

## **Design for Disassembly and Adaptability**

Grundlagenstudie zu Definitionen, Prinzipien,  
Szenarien und Massnahmen



Muttenz, 31.03.2026

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

## **Impressum**

### **Auftraggeber:**

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Ökonomie und Innovation, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

### **Auftragnehmer:**

Fachhochschule Nordwestschweiz

Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau

Hofackerstrasse 30

4132 Muttenz

### **Autor/Autorin:**

Prof. Dr. Margarete Olender

Prof. Barbara Sintzel

Samuel Held

### **Begleitung BAFU:**

Roger Nufer

### **Hinweis:**

Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

## Zusammenfassung

Ein grosser Teil der in Bauwerken eingesetzten Materialien bleibt über lange Zeiträume gebunden und wird am Ende der Nutzung häufig nur noch verwertet, obwohl Bauteile und Systeme technisch weiter nutzbar wären. Ansätze wie **Design for Disassembly (DfD)** und **Design for Adaptability (DfA)** zielen darauf ab, Bauwerke so zu planen, dass Anpassung, Demontage, Reparatur und Wiederverwendung erleichtert sowie sortenreine Materialkreisläufe ermöglicht werden. Dadurch können insbesondere mehrfache Nutzungszyklen von Bauwerken, Bauteilen und Materialien unterstützt werden.

Die vorliegende Studie untersucht die fachlichen Grundlagen für die Planung rückbaubarer und anpassungsfähiger Bauwerke. Ziel ist es, bestehende Erkenntnisse aus Normen, wissenschaftlicher Literatur, Labels, Leitfäden und Praxisbeispielen systematisch zusammenzuführen und im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit in der Planungspraxis zu strukturieren. Die Literaturrecherche zeigt, dass mit der **ISO 20887** ein konsistenter Referenzrahmen für Definitionen, Prinzipien und Entscheidungsgrundlagen vorliegt, auf den sich ein grosser Teil der Forschung und praxisorientierten Veröffentlichungen bezieht.

Auf dieser Grundlage wurden zentrale Begriffe harmonisiert, Ziele und typische Projektszenarien abgeleitet sowie Prinzipien und Massnahmen aus Normen, Forschung und Praxis zusammengeführt. Zudem wurden typische Zielkonflikte (Trade-offs) identifiziert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Auswahl geeigneter DfD/A-Strategien wesentlich vom **Nutzungskontext** abhängt. Für die entsprechende Einordnung von Projekten haben sich insbesondere drei Parameter als zentral erwiesen:

1. Dauer des Lebenszyklus
2. Anzahl der Nutzungszyklen
3. Wahrscheinlichkeit bzw. Art von Nutzungsänderungen

Die Anforderungen an DfD/A betreffen alle Phasen im Lebenszyklus eines Bauwerks. Bereits in der strategischen Planung werden grundlegende Voraussetzungen für Anpassungsfähigkeit und Flexibilität festgelegt. In der Projektierung werden konstruktive Prinzipien definiert, die Rückbau, Austausch und Erweiterung ermöglichen. Materialwahl und Fügungen beeinflussen Wiederverwendbarkeit und Trennbarkeit, während in Ausführung und Betrieb Aspekte wie Demontierbarkeit, Dokumentation und Reparierbarkeit im Vordergrund stehen. DfD/A ist somit als **phasenübergreifender Ansatz** zu verstehen.

Ein übergeordnetes Ziel von DfD/A besteht darin, die Nutzungsdauer möglichst auf allen Systemebenen zu verlängern. Daraus ergibt sich eine Zielkaskade:

1. Lebensdauer des Gebäudes
2. Lebensdauer von Systemen
3. Lebensdauer von Bauteilen
4. Lebensdauer von Materialien

Dabei ist zu beachten, dass DfD/A nicht dazu führen soll, Bauwerke zu überdimensionieren oder unnötig Material einzusetzen. Vielmehr erfordert die Umsetzung und die Auswahl von geeigneten Massnahmen eine projektspezifische Strategie, die sich an **realistischen Nutzungs- und Nachnutzungsszenarien** orientiert und unterschiedliche Anforderungen über den Lebenszyklus hinweg gegeneinander abwägt. Das Vorgehen zur Auswahl geeigneter Massnahmen lässt sich vereinfacht in folgende Schritte gliedern:

1. Zieldefinition im Nutzungskontext
2. Bestimmung des relevanten Szenarios
3. Auswahl geeigneter Prinzipien
4. Ableitung konkreter Massnahmen (insbesondere zu Konstruktion, Fügung und Materialien)
5. Bewertung und Abwägung von Zielkonflikten

Die ISO 20887 bietet hierfür eine geeignete Grundlage, da sie klare Definitionen, Prinzipien und Zielsetzungen bereitstellt. Eine Integration dieser Norm in den SIA-Normenkatalog würde die **Anschlussfähigkeit an internationale Entwicklungen** stärken und den Zugang zu einem breiteren Erfahrungsschatz aus Praxisprojekten erleichtern. Darauf aufbauend könnte eine SIA-Wegleitung die praktische Umsetzung weiter konkretisieren.

In bestehenden Bewertungssystemen werden DfD und DfA zunehmend berücksichtigt, häufig jedoch unter ökonomischen Gesichtspunkten. Insbesondere DfA weist ein hohes Potenzial auf, da die Anpassungsfähigkeit direkt mit der **wirtschaftlichen Bewertung von Gebäuden** verknüpft ist. Während DfD vor allem bei kurzfristigen Nutzungen an Bedeutung gewinnt, liegt bei langfristigen Nutzungen der Schwerpunkt auf DfA, ergänzt durch DfD zur Unterstützung von Unterhalt, Wartung und Anpassungen.

Darüber hinaus eröffnen DfD und DfA neue Perspektiven im Kontext der Kreislaufwirtschaft. Geschäftsmodelle wie „Product-as-a-Service“, Leasing oder Rücknahmesysteme ermöglichen eine längere Nutzung von Bauteilen und schaffen zusätzliche Wertschöpfung. Gleichzeitig trägt insbesondere DfA durch erhöhte Reparierbarkeit und Anpassungsfähigkeit zur langfristigen Werterhaltung von Gebäuden bei und stärkt durch wiederkehrende Umbauten und Instandhaltungsmassnahmen die **lokale Bau- und Handwerkswirtschaft**.

Insgesamt zeigt die Studie, dass DfD und DfA nicht nur **ökologische Strategien** darstellen, sondern zunehmend als **ökonomisch relevante Planungsprinzipien** verstanden werden müssen, die sowohl zur Ressourcenschonung als auch zur langfristigen Sicherung von Immobilienwerten beitragen.

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Inhaltsverzeichnis	5
1 Einleitung und Ausgangslage	7
1.1 Hintergrund	7
1.2 Vorarbeiten	7
1.3 Forschungsziel und Forschungsfrage	8
1.4 Aufbau der Studie	9
2 Literaturrecherche	10
2.1 Methodisches Vorgehen	10
2.2 Übersicht über relevante Normen	12
2.3 Labels, Standards und Bewertungssysteme	13
2.3.1 ecobau	14
2.3.2 Minergie-Eco	14
2.3.3 SNBS (Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz)	14
2.3.4 DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)	16
2.3.5 Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)	17
2.3.6 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)	20
2.3.7 Level(s) European framework for sustainable buildings	20
2.4 Übersicht über Leitfäden aus der Praxis in der Schweiz und dem europäischen Ausland	22
2.5 Ergebnis der Literaturrecherche	24
3 Begriffsbestimmungen	25
3.1 Definition von DfD und DfA	26
3.2 Schichtmodell und Systemtrennung	27
3.3 Kategorisierung der Begriffe für DfD und DfA	28
3.4 Begriffe für Fügungen	29
4 Konstruktive Anforderungen und Bewertung von DfD/A	30
4.1 Anforderungen an Konstruktionen und Materialien	30
4.2 Bewertung von Fügungen auf DfD-eignung	34
4.3 Bewertung von Planung hinsichtlich DfA	38

5	Potenzielle Massnahmen	39
5.1	Ziele von DfD und DfA	39
5.2	Szenarien zur Entscheidung für und von DfD- oder DfA-Massnahmen	40
5.3	Prinzipien DfD und DfA	42
5.3.1	Prinzipien von Design for Adaptability	42
5.3.2	Prinzipien von Design for Disassembly	42
5.3.3	Einordnung der Prinzipien in die Szenarien	43
5.4	Massnahmen in Abhängigkeit von Szenarien und Prinzipien	43
5.4.1	Massnahmen aus der Forschung und Praxis in der Schweiz	44
5.4.2	Szenario: Kurzer Lebenszyklus mit einmaliger Nutzung	45
5.4.3	Szenario: Kurzer Lebenszyklus mit mehreren Nutzungszyklen	46
5.4.4	Szenario: Langer Lebenszyklus mit wahrscheinlicher Nutzungsänderung	46
5.4.5	Szenario: Langer Lebenszyklus mit stabiler Nutzung	47
5.5	Potenzielle Zielkonflikte und Trade-offs	47
6	Fazit	49
6.1	Kernaspekte von DfD/A im Planungs- und Bauprozess	49
6.2	Empfehlungen für eine SIA-Wegleitung	50
6.3	Chancen und Zukunftsperspektiven für DfD und DfA	51
7	Literaturverzeichnis	52
	Anhang 1. Begriffe Allgemein	57
	Anhang 2. Begriffe Gebäudeerhalt	62
	Anhang 3. Begriffe R-Strategien	63
	Anhang 4. Begriffe Post-Use-Strategien	65
	Anhang 5. Begriffe DfD/A spezifisch	66
	Anhang 6. Begriffe Fügungen	72
	Anhang 7. Suchstrings der Literaturrecherche	75

# 1 Einleitung und Ausgangslage

Design-for-Disassembly (DfD) gilt als eine wichtige Massnahme, um ressourcenschonendes Bauen zu realisieren. Es ermöglicht die *Demontage* von Bauwerken. Demontage geht dabei über die sortenreine Trennung von Materialien zur Abfallverwertung nach Art. 30d *Verwertung* des Umweltschutzgesetzes hinaus. Sie ermöglicht die *Wiederverwendung* von Bauteilen, Bauelementen oder Baustoffen, und trägt damit zum ressourcenschonenden Bauen bei, wie es im Artikel 35j gefordert wird. Eine Facette des DfD ist das Design-for-Adaptability (DfA). Durch konstruktive *Anpassungsfähigkeit* können Nutzungsänderungen erleichtert und Eingriffe in die Bausubstanz reduziert werden. Da es in der Schweiz derzeit keine etablierte Wegleitung für DfD in der Baubranche gibt, soll beim SIA eine Wegleitung zum Design for Disassembly und Adaptability (DfD/A) erarbeitet werden. In dieser Studie werden für die Wegleitung Grundlagen aus der Praxis, Labels und Standards und Resultate aus der Forschung zusammengetragen.

## 1.1 Hintergrund

Im 4. Abschnitt: Ressourcenschonendes Bauen in Artikel 35j Abs. 1 des Umweltschutzgesetzes kann der Bundesrat Anforderungen festlegen über:

- « a. die Verwendung umweltschonender Baustoffe und Bauteile;
- b. die Verwendung von Baustoffen, die aus der stofflichen Verwertung von Bauabfällen stammen;
- c. die Rückbaubarkeit von Bauwerken; und
- d. die Wiederverwendung von Bauteilen in Bauwerken.»

Der Bund soll laut Artikel 35j Abs. 2 ausserdem bei eigenen Bauaufgaben eine Vorbildfunktion wahrnehmen. Daraus ergibt sich ein Bedarf an praxistauglichen Grundlagen und Instrumenten, mit denen die Rückbaubarkeit und Anpassungsfähigkeit von Bauwerken bereits in der Planung berücksichtigt und im Projektverlauf umgesetzt werden können. Gleichzeitig verfolgt der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA) als Normenverfasser das Ziel, die Anwendung von DfD und DfA in der Baupraxis zu fördern. Gemäss Roadmap der Spurgruppe Kreislaufwirtschaft des SIA soll entsprechend 2026/2027 eine Wegleitung für DfD erarbeitet werden. Eine Wegleitung kann dazu beitragen, bestehende Erkenntnisse aus Forschung, Normung und Praxis systematisch aufzubereiten und für die Anwendung in Bauprojekten zugänglich zu machen.

## 1.2 Vorarbeiten

Im Frühjahr 2025 wurde eine CAS-Abschlussarbeit zur *Umsetzung der Rückbaubarkeit und Nutzungsflexibilität* verfasst, in welche erste Definitionen und Massnahmen zu DfD/A aufgenommen wurden (Bapst et al., 2025). Eine wesentliche Grundlage der CAS-Arbeit bilden die Studie der EPFL zum Selektiven Rückbau (Küpfer & Fivet, 2021) und die ISO 20778 - Sustainability in buildings and civil engineering works - Design for disassembly and adaptability - Principles, requirements and guidance (ISO International Organization for Standardization, 2020b).

Das vom BAFU finanzierte, vom Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau FHNW durchgeführte und im November 2024 abgeschlossene Projekt «Zirkularität Messbar Machen» behandelt Grundlagen für die Messbarkeit von zirkulärem Bauen (Olender et al., 2024). Im Zusammenhang mit DfD/A wurde in dieser Studie insbesondere die Bedeutung von End-of-Use- und End-of-Life-Szenarien am Nutzungszklusende resp. Lebenszyklusende sowie der damit verbundenen Handlungsoptionen Weiterverwendung und Verwertung aufgezeigt. Beide werden massgeblich durch das Demontagepotenzial von Konstruktionen beeinflusst und erfordern eine differenzierte Kategorisierung von Nachnutzungsoptionen.

Im Bericht *Auswertungen zur Umsetzung von Vorgaben Zusatz ECO und Kriterien SNBS-Hochbau zu Kreislaufwirtschaft und Klima* wird untersucht, in welchem Ausmass die Aspekte Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft in den bestehenden Nachhaltigkeitsstandards Minergie-ECO und SNBS systematisch berücksichtigt sind. Der Fokus liegt auf der Auswertung, wie verbreitet die entsprechenden Anforderungen bei den zertifizierten Gebäuden bereits umgesetzt werden und in welcher Form deren Erfüllung nachgewiesen werden kann. Dabei werden sowohl Kriterien zur Materialeffizienz und zu grauen Emissionen als auch Anforderungen hinsichtlich Rückbaubarkeit, Wiederverwendung und Nutzungsflexibilität analysiert, die zentrale Bausteine einer kreislauforientierten Bauweise darstellen (Moor et al., 2025).

Die laufende Studie der Hochschule Luzern *Massnahmen zur Erhöhung der Nutzungsflexibilität und Rückbaubarkeit von Gebäuden* identifiziert, entwickelt und bewertet konstruktive Massnahmen zur Verbesserung von Rückbaubarkeit und Nutzungsflexibilität im Hochbau. Die Beurteilung erfolgt hinsichtlich technischer und praktischer Umsetzbarkeit, Wirtschaftlichkeit, ökologischer Wirkung, Praxistauglichkeit sowie Vollzugaufwand und differenziert nach Gebäudetypen, Bauweisen und Nutzungskategorien. Die validierten und bewerteten Massnahmen bilden eine Grundlage für die Ausarbeitung von Anforderungen, Nachweisverfahren und Vollzugshilfen im Kontext der Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Damit unterstützt das Projekt die Weiterentwicklung regulatorischer Instrumente gemäss Art. 35j USG. Die Studie wirkt durch den konstruktiven Ansatz ergänzend zu der vorliegenden Studie in der die Grundlagen, Systematiken und Szenarien von DfD/A für verschiedenen Massnahmen ausgearbeitet wurden.

### 1.3 Forschungsziel und Forschungsfrage

Ziel der vorliegenden Studie ist es, eine fundierte fachliche Grundlage für die Definition sowie für praxisrelevante Handlungsansätze von *Design for Disassembly* und *Design for Adaptability* zu erarbeiten. Die Ergebnisse der Studie sollen dem SIA eine Basis bieten, eine praxistaugliche und gleichzeitig wissenschaftlich abgestützte Wegleitung zu DfD/A zu entwickeln. Diese Wegleitung kann einerseits die öffentliche Hand in ihrer Rolle als Bauherrschaft und Auftraggeberin bei der Umsetzung des Umweltschutzgesetzes Art. 35j. unterstützen und andererseits als Orientierungshilfe für Akteurinnen und Akteure der privaten Bauwirtschaft dienen.

Zur Erreichung dieses übergeordneten Forschungsziels werden folgende Teilziele verfolgt:

#### 1. **Begriffsbestimmung aufstellen**

Es wird eine konsolidierte Begriffsbestimmung erarbeitet, die auf einer Zusammenstellung, Harmonisierung und – wo erforderlich – Ergänzung von Begriffen basiert. Berücksichtigt werden Begriffsdefinitionen aus der vom BAUFU zur Verfügung gestellten CAS-Arbeit *Umsetzung der Rückbaubarkeit und Nutzungsflexibilität* (Bapst et al., 2025), aus der ISO 20887 (ISO International Organization for Standardization, 2020b) sowie aus weiteren im Rahmen der Literaturrecherche identifizierten Quellen. Der Fokus liegt auf Begriffen mit hoher Relevanz für die Planungspraxis.

