Bundesministerium
für Verkehr

BUNDES
FERN
STRASSEN
DIGITAL

MODELLBASIERTE NACHHALTIGKEITSBEWERTUNG

Praxisdokument
Version 1.1

BIM
BUNDES
FERN
STRASSEN

Inhaltsverzeichnis

Überblick über die Praxisdokumente **2**

1 Einleitung **5**

2 Grundlagen 6
2.1 Definition Nachhaltigkeit 6
2.2 Mehrwert von BIM für die Nachhaltigkeitsbewertung 7
2.3 Lebenszyklusanalyse 8
2.4 Umweltdatenbank ÖKOBAUDAT 10
2.5 Vorhandene Systeme zur Nachhaltigkeitsbewertung 11
2.6 Nachhaltigkeitskriterien im Kontext von Bewertungssystemen 11

3 Modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung **14**
3.1 Verbindungsoptionen BIM und Nachhaltigkeit **15**
3.2 Prozess für eine modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung **18**
3.3 Beispiele zur Ergebnisdarstellung **21**

4 Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten in BIM-Projekten **24**
4.1 Anwendungsfälle **24**
4.2 Formulierungshinweise für die AIA **27**

5 Hinweise **29**

6 Abkürzungsverzeichnis **30**

7 Abbildungsverzeichnis **31**

8 Tabellenverzeichnis **32**

9 Quellennachweise **33**

Überblick über die Praxisdokumente

Das hier vorliegende Praxisdokument „Modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung“ ist Teil der Dokumente des Masterplans BIM Bundesfernstraßen, die zusammengenommen den bundeseinheitlichen Rahmen für die Einführungen der BIM-Methode als Standard und Regelprozess bei der Planung, beim Bau und beim Betrieb von Bundesfernstraßen bilden.

Die Praxisdokumente schlagen Herangehensweisen zur Bearbeitung spezifischer Themen vor, die dazu beitragen, die mit der einheitlichen Implementierung der BIM-Methode verbundenen Ziele noch besser zu erreichen. Der Masterplan BIM Bundesfernstraßen benennt fünf strategischen Ziele für die einheitliche Implementierung der digitalen Arbeitsmethode BIM:

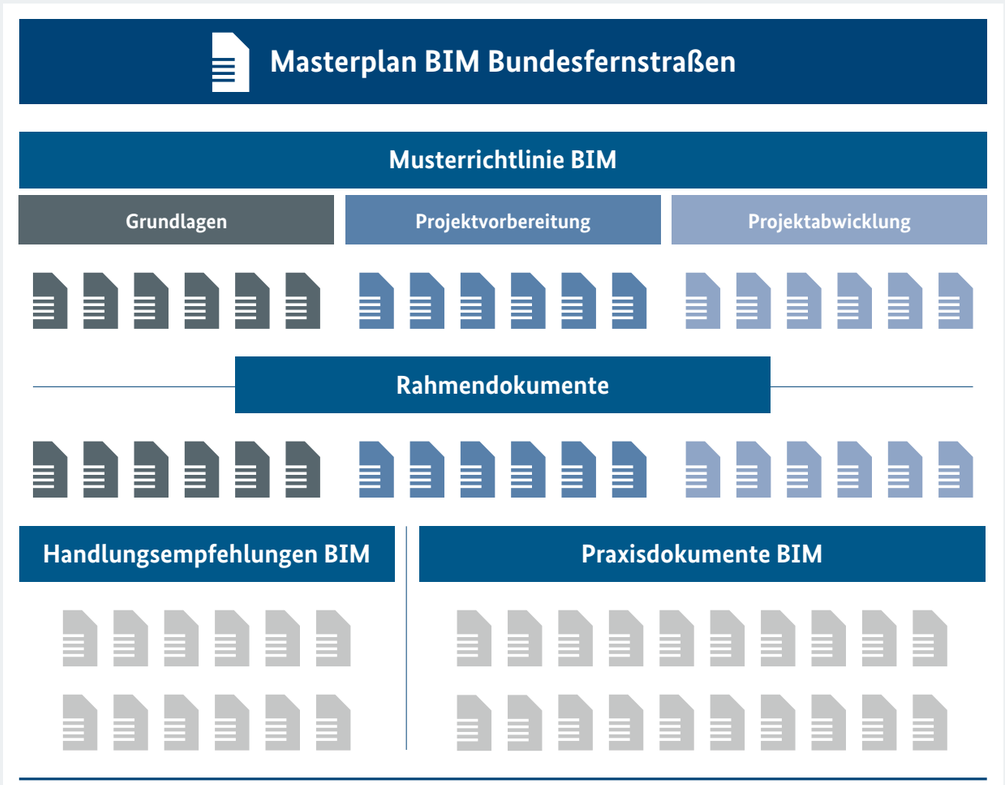
1. Wirtschaftlichkeit, Termin- und Kostenstabilität erhöhen,
2. Nachhaltigkeit optimieren,
3. Kommunikation durch erleichtertes Zusammenwirken verbessern,
4. herstellerneutrales, modellbasiertes und zentrales Datenmanagement einführen,
5. BIM-Implementierung harmonisieren und standardisieren.

Darüber hinaus stellen die Praxisdokumente ein wesentliches Medium für den Erfahrungsaustausch hinsichtlich der BIM-Implementierung in den Organisationen und in den Projekten dar.

Die Praxisdokumente ordnen sich wie in Abbildung 1 dargestellt in die Hierarchie der Dokumente des Masterplans BIM Bundesfernstraßen ein.

Bei der Erarbeitung des bundesweit einheitlichen Rahmens werden sowohl die Erfahrungen aus den bereits abgeschlossenen und den noch laufenden Pilotprojekten als auch die Beiträge aus der kontinuierlichen Beteiligung aller Akteure der BIM-Implementierung berücksichtigt. Zugleich werden die allgemeinen Entwicklungen der BIM-Methode bei der nationalen und internationalen Standardisierung beachtet. Somit spiegeln die Dokumente den jeweiligen Stand der Technik und die Fortschritte bei der Standardisierung von BIM zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider.

Weitergehende Erläuterungen zu den Dokumenten des Masterplans BIM Bundesfernstraßen finden sich in der Publikation „Überblick über die Dokumente des Masterplans BIM Bundesfernstraßen, die unter www.bundesfernstrassen-digital.de/bim/publikationen zum Download zur Verfügung steht.



Übersicht über die Struktur der Dokumente des Masterplans BIM Bundesfernstraßen

Versionierung

Version	Datum	Beschreibung	Autor	Fachliche Begleitung
1.0	November 2023		**Alexander Schnorbus** (BIM.Hamburg) **Henrieke Lerch** (BIM.Hamburg) **Kim Könemann** (BIM.Hamburg) **Marlene Holst** (BIM.Hamburg) **Michelle Kaus** (ICoM, RWTH Aachen) **Paul Roggatz** (ICoM, RWTH Aachen)	**Prof. Dr. Katharina Klemt-Albert** (ICoM, RWTH Aachen) **Jan-Iwo Jäkel** (ICoM, RWTH Aachen)
1.1	Dezember 2025	Einarbeitung wesentlicher Erkenntnisse aus Pilotprojekten, Anpassung Prozessdiagramm redaktionelle Anpassungen, geringfügige Anpassungen der Inhaltsstruktur	**Kim Könemann** (BIM.Hamburg) **Henrieke Lerch** (BIM.Hamburg) **Esra Korff** (BIM.Hamburg)	**Christoph Begemann** (LPI Ingenieurgesellschaft mbH) **Laura Lehmann** (LPI Ingenieurgesellschaft mbH)

1 Einleitung

Der Bausektor wird neben aktuellen auch vor künftige Herausforderungen gestellt, die sich u. a. aus dem Klimawandel, der Ressourcenverknappung, dem demographischen Wandel und weiteren sich ändernden Nutzungsanforderungen ergeben (BASt, 2016a). Insbesondere im Hinblick auf den immer weiter voranschreitenden Klimawandel kommt der Baubranche eine entscheidende Rolle zu, da sie für ca. 40 Prozent der weltweiten CO_2-Emissionen verantwortlich ist (Global Alliance for Buildings and Construction, 2020). Überdies gehört der Bausektor zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftssektoren und ist in Deutschland für etwas mehr als die Hälfte der Abfallmenge verantwortlich (Deutsche Umwelthilfe, 2021). Mit Blick auf die im Pariser Klimaschutzabkommen im Jahre 2015 vereinbarten Klimaschutzziele geht daher die Forderung einher, den Bausektor über den gesamten Lebenszyklus nachhaltig zu gestalten.

Um für diese Herausforderungen effektive Lösungsansätze zu erarbeiten, müssen Digitalisierung und Nachhaltigkeit zusammengedacht werden, um möglichst viele Synergieeffekte zu nutzen. Für die digitale Transformation des Bausektors nimmt die Arbeitsmethode Building Information Modeling (BIM) eine Schlüsselfunktion ein. Alle relevanten Informationen von Bauwerken werden dabei über den gesamten Lebenszyklus strukturiert in digitalen Modellen abgebildet. Die Nachhaltigkeitsbetrachtung wird bereits als sechste Dimension von BIM beschrieben, ist allerdings noch nicht in der Praxis bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb der Bundesfernstraßeninfrastruktur etabliert.

Für die einheitliche Implementierung der digitalen Arbeitsmethode BIM wurden im Masterplan BIM Bundesfernstraßen des Bundesministeriums für Verkehr (BMV) insgesamt fünf strategische Ziele benannt. Eines dieser Ziele ist es, die Nachhaltigkeit zu optimieren, damit BIM einen „wichtigen Beitrag zum nachhaltigen Bauen und Betreiben der Bundesfernstraßeninfrastruktur“ (BMDV, 2021, S. 13) liefert. Damit könnte auch die sechste Dimension von BIM zukünftig bei Infrastrukturvorhaben regelhaft angewendet werden.

In diesem Praxisdokument werden mögliche Herangehensweisen kompakt erläutert, die aufzeigen, wie mithilfe von BIM eine modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung im Kontext von Bundesfernstraßen umgesetzt werden kann. Dazu gehören u. a. Hinweise auf bestehende Bewertungsverfahren und -kriterien zur Nachhaltigkeitsbetrachtung im Infrastrukturbereich, Prozesse als Empfehlung für eine standardisierte Vorgehensweise sowie Darstellungsmöglichkeiten der Ergebnisse und die Einordnung in bestehende Rahmendokumente des Bundes.

2 Grundlagen

Das Thema Nachhaltigkeit erlangt in der Baubranche zunehmend an Bedeutung, weshalb diverse Untersuchungen zu diesem Thema existieren. Jedoch liegt derzeit der Fokus in diesen Betrachtungen auf dem Hochbau. Daher wird in dem vorliegenden Praxisdokument die Anwendung und Weiterentwicklung der Ergebnisse auf die Bundesfernstraßeninfrastruktur dargestellt.

2.1 Definition Nachhaltigkeit

Im Jahr 2015 hat die Weltgemeinschaft 17 globale Ziele für eine nachhaltige Entwicklung aufgestellt. Damit ist ein Rahmenwerk für die soziale, wirtschaftliche und ökologische Entwicklung gesetzt worden. Im wissenschaftlichen Kontext hat sich daraus das Drei-Säulen-Modell (Ökologie, Ökonomie und Soziales) etabliert (siehe Abbildung 1). Damit werden alle Aspekte der Nachhaltigkeit gleichgewichtet betrachtet. Sie bilden das Grundgerüst für die Nachhaltigkeit in Projekten, Organisationen, Gesellschaften und Ländern. Für eine konkrete Nachhaltigkeitsbewertung in Bauprojekten sind die drei Säulen um die Querschnittsthemen Prozessqualität und technische Qualität ergänzt worden. Diese bilden zusammen die in Abbildung 1 dargestellten fünf Hauptkriteriengruppen, an denen sich eine Vielzahl von Nachhaltigkeitsbewertungssystemen orientiert.

