lt. Balkenplan im Antrag)	Zielerreichung
		Lehrmaterialien wurde zudem ein externes Bildungsangebot entwickelt. Für die künftigen Lehrveranstaltungen wurden neue Videotutorials so konzipiert, dass sie als On-Demand-Kurse auf der Website des Instituts für Baukonstruktion zur Verfügung gestellt werden können.
<b>M 7</b> Themenspezifische datenbankgeführte OER-Lehrmaterialien	Januar 2025	Themenspezifische, datenbankgeführte OER-Lehrmaterialien wurden erstellt und der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Die in AP 6 erstellten Videotutorials wurde ebenfalls als OER-Medien erarbeitet. Zusätzliche themenspezifische Videos zu nachhaltigen Baukonstruktionen wurden mithilfe der Netzwerkpartner produziert und veröffentlicht. Die Fortführung dieser Video-Reihe, über die Projektdauer hinaus, ist vorgesehen.
<b>M 8</b> Abschluss Netzwerkbildung und projektbezogene Netzwerkarbeit, Endbericht.	Januar 2025	Während des gesamten Verlaufs des Projekts wurde ein DiNaBau Netzwerk etabliert, welches die Institute bei der Realisierung der Projektziele unterstützte. Dies umfasste die Bereitstellung von Demonstrationsmaterialien und Informationsvideos. Die Fortführung des Netzwerks ist notwendig, um den Austausch zwischen Forschung und Wirtschaft zu fördern.

## b) Zusammenfassung

Das Vorhaben startete planmäßig und die Arbeitspakete sowie Arbeitsschritte konnten planmäßig durchgeführt und abgeschlossen werden. Ebenso wurden die acht zentralen Meilensteine, gemäß dem Antrag erfolgreich erreicht, wodurch die Integration nachhaltiger Bauweisen und Materialien in die Lehre maßgeblich vorangebracht wurde.

## II. Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

### 1. Erzielte Ergebnisse

#### Arbeitspaket 1: Recherche und Einordnung ressourcenschonender Baumaterialien und -konstruktionen

Das erste Arbeitspaket wurde in die folgenden drei Arbeitsschritte unterteilt:

AS 1.1 Definition möglicher Lehrinhalte auf Basis des derzeitigen Standes der Lehre

AS 1.2 Literatur- und Materialrecherche

AS 1.3 Integration von Fachleuten aus der Praxis.

Im Rahmen von AS 1.1 wurde zunächst das Modul „Baukonstruktion zu errichtender Gebäude“ seitens des Instituts für Baukonstruktion ausgewählt, um die erarbeiteten Ergebnisse des Projektes zu integrieren. Dieses Modul wird im Grundstudium des Bauingenieurwesens sowie für andere Fachrichtungen als Wahlmodul angeboten. Aufgrund dessen besteht in diesem Modul ein erhebliches Potential, viele Studierende schon zu Beginn ihrer Ausbildung zu erreichen. Basierend auf den bereits bestehenden Lehrinhalten wurde zunächst ein grobes Konzept von Lehrinhalten zu Nachhaltigkeit und Bioökonomie erstellt, die in das Modul eingearbeitet wurden (vgl. Abbildung 2). Das Konzept beinhaltet bereits zu Beginn des Semesters die Integration neuer Lehrinhalte zum Verständnis allgemeiner Grundlagen der Nachhaltigkeit und zu Nachhaltigkeitsbewertungen. Anschließend werden, parallel zu dem bestehenden Curriculum des Faches, nachhaltige Konstruktionen und Materialien themenspezifisch integriert, um so einen Vergleich zwischen konventionellen und nachhaltigen Alternativen/Bauweisen zu ermöglichen. Durch die Vermittlung von Lehrinhalten zu nachhaltigen Konstruktionen und Materialien in dem ersten Studiensemester des Bauingenieurwesens wird von Beginn an grundlegendes Wissen aufgebaut, das gezielt im Laufe der Lehrveranstaltung auf den Einsatz im Hochbau erweitert wird.

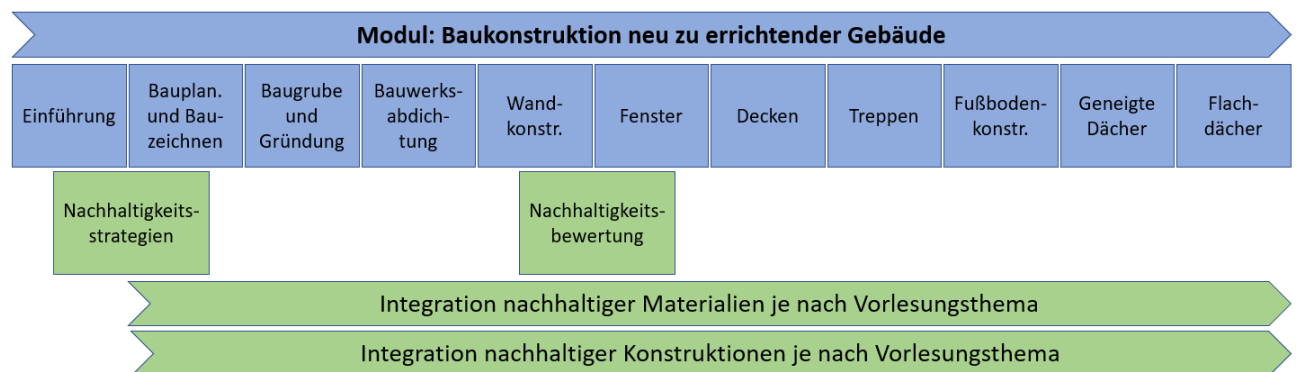


Abbildung 2: Modulaufbau Baukonstruktion zu errichtender Gebäude. In gelb sind die bestehenden Lehrinhalte und in grün sind die geplanten neuen Inhalte zur Nachhaltigkeit dargestellt.

Das ausgewählte Fach gliedert sich in einzelne Hochbaudisziplinen, wie beispielsweise Wand- und Deckensysteme, zu welchen in Arbeitsschritt 1.2 jeweils eine systematische Recherche und Analyse von nachhaltigen Baustoffen und/oder Baukonstruktionen durchgeführt wurde (vgl. Abbildung 3). Die gewonnenen Erkenntnisse wurden anhand definierter Kriterien, wie dem Praxiseinsatz, der Relevanz des Bauprodukts in der Gesamtgebäudebetrachtung, dem Einsatzspektrum und den Einsatzgrenzen, beurteilt. Zusätzlich wurden verschiedene Bewertungskriterien wie beispielsweise die Ökobilanz analysiert, durch welche sich nachhaltige Konstruktionen einordnen und vergleichen lassen. Dadurch soll den Studierenden verdeutlicht werden, welches CO<sub>2</sub>-Einsparpotential aus der Veränderung der Konstruktion oder Auswahl der Baustoffe hervorgehen kann.

Modul: Baukonstruktion neu zu errichtender Gebäude	Einführung						
	Nachhaltigkeitsstrategien	Was ist Nachhaltigkeit?	Warum brauchen wir Nachhaltigkeit?	Nachhaltigkeitsstrategien			
	Bauplanung und Bauzeichnen						
	Baugrube und Gründung	Wiederverwendung Aushub	Flächeneffizienz	Wiederverwendbarkeit	Schraubfundamente	Recy. Beton	Bauteilkernaktivierung
	Bauwerksabdichtung	Grüner Beton	Bentonitmatten	Geotextil	Lehmabdichtung	EPDM	
	Wandkonstr.	Ökolog. Tragsystem	MW Rückbaubarkeit	Tragender Strohbau	Stampflehm	Lehmstein	Nachhaltige Dämmarten
	Nachhaltigkeitsbewertung	Grundlagen Ökobilanz	Lebenszyklen	Umweltwirkung	4 Phasen der Ökobilanz	Beispiel Ökobilanzen	
	Fenster	Ausrichtung (solare Gewinne)	PV-Fenster	Rahmenarten	Isolierarten		
	Decken	Holzdecken	Gemauerte Decken	Hohlkörperdecke	Vorgesp. Fertigteil	Betonekern-temperierung	Trapezblechverbunddecke
	Treppen	Soziale Nachhaltigkeit	Stahlterrappe mit Auflager	Holzterrappe	Bambus		
	Fußbodenkonstr.	Leichte nachhaltige Aufbauten	Kork und Holz	Klebfreie Aufbauten	Lebensdauer zu Einsatzort		
	Geneigte Dächer	Nachh. Dachdämmung	Umnutzungs mgl.	Eindeckungs-material			
	Flachdächer	Kaltdach aus Holz	Gründächer	PV- und Solarthermie	Aufstockungen	Flächennutzung	

Abbildung 3: Ergebnisse der Literaturrecherche zu den einzelnen Themenschwerpunkten des Moduls Baukonstruktion zu errichtender Gebäude.

In Abbildung 3 werden die Ergebnisse der Literaturrecherche zusammengefasst dargestellt. Die ausgewählten Nachhaltigkeitsthemen wurden den einzelnen Kapiteln der Vorlesung zugeordnet.

In AS 1.3 wurden Akteure aus der Praxis, wie die Unternehmen Henkel AG & Co. KGaA, Lignotrend, DGNB, Glapor und das Architekturbüro Schwarz aus Nürnberg kontaktiert. Dadurch konnten Informationen und Materialproben für die Lehrveranstaltung gewonnen werden, wie z.B. eine Heizfolie für eine Bauteilkernaktivierung oder auch ein Beispielprojekt, wie das Passivhaus „ZiHaus“ des Architekturbüros Schwarz. Das Feedback aus der Praxis wurde zudem genutzt, um die geplanten Lehrinhalte zu evaluieren und die praktische Relevanz thematisch gewählter Schwerpunkte zu bestätigen. Diese Kontaktaufnahmen bilden zugleich den Grundstein für das im Rahmen des Projektes entstehende Netzwerk, das dem Wissenstransfer gewidmet ist (vgl. AP 8).

## **Arbeitspaket 2: Recherche und Einordnung ressourcenschonender baubetrieblicher Abläufe und Verfahren**

Das zweite Arbeitspaket wurde in die folgenden drei Arbeitsschritte unterteilt:

AS 2.1 Definition möglicher Lehrinhalte auf Basis des derzeitigen Standes der Lehre

AS 2.2 Literatur- und Materialrecherche

AS 2.3 Integration von Fachleuten aus der Praxis.

Ziel des Arbeitspaketes bestand darin, neue Lehrinhalte auf Basis des aktuellen Standes der Lehre zu definieren, eine entsprechende Literatur- und Materialrecherche durchzuführen sowie einen Praxisbezug durch die Einbindung von Unternehmen, Planungsbüros und Experten herzustellen.

Im ersten Arbeitsschritt AS 2.1 wurden die bereits vorhandenen Inhalte zum Thema ressourcenschonende baubetriebliche Abläufe analysiert und anschließend noch vorhandene Lücken zur weiteren Vertiefung des Themas identifiziert. Dabei wurden Module aus verschiedenen Studienjahren ausgewählt, welche um Inhalte zu ressourcenschonenden und nachhaltigen Bauweisen ergänzt wurden. Im ersten Studienjahr sollen im Modul „BIW 1-10 Umweltwissenschaften und Baubetriebswirtschaft für Bauingenieure“ grundlegende Kenntnisse zu ressourcenschonenden Bauweisen aus baubetrieblicher Sicht vermittelt werden. Darauf aufbauend werden in den folgenden Studienjahren in den Modulen „BIW 3-06 Ausgewählte Themen der Bauausführung“ sowie in den Modulen „BIW 4-26 Ausbaugewerke“ und „BIW4-27 Beton- und Fertigteilbau“ Informationen und Inhalte zu alternativen Bauweisen, Bauprodukten aus nachwachsenden Rohstoffen sowie zum Thema nachhaltige Gebäudebewertung und Ökobilanzierung integriert.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Arbeitsschrittes 2.1, erfolgte in AS 2.2. eine umfassende Material- und Literaturrecherche. Dabei wurden nachwachsende Rohstoffe ausgewählt, zu welchen umfangreiche Informationen gesammelt und zusammengestellt wurden.

Folgende nachwachsende, vorzugsweise regional verfügbare Rohstoffe und Bauprodukte wurden als relevant beurteilt und im Rahmen der anschließenden Recherche detailliert berücksichtigt:

- Flachs
- Getreide
- Hanf
- Holz
- Schilf
- Bioaerogel
- Stroh
- Seegras
- Wiesengras
- Zellulose
- Myzell
- Lehm

Anschließend wurden die Ergebnisse der Recherche anhand von Kriterien wie der Relevanz, Priorität, Aktualität sowie dem Einsatzspektrum und der Einsatzgrenzen beurteilt. In Ergänzung dazu wurde der Stand der Normung mittels der Datenbank Nautos in die Recherche einbezogen.

Im Rahmen des AS 2.3 wurden erste Kontakte zu Unternehmen und Organisationen aus der Praxis hergestellt, die ihr Interesse an einem gemeinsamen Wissens- und Erfahrungsaustausch bekundet haben.

### Arbeitspaket 3: Entwicklung zielgerichteter Lehr- und Lernkonzepte

Nach den umfassenden Literaturrecherchen der beteiligten Institute Baukonstruktion und Baubetriebswesen initiiert Arbeitspaket 3 die kooperative Bearbeitung des Projekts und gliederte sich in die nachfolgend beschriebenen drei Arbeitsschritte:

In AS 3.1 wurden die im Rahmen der vorangegangenen Arbeitspakete 1 und 2 erarbeiteten Lehrinhalte aufbereitet und in ein Konzept für die geplante Integration der Lehrinhalte in die vorhandene Lehre in Arbeitspaket 4 erstellt. Hierbei erfolgte eine systematische Gliederung der Lehrmaterialien nach dem jeweiligen Vorlesungsthema (Baugrube und Gründung, Wandkonstruktion, Decken, etc. siehe Abbildung 3). Diese Themengebiete wurden anschließend den baubetrieblichen Aspekten gegenübergestellt, um ein durchgängiges Konzept zu erreichen. Baukonstruktion und Baubetrieb legten gemeinsam drei Schwerpunktthemen fest, die neben der spezifischen Erläuterung in Lehrveranstaltungen wiederkehrende Leitschemata für die Studierenden darstellen sollen:

Ökobilanz kurz LCA (Life Cycle Assessment)

Die Ökobilanzierung ist ein Verfahren zur Darstellung der Umweltauswirkungen von (Bau)produkten und (Bau)materialien anhand verschiedener Kennwerte (u. a. Energiebedarf, GWP). Sie wird genutzt, um beispielsweise den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck unterschiedlicher Baumaterialien und Konstruktionen innerhalb derselben Funktionsgruppe zu visualisieren. Auf dieser Basis können verschiedene Konstruktionsvarianten hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen direkt verglichen und somit eine gezielte Auswahl getroffen werden.

## Mauerwerkswände im LCA-Vergleich A1-3

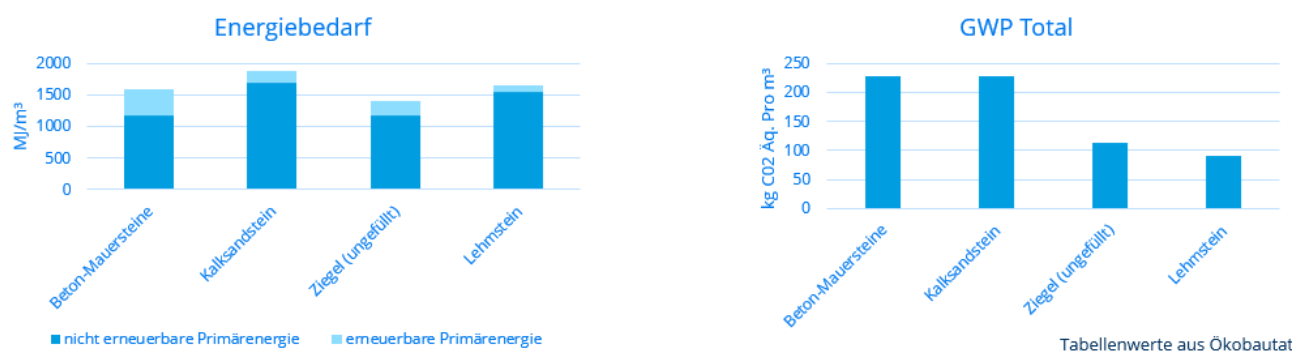


Abbildung 4: Beispielhafte Vorlesungsfolie: ökobilanzieller Vergleich von verschiedenen Mauerwerksmaterialien.