#### 2. **Potenzielle Massnahmen skizzieren**

Die Prinzipien von DfD/A werden so aufbereitet, dass sie auf unterschiedliche Projekt- und Anwendungsszenarien übertragbar sind. Dabei werden mögliche Massnahmen verschiedener DfD/A-Prinzipien aufgezeigt und den jeweiligen Szenarien zugeordnet. Ergänzend werden Zielkonflikte und Trade-offs skizziert, die eine situationsgerechte Auswahl von DfD/A-Massnahmen für Praxisprojekte ermöglichen sollen.

Aus diesen Forschungszielen ergeben sich folgende Forschungsfragen, die im Rahmen einer Literaturrecherche beantwortet werden:

- Welche Definitionen, Regelungen, Normen, Leitfäden und weiteren Referenzdokumente bestehen im Zusammenhang mit DfD/A?

- Welche für die Praxis relevanten DfD/A-Prinzipien und -Massnahmen werden in der wissenschaftlichen Literatur, in Praxisberichten sowie in Labels und Standards beschrieben?

#### **1.4 Aufbau der Studie**

Der Aufbau der vorliegenden Studie folgt dem schrittweisen, aufeinander aufbauenden Vorgehen:

- 1) Darstellung der Ergebnisse der Literaturrecherche zur Identifikation relevanter Normen, Labels, Standards, praxisorientierter Leitfäden sowie wissenschaftlicher Literatur (Kapitel 2).
- 2) Zusammenfassung und Harmonisierung wesentlicher Begriffsdefinitionen als begriffliche Grundlage, einschliesslich Definitionen zu DfD und DfA, Systemtrennung, Fügungen (Kapitel 3 und Anhang).
- 3) Anforderungen an Konstruktionen und Materialien und Bewertung von DfD-eignung (Kapitel 4).
- 4) Darstellung der Ziele von DfD und DfA sowie Ableitung von Szenarien als Grundlage für die Auswahl geeigneter Strategien (Kapitel 5.1 und 5.2).
- 5) Zusammenstellung und Einordnung der DfD/A-Prinzipien aus Normen, Forschung und Praxis sowie deren Zuordnung zu den definierten Szenarien (Kapitel 5.3).
- 6) Darstellung von Massnahmen in Abhängigkeit von Szenarien und Prinzipien sowie Erörterung potenzieller Zielkonflikte und Trade-offs (Kapitel 5.4 und 5.5).
- 7) Abschliessend werden die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst und daraus Kernaspekte für den Planungs- und Bauprozess sowie Empfehlungen für die Ausgestaltung einer SIA-Wegleitung abgeleitet (Kapitel 6).

## 2 Literaturrecherche

Ziel der Literaturrecherche ist, bereits bestehende Regelungen, Normen, Leitfäden etc. zu DfD/A übersichtlich und strukturiert zusammenzustellen. Hierzu wird eine Recherche zu DfD/A in der wissenschaftlichen und fachlichen Literatur, Praxisberichten und Dokumenten (grey literature) aus der Schweiz und dem europäischen Ausland durchgeführt. Hierbei werden ebenfalls relevante Normen, Labels und Standards identifiziert und deren Kernaspekte herausgearbeitet. Die Recherche ermöglicht die Anschlussfähigkeit an schweizerische und EU-Normen, Labels und Standards und einen Überblick über den aktuellen Stand von Forschung und Praxis. Die Leitfragen der Literaturrecherche waren:

1. Welche Definitionen, Regelungen, Normen, Leitfäden etc. bestehen zu DfD/A?
2. Welche für die Praxis relevanten DfD/A-Massnahmen und DfD/A-Prinzipien werden in Forschung, Praxisberichten und Labels und Standards beschrieben?

### 2.1 Methodisches Vorgehen

Die Literaturanalyse basiert auf drei unterschiedlichen Suchmethoden: einer systematischen Suche mit gängigen Suchmaschinen, einem Schneeballsystem sowie einer Recherche in wissenschaftlichen Datenbanken. Das Vorgehen und die zugrunde liegenden Suchkriterien werden in diesem Kapitel beschrieben. Die genauen Suchstrings können *Anhang 7 Suchstrings der Literaturrecherche* entnommen werden. Wesentliche Suchbegriffe der Literaturrecherche waren:

- design for disassembly
- design for adaptability
- design for deconstruction
- design for decommissioning
- design for reuse
- design for recovery
- reversible design
- adaptable design

Trotz der hohen Anzahl von gefundenen Publikationen ist es möglich, dass die identifizierte Literatur nicht vollständig ist, da es sich um eine nicht-systematische Literaturanalyse handelt. Daher ist es möglich, dass relevante Texte, Berichte oder Leitfäden durch das Raster gefallen sind und somit nicht berücksichtigt werden konnten. Da jedoch zahlreiche Querverweise in der gefundenen Literatur festgestellt werden konnten, ist davon auszugehen dass die wesentlichen Inhalte erfasst werden konnten.

#### Suche in Wissenschaftliche Datenbanken

Für die Literatursuche wurde Scopus als wissenschaftliche Datenbank ausgewählt, da die Datenbank aktuell ist und auf praktisch alle relevanten, internationalen wissenschaftlichen Journale zugreift, die von vielen Forschenden zum Publizieren verwendet werden. Um den aktuellen Wissenstand zu Design for Disassembly darzulegen, wurden nur Papers miteinbezogen, die ab dem Jahr 2021 publiziert wurden. Für eine direkte Übertragung der Erkenntnisse in die Schweizer Bauindustrie, wurden nur Arbeiten und Untersuchungen im europäischen Kontext berücksichtigt, da Gebäude beispielsweise in den Vereinigten Staaten mit anderen Materialien gebaut werden als in der Schweiz.

Bei dieser Suche wurden 236 wissenschaftliche Paper gefunden. Durch einen zweistufigen Screeningprozess wurde die Auswahl weiter ausgedünnt, bis nur die für die Beantwortung der Forschungsfragen relevanten Papers übrigblieben. Im ersten Schritt wurden lediglich die Titel und Abstract der Papers gelesen und entschieden, ob sie im zweiten Screening (Full-Text-Screening) nochmal komplett gelesen werden sollten. Nach dem Screening blieben **49** Papers übrig, die als relevant für die Beantwortung der Forschungsfrage bewertet wurden.

## Schneeballsystem

Ein Schneeballsystem ist ein Suchverfahren, bei dem von einer oder mehreren bereits bekannten wissenschaftlichen Publikationen die Literaturhinweise durchsucht und so auf weitere relevante Publikationen stösst. So kommt man schnell auf eine grosse Anzahl an relevanten Texten, bei denen der gleiche Vorgang wiederholt werden kann. Durch ein Schneeballsystem kann innerhalb einer kurzen Zeit viel themenrelevante Literatur gefunden werden.

Auch bei dieser Suche wurde nach Publikationen aus der Schweiz und der EU gesucht, die ab dem Jahr 2021 veröffentlicht wurden. Anhand der Quellen der folgend aufgezeigten Publikationen wurde diese Suche durchgeführt. Dabei wurde drei Ebenen tief gesucht, also bis auf die unterste Ebene in der Abbildung 1: Schematischer Ablauf einer Schneeball-Literatursuche. Auch die Normensuche folgte dem Schneeballsystem, einerseits beginnend mit Dokumenten aus der Praxis, wissenschaftlichen Quellen und auch von den Normen selbst.



Abbildung 1: Schematischer Ablauf einer Schneeball-Literatursuche

Die Anzahl der gefundenen relevanten Publikationen war verglichen mit der Google- und wissenschaftlichen Suche gering. Grund dafür ist, dass die referenzierten Quellen in den untersuchten Publikationen in der Regel älter sind als die Publikation selbst. Mit jeder Recherche-Ebene werden die gefundenen Arbeiten somit zunehmend älter. Da für diese Untersuchung nur Publikationen ab 2021 als relevant gelten, reduzierte sich die Anzahl der nutzbaren Ergebnisse entsprechend deutlich.

Beispiele für Publikationen und dort gefundene weitere Publikationen können Anhang 7 Suchstrings der Literaturrecherche entnommen werden.

## Systematische Suche mit gängigen Suchmaschinen

Da Literatur, die von Behörden verschiedener EU-Länder sowie von Schweizer Behörden erarbeitet wird (grey literature), meist nicht in wissenschaftlichen Datenbanken veröffentlicht wird, wurde eine gezielte Google-Suche durchgeführt.

Die Suchkriterien dieser Suche konzentrieren sich auf Literatur zu den Themen DfD und DfA, die von nationalen sowie städtischen Behörden in EU-Mitgliedstaaten und der Schweiz veröffentlicht wurde. Dabei wurde ausschliesslich nach den englischen Fachbegriffen „Design for Disassembly“, „Design for Adaptability“ und „Design for Deconstruction“ gesucht. Diese Begriffe wurden gewählt, da sie sprachübergreifend verwendet werden und das zugrunde liegende Phänomen international konsistent beschreiben. Veröffentlichungen in den jeweiligen Landessprachen wurden bewusst ausgeschlossen, da deren Übersetzung den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde und eine kontextlose Suche in fremdsprachigen Dokumenten methodisch kaum umsetzbar ist.

Neben der Schweiz und den Schweizer Kantonen standen Länder im Fokus, die im Bereich DfD und DfA als besonders vorbildlich gelten: Belgien, Deutschland, Dänemark, Österreich, die Niederlande, Schweden, Finnland, Frankreich, Norwegen, das Vereinigte Königreich (ehemals EU-Mitglied), Spanien, Italien und Portugal.

Bei dieser Suche wurden

aus allen Schweizer Kantonen: **4** Publikationen

aus allen Schweizer Bundesämtern: **27** Publikationen

aus oben aufgezählten Europäischen Ländern: **44** Publikationen

Artikel, Publikationen oder Leitfäden von NGO's Stiftungen und Vereine: **20** Publikationen

als relevant beurteilt und für eine weitere Analyse gespeichert. Auch in dieser Suche wurden neben grey Literature auch wissenschaftliche Publikationen gefunden.

## **Zusammenfassung der Literaturrecherche**

Insgesamt wurden durch die Kombination der verschiedenen Suchverfahren insgesamt 209 Publikationen ab 2020 gefunden, die relevante Inhalte für DfD/A beinhalten können und daraufhin untersucht wurden. Die Untersuchung umfasst daher:

- 136 Wissenschaftliche Publikationen
- 41 Praktische Berichte, Guidelines und Leitfäden
- 26 Normen von DIN, ISO und SIA
- 6 Labels und Standards

Es werden im folgenden Bericht jedoch lediglich die Publikationen beschrieben, die auch nennenswerte Inhalte für das Thema DfD/A beitragen konnten. Eine bloße Nennung von oder Verweis auf DfD/A oder Übernahme von Inhalten der ISO 20887 reicht hierzu nicht aus. Entsprechend wird auf weniger als die genannten 209 Publikationen verwiesen.

## **2.2 Übersicht über relevante Normen**

Hinsichtlich der Normen für DfD/A gibt es mit der ISO 20887 eine Grundlagennorm, die eine umfassende Erläuterung der Prinzipien, Anforderungen und erste Entscheidungsgrundlagen bietet. Die ISO 20887 verweist weiter auf Normen zur Nachhaltigkeit von Bauwerken über den gesamten Lebenszyklus. Neben diesen Normen sind Normen zu Fügetechniken und Konstruktionen verschiedener Materialien relevant, da hierin die Anforderungen an Fügungen beschrieben werden, die einen Einfluss auf die Möglichkeit zur Demontage haben. Ausserdem sind Normen zur Kreislaufwirtschaft - hierzu gehört auch die Abfallwirtschaft - bedeutsam, da hier verschiedene Strategien, Produkt- und Materialdeklarationen und Handlungsmöglichkeiten beschrieben werden.

### **Design for Disassembly/Adaptability**

- ISO 20887:2020 Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability – Principles, requirements and guidance
- ISO 15686-1:2011 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 1: General principles and framework
- ISO/TR 21932:2013 Sustainability in buildings and civil engineering works – A review of terminology

### **Kreislaufwirtschaft**

- DIN SPEC 91484 Pre-Demolition-Audit - Verfahren zur Erfassung von Bauprodukten als Grundlage für Bewertungen des Anschlussnutzungspotentials vor Abbruch- und Renovierungsarbeiten (Pre-Demolition-Audit)
- ISO 59004:2024 Circular economy - Vocabulary, principles and guidance for implementation
- ISO 59040:2025 Circular economy - Product circularity data sheet
- ISO 59010:2024 Circular economy - Guidance on the transition of business models and value networks.
- ISO 59020:2024 Circular economy - Measuring and assessing circularity performance
- ISO 15392:2019 Sustainability in buildings and civil engineering works – General principles

- ISO 6707-1:2020 Buildings and civil engineering works – Vocabulary -Part 1: General terms
- SIA 430:2023 Vermeidung und Entsorgung von Bauabfällen
- SIA 2047:2015 Energetische Gebäudeerneuerung

### **Fügetechniken und Konstruktionen**

- SIA 269/3:2011 Erhaltung von Tragwerken – Stahlbau
- SIA 269/4:2011 Erhaltung von Tragwerken – Stahl-Beton-Verbundbau
- SIA 269/5:2011 Erhaltung von Tragwerken Holzbau
- SIA 263:2013 Stahlbau
- SN EN 1992-1-1/NA:2014 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau Nationaler Anhang NA zu SN EN 1992-1-1:2004
- SN EN 1993-1-8/NA:2016 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen Nationaler Anhang NA zu SN EN 1993-1-8:2005
- SN EN 1992-4/NA:2019 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 4: Bemessung von Befestigungen in Beton Nationaler Anhang NA zu SN EN 1992-4:2018
- SIA 263/1:2020 Stahlbau - Ergänzende Festlegungen
- SIA 265:2021 Holzbau
- SIA 265.177 Holzbauwerke - Stifförmige Verbindungsmittel Anforderungen
- SIA 265.176 Holzbauwerke - Nicht stifförmige Verbindungselemente - Anforderungen
- SIA 262.052 Ausführung von Tragwerken aus Beton
- SN EN ISO 4759-3:2016 Toleranzen für Verbindungselemente Teil 3: Scheiben für Schrauben und Muttern Produktklassen A, C und F (ISO 4759-3:2016)
- SN EN 14399-9:2018 Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau Teil 9: System HR oder HV - Direkte Kraftanzeiger für Garnituren aus Schrauben und Muttern

### **2.3 Labels, Standards und Bewertungssysteme**

Um den aktuellen Stand der Anforderungen an DfD/A zu erfassen, wurden relevante Nachhaltigkeitslabels und Bewertungsstandards in der Schweiz sowie im europäischen Ausland analysiert. In der Schweiz wurden insbesondere die Systeme SNBS und Minergie(-ECO) untersucht, während auf europäischer Ebene verbreitete internationale Bewertungssysteme wie DGNB, BNB, BREEAM sowie der europäische Rahmen Level(s) betrachtet wurden.

Die Analyse zeigt, dass Aspekte der Anpassungsfähigkeit, Rückbaubarkeit und Kreislauffähigkeit in allen betrachteten Systemen grundsätzlich adressiert werden. Der Umfang und die Konkretisierung der Anforderungen unterscheiden sich jedoch deutlich zwischen den Systemen. Während einige Labels – insbesondere SNBS, Minergie(-ECO) und teilweise BREEAM – eher qualitative Anforderungen oder allgemeine Planungsprinzipien formulieren, enthalten andere Systeme detailliertere Bewertungsansätze. Besonders DGNB und Level(s) greifen die Prinzipien des Design for Disassembly nach ISO 20887 explizit auf und strukturieren diese entlang von spezifischen Kriterien.

Die konkreteste und am stärksten operationalisierte Bewertung von Anpassungsfähigkeit findet sich im Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Dort werden spezifische Anforderungen an Gebäudegeometrie, Grundrissstruktur, Konstruktion und technische Ausstattung definiert, die eine quantitative Bewertung der Anpassungsfähigkeit ermöglichen.

Insgesamt zeigt der Vergleich der Systeme, dass Anforderungen an DfD und DfA zunehmend in Nachhaltigkeitsbewertungssysteme integriert werden, die konkrete Ausgestaltung und Prüftiefe jedoch stark variieren.

### 2.3.1 ecobau

ecobau stellt praxisorientierte Planungsinstrumente für nachhaltiges Bauen in der Schweiz bereit. Im ecoBKP werden Anforderungen an Baukonstruktionen formuliert, die eine ressourcenschonende Planung unterstützen. Anforderungen zur Austauschbarkeit und Rückbaubarkeit von Bauteilen (Design for Disassembly) orientieren sich an der Charta Kreislauforientiertes Bauen sowie an den Prinzipien der ISO 20887 (Verein ecobau, 2026).