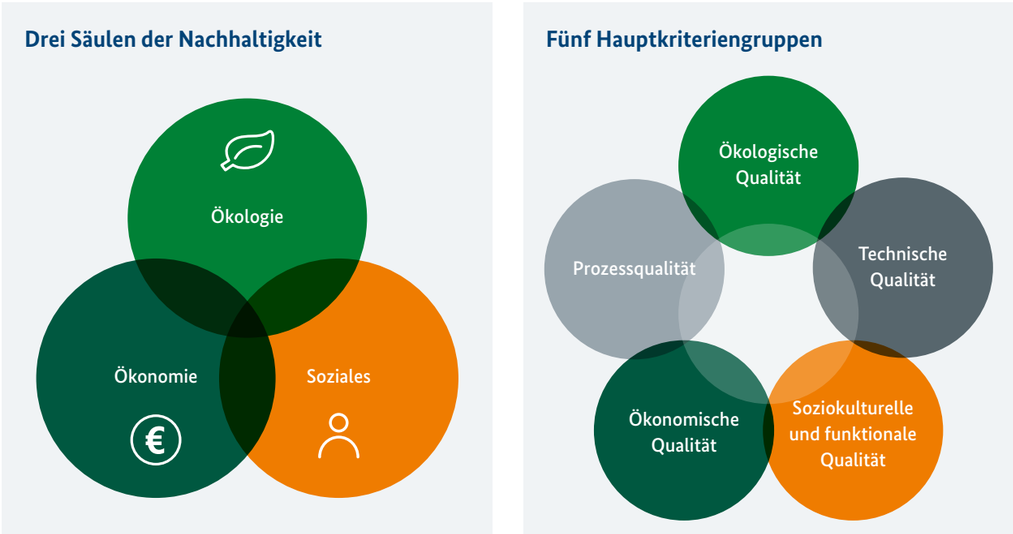


Abbildung 1: Drei-Säulen-Modell (links) und die fünf Hauptkriteriengruppen (rechts) (© BIM.Hamburg, 2023)

2.2 Mehrwert von BIM für die Nachhaltigkeitsbewertung

Ein großer Mehrwert in der Anwendung der BIM-Methode besteht in der Informationsverlagerung hin zu früheren Projektphasen (siehe Abbildung 2).

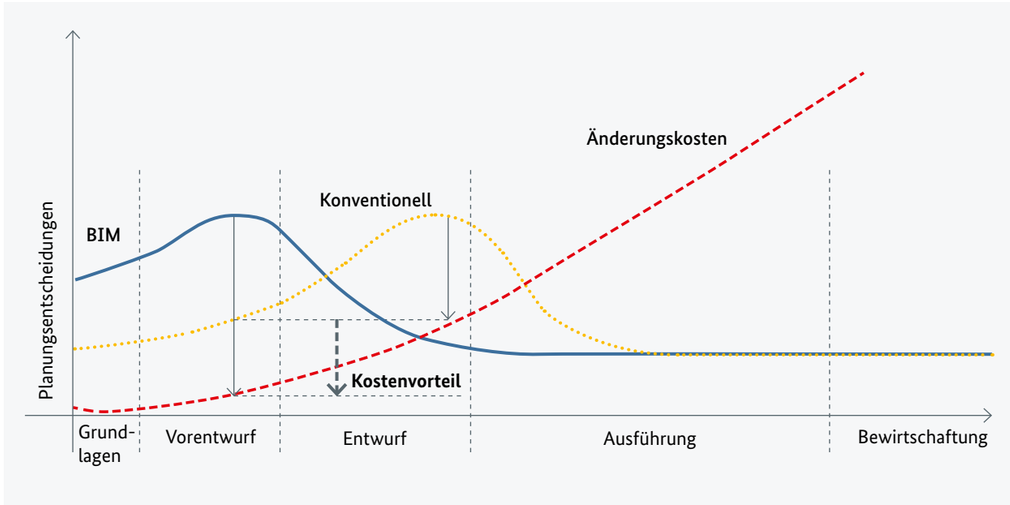


Abbildung 2: Informationsverlagerung bei BIM hin zu frühen Planungsphasen (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2014)

So werden im Vergleich zur konventionellen Planung (gelbe Linie) durch die Anwendung der BIM-Methode (blaue Linie) Informationen und Planungsentscheidungen in frühere Leistungsphasen verlagert, um für den weiteren Projektverlauf eine Kosten- und Planungssicherheit zu schaffen. Aufwändige Änderungen der Planung und damit verbundene zusätzliche Kosten und Terminverzögerungen während der Ausführung können so vermieden werden. Darüber hinaus ist die standardisierte Bereitstellung von Informationen über einheitlich aufgebaute Bauwerksinformationsmodelle ein weiterer großer Vorteil von BIM.

Dies bietet auch erhebliche Potenziale zur Optimierung und Verbesserung der Nachhaltigkeit von Bauwerken, da entsprechende Überlegungen in der frühen Planungsphase noch mit geringem Aufwand in die Konzepte einfließen können (Gantner/von Both et al, 2018).

2.3 Lebenszyklusanalyse

Forschungsvorhaben, die sich mit den Verbindungsoptionen zwischen BIM und Nachhaltigkeit auseinandersetzen, weisen grundsätzlich zwei Schwerpunkte auf: zum einen Projekte, die sich auf eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung mithilfe einer Lebenszyklusanalyse von Baumaßnahmen fokussieren, und zum anderen Projekte, die den Fokus ausschließlich auf die Optimierung der Zirkularität bzw. Rückbaubarkeit von Bauwerken legen. Der Fokus in diesem Praxisdokument baut auf den grundlegenden Untersuchungen einer Lebenszyklusanalyse auf, da diese durch ihren ganzheitlichen Ansatz auch die Rückbaubarkeit von Bauwerken mitbetrachtet. Somit lassen sich aus dieser ersten Betrachtung weitere Anforderungen und Vorgehensweisen für eine detailliertere Ausarbeitung zu einzelnen Phasen der Lebenszyklusanalyse, wie beispielsweise dem Rückbau, ableiten. In der Literatur wird die Lebenszyklusanalyse (engl.: Life Cycle Assessment (LCA)) synonym auch als Ökobilanz bzw. Ökobilanzierung bezeichnet.

Zu Beginn der Überlegungen für eine Baumaßnahme sind Grundlagen für die Nachhaltigkeitsqualität zu schaffen und somit die Integration vorrangig ökologischer Nachhaltigkeitsaspekte in den Planungs- und Bauprozess sicherzustellen. Hierdurch kann das Bauwerk von Anfang an unter Nachhaltigkeitsaspekten geplant und optimiert werden. Demnach gilt es, frühzeitig projektspezifische Zieldefinitionen beispielsweise in Bezug auf den Flächenverbrauch, die Ressourceninanspruchnahme und die Energieeffizienz des Bauwerks festzulegen (Mielecke/Kistner et al., 2016).

Eine Lebenszyklusanalyse liefert eine systematische und standardisierte Datengrundlage, um ein Bauwerk im Hinblick auf dessen Nachhaltigkeit zu bewerten. Dabei beschreibt sie, wie viele natürliche Ressourcen (Wasser, Material, Energie) über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks benötigt werden, und bewertet ihre Wirkung auf die Umwelt. Somit findet mithilfe einer Lebenszyklusanalyse eine Input-Output-Analyse eines Bauwerks statt, indem Daten zu Ressourcenverbräuchen und Emissionen erhoben werden (siehe Abbildung 3).

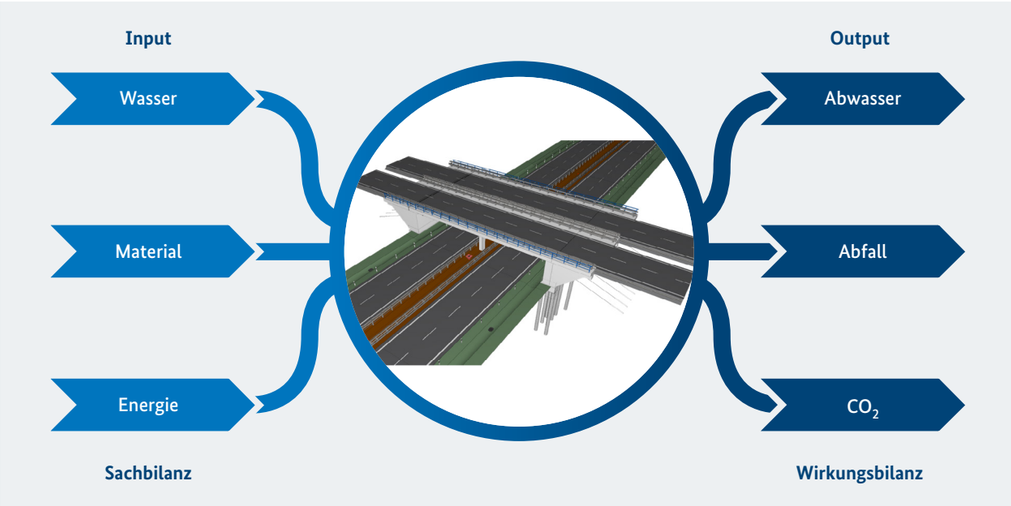


Abbildung 3: Schematische Darstellung einer Lebenszyklusanalyse (© BIM.Hamburg nach Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, 2022)

Mittels einer Lebenszyklusanalyse lassen sich wiederum die unterschiedlichen Entwürfe eines Bauwerks im Variantenvergleich hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen analysieren, um so die für das Projekt nachhaltigste Variante herauszuarbeiten (Bundesministerium des Innern und für Heimat, 2019). Das Aufstellen einer Lebenszyklusanalyse ist in Deutschland seit dem Jahre 2006 durch die DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 standardisiert (Baunetz Wissen, o.D.).

Grundsätzlich ist eine Lebenszyklusanalyse in ihrer Anwendung komplex, da die notwendige Informationsbeschaffung von vielen Projektbeteiligten und Informationsquellen abhängig ist und vorwiegend auf 2D-Planungen basiert. Die Durchführung einer Lebenszyklusanalyse unter Einsatz von BIM steigert die Effizienz der Prozesse und verbessert die Bewertungsergebnisse (Bartels et al., 2022). Hierbei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass die Berechnungsverfahren als Grundlage der Lebenszyklusanalyse nicht nur einmal, sondern mehrmals zu unterschiedlichen Leistungsphasen im Projekt angestoßen werden müssen (siehe Abbildung 4).