Die Abbildung zeigt eine beispielhafte Einbindung von Ökobilanzen in die Vorlesung. Für das Vorlesungsthema „Mauerwerkssteine“ wurden übliche Ausführungsarten gewählt und sowohl der Energiebedarf als auch der CO<sub>2</sub> Ausstoß pro Kubikmeter gegenübergestellt. Zu sehen ist, dass der Energiebedarf relativ ähnlich ausfällt, während der CO<sub>2</sub> Ausstoß von Ziegel und Lehmsteinen weit geringer ist als der von Beton- oder Kalksandstein.

Strategien der Nachhaltigkeit (Effizienz, Suffizienz und Konsistenz)

Diese Strategien bieten drei Ansätze, Konstruktionen (zum Beispiel einen Wandaufbau) unter nachhaltigen Gesichtspunkten zu optimieren. Den Studierenden sollen Werkzeuge an die Hand gegeben werden, um bestehende oder neu zu planende Bauwerke hinsichtlich dieser Strategien zu verbessern. Auf diese Werkzeuge soll im Verlauf des Studiums immer wieder zugegriffen werden.

Effizienz = besser	Konsistenz = anders	Suffizienz = weniger
Verbesserung des Verhältnisses von Aufwand zu generiertem Nutzen.	Dasselbe auf anderem Wege und mit weniger Aufwand erreichen.	Dasselbe mit weniger Mitteln erreichen.
Verluste minimieren, Leichtbau, ...	Langlebigkeit, nachwachsende Rohstoffe, Recycling, Sanierung, ...	Materialminimiert Bauen, flexible Nutzung, ...
 → 	 → 	 → 

## Nichttragende Innenwände nachhaltig



Trockenbauwand (Quelle: ts-home-design.de)

Konsistenz: Lehmbau-  
anstelle Gipskartonplatten

Effizienz:  
Energieeffizienzsteigerung  
durch integrierte Wandheizung

Suffizienz: etwas geringere  
Schalldämmungsanforderung  
ermöglicht Holzfaserdämmstoff  
anstelle Mineralwollgedämmstoff





Abbildung 5: Strategien der Nachhaltigkeit (oben: Einführungsfolie; unten: Nachhaltige Optimierung einer nicht tragenden Wand anhand der jeweiligen Strategie).

In Abbildung 5 sind zwei Vorlesungsfolien zu sehen. Die obere Folie zeigt die drei Nachhaltigkeitsstrategien (Effizienz, Suffizienz und Konsistenz). Anhand der jeweiligen Definition und leicht verständlichen Alltagssituationen, wie beispielsweise dem effizienteren Transport von Paketen mittels eines Transportwagens, werden die Strategien eingeführt. Die untere Folie in Abbildung 5 zeigt die Anwendung der Strategien innerhalb des Vorlesungsthemas „nicht tragende Innenwände“. Die Studierenden sollen mit den Lehrinhalten ermächtigt werden, die Prinzipien und grundlegenden Strategien der Nachhaltigkeit auch in anderen Lehrmodulen eigenständig anwenden zu können.

### Zyklusfähigkeit

Im Rahmen der Circular Economy ist die Zyklusfähigkeit ein gewichtiger Themenschwerpunkt. Die maximale Reduzierung des Ressourceneinsatzes durch möglichst effiziente Materialkreisläufe ist das Ziel. Die Studierenden lernen, wie Baustoffe recycelt werden, wo Recyclingmaterialien eingesetzt werden können sowie Begrifflichkeiten wie Up-, Downcycling und die sortenreine Trennbarkeit.

AS 3.2 zielte darauf ab, neu erarbeitete Lehrinhalte für weitere Zielgruppen zugänglich zu machen. Gewählte Zielgruppen sind Lernende (Berufsschüler und Studierende), die interessierte Öffentlichkeit und die Fachöffentlichkeit (z.B. Planer oder ausführende Unternehmen). Eine Zuordnung der Lehrinhalte erfolgte unter Berücksichtigung des Lehrumfangs und klarer Interessen und Qualifikationsziele.

<b>User Story &lt;Name des Users&gt;</b>	<b>Lernende</b>
Beschreibung: Als <Rolle> möchte ich <Funktionalität>, um <Nutzen> zu erreichen. (Qualifikationsziele)	Als Lernender möchte ich ein Portfolio an Fähigkeiten aufbauen, um Baukonstrukt. hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit und ihrer Funktion bewerten zu können. Ziel ist, nach Abschluss meiner Ausbildung, praktisches Wissen und tiefgreifendes Verständnis hinsichtlich Nachhaltigkeit und Digitalisierung erworben zu haben.
Akzeptanzkriterien (Lehrumfang)	Das Lehrangebot der TUD beinhaltet themenspezifische Vorlesungen und Lehrmaterialien zu nachhaltigen Baukonstruktionen unter Einsatz digitaler Modelle und BIM. Das Curriculum umfasst Grundwissen bis zu spezifischen Detaillösungen (z. B. Optimierung der Tragstruktur für einen geringeren CO2-Ausstoß).
Teil-Aufgaben	Konzept für Lehre (Themenstrang und Tiefe der Themen). Nachhaltigkeitsthemen erarbeiten. BIM Modelle für Lehre entwickeln.
<b>Interessierte Öffentlichkeit</b>	<b>Fachöffentlichkeit</b>
Als interessierte Person, ohne Vorkenntnisse, möchte ich einen Überblick über nachhaltige Bauweisen und Materialien erhalten, um mein Wissen zu erweitern und Möglichkeiten und Grenzen des nachhaltigen Bauens abwägen zu können.	Als Person mit Fachkenntnissen in der Baubranche, möchte ich Wissen über die aktuelle Forschung und den aktuellen Stand der Technik im Bereich digitale Nachhaltigkeit erwerben, um meinen Beitrag an der nachhaltigen Entwicklung der Baubranche leisten zu können.
Nachhaltige Baumaterialien wurden mir mit ihren technischen Möglichkeiten und Grenzen einsteigerfreundlich vorgestellt.	Es liegen aufbereitete Informationen zu nachhaltigen Bauprodukten und Konstruktionen oder aktuellen Bewertungsworkflows vor (z. B. BIM gestützte LCA, nachhaltige Produktalternativen, ...).
Themen didaktisch aufbereiten.	Spezialthemen, die für die Fachöffentlichkeit interessant sind, wurden gefunden und didaktisch aufbereitet .

Abbildung 6: Lehrumfang und Qualifikationsziele je Zielgruppe.

Abbildung 6 zeigt den Aufbau einer User Story (oben links) und das Ergebnis der Zielgruppenanalyse. Dieses nutzerorientierte Werkzeug aus dem agilen Projektmanagement ermöglicht kompakte Informationen zu einer Zielgruppe (z.B. Bedarf, Nutzen und Ziele). Entsprechend wurden drei User Stories erstellt (siehe Abbildung 6) und so die Qualifikationsziele inklusive des erforderlichen Lehrumfangs festgelegt.

AS 3.3 konzentrierte sich anschließend auf die Definition zielgruppengerechter Lehrkonzepte und -inhalte sowie auf die Festlegung pädagogisch-didaktischer Kriterien als Leitlinien. Es erfolgte eine enge Abstimmung mit den Lehrverantwortlichen und Lehrenden.

Aufgrund des Projektziels, einen Großteil der Materialien in AP 7 im Projektverlauf als OER frei verfügbar aufzubereiten, wurde die Entscheidung getroffen, die Lehrkonzepte stufenweise aufzubauen, sodass jede Zielgruppe die Materialien verwenden kann (Vgl. Abbildung 7). Infolgedessen können die Materialien einer höheren "Stufe" als ergänzende Lernressourcen zielgruppenübergreifend eingesetzt werden. Die Abbildung 7 veranschaulicht den Aufbau der Lernkonzepte sowie die zugeordneten Zielgruppen. Im Fokus stehen in sich geschlossene Informationsblöcke zu nachhaltigen Materialien, Konstruktionen oder Projekten, die so aufbereitet sind, dass sie für die interessierte Öffentlichkeit zugänglich sind, jedoch auch von Lernenden oder der Fachöffentlichkeit als Zusatzinformation genutzt werden können. Die mittlere Ebene befasst sich mit anwendungsorientierten Informationen für Lernende, insbesondere im Hinblick auf die in der Industrie weit verbreitete Modellierungssoftware. Die äußere Ebene setzt das Wissen der beiden inneren Ebenen voraus und vertieft es, insbesondere im Hinblick auf die modell- und softwaregestützte Ökobilanzierung. An dieser Stelle überschneiden sich die beiden Zielgruppen der Lernenden und des Fachpublikums stark.

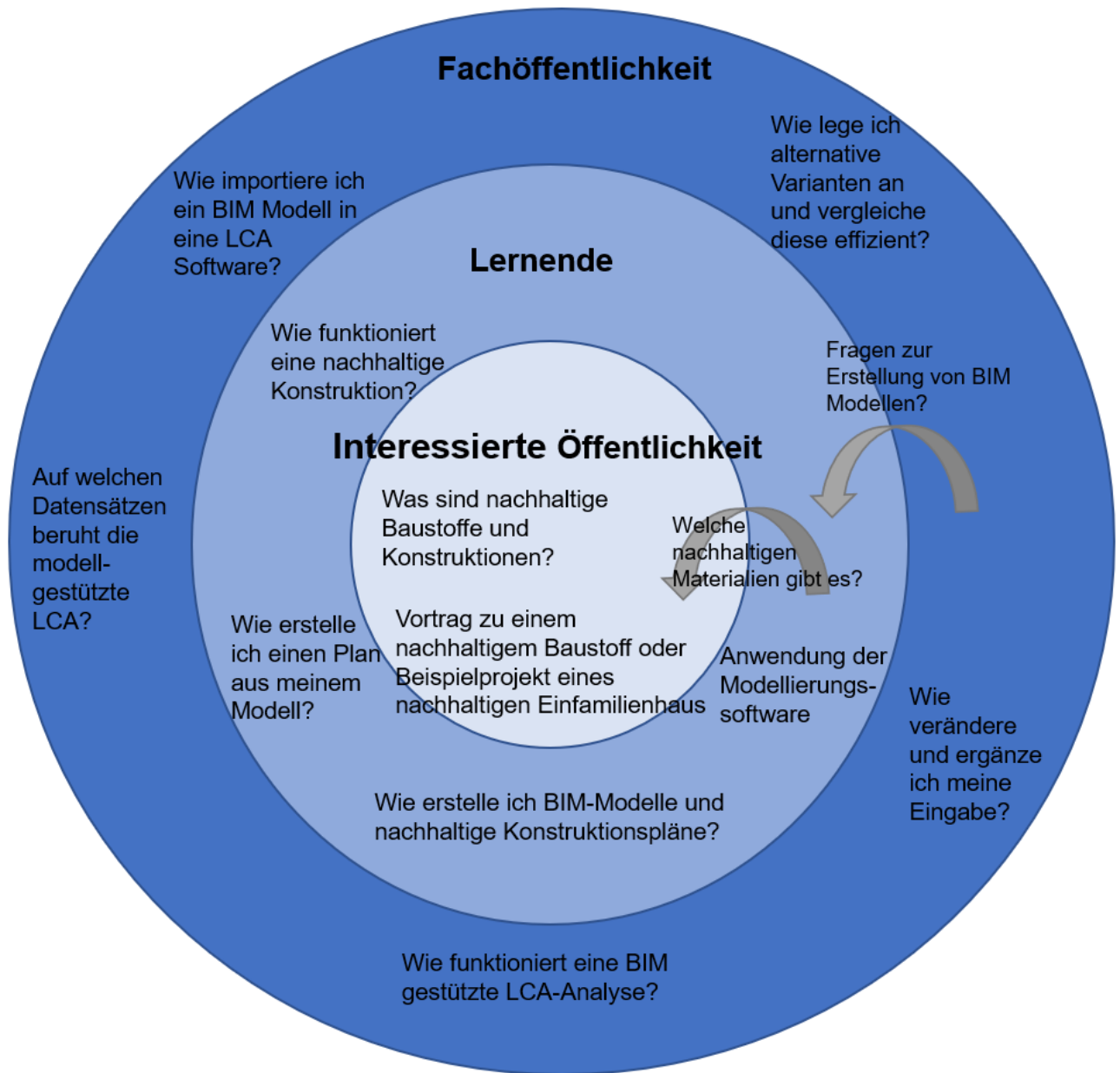


Abbildung 7: Zuordnung der Zielgruppen zu Lehrkonzepten und Inhalt (Zielgruppen, Kernfragen und Beispielt Themen).

Die hier beschriebenen Lehr- und Lernkonzepte wurden in den Arbeitspaketen 4, 5 und 6 inhaltlich ausgearbeitet und mit Materialien unterlegt.

#### Arbeitspaket 4: Integration neuer Inhalte in vorhandene Lehre

Um die Integration neuer Inhalte in die vorhandene Lehre zwischen den Bereichen Baukonstruktion und Baubetriebswesen simultan zu ermöglichen, wurde Arbeitspaket 4 in zwei parallel abzuarbeitende Arbeitspakete unterteilt.

Im Rahmen von Arbeitsschritt 4.1, durchgeführt vom Institut für Baukonstruktion, erfolgte eine Auswahl von Themen, die aus der Literaturrecherche (AP 1) hervorgingen unter Berücksichtigung definierter Kriterien, wie z.B. Verfügbarkeit, Stand der Technik, Einsatzmöglichkeiten und Einsatzgrenzen. Diese Kriterien wurden in ausgewählten Vorlesungen, wie zum Beispiel in Vorlesungen zu den Fachgebieten Wand, Decke und Dach integriert. In Abbildung 6 (links) ist eine beispielhafte Auswahl an Ergänzungsfolien zu sehen, die in die jeweiligen Vorlesungsthemen eingearbeitet wurden.

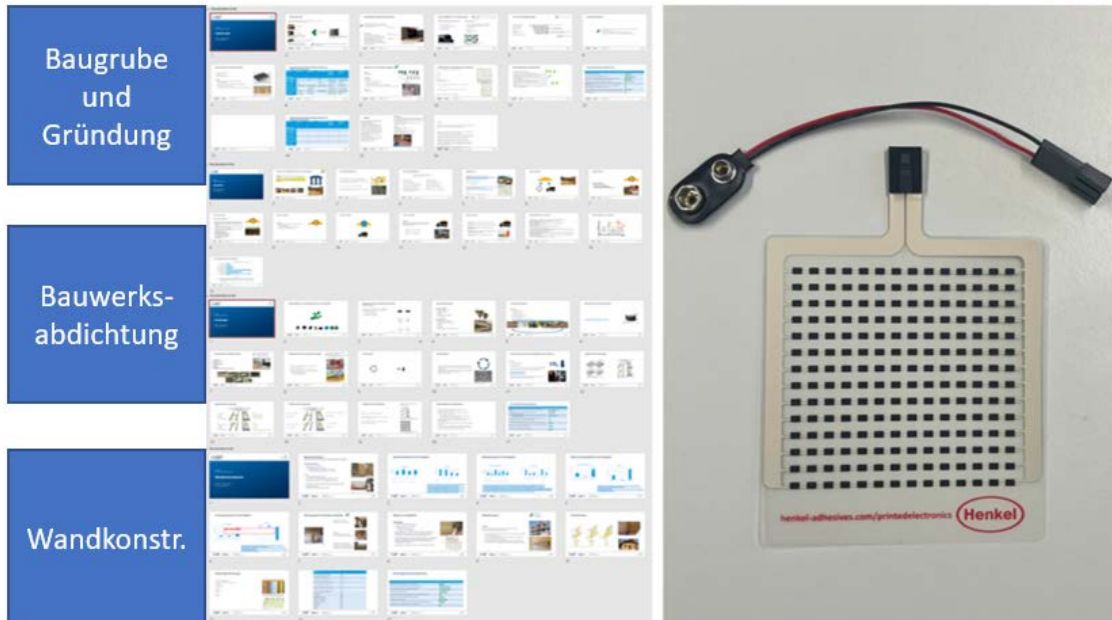


Abbildung 8: Beispielhafte Auswahl von integrierten Materialien in die vorhandene Lehre (links: Ergänzungsfolien; rechts: Heizfolie für Bauteilkernaktivierung via Solarstrom).