Entsprechende Anforderungen werden u. a. für folgende Bauteilgruppen definiert: Rohbau (ecoBKP 21), Montagebau (ecoBKP 213–215), Fenster und Fassadenelemente (ecoBKP 221, 228), Gebäudetechnik (ecoBKP 230–250, 258) sowie Innenausbau (ecoBKP 273, 276).

Im Prozess „Austausch und Rückbaubarkeit (Design for Disassembly)“ werden insbesondere folgende Anforderungen formuliert:

- Zugänglichkeit der Verbindungspunkte
- Unabhängige Demontierbarkeit von Komponenten, insbesondere bei unterschiedlichen Lebensdauern
- Lösbare, vorzugsweise sichtbare mechanische Befestigungen (z. B. Schrauben oder Steckverbindungen) mit möglichst wenigen unterschiedlichen Werkzeugen
- Vermeidung unnötiger Behandlungen und Veredelungen
- Reduktion der Anzahl Komponenten sowie Verwendung standardisierter Bauteile

### 2.3.2 Minergie-Eco

Minergie ist ein Schweizer Gebäudestandard für Komfort, Energieeffizienz und Klimaschutz bei Neubauten und Sanierungen. Der Standard legt besonderen Wert auf eine hochwertige Gebäudehülle, einen kontrollierten Luftwechsel sowie den Einsatz erneuerbarer Energien. Mit dem Zusatz Minergie-ECO (von ecobau) werden zusätzlich Anforderungen an Gesundheit, ökologische Bauweisen sowie Aspekte der Kreislauffähigkeit berücksichtigt. Die Kriterien von Minergie-ECO stehen in engem Zusammenhang mit den Planungsinstrumenten von ecobau und werden teilweise auch im SNBS (Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz) aufgegriffen (Moor et al., 2025).

Im Kriterienbereich *220 Konstruktion und Rückbau* werden Anforderungen an Nutzungsflexibilität, Wiederverwendung und Rückbaufähigkeit formuliert. Diese betreffen insbesondere Gebäudehülle, Sekundärstruktur und Gebäudetechnik (Minergie, 2026).

Dabei werden unter anderem folgende Anforderungen gestellt:

#### Nutzungsflexibilität

- 220.01 Auf dem Grundstück sind spätere Erweiterungsbauten oder Aufstockungen möglich.
- 220.02 Innerhalb der Hauptnutzflächen sind wesentliche Nutzungsänderungen ohne Anpassungen an Tragsystem und Fassaden möglich.
- 220.03 Vertikal und horizontal geführte gebäudetechnische Installationen sind über alle Geschosse einfach zugänglich sowie reparierbar, demontierbar und erweiterbar. Die Zugänge zu Technikräumen sind ausreichend für den Ersatz von Maschinen und Grossgeräten dimensioniert.

#### Wiederverwendung und Rückbaufähigkeit

- 220.04 der zirkuläre Rückbau von bestehenden Gebäudeteilen wird mittels Potenzialanalyse

beschrieben. Daraus sind Massnahmen z.B. zur Wiederverwendung oder zum Recycling von Bauteilen und Baumaterialien umzusetzen.

- 220.05 Die Verwendung von Montage- oder Füllschäumen ist verboten. Damit wird insbesondere die Rückbaubarkeit gefördert. Temporär ist die Anwendung zulässig (z.B. für Schalungsabdichtungen).
- 220.06 Für neue oder neu eingebaute Bauteile, Bauteilschichten oder Apparate der Gebäudehülle, Sekundärstruktur und Gebäudetechnik werden lösbare Befestigungen verwendet.
- 220.07 Auf die Verwendung von Kunstharzfliesbelägen, Kunstharzmörtelbelägen und Abdichtungen aus Flüssigkunststoffen wird verzichtet, weil sie später Rückbau und Recycling erschweren.
- 220.08 Auf den Einsatz von organisch-mineralischen Verbundmaterialien, für welche keine funktionierende Recyclinginfrastruktur besteht, wird verzichtet.

### **2.3.3 SNBS (Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz)**

Der Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) ist ein umfassender Bewertungsstandard für nachhaltige Gebäude, der ökologische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Aspekte integriert beurteilt. Der vom Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz (NNBS) entwickelte Standard orientiert sich an bestehenden Normen und Richtlinien und folgt dem Planungsprozess entlang der SIA-Phasen. Gebäude werden anhand von Kriterien in den Bereichen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt bewertet und über den gesamten Lebenszyklus betrachtet.

Im Kontext von Design for Disassembly (DfD) und Design for Adaptability (DfA) wird auf Minergie-Eco, auf die Studie «Selektiver Rückbau – Rückbaubare Konstruktion» von Kúpfer & Fivet, 2021, auf das Kompendium «Bauteile Wiederverwenden» Stricker et al., 2021, «Wiederverwendung Bauen» Salza & Matériuum, 2020 und «Die Wiederverwendung von Bauteilen» Abegg & Streiff, 2021 referenziert. Hieraus wurden insbesondere zwei relevante Kriterien im Bereich Wirtschaft formuliert (SNBS, 2023):

#### **213 Wiederverwendung und Systemtrennung**

Dieses Kriterium adressiert zentrale Aspekte des rückbaubaren Bauens und setzt wichtige Ziele des zirkulären Bauens im SNBS um. Bewertet werden insbesondere:

- Messgrösse 1: Zugänglichkeit von gebäudetechnischen Installationen, Maschinen und Grossgeräten, um Reparatur, Austausch und Erweiterungen zu erleichtern.
- Messgrösse 2: Zerstörungsfreie Rückbaubarkeit (Design for Disassembly) durch lösbare Befestigungen von Bauteilen der Gebäudehülle, der Sekundärstruktur und der Gebäudetechnik.
- Messgrösse 3: Wiederverwendung von Bauteilgruppen, beispielsweise aus rückgebauten Gebäuden oder aus anderen Projekten.
- Messgrösse 4: Materialdokumentation, welche Informationen zu Treibhausgasemissionen, Toxizität und Wiederverwendbarkeit von Materialien bereitstellt.

Der Nachweis erfolgt über entsprechende Konzepte, die in Plänen, Listen oder Beschreibungen dokumentiert werden.

#### **223 Nutzungsflexibilität und -variabilität**

Dieses Kriterium behandelt die langfristige Anpassbarkeit von Gebäuden (Design for Adaptability). Anstelle fixer Anforderungen werden planerische Konzepte bewertet, die anhand von Plänen oder Beschreibungen nachgewiesen werden. Bewertet werden insbesondere:

- Vielfalt der Flächenangebote innerhalb eines Nutzungsprofils.
- Umnutzbarkeit, sodass Nutzungsänderungen ohne Eingriff in das Tragsystem möglich sind.
- Veränderbarkeit der Raumstruktur, um wesentliche Anpassungen der Raumaufteilung zu ermöglichen.
- Anpassbarer Ausbau, der zukünftige Nutzungsänderungen vorbereitet.
- Gemeinsame Infrastrukturen, die unterschiedliche Nutzungen unterstützen.
- Erweiterbarkeit, durch planerische oder konstruktive Massnahmen, die spätere Erweiterungen erleichtern.

Während ecobau und Minergie-ECO konkrete Anforderungen an Materialien und Konstruktionen formulieren, integriert der SNBS diese Ansätze in ein übergeordnetes Bewertungssystem und verknüpft sie mit wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Nachhaltigkeitsaspekten.

### **2.3.4 DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)**

Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) ist eine 2007 gegründete Non-Profit-Organisation mit Sitz in Stuttgart und zählt zu den grössten Netzwerken für nachhaltiges Bauen in Europa. Ziel der Organisation ist es, nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden zu fördern und dafür geeignete Bewertungs- und Zertifizierungssysteme zu entwickeln.

Das DGNB-Zertifizierungssystem bewertet Gebäude anhand eines ganzheitlichen Nachhaltigkeitsansatzes über den gesamten Lebenszyklus. Neben ökologischen und ökonomischen Kriterien werden auch soziokulturelle, technische, prozessbezogene und standortbezogene Qualitäten berücksichtigt. Dadurch soll nachhaltiges Bauen planbar, messbar und vergleichbar gemacht werden. Im Unterschied zum SNBS kennt die DGNB zudem eine eigene Kriteriengruppe Prozess. Im Kontext von Design for Disassembly und Design for Adaptability sind insbesondere Kriterien aus den Bereichen Technik, Ökonomie und Prozessqualität relevant (DGNB, 2018).

### **TEC1.6 Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit**

Dieses Kriterium adressiert zentrale Aspekte des zirkulären Bauens und fördert Gebäude, deren Bauteile sortenrein getrennt, demontiert und wiederverwendet werden können. Bewertet werden insbesondere:

- Indikator 1: recyclingfreundliche Baustoffauswahl, welche eine stoffliche Verwertung der Materialien ermöglicht,
- Indikator 2: rückbaufreundliche Baukonstruktionen, die eine Demontage ohne Beschädigung angrenzender Bauteile erlauben,
- Indikator 3: die Berücksichtigung von Rückbaubarkeit, Umbaubarkeit und Recyclingfähigkeit bereits in der Planung.

### **ECO2.4 Wertstabilität und Anpassungsfähigkeit**

Dieses Kriterium behandelt die langfristige Anpassungsfähigkeit von Gebäuden und ist damit insbesondere für Design for Adaptability relevant. Bewertet werden unter anderem:

- Indikator 1: flexible Grundrissstrukturen, die unterschiedliche Nutzungen ermöglichen,

- Indikator 2: Erweiterungs- und Anpassungsmöglichkeiten, welche die Nutzungsdauer eines Gebäudes verlängern.

## ECO2.7 Dokumentation

Eine umfassende Dokumentation der verwendeten Materialien und Bauteile erleichtert zukünftige Rückbau-, Wiederverwendungs- und Anpassungsprozesse. Digitale Gebäudemodelle, beispielsweise über Building Information Modeling (BIM), können diese Dokumentation unterstützen.

## Prozessbezogene Kriterien

Mehrere Kriterien des DGNB-Systems stellen sicher, dass Anforderungen an Rückbaubarkeit und Anpassungsfähigkeit bereits früh im Planungs- und Bauprozess berücksichtigt werden. Dazu gehören insbesondere:

- **PRO1.1 Qualität der Projektvorbereitung**  
Frühzeitige Definition von Zielgrößen wie Rückbaubarkeit oder Erweiterbarkeit.
- **PRO1.4 Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe**  
Integration entsprechender Anforderungen in Ausschreibungsunterlagen.
- **PRO2.5 Vorbereitung einer nachhaltigen Nutzung**  
Planung zukünftiger Anpassungen und Rückbauprozesse.
- **PRO2.1 Baustelle / Bauprozess**  
Dokumentierte Ausführung mit lösbaren Verbindungen und geeigneten Materialien zur Unterstützung späterer Demontagen.

## DGNB Rückbauzertifikat

Ergänzend zum Gebäudezertifikat bietet die DGNB ein eigenes Rückbauzertifikat an, das den Rückbauprozess von Gebäuden anhand von Kriterien aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie, Technik, Prozess sowie soziokultureller Qualität bewertet.

### 2.3.5 Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)

Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) ist ein Instrument zur Planung und Bewertung nachhaltiger Bauvorhaben des Deutschen Bundes. Es dient der Qualitätssicherung von Bundesbauten und berücksichtigt ökologische, ökonomische, soziokulturelle und technische Qualitäten sowie die Prozessqualität und wurde basierend auf dem DGNB-Standard für die Gebäudetypen Büro- und Verwaltungsgebäude, Laborgebäude, Unterrichtsgebäude und Aussenanlagen entwickelt. Im Kontext von Design for Disassembly und Design for Adaptability sind insbesondere die Kriterien **2.2.2 Anpassungsfähigkeit** und **4.1.4 Rückbau, Trennung und Verwertung** relevant. Charakteristisch für das BNB ist, dass die Anforderungen vergleichsweise präzise über konkrete Gebäudemerkmale und Bewertungsmassstäbe operationalisiert werden. Zu beachten ist jedoch, dass sich die hier herangezogenen Steckbriefe auf Büro- und Verwaltungsgebäude beziehen und die konkreten Einzelanforderungen deshalb nicht ohne Weiteres auf alle Gebäudetypen übertragbar sind.

## Kriterium 2.2.2 Anpassungsfähigkeit

Dieses Kriterium ist der ökonomischen Qualität zugeordnet und zielt darauf ab, die wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes auszuschöpfen oder sinnvoll zu verlängern (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015b). Das BNB unterscheidet dabei zwischen Anpassungsfähigkeit an veränderte Nutzerbedürfnisse innerhalb derselben Nutzungsart, an alternative Nutzungen sowie an standortbezogene Folgen des Klimawandels. Bewertet werden folgende Teilkriterien:

- Gebäudegeometrie  
Bewertet werden lichte Raumhöhe, Gebäudetiefe und vertikale Erschliessung. Konkrete Anforderungen sind unter anderem:
  - lichte Raumhöhe von 3.00 m für die höchste Bewertung, 2.75 m für ein mittleres Niveau und 2.50 m für ein geringes Niveau,
  - gesamte Gebäudetiefe von  $\leq 11.50$  m beziehungsweise Gebäudetiefe vor Kernen von  $\leq 7.20$  m für eine hohe Anpassungsfähigkeit,
  - Verhältnis Bruttogrundfläche pro Etage zu Erschliessungskern von  $\leq 400$  m<sup>2</sup> für eine hohe Bewertung.
- Grundrisse  
Bewertet werden Nutzungseinheiten, Rettungswege und die Anordnung der Sanitärschächte. Wesentliche Anforderungen sind:
  - Bildung von Nutzungseinheiten mit jeweils  $\leq 400$  m<sup>2</sup> Bruttogrundfläche,
  - Rettungswege der Nutzungseinheiten verlaufen nicht durch andere Nutzungseinheiten,
  - jede Nutzungseinheit liegt an einem Sanitärschacht beziehungsweise hat direkten Zugang dazu.
- Konstruktion  
Bewertet werden die statische Funktion der Innenwände, die Anbindung an das Fassadenraster sowie die Nutzlastreserven. Relevante Anforderungen sind:
  - Innenwände sind zu über 80 % nichttragend,
  - Trennwände können an jeder Fassadenachse des Grundrasters ohne Eingriffe in die Fassadenkonstruktion eingesetzt werden,
  - Anschlüsse leichter Trennwände greifen nicht in Fussbodenaufbau, Decke oder Abhangdecke ein,
  - zulässige Nutzlasten von  $\geq 5$  kN/m<sup>2</sup> auf mindestens 50 % der Bruttogrundfläche.
- Technische Ausstattung  
Bewertet werden Reserven und Anpassungsfähigkeit der technischen Gebäudeausrüstung. Dazu gehören insbesondere:
  - Heizungs-, Kühlungs- oder Lüftungskonzepte ermöglichen eine kleinteilige Nutzung mit Nutzungseinheiten von  $\leq 400$  m<sup>2</sup>,
  - Energie- oder Wasserkonzepte erlauben ebenfalls eine kleinteilige Nutzung,
  - in Schächten und Kanälen bestehen für spätere Um- oder Nachrüstungen räumliche Reserven von  $> 30$  %,
  - das Heizsystem ist für eine Vorlauftemperatur von 45 °C oder niedriger ausgelegt,

- bauliche Reserven für die spätere Integration alternativer Wärme- oder Kälteerzeugung sind vorgesehen und dokumentiert,
- ein offener BUS-Standard für die Gebäudeautomation, beispielsweise BACnet, EIB oder LON, ist vorhanden,
- der spätere Austausch von TGA-Bauteilen ist ohne bauliche Massnahmen möglich,
- Technikräume verfügen über ausreichende räumliche Reserven für spätere Umrüstungen.

#### **Kriterium 4.1.4 Rückbau, Trennung und Verwertung**

Dieses Kriterium ist der technischen Qualität zugeordnet und bezieht sich auf die Baukonstruktion (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015a). Ziel ist die Schonung natürlicher Ressourcen, die Vermeidung von Abfällen sowie die möglichst hochwertige Verwertung unvermeidbarer Bauabfälle. Bewertet werden alle wesentlichen Bauteile anhand eines Bauelementekatalogs, der mindestens 80 % der Masse der baulichen Substanz erfassen soll. Für jedes Bauelement werden drei Aspekte beurteilt:

- Rückbaufähigkeit  
Bewertet wird der Aufwand für Demontage oder Abbruch eines Bauteils aus dem Gebäudeverband. Relevant sind insbesondere:
  - der Verbund des Bauteils mit seiner Umgebung,
  - die Art der Gebäudekonstruktion, etwa Ortbauweise oder Fertigbauweise,
  - der Verbund von Bauteilen oder Bauteilschichten mit angrenzenden Elementen.
- Sortenreinheit  
Bewertet wird der Aufwand für die sortenreine Trennung mehrschichtiger oder inhomogener Bauteile. Positiv wirken sich insbesondere aus:
  - homogene Baustoffe,
  - leicht trennbare Bauteilschichten,
  - vorhandene Rücknahme- und Recyclingsysteme,
  - geringe Verunreinigung von Materialfraktionen.  
Negativ bewertet werden dagegen schwer trennbare Verbundkonstruktionen und heterogene Bauteile ohne Recyclingkonzept.
- Verwertbarkeit  
Bewertet wird die Qualität der möglichen Verwertung der anfallenden Baustofffraktionen. Die Reihenfolge der Verwertungsqualität lautet:
  - hochwertige Verwertung im selben Produktzyklus,
  - minderwertige Verwertung in untergeordneten Produkten,
  - thermische Verwertung,
  - Deponierung.  
Zusätzlich gilt, dass Bauprodukte für heutige Neubauten so beschaffen sein sollen, dass beim Abriss keine gefährlichen Abfälle anfallen.