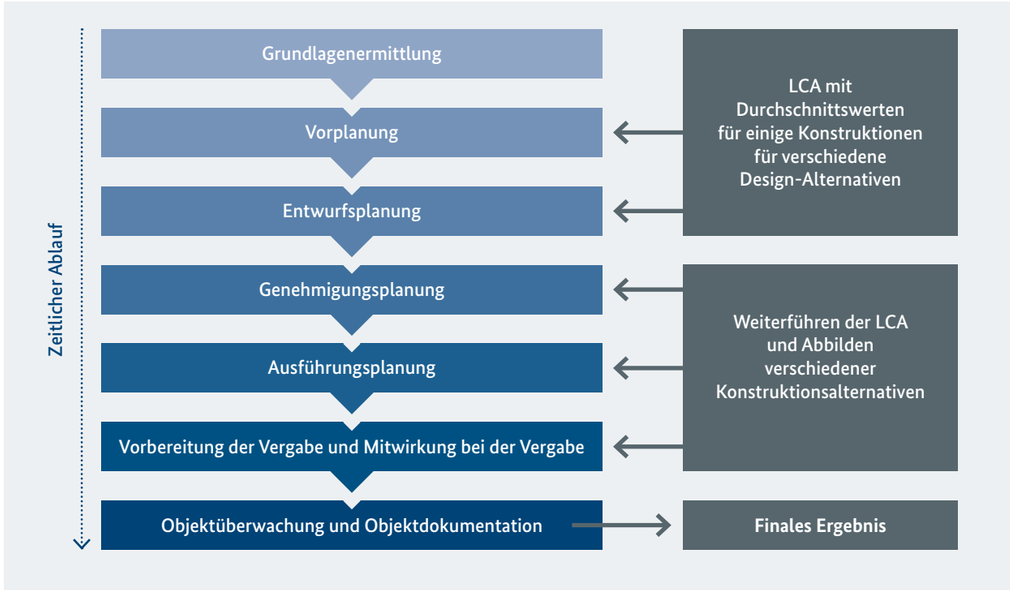


Abbildung 4: Wiederholte Durchführung der Lebenszyklusanalyse zu verschiedenen Zeitpunkten im Planungsprozess (© BIM.Hamburg nach Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, 2018)

2.4 Umweltdatenbank ÖKOBAUDAT

Für die Durchführung einer Lebenszyklusanalyse werden Umweltdatenbanken benötigt, die die erforderlichen Informationen/Datensätze bereitstellen. Dabei sollte der Fokus auf Datenbanken gelegt werden, die die Erstellung einer modellbasierten Lebenszyklusanalyse bereits in frühen Planungsphasen ermöglichen. Dafür sind maschinenlesbare, generische und allgemein zugängliche Datensätze erforderlich. Diese Anforderungen werden beispielsweise von der Online-Baustoffdatenbank ÖKOBAUDAT erfüllt. Diese Plattform des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen stellt eine vereinheitlichte Datenbasis für die Ökobilanzierung von Bauwerken kostenfrei zur Verfügung. Sie stellt sowohl generische Datensätze als auch herstellerspezifische Datensätze in Form von Umweltproduktdeklarationen (engl. Environmental Product Declaration (EPD)) bereit. Die hohe Datensatzqualität ermöglicht Aussagen zu den ökologischen Komponenten und gleichzeitig auch Rückschlüsse zu den Bau-, Transport-, Energie- und Entsorgungsprozessen für den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks (BMI, 2019). Die Datensätze der ÖKOBAUDAT werden laufend aktualisiert und vor Veröffentlichung auf Konformität, Vollständigkeit und Konsistenz geprüft.

In der ÖKOBAUDAT werden die Lebenswegmodule der Baumaterialien normkonform in die Abschnitte A bis D gegliedert (siehe Tabelle 1). Die Module A1–A3 beschreiben die Herstellungsphase, die Module A4 und A5 die Errichtungsphase, die Module B1–B7 die Nutzungsphase und die Module C1–C4 die Phasen der Entsorgung. Das Lebenswegmodul D dient zur Abbildung der Vorteile und Belastungen durch Wiederverwendung, Rückgewinnung und Recycling eines Produktes außerhalb der Systemgrenzen.

Herstellungsphase			Errichtungs-phase		Nutzungsphase					Entsorgungsphase				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenzen
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau/Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau/Erneuerung	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Deponierung	Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, Recyclingpotenzial
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
					B6	Betriebl. Energieeinsatz								
					B7	Betriebl. Wassereinsatz								

Tabelle 1: Lebenswegmodule gemäß DIN EN 15804 (nach Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2021)

Da es nach DIN EN 15804 unterschiedliche Möglichkeiten gibt, welche Lebenswegmodule in einer Umweltproduktdeklaration enthalten sein müssen, ist zu beachten, dass in der ÖKOBAUDAT Angaben zu einzelnen Baustoffen und den Modulen lückenhaft sein können.

2.5 Vorhandene Systeme zur Nachhaltigkeitsbewertung

Für die Erstellung einer Lebenszyklusanalyse mittels BIM sind Bewertungssysteme für den Infrastrukturbereich zugrunde zu legen. Diese sollten einzelne Nachhaltigkeitskriterien beinhalten, welche bei der Anwendung der Arbeitsmethode BIM berücksichtigt werden können. Zu den vier in der Wissenschaft und Forschung hinreichend ausgearbeiteten Kriterienkatalogen gehören die Bewertungssysteme der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), der DGNB, des Schweizer Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) und des Deutschen Instituts für Normung (DIN). Ein einheitlich festgelegter Standard für eine Nachhaltigkeitsbewertung von Infrastrukturbauwerken existiert im deutschsprachigen Raum bislang nicht.

Die ausführliche Auseinandersetzung mit den vier beispielhaften Kriterienkatalogen führt zu dem Schluss, dass insbesondere die Ausarbeitungen der BASt als Grundlage für eine modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung im Infrastrukturbereich herangezogen werden können. Die BASt stellt dafür in unterschiedlichen Heften umfangreiche Hilfestellungen hinsichtlich der Eingangsdaten und Berechnungswege zur Verfügung. Für die Nachhaltigkeitskriterien sind beispielsweise in den Heften B 125 für Infrastrukturbauwerke (BASt, 2016a) und S 97 für Elemente der Straßenverkehrsinfrastruktur (Straße und Tunnel) (BASt, 2016b) umfassende Grundlagen aufgeführt. Darüber hinaus sind auch die weiteren Forschungsarbeiten der BASt im Bereich Nachhaltigkeit zu beachten.

2.6 Nachhaltigkeitskriterien im Kontext von Bewertungssystemen

Es existiert eine Vielzahl von zu berücksichtigenden Nachhaltigkeitskriterien, wobei die Hefte der BASt bereits eine sinnvolle Auswahl beinhalten. Im Vorfeld eines Projektes ist festzulegen, welche Nachhaltigkeitskriterien relevant sind und im Projekt berücksichtigt werden sollen. Hierbei ist zu beachten, dass nicht jedes Kriterium modellbasiert ausgewertet werden kann, da z. B. einige Kriterien als Freitext beschrieben und nicht als maschinell auswertbarer Zahlenwert dargestellt werden.

Im Rahmen des Projektes „BIM und Nachhaltigkeit“ im Kontext des Masterplans BIM Bundesfernstraßen wurden die in Tabelle 2 aufgeführten fünf Nachhaltigkeitskriterien als zum aktuellen Zeitpunkt besonders praxistauglich herausgearbeitet. Diese sind der Hauptkriteriengruppe „ökologische Qualität“ zugeordnet. Aus praktischer Sicht haben diese Nachhaltigkeitskriterien gemein, dass sie im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse für einen signifikanten Teil der Lebenszyklusphasen auf Basis von Mengenermittlungen aus den BIM-Modellen und in Umweltdatenbanken verfügbaren Kennwerten berechnet und damit quantitativ bewertet werden können. In der Praxis werden viele modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertungen daher auf Lebenszyklusanalysen mit Auswahl dieser Kriterien beschränkt.

Hauptkriteriengruppe	Nachhaltigkeitskriterien gemäß BASt
Ökologische Qualität	Wirkung auf die globale Umwelt
	1.1 Treibhauspotenzial (GWP)
	1.2 Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)
	1.3 Ozonbildungspotenzial (POCP)
	1.4 Versauerungspotenzial (AP)
	1.5 Überdüngungspotenzial (EP)

Tabelle 2: Mögliche Eingrenzung von Nachhaltigkeitskriterien gemäß BASt einer modellbasierten Lebenszyklusanalyse (© BIM.Hamburg, 2023)

Diese Nachhaltigkeitskriterien decken einen wichtigen Anteil von Einflussfaktoren auf die ökologische Qualität ab. Weiterhin sind in den Heften der BASt die fünf Nachhaltigkeitskriterien vollumfänglich beschrieben.

Am Beispiel des Kriteriums „Treibhauspotenzial (GWP)“ wird in Abbildung 5 aufgezeigt, wie das Bewertungssystem der BASt für eine Nachhaltigkeitsbetrachtung von Infrastrukturbauwerken strukturiert ist.

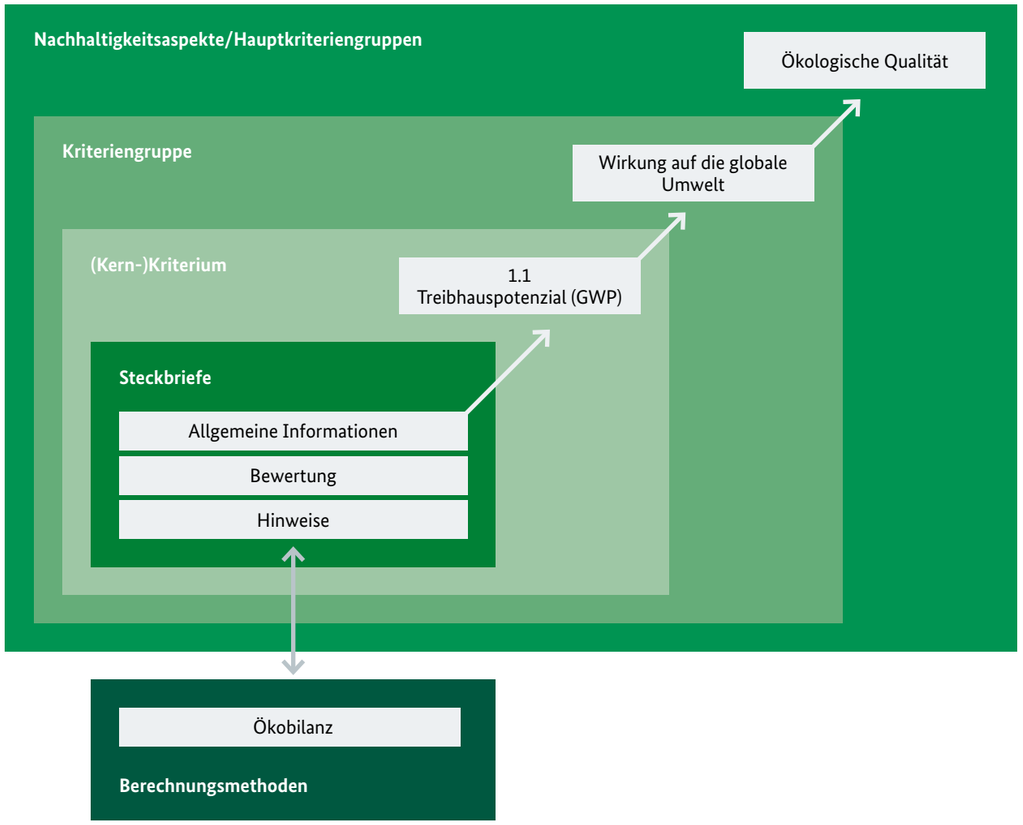


Abbildung 5: Einordnung eines Nachhaltigkeitskriteriums in das Gesamtsystem der BASt (© BIM.Hamburg, 2023)

Das Global Warming Potential (GWP) wird als (Kern-)Kriterium in den Nachhaltigkeitskatalogen für Brücken sowie freie Strecken/ Verkehrswege und Tunnel geführt. Neben der Beschreibung des Kriteriums anhand eines Steckbriefes, welcher allgemeine Informationen über das Kriterium sowie ein Bewertungsverfahren und zusätzliche Hinweise beinhaltet, sind übergeordnete Berechnungsmethoden noch einmal separat beschrieben.