Intensiviert wurden diese Themen durch Proben von nachhaltigen Baustoffen. Abbildung 8 rechts zeigt eine Heizfolie, die auf massive Bauteile (wie z. B. Stahlbetonwände) aufgeklebt werden kann, um diese mit überschüssigen, solaren Gewinnen tagsüber aufzuheizen, um so den Heizbedarf zu senken. Die abgebildete Folie ist ein Demonstrator und kann für die Studierenden mittels einer Batterie betrieben werden.

Die Einführung der Ökobilanzierung in die Lehrveranstaltungen als Instrument zur Nachhaltigkeitsbewertung fand ebenfalls in einem dreistufigen Prozess statt. In der ersten Vorlesung wurden grundlegende Begrifflichkeiten erläutert. Wie die Ergebnisse zu interpretieren sind, wurde im weiteren Verlauf der Vorlesungen aufgezeigt (Stufe 1). Darauf aufbauend wurden Ökobilanzwerte ausgesuchter Konstruktionen in die folgenden Vorlesungen kontinuierlich integriert (Stufe 2). Abschließend wurde, eine Vorlesung speziell der Berechnung ausgewählter Ökobilanzen gewidmet (Stufe 3). Um das erworbene Wissen der Studierenden zur Lebenszyklusbetrachtung eines Gebäudes zu vertiefen, wurde hier eine Übungsveranstaltung mit eigenständig zu bearbeitender Aufgabenstellung neu gestaltet und eingeführt. Hierbei waren die Studierenden aufgefordert, eigenständig die Ökobilanz eines vorgegebenen Wandaufbaues zu berechnen. Zusätzlich erhielten die Studierenden in der Einführungsvorlesung des Moduls „Baukonstruktion zu errichtender Gebäude“ einen Einblick in die drei zu verfolgenden Strategien für nachhaltiges Konstruieren (Effizienz, Konsistenz, Suffizienz), die in AP 3 als eines der Schwerpunktthemen ausgewählt wurden.

In Arbeitsschritt 4.2, bearbeitet vom Institut für Baubetriebswesen, erfolgte eine Analyse der Vorlesungen im Bereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik hinsichtlich der Integrationsmöglichkeiten von zusätzlichem Lehrvolumen zu nachhaltigen Materialien. Der Fokus lag dabei auf dem Vergleich zwischen konventionellen und nachhaltigen Bauverfahren zur Errichtung nachhaltiger Konstruktionen entlang der in AP 3 festgelegten Schwerpunkte.

Im ersten Studienjahr wurden Grundlagen des kreislaufgerechten und nachhaltigen Bauens im Kontext baubetrieblicher Abläufe in die Lehrveranstaltungen integriert. In den höheren Semestern wurden baubetriebliche und bauverfahrenstechnische Konzepte in verschiedenen Lehrveranstaltungen verankert, so dass den Studierenden in Ergänzung zu konventionellen Bauweisen und Bauprodukten, beispielsweise im Fachgebiet der Ausbaugewerke, Möglichkeiten des Einsatzes nachhaltiger Baustoffe aufgezeigt werden konnten. Dabei werden den Studierenden vor allem Grundkenntnisse zu nachhaltigen Materialien und Bauprodukten sowie bauverfahrenstechnische Informationen vermittelt.

Neben der Einbindung in herkömmliche baubetriebliche Vergleiche wurden eigenständige Lehrinhalte im Bereich Nachhaltigkeitsbewertung entwickelt, bei denen die Vermittlung von baubetrieblichen und bauverfahrenstechnischen Konzepten auf nachhaltige Materialien ausgerichtet wurde. Das Ziel, Aspekte der Nachhaltigkeit in begleitende Belegarbeiten einzubeziehen, wurde erfolgreich umgesetzt.

### **Arbeitspaket 5: Erarbeitung von BIM-Gebäudemodellen zur Variantendarstellung und Ökobilanzierung**

Das Arbeitspaket 5 ist in vier Arbeitsschritte unterteilt:

AS 5.1 Definition erforderlicher Modelleigenschaften und -eingaben

AS 5.2 Erstellung BIM-Modelle hinsichtlich Baukonstruktion

### AS 5.3 Erweiterung BIM-Modelle hinsichtlich Bauplanung und -kosten

### AS 5.4 Aufarbeitung der BIM-Modelle zur Integration in Lehrveranstaltungen

Der Arbeitsschritt 5.1 leitet Anforderungen an die BIM-Modelle ab, um Gebäude so abzubilden, dass sowohl die Konstruktion als auch die baubetrieblichen Aspekte ersichtlich sind. Das Ziel besteht darin, dass die Studierenden eigenständig baukonstruktive Details in einem BIM-Modell erstellen und anschließend im weiteren Verlauf ihres Studiums ebenfalls die baubetriebliche Ablaufplanungen an diesem Modell durchführen. Dabei wurden die benötigten Modellinformationen wie Geometrie und Materialien definiert. Die Modelleingaben wurden auf Vollständigkeit und die Schnittstellen auf Kompatibilität geprüft. Das „DiNaBau-Netzwerk“ wurde genutzt, um Kontakte zu geeigneten Softwareherstellern (beispielsweise Nemetschek Allplan, One Click LCA und RiBiTwo) aufzubauen, um potentielle Einsatzmöglichkeiten der Programme zu eruieren.

In Arbeitsschritt 5.2 wurden bereits entwickelte Gebäudemodelle auf ihre Eignung zur Integration in die Lehrveranstaltungen beider Institute diskutiert. Es hat sich gezeigt, dass die Fixierung auf ein bestimmtes Modell im Widerspruch zum Ziel einer dynamischen Lehrumgebung steht, sodass das Vorgehen in nachfolgenden Schritten angepasst wurde.

In einem ersten Schritt werden Modelle verwendet, um den Studierenden Konstruktionen visuell zu präsentieren, sodass die Orientierung und Arbeit im Modell als Standard etabliert wird. Dazu wurden bestehende Modelle und Grafiken innerhalb des Skripts des Moduls „Baukonstruktion zu errichtender Gebäude“ so angepasst, dass sie in den Lehrveranstaltungen eine realitätsnahe, räumliche Visualisierung ermöglichen (vgl. Abbildung 9).

Durch diesen Schritt konnte als Nebenergebnis erreicht werden, dass neue Visualisierungen durch die Modelle in das überarbeitete Vorlesungsskript eingeflossen sind, unter anderem auch Explosions- und transparente Ansichten.

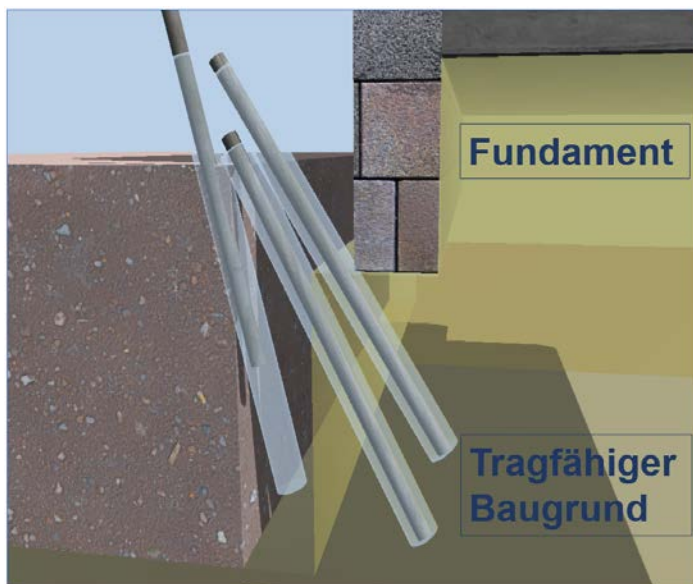


Abbildung 9: Planungsmodell einer Unterfangung mittels Betoninjektion.

Zu sehen ist die Unterfangung eines absackenden Gebäudeteils. Mittels kleiner Bohrungen und Betonsuspensionen wird wieder eine höhere Belastbarkeit des Baugrunds erreicht. Sanierungsmaßnahmen wie diese werden durch das Projekt in der Vorlesung intensiver behandelt, um den Studierenden Möglichkeiten aufzuzeigen, den Lebenszyklus von Gebäuden zu verlängern.

Ebenso können Arbeits- oder Fertigungsabläufe, wie in Abbildung 8, dargestellt werden, ohne auf herstellerepezifische Dokumente oder Fotos mit Bildrechten zurückgreifen zu müssen. Dies ist auch für die in Arbeitspaket 7 zu erstellenden OERs von Bedeutung und wird ebenfalls, auch über die Laufzeit des Projektes hinausgehend, Anwendung finden.

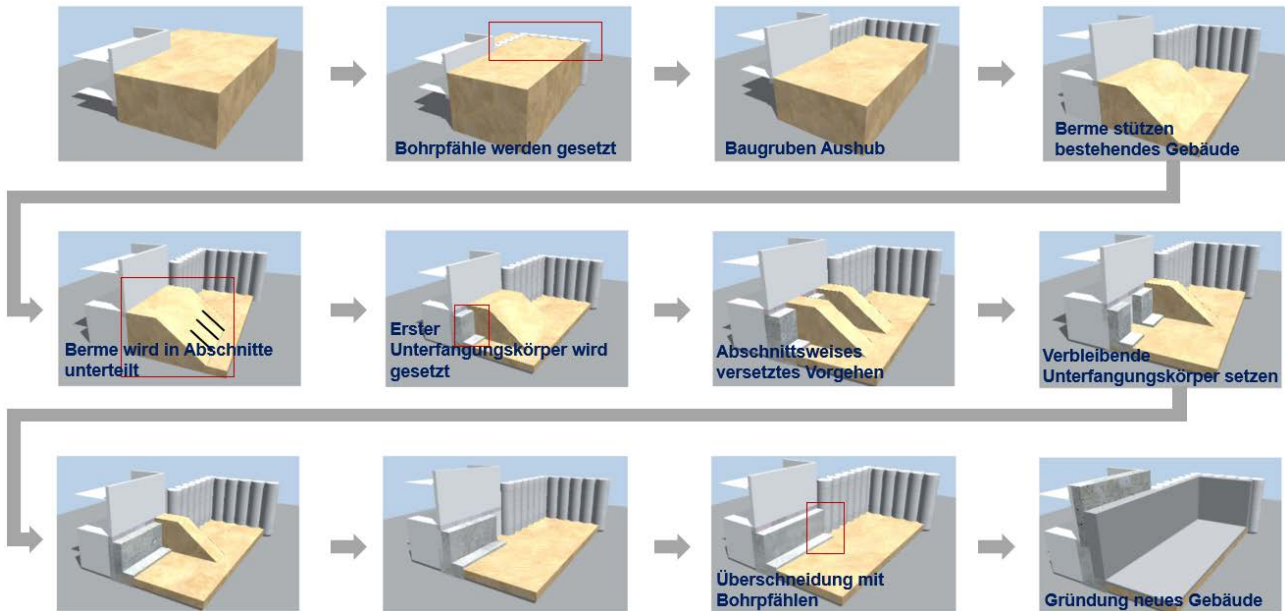


Abbildung 10: Visualisierungsmodell einer Unterfangung nach DIN 4123.

Abbildung 10 zeigt eine Mischform des Baugrubenverbau im innerstädtischen Bereich, bei der der Verbau mit Bohrpfählen und bei angrenzenden Gebäuden mittels Unterfangungskörper in Anlehnung an die DIN 4123 „Unterfangungen“ erfolgt. Obwohl der hohe Herstellungsaufwand, der CO<sub>2</sub>-Gehalt des Betons und der Rückbau eines bestehenden, nicht sanierungsfähigen Gebäudes in diesem Fall notwendig sind, eröffnet sich dadurch die Möglichkeit der Nachverdichtung städtischer Grundstücke. So können Versiegelungen von Grünflächen reduziert werden

Darüber hinaus werden den Studierenden z. B. in der Vorlesung zu Gründungen noch weitere alternative, recycelbare Verbauarten aus Stahl (vgl. hierzu Abbildung 11 links, Spundwände) oder aus nachwachsenden Rohstoffen, wie die Trägerbohlwand aus Holz und Stahl (vgl. Abbildung 11 rechts), vorgestellt. Sodass je nach Bodenbeschaffenheit die ökologischste Verbauart gewählt werden kann.

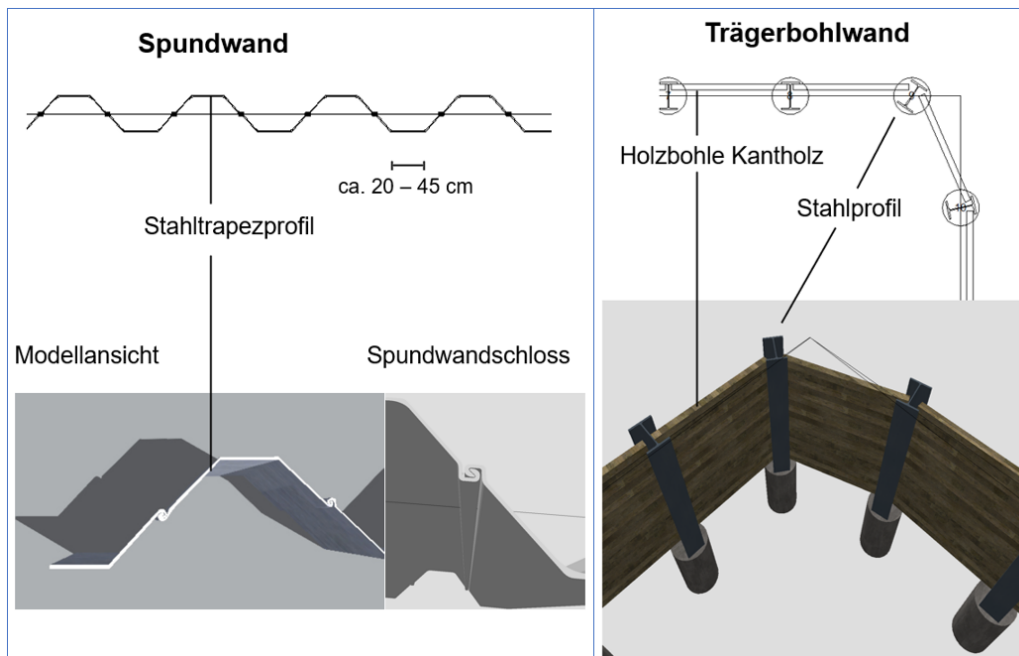


Abbildung 11: Modelle nachhaltiger Verbauarten für die Lehre (links: Spundwand; rechts: Trägerbohlwand).

Es werden Modelle mit hohem Detaillierungsgrad verwendet, um den Studierenden der ersten Semester den Übergang von 3D-Modellen zu den in der Baubranche aktuell üblichen 2D-Details visuell zu erleichtern. In Abbildung 12 ist linksseitig der detaillierte Aufbau einer Trockenbauwand aus einem Vorlesungsmodell und rechtsseitig das dazugehörige Regeldetail, wie es in der Praxis anzutreffen ist und von den Studierenden in verschiedenen Belegarbeiten gefordert wird, zu sehen.

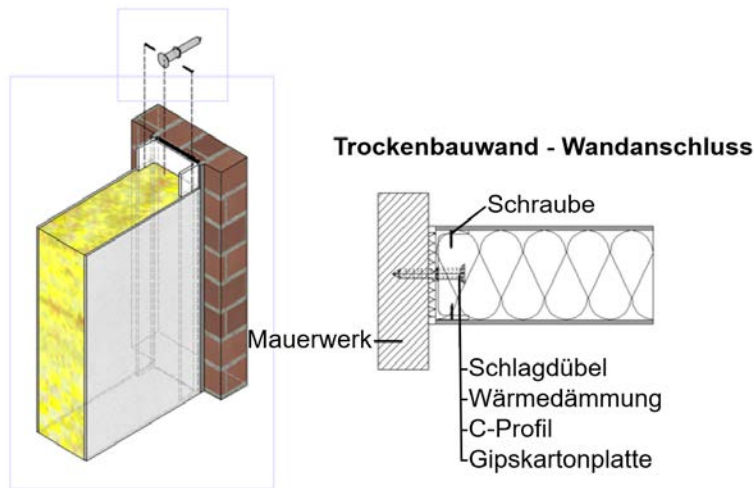


Abbildung 12: Beispielhafte Darstellung des Anschlusses einer Trockenbauwand an eine Mauerwerkswand, links: 3D-Darstellung als BIM-Modell, rechts: Schnittzeichnung als 2D-Darstellung.