Die Bewertung erfolgt über einen bauteilbezogenen Recyclingfaktor, der sich aus Rückbau, Sortenreinheit und Verwertbarkeit im Verhältnis 3:3:4 zusammensetzt. Damit macht das BNB Anforderungen an Design for Disassembly besonders explizit und methodisch nachvollziehbar.

### **2.3.6 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)**

BREEAM ist ein ursprünglich aus Grossbritannien stammendes, international verbreitetes Bewertungssystem für nachhaltiges Bauen. Im Kontext von Design for Disassembly und Design for Adaptability ist insbesondere das Kriterium Wst 06 Disassembly and adaptability relevant. Charakteristisch ist, dass BREEAM Rückbaubarkeit und Anpassungsfähigkeit in einem gemeinsamen Kriterium behandelt und sich dabei inhaltlich eng an der ISO 20887 orientiert (BREEAM, 2023).

#### **Wst 06 Disassembly and adaptability**

Das Kriterium fordert eine Studie zur Rückbau- und Anpassungsfähigkeit verschiedener Entwurfsszenarien sowie eine Dokumentation der im Projekt umgesetzten Prinzipien in einem Building design for disassembly and adaptability manual. Berücksichtigt werden dabei insbesondere folgende Prinzipien:

- Vielseitigkeit
- Konvertierbarkeit /Umnutzbarkeit
- Erweiterbarkeit
- Zugänglichkeit zu Komponenten und technischen Systemen
- Independence / Unabhängigkeit
- Vermeidung unnötiger Behandlungen und Oberflächen
- Unterstützung von Wiederverwendungsmodellen
- Simplizität
- Standardisierung
- Sicherheit der Demontage

Da diese Prinzipien weitgehend direkt aus der ISO 20887 übernommen wurden, kann für ihre inhaltliche Ausdifferenzierung auf diese Norm verwiesen werden.

### **2.3.7 Level(s) European framework for sustainable buildings**

Level(s) ist ein von der Europäischen Kommission entwickelter europäischer Rahmen zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Gebäuden. Ziel ist es, eine gemeinsame methodische Grundlage für die Bewertung von Umweltwirkungen, Ressourceneffizienz und Lebenszyklusaspekten von Gebäuden zu schaffen. Level(s) verwendet eine Reihe von Basisindikatoren zur Nachhaltigkeit, die im und vom Bausektor getestet werden, um Aspekte wie CO<sub>2</sub>-Emissionen, Material- und Wasserverbrauch, Gesundheit und Wohlbefinden sowie Klimawandelfolgen unter Berücksichtigung von Lebenszykluskosten und Wertermittlungen zu bewerten.

Level(s) ist frei zugänglich und steht als Open-Source-Instrument allen Akteuren zur Verfügung. Der Rahmen dient als gemeinsame europäische Referenz für nachhaltige Gebäude. Als Antwort auf die im Pariser Klimaabkommen formulierte Zielsetzung zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Bausektor bis 2050 unterstützt Level(s) die Bewertung von Gebäuden über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg – von der Entwurfsphase über Bau und Nutzung bis hin zum Lebensende.

Aufbauend auf den Zielen des European Green Deal und des EU-Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft unterstützt Level(s) die Bemühungen des Bausektors, die Energie- und Materialeffizienz zu erhöhen und dadurch den gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoss zu reduzieren. Das System umfasst sechs Makroziele und insgesamt 16 Indikatoren und kann über den gesamten Gebäudelebenszyklus – von der

Konzeptphase bis zum Betrieb – angewendet werden. Methodisch orientiert sich Level(s) bei DfD/A relevanten Zielen unter anderem an Prinzipien der DGNB sowie an der ISO 20887 (European Commission, o. J.) .

Makroziele von Level(s):

1. Treibhausgasemissionen entlang des Gebäudelebenszyklus reduzieren
2. Ressourceneffiziente und kreislauforientierte Materiallebenszyklen
3. Effiziente Nutzung von Wasserressourcen
4. Gesunde und komfortable Innenräume
5. Anpassung und Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel
6. Optimierte Lebenszykluskosten und -werte

Die Bewertung erfolgt in drei Stufen:

Level 1: qualitative Bewertung zentraler Entwurfsprinzipien

Level 2: quantitative Bewertung auf Grundlage von Gebäudeinformationen und Bauteillisten

Level 3: Bewertung des realisierten Gebäudes (as-built)

Im Kontext von Design for Disassembly (DfD) und Design for Adaptability (DfA) sind insbesondere die Indikatoren 2.3 Design for adaptability and renovation sowie 2.4 Design for deconstruction relevant.

### **Indikator 2.3 Design for adaptability and renovation**

Der Indikator bewertet, inwieweit ein Gebäude so geplant wird, dass zukünftige Anpassungen an neue Nutzungen oder veränderte Anforderungen möglich sind. Ziel ist es, Umbauten und Renovationen zu erleichtern und dadurch die Nutzungsdauer von Gebäuden zu verlängern (Dodd et al., 2021a).

Im Rahmen der qualitativen Bewertung (Level 1) werden unter anderem folgende Aspekte berücksichtigt:

- Berücksichtigung bestehender und zukünftiger Nutzerbedürfnisse
- Veränderungen der zukünftigen Nachfrage auf dem Immobilienmarkt
- Lebenszyklusbedingte Veränderungen der Anforderungen, insbesondere bei Wohngebäuden

In der weiterführenden Bewertung (Level 2) werden unter anderem Szenarien zukünftiger Marktbedingungen berücksichtigt sowie technische Regeln zur Bewertung und Nachrüstung bestehender Strukturen einbezogen. Darüber hinaus kann eine Bewertung der lebenszyklusbezogenen Umweltwirkungen verschiedener Gebäudeentwürfe erfolgen.

Die zugrunde liegenden Entwurfsprinzipien orientieren sich hierbei an den Grundsätzen der ISO 20887.

### **Indikator 2.4 Design for deconstruction**

Der Indikator bewertet, in welchem Umfang ein Gebäude so geplant ist, dass Bauteile und Materialien am Ende der Nutzungsdauer demontiert, wiederverwendet oder recycelt werden können. Dabei wird insbesondere untersucht, ob die Konstruktion eine spätere selektive Demontage sowie eine sortenreine Materialtrennung ermöglicht (Dodd et al., 2021b).

Die Bewertung basiert auf drei zentralen Gestaltungsprinzipien:

1. Ease of disassembly – bezieht sich auf die Eigenschaften der Fügung und die zerstörungsfreie Lösbarkeit von Verbindungen.
2. Ease of reuse – bezieht sich auf die Eigenschaften entnehmbarer Bauteile, insbesondere auf standardisierte oder modulare Komponenten, die sich leicht erneut einsetzen, modifizieren oder an neue Anforderungen anpassen lassen.
3. Ease of recycling – bezieht sich auf die Sortenreinheit von Materialien beziehungsweise die Möglichkeit, Bauteile und Elemente in sortenreine Materialströme zu trennen.

Der Indikator stellt hierfür:

- einen Entscheidungsprozess zur Bewertung des DfD-Potenzials,
- eine Kalkulationsgrundlage zur Quantifizierung des Nachnutzungspotenzials (Circularity Coefficient), sowie
- eine umfassende Liste möglicher Massnahmen zur Umsetzung von Design for Deconstruction bereit.

Beispiele für empfohlene Massnahmen sind:

- Verwendung reversibler mechanischer statt chemischer Verbindungen
- Trennung und Unabhängigkeit von Gebäudeelementen (Tragstruktur, Gebäudehülle, Haustechnik, Innenausbau)
- Einsatz standardisierter und modularer Bauteile
- Vermeidung von Verbundkonstruktionen und schwer trennbaren Materialkombinationen
- Dokumentation der Materialeigenschaften sowie Bereitstellung von As-Built-Plänen
- frühzeitige Integration von Rückbaukonzepten in die Planungsphase
- Vermeidung von Klebstoffen, Harzen oder Beschichtungen, die Recyclingprozesse erschweren
- Gewährleistung des Zugangs zu Verbindungen für spätere Demontage
- Vermeidung von gefährlichen Materialien
- Verwendung vorgefertigter Bauteile und langlebiger Materialien

Für die Bewertung wird ein Zirkularitäts-Score (0–100) berechnet. Dabei werden die einzelnen Bauteile eines Gebäudes hinsichtlich ihres wahrscheinlichsten End-of-Life-Szenarios bewertet (z. B. Wiederverwendung, Recycling oder energetische Verwertung). Die Ergebnisse können entweder massenbasiert oder wertbasiert gewichtet werden.

## **2.4 Übersicht über Leitfäden aus der Praxis in der Schweiz und dem europäischen Ausland**

Im Rahmen der beschriebenen Literaturrecherche konnten nur wenige Wegleitungen resp. Leitfäden zu DfD/A aus der Praxis gefunden werden, die sich dem Thema explizit widmen. Es wurden zwar Vorgaben zu Wiederverwendung/ ReUse und Zirkularität gefunden in denen darauf verwiesen wird, dass DfD-Prinzipien angewendet werden sollen, aber wie dies geschehen soll, bleibt unbeantwortet. Stattdessen können häufig Verweise auf die ISO 20778 gefunden werden. In den nachfolgend aufgelisteten Wegleitungen können für die genannten DfD/A-Themen Anleitungen oder Hinweise zur Umsetzung gefunden werden. Der konkreteste Leitfaden konnte zum Holzbau in Österreich gefunden werden. Der bezieht sich konkret auf die technischen und konstruktiven Möglichkeiten, die der Holzbau

bietet und ist entsprechend detailliert aufgebaut. Die Inhalte der Leitfäden werden hier nicht detailliert aufgegriffen, sie wurden in den Kapiteln und Ausführungen zu Begriffsbestimmungen, Potenziellen Massnahmen und Prinzipien berücksichtigt. An dieser Stelle werden die Inhalte genannt, die für eine vertiefte Auseinandersetzung mit einzelnen Themen interessant sein könnten.

### **Schweiz:**

Richtlinie Systemtrennung Kanton Bern (Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern, 2013)

- Trennung von Gebäudesystemen mit dem Ziel von Austausch, Reparatur und Anpassbarkeit von Gebäudeteilen oder Gebäudesystemen

Charta Kreislaufforientiertes Bauen (Charta Kreislaufforientiertes Bauen, 2025)

- Bezug auf Systemtrennung, ISO 20887 und DfD-Toolkit von Arup, welches wiederum auf DGNB TEC 1.6 Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit verweist

### **EU:**

The Circular City Centre – C3 A GUIDE FOR CIRCULARITY IN THE URBAN BUILT ENVIRONMENT (The European Investment Bank, 2024)

- Stakeholdermanagement bei DfD/A

### **Deutschland:**

Atlas Recycling: Gebäude als Materialressource (Hillebrandt et al., 2018)

- Fügetechniken und Materialbeschaffenheit

### **Österreich:**

Grundlagen rückbauorientierte Holzbauplanung, Rückbaukatalog mit Bewertungsschema, Handlungsempfehlungen, Werterhaltungskonzept (Koppelhuber et al., 2024)

- Rückbaukatalog zur Kategorisierung und Bewertung der Rückbaubarkeit der Aufbausituationen im Holzbau

### **Portugal:**

Circular Buildings - Guideline for promoting circularity in Environmental Product Declarations,

Insbesondere in Appendix C: DESIGN FOR DISASSEMBLY CRITERIA (Associação Smart Waste Portugal, 2021)

- Fügetechniken
- Zusammenhang mit Environmental Product Declaration (EPD)

### **Schottland:**

Design for Deconstruction, SEDA Design Guides for Scotland : No. 1 (Morgan & Stevenson, 2005)

- Ressourcen effizient nutzen
- Materialtrennung zur Entscheidung von ReUse oder Recycling

## **UK:**

Design for Deconstruction - Practical Guide (UKBGC, o. J.)

- Übersicht (2 Blatt A4) zu DfD Prinzipien und Füge-techniken

## **Tschechien:**

CIRCULAR BUILDING DESIGN: Strategies and Tools (Pešta et al., 2023)

- Beschreibung von verschiedenen Zirkularitätsstrategien
- Übersicht über Tools für Zirkularitätsbewertungen
- Beispielhafte Fallstudien

## **2.5 Ergebnis der Literaturrecherche**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die wissenschaftlichen Publikationen sich eingehend mit konkreten Massnahmen und Fügungs- und Konstruktionsprinzipien beschäftigen. Daher können von diesen Publikationen konkrete Massnahmen durch die beschriebenen Anforderungen an Fügungen und Konstruktionen abgeleitet werden.

Hinsichtlich der praxisorientierten Berichte und Leitfäden wurde festgestellt, dass ausserhalb der erwähnten Leitfäden, viele mit zirkulärem Bauen beschäftigen und häufig zwar DfD/A erwähnt wird, eine konkrete Beschreibung von Prinzipien oder Massnahmen jedoch nicht erfolgt. Die nicht genannten Leitfäden beschreiben im Wesentlichen das zirkuläre Bauen als Gesamtes und einen Fokus auf Wiederverwendung legen und nicht auf DfD/A. DfD/A wird in dem Zusammenhang häufig als Strategie oder Massnahme betrachtet, das zirkuläre Bauen zu ermöglichen. Die praxisorientierten Publikationen beziehen sich hierbei häufig auf das Schichtmodell nach Brand, was im Prinzip der in der Schweiz gebräuchlichen Begriffs der Systemtrennung entspricht. Rückbaubarkeit wird in dem Zusammenhang als Strategie bzw. Massnahme verstanden, um die Wartung, Reparierbarkeit und den Austausch von Bauteilen resp. Anlagen/Anlagekomponenten zu ermöglichen. Anpassbarkeit stellt in dem Zusammenhang eine Strategie bzw. Massnahme dar, um Nutzungs- und/oder Anforderungsänderungen aufnehmen zu können. Als Ziel wird für DfA primär die Verlängerung der Lebensdauer eines Gebäudes und für DfD die Wiederverwendung von Bauteilen genannt. Es wird jedoch häufig nicht trennscharf unterschieden, da es insgesamt um die verlängerte Nutzung von Baumaterialien geht, unabhängig davon, ob sie im Ursprungsgebäude verbleiben oder zu einem anderen Gebäude übergehen. Daher ist es zweckmässig DfD und DfA ganzheitlich als DfD/A zu betrachten und dann in die verschiedenen Ziele und potenziellen Massnahmen zu differenzieren.

Die ISO 20887 bietet mit ihrer umfangreichen Begriffsdefinition und Beschreibung von Prinzipien sowie Zielen von DfD/A sehr konkrete Handlungsgrundlagen. Da die ISO 20887 so konkret ist bildet sie eine sehr gute Grundlage für die Praxis. Neben eindeutigen Grundlagen kann eine Referenzierung des SIA zur ISO 20887, die Anschlussfähigkeit an das Ausland gewährleisten. Die Anschlussfähigkeit an das Ausland bietet sodann den Vorteil, dass auf einen grösseren Erfahrungspool von Praxisprojekten zugegriffen werden kann und der Austausch vereinfacht wird.

### 3 Begriffsbestimmungen

Auf Grundlage der durchgeführten Literaturrecherche werden in diesem Kapitel die für die vorliegende Studie relevanten Begriffe systematisch beschrieben und eindeutig definiert. Die Auswertung der wissenschaftlichen Literatur, der Grey Literature sowie von Praxisberichten zeigt, dass die zentralen Begriffe zu *Design for Disassembly* und *Design for Adaptability* in der Norm **ISO 20887** konsistent und umfassend definiert sind. Es wird daher vorgeschlagen, diese Begriffsbestimmungen zu nutzen.

Da die ISO 20887 in englischer und französischer Sprache vorliegt, ist für den deutschsprachigen Kontext eine fachlich präzise Übersetzung der relevanten Begriffe erforderlich. In der vorliegenden Arbeit werden hierfür Übersetzungsmöglichkeiten vorgeschlagen. Ergänzend dazu werden Begriffsdefinitionen berücksichtigt, die im Rahmen der CAS-Arbeit *Umsetzung der Rückbaubarkeit und Nutzungsflexibilität* (Bapst et al., 2025) entwickelt wurden. Diese Begriffe werden bereits durch das BAFU verwendet und sind daher für den schweizerischen Kontext von Design for Disassembly von besonderer Relevanz. Die entsprechenden Definitionen wurden im Rahmen dieser Arbeit überprüft und bei Bedarf präzisiert.