Für das Kriterium „Treibhauspotenzial (GWP)“ wird hierbei auf die Methode der Lebenszyklusanalyse verwiesen.

Einzelne Kriterien werden in Kriteriengruppen zusammengefasst. Das GWP wird der Kriteriengruppe „Wirkung auf die globale Umwelt“ zugeordnet. Mehrere Kriteriengruppen werden wiederum in sogenannten Hauptkriteriengruppen gebündelt. Das GWP findet sich nach den Darstellungen der BASt in der Hauptkriteriengruppe „Ökologische Qualität“ wieder (siehe auch Tabelle 2). Die entsprechenden Berechnungs- und Bewertungssysteme können den Dokumenten der BASt entnommen werden.

Obwohl derzeit die Auswahl an modellbasiert bewertbaren Nachhaltigkeitskriterien begrenzt ist, verliert die Gesamtheit der Nachhaltigkeitskriterien der Bewertungssysteme und damit auch die noch vornehmlich manuell bewerteten Kriterien nicht an Bedeutung. Vielmehr entstehen nach und nach Lösungen, um die BIM-Methode für eine Bewertung einzelner, bislang vornehmlich manuell bewerteter Nachhaltigkeitskriterien heranzuziehen.

Neben der Anwendung einer modellbasierten Lebenszyklusanalyse, ermöglicht die BIM-Methode eine Vielzahl weiterer Anwendungen, die potenziell im Sinne der Nachhaltigkeitsbewertung eingesetzt werden können. Insbesondere die folgenden sechs Anwendungen der BIM-Methode zeigen ebenfalls Potenziale, eine Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien mit abzubilden. Die konkrete Umsetzbarkeit muss jedoch im Kern noch untersucht werden:

Anwendungen zur direkten Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien:

- Die modellbasierte Mengenermittlung aus Bauwerksmodellen in Kombination mit erweiterten Material- oder Objekteigenschaften wie Recyclinganteil, Lebensdauer, Verbindungsart, Recycelbarkeit oder Entsorgungsart lässt in der Bilanz potenziell Rückschlüsse auf die Kreislauffähigkeit zu. Dieselbe Anwendung kann zudem mithilfe von Baugrundmodellen für eine Bewertung des Bodenmanagements oder Flächenmodellen für eine Bewertung des Flächenmanagements herangezogen werden.

- Die modellbasierte Bauablaufplanung in Kombination mit erweiterten Objekteigenschaften wie zu verwendende Maschinen und deren Schallpegel oder verbundene Tätigkeiten und deren Arbeitssicherheitsindex lassen potenziell Prognosen auf Lärm und Arbeitssicherheit der Baustelle über den Bauzeitraum zu.

- Die regelbasierte Prüfung der Geometrie erlaubt potenziell die Bewertung von Kriterien wie die der Barrierefreiheit (z. B. maximale Wegneigung).

- Simulationen, basierend auf BIM-Modellen, ermöglichen eine Bewertung des Einflusses von Bauwerken auf Regenwasser und Gewässer, lokale Lichtverhältnisse, lokale Luftqualität und Mikroklima oder die Auswirkungen von Katastrophen und Klimawandel auf Bauwerke.

Anwendungen für eine visuelle Unterstützung der Bewertung von Nachhaltigkeitskriterien:

- Mithilfe der Visualisierung des Bauwerks in seiner Umgebung kann theoretisch die Bewertung des Einflusses auf z. B. das kulturelle Erbe, die städtebauliche Harmonie oder die lokale Wirtschaft unterstützt werden.

- Das Rendering eines Bauwerks aus dessen BIM-Modell mit Darstellung der designierten Nutzung ermöglicht potenziell die Bewertung der Anpassungsfähigkeit oder Nutzungsflexibilität.

3 Modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung

Um Nachhaltigkeit als sechste Dimension von BIM zu implementieren, ist es wichtig, standardisierte Prozesse zu entwickeln. Derzeit liegen je nach Datenquelle die Informationen noch in verschiedenen Dateiformaten oder in Papierform vor, sodass verschiedene Reifegradstufen für eine digitale, modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung betrachtet werden müssen. Dargestellt werden kann dies anhand des Reifegradmodells (siehe Abbildung 6). Die Stufen 0 bis 4 zeigen die Entwicklung einer Arbeit ausschließlich im Papierformat (Stufe 0) über maschinendarstellbare Dokumente (Stufe 1). Es folgen maschinenlesbare Dokumente (Stufe 2), maschinenlesbare Inhalte (Stufe 3) bis hin zur Möglichkeit, alle Informationen in einem maschinenausführbaren Datenmodell zu nutzen (Stufe 4). Das Reifegradmodell lässt sich sowohl auf die Digitalisierung des Planens, Bauens und Betreibens der Bundesfernstraßeninfrastruktur als auch auf die Durchführung von Nachhaltigkeitsbewertungen sinnhaft übertragen.

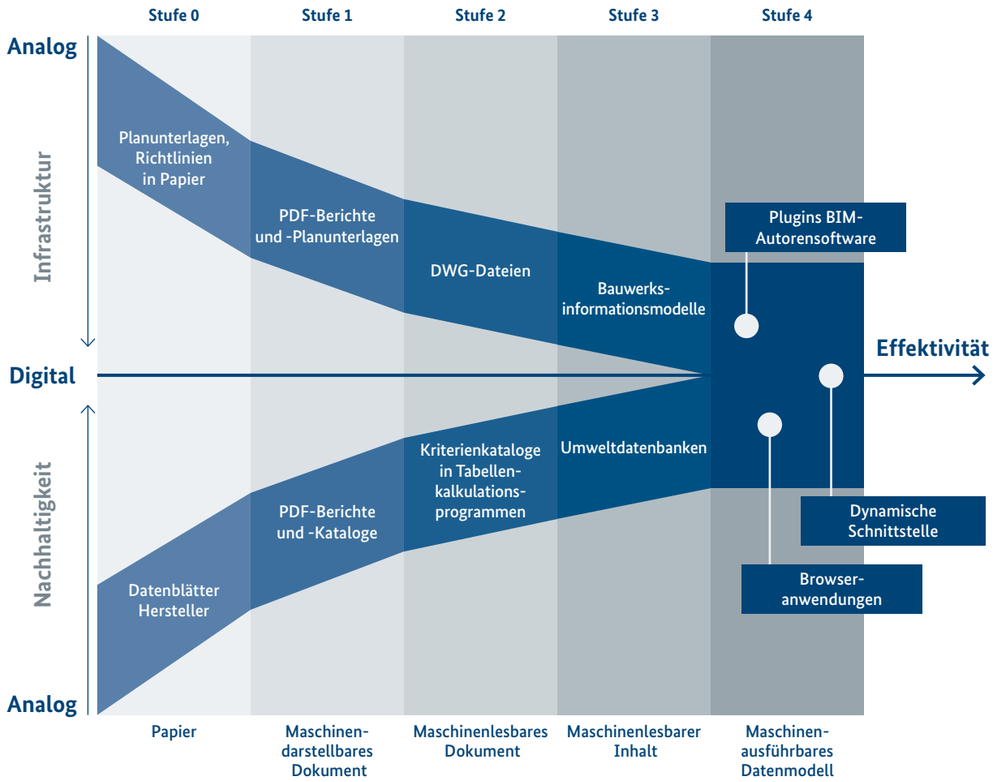


Abbildung 6: Reifegradmodell zur modellbasierten Nachhaltigkeitswertung (© BIM.Hamburg, 2023)

Mit dem vorliegenden Praxisdokument werden erste Grundlagen für das Erreichen der Reifegradstufe 4 bereitgestellt, die auf eine (teil-)automatisierte Verknüpfung von Objektinformationen und Umweltdaten abzielen. Dazu gehören Hinweise und Beispiele zu technischen Verbindungsoptionen, ein Prozessdiagramm zur Verdeutlichung möglicher Vorgehensweisen sowie praxisnahe Formate zur Ergebnisdarstellung.

3.1 Verbindungsoptionen BIM und Nachhaltigkeit

Die automatisierte Umsetzung einer modellbasierten Nachhaltigkeitsbewertung mit der BIM-Methode wird im vorliegenden Praxisdokument zunächst exemplarisch anhand der Bewertung von ökologischen Aspekten eruiert. Im Vordergrund stehen hierbei u. a. umfangreiche Datensätze, die zur Bewertung von Umwelt- und Klimaauswirkungen berücksichtigt werden müssen. Es gilt, die Informationen mit den Bauwerksinformationsmodellen zu verknüpfen. Im Vorgehen lassen sich drei grundsätzliche Varianten in Anlehnung an z. B. Wastiels und Decuypere, 2019 unterscheiden (siehe Abbildung 7). Auf diese wird im Folgenden näher eingegangen.

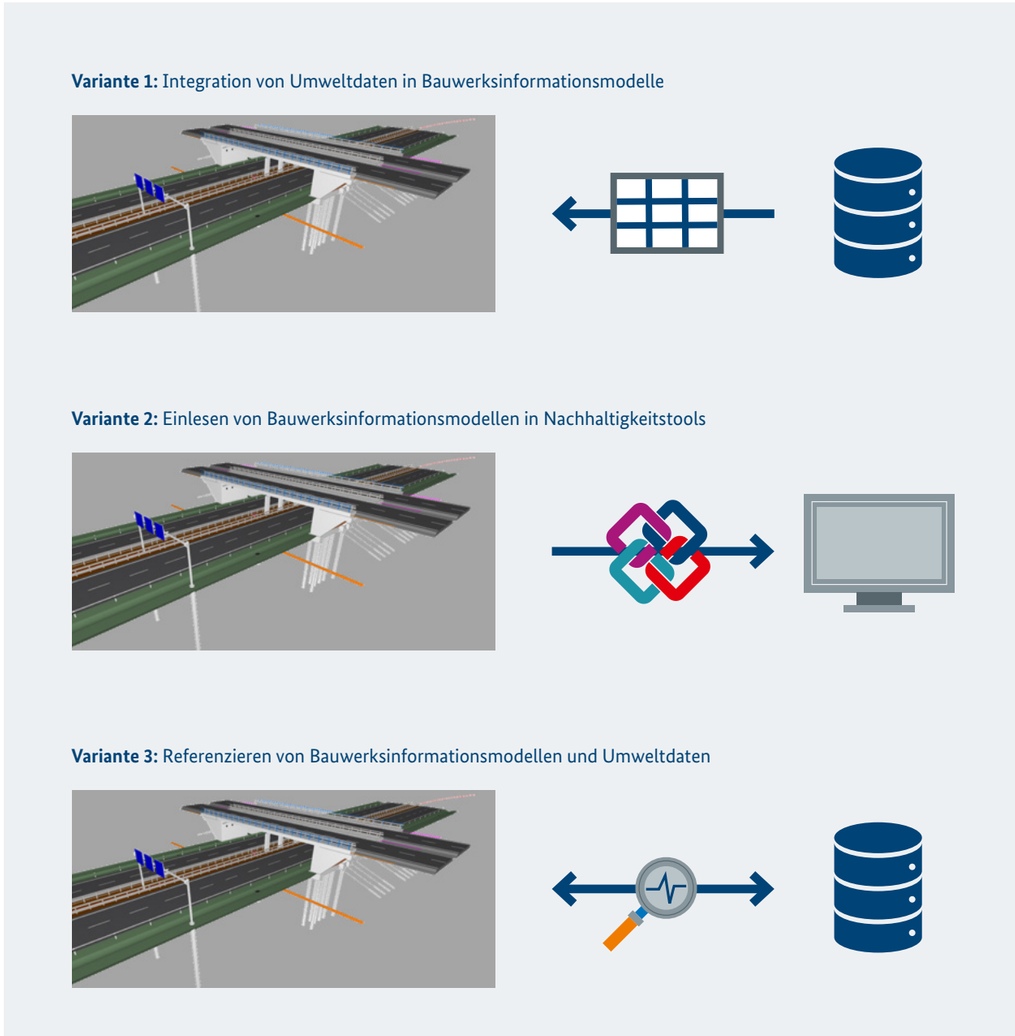


Abbildung 7: Varianten zur automatisierten Nachhaltigkeitsbewertung (© BIM.Hamburg, 2023)

1. Variante: Integration von Umweltdaten in Bauwerksinformationsmodelle

Technisch können die Merkmale von Bauwerksinformationsmodellen beliebig ergänzt werden, auch durch Informationen aus Datensätzen mit Nachhaltigkeitsbezug. Dies kann einerseits manuell durch den BIM-Autor im Zuge der Modellierung erfolgen, andererseits kann auf Plugins in einer BIM-Software zurückgegriffen werden. Je nach Planungsziel können dabei unterschiedliche Informationen an dem Modell erforderlich sein, sodass zu Projektbeginn eine eindeutige Definition der geforderten Merkmale durch die Planenden erforderlich ist. Durch die Kombination von verschiedenen Kennzahlen (z. B. für verschiedene Nachhaltigkeitskriterien jeweils mit Berücksichtigung mehrerer Lebenswegmodule) kann eine Vielzahl von zusätzlichen Merkmalen die Datenmenge des Modells erheblich erhöhen. Diese Variante eignet sich daher vor allem zur Dokumentation der Umweltkennwerte im As-Built-Modell.