Der hohe Detaillierungsgrad wird genutzt, um den Studierenden die Folgen der eingesetzten Materialien zu vermitteln. Also sowohl deren einzelne Funktion (z. B. abdichtend, tragend etc.) als auch deren Verbindung (Fügetechniken) und deren Auswirkung auf die Nachhaltigkeitskriterien. Dies erfolgt sowohl aus ökobilanzieller Sicht als auch entlang der Optimierungsstrategien (Effizienz, Suffizienz und Konsistenz vgl. AP 3).

Auf Basis von AS 5.1 wurden verschiedene Modelle mit unterschiedlichen Bauweisen und Konstruktionen entwickelt. Ein Beispiel hierfür ist das in Abbildung 13 dargestellte Gebäudemodell, in dem z.B. auch der Schnitt der Trockenbauwand (vgl. Abbildung 12), erzeugt wurde.



Abbildung 13: Prototypisches Gebäudemodell in Nemetschek Allplan für modulübergreifende Übungen.

Die Erweiterung der Attribute in BIM, um baubetriebliche Aspekte (Bauplanung und Kosten) erfolgte ebenfalls in dem in Abbildung 13 dargestellten Modell und wird im nachfolgenden AS 5.3 näher erläutert.

Im Arbeitsschritt 5.3 „Erweiterung der BIM-Modelle hinsichtlich Bauplanung und -kosten“ sollten die BIM-Modelle hinsichtlich Informationen zur Bauplanung und Baukosten erweitert werden. Innerhalb des Arbeitsschritts und der damit einhergehenden Recherche, musste festgestellt werden, dass die Datenlage für Kennwerte von nachwachsenden Rohstoffen wenig ausgebaut ist. Die bekanntesten Tabellenwerke für Baupreise wie das BKI für Baukosten oder „Plümecke – Preisermittlung für Bauarbeiten“ verfügen über keine nennenswerten Daten in diesem Feld. Somit ist hier derzeit keine ausreichende Grundlage gegeben, um Variantenvergleiche hinsichtlich der Baukosten oder Bauausführung durchzuführen. Jedoch öffnet der beschriebene Umstand den Raum für weitere Diskussionen hinsichtlich der Kosten „Nachhaltiger Gebäude“.

Die erarbeiteten Gebäudemodelle bieten die Möglichkeit, die offenen Lücken zukünftig und bei einer signifikanten Änderung der Datenlage zu füllen, sodass die baubetrieblichen Inhalte wie Kostenkalkulation, Ablaufplanung, BE-Planung und Bauverfahrenstechnik in die Modelle integriert werden können.

Der Arbeitsschritt (AS 5.4) zielt darauf ab, den Studierenden zusätzlich zu den bereits erstellten Lehrinhalten anhand von BIM-Modellen die eigenständige Modellierung eines Gebäudemodells zu vermitteln. Zu diesem Zweck soll ein neues Modell eines Nebengebäudes entwickelt werden, das in AP 6 (Entwicklung neuer Lehrveranstaltung) eingesetzt werden soll. Der Fokus liegt auf der Balance zwischen der einfachen Verständlichkeit der zu vermittelnden Inhalte und der notwendigen Komplexität, um den Studierenden die jeweils benötigte Modellierungstechnik zu erläutern.

Es wurden die folgenden relevanten Anforderungen an das Modell vorgegeben:

- Fundament einschließlich Perimeterdämmung
- Unterirdischer Gebäudeteil mit Abdichtung
- Mehrschichtiger Wandaufbau
- komplexer flexibler Grundriss
- Türen und Fenster
- Dachkonstruktion bei Bedarf austauschbar
- Konstruktion mit vielen Optionen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit

Aus diesen Anforderungen ergab sich folgende Planung:



**Gebäudebeschreibung**

Im Rahmen dieser Übung soll ein eingeschossiges Nebengebäude in massiver Bauweise neu errichtet werden. Das Gebäude hat einen Installationsschacht und ein Flachdach. Ihre Aufgabe ist es, das Gebäude unter Verwendung des Plans, der Tutorials und der nachfolgenden Parameter zu modellieren.

**Gebäudeabmessungen:**

- Die Geschosshöhe des Vollgeschosses beträgt 2,58 m.
- Die Oberkante des Fertigfußbodens (OKFFB) im Erdgeschoss liegt bei ± 0,00 m, während die Oberkante der Rohdecke (OKRFB) bei -0,08 m festgelegt ist.

**1.Gründung:**

- Das Gebäude wird auf bindigem Boden mittels Streifenfundamenten gegründet.
- Der höchste Grundwasserspiegel liegt 3,0 m  $\pm$  0,00 m.
- Sowohl die Bodenplatte (d = 20 cm, C 25/30), der Installationsschacht als auch die Fundamente sollen erdseitig gedämmt werden.

**2.Außenwände:**

- Die Außenwände werden aus 24 cm starkem Kalksandsteinmauerwerk (8 DF KS-R Plansteine, Maße: 24,8 cm Höhe, 24 cm Breite, 24,8 cm Länge) errichtet.
- Auf den Außenwänden wird ein 16 cm starkes Wärmedämmverbundsystem und ein 2 cm dicker Außenputz aufgebracht.
- In den feuchtebeanspruchten Bereichen kommt eine ebenfalls 16 cm dicke Perimeterdämmung zum Einsatz.
- Innen sind alle Wände mit einem Dünnputz (d = 1 cm) zu versehen.

**3.Dachkonstruktion:**

- Das Flachdach wird als Ortbetondecke mit einer Stärke von 20 cm aus Stahlbeton C25/30 ausgeführt. Dies umfasst auch die zugehörige Attika.
- Es ist eine Dachneigung von mindestens 2 Grad zu berücksichtigen.
- Es soll ein gedämmtes Flachdach mit Kiesschüttung errichtet werden.

**4.Stahlbeton:**

- Für sämtliche Stahlbetonbauteile wird eine geschätzte Bewehrungsmasse von 2450 kg angesetzt.

**5.Fußbodenaufbau:**

- Der Fußbodenaufbau besteht aus einem 8 cm starken Holzparkettaufbau. (Abdichtung, Trittschalldämmung 2 cm, Estrich 4 cm; Parkett ca. 2 cm)

**6.Fenster und Türen:**

- Jegliche Fenster sollen eine Rahmenbreite von 8 cm haben und wenn möglich als Drehkippfenster ausgeführt werden. Geplant sind:
- Zwei Fenster mit Zargenrahmen, bandseitigen Fenstergriffen und Fensterbrettern innen- und außenseitig.
- Ein Doppelfenster mit Dreh-Kipp-Flügeln, Fenstergriffen und ebenfalls beidseitigen Fensterbänken.
- Eine Glasür als Hebeschiebetür mit Griffstange und Rahmenbreite von 8 cm.
- Eine Außentür.

Ziel der Übung ist es, dieses vereinfachte Gebäude unter Berücksichtigung der beschriebenen baulichen Anforderungen zu modellieren, es ökobilanziell zu bewerten und nachhaltige Alternativen aufzuzeigen. Achten Sie auf die korrekte Umsetzung der Bauweise, Materialauswahl und Konstruktionsdetails. Viel Erfolg!

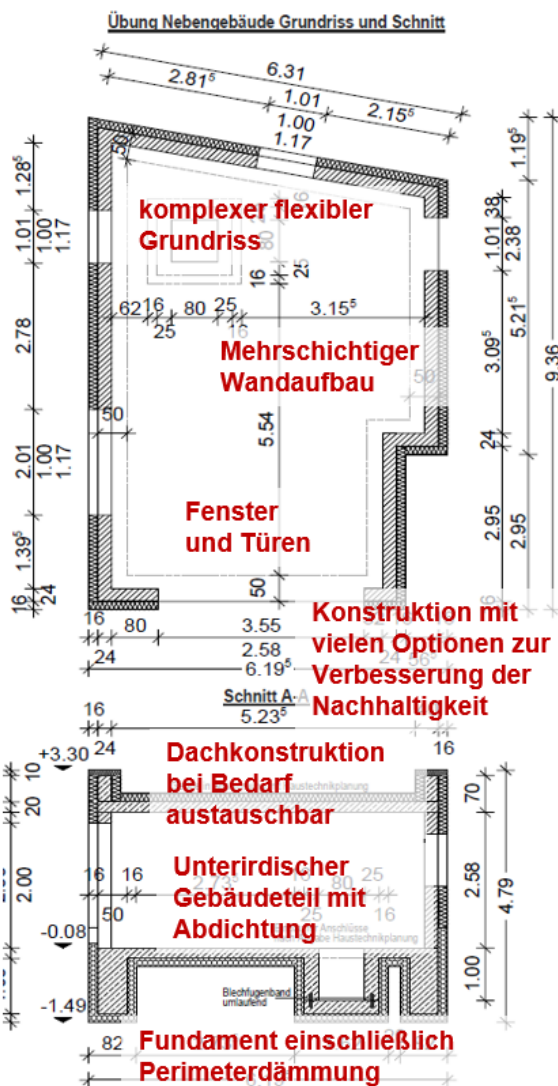


Abbildung 14: Nach Angaben entwickeltes Nebengebäude (links: Planung; rechts: Aufgabenstellung).

Ziel war es, ein Modell zu entwickeln, das nach der oben genannten Aufgabenstellung in Abbildung 14 von den Studierenden erstellt und durch die Erweiterung der Attribute um baubetriebliche (Bauplanung und Kosten) und nachhaltige Aspekte individualisiert werden sollte. Die Integration dieses Modells in die neu entstehende Vorlesung, innerhalb des Studium Generale, wurde im nachfolgenden AP6 bearbeitet und beschrieben.

**Arbeitspaket 6 Entwicklung neuer Lehrveranstaltungen sowie externer Seminare**

Im Rahmen von AP 6.1 wurde eine neue Lehrveranstaltung konzipiert und entwickelt, die den Fokus auf nachhaltiges Bauen bzw. Planen legt und einen vertieften Einblick in die Modellierung von Gebäudemodellen sowie deren ökobilanzielle Bewertung ermöglicht.

Zunächst wurden relevante Inhalte aus den vorangegangenen Arbeitspaketen analysiert, um diese gezielt durch die neuen Lehrformate zu ergänzen. Schwerpunkte der angepassten bestehenden Veranstaltungen waren die manuelle Berechnung von Ökobilanzen, die Auswahl einzelner nachhaltiger Konstruktionen und

Materialien sowie die Darstellung dieser Konstruktionen. Dementsprechend wurde der Schwerpunkt des neuen Moduls auf das Erlernen der Modellierung, der Attribuierung und der anschließenden modellbasierten ökobilanziellen Bewertung des **gesamten** Gebäudes mit Hilfe einer Software (One Click LCA) gelegt. Das Modul ist, wie in der nachfolgenden Abbildung 15 dargestellt, aufgebaut und umfasst vier Phasen, die sich über mehrere Vorlesungen erstrecken. Im Folgenden werden diese detailliert beschrieben und erklärt.

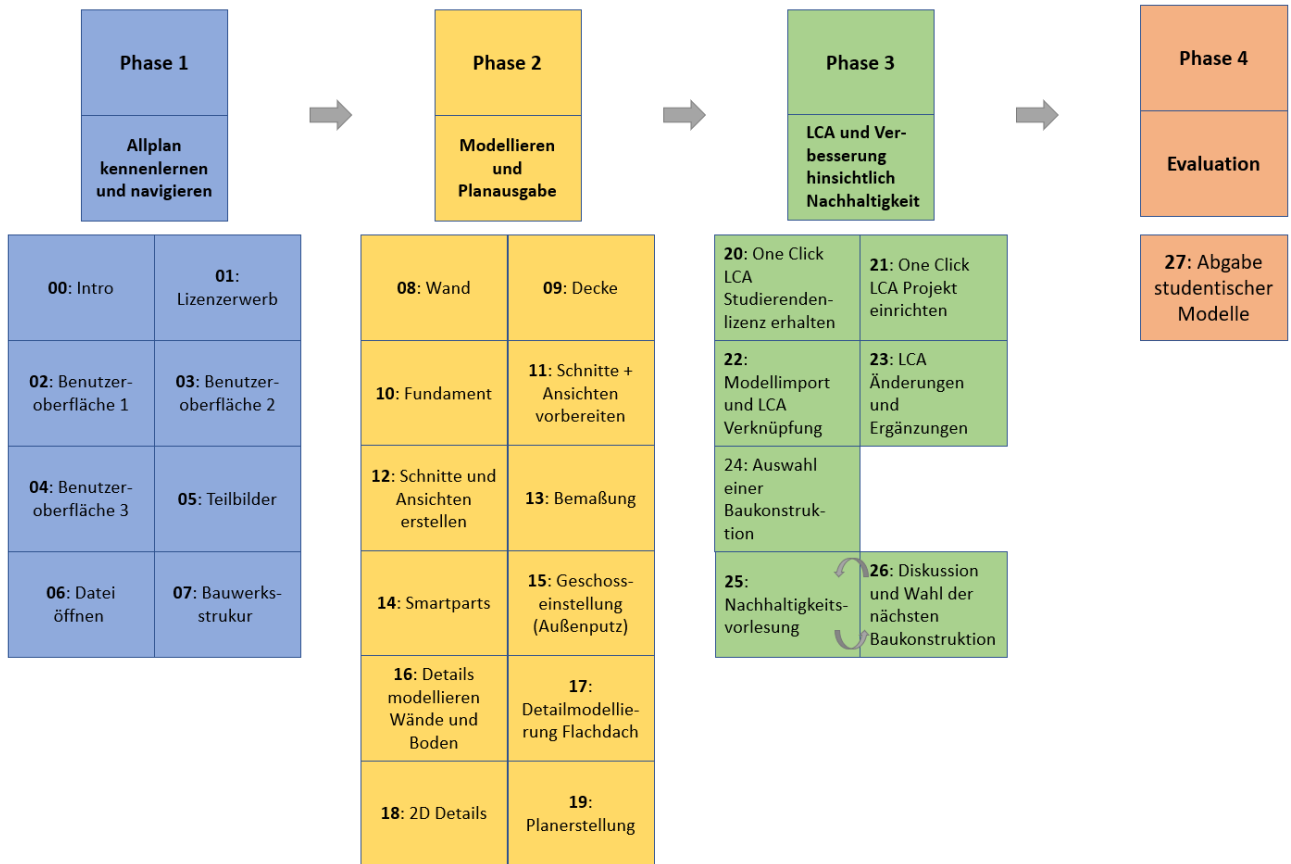


Abbildung 15: Überblick und Struktur der 27 Lektionen des neuen Moduls „Digitale Baukonstruktionen mit BIM für eine nachhaltige Bauweise in CAD“.

Innerhalb der Einführungsvorlesung (Lektionen 00 - 01) werden den Studierenden die theoretischen Grundlagen des Building Information Modeling (BIM) vermittelt. Hierbei wird insbesondere auf die kooperative Arbeitsweise und die modellbasierte Vorgehensweise, sowie die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus bis zum Rückbau von Bauwerken, eingegangen. Mittels des digitalen Gebäudemodells werden alle relevanten Informationen des Bauprojekts zentral gesammelt und können im Rahmen des Planungsprozesses wiederholt ökobilanziell bewertet werden. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, bereits in der Planungsphase Entscheidungen zu evaluieren und zu optimieren, mit dem Ziel, ein möglichst nachhaltiges Gebäude zu erhalten. Die Berücksichtigung der Nachhaltigkeit in jedem Schritt der Planungsphase wird den Studierenden als Modulziel auferlegt.

Im Anschluss beginnt das Modul wie in Abbildung 17 dargestellt, mit der Auswahl der Software, die auf Nemetschek Allplan fiel und erläutert wie die Studierendenlizenz beantragt wird. Darauffolgend wird die Benutzeroberfläche erklärt, sodass die Studierenden eine grundlegende Navigation durch das Programm erlernen.

In den Tutorials werden die wichtigsten Konstruktions- und Modifikationsfunktionen Schritt für Schritt demonstriert.

Das Erlernen des Aufbaus von BIM-Modellen ist eine Aufgabe, die je nach Person mehr oder weniger Zeit in Anspruch nimmt. Um individueller auf die Bedürfnisse der Studierenden eingehen zu können, wurde daher entschieden, die Handhabung der Modellierungssoftware über kompakte Videotutorials zu vermitteln. Sie sollen den Einstieg erleichtern, da die Lerninhalte individuell an das eigene Lerntempo angepasst werden können, sich mit einer beliebigen Anzahl an Wiederholungen Fachwissen angeeignet und gezielt auf bestimmte Themenbereiche zugreifen werden kann, ohne an feste Veranstaltungszeiten gebunden zu sein.