Darüber hinaus wurden für die Begriffsbestimmung Definitionen aus weiteren Quellen herangezogen, darunter SIA-Normen, Labels, Praxisberichte sowie wissenschaftliche Publikationen. Sofern für einen Begriff mehrere, inhaltlich unterschiedliche Definitionen vorlagen, wurden diese vergleichend analysiert und zu einer konsolidierten beziehungsweise harmonisierten Definition zusammengeführt. Ziel dieser Vorgehensweise ist die Schaffung einer einheitlichen Begriffsgrundlage, welche den schweizerischen Planungs- und Baukontext angemessen widerspiegelt.

Die Notwendigkeit einer solchen Harmonisierung zeigt sich exemplarisch am Begriff «Bauteil». In verschiedenen Normen und Fachpublikationen finden sich hierfür unterschiedliche Definitionen, was in der Praxis zu abweichenden Interpretationen führen kann. Eine Auswahl dieser Definitionen ist in Tabelle 1: Übersicht unterschiedliche Definitionen des Begriffs "Bauteil" dargestellt. Auf dieser Basis wird folgende konsolidierte Definition vorgeschlagen:

«Bauteile sind physisch unterscheidbare funktionale Einheiten eines Bauwerks (z.B. Boden, Wand, Decke), die aus unterschiedlichen Baustoffen und Bauelementen zu einer Funktionseinheit gefügt sind.»

Tabelle 1: Übersicht unterschiedliche Definitionen des Begriffs "Bauteil"

SIA 2032:2020 Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden, aus der Begriffsdefinition:	„Zu einer Funktionseinheit zusammengefügte Baustoffe.“
SIA112:2014 Modell Bauplanung, aus der Begriffsdefinition:	«Ein Bauteil ist ein physisch unterscheidbarer Teil eines Bauwerks bzw. Tragwerks.»
SIA 380:2022 Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden, Klammerdefinition:	«... die Flächen der Bauteile (Wände, Böden und Decken) ...»
crb eBKP-H SN 506 511 Elementbasierter Baukostenplan Hochbau, Begriffsdefinition:	«Ein in sich abgeschlossener Teil eines Bauwerks.»

### 3.1 Definition von DfD und DfA

Die Konzepte von DfD und DfA werden beide in der ISO 20887 gemeinsam behandelt und in einen übergeordneten lebenszyklusorientierten Kontext gestellt. Die ISO 20887 definiert *Design for Disassembly and Adaptability* als eine Strategie, welche darauf abzielt, sowohl die Nutzungsdauer (*service life*) als auch die Entwurfslebensdauer (*design life*) von Bauwerken und Bauteilen zu optimieren. Dabei wird explizit festgehalten, dass diese Strategie **nicht** auf eine vorsorgliche Überdimensionierung abzielt, um eine Vielzahl unbekannter zukünftiger Anforderungen abzudecken. Vielmehr soll durch gezielte planerische Entscheidungen eine flexible, effiziente und ressourcenschonende Nutzung über den gesamten Lebenszyklus hinweg ermöglicht werden.

Ein zentrales Prinzip der Norm ist die **frühzeitige Integration** von DfD- und DfA-Konzepten in der Planungs- und Entwurfsphase. Dadurch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass Tätigkeiten in den späteren Lebenszyklusphasen – insbesondere Nutzung, Betrieb, Unterhalt, Instandsetzung, Ersatz, Umnutzung sowie Rückbau und End-of-Life-Prozesse – aus einer ganzheitlichen Ressourcenperspektive effizient durchgeführt werden können. Diese Perspektive umfasst nicht nur Material- und Energieflüsse, sondern auch Zeitaufwand, Arbeitskosten und logistische Aspekte.

#### Design for Disassembly

Innerhalb dieses übergeordneten Rahmens wird DfD in der ISO 20887 präzise definiert als ein

*«Ansatz zur Gestaltung eines Bauteils oder eines Bauwerks, der die Demontage am Ende der Nutzungsphase erleichtert, sodass Komponenten und Bauelemente wiederverwendet, recycelt, energetisch verwertet oder auf andere Weise vom Abfallstrom getrennt werden können.»*

DfD fokussiert somit primär auf die Demontage, Rückbaubarkeit und Trennbarkeit von Bauteilen, Bauelementen, Komponenten und Materialien. Ziel ist es, den Rückbau so zu gestalten, dass möglichst hochwertige Verwertungsoptionen offenstehen und irreversible Materialvermischungen oder Bauteilzerstörung vermieden werden. Im baulichen Kontext betrifft dies insbesondere konstruktive Verbindungen, Schichtaufbauten, Materialkombinationen sowie die Zugänglichkeit und Dokumentation von Bauteilen.

DfD ist eng mit Konzepten der Kreislaufwirtschaft, des Urban Mining und der Materialwerterhaltung verknüpft. Der zeitliche Fokus liegt dabei überwiegend auf der End-of-Life-Phase eines Bauwerks oder einzelner Bauteile.

#### Abgrenzung zu Design for Adaptability

Der Begriff Adaptability wird in der ISO 20887 allgemein definiert als die

*«Fähigkeit, verändert oder angepasst zu werden, um für einen bestimmten Zweck geeignet zu sein.»*

Eine explizite Definition von *Design for Adaptability* als eigenständiger Entwurfsansatz wird in der Norm – im Gegensatz zu DfD – nicht separat formuliert. Die inhaltliche Abgrenzung ergibt sich vielmehr aus der Beschreibung unterschiedlicher Planungs- und Anwendungskontexte.

DfA wird dabei als langfristig orientierter Ansatz verstanden, dessen Fokus auf der Anpassungsfähigkeit, Flexibilität und Konvertierbarkeit von Bauwerken als Ganzes liegt. Im Vordergrund stehen Veränderungen während der Nutzungsphase, etwa durch Nutzungsänderungen, funktionale Umorganisationen, technologische Erneuerungen oder gesellschaftliche und wirtschaftliche Transformationsprozesse. Typische Fragestellungen betreffen unter anderem Grundrissflexibilität, Tragwerkskonzepte, Installationsstrategien oder Gebäudetiefen.

Als eine mögliche Definition des Begriffs Design for Adaptability wird daher folgendes vorgeschlagen:

«Ansatz zur Gestaltung eines Bauwerks, der die Fähigkeit eines Bauwerks herstellt mit geringem Ressourcenaufwand anpassungsfähig auf verschiedene Nutzungen mit unterschiedlichen Anforderungen zu reagieren, sodass die Nutzungsdauer verlängert und/oder multiple Nutzungszyklen ermöglicht werden.»

Während DfD primär auf die Demontage und Wiederverwendung am Lebenszyklusende (End-of-Life) abzielt, adressiert DfA die Verlängerung der Nutzungsdauer durch Anpassung und Umnutzung am Nutzungszyklusende (End-of-Use). Die Phase End-of-Life kommt aus der Ökobilanzierung und wird verwendet, wenn die Nutzungsphase vorbei ist, End of Life = *Entsorgungsphase* (Modul C). Auch die *Vorteile und Belastungen ausserhalb der Systemgrenze* (Modul D) werden nach der Nutzungsphase ergänzend zur Entsorgungsphase erfasst und gehören gemäss ISO 59004 auch zum End-of-Life (ISO International Organization for Standardization, 2024). Grundsätzlich wird in der Ökobilanz von **einem (Anzahl 1) Lebenszyklus** ausgegangen, der **eine Nutzungsphase** enthält (SN EN 15804+A2:2019 Nachhaltigkeit von Bauwerken - Umweltproduktdeklarationen - Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte, 2022). Der Begriff End-of-Use ist ein Begriff aus der Zirkularität, wo mehrere Nutzungszyklen aneinander anschliessen und so **mehrere Nutzungszyklen** einen Lebenszyklus bilden. End-of-Use kann, wenn der letzte Nutzungszyklus erreicht ist, also ein End-of-Life sein.

Beide Ansätze DfD und DfA verfolgen somit unterschiedliche, jedoch komplementäre Ziele, die häufig in ihren Massnahmen, Wirkung und Konstruktion nicht trennscharf unterschieden werden können. Daher sind sie beide Bestandteil innerhalb eines ganzheitlichen Lebenszyklusansatzes und werden entsprechend in der ISO 20887 bewusst gemeinsam betrachtet.

### 3.2 Schichtmodell und Systemtrennung

DfD und DfA unterscheidet gemäss der Definition bei einem Bauwerk dahingegen, ob einzelne Bauteile demontiert oder ganze Bauwerke angepasst werden können. Entsprechend ist es zweckdienlich die unterschiedlichen Ebenen oder Systeme eindeutig zu identifizieren. Im Zusammenhang von DfD wird hier regelmässig auf das Schichtmodell nach Brandt zurückgegriffen, dass unterschiedliche Konstruktionssysteme differenziert.

Nach Steward Brandt (How Buildings Learn: What Happens After They're Built, 1996) kann ein Gebäude mit seinem Grundstück in insgesamt 6 Schichten eingeteilt werden (gefunden in Koppelhuber et al., 2024):

- **«Site:** Der Standort des Gebäudes, der dauerhaft bleibt und die eigentliche Basis und Ausgangssituation bildet.
- **Structure:** Die tragende Struktur des Gebäudes, welche eine (möglichst) lange Lebensdauer hat und selten verändert wird.
- **Skin:** Die äussere Hülle des Gebäudes, die etwa alle 20 Jahre erneuert wird, um mit technologischen Fortschritten und ästhetischen Änderungen Schritt zu halten.
- **Services:** Die technischen Installationen wie Elektrik, Sanitär und Heizung, die alle 7 bis 15 Jahre erneuert werden müssen.
- **Space Plan:** Die Anordnung der Innenwände und Räume, welche relativ flexibel sind und sich etwa alle 3 Jahre ändern können.
- **Stuff:** Die Einrichtungsgegenstände und Möbel, die ständig in Bewegung sind und häufig angepasst bzw. verändert werden.»

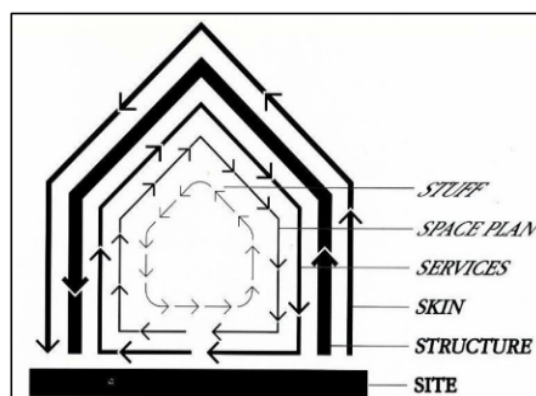


Abbildung 2: Schichtmodell nach Brandt 1996 gefunden in Koppelhuber et al., 2024

Analog zum Schichtmodell nach Brand gibt es die *Richtlinie Systemtrennung des Kantons Bern*, in der die verschiedenen Systeme anhand ihrer Lebensdauer voneinander unterschieden werden (Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern, 2013). Die Richtlinie wurde, laut Information des Kantons Bern (Susanne Pidoux - Leiterin Fachstelle Nachhaltiges Bauen und Bewirtschaften), in verschiedene Vorgaben übersetzt und entsprechend als einzelne Richtlinie aufgelöst. Die Definition der Systeme wurde jedoch bereits 2015 in die *SIA 2047 Energetische Gebäudeerneuerung* übernommen und konnte sich so entsprechend schweizweit etablieren (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015).

### Systemtrennung gemäss SIA 2047:

- **Primärsystem:** *Tragkonstruktion und opake Gebäudehülle und Grundstruktur der Gebäudetechnik*
- **Sekundärsystem:** *Fenster und Wetterschutzschicht der Fassade, Innenausbau, gebäudetechnische Installationen*
- **Tertiärsystem:** *Einrichtung und Mobiliar, Gebäudetechnische Apparate/Geräte*

Da die Begriffe und Systeme der Systemtrennung nach SIA 2047 zum allgemein anerkannten Stand der Technik und entsprechend zum Grundrepertoire aller Akteure der Bauwirtschaft gehören, wird auch in dieser Studie mit den drei Systemebenen weitergearbeitet.

### 3.3 Kategorisierung der Begriffe für DfD und DfA

Es gibt eine umfangreiche Anzahl von Begriffsdefinitionen, die für DfD/A relevant ist. Um diese Anzahl greifbarer zu machen, wurden die Begriffe in Gruppen eingeteilt.

Neben den Kreislaufwirtschafts- oder DfD/A-spezifischen Begriffen scheint auch die eindeutige Definition von allgemeinen Begriffen relevant zu sein. Beispielsweise gibt es unterschiedliche Definitionen der Begriffe für Bauteile, Bauprodukte, Bauelemente etc., da diese in der Praxis, aber auch teilweise in der Normierung unterschiedlich verwendet werden. Diese unterschiedliche Verwendung führt zu vermeidbaren Missverständnissen. Da die verbale Beschreibung dieser Begriffe teilweise weiterhin Uneindeutigkeit hervorrufen kann, wurden in der DIN SPEC einige konstruktiven Begriffe, wie in Abbildung 3: Grafische Begriffsdefinition in der DIN SPEC 91484 grafisch definiert. Die grafische Definition führt zu einem klaren Verständnis der Begriffe und ist insbesondere im DfD-Kontext sehr hilfreich zur Verständigung.

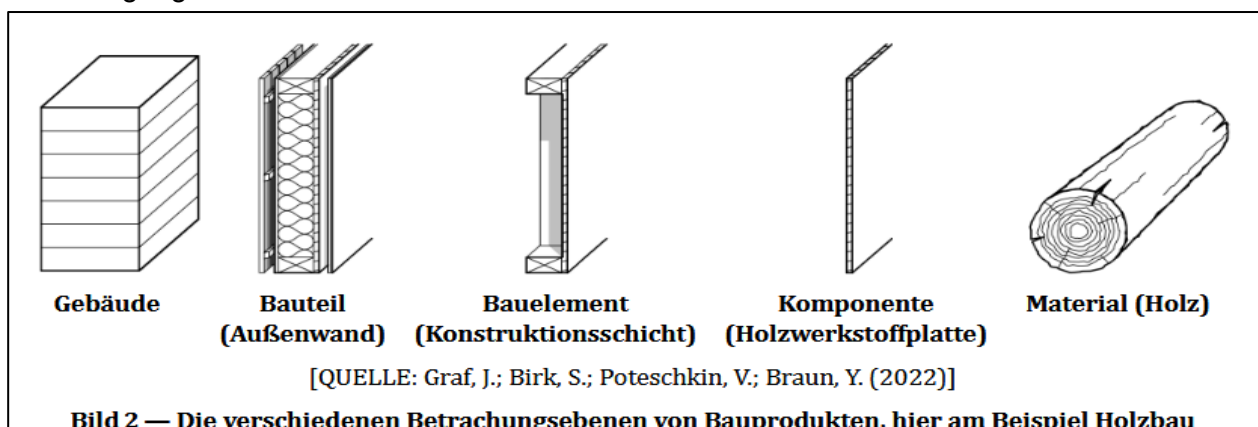


Abbildung 3: Grafische Begriffsdefinition in der DIN SPEC 91484:2023-09

Begriffe des Gebäudeerhalts sind insbesondere für DfA relevant, da eine Umnutzung oder Änderung des Gebäudes häufig in einem Schwung gemeinsam mit Sanierungen durchgeführt werden, da so Aufwand und entsprechend Kosten gespart werden können.

Die R-Strategien und die Post-Use-Szenarien sind Grundbegriffe der Kreislaufwirtschaft, die einen starken Einfluss auf die Motivation für DfD/A haben und entsprechend definiert werden.