2. Variante: Einlesen von Bauwerksinformationsmodellen in Softwaretools

Erste verfügbare Softwaretools ermöglichen eine automatisierte Berechnung von ökologischen Nachhaltigkeitskennwerten auf Basis von Modellen im ifc-Datenformat. Diese sind jedoch vornehmlich für Anwendungen im Hochbau entwickelt worden und greifen in der Regel auf die im Modell hinterlegten Basisdaten und IFC-Klassifizierungen zu. Da mit diesen Daten in Modellen des Ingenieurbaus zum Teil noch anders umgegangen wird als in Hochbaumodellen, ist die Zuordnung der Modellobjekte zu den in den Software-Tools hinterlegten Umweltdaten nur bedingt möglich. Durch eine händische Nachbearbeitung und Zuordnung der Datensätze zu den Objekten kann dem in der Regel entgegengewirkt werden. Die 2. Variante eignet sich daher vor allem für Modelle mit wenigen Bauteilen und Materialien (z. B. einfache Vorplanungsmodelle), bei denen eine manuelle Nacharbeit nur einen geringen Arbeitsaufwand erzeugt.

3. Variante: Referenzieren von Bauwerksinformationsmodellen und Umweltdaten

Eine Verknüpfung von Bauwerksinformationsmodellen mit Datensätzen aus Umweltdatenbanken, die darauf abzielt, weder die Modelle noch die Datensätze elementar anpassen zu müssen, ist nach Literaturangaben auf verschiedene Art und Weise möglich.

Eine Möglichkeit besteht darin, in einer Autoren- oder Koordinationssoftware Abfragen und Bedienoberflächen zu programmieren, die eine eindeutige Zuordnung von Bauwerksinformationen und Umweltdaten sicherstellt. Über eine Programmierschnittstelle (API: Application Programming Interface) findet so eine direkte Kommunikation zwischen einzelnen Modellelementen und Umweltdatensätzen statt. Um eine eindeutige Verknüpfung mit der Umweltdatenbank zu ermöglichen, müssen die Modellelemente einheitlich und eindeutig definiert sein. Auch der Aufbau der Umweltdatenbank muss für eine reibungslose Kommunikation standardisiert und auf den Aufbau des Modells abgestimmt sein. Hier kann es sinnvoll sein, eine eigene Datenbank passend zu den vorhandenen Modellierungsstandards aufzubauen. Mit dieser Vorgehensweise können (teil-)automatisierte Prozesse umgesetzt werden. Es werden jedoch ggf. Abhängigkeiten zu einzelnen Softwarelösungen erzeugt. Diese Variante hat einen sehr großen Implementierungsaufwand, eignet sich jedoch insbesondere für die Entwurfsoptimierung, da Änderungen in der Modellierung unmittelbar Änderungen der Umweltkennzahlen nach sich ziehen.

Als eine weitere grundsätzliche Vorgehensweise, um Informationen in verschiedenen Formaten und in unterschiedlichen Modulen miteinander zu kombinieren, bieten sich die Multi-Modell-Container (MMC) bzw. die Linked-Data-Methode an. Im Infrastrukturbereich werden diese Methoden bereits genutzt, um 5D-Datensätze im Rahmen der Ausschreibung und Vergabe zu teilen. Vergleichbare Standards für die sechste Dimension von BIM existieren für den Infrastrukturbereich derzeit noch nicht.

Zur Umsetzung von vollautomatisierten Prozessen wird diese Variante empfohlen.

3.2 Prozess für eine modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung

Für die Umsetzung einer modellbasierten Nachhaltigkeitsbewertung wird nachfolgend ein möglicher, standardisierter Prozesse aufgezeigt. Die dafür erforderlichen Prozessschritte und Entscheidungen werden anhand von Prozessdiagrammen abgebildet und im Folgenden als eine mögliche Vorgehensweise erläutert.

Die Abbildung 8 zeigt den generellen, softwareunabhängigen Prozess für eine modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung von der Übernahme bzw. dem Import bestehender Modelle bis zur Bereitstellung der auf Plausibilität geprüften Ergebnisse auf der gemeinsamen Datenumgebung (engl. Common Data Environment (CDE)). Dabei ist die Überprüfung der jeweiligen Prozessschritte von hoher Bedeutung, um Fehlerquellen frühzeitig zu erkennen. Konkrete Anforderungen an die Nachhaltigkeitsbewertung, wie zum Beispiel die Auswahl der zu bewertenden Lebenswegmodule oder geeigneter Umweltdatensätze, sind übergeordnete, BIM-unabhängige Entscheidungen und nicht Teil des Prozessdiagramms.

Als Basis für die interdisziplinäre Zusammenarbeit dient die CDE, über die die Projektgrundlagen wie die BIM-Modelle und die erforderlichen Umweltdatensätze zur Verfügung gestellt werden. Dabei können die erforderlichen Datensätze je nach Anforderung an die Nachhaltigkeitsbewertung aus unterschiedlichen externen Quellen zusammengesetzt sein.

Für den modellbasierten Prozess ist der Zusammenhang zwischen den im Modell abbildbaren Informationen und den Datensätzen wichtig. Diese Informationen können je nach Anforderung als (zusätzliche) Merkmale bereits in die BIM-Modelle aufgenommen werden oder alternativ in den erforderlichen Datensätzen Berücksichtigung finden. So kann beispielsweise bei einem Stahlbetonbauteil in der Ausführungsreife die Bewehrung als eigenes Bauteil modelliert und mit eigenen Baustoffkennwerten attribuiert sein und somit wichtige Informationen für eine Lebenszyklusanalyse als Bauteilinformationen im Modell beinhalten. In frühen Leistungsphasen ist der Bewehrungsgrad eines Stahlbetonbauteils i. d. R. jedoch als reine Information am Objekt hinterlegt, anstatt diese einzeln zu modellieren. Die für die Lebenszyklusanalyse erforderlichen Informationen der jeweiligen Baustoffe Bewehrungsstahl und Beton können in diesem Fall über einen gemischten Datensatz in den erforderlichen Datensätzen hinterlegt werden.

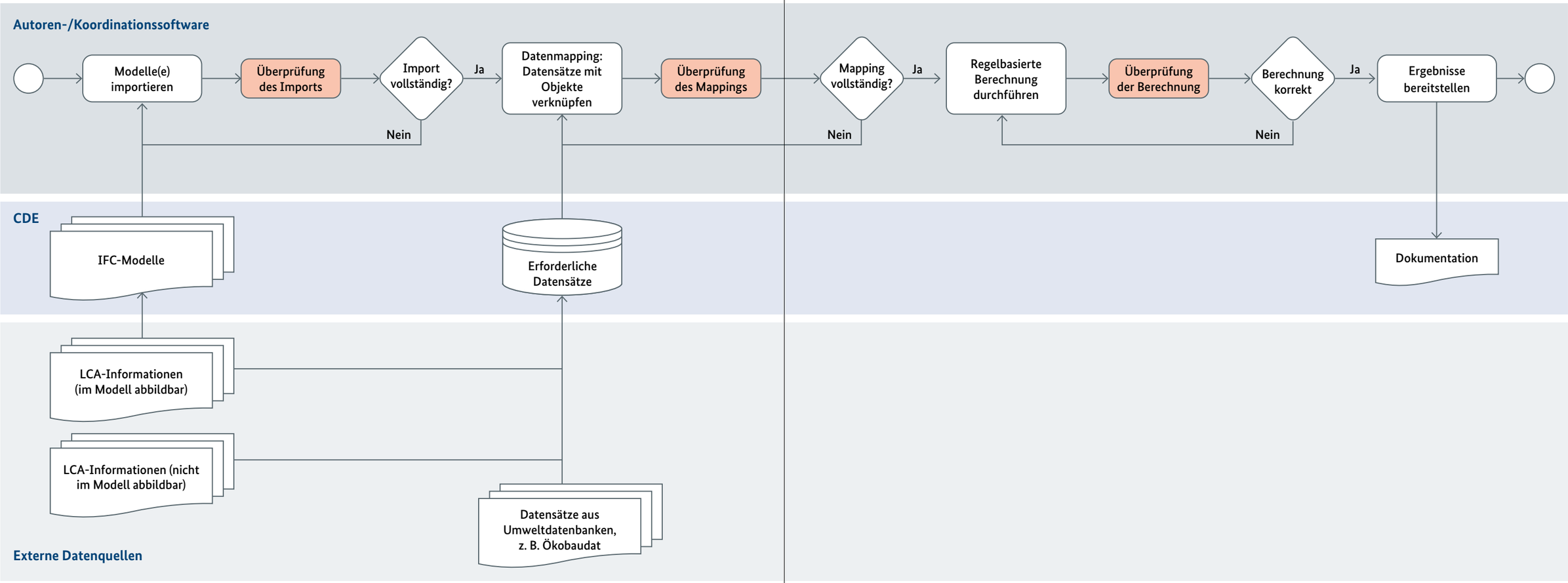


Abbildung 8: Softwareunabhängiges Prozessdiagramm (© BIM.Hamburg / LPI, 2025)

Zusätzlich können Informationen für die Erstellung einer Lebenszyklusanalyse erforderlich sein, die sich nicht oder nicht sinnvoll im Modell abbilden lassen. Das könnte beispielsweise die Entfernung eines Produktionsortes zum Einbauort oder das Transportmittel sein. Diese Informationen können ebenfalls ohne direkten Modellbezug über die erforderlichen Umweltdatensätze in die Lebenszyklusanalyse einfließen. Dabei ist zwingend eine einheitliche und eindeutige Bezeichnung der Informationen und ebenso eine eindeutige Beziehung zwischen Modell- und Datensatzinformationen einzuhalten.