Eine Besonderheit von Nemetschek Allplan ist die Projektorganisation in Teilbildern und Layern, die im weiteren Verlauf des Moduls erklärt und demonstriert wird. Vor der ersten Erstellung eigener Modelle werden den Studierenden das Einfügen eines Plans sowie das Anlegen einer Bauwerksstruktur vermittelt. Letztere unterteilt das Gebäude in verschiedene Geschosse und ermöglicht es so, Elemente wie Wände o. ä. in ein Geschoss "einzubauen". Bei einer späteren Änderung der Geschosshöhe erfolgt eine automatische Anpassung des Modells an die geänderte Geschosshöhe per Programm.

00: Intro	01: Lizenzerwerb	02: Benutzeroberfläche 1	03: Benutzeroberfläche 2	04: Benutzeroberfläche 3	05: Teilbilder	06: Datei öffnen	07: Bauwerksstruktur
-----------	------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------	------------------	----------------------

Abbildung 16: Detailablauf Phase 1 des Moduls inklusive Screenshots zu den einzelnen Lektionen.

Anschließend lernen die Studierenden erste Bauteile zu konstruieren. Sie beginnen mit einem zweischaligen Wandaufbau (Mauerwerk und Dämmschicht) inklusive Tür- und Fensteröffnungen. Analog zu den Wänden lernen die Studierenden anhand des zu entwerfenden Gebäudemodells auch Decken und Fundamente (Streifenfundamente) auszuführen. Bei allen erstellten Bauteilen wird bereits von Beginn an darauf geachtet, einige Attribute wie beispielsweise Materialität zu hinterlegen, um diese im Verlauf des Moduls oder späterer Module nutzen und/oder verändern zu können. (vgl. Abbildung 18)

08: Wand	09: Decke	10: Fundament	11: Schnitte + Ansichten vorbereiten	12: Schnitte und Ansichten erstellen	13: Bemaßung
----------	-----------	---------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------

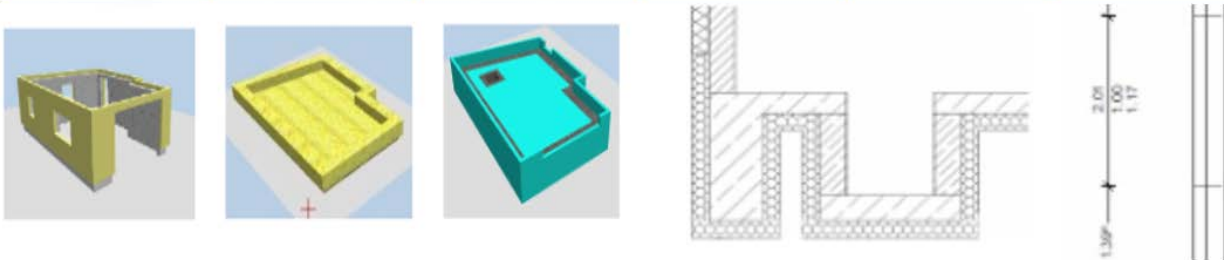


Abbildung 17: Detailablauf der Modellierung inklusive Screenshots zu den jeweiligen Lektionen.

In den folgenden Lektionen lernen die Kursteilnehmer, wie das Modell verwendet werden kann, um Schnitte und Ansichten zu generieren und diese zu bemaßen und zu beschriften.

Fenster und Türen als Elemente korrekt in das Modell zu integrieren wird in der Lektion 14 Smartparts vermittelt, bevor in den folgenden Vorlesungen Außenputz, Innenputz und Fußbodenaufbau gestaltet werden. Daraufhin erlernen die Studierenden die detaillierte Flachdachmodellierung mit Attika, Dachschichten und Dachneigungseinstellungen.

Auf Basis des Modells lernen die Studierenden wie man aus den 3D-Modellen 2D-Schnitte erstellt.

Im weiteren Fortgang lernen die Studierenden mithilfe aller bis dahin erstellten Materialien, Ausführungspläne zu generieren und diese auszugeben. (Vgl. Abbildung 18)

14: Smartparts	15: Geschosseinrichtung (Außenputz)	16: Details modellieren Wände und Boden	17: Detailmodellierung Flachdach	18: 2D Details	19: Planerstellung
----------------	-------------------------------------	---	----------------------------------	----------------	--------------------

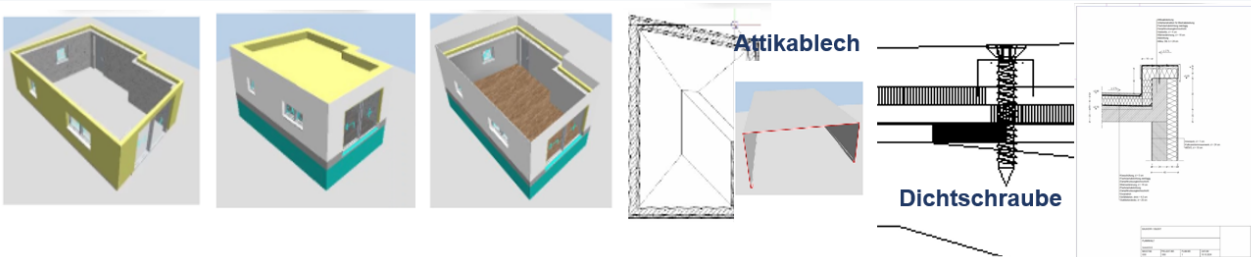


Abbildung 18: Detailablauf der zweiten Vorlesungsphase inklusive Screenshots aus den Lektionen.

Um aufkommende Fragen der Studierenden adäquat bearbeiten zu können, werden zusätzliche Seminare angeboten, in welchen die Tutorials gemeinsam bearbeitet werden können. Zudem geht ein Dozent auf individuell auftretende Probleme ein.

Die Tutorial-Reihe umfasst 23 Videos der Lektionen 01 bis 23, die jeweils einheitlich aufgebaut sind.

1. Titel und Einleitung geben an, welches Thema und welche Funktionen erklärt werden, wenn möglich wird das Ergebnis der Übung gezeigt.
2. Die Funktionen werden gezeigt und alle relevanten Eingabemöglichkeiten erklärt.
3. Die Funktionen werden angewendet.
4. Kurze Zusammenfassung des Erlernten und Ausblick für welche weiteren Anwendungen die Funktionen ggf. noch genutzt werden können.

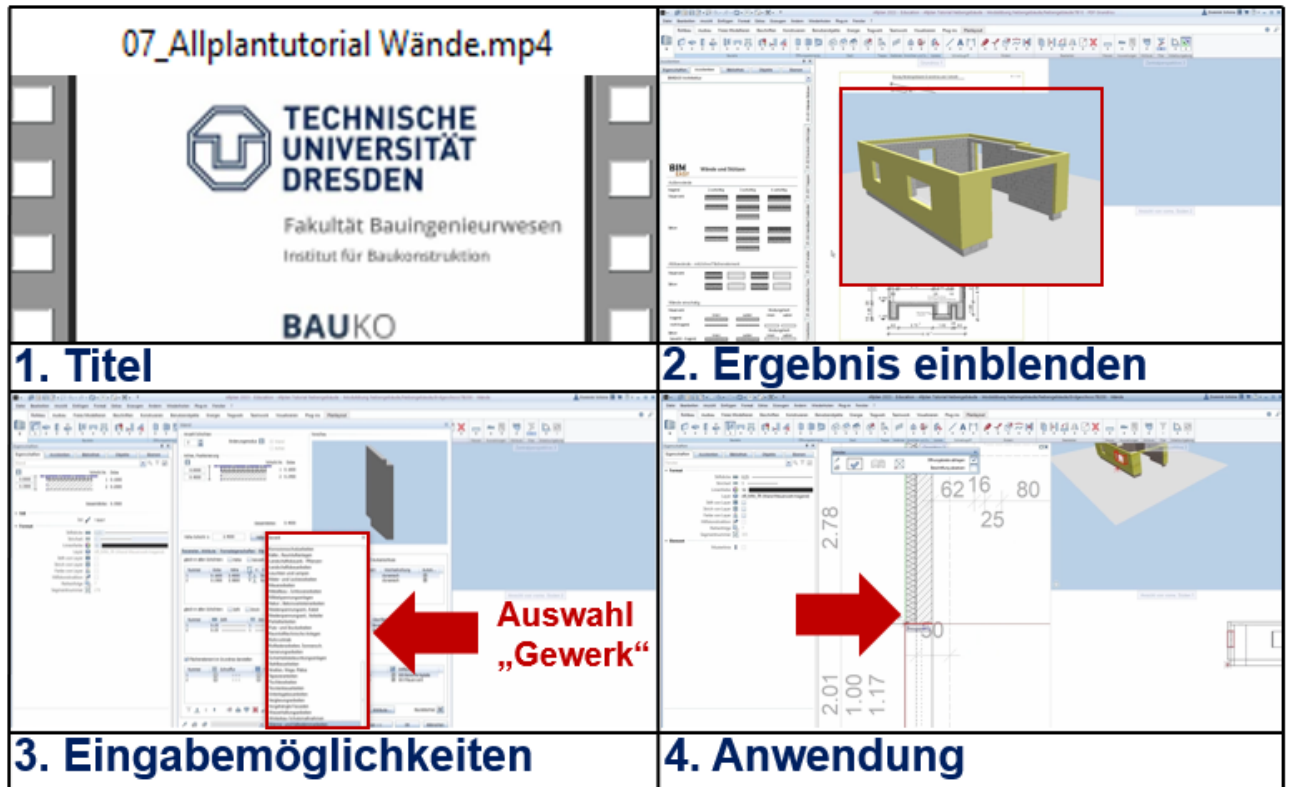


Abbildung 19: Beispielscreenshots aus entwickeltem Wandtutorial (l. o.: Titel, r. o.: Ergebnis einblenden, l. u.: Eingabemöglichkeiten und r. u.: Anwendung auf Übungsgebäude.

Nach Abschluss der Tutorial- und Seminarreihe verfügen die Studierenden über ein fertiges BIM-Modell, womit die dritte Phase des Moduls, die modellbasierte Ökobilanzierung beginnen kann.

Ähnlich wie bereits in Phase 1 und Phase 2 soll auch hier mithilfe von Tutorials die ökobilanzielle Bewertung des erstellten Gebäudemodells erfolgen. Für die Durchführung wurde das Programm OneClick LCA ausgewählt, da es eine direkte Schnittstelle zu Nemetschek Allplan aufweist und die Hersteller einen kostenlosen Studierendenzugang bereitstellen. Die Studierenden werden über vier Tutorials in die Benutzung des Programms eingewiesen.

Nach Erhalt der Studierendenlizenz wird demonstriert, wie das ab 2024 nutzbare Plugin innerhalb der Allplan-Benutzeroberfläche zum direkten Import des Modells verwendet werden kann. Im Anschluss werden die Bauteile mit den entsprechenden Ökobilanzdaten verknüpft, um eine erste Bewertung zu erhalten, wie sie beispielsweise in Abbildung 21 zu sehen ist.

Die Ergänzung der Eingabedaten sowie das Einfügen weiterer Materialien und deren Mengen erfolgt im letzten separaten Tutorial des Kurses. Eingaben wie beispielsweise die zuvor nur in 2D eingetragene Abdichtungsebenen sollen hier ergänzt werden, um eine möglichst realistische Ökobilanz zu erhalten. Auch der Austausch von generischen zu spezifischen Ökobilanzdatensätzen wird demonstriert. Es soll den Studierenden vermittelt werden, dass selbst bei nachwachsenden Materialien wie z. B. Holz je nach Hersteller Umwelteinwirkungen stark schwanken können und Faktoren wie unterschiedliche Herstellungsverfahren und Lieferwege entscheidenden Einfluss auf die Gesamtumweltwirkung haben.

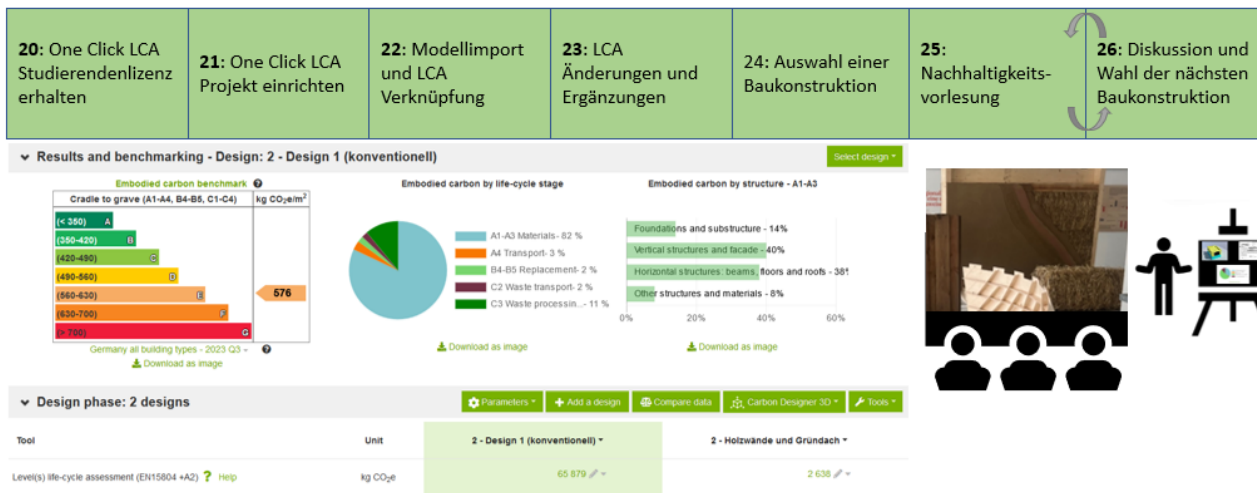


Abbildung 20: OneClickLCA Tutorials des Moduls chronologisch angeordnet.

Im Anschluss an den "OneClickLCA"-Schritt verfügen alle Modulteilnehmer über eine Ökobilanz für das Tutorialgebäude. Die sich darauf aufbauende Aufgabenstellung des Moduls führt zu einer nachhaltigen Transformation der Gebäudeplanung.

Die Abbildung 22 veranschaulicht die hierfür von den Studierenden genutzte Funktion „Most contributing materials“. So lernen die Kursteilnehmer am eigens erstellten Gebäudemodell, dass die massiven Tragstrukturen des Gebäudes, wie Dach, Fundament und das Mauerwerk, die größten Einsparpotenziale aufweisen. In der darauffolgenden Vorlesung wurden diese Ergebnisse gemeinsam diskutiert und anschließend alternative Optionen, wie beispielsweise nachhaltige/betonreduzierte Gründungen und nachhaltige Tragstrukturen (z. B. Holzständerbauweise), erörtert.

**Most contributing materials (Global Warming Potential fossil)**



No.	Resource	Cradle to gate impacts (A1-A3)	Of cradle to gate (A1-A3)
1.	Sand-lime brick, 2000 kg/m <sup>3</sup> , EN15804+A2, ref. year 2022	5,1 tonnes CO <sub>2</sub> e	19.8 %
2.	Ready-mix concrete, normal strength, generic, C25/30 (3600/4400 PSI) with 17.5 lbs/ft <sup>3</sup> total cement)	4,2 tonnes CO <sub>2</sub> e	16.3 %

↓

## Skelettbauweise

**Konzept:**  
Vertikaler Lastabtrag geradlinig entlang des Stützenrasters (Systematisierung der Gebäudestruktur)

- Ausfachungsbauteile mit nachhaltigen Dämmstoffen z.B. Hanfkalk oder Holzfaserdämmung
- Eine flexible Raumgestaltung durch Trockenbau und mögliche Umnutzung (soziale Nachhaltigkeit)
- Durch eine geradlinige Lastweiterleitung und sinnvoll gewählte Spannweiten kann materialsparender (effizienter) geplant werden

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN**

**BAUKO**

Wandkonstruktionen  
Institut für Baukonstruktion / Jan Ebert  
Dresden, BIW1-01 Vorlesung

Folie 11

Abbildung 21: OneClick LCA Funktion „Most contributing materials“ und deshalb eingesetzten Beispielfolien für die darauffolgende Vorlesung.