Entsprechend wurden die Begriffsdefinitionen für DfD und DfA in 5 Gruppen eingeteilt. Die Begriffsdefinitionen können dem jeweiligen Anhang entnommen werden:

- 1) Allgemeine Begriffe (Anhang 1)
- 2) Begriffe zum Gebäudeerhalt (Anhang 2)
- 3) Begriffe zu den R-Strategien (Anhang 3)
- 4) Begriffe zu Post-Use-Szenarien / Nachnutzungsszenarien (Anhang 4)
- 5) Und DfD/A spezifische Begriffe, und zusätzlich (Anhang 5)
- 6) Begriffe für Fügungen (Anhang 6, wird im Kapitel 4.5 gesondert behandelt)

### 3.4 Begriffe für Fügungen

Fügungen haben im DfD/A eine besondere Bedeutung, da sie hauptsächlich darüber bestimmen, inwieweit eine Rückbaubarkeit gegeben ist. Sie sind bei Bauwerken unerlässlich, da sie die verschiedenen Materialien, Bauelemente und Baukomponenten so verbinden, dass ein Bauwerk überhaupt erst entsteht. Hierbei müssen sie unterschiedlichen konstruktiven und statischen Anforderungen genügen:

- Kraftschlüssiges Fügen (Druck, Zug, Biegung, Normal- und Querkräfte)
- Abdichtendes Fügen (Feuchtigkeit, Luft)
- Gleitende Anschlüsse und Dehnungsfugen (Aufnahme von Bauteilbewegung)
- Lagesicherung (kann auch durch das blosse Eigengewicht erfolgen)

Neben diesen Anforderungen sind Fügetechniken auch immer von den Materialien bestimmt, die miteinander verbunden werden sollen. Entsprechend kommen bei verschiedenen Materialien unterschiedliche Fügetechniken zur Anwendung. Die grosse Anzahl von Normen, die sich mit Konstruktionen und Fügetechniken beschäftigt, zeugt von diesen hohen Anforderungen, die an Konstruktionen und Fügetechniken gestellt werden (siehe *Kapitel 3.2 Übersicht über relevante Normen*). Eine Norm, die alle diese Fügetechniken von allen Materialien detailliert auf ihre Rückbaubarkeit bewertet, würde erheblich umfangreiches aus verschiedenen Fachdisziplinen herrührendes Fachwissen erfordern. Daher erscheint es sinnvoller, dass die Normen, die sich bereits mit Fügetechniken beschäftigen und in denen das material- und konstruktionsspezifische Wissen festgehalten ist, auch auf das Thema DfD eingehen. So kann sichergestellt werden, dass die anwendenden Fachingenieurinnen und Fachexperten die Rückbaubarkeit von Konstruktionen und Fügungen in - ihnen ohnehin bekannten Normen - wiederfinden und entsprechend die Anwendung von DfD erleichtert wird. Nichtsdestotrotz ist eine gemeinsame Sprache über grundsätzliche Fügungsprinzipien erforderlich, um bei interdisziplinären Planungsprozessen eine gemeinsame Basis zu erreichen.

Um der Komplexität von den vielen Fügungen zu begegnen, wurden im Atlas Recycling (Hillebrandt et al., 2018) wesentliche Fügungsarten zusammengeführt und definiert, siehe Seite 72 *Anhang 6. Begriffe Fügungen*. Die Lösbarkeit der Verbindungen kann jedoch nur dann bewertet werden, wenn die genauen Materialien bekannt sind. So können zum Beispiel Verklebungen lösbarere Verbindungen darstellen, wenn die Klebstoffe und die entsprechenden Untergründe dies zulassen. Ein einfaches Beispiel hierfür sind Klebefolien, die z.B. für Sichtschutz auf Gläser geklebt werden können und vom Glas rückstandslos wieder entfernt werden können, sodass das Glas für einen anderen Zweck wiederverwendet werden kann.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Anforderungen an Fügungen je nach Material sehr unterschiedlich sein können. Entsprechend kann keine pauschale Bewertung vorgenommen werden, welche Fügungsart als zerstörungsfrei rückbaubar bezeichnet werden kann.

## 4 Konstruktive Anforderungen und Bewertung von DfD/A

### 4.1 Anforderungen an Konstruktionen und Materialien

Die Umsetzung von DfD/A erfordert neben Anforderungen an Fügungen auch weitergehende Anforderungen an Konstruktionen und Materialien. Diese Anforderungen wurden in der wissenschaftlichen Literatur umfangreich untersucht, sowohl anhand von Fallbeispielen aus der Praxis als auch in experimentellen Studien. Die Ergebnisse zeigen, dass einzelne Massnahmen in der Regel nicht ausreichen, um DfD oder DfA zu gewährleisten; vielmehr müssen mehrere Anforderungen in ihrem Zusammenwirken berücksichtigt werden. So sind beispielsweise lösbare Verbindungen allein nicht ausreichend, wenn Bauteile aufgrund ihrer Abmessungen oder ihres Gewichts nicht zerstörungsfrei demontiert werden können.

Die Anforderungen betreffen unterschiedliche Phasen im Lebenszyklus eines Bauwerks. Bereits in der strategischen Planung werden grundlegende Voraussetzungen für Anpassungsfähigkeit und Nutzungsflexibilität festgelegt. In der Planung und Projektierung werden konstruktive Prinzipien definiert, die Rückbau, Austausch und Erweiterung ermöglichen. Anforderungen an Materialien beeinflussen die Wiederverwendbarkeit, Trennbarkeit und Dauerhaftigkeit von Bauteilen. In der Ausführung stehen Aspekte wie Handhabung, Geometrie und sichere Demontierbarkeit im Vordergrund, während im Betrieb und in der Bewirtschaftung insbesondere Dokumentation, Reparierbarkeit und Wiederverwendbarkeit relevant sind. Die Anforderungen an DfD/A sind somit als phasenübergreifend und aufeinander aufbauend zu verstehen.

Zur Identifikation der Anforderungen wurde eine stichprobenartige qualitative Inhaltsanalyse der gesammelten wissenschaftlichen Literatur durchgeführt. Dabei wurden 21 Dokumente aus insgesamt 126 als relevant identifizierten Quellen vertieft ausgewertet. Die dabei identifizierten Anforderungen sind in den nachfolgenden Tabellen mit Beschreibung und Quellenangaben zusammengestellt.

Mit Tabelle 2: Übersicht der DfD und DfA-bedingten Anforderungen an Konstruktionen und Materialien sortiert nach Phasen erfolgt eine übergeordnete Darlegung. Die anschliessenden Tabellen erläutern die einzelnen Anforderungen differenziert nach den zugeordneten Phasen.

Tabelle 2: Übersicht der DfD und DfA-bedingten Anforderungen an Konstruktionen und Materialien sortiert nach Phasen

strategische Planung	Planung und Projektierung	Materialauswahl	Ausführung	Betrieb/ Bewirtschaftung
Anpassungsfähigkeit	Gute Planung	Verzicht auf chemische Zusatzstoffe	Leichte Handhabung	Dokumentation
Transformierbarkeit	Zugänglichkeit	Langlebigkeit	Simplizität	Reparierbarkeit
Umrüstbarkeit	Systemtrennung	Geeignete Materialien	Geeignete Geometrien	Wiederverwendbarkeit
Vielseitigkeit	Erweiterbar	Elastizität	Lösbarkeit	
Skalierbar	Standardisierung	Duktilität	Sichere Rückbaubarkeit	
Beweglichkeit	Modularität	Hohe Qualität		
	Eigenständigkeit	Rückbaubarkeit ohne Qualitätsverluste		
		Trennbarkeit		

Die folgenden Abschnitte erläutern die identifizierten Anforderungen differenziert nach Projektierungsphasen. Den Ausgangspunkt bildet die **strategische Planung**, in der die grundlegenden Voraussetzungen für Anpassungsfähigkeit und Nutzungsflexibilität festgelegt werden (Tabelle 3).

Tabelle 3: DfD/A Anforderungen zur Berücksichtigung in der Strategischen Planung

Anforderung	Beschreibung	Quelle
Anpassungsfähigkeit	Die räumliche Konfiguration des Gebäudes soll durch geringfügige Eingriffe ohne Bautätigkeit angepasst werden können.	(Lisco, 2025)
Transformierbarkeit	Gebäude/Räume sind so zu konzipieren, dass sie sich dem Bedarf entsprechend durch Bautätigkeit transformieren/umbauen lassen.	(Lisco, 2025)
Umrüstbarkeit	Bauteile sollten so konzipiert sein, dass sie sie zu einem gegebenen Zeitpunkt nachrüsten/updates lassen.	(Lisco, 2025)
Vielseitigkeit	Gebäude/Räume so konzipieren, dass ohne Änderungen mehrere Nutzungen möglich sind.	(Lisco, 2025) (Santos, 2022)
Skalierbar	DfD-Bauteile und -Verbindungen sollten skalierbar sein und kreislaufwirtschaftlichen Modellen entsprechen.	(Rigo et al., 2025)
Beweglichkeit	Bewegliche Gebäudekomponenten einsetzen, um eine Nutzungsflexibilität zu gewährleisten.	(Lisco, 2025)

In der **Planung und Projektierung** werden diese übergeordneten Zielsetzungen in konkrete konstruktive Anforderungen übersetzt (Tabelle 4).

Tabelle 4: DfD/A Anforderungen zur Berücksichtigung in der Planung und Projektierung

Anforderung	Beschreibung	Quelle
Gute Planung	In der Planung festlegen und dokumentieren wie die Materialien wiederverwendet, recycelt oder verwertet werden sollten.	(Müller & Moser, 2022)
Zugänglichkeit	Die zu entnehmenden Bauteile sollen einfach zugänglich sein, ohne zu viele weitere Bauteile entfernen zu müssen.	(Akhimien et al., 2021; Anastasiades, Dockx, et al., 2023; Askar et al., 2021; Bianchi & Pero, 2025; Binow Bitar et al., 2022; Costantino et al., 2024; David et al., 2024a; Derikvand & Fink, 2023; Lindner, 2022; Lisco, 2025; Müller & Moser, 2022; Pristerà et al., 2024; Rigo et al., 2025; Santos, 2022)

Anforderung	Beschreibung	Quelle
Systemtrennung	Bauteilschichten sind so anzuordnen, dass die defekten Bauteile ausgebaut und repariert/ersetzt werden können.	(Lindner, 2022; Müller & Moser, 2022; Rigo et al., 2025)
Erweiterbar	Konstruktion erweiterbar gestalten, um zukünftig die Möglichkeit zur Verdichtung zu haben.	(Lisco, 2025)
Standardisierung	Standardisierte Bauteile und standardisierte Fügeverfahren verwenden.	(Akhimien et al., 2021; Anastasiades, Blom, et al., 2023; David et al., 2024b; Lisco, 2025; Müller & Moser, 2022; Pristerà et al., 2024; Rigo et al., 2025; Sandin et al., 2023; Santos, 2022)
Modularität	Verwendung von modularen, industriell gefertigten Bauteilen, intuitiv lösbare Verbindungen, Geringe Anzahl von Fügeverfahren, schnell, einfach und unkomplizierte Konstruktionen und Fügungen.	(Akhimien et al., 2021; Ali-Gombe et al., 2025; Costantino et al., 2024; David et al., 2024a; Lisco, 2025; Müller & Moser, 2022; Pristerà et al., 2024)
Eigenständigkeit	Bauteile sind unabhängig voneinander mit unterschiedlichen Funktionen zu versehen.	(Costantino et al., 2024; David et al., 2024b; Lisco, 2025; Rigo et al., 2025; Santos, 2022)

Ergänzend dazu stellt die **Materialauswahl** eine zentrale Voraussetzung für Rückbaubarkeit, Trennbarkeit und Wiederverwendbarkeit dar (Tabelle 5).

Tabelle 5: DfD/A Anforderungen zur Berücksichtigung bei der Materialauswahl

Anforderung	Beschreibung	Quelle
Verzicht auf chemische Zusatzstoffe	Bevorzugung konstruktiver Lösungen gegenüber materialverändernden Massnahmen, bei der der Schutz von Bauteilen durch Gestaltung und Konstruktion erfolgt und unnötige Behandlungen oder Oberflächenveredelungen vermieden werden.	(Lindner, 2022; Rigo et al., 2025)
Langlebigkeit	Sowohl das Material, das Bauteil, als auch die Fügung müssen langlebig sein.	(Akhimien et al., 2021; David et al., 2024a; Li et al., 2024; Odenbreit et al., 2023; Rigo et al., 2025)
Geeignete Materialien	Materialien müssen für Recycling, Re-use und Repair geeignet sein.	(Costantino et al., 2024)
Elastizität	Lösbare Verbindungen sollten elastisch konzipiert sein.	(David et al., 2024b; Lisco, 2025)

Anforderung	Beschreibung	Quelle
Duktilität	Bleibende Verformungen beeinträchtigen die Reversibilität von Verbindungen, weshalb diese im elastischen Bereich bleiben und duktiler Verhalten gezielt auf austauschbare Elemente konzentriert werden sollte.	(Rigo et al., 2025)
Hohe Qualität	Reuse der Bauteile soll sich wegen der Material- und Bauteilqualität lohnen und dadurch angeregt werden.	(Akhimien et al., 2021; Müller & Moser, 2022; Odenbreit et al., 2023; Ostapska et al., 2024)
Rückbaubarkeit ohne Qualitätsverluste	Die konstruktiven Qualitäten z.B. Verbindungsfestigkeit, Steifigkeit etc. dürfen sich durch die wiederholte Fügung nicht verändern und Verbindungen sollen mehrfach einsetzbar sein.	(David et al., 2024b; Derikvand & Fink, 2021; Li et al., 2024, 2024; Lisco, 2025; Müller & Moser, 2022)
Trennbarkeit	Alle Materialien mit unterschiedlichen Nachbehandlungen sind durch reversible Verbindungen trennbar.	(David et al., 2024a; Lindner, 2022; Müller & Moser, 2022)(David et al., 2024b)

In der **Ausführung** stehen Anforderungen im Vordergrund, die eine praktische und sichere Umsetzung sowie eine spätere Demontage ermöglichen (Tabelle 6).

Tabelle 6: DfD/A Anforderungen zur Berücksichtigung für die Ausführung

Anforderung	Beschreibung	Quelle
Leichte Handhabung	Konstruktion und Fügung sollen für Ausführende leicht bearbeitbar sein, z.B. handliche Bauteilgrößen.	(Akhimien et al., 2021; Costantino et al., 2024; David et al., 2024b; Iuorio & Kitayama, 2024; Li et al., 2024)
Geeignete Geometrien	Bauteile sollen insbesondere an den Kanten und Ecken so gestaltet sein, dass sie ohne Beschädigung ausgebaut werden können.	(Costantino et al., 2024)
Simplizität	Intuitiv lösbare Verbindungen, Geringe Anzahl von Fügeverfahren, schnell, einfach und unkomplizierte Konstruktionen und Fügungen Standardisierte Bauteile und Standardisierte Fügeverfahren verwenden.	(Anastasiades, Dockx, et al., 2023; Costantino et al., 2024; David et al., 2024b; Lindner, 2022; Müller & Moser, 2022; Rigo et al., 2025; Sandin et al., 2023; Santos, 2022)
Lösbarkeit	Kein Schaden jeweils bei ausgebautem Teil oder verbleibender Baukonstruktion; Reparierbarer Schaden jeweils bei ausgebautem Teil oder verbleibender Baukonstruktion; Nicht-reparierbarer Schaden jeweils bei ausgebautem Teil oder verbleibender Baukonstruktion.	(Khadim et al., 2023)

Anforderung	Beschreibung	Quelle
Sichere Rückbaubarkeit	Der Rückbau soll sicher sein, sodass Arbeitsunfälle vermieden.	(Rigo et al., 2025; Sandin et al., 2023; Santos, 2022)

Schliesslich ergeben sich auch für den **Betrieb und die Bewirtschaftung** Anforderungen, insbesondere im Hinblick auf Dokumentation, Reparierbarkeit und Wiederverwendbarkeit (Tabelle 7)

Tabelle 7: DfD/A Anforderungen zur Berücksichtigung für den Betrieb/Bewirtschaftung

Anforderung	Beschreibung	Quelle
Dokumentation	Aktuell halten von Dokumentation mit Informationen zu Materialien, Konstruktion und Wartungsanforderungen	(Akhimien et al., 2021; David et al., 2024b)
Reparierbarkeit	Stark beanspruchte Verbindungselemente, sind reparierbar zu konzipieren.	(Odenbreit et al., 2023)
Wiederverwendbarkeit	Bauteilverbindungen sollten so konzipiert sein, dass sie ohne Beschädigung ausgebaut werden können, was eine direkte Wiederverwendung ermöglicht.	(Lisco, 2025; Pristerà et al., 2024; Rigo et al., 2025)

## 4.2 Bewertung von Fügungen auf DfD-eignung

Da die Bewertung von Fügungen auf DfD-eignung nicht eindeutig anhand des Fügungsart bestimmt werden kann, braucht es andere Parameter, um die Lösbarkeit und Rückbaubarkeit von Fügungen zu bestimmen. Diese Parameter können nach den Prinzipien der einfachen Demontage und von rückbaufreundlicher Konstruktion bewertet und das Demontagepotenzial abgeleitet werden.

Level(s) Design Prinzip 1 erfasst 4 Prinzipien für eine «Einfache Demontage:

### 1.1 Elemente und ihre Teile sind voneinander unabhängig und leicht trennbar

- Die Möglichkeit, miteinander verbundene Bauteile zu trennen und die Bauteile in ihre Bauelemente und Komponenten zu zerlegen. So lassen sich beispielsweise die Fassade und die Gebäudetechnik leicht entfernen, ohne die Tragkonstruktion des Gebäudes zu beschädigen oder erhebliche Materialabfälle aus dem Innenausbau des Gebäudes zu verursachen.

### 1.2 Verbindungen sind mechanisch und reversibel

- Verwendung mechanischer, zerstörungsfreier Verbindungen im Gegensatz zu chemischen Verbindungen.

### 1.3 Verbindungen sind leicht zugänglich und sequenziell reversibel

- Einfacher und sequenzieller Zugang, um mechanische Verbindungen rückgängig zu machen und Bauteile, Bauelemente oder Komponenten zu entfernen.