Die technische Umsetzung der modellbasierten Nachhaltigkeitsbewertung beginnt mit dem Import der Modelle in eine Koordinations- oder Autorensoftware. Bei der Überprüfung des Imports sind insbesondere die Mengen und Modellinformationen auf Vollständigkeit, Einheitlichkeit und Nachvollziehbarkeit zu überprüfen. Ein häufiges Problem sind fehlende oder fehlerhafte Mengen der Modelle nach dem Import. Festgestellte Fehler können durch die Anpassung des IFC-Exports bzw. der Modellstammdaten behoben werden. Anschließend kann die Prüfung wiederholt und der Prozess bei erfolgreichem Import fortgeführt werden.

Im nächsten Schritt werden die Modellobjekte den erforderlichen Datensätzen zugeordnet (Datenmapping). Eine Überprüfung des Mappings kann sicherstellen, dass Zuordnungen, Systemgrenzen, Lebenswegmodule und Bezugsgrößen den festgelegten Anforderungen der Lebenszyklusanalyse entsprechen. Ergibt die Prüfung Unstimmigkeiten, sind die Zuordnungen anzupassen und erneut zu verifizieren. Erst ein als vollständig bewertetes Mapping bildet die Grundlage für die anschließende, regelbasierte Berechnung.

Die regelbasierte Berechnung der Umweltkennwerte erfolgt auf der vereinbarten Berechnungsgrundlage (z. B. BASt-Hefte). Eine Überprüfung der Berechnungsergebnisse stellt dabei insbesondere eine saubere Programmierung bzw. Ausführung der Berechnung sicher. Ist dies nicht gegeben, ist die Berechnung zu wiederholen. Bei korrekter Berechnung können die Ergebnisse auf der CDE bereitgestellt werden und der modellbasierte Prozess ist abgeschlossen. Beispiele zu möglichen Ergebnisdarstellungen können Abschnitt 3.3 entnommen werden.

3.3 Beispiele zur Ergebnisdarstellung

Die aus den modellbasierten Berechnungen erlangten Ergebnisse können für weitere Fragestellungen im Projekt herangezogen werden. Im Folgenden sind mögliche Darstellungen der Ergebnisse für eine weitere Verwendung aufgezeigt. Diese lassen sich grundsätzlich tabellarisch oder grafisch visualisieren.

So können die Ergebnisse der Lebenszyklusanalyse beispielsweise tabellarisch (Tabelle 3) für jedes Lebenswegmodul dargestellt werden. Da gemäß DIN EN 15804, bis auf spezielle Ausnahmen, alle Bauprodukte und -materialien die Lebenswegmodule A1-A3, C1-C4 und das Lebenswegmodul D deklariert werden müssen, bietet es sich an, mindestens diese Module in der Lebenszyklusanalyse zu berücksichtigen. Darüber hinaus können, sofern entsprechende Datengrundlagen vorliegen, weitere Lebenswegmodule entsprechend Tabelle 1 in die Lebenszyklusanalyse einbezogen werden. Es ist möglich, die Ergebnisse der einzelnen Bauteile (z. B. Widerlager Ost Flügelwand Süd) zur Auswertung entsprechend ihres Baustoffes (z. B. Stahlbewehrung B 500) separat aufzuschlüsseln und für die Betrachtung des gesamten Bauwerks, z. B. für einen Referenzwertvergleich, aufzusummieren.

Ergebniswert	Einheit	A1–A3	...	C1	C2	C3	C4	D	Summe	Referenzwert
Widerlager Ost, Flügelwand Süd – Material: Stahlbewehrung B 500										
Masse	[kg]									
GWP	[kg CO_2]									
Widerlager Ost, Flügelwand Nord – Material: Beton C30/37										
Masse	[m³]									
GWP	[kg CO_2]									
Widerlager Ost, Widerlagerwand – Material: Beton C30/37										
Masse	[m³]									
GWP	[kg CO_2]									
Widerlager Ost, Flügelwand Süd – Material: Stahlbewehrung B 500										
Masse	[kg]									
GWP	[kg CO_2]									
Widerlager Ost, Flügelwand Nord – Material: Stahlbewehrung B 500										
Masse	[kg]									
GWP	[kg CO_2]									
Widerlager Ost, Widerlagerwand – Material: Stahlbewehrung B 500										
Masse	[kg]									
GWP	[kg CO_2]									
Summe Beton	[kg CO_2]									
Summe Stahl	[kg CO_2]									
Total	[kg CO_2]									

Tabelle 3: Mögliche Ergebnisdarstellung nach Lebenswegmodulen am Beispiel GWP (BIM.Hamburg / ICoM RWTH Aachen, 2023)

Die Abbildung 9 zeigt eine Möglichkeit, wie eine Darstellung bzw. Auswertung von Nachhaltigkeitskriterien mittels Balkendiagrammen, in diesem Fall ausschließlich der Emissionen, aussehen kann. Im linken Diagramm werden die Emissionen massentechnisch dem Baustoff zugeordnet, wodurch sich einfach gegenüberstellen lässt, welcher Baustoff welche Emissionen verursacht. Im rechten Diagramm werden die Emissionen bauteilbezogen betrachtet, sodass Bauteile, die besonders viele Emissionen erzeugen, identifiziert werden können.

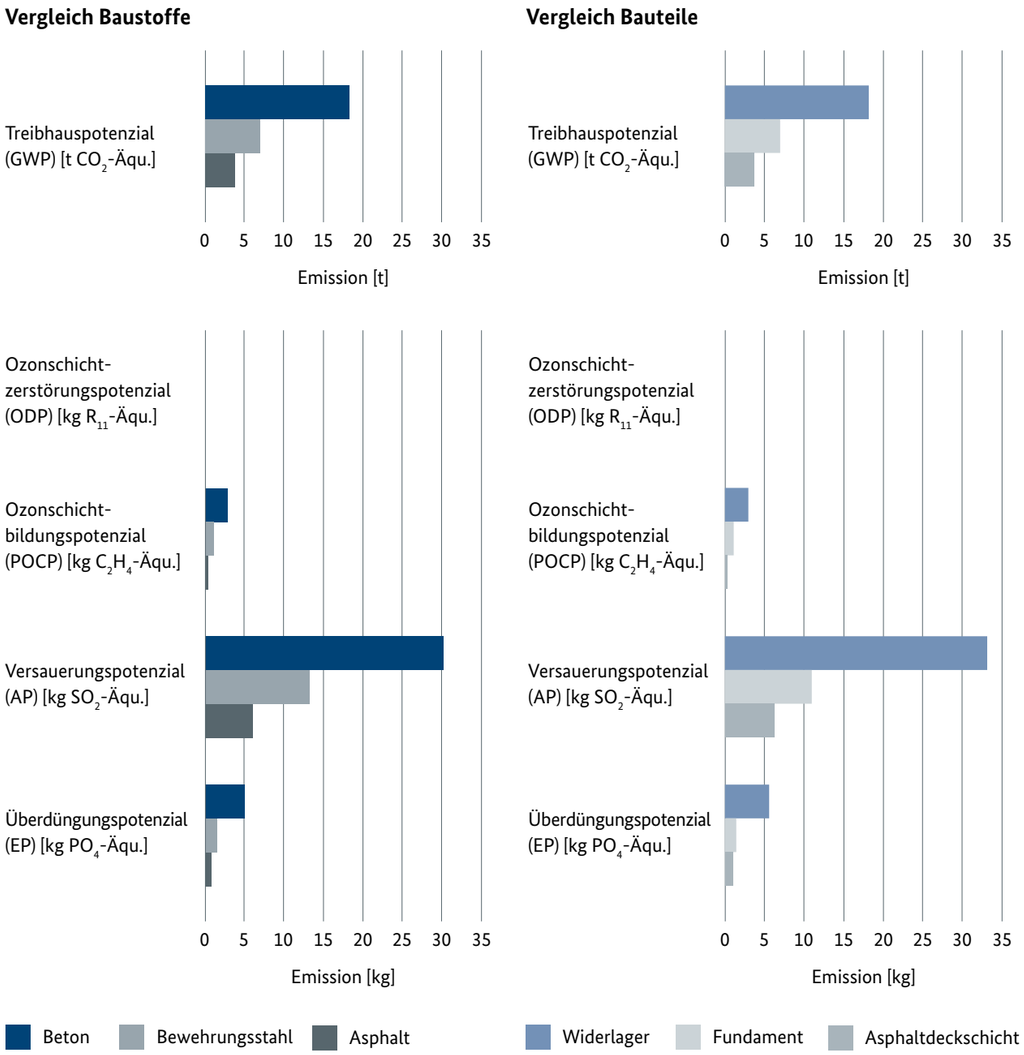


Abbildung 9: Mögliche grafische Darstellung der Vergleiche baustoff- und bauteilbezogen (BIM.Hamburg / ICoM RWTH Aachen, 2023)

Eine weitere Option ist die Integration der Berechnungsergebnisse in das BIM-Modell, um sie mittels eines geeigneten Farbschemas auszuwerten. In Abbildung 10 werden zwei mögliche Darstellungen gegenübergestellt – links die baustoffbezogene Auswertung und rechts die bauteilbezogene Auswertung. Bei der Auswertung des Modells und der damit zusammenhängenden Wahl des Farbschemas ist darauf zu achten, welches Ziel durch die Darstellung verfolgt wird. Beispielsweise kann ein kleines Bauteil wie das Stahlgeländer in einer rein baustoffbezogenen Auswertung als starker CO_2-Treiber interpretiert werden, wohingegen es auf bauteilbezogener Ebene mit einem geringen CO_2-Äquivalent kaum ins Gewicht fällt.

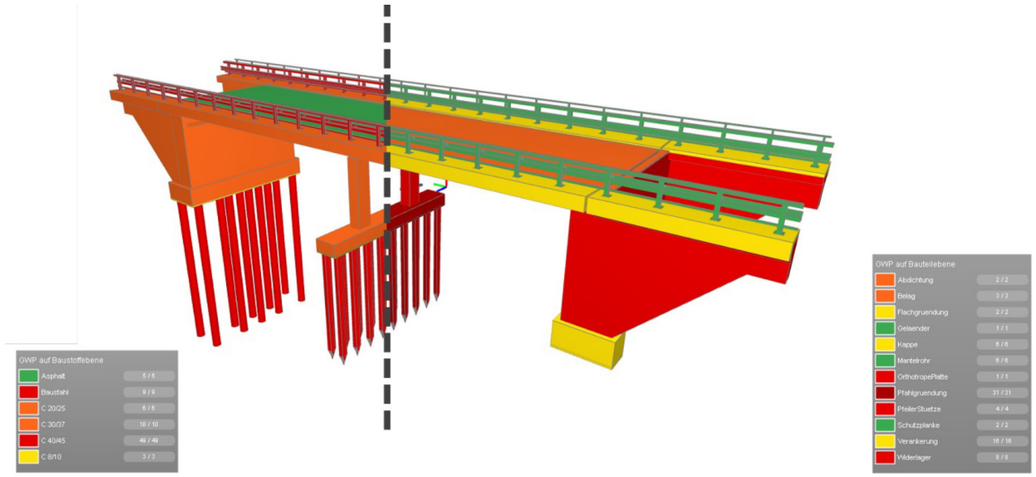


Abbildung 10: Mögliche grafische Darstellung im Modell, links: Baustoffebene, rechts: Bauteilebene (© BIM.Hamburg)

4 Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten in BIM-Projekten

Um Standards bei der Anwendung von BIM zu etablieren, hat das BMV im Rahmen des Masterplans BIM Bundesfernstraßen einheitliche Rahmendokumente erarbeitet. Damit die beschriebene Nachhaltigkeitsbewertung in dieser Implementierungsstrategie berücksichtigt werden kann, bedarf es zunächst einer Einordnung in die Systematik der Anwendungsfälle (AwF). Darauf aufbauend werden für die Umsetzung einer modellbasierten Nachhaltigkeitsbewertung in der Praxis Textbausteine für die Ausschreibung und Vergabe mittels Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) zur Verfügung gestellt.