Es ist nicht die Intention, den Studierenden einen expliziten Lösungsweg vorzugeben, sondern sie mit den notwendigen Informationen und Methoden zu versorgen, sodass sie anschließend selbst Konzepte erstellen und eigene Planungen entwerfen können. Das Ziel besteht darin, verschiedene nachhaltige Gebäudeplanungen studentischer Gruppen zu erhalten, die am Ende der dritten Phase innerhalb der Vorlesung diskutiert werden, um das erworbene Wissen zu erproben und zu festigen.

Zu diesem Zweck konnte ein 3D-Drucker erworben werden, der von den Studierenden genutzt wird, um ihre Planungen und CAD/BIM-Modelle als physische Objekte umzusetzen. Diese Modelle werden anschließend für Präsentationen und Diskussionen im Rahmen der Vorlesungen und Gruppenarbeiten genutzt.

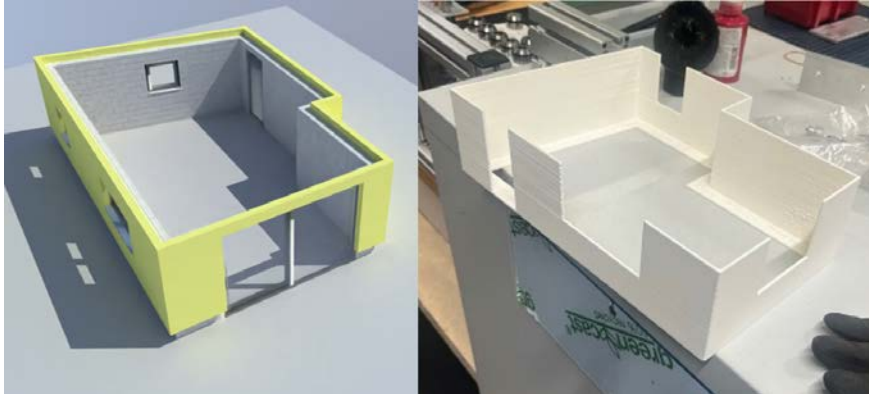


Abbildung 22: Beispielhafte Darstellung eines studentischen 3D-Druckmodells, links: BIM Modell Grundriss, rechts: gedruckter Grundriss.

Die Abbildung 22 zeigt den Grundriss des Übungsgebäudes der Studierenden. Auf der linken Seite ist das BIM-Modell dargestellt, wie es zu Beginn der Vorlesung präsentiert und gemeinschaftlich modelliert wird. Auf der rechten Seite ist eine erste 3D-gedruckte Variante von Studierenden zu sehen, bei der die Fenster- und Türflächen energetisch modifiziert wurden.

Zuletzt soll mittels einer Prüfungsleistung, bzw. bewerteten Abgabe, das angeeignete Wissen der Studierenden und damit auch der Erfolg des Moduls und seiner Tutorials bestimmt werden. Hierfür erhalten die Studierenden eine Aufgabenstellung die in zwei Teilbereiche unterteilt ist:

1. Abgabe der konventionellen Planung inklusive der zugehörigen Ökobilanz. Bei dieser Anforderung mussten die Studierenden nur den Modellierungsanweisungen der ersten beiden Phasen folgen. So konnte in dieser ersten Ebene überprüft werden, ob und inwieweit die Tutorials voll funktionsfähig sind und ob ein fertiges Modell inklusive Bewertung reproduziert werden kann. Es konnte sichergestellt werden, dass die Studierenden den Tutorialvideos gut folgen konnten und keine technischen Hard- oder Softwarehürden auftraten.
2. Auf Basis der Erkenntnisse der Ökobilanz der konventionellen Planung wurde eine Optimierung der Planung vorgenommen, um diese nachhaltiger zu gestalten. Die Vorschläge der Studierenden sollen sowohl als schriftliche Erläuterung als auch als planerischer Vorschlag abgegeben werden. Mit dieser Aufgabe konnte überprüft werden, ob Konzepte für nachwachsende und nachhaltige Alternativen verstanden und Lösungswege gefunden wurden. Mithilfe der abgegebenen Umplanung des Gebäudes konnte nachgewiesen werden, dass die Studierenden nach Abschluss des Moduls in der Lage sind eigenständige Modellierungen vorzunehmen und Konstruktionen zu entwerfen.

Im Arbeitsschritt 6.3 sollten neue Lehrveranstaltungen erarbeitet werden, welche die Besonderheiten von nachwachsenden Rohstoffen aus baubetrieblicher Sicht hervorheben und den Studierenden näherbringen. Die in diesem Schritt erarbeitete Vorlesungreihe setzt den Schwerpunkt auf die Thematik der Ökobilanzierung. Die Methode der Ökobilanz kann genutzt werden, um ökologische Vorteile von nachwachsenden Rohstoffen zu quantifizieren. Das macht die Ökobilanzierung für die Studierenden und zukünftigen Planenden zu einem unverzichtbaren Werkzeug, um Planungsentscheidungen nach ökologischen Gesichtspunkten treffen zu können. Somit soll der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen nachhaltig gestärkt werden.

Im Modul BIW3-06 wurde das Stoffgebiet „Ökobilanzierung“ integriert. Hierfür wurde ein Lehrkonzept erarbeitet, welches den Studierenden innerhalb eines Semesters (ca. 15 Wochen) die Grundlage bietet, die Ökobilanz theoretisch zu verstehen und anschließend praktisch anzuwenden. Zur Erarbeitung der theoretischen Grundlagen wurden insbesondere die gültigen Normen und Zertifizierungssysteme verwendet. Für die praktische Anwendung wurden verschiedene Programme eingesetzt, um den Studierenden eine umfassende Basis von der händischen bis zur BIM-basierten Ökobilanzierung zu vermitteln.

Die Lehrveranstaltungen wurden weiterhin genutzt, um den Studierenden mittels der Ökobilanz die Vorteile von nachwachsenden Rohstoffen im Bauwesen aufzuzeigen, den Einsatz konventioneller Baustoffe kritisch zu hinterfragen und ein Verständnis dafür zu schaffen, wann der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen sinnvoll ist. Weitere baubetriebliche Aspekte wurden in Teilen integriert. So kann im Zuge eine Ökobilanz auch eine Lebenszykluskostenbetrachtung stattfinden, da beide Berechnungen die gleiche Datenbasis nutzen. Folgend wurden neben der ökologischen Nachhaltigkeit auch die ökonomische Nachhaltigkeit in der Lehrveranstaltung berücksichtigt und in Ansätzen vermittelt.

Im Folgenden werden die Inhalte der einzelnen Lehrveranstaltungen abgebildet:

Nr.	Titel	Inhalte
1	Einführung	<p>In der Einführungsveranstaltung wird anfangs der Status Quo im Bauwesen hinsichtlich der Auswirkung auf die Umwelt erläutert und daraus die Notwendigkeit des Einsatzes der Ökobilanzierung abgeleitet. Die historische Entwicklung der Methode wird abgebildet, ebenso die Vorteile der Ökobilanzierung für verschiedene Akteure (Bauherren, Planende, Investoren). Die Studierenden sollen gleich zu Beginn die Funktion und die positiven Aspekte der Ökobilanzierung verinnerlichen, den Hintergrund und die Notwendigkeit verstehen.</p> <p>Im zweiten Schritt wird der Bereich der Nachhaltigkeitsbewertung ganzheitlich aufgegriffen. Neben der Ökobilanzierung gibt es weitere Methoden, um Nachhaltigkeit zu bewerten, um auch ökonomische und soziale Aspekte zu integrieren und verschiedene Betrachtungstiefen abdecken zu können. Die Ökobilanz wird in das Spektrum der Methoden der Nachhaltigkeitsbetrachtung eingeordnet, sodass den Studierenden ersichtlich wird, für welche Anwendungsfälle die Methode der Ökobilanzierung geeignet ist. Die Studierenden sollen verstehen, dass die Ökobilanzierung lediglich die ökologische Nachhaltigkeit auf Produktebene beschreiben kann. Daneben soll vermittelt werden, dass es parallel dazu auch Ansätze gibt, die die Nachhaltigkeit von verschiedenen Systemen (z.B. eines Wirtschaftssektors oder einer ganzen Volkswirtschaft) hinsichtlich verschiedener Aspekte bewerten können (LCSA).</p> <p>Anschließend werden die Studierenden knapp mit dem Lebenszyklus von Gebäuden vertraut gemacht. Im engen Austausch zwischen dem IBB und BAUKO wurden die Lehrinhalte dahingehend abgestimmt, dass die Lehrveranstaltung auf den Grundlagen aus dem ersten Studienjahr aufbaut.</p> <p>Zuletzt werden in dieser Einführungsvorlesung die Umweltindikatoren thematisiert. Dabei werden folgende Indikatoren benannt und erläutert: Primärenergiebedarf (PENRT), Treibhauspotenzial (GWP), Potenzial zur Verknappung abiotischer Ressourcen (ADP), Versauerungspotenzial (AP), Ozonabbaupotenzial (ODP), Überdüngungspotenzial (EP), Sommersmogpotenzial (POPC). Für die einzelnen Indikatoren werden die zugrunde liegenden Vorgänge in der Umwelt, die Auswirkungen auf die Umwelt, die Einheit, in der der Umweltindikator in der Ökobilanz berechnet wird und ggf. die Entwicklung der Auswirkung in den letzten Jahrzehnten und die entsprechenden festgelegten Ziele erläutert. Die Umweltindikatoren wurden anhand von anschaulichen Beispielen aus dem Alltag erläutert, sodass die Studierenden einen direkten Bezug zu den Umweltauswirkungen aufbauen können und den Grund für die Einbeziehung in die Bilanz zu verstehen.</p>
2	Grundlagen der Ökobilanzierung	<p>Die zweite Vorlesung befasst sich vollumfänglich mit den theoretischen Grundlagen der Methode der Ökobilanzierung. Zugrunde liegen die Inhalte der DIN EN ISO 14040/14044, welche keine bauspezifische Norm ist, sondern die Methode für alle Anwendungsfälle standardisiert. Die Vorlesung vermittelt die Inhalte der Norm zuerst allgemein, jedoch werden immer Beispiele mit baubezug integriert, um den Studierenden die Anwendung in der Baupraxis zu erleichtern. In dieser Vorlesung steht der standardisierte Aufbau der Ökobilanzierung in den vier Phasen (Festlegung des Ziels und des Rahmens, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung) im Mittelpunkt. Die Studierenden lernen, welche Aufgaben in welchen Phasen erledigt werden müssen und wie die Phasen untereinander verbunden und voneinander abhängig sind. Die theoretischen Grundlagen werden in jeder Phase mit Beispielen aus der Baupraxis verständlich dargestellt.</p> <p>Diese Vorlesung und deren Inhalte sind in der gesamten Vorlesungsreihe von besonderer Bedeutung, da hier die Grundlagen abgebildet werden, welche für die Erarbeitung von Ökobilanzen notwendig sind.</p>

		<p>Die Phase 1 „Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens“ nimmt eine besonders entscheidende Rolle ein, da hier die Randbedingungen, die Ziele u.v.m. der zu berechnenden Bilanz festgelegt werden. Um diese Phase verständlich zu vermitteln, findet am Ende der Lehrveranstaltung eine Übung statt. In dieser Übung sollen die Studierenden zwei verschiedene Gebäude (Einfamilienhaus, öffentliches Verwaltungsgebäude) hinsichtlich der möglichen Ziele der Ökobilanz und des Untersuchungsrahmens untersuchen. Das Ziel ist es, die Inhalte der ersten Phase mittels des Anwendungsbeispiels zu verinnerlichen und besser zu verstehen. Des Weiteren sollen die Unterschiede der Ökobilanz bei verschiedenen Gebäudetypen, verschiedenen Bauherren usw. deutlich werden. Infolge der Übung kamen von seitens der Studierenden viele Rückfragen, was dazu führte, dass Unklarheiten, welche sich aus den Vorlesungsinhalten ergeben, sichtbar gemacht und geklärt werden können. Die Interaktion mit den Studierenden kann genutzt werden, um die Inhalte für die kommenden Jahrgänge zu verbessern und auszubauen.</p>
3	Normen und Richtlinien	<p>In der dritten Vorlesung steht die Norm DIN EN 15978 „Nachhaltigkeit von Bauwerken – Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode“ im Fokus. Diese Norm ist die Grundlage für Planende im Bauwesen, die Ökobilanzen von Gebäuden berechnen. Die Norm vermittelt eine vollumfängliche Anleitung für die Ökobilanzierung im Bauwesen. Sie baut auf die allgemeinen Grundlagen der DIN EN ISO 14040/14044 auf und beschreibt eine auf Bauwerke spezifizierte Rechenmethode für die Ökobilanz. Die Lehrveranstaltung zielt darauf ab, die wichtigsten Inhalte der Norm zusammenzufassen, verständlich aufzubereiten und den Studierenden einen Überblick über die standardisierte Methode zu geben. Weiterhin sollen die Studierenden angeregt werden, sich selbstständig mit der Norm zu befassen. Neben dieser Norm gibt es viele weitere Normen, die für die Ökobilanzierung im Bauwesen relevant sind – diese werden zu Anfang der Vorlesung benannt, jedoch nicht vertieft thematisiert.</p> <p>Zu Beginn der Vorlesung wird der Ablauf einer Ökobilanz abgebildet, der Gebäudelebenszyklus, welcher für die Ökobilanz verwendet wird, mit allen Lebenszyklusmodulen aufgezeigt und allgemeine Rahmenbedingungen wie der Begriff des Bewertungsgegenstands, das funktionale Äquivalent sowie der Betrachtungszeitraum gebäudespezifisch definiert.</p> <p>Die weitere Vorlesung gliedert sich in die zwei großen Hauptteile: Systemgrenzen und Szenarien. Hier werden die Vorgaben der DIN EN 15978 hinsichtlich dieser beiden Themen detailliert entlang des Lebenszyklus abgebildet. Das Ziel besteht darin, den Studierenden aufzuzeigen, welche Vorgänge, Bauteile, Materialien usw. in die Betrachtung einbezogen werden und was sich außerhalb der Systemgrenzen befindet (nicht in die Bilanz einbezogen wird). Weiterhin findet das Thema der Szenarien des Gebäudelebenszyklus Beachtung. Bei einer Ökobilanz müssen häufig umfangreiche Annahmen über Prozesse im Lebenszyklus eines Gebäudes getroffen werden. Den Studierenden werden die Vorgaben der Norm aufbereitet. Sie sollen angeregt werden, sich realistische Szenarien für den Gebäudezyklus zu überlegen und zu verstehen, welchen Unsicherheiten und Annahmen die Lebenszyklusbetrachtung unterliegt.</p> <p>Zuletzt werden die Vorgaben der Norm hinsichtlich des Gebäudemodells und der Quantifizierung des Gebäudes dargelegt.</p>
4	Umweltdaten und Environmental Product Declaration	<p>In dieser Vorlesung wird das Thema der Datengrundlage für Ökobilanzierungen aufgegriffen. Für die Berechnung einer Ökobilanz müssen Umweltdaten aus Datenbanken oder EPDs bezogen werden, welche standardisiert und geprüft durch Hersteller oder andere Institutionen wie Forschungseinrichtungen zur Verfügung gestellt werden.</p> <p>Zu Beginn der Vorlesung werden die verschiedenen Arten von Umweltdeklarationen vorgestellt und voneinander abgegrenzt. Die</p>

weitere Lehrveranstaltung bezieht sich auf Umweltdeklarationen des Typs III „Umweltproduktdeklarationen“ oder „Environmental Product Declarations“ (EPDs) und auf den Bezug von Umweltdaten aus Datenbanken.

Im Vorlesungsteil zu EPDs wird deren Erstellungsprozess und standardisierter Inhalt detailliert erläutert. Den Studierenden werden Beispiele von Umweltdeklarationen gezeigt und deren Inhalte und Aufbau erläutert. Bei der Auswahl der gezeigten Datenblätter wurde Wert daraufgelegt, Daten von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen zu wählen.

Der folgende Teil befasst sich mit Datenbanken für Umweltdaten, insbesondere der Ökobaudat. Hier werden die verschiedenen Arten von Datensätzen sowie deren Unterschiede und Anwendungsfälle erläutert. Weiterhin wird die Benutzeroberfläche der ÖKOBAUDAT gemeinsam mit den Studierenden erschlossen.