### 1.4 Die Anzahl und Komplexität der Demontageschritte ist gering.

- Die Demontage sollte keine komplexen Vorbereitungsschritte, keinen intensiven Einsatz von Arbeitskräften und Maschinen und/oder keine Prozesse ausserhalb der Baustelle erfordern.» (Dodd et al., 2021c)

BESTAND + NEUEINGEBRACHTES [MASSE-%]						
Zirkularitätsklasse	Erläuterung			DGNB-TEC1.6*	Bewertungsfaktor $f_{ZK(Z)}$	Toleranzbereich
	Verbindungsart	Rückbauaufwand	Schadensart			
optimiert	lose / Klickverbindung	sehr geringer Aufwand	Zerstörungsfrei lösbar	ZE06(1)**, ZE07(1)***	<b>1,00</b>	± 0,15
verbessert	gesteckt / geschraubt	geringer Aufwand	Zerstörungsfrei lösbar	ZE06(1)**, ZE07(1)***	<b>0,75</b>	± 0,15
Standard	festverbaut	mittlerer Aufwand	überwiegend zerstörungsfrei lösbar		<b>0,50</b>	± 0,15
Zirkularitätsklassen oberhalb 0,50 sind für einen positiven Beitrag zur Kreislaufwirtschaft anzustreben						
eingeschränkt	festverbaut	hoher Aufwand	reparable Schäden		<b>0,25</b>	± 0,15
problematisch	festverbaut	extrem aufwändig	irreparable Schäden		<b>0,00</b>	± 0,15
nicht bewertbar	bzw. nicht demontagefähig				<b>0,00</b>	± 0,15

Tabelle 7: Klassifizierte Bewertungsfaktoren und Zirkularitätsklassen des Teilindikators Demontagefähigkeit (Z)

DGNB

Abbildung 4: Bewertungssystem der Demontagefähigkeit im DGNB-Qualitätsstandard für Zirkularitätsindizes

Als *Rückbaufreundliche Konstruktion* gilt nach DGNB TEC 1.6, wenn eine «Möglichkeit einer zerstörungsfreien Entnahme der Bauteile gegeben, eine sortenreine Trennung der Bauteilschichten gegeben oder keine sortenreine Trennung erforderlich ist, da Einzelschichten / Einzelelemente zu derselben Roh- oder Werkstoffgruppe gehören» (DGNB, 2018). Ein Bewertungsschema für eine Rückbaufreundliche Konstruktion wurde vom DGNB im *DGNB-Qualitätsstandard für Zirkularitätsindizes für Gebäude* eingeführt. Für die Bewertung von Rückbaubarkeit und Trennbarkeit wird hierbei zweistufig vorgegangen. Zuerst werden zur Bewertung der Demontagefähigkeit die Verbindungsart, der Rückbauaufwand und die Schadensart miteinander kombiniert. In einem zweiten Schritt werden dann die werkstoffliche Trennbarkeit von Materialien bewertet. Die Bewertung der werkstofflichen Trennbarkeit ist vornehmlich relevant für die Ausschöpfung des Recyclingpotenzials und die Vermeidung der Deposition von Material, wenn es nicht sortenrein trennbar und damit als Mischabbruch bewertet werden muss. Bei der werkstofflichen Trennbarkeit wird vornehmlich unterschieden in die Möglichkeit von maschinellem Trennen und der Möglichkeit der Rückführung in einen Recyclingprozess (Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V., 2024). Die werkstoffliche Trennbarkeit ist daher eher für die Bewertung der Abfallverwertung nach Art. 30d *Verwertung* des Umweltschutzgesetzes relevant.

Die Bewertung des Demontagepotenzials im DGNB erfolgt auf einer Punktebewertung zwischen 0 und 1 (Abbildung 4: Bewertungssystem der Demontagefähigkeit im DGNB-Qualitätsstandard für Zirkularitätsindizes). Diese Punktebewertung resultiert aus einer Mischbewertung, die in unterschiedlichen Indices für Zirkularität herangezogen werden und ist hierdurch auf Praxiserfahrung abgestützt (Abbildung 5: Vergleich von Bewertungssystemen für Demontagepotenzial aus dem DGNB-Qualitätsstandard für Zirkularitätsindizes). Eine Differenzierung der Schadensart für das entnommene und das verbleibende Bauteil wird nicht gezogen, sondern in einer Sammelbewertung für die Schadensart zusammengefasst.

Gebäude - Ebene	Zirkularitäts - klasse	Concular Circularity Performance Index (CPX)		EPEA Circularity Passport® – Buildings (CP)		Madaster (MCI)**/ DGBC (DPC) <sup>42</sup>	Urban Mining Index (UMI)		Qualitätsstandard		
									DGNB V23 TEC1.6 (Ind. 3.2.2)	DGNB Zi	
demontagefähig	optimiert	Lose	1,00	gesamtes Element kann entfernt und wiederverwendet werden	1,00	1,00	zerstörungsfrei lösbar	sehr geringer Aufwand	1,00	ZE06): mit Hilfe von reversiblen Anschlüssen installierbar und wieder zerstörungsfrei demontierbar	1,00
	verbessert	Gesteckt, geschraubt (1 Person, nicht maschinell)	0,75	Funktionseinheiten sind alle trennbar	0,75	0,80		Geringer Aufwand	0,90		0,75
nicht demontagefähig	Standard	festverbaut, mittelschwer (> 1 Person benötigt, Maschineneinsatz)	0,50	-	0,50	0,60	zerstörungsfrei lösbar	Mittlerer Aufwand	0,80		0,50
	eingeschränkt	Festverbaut, schwer (Einsatz Baubehelfe/ Transportmittel)	0,25	Funktionseinheiten sind teilweise trennbar	0,25	0,30		nicht zerstörungsfrei lösbar	Hoher Aufwand	0,70	
	problematisch	Extrem aufwändig, Schäden verursachend	0,00	Funktionseinheiten können nicht getrennt werden	0,00	0,10			Sehr hoher Aufwand	0,60	
	nicht bewertbar	-	0,00	für eine Beurteilung liegen nicht genügend Informationen vor	0,00	0,00					

Abbildung 5: Vergleich von Bewertungssystemen für Demontagepotenzial aus dem DGNB-Qualitätsstandard für Zirkularitätsindizes

In der digitalen Branchenlösung viride zur Ermittlung der Ökobilanz und Zirkularität von Bauteilen wurde anhand von exemplarisch ausgewählten Verbindungstypen eine dreistufige Bewertung des Demontagepotenzials eingeführt. Das Demontagepotenzial von Verbindungstypen wird dort als gering, mittel oder hoch bewertet und diese Bewertung folgendermassen beschrieben:

- Hohes Demontagepotenzial: «Komponenten können wiederverwendet oder recycelt werden. [...] Bauteile können demontiert und wiederverwendet oder recycelt werden.»
- Mittleres Demontagepotenzial: «abhängig von den verwendeten Komponenten. [...] Komponenten werden manchmal bei der Demontage zerstört. [...] kann die Wiederverwendung oder Wiederverwertung von Bauteilen erleichtern.»
- Geringes Demontagepotenzial: «Führt oft zu Abfall oder Zerstörung der Materialien beim Trennen. [...] Die Wiederverwendung von Materialien ohne umfangreiche Bearbeitung ist schwierig.»

Die exemplarischen Verbindungstypen umfassen: Mechanische Befestigung (Demontagepotenzial hoch), Verriegelung/Kompression basiert (Demontagepotenzial hoch), hybrid (Demontagepotenzial mittel), schweißen (Demontagepotenzial mittel), Klebstoff basiert reversibel (Demontagepotenzial mittel), Klebstoffbasiert nicht-reversibel (Demontagepotenzial gering), Zement basiert (Demontagepotenzial gering).

Als Wesentliche Parameter für eine Bewertung der Rückbaubarkeit einer Fügung kann demnach zusammengefasst werden:

- Schadensart vom entnommenen Bauteil
- Schadensart vom verbleibenden Bauteil
- Aufwand der Entnahme

Entsprechend ist für die Bewertung der Rückbaubarkeit resp. DfD-Eignung von Fügungen der Zustand einerseits des **entnommenen** Bauteils/Bauelements und andererseits des **verbleibenden** Bauteils/Bauelements nach Demontage festzustellen (siehe Abbildung 6: Bewertung der DfD-Eignung einer Fügung anhand des Zustands der entnommenen und verbleibenden Bauteile nach der Demontage). Von der DfD-Eignung kann der Aufwand abgeschätzt werden, der beim Rückbau betrieben werden muss. Insgesamt ist jedoch festzuhalten, dass der Aufwand nicht immer trennscharf zugeordnet werden kann, da der Aufwand auch von dem verfügbaren Werkzeug, den Fähigkeiten und Fertigkeiten und der Beschreibung der Demontagetechnik abhängig sein kann, wie es mit den beiden Kriterien *ease of access* und *low complexity of disassembly* aus dem Level(s) Indikator ausgedrückt wird.

Für das entnommene Bauteil/Element ist also zu klären, ob das

- entnommenes Bauteil/Element beschädigungsfrei entnommen werden kann,
- entnommenes Bauteil/Element reparabel beschädigt wird, oder
- entnommenes Bauteil/Element zerstört wird.

UND für das verbleibende Bauteil/Element ist zu definieren, ob das

- verbleibende Bauteil/Element beschädigungsfrei bleibt,
- verbleibende Bauteil/Element reparabel beschädigt wird, oder
- verbleibende Bauteil/Element zerstört wird.

entnommenes Bauteil/Element	beschädigungsfrei	0,5 mittlerer Aufwand	0,75 geringer Aufwand	1 sehr geringer Aufwand	DfD-geeignet	
	reparabel	0 hoher Aufwand	0,5 mittlerer Aufwand	0,75 geringer Aufwand		eingeschränkt DfD-geeignet
	zerstört	0 extremer Aufwand, nicht demontierbar	0 hoher Aufwand	0,5 mittlerer Aufwand		nicht DfD-geeignet
	zerstört	reparabel	beschädigungsfrei	Bewertung		
	verbleibendes Bauteil/Element					

Abbildung 6: Bewertung der DfD-Eignung einer Fügung anhand des Zustands der entnommenen und verbleibenden Bauteile nach der Demontage mit Einordnung des Demontageaufwands

Beispiele:

- Eine Steckdose kann mit einem gängigen Schraubendreher mit sehr geringem Aufwand zerstörungsfrei für die Steckdose – entnommenes Bauelement – und zerstörungsfrei für die Wand – verbleibendes Bauteil – entnommen werden.  
→ DfD Bewertung 1
- Modulare Systemtrennwände können mit gängigem Werk- und Hebezeug ausgebaut werden. Die Systemtrennwände – entnommenes Bauelement – bleiben intakt, an den Bodenanschlüssen und Deckenanschlüssen – verbleibende Bauteile – können reparable Löcher, Lücken in Bodenbelägen, Anstrichen oder ähnliches bleiben. → DfD Bewertung 0.75
- Eine Beschriftungsfolie kann mit gängigem Werkzeug vorsichtig von einer Glastüre abgezogen werden. Die Folie – entnommenes Bauelement – ist danach zerstört, die Glastüre – verbleibendes Bauteil – bleibt bei vorsichtiger und korrekter Ausführung intakt.  
→ DfD Bewertung 0.5
- Ein Fenster – Normalgröße ca. 1,00m x 1,20m – kann mit gängigen Werkzeugen aus einer

Mauerwerkswand Wand ausgebaut werden. Der Fensterrahmen – entnommenes Bauelement – bedarf einer Aufbereitung der Entfernung von Rückständen (z.B. Putz, Fensterband, etc.) und die Wand – verbleibendes Bauteil – bedarf der Reparatur der Fensterlaibung (neu Anputzen innen wie aussen).  
→ DfD Bewertung 0.5

### **4.3 Bewertung von Planung hinsichtlich DfA**

Hinsichtlich der Bewertung von Planung im Kontext von DfA beschreibt die ISO 20887 die Aspekte Vielseitigkeit, Konvertierbarkeit und Erweiterbarkeit anhand quantitativer Verhältniswerte. Dabei wird jeweils der prozentuale Anteil der Nutzfläche eines Gebäudes betrachtet, der eine Anpassung ermöglicht, im Verhältnis zur gesamten Nutzfläche. So wird die Vielseitigkeit über den Anteil der Fläche definiert, der ohne bauliche Änderungen regelmässig für unterschiedliche Nutzungen verwendet werden kann. Die Konvertierbarkeit wird über den Anteil der Fläche beschrieben, der so ausgelegt ist, dass eine Umnutzung mit geringem Aufwand möglich ist. Die Erweiterbarkeit wird anhand zusätzlicher realisierbarer Geschossflächen oder zusätzlicher Stockwerke bewertet, die ohne wesentliche Eingriffe in Tragwerk oder Fundament umgesetzt werden können; ergänzend kann auch die vorhandene Tragfähigkeitsreserve berücksichtigt werden.

Diese Bewertungsansätze ermöglichen eine einfache Quantifizierung der Anpassungsfähigkeit eines Gebäudes. Sie beschränken sich jedoch im Wesentlichen auf flächenbezogene Kenngrößen und lassen die qualitativen Anforderungen an die tatsächliche Umsetzbarkeit von Anpassungen weitgehend unberücksichtigt. Aspekte wie konstruktive Durchbildung, Lage und Zugänglichkeit von Installationen, Systemtrennung oder konkrete Eingriffstiefen werden dabei nicht erfasst, obwohl sie entscheidend dafür sind, ob Anpassungen in der Praxis effizient und wirtschaftlich umgesetzt werden können.

Für die Entwicklung von Bewertungssystemen bedeutet dies, dass eine reine Betrachtung prozentualer Flächenanteile nicht ausreicht. Ergänzend sind qualitative Kriterien erforderlich, welche die tatsächliche Anpassungsfähigkeit eines Gebäudes hinsichtlich konstruktiver, technischer und funktionaler Aspekte umfassender abbilden.

## 5 Potenzielle Massnahmen

Die Umsetzung von Design for Disassembly und Design for Adaptability erfolgt über konkrete Massnahmen auf Ebene von Konstruktionen, Materialien und Fügungen. Damit solche Massnahmen in Projekten wirksam und verhältnismässig eingesetzt werden können, ist ein strukturiertes Vorgehen erforderlich. Entscheidend ist dabei, die angestrebten Wirkungen von DfD/A im jeweiligen Projektkontext zu klären und daraus geeignete Strategien und Massnahmen abzuleiten.

Ausgangspunkt bildet die Festlegung der **Ziele**, die mit DfD oder DfA erreicht werden sollen. Diese Ziele stehen in engem Zusammenhang mit der erwarteten Nutzungsdauer, den Nutzungszyklen und möglichen Veränderungen während des Lebenszyklus eines Bauwerks. Daraus lassen sich **typische Szenarien** ableiten, die den Projektkontext beschreiben und eine Einordnung auf der passenden Systemebene ermöglichen.

Auf Grundlage der Szenarien können anschliessend die relevanten **Prinzipien von DfD und DfA** bestimmt werden, wie sie in Normen und Forschung beschrieben sind. Diese Prinzipien bilden den konzeptionellen Rahmen für die Auswahl geeigneter Strategien. Darauf aufbauend lassen sich **konkrete Massnahmen** ableiten, insbesondere im Hinblick auf Anforderungen an Fügungen, Konstruktionen und Materialien. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich im Planungsprozess häufig **Zielkonflikte und Trade-offs** ergeben, die projektspezifisch beurteilt und abgewogen werden müssen.

Das Vorgehen bei der Auswahl von DfD/A-Massnahmen, die in einem Projekt zur Anwendung kommen sollen, lässt sich daher in folgenden Schritten zusammenfassen:

1. Ziel klären, das mit DfD/A erreicht werden soll
2. Passendes Szenario bestimmen
3. Relevante Prinzipien von DfD und DfA auswählen
4. Massnahmen ableiten, insbesondere auf Grundlage der Anforderungen an Fügungen, Konstruktionen und Materialien
5. Zielkonflikte und Trade-offs beurteilen und lösen

### 5.1 Ziele von DfD und DfA

DfD und DfA verfolgen keinen Selbstzweck, sondern werden im Kontext der zirkulären Bauwirtschaft als Strategien eingesetzt, um die Lebensdauer von Bauwerken, Systemen und Bauteilen zu verlängern und deren Nutzung über mehrere Nutzungszyklen hinweg zu ermöglichen. Dabei ist zu beachten, dass DfD/A nicht zu einer Überdimensionierung von Bauwerken führen soll. Ziel ist nicht, für eine Vielzahl hypothetischer Nutzungen vorzubauen, sondern die Voraussetzungen für Anpassung, Instandhaltung, Austausch und gegebenenfalls Rückbau mit vertretbarem Aufwand zu schaffen (ISO International Organization for Standardization, 2020b).