4.1 Anwendungsfälle

In Abbildung 11 ist unter dem Überbegriff „Modellbasiertes Nachhaltigkeitsmanagement“ dargestellt, in welchen möglichen Kategorien BIM in Bezug auf die Nachhaltigkeit genutzt werden kann. Dazu gehören die Berechnung und Bewertung, die Varianten-/Szenarienanalyse sowie die Dokumentation.

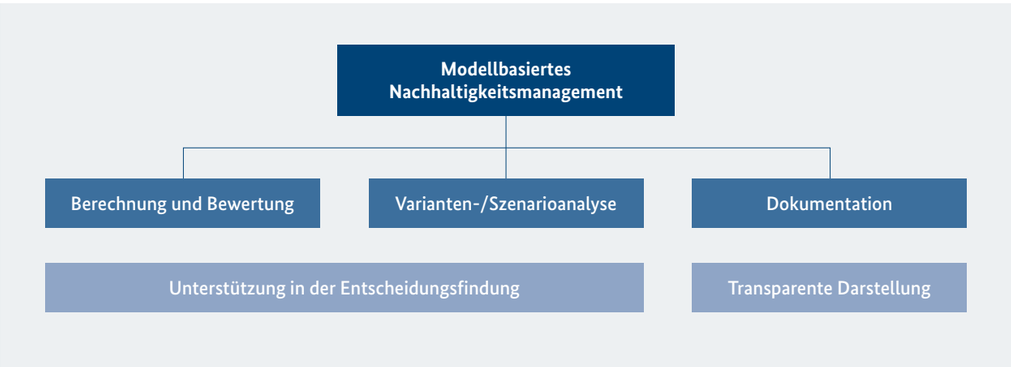


Abbildung 11: Kategorisierung möglicher Nachhaltigkeitsanwendungen (© BIM.Hamburg, 2023)

Tabelle 4 gibt für die Berechnung und Bewertung sowie die Dokumentation eine Übersicht über das mögliche modellbasierte Vorgehen und die daraus resultierenden Anforderungen an die Modelle und Datensätze. Die Varianten-/Szenarioanalyse ist nicht Teil dieses Praxisdokumentes und daher nicht weiter in der Tabelle ausgeführt.

Kategorie	Vorgehen	Open/Closed BIM	Aufwand	Praktische Anwendung	Projektphase	Anforderungen an Modelle		Anforderungen an Datensätze
						LOG	LOI	
Berechnung und Bewertung	Statische Berechnung	Koordinations- oder Autoren-software	Mittel	Variantenvergleich unterschiedlicher unveränderlicher Bauwerksmodelle (z. B. Holz- vs. Stahlvariante)	LPH 2	entsprechend LPH 2	Ergänzung in Abhängigkeit der vorgesehenen LCA-Tiefe	Generische Datensätze
				Unterstützung von Planungsentscheidungen der Entwurfs-/Ausführungsplanung (z. B. gezielte Anpassung von Baustoffen oder Geometrien)	LPH 3, LPH 5	entsprechend LPH 3/LPH 5	entsprechend LPH 3/LPH 5 Ggf. Ergänzung in Abhämgigkeit der vorgesehenen LCA-Tiefe	Generische Datensätze, Hersteller- oder Verbands-spezifische Datensätze
	Dynamische Berechnung	Autorensoftware	Hoch	Modelloptimierung im laufenden Planungsprozess	LPH 2, LPH 3, LPH 5	*entsprechend der statischen Berechnung*		
Varianten-/ Szenarioanalyse	*Aktuell nicht Teil des Praxisdokuments*							
Dokumentation	Dokumentation von Berechnungsergebnissen	Koordinations- oder Autoren-software	Mittel	Integration von Nachhaltigkeitskennwerten als Nachweis von Planungszielen oder zur Übergabe an weitere LPH	LPH 2, LPH 3, LPH 5	*entsprechend der statischen Berechnung*		
				Dokumentation der Nachhaltigkeitskennwerte am As-Built-Modell	Nach Abschluss der Aus-führung	Entsprechend Ausführung	Ergänzung in Abhängigkeit der vorgesehenen LCA-Tiefe	Hersteller-spezifische Datensätze entsprechend Lieferscheinen

Tabelle 4: Übersicht möglicher Nachhaltigkeitsanwendungen

In der Kategorie „Berechnung und Bewertung“ kann die Berechnung grundsätzlich sowohl statisch als auch dynamisch umgesetzt werden. Dabei werden die Modelle, die der statischen Berechnung zugrunde gelegt werden, während des Bewertungsprozesses in ihren grundlegenden Informationen nicht mehr verändert. Die statische Berechnung kann dadurch sowohl in einer Autoren- als auch in einer Koordinationssoftware vorgenommen werden. Die dynamische Berechnung zeichnet sich dadurch aus, dass sich die Berechnung und folglich auch die Bewertung im laufenden Planungsprozess dynamisch anpasst, sobald grundlegende Informationen in den Modellen angepasst werden. Dafür ist eine dynamische Verknüpfung von Modellobjekten und Datensatzinformationen erforderlich, was den Implementierungsaufwand im Vergleich zur statischen Berechnung deutlich erhöht. Da hierfür zeitaktuell Modellanpassungen berücksichtigt werden, ist eine Umsetzung zusätzlich nur in einer Autorensoftware möglich. Sowohl die statische als auch die dynamische Umsetzung haben sich in den Leistungsphasen zwei, drei und fünf gemäß HOAI als praxistauglich erwiesen.

Die Kategorie „Dokumentation“ der Berechnungsergebnisse kann sowohl mittels Koordinations- als auch Autorensoftware umgesetzt werden. Die in der Berechnung und Bewertung ermittelten Umweltkennwerte werden entweder als Nachweis von Planungszielen oder zur Übergabe an weitere Leistungsphasen mit den Modellen aus frühen Leistungsphasen verknüpft oder nach Abschluss der Ausführung am As-Built-Modell dokumentiert. Der wesentliche Unterschied der Dokumentation am As-Built-Modell ist die Informationstiefe der Datensätze. Während in frühen Leistungsphasen in der Regel mit generischen oder verbandsspezifischen Datensätzen gearbeitet wird, sind bei der Dokumentation am As-Built-Modell herstellerspezifische Datensätze entsprechend der Lieferscheine oder Abrechnung zu verwenden.

Bezogen auf das strategische Ziel, Nachhaltigkeitsaspekte in einem BIM-Projekt zu berücksichtigen, müssen die drei vorgenannten Kategorien standardmäßig in Projekten verankert werden. Dies kann mithilfe der BIM-AwFs umgesetzt werden. Für eine entsprechende Einordnung in die Systematik der AwFs können grundsätzlich drei verschiedene Ansätze verfolgt werden:

1. Die modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung wird in mehreren AwFs berücksichtigt.
2. Die modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung wird als eigener AwF definiert.
3. Die modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung wird in einen einzelnen bestehenden AwF integriert.

Alle drei Varianten weisen Vor- und Nachteile auf, sodass keine abschließende Empfehlung für eine zu präferierende Variante gegeben wird. Die Tabelle 4 ist dabei für jede der drei Varianten allgemein gültig.

4.2 Formulierungshinweise für die AIA

Aufbauend auf der Berücksichtigung der modellbasierten Nachhaltigkeitsbewertung in den AwFs können für eine entsprechende Umsetzung unterstützend für die Erstellung der AIA exemplarisch die nachfolgenden Textbausteine herangezogen werden. Dabei können die in schwarz dargestellten Textpassagen projektunabhängig bestehen bleiben. Die farblich markierten Textpassagen sind wiederum projektspezifisch anzupassen. Rot umfasst die BIM-spezifischen Themen und orange die Themen mit Bezug zur Nachhaltigkeit.

Die hier aufgeführten Textbausteine beziehen sich dabei lediglich auf die modellbasierte Umsetzung der Nachhaltigkeitsbewertung. Festlegungen der Systemgrenzen in Abhängigkeit von den projektspezifischen Nachhaltigkeitszielen sind in der allgemeinen Aufgabenbeschreibung festzuhalten.

Über den AwF 070 ist in dem Projekt die modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung im Sinne des Praxisdokuments, Version 1.1, des BMV vorzunehmen. So hat eine Verknüpfung der Bauwerksinformationen mit Umweltdatensätzen (EPD) in Anlehnung an den im Praxisdokument definierten Prozess zu erfolgen. Es wird empfohlen, für die Wahl der EPDs die Umweltdatenbank ÖKOBAUDAT gemäß EN 15804+A2 zugrunde zu legen und diese mit weiteren erforderlichen Informationen entsprechend dem Planungsziel der Lebenszyklusanalyse zu ergänzen. Die verwendeten Datensätze sind nachvollziehbar zu dokumentieren und mit dem AG abzustimmen.

Mit dem AwF 070 sind die Berechnungen der folgenden Nachhaltigkeitskriterien für den gesamten Lebenszyklus für die Straßenbrücken (Teilbauwerk 1 und 2) sowie die Verkehrsanlage auf Basis des Bewertungssystems gemäß BASt Heft B 125 sowie S 97 modellbasiert durchzuführen:

- Treibhauspotenzial (GWP)
- Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)
- Ozonbildungspotenzial (POCP)
- Versauerungspotenzial (AP)
- Überdüngungspotenzial (EP)

Die Berechnungen sollen für die Straßenbrücken (Teilbauwerk 1 und 2) sowie die Verkehrsanlage für die Baustoffe Bewehrungsstahl B500, Beton C30/37 sowie Gussasphalt MA11 S erfolgen. Hierfür erforderliche Ergänzungen von Informationen mit Modellbezug, beispielsweise durch Anpassungen/Ergänzungen an Modellobjekten, sind über BCF auszutauschen und im BAP zu dokumentieren.

Die Endergebnisse der modellbasierten Nachhaltigkeitsbewertung sind in einem entsprechenden Bericht zu dokumentieren und auf der CDE bereitzustellen. Die Berichtsart ist mit dem AG abzustimmen und im BAP festzuhalten.

Als Orientierung für die technische Umsetzung der modellbasierten Berechnung der Nachhaltigkeitskriterien steht das Prozessdiagramm im Praxisdokument, Version 1.1, des BMV zur Verfügung. Grundsätzlich sind jedoch mindestens folgende Umsetzungsschritte durchzuführen:

1. Berechnungswege aus den gewählten Bewertungssystemen (BASt Hefte B 125 sowie S 97) ableiten.
2. Erforderliche Datensätze manuell oder automatisch mit Modellobjekten verknüpfen.
3. Regelbasierte Berechnung für die in den AIA definierten Bauwerke, Bauteile bzw. Baustoffe und Nachhaltigkeitskriterien durchführen.
4. Plausibilität der Ergebnisse überprüfen, mindestens durch während des Prozesses kontinuierliche Überprüfung des Modellimports, Überprüfung des Datenmappings sowie Überprüfung der Berechnung.
5. Ergebnisse auf der CDE gemäß den Anforderungen aus den AIA und dem BAP übergeben.

Die Umsetzungsschritte sind vom AN zu konkretisieren, durch den AG freizugeben und im BAP festzuhalten.