Die Veranstaltung endet mit einer Übung, in welcher die Studierenden selbstständig Datensätze von verschiedenen Dämmstoffen aus der Ökobaudat auswählen und die Umweltauswirkungen der Herstellungsphase miteinander vergleichen sollen. Hierfür steht den Studierenden eine Excel-Tabelle zur Verfügung. Die eingegebenen Daten werden in Excel automatisch zu einem Netzdiagramm formatiert, in welchem die Umweltwirkungen der einzelnen Dämmstoffe visuell miteinander verglichen werden können (siehe Abbildung 23.) Die Studierenden sollen lernen mit der Ökobaudat und den darin hinterlegten Umweltdaten umzugehen und diese zu Vergleichszwecken von Baustoffen/Bauprodukten zu nutzen. Diese Übung soll zeigen, dass Ökobilanzen in der Praxis als einfache Entscheidungshilfe dienen können, um sich für ökologisch vorteilhafte Produkte entscheiden zu können. Weiterhin soll aufgezeigt werden, dass der Vergleich von Bauprodukten hinsichtlich ihres ökologischen Aspektes komplex ist, da es nicht „das ökologische Produkt“ gibt, sondern Produkte auch aus ökologischer Perspektive Vor- und Nachteile haben können. Für den Vergleich von Dämmstoffen, welcher als Beispiel dient, wurden Dämmstoffe aus konventionellen und aus nachwachsenden Materialien miteinander verglichen. Aus dem gezeigten Beispiel wird ersichtlich, dass die Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen viele ökologische Vorteile im Vergleich zu den konventionellen Materialien bieten.

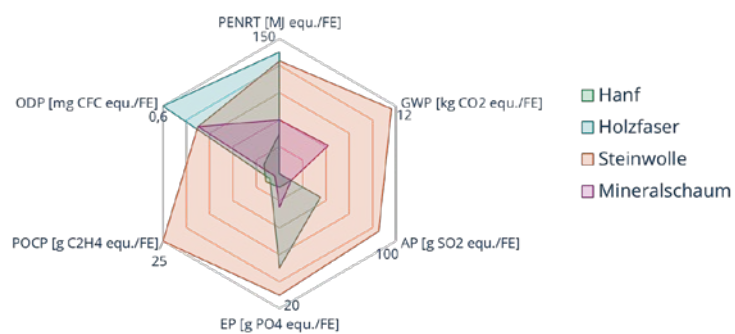


Abbildung 23: Auszug Vorlesung 4 - Übung zum Vergleich von Dämmstoffen hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen der Herstellungsphase.

5 Berechnungsgrundlagen und Zertifizierungssysteme

In der 5. Vorlesung zu Berechnungsgrundlagen und Zertifizierungssystemen wird die Grundlage für eine eigenständige Berechnung einer Gebäudeökobilanz durch die Studierenden geschaffen. Hierfür wird der in der DIN EN 15978 beschriebene Berechnungsansatz abgebildet und erläutert.

Anschließend werden die Rechenmethoden der wichtigsten Zertifizierungssysteme aufgezeigt. Diese bilden eine praxis- und anwendungsorientierte Ergänzung zu der theoretischen Grundlage der Norm. Um die Rechenregeln der Systeme einzuleiten, werden vorab die verschiedenen Zertifizierungssysteme für nachhaltiges Bauen

		<p>vorgestellt. Für die detailliertere Vorstellung der Ansätze wurden Systeme gewählt, die in der Bundesrepublik Deutschland einen besonders hohen Stellenwert haben. Dazu gehören das System der DGNB, das BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen) und das QNG (Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude). Diese Systeme bilden ein ausreichend großes Anwendungsspektrum ab und ähneln sich in ihren Berechnungsgrundsätzen für Ökobilanzen.</p> <p>Zunächst wird den Studierenden der Zweck und die Vorteile von Zertifizierungssystemen für Nachhaltiges Bauen dargelegt. Anschließend werden die einzelnen Systeme vorgestellt und die wichtigsten Bewertungskriterien abgebildet. Es wird deutlich, dass die Ökobilanz in allen Zertifizierungssystemen eine wichtige Rolle spielt, was die Bedeutung der Ökobilanz im Allgemeinen unterstreicht.</p> <p>Zuletzt werden am Beispiel des QNG die Berechnungsgrundlagen für Wohngebäude detailliert erläutert. Hierfür werden die wichtigsten Inhalte und Vorgaben des Siegeldokuments „Anhangdokument 3.1.1 LCA-Bilanzregeln Wohngebäude“ erläutert. Die Erläuterungen und Inhalte bauen auf den Vorgaben der DIN EN 15978 auf. Den Studierenden soll aufgezeigt werden, dass es anwendungsorientierte Hilfsmittel und Erklärungshilfen zu den sehr detaillierten und teilweise offenen Vorgaben der Normen gibt, um Ökobilanzen zu berechnen. Das vorgestellte Siegeldokument ist ein Beispiel für eine solche Hilfestellung. Die Vorgaben der Norm werden anwendungsorientiert eingegrenzt, beispielsweise in der Auswahl der zu betrachtenden Lebenszyklusmodule und bieten den Planenden somit eine Basis für eine Berechnung der Umweltauswirkungen in einem angemessenen Rahmen.</p> <p>Den Studierenden soll nach dieser Lehrveranstaltung bewusst sein, dass es verschiedene Rahmen für die Berechnung der Ökobilanzierung gibt. Je nach dem Kontext, in welchem die Ökobilanz berechnet wird, sind verschiedene Regeln zu beachten. Weiterhin sollen die Studierenden lernen, welche Grenzen für eine Gebäudeökobilanzierung sinnvoll sind.</p>
6	Übung: Ökobilanz eines Gebäudes	<p>In dieser Lehrveranstaltung wird das bisher vermittelte Wissen durch die Studierenden selbstständig angewandt. Hierfür wurde eine Übung konzipiert, in welcher die Teilnehmenden anhand eines kleinen Beispielgebäudes mit vorgegebenen Bauteilaufbauten eine Ökobilanz mittels Excel berechnen sollen.</p> <p>Das Beispielgebäude liegt in einer vereinfachten Form vor, verfügt jedoch über alle relevanten Bauteile: Außenwände, Gründung und Bodenplatte, Dach, Tür und Fenster. Die Bauteilaufbauten werden vorgegeben. Die Bauteile setzen sich aus konventionellen Baumaterialien zusammen, sodass das Beispielgebäude über eine Bodenplatte mit XPS-Dämmung, KS-MW-Außenwände mit WDVS und einem Stahlbeton-Flachdach mit EPS-Dämmung verfügt. Für diese erste Übung werden bewusst Materialien aus nicht nachwachsenden Rohstoffen vorgegeben, um für die späteren Übungen eine Vergleichsgrundlage zu erarbeiten.</p> <p>Die erste Berechnung im Rahmen der Vorlesungsreihe findet mittels einer Excel-Tabelle statt, um die Berechnungsschritte der Ökobilanz vollständig nachvollziehen zu können. Hierfür wird den Studierenden eine Vorlage zur Verfügung gestellt, in der die Mengen der einzelnen Materialien sowie die Umweltdaten für die ausgewählten Lebenszyklusmodule eingetragen werden können und sich daraus mittels Multiplikation und Addition die Umweltauswirkungen der einzelnen Lebenszyklusmodule für die Bauteile berechnen. Die notwendigen Umweltdaten werden der Ökobaudat entnommen.</p> <p>Am Ende der Veranstaltung bekommen die Studierenden eine Musterlösung zur Verfügung gestellt, um die selbstständig berechneten Ergebnisse abgleichen zu können.</p>

		<p>Das in dieser Übung gewonnene Verständnis für die grundständige Berechnung von Ökobilanzen soll den Studierenden helfen, auch bei der Verwendung komplexer Hilfsprogramme die hintergründigen Rechenprozesse zu verstehen und auf diese Weise die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen und beeinflussen zu können.</p>
7	Übung: eLCA-Tool	<p>Die zweite Übung baut auf die vorangegangene Übung auf. In dieser Veranstaltung sollen die Studierenden die Ökobilanz für das gleiche Gebäude wie in der vorangegangenen Übung mittels des kostenfrei verfügbaren eLCA-Tools berechnen.</p> <p>Das eLCA-Tool wird durch das BBSR betrieben und findet primär Verwendung für die Berechnung der Umweltauswirkung von Bauteilen und Gebäuden im Rahmen des BNB-Systems. Zu Beginn der Veranstaltung werden den Studierenden die theoretischen Grundlagen hinter dem Programm erläutert, also die Struktur, nach der das Programm funktioniert.</p> <p>Anschließend wird den Studierenden die Vorgehensweise und Verwendung des Programms anhand eines Bauteils aufgezeigt. Die restlichen Bauteile werden von den Studierenden selbstständig in das Programm integriert.</p> <p>Der Aufbau der Bauteile soll sich zukünftig von denen der ersten Übung unterscheiden, indem anstelle der konventionellen Baustoffe, Alternativen aus nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt werden.</p> <p>Am Ende der Lehrveranstaltung findet ein Vergleich der Ergebnisse aus dieser und der vorangegangenen Übung statt, um die Umweltauswirkungen der konventionellen Materialien mit den Nachwachsenden zu vergleichen.</p>
8	Übung: Generis	<p>Die dritte Übung soll den Studierenden die Benutzung eines vollwertigen Ökobilanz-Programms vermitteln. Bei der Auswahl eines geeigneten Programmes fiel die Wahl auf das Programm Generis, welches durch das Fraunhofer Institut für Bauphysik entwickelt wurde. Dieses Program zeichnet sich aus, indem verschiedene Zertifizierungssysteme und deren Rechenregeln integriert werden können und zudem Zugriff auf verschiedene Datenbanken besteht. Generis ermöglicht dem Nutzenden Zugriff auf die Ökobaudat, ESUCO und die QNG-Rechenwerttabelle. Somit hat das Programm einen großen Anwendungsbereich.</p> <p>Weiterhin ist Generis offen und anwenderfreundlich gestaltet und nach kurzer Einarbeitung nutzbar, was durch das kostenfrei zur Verfügung stehende Generis-Handbuch unterstützt wird.</p> <p>Zu Beginn der Veranstaltung wird den Studierenden die Benutzeroberfläche sowie die Struktur des Programms vermittelt. Anschließend wird ein Bauteil gemeinsam in das Programm eingetragen. Die weiteren Bauteile werden durch die Studierenden selbstständig integriert.</p> <p>Am Ende der Vorlesung werden die Abschlussberichte durch das Programm erstellt, welche die Ergebnisse der Ökobilanz des Gebäudes detailliert abbildet. Den Studierenden wird eine Muster-Lösung zur Verfügung gestellt.</p> <p>Das zu bilanzierenden Gebäude entspricht dem Gebäude der ersten beiden Übungen. Der Aufbau der Bauteile soll auch in dieser Übung zukünftig eine Alternative zu den konventionellen Bauteilschichten anbieten. Somit wird wiederum ein Vergleich angestrebt zwischen den konventionellen Bauprodukten und zwei alternativen Bauweisen.</p> <p>Am Ende der dritten Übung sollen die Studierenden drei verschiedene Möglichkeiten kennengelernt haben, mit welchen sie eine Gebäudeökobilanz erstellen können. Sie sollen die Unterschiede, die Vorteile und die Anwendungsmöglichkeiten der drei eingesetzten Hilfsmittel kennen, sodass sie diese in der Praxis anwenden können. Weiterhin sollen die Studierenden einen ersten Eindruck von der</p>

		Umweltauswirkung von Gebäuden bekommen und ergänzend dazu die Unterschiede zwischen konventionellen und alternativen Bauweisen in Bezug auf deren ökologischen Fußabdruck erkennen.
9	BIM und Variantenvergleiche	<p>Nachdem die Studierenden in den vergangenen drei Veranstaltungen die Berechnung der Ökobilanzierung durchgeführt haben, wird in dieser Vorlesung erarbeitet, zu welchem Zeitpunkt der Planung die Ökobilanzierung angewendet werden sollte, um eine Optimierung der Umweltauswirkung erzielen zu können. Die Erkenntnisse, auf denen diese Vorlesung aufbaut, werden in der Veröffentlichung „DiNaBau: Integrating Sustainable Materials and LCA in Higher Education“ dargestellt. Der Zusammenhang zwischen einer sinnvollen Anwendung der Ökobilanz und Building Information Modeling (BIM) wird in dem Paper detailliert herausgearbeitet und auf das Lehrkonzept übertragen. (siehe 4 Veröffentlichungen)</p> <p>Der Wissensstand der Studierenden zum Thema BIM wurde am Ende der letzten Lehrveranstaltung erfragt und die Lehrinhalte entsprechend angepasst. Dieser Schritt und die Anpassung der Grundlagen an den Wissensstand der Studierenden kann in den folgenden Jahrgängen entfallen, da die Grundlagen zum Thema BIM bereits in den Lehrveranstaltungen der BAUKO ausreichend vermittelt werden. Die Vorlesung beginnt mit theoretischen Grundlagen zu BIM, wobei BIM als Methode definiert wird. Der Begriff des digitalen Zwillings wird eingeführt und dessen Nutzen beleuchtet. Weiterhin wird die Anwendung von BIM im gesamten Lebenszyklus aufgezeigt, sodass deutlich wird, dass BIM in jeder einzelnen Lebenszyklusphase wichtige Aufgaben abdecken kann. Zuletzt werden die Vorteile von BIM auf die Entwicklung nachhaltiger Gebäude aufgezeigt.</p> <p>Im zweiten Teil der Vorlesung werden die Themen Variantenvergleichen und earlyLCA aufgegriffen. Den Studierenden wird gezeigt, dass insbesondere in frühen Planungsphasen das Potenzial besteht, ein Gebäude nachhaltig und zu geringen Kosten positiv zu beeinflussen. Hierfür müssen bereits zu Beginn der Planung Werkzeuge wie die Ökobilanzierung eingesetzt werden, um verschiedene Gebäudevarianten hinsichtlich ihrer ökologischen Eigenschaften zu untersuchen und sich im besten Fall für die ökologischste Variante zu entscheiden. Es wird aufgezeigt, welche Eigenschaften eines Gebäudes die ökologische Nachhaltigkeit beeinflussen: von der Kubatur bis hin zur Auswahl der Materialien. Es wird ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt zwischen dem aktuellen überwiegend verbreiteten Einsatz einer Ökobilanz und dem zukünftigen Ziel. Hierbei wird deutlich, dass in der Zukunft die erste vereinfachte Ökobilanz bereits in der Entwurfsplanung berechnet und in weiteren Planungsphasen weitergeführt wird, bis in der Phase der Projektüberwachung und -dokumentation das finale Ergebnis der Ökobilanz berechnet werden kann. Aus diesem angestrebten Vorgehen ergibt sich jedoch ein hoher Arbeitsaufwand für die Planenden, welcher nur durch den Einsatz von BIM und Tools zur BIM-basierten LCA zu bewältigen ist (Vorausgesetzt die alltägliche Planungsumgebung findet in der BIM-Umgebung statt).</p> <p>Zum Abschluss der Lehrveranstaltung wird ein Programm vorgestellt, welches sich aktuell noch in der beta-version befindet. Das Programm bim&amp;more ist ein Tool, welches in 3D-CAD-Programme integriert wird und Planenden hilft planungsbegleitend Ökobilanzen mit geringem Arbeitsaufwand zu erstellen. Das Programm wird an dem bereits bekannten Beispielgebäude angewendet. Den Studierenden wird so gezeigt, welche Entwicklung bei der Berechnung der Ökobilanz zukünftig angestrebt wird.</p>
10	Interpretation, Auswertung und Anwendung	Die letzte Vorlesung verfolgt das Ziel, das in den vorangegangenen Vorlesungen Gelernte zusammenzuführen und miteinander zu verbinden. Zudem hat die Vorlesung den Anspruch, den Studierenden zu vermitteln, was Gebäude ausmacht, die eine geringe Umweltbelastung aufweisen, was in der Planung beachtet werden muss und welche Stellschrauben es gibt.