Ein übergeordnetes Ziel von DfD/A besteht darin, die Nutzungsdauer aller Systemebenen zu verlängern, da mit jeder Demontage Energieaufwendungen, Kosten und potenzielle Materialverluste verbunden sind (Khadim et al., 2023). Daraus ergibt sich eine Zielkaskade, bei der Massnahmen möglichst auf der jeweils höchsten Ebene ansetzen sollen:

1. Lebensdauer des Gebäudes verlängern,
2. Lebensdauer eines Systems verlängern,
3. Lebensdauer eines Bauteils oder Elements verlängern,
4. Lebensdauer eines Materials verlängern.

Diese Zielkaskade findet insbesondere Anwendung bei Bauwerken, die auf eine lange Nutzungsdauer ausgelegt sind. Gleichzeitig gibt es Bauwerke mit kurzen oder klar begrenzten Nutzungszyklen. Die ISO 20887 unterscheidet deshalb Ziele von DfD und DfA auch im Zusammenhang mit dem Faktor

Zeit, insbesondere zwischen kurzen Nutzungsphasen (z. B. unter 20 Jahren) und langen Nutzungsphasen (z. B. über 60 Jahre).

Bei kurzen Nutzungsphasen liegt das Ziel von DfD primär darin, Konstruktionen so zu gestalten, dass sie einfach zerlegt werden können, sodass Bauteile oder ganze Systeme möglichst direkt wiederverwendet werden können. Dies entspricht vor allem den Ebenen 3 und 4 der Zielkaskade. Bei langen Nutzungsphasen besteht das Ziel von DfD dagegen vor allem darin, Reparierbarkeit, Wartung und Austauschbarkeit zu erleichtern, um die Gebrauchstauglichkeit des Gesamtsystems möglichst lange zu erhalten, entsprechend den Ebenen 1 und 2.

Das Ziel von DfA bei kurzen Nutzungsphasen besteht vor allem darin, Anpassungen und Veränderungen mit möglichst geringem Eingriff in die Bausubstanz zu ermöglichen, was häufig auf der Ebene von Bauteilen oder Ausbauelementen erfolgt. Bei langen Nutzungsphasen liegt der Schwerpunkt von DfA stärker darauf, zukünftige, noch nicht bekannte Anforderungen berücksichtigen zu können, beispielsweise durch Erweiterbarkeit oder Umnutzbarkeit, was wiederum vor allem den Ebenen 1 und 2 zugeordnet werden kann.

Ein weiterer möglicher Effekt von DfD ist die sortenreine Trennung von Materialien, um Rohstoffe nach dem Rückbau möglichst ohne Qualitätsverluste wieder in Stoffkreisläufe zurückzuführen, falls keine direkte Anschlussnutzung möglich ist. Dieses Szenario stellt jedoch in der Regel nicht das primäre Ziel von DfD dar, da es bereits den Übergang in nachgelagerte Verwertungsstufen der Kreislaufwirtschaft bedeutet und daher möglichst nachrangig zu betrachten ist.

Die unterschiedlichen Zielsetzungen von DfD und DfA stehen in engem Zusammenhang mit den jeweiligen Nutzungs- und Veränderungsperspektiven eines Bauwerks. Für die Auswahl geeigneter Strategien ist es daher erforderlich, den Projektkontext zu analysieren und typische Anwendungsszenarien zu unterscheiden. Diese Szenarien werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

## 5.2 Szenarien zur Entscheidung für und von DfD- oder DfA-Massnahmen

Um geeignete DfD/A-Massnahmen auswählen zu können, ist es erforderlich, den Nutzungskontext eines Bauwerks über den gesamten **Lebenszyklus** zu betrachten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Lebenszyklus aus **einem oder mehreren Nutzungszyklen** bestehen kann. Für die Einordnung eines Projekts in praxisrelevante Szenarien haben sich in der Literatur insbesondere drei Parameter als zentral erwiesen:

1. Dauer des Lebenszyklus,
2. Anzahl der Nutzungszyklen,
3. Wahrscheinlichkeit bzw. Art von Nutzungsänderungen.

Die Kombination dieser drei Parameter beeinflusst, ob Massnahmen zur **Wiederverwendung durch Demontage** (DfD) oder zur **Anpassungs- und Umnutzungsfähigkeit** (DfA) im Vordergrund stehen und auf welcher Systemebene Prioritäten zu setzen sind.

In der Literatur, insbesondere in der ISO 20887, werden darüber hinaus weitere Einflussfaktoren genannt, die für die Einordnung eines Projekts und die Gewichtung einzelner Strategien relevant sein können. Dazu gehören insbesondere:

- erwartete Lebensdauer des Bauwerks,
- Dauer von Nutzungsphasen und Häufigkeit von Nutzerwechseln,
- Wahrscheinlichkeit von Nutzungsänderungen oder funktionaler Obsoleszenz,
- Eigentumsverhältnisse und Verantwortlichkeiten für Betrieb und Unterhalt,

- Anforderungen an Wartung, Instandhaltung und Dokumentation,
- wirtschaftliche Rahmenbedingungen und Marktrisiken,
- Vorgaben oder Zielsetzungen in Bezug auf Rückbaubarkeit oder Adaptierbarkeit.

Diese Faktoren dienen in der Regel der weiteren Differenzierung eines Szenarios, verändern jedoch nicht zwingend die grundsätzliche strategische Einordnung.

Für eine frühzeitige, projektpraktische Orientierung kann die Einordnung der Szenarien in Form eines vereinfachten Entscheidungsbaums erfolgen (Abbildung 8). Der Entscheidungsbaum eignet sich insbesondere für die frühen Projektphasen, in denen grundlegende Zielsetzungen und Rahmenbedingungen festgelegt werden (insbesondere strategische Planung und Vorstudien). In diesen Phasen können die Weichen für DfD/A gestellt werden, während spätere Projektphasen vor allem der konkreten Umsetzung der gewählten Strategien dienen.

Der Entscheidungsbaum reduziert die Komplexität auf die entscheidungsrelevanten Kernaussagen zu Lebenszyklusdauer, Nutzungszyklen und Nutzungsänderungen und unterstützt die Ableitung geeigneter Prinzipien und Massnahmen.

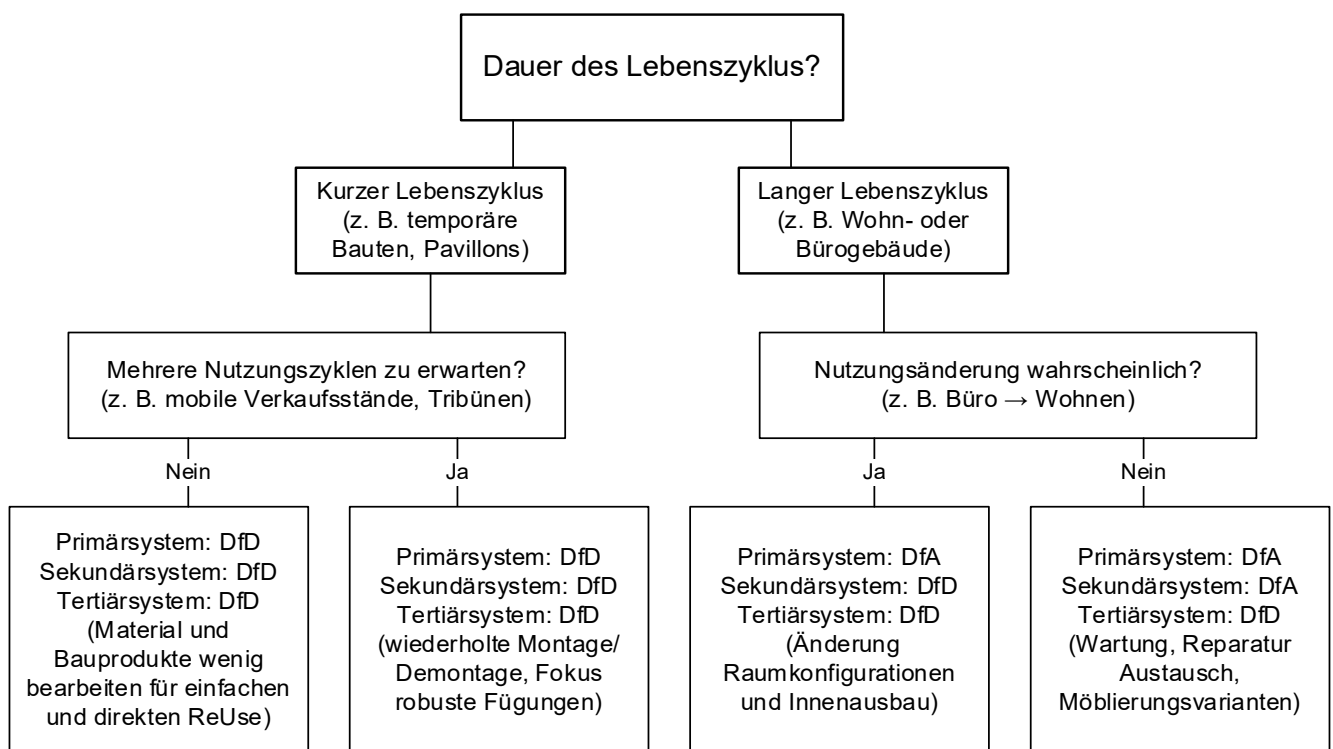


Abbildung 7: Entscheidungsbaum für DfD/A Massnahmen

Der Entscheidungsbaum ist als Erstzuordnung zu verstehen: Bei kurzer Lebenszyklusdauer ist insbesondere die Anzahl der Nutzungszyklen entscheidend, da wiederholte Montage- und Demontageprozesse typischerweise DfD-Strategien priorisieren. Bei langer Lebenszyklusdauer rückt dagegen die Wahrscheinlichkeit bzw. Art von Nutzungsänderungen in den Vordergrund, da die langfristige Gebrauchstauglichkeit häufig durch Anpassungs- und Umnutzungsfähigkeit bestimmt wird (DfA). Bei stabiler Nutzung sind DfD- und DfA-Aspekte insbesondere im Hinblick auf Wartung, Austausch und Weiterentwicklung von Systemen kombiniert zu betrachten.

Auf dieser Szenarienzuordnung aufbauend werden im folgenden Abschnitt die relevanten Prinzipien von DfD und DfA dargestellt, die als konzeptioneller Rahmen für die Ableitung projektspezifischer Massnahmen dienen.

### 5.3 Prinzipien DfD und DfA

Die im vorangehenden Abschnitt beschriebenen Szenarien zeigen, dass je nach Lebenszyklusdauer, Anzahl der Nutzungszyklen und Wahrscheinlichkeit von Nutzungsänderungen unterschiedliche Anforderungen an Bauwerke gestellt werden. Zur systematischen Umsetzung dieser Anforderungen werden in der Literatur grundlegende Prinzipien von DfD und DfA beschrieben. Diese Prinzipien bilden die Grundlage für die Ableitung konkreter Massnahmen und werden je nach Szenario unterschiedlich priorisiert.

#### 5.3.1 Prinzipien von Design for Adaptability

Die Prinzipien von Design for Adaptability zielen darauf ab, Bauwerke so zu planen, dass sie sich mit vertretbarem Aufwand an veränderte Anforderungen anpassen lassen. In der Literatur und insbesondere in der ISO 20887 werden drei zentrale Prinzipien hervorgehoben.

<b>Vielseitigkeit</b>	Vielseitigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Bauwerks oder Systems, unterschiedliche Funktionen mit nur geringfügigen Anpassungen zu erfüllen. Dies kann beispielsweise durch flexible Grundrisse, geeignete Tragwerkskonzepte oder anpassungsfähige Installationsführungen erreicht werden.
<b>Konvertierbarkeit / Umnutzbarkeit</b>	Konvertierbarkeit bezeichnet die Fähigkeit, auf veränderte Nutzeranforderungen durch bauliche oder technische Anpassungen reagieren zu können. Dazu gehören insbesondere Tragwerkskonzepte, die Veränderungen der Raumstruktur und des Ausbaus ermöglichen, sowie generisch ausgelegte Primärstrukturen, die verschiedene Nutzungen zulassen.
<b>Erweiterbarkeit</b>	Erweiterbarkeit beschreibt die Eignung eines Gebäudes oder Systems, zusätzliche Flächen, Funktionen oder Kapazitäten aufnehmen zu können. Dies betrifft beispielsweise Reserven in der Tragstruktur, Erweiterungsmöglichkeiten bei der Gebäudetechnik oder planerisch vorgesehene Verdichtungsoptionen.

#### 5.3.2 Prinzipien von Design for Disassembly

Die Prinzipien von Design for Disassembly zielen darauf ab, Bauteile und Systeme so zu gestalten, dass sie mit geringem Aufwand demontiert, ersetzt oder wiederverwendet werden können. Die ISO 20887 beschreibt hierfür mehrere grundlegende Prinzipien.

<b>Zugänglichkeit</b>	Bauteile, Verbindungselemente und Installationen sollen so angeordnet sein, dass sie zugänglich sind, ohne umfangreiche Eingriffe in angrenzende Konstruktionen vornehmen zu müssen. Besonders relevant ist dies für Bauteile mit kürzerer Lebensdauer.
<b>Unabhängigkeit von Systemen</b>	Bauteile und Systeme sollen so konzipiert sein, dass sie entfernt oder ersetzt werden können, ohne benachbarte Bauteile wesentlich zu beeinträchtigen. Dieses Prinzip steht in engem Zusammenhang mit der Systemtrennung.

<b>Vermeidung unnötiger Materialbehandlungen</b>	Oberflächenbehandlungen oder Materialkombinationen, die eine spätere Trennung oder Wiederverwendung erschweren, sollten möglichst vermieden werden, insbesondere wenn sie Recycling oder Re-Use einschränken.
<b>Unterstützung von Wiederverwendung und Kreislaufwirtschaft</b>	Konstruktionen sollten so gestaltet sein, dass Bauteile nach der Nutzung mit möglichst geringem Aufwand wiederverwendet oder aufbereitet werden können, sodass jetzt und in Zukunft Geschäftsmodelle der Kreislaufwirtschaft gefördert werden.
<b>Simplizität</b>	Konstruktionen und Verbindungen sollten möglichst einfach und verständlich aufgebaut sein, mit einer begrenzten Anzahl unterschiedlicher Füge-techniken und Bauteiltypen.
<b>Standardisierung</b>	Die Verwendung standardisierter Bauteile und Verbindungen erleichtert Austausch, Reparatur und Wiederverwendung.
<b>Sicherheit beim Rückbau</b>	Der Rückbau von Bauteilen und Systemen muss sicher durchführbar sein. Bereits in der Planung sollten Aspekte der Arbeitssicherheit und der Rückbauabfolge berücksichtigt werden.

Diese Prinzipien sind insbesondere bei Bauwerken mit kurzen Lebenszyklen oder mehreren Nutzungszyklen relevant sowie bei Systemen, die regelmässig gewartet oder ersetzt werden müssen.

### 5.3.3 Einordnung der Prinzipien in die Szenarien

Die dargestellten Prinzipien sind nicht isoliert anzuwenden. Je nach Szenario (vgl. Kapitel 5.2) werden unterschiedliche Prinzipien prioritär:

- Bei kurzen Lebenszyklen und mehreren Nutzungszyklen stehen insbesondere Zugänglichkeit, Simplizität, Standardisierung und Wiederverwendbarkeit im Vordergrund.
- Bei langen Lebenszyklen mit stabiler Nutzung sind vor allem Zugänglichkeit, Unabhängigkeit von Systemen sowie Reparierbarkeit relevant.
- Bei langen Lebenszyklen mit wahrscheinlichen Nutzungsänderungen gewinnen Vielseitigkeit, Umwandelbarkeit und Erweiterbarkeit an Bedeutung.

Die Prinzipien und ihre Kombination bilden damit eine wesentliche Grundlage für die Ableitung konkreter Massnahmen.

### 5.4 Massnahmen in Abhängigkeit von Szenarien und Prinzipien

Die in Kapitel 4.3 dargestellten Prinzipien von Design for Disassembly und Design for Adaptability werden in der Literatur durch eine Vielzahl konkreter Massnahmen operationalisiert (Kapitel 5.4.1). Diese Massnahmen wurden in wissenschaftlichen Studien, Leitfäden und Bewertungssystemen anhand von Fallstudien und Praxisprojekten untersucht und beschrieben.

Wie in Abschnitt 4.2 dargelegt, hängt die Auswahl geeigneter Massnahmen wesentlich vom Nutzungskontext ab, insbesondere von der Dauer des Lebenszyklus, der Anzahl der Nutzungszyklen sowie der Wahrscheinlichkeit von Nutzungsänderungen. Die Massnahmen werden daher im Folgenden nach typischen Szenarien geordnet dargestellt.

Dabei ist zu beachten, dass einzelne Massnahmen selten isoliert wirksam sind, sondern in der Regel im Zusammenwirken mehrerer Prinzipien ihre Wirkung entfalten.

#### **5.4.1 Massnahmen aus der Forschung und Praxis in der Schweiz**

Neben den in der ISO 20887 beschriebenen übergeordneten