Anforderungen an den AwF 070					
Bereitgestellte Grundlagendaten (Eingangsdaten)					
Daten	**Anforderungen**	**LoG**	**LoI**	**Datenformat**	**Zuständigkeit**
FM Teilbauwerk 1	–	200	300	IFC, nativ	Fachplaner
FM Teilbauwerk 2	–	200	300	IFC, nativ	Fachplaner
FM Verkehrsanlage	–	200	100	IFC, nativ	Fachplaner
Lieferleistungen (Ausgangsdaten)					
Daten	**Anforderungen**	**LoG**	**LoI**	**Datenformat**	**Zuständigkeit**
Ergebnisbericht der Nachhaltigkeits-bewertung	Dokumentation der Vorgehensweise unter Berücksichtigung der gewählten Software Ergebnisse zu allen ausgewählten Nachhaltig-keitskriterien	–	–	PDF	Fachplaner
Modellbasierte Kommunikation	Bspw. Dokumentation von Modellannahmen	–	–	BCF	Fachplaner

Tabelle 5: Bereitgestellte Grundlagendaten und Lieferleistungen für Anforderungen an einen AwF in LPH2

5 Hinweise

Die Ausführungen zu BIM und Nachhaltigkeit in diesem Praxisdokument dienen zur Orientierung und stellen die grundsätzliche Machbarkeit einer modellbasierten Nachhaltigkeitsbewertung dar. Für die Umsetzung in der Praxis wird abschließend auf die folgenden Punkte hingewiesen:

- Zu Beginn des Projektes sind die Systemgrenzen und Grundlagen für die Nachhaltigkeitsbewertung zu definieren. Hierzu gehört neben der Auswahl von zu bewertenden Bauwerken, Bauteilen und/oder Baustoffen insbesondere die Festlegung von Lebenswegmodulen und Nachhaltigkeitskriterien. Neben projektspezifischen Randbedingungen bzw. Fragestellungen ist hierfür auch das lückenlose Vorhandensein von Umweltdaten zu klären, da dies oftmals noch ein Problem darstellt. Neben der ÖKOBAUDAT können hierfür auch weitere Datenbanken herangezogen werden und die Datensätze um projektspezifische Informationen manuell ergänzt werden. Zusätzlich ist festzulegen, in welcher Leistungsphase eine Nachhaltigkeitsbewertung in welcher Detailtiefe durchgeführt werden soll.

- Ziel ist es, eine Lebenszyklusanalyse möglichst früh und wiederholt im Projektverlauf durchzuführen. Viele Informationen, wie z. B. spezifische Kennwerte zu Baustoffen, können jedoch oftmals erst mit fortgeschrittenem Projektstand festgelegt werden. Obwohl der Informationsverlagerung durch BIM hin zu frühen Projektphasen auch im Kontext der Nachhaltigkeit derzeit noch Grenzen gesetzt sind, wird empfohlen, die für einen (teil-)automatisierten Prozess erforderlichen Merkmale möglichst frühzeitig an den Objekten zu hinterlegen.

- In frühen Leistungsphasen sind aufgrund vereinfachter Geometrien der Objekte sowie dem Vorhandensein generischer Daten nur überschlägige Ergebnisse möglich. Mit zunehmendem Detaillierungsgrad und Informationsgehalt steigen die Genauigkeit und die Aussagekraft der Ergebnisse. Dabei werden beispielsweise in frühen Leistungsphasen gemischte Bauteile wie Stahlbeton im Bauwerksinformationsmodell über Merkmale (z. B. Bewehrungsgrad) beschrieben und in späteren Leistungsphasen bei höherem Level of Geometry (LoG) über die Geometrie selbst bilanziert.

- Es wird empfohlen, die Ergebnisse der modellbasierten Nachhaltigkeitsbewertung neben der im Prozessdiagramm dargestellten Überprüfung der einzelnen Prozessschritte einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen. Diese kann beispielsweise den Datenabgleich im Modell, analytische Vergleichsrechnungen sowie den Abgleich mit Literatur- und Erfahrungswerten umfassen. Hierbei ist eine Gesamtbetrachtung auf Bauwerksebene zu bevorzugen, da Einzelobjekte nur bedingt aussagekräftig sind. Der Umfang an aussagekräftigen Vergleichsdaten für eine Plausibilitätsprüfung ist insbesondere im Infrastrukturbau derzeit jedoch noch sehr begrenzt.

- Mit dem Praxisdokument werden mögliche Vorgehensweisen für eine modellbasierte Nachhaltigkeitsbewertung anhand von fünf ökologischen Nachhaltigkeitskriterien aufgezeigt. Für eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsbewertung im Sinne der DIN EN 17472 sind langfristig weitere ökologische sowie ökonomische und soziale Kriterien modellbasiert auszuwerten.

- Neben der standardisierten Bereitstellung von Bauwerksinformationen dienen digitale Modelle generell dem besseren Projektverständnis. So können beispielsweise im Infrastrukturbau die in den Bewertungssystemen zur Nachhaltigkeit geforderten Erläuterungsberichte und Abwägungsentscheidungen unter Zuhilfenahme von digitalen Modellen umgesetzt werden, da diese auch ohne Berechnungsverfahren eine gute Informationsquelle bieten (Single source of truth).

- Über dieses Praxisdokument hinaus sind die Themen Rückbau und Zirkularität näher zu betrachten. In dem Kontext ist die modellbasierte Erstellung eines Ressourcenpasses für Infrastrukturbauwerke zu erproben, zu evaluieren und auf Basis einer breiten Kenntnislage zu standardisieren.

6 Abkürzungsverzeichnis

AG	Auftraggeber
AIA	Auftraggeberinformationsanforderungen
AN	Auftragnehmer
API	Application Programming Interface
AwF	BIM-Anwendungsfall
BAP	BIM-Abwicklungsplan
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BCF	BIM Collaboration Format
BIM	Building Information Modeling
BMV	Bundesministerium für Verkehr
CDE	Common Data Environment
DIN	Deutsches Institut für Normung
EPD	Environmental Product Declaration
FM	Fachmodell
GWP	Global Warming Potential
HPA	Hamburg Port Authority
LCA	Life Cycle Assessment
LoG	Level of Geometry
LSBG	Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Drei-Säulen-Modell (oben) und die fünf Hauptkriteriengruppen (unten) (© BIM.Hamburg, 2023) S. 6

Abbildung 2: Informationsverlagerung bei BIM hin zu frühen Planungsphasen (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2014) S. 7

Abbildung 3: Schematische Darstellung einer Lebenszyklusanalyse (© BIM.Hamburg nach Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, 2022) S. 8

Abbildung 4: Wiederholte Durchführung der Lebenszyklusanalyse zu verschiedenen Zeitpunkten im Planungsprozess (© BIM.Hamburg nach Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, 2018) S. 9

Abbildung 5: Einordnung eines Nachhaltigkeitskriteriums in das Gesamtsystem der BASt (© BIM.Hamburg, 2023) S. 12

Abbildung 6: Reifegradmodell zur modellbasierten Nachhaltigkeitswertung (© BIM.Hamburg, 2023) S. 14

Abbildung 7: Varianten zur automatisierten Nachhaltigkeitsbewertung (© BIM.Hamburg, 2023) S. 15

Abbildung 8: Softwareunabhängiges Prozessdiagramm (© BIM.Hamburg / LPI, 2025) S. 18

Abbildung 9: Mögliche graphische Darstellung der Vergleiche baustoff- und bauteilbezogen (BIM.Hamburg / ICoM RWTH Aachen, 2023) S. 22

Abbildung 10: Mögliche graphische Darstellung im Modell, links: Baustoffebene, rechts: Bauteilebene (© BIM.Hamburg) S. 23

Abbildung 11: Kategorisierung möglicher Nachhaltigkeitsanwendungen (© BIM.Hamburg, 2023) S. 24

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Lebenswegmodule gemäß DIN EN 15804 (nach Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2021) S. 10

Tabelle 2: Mögliche Eingrenzung von Nachhaltigkeitskriterien gemäß BASt einer modellbasierten Lebenszyklusanalyse (© BIM.Hamburg, 2023) S. 11

Tabelle 3: Mögliche Ergebnisdarstellung nach Lebenswegmodulen am Beispiel GWP (BIM.Hamburg / ICoM RWTH Aachen, 2023) S. 21

Tabelle 4: Übersicht möglicher Nachhaltigkeitsanwendungen S. 25

Tabelle 5: Bereitgestellte Grundlagendaten und Lieferleistungen für Anforderungen an einen AwF in LPH2 S. 28

9 Quellennachweise

Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (2016a): Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastrukturbauwerke im Hinblick auf Nachhaltigkeit, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Brücken und Ingenieurbau, Heft B 125.

Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (2016b): Einheitliche Bewertungskriterien für Elemente der Straßenverkehrsinfrastruktur im Hinblick auf Nachhaltigkeit – Straße und Tunnel, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Straßenbau, Heft S 97.

Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (2016c): Pilotstudie zum Bewertungsverfahren Nachhaltigkeit von Straßenbrücken im Lebenszyklus, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe B: Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 131.

Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen (2016d): Pre-Check der Nachhaltigkeitsbewertung für Brückenbauwerke, in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe B: Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 132.

Baunetz Wissen (o. D.): Ökobilanz (https://baunetzwissen.de/boden/fachwissen/qualitaetssicherung/oekobilanz-959407, 18.10.2023).

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2021): ÖKOBAUDAT-Handbuch, Technisch/formale Informationen und Regeln zur ÖKOBAUDAT-Datenbank, Version 2.1, Berlin, Wien, Freiburg.

Bundesministerium für Verkehr (2021): Masterplan BIM Bundesfernstraßen – Digitalisierung des Planens, Bauens, Erhaltens und Betreibens im Bundesfernstraßenbau mit der Methode Building Information Modeling, Berlin.

Bundesministerium des Innern: (2019): Leitfaden Nachhaltiges Bauen: Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, 3. aktualisierte Auflage, Berlin.

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2014): Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen.

Deutsche Umwelthilfe (2021): Nachhaltiges Bauen (https://www.duh.de/lebenszyklus-beim-bauen, 18.10.2023)

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (2018): Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V., Stuttgart.

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (2022): Grundlagen des nachhaltigen Bauens, in: DGNB Schulungsunterlagen.

DIN EN 15804:2022-03: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte; Deutsche Fassung.

DIN EN ISO 14040:2021-02: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen, Deutsche Fassung.

DIN EN ISO 14044:2021-02: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen, Deutsche Fassung.

Gantner, Johannes et al. (2018): Ökobilanz – Integration in den Entwurfsprozess. BIM-basierte entwurfsbegleitende Ökobilanz in frühen Phasen einer Integralen Gebäudeplanung, in: Bauphysik 40, Heft 5, S. 286-297.

Global Alliance for Buildings and Construction (2020): Global Status Report for Buildings and Construction – Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector.

Jovanović, Vladimir (2021): 6D-BIM für mehr Nachhaltigkeit schon in der Planung (https://www.dabonline.de/2021/06/29/6d-bim-nachhaltigkeit-planung-programme-software-architektur-zertifizierung, 18.10.2023).

ÖKOBAUDAT (2023): (https://www.oekobaudat.de, 18.10.2023).

Wastiels, Lisa und Decuypere, Roland (2019): Identification and comparison of LCA-BIM integration strategies.

Impressum

Herausgeber
Bundesministerium für Verkehr
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Autoren
Kim Könemann (BIM.Hamburg)
Henrieke Lerch (BIM.Hamburg)
Esra Korff (BIM.Hamburg)

Fachliche Begleitung, Redaktion und Gestaltung
Christoph Begemann (LPI Ingenieurgesellschaft mbH)
Laura Lehmann (LPI Ingenieurgesellschaft mbH)

Stand
Februar 2026

Bildnachweis
Klaus Lintemeier

Diese Publikation wird von der Bundesregierung im Rahmen ihrer Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

www.bmv.de