		<p>Zu Beginn werden die Schwerpunkte der Umweltauswirkung in einem Gebäude vermittelt, das heißt anhand eines Beispielgebäudes wird aufgezeigt welche Bauteile und Materialien prozentual den höchsten Anteil am gesamten Treibhauspotenzial des Gebäudes haben. Daraus geht hervor, dass vor allem tragende Bauteile einen großen Hebel darstellen, um Gebäude ökologisch zu gestalten. Es wird deutlich, dass die Materialien, die in späteren Planungsphasen noch zu beeinflussen sind, nicht den notwendigen Einfluss auf das Gebäude haben. Um die Tragstruktur zu beeinflussen, muss die Ökobilanz in frühen Planungsphasen integriert werden, was die vermittelten Inhalte aus Vorlesung 9 unterstreicht. Außerdem wird das Verhältnis der Umweltauswirkungen zwischen Herstellung und Betrieb von Gebäuden abgebildet, sodass deutlich wird, dass der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes in die Betrachtung einbezogen werden muss, um ganzheitlich nachhaltige Gebäude zu planen.</p> <p>Im zweiten Teil der Vorlesung wird das Thema der integralen Planung aufgegriffen. Die integrale Planung ist eine Planungsform, in der die Einbeziehung aller Planungsbeteiligten bereits in frühen Phasen ermöglicht wird, was folglich auch einen Einfluss auf den Entwurf, die Materialität und den Einsatz der Ökobilanz hat.</p> <p>Im letzten Teil wird die Frage, wie nachhaltige Gebäude aussehen erörtert. Hierbei wird zuerst auf die drei Strategien der Nachhaltigkeit – Effizienz, Konsistenz, Suffizienz – verwiesen. Den Studierenden wird gezeigt, dass sich ein reduzierter Konsum (Suffizienz) positiv auf die Umwelteinflüsse eines Gebäudes auswirkt und vor einer effizienten und konsistenten Bedürfniserfüllung stehen muss. Anschließend wird erläutert, wie ein reduzierter Bedarf möglichst umweltschonend umgesetzt werden kann: durch Wiederverwendung, Recycling und auch durch den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen. Folgend werden bezogen auf die Themen Entwurf, Materialität und Gebäudetechnik erläutert, welche Maßnahmen die Umwelteinflüsse des Gebäudes in der Herstellung sowie dem Betrieb reduzieren</p> <p>Im Themenfeld der Materialität wird den Studierenden nochmals abschließend die Umweltauswirkung von nachwachsenden Rostoffen im Vergleich von konventionellen und mineralischen Rohstoffen abgebildet. Zudem werden Ansätze der Zirkularität angesprochen.</p> <p>Zuletzt werden die wichtigsten Hinweise zum Thema „richtig ökobilanzieren“ zusammengefasst.</p>
11	Prüfungsvorbereitung	

Die Vorlesungsreihe „Ökobilanzierung“ konnte im Sommersemester 2024 bereits das erste Mal vollständig vor Studierenden des 6. Fachsemesters gehalten werden. Die Studierenden legten eine Prüfung in dem Modul ab, in welcher das Stoffgebiet „Ökobilanzierung“ geprüft wurde. Abschließend wurde die erste Lehrevaluation der Vorlesungsreihe durchgeführt, an welcher 17 Personen teilnahmen. Die Evaluation ergab unter anderem, dass die Lehrveranstaltung bei 47% der Teilnehmenden das Interesse am Thema Ökobilanz gefördert habe.

Die Vorlesungsreihe wird in den kommenden Jahren Bestandteil des Curriculums bleiben und in den Vertiefungsrichtungen Baubetrieb und Gebäude-Energie-Management Teil der Pflichtveranstaltungen sein.

Zudem soll das Modul ab dem Sommersemester 2025 als Studium Generale ausgeschrieben und somit einer breiteren Masse zugänglich gemacht und beworben werden.

#### Arbeitsschritt 6.4.

Der Arbeitsschritt 6.4 wurde aufbauend auf den AS 6.3 umgesetzt. Nachdem die Vorlesungsreihe „Ökobilanzierung“ im Sommersemester in der universitären Lehre abgeschlossen wurde, fand am 14. November 2024 das Einsteiger-Seminar „Ökobilanzierung – Who are you?“ an der TU Dresden statt und vermittelte Grundlagenwissen zur Ökobilanzierung im Bauwesen an 10 Teilnehmende aus der Baupraxis und Forschung.

Als Grundlage für die inhaltliche Konzeptionierung des Seminars wurde auf die Inhalte der abgeschlossenen Lehrveranstaltung zurückgegriffen. Vorab wurde eine Analyse der Zielgruppe des geplanten Seminars durchgeführt. Als Zielgruppe wurden vor allem Ingenieure aus der Baubranche und Architekten benannt, jedoch sollte das Seminar für alle Interessierten, z. B. auch Mitarbeitende der Universität offen und verständlich gestaltet werden. Die Inhalte wurden an die zu erwartende Zielgruppe angepasst. Weiterhin wurde die

Detailtiefe des zu vermittelten Wissens festgelegt. Bei dem gehaltenen Seminar handelt es sich um ein Einsteiger-Seminar, in dem die Grundlagen der Ökobilanz vermittelt werden. Aus diesem Grund steht das Seminar auch Teilnehmenden ohne Vorwissen offen.

Am 26. März 2024 fand ein „Gespächskreis Nachhaltigkeit“ des Bauindustrieverbands Ost statt, bei dem die Möglichkeit genutzt wurde, das Thema der Ökobilanzierung im Bauwesen bei vielen verschiedenen Akteuren aus der Praxis zu adressieren. In diesem Zuge wurde das geplante Seminar das erste Mal beworben. Eine weitere Bewerbung fand später im Planungsprozess über LinkedIn sowie über das im Rahmen des Forschungsprojektes gebildete Netzwerk statt. Die Bewerbung wurde bewusst eingeschränkt, um für die erste Durchführung des Seminars eine kleinere Teilnehmendenzahl zu generieren, um die Veranstaltung erst im kleineren Rahmen zu evaluieren, bevor größere Gruppen an zukünftigen Veranstaltungen teilnehmen.

Das Seminar gliedert sich in 6 Themenblöcke à 45 – 90 Minuten. Die Struktur und der Ablauf wurde der Vorlesungsreihe entnommen, ebenso wie die Inhalte, die in dem Seminar reduziert in folgenden Themenblöcken weitergegeben werden:

Themenblock 1: Einführung in die Nachhaltigkeitsbetrachtung: Ziele, Methoden, Umweltindikatoren

Themenblock 2: Grundlagen der Ökobilanzierung: Sturkur, Phasen, Normung

Themenblock 3: Datengrundlage: EPDs, Datenbanken

Themenblock 4: Berechnungsansatz und Zertifizierungssysteme

Themenblock 5: Übung – Berechnung einer Ökobilanz mittels Excel

Themenblock 6: Richtig Ökobilanzieren

Zum Ende des Seminars wurde eine Feedback-Runde abhalten, in welcher vor allem positives Feedback geäußert wurde. Verbesserungsvorschläge wurden hinsichtlich der Dauer des Seminars geäußert, welches von 9:00 – 17:00 Uhr dauerte. Die Teilnehmenden äußerten den Wunsch nach einem Seminar, welches beispielsweise an verschiedenen Tagen jeweils halbtags stattfindet, da so nur ein halber Arbeitstag für das Seminar genutzt werden muss und das umfangreiche Wissen nicht innerhalb von 8 h aufgenommen werden muss.

Das Seminar soll in einer vergleichbaren Form auch in den kommenden Jahren angeboten werden. Dabei wird in den kommenden Jahren auf eine enge Zusammenarbeit mit dem Bauindustrieverband, der Ingenieurkammer und der TU Dresden gesetzt, um das Weiterbildungsangebot zu bewerben.

### **Arbeitspaket 7: Aufbereitung und Integration der Lehrinhalte in OER-Datenbank und Evaluation**

Zunächst wurden die erforderlichen Anpassungen der vorhandenen Lehrmaterialien im Hinblick auf die festgelegten Zielgruppen für die OER-Veröffentlichung analysiert und kategorisiert. Der Fokus lag hier auf den Tutorials des AP 6. Sie eigneten sich für die Veröffentlichung als OER. Hierfür wurden verfügbare OER-Plattformen und Datenbanken hinsichtlich ihrer Eignung und Zielgruppenansprache evaluiert. Auf Basis dieser Analyse konnte ein Vorgehen für das Arbeitspaket festgelegt werden.

Für die Tutorials wurden gemeinsam mit den Lehrverantwortlichen geeignete CC Lizenzen ausgewählt. Zum Zeitpunkt dieses Schlussberichts wurde sich für die Lizenz CC BY-NC-ND entschieden, sodass der Name des Autors zu nennen ist, eine kommerzielle Nutzung ausgeschlossen ist, das Werk nicht verändert werden darf und die Lizenz beibehalten werden muss.

Ebenfalls Teil des Projekts war die Einbindung von Gastvorträgen der Netzwerkpartner in Vorlesungen. Mit dem Ziel, zusätzliche OER-Materialien zu generieren, wurden die Vorträge als Informationsvideos aufgezeichnet und aufbereitet. Hierfür wurden mit Unterstützung der SLUB und dem Justitiariat Lizenzverträge erarbeitet. Entscheidend war hier, dass der TUD von den Vortragenden (Autoren) das Recht eingeräumt wurde, die Aufzeichnung unter einer vorher vereinbarten Lizenz zu veröffentlichen. Auch ein geplanter Vortrag des Architekturbüros Schwarz, der aufgrund der hohen Projektauslastung des Büros leider nicht wie vorgesehen in Präsenz stattfinden konnte, ist als OER-Video vorgesehen und noch in Bearbeitung.

Als geeignete Plattform fiel die Entscheidung auf die Internetseite des Instituts für Baukonstruktion, da hier bereits in einem anderen Forschungs- und Lehrprojekt (OpenGlassroom) OER-Materialien veröffentlicht wurden.

Zuletzt wurden die technischen und didaktischen Anforderungen an die Lehrmaterialien umgesetzt, um eine optimale Veröffentlichung als OER zu gewährleisten. Hierzu wurden die Lerninhalte dahingehend angepasst, dass eine Einführungs-, eine Introsequenz und die gewählte CC-Lizenz eingefügt wurden. Bilder, die nicht als OER veröffentlicht werden durften, wurden aus den Videos entfernt. Die finalisierten Lehrmaterialien wurden anschließend, wie geplant, von einigen ausgewählten Netzwerkpartnern evaluiert und als OER veröffentlicht, um die Reichweite der Bildungsmaterialien zu erhöhen und dadurch einen Multiplikatoreffekt zu erzielen.

## Arbeitspaket 8: Netzwerkbildung

Im Rahmen des Projekts wurde ein Netzwerk aufgebaut, das den Wissenstransfer zwischen Instituten, Universitäten, Firmen und Organisationen ermöglicht und nachhaltig stärkt. Der Wissenstransfer erfolgte in alle Richtungen: Alle Beteiligten trugen Informationsmaterial bei, das weiterbearbeitet und in das Projekt- sowie Lehrkonzept integriert wurde.

Bereits zu Beginn des Projektes wurden Unternehmen, Organisationen und Universitäten kontaktiert und über die Ziele des entstehenden Netzwerkes informiert. Es konnten weitere Mitglieder gewonnen werden. Die Akteure wurden entsprechend ihrer Fachrichtung und Expertise in das Projekt eingebunden. Viele Netzwerkpartner aus der Produktindustrie unterstützten das Projekt, auch durch die Bereitstellung von Demonstratoren, um Anschauungsmaterial zu bieten.

Abbildung 24 zeigt beispielhaft einige der zur Verfügung gestellten Demonstratoren wie Lehmsteine, Schaumglasdämmung, Kapillarrohre und Flachsmatten.

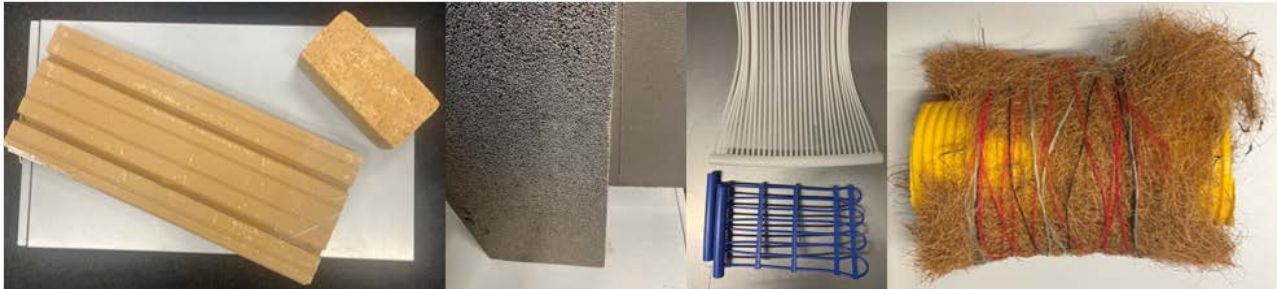


Abbildung 24: zur Verfügung gestellte Demonstratoren der Netzwerkpartner.

Mit der Unterstützung des Netzwerkpartners DGNB konnte auch eine Weiterbildung der Vorlesungsverantwortlichen zu DGNB Consultants durchgeführt werden.

Eine Gastvorlesung des Unternehmens ClayTec wurde bereits im Sommersemester 2024 erfolgreich durchgeführt. Aufgrund der positiven Erfahrungen mit diesem Konzept sollen auch in Zukunft Unternehmen aus dem Netzwerk eingeladen werden, um den Studierenden praxisnahe Berichte und Einblicke in nachhaltige Bauweisen zu geben.

## 2. Verwertung

### a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Es existieren innerhalb des Projektes weder Erfindungen noch Schutzrechtsanmeldungen.

### b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Im Rahmen des Projekts wurde keine Produktentwicklung angestrebt und sämtliche Projektpartner agieren gemeinnützig in der Lehre und der Forschung. Es ist zu beachten, dass für die Projektpartner keine rein wirtschaftlichen Verwertungsziele gesetzt wurden.

Trotz dieser Zielsetzung entfaltet das Projekt einen deutlichen volkswirtschaftlichen Nutzen, insbesondere durch seine maßgebliche Rolle in der Weiterbildung von Schlüsselakteuren, die in Zukunft einen relevanten Anteil an der Entwicklung der Baubranche haben werden.

Der konkrete Output des Projekts besteht in hochwertigen Vorlesungsunterlagen. Diese Unterlagen werden unmittelbar von den Projektpartnern für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses der TU Dresden verwendet. Des Weiteren wurden im Rahmen von AP 7 zu zahlreichen Themen OER-Materialien erstellt, welche auf den Websites der beteiligten Institute veröffentlicht wurden.

### c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Vgl. 2b. In dem Projekt wurden Unterlagen erstellt, die unmittelbar von den Projektpartnern für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses der TU Dresden verwendet werden. Zusätzlich sind OER-Materialien erstellt worden, die auf den Internetseiten der Institute veröffentlicht wurden (vgl. 2b).

### d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit

Eine Überarbeitung bzw. regelmäßige Aktualisierung der erarbeiteten Vorlesungen und Vorlesungsthemen hinsichtlich der gegenwärtigen und zukünftigen Entwicklungen in den Bereichen Nachhaltigkeit und Digitalisierung ist seitens beider Institute vorgesehen. Auch das gegründete DiNaBau-Netzwerk soll weiterhin aufrechterhalten werden, um den Wissensaustausch zwischen Wirtschaft und Forschung zu fördern.

So ist beispielsweise im Rahmen der Sommersemestervorlesung 2025 vorgesehen, dass weiterhin Unternehmen des DiNaBau Netzwerks zu Vorträgen eingeladen werden.

### **3. Erkenntnisse von Dritten**

Es sind keine Ergebnisse von Seiten Dritter bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

### **4. Veröffentlichungen**

Im Rahmen des Vorhabens wurden diverse OER-Materialien erarbeitet, welche auf der Institutswebseite des Instituts für Baukonstruktion zur Verfügung stehen und entsprechend der Förderrichtlinien gekennzeichnet wurden (vgl. 2 b).

Es wurden zwei Konferenzpaper bei der RILEM Spring Convention & conference on advanced construction materials and processes for a carbon neutral society und bei der RILEM Sustainable Materials & Structures 2024 eingereicht. Das Paper der Spring Convention wurde in dem entsprechenden Sammelband der Tagung (Dominik Schöne, Katharina Meyer, Aline Gruner, Florian Kopf, Michael Engelmann, Katharina Kleinschrot; DiNaBau: Integrating Digital Building Models for Teaching Sustainable Construction with Renewable Resources in: Proceedings of the RILEM Spring Convention and Conference 2024, Volume 2, Politecnico di Milano, 10.04. - 12.04.2024, Mailand, S. 231-237, ISBN 978-3-031-70280-8, ISBN 978-3-031-70281-5, <https://doi.org/10.1007/978-3-031-70281-5>) veröffentlicht. Das Paper der Sustainable Week befindet sich derzeit im Publikationsprozess bzw. der Resubmission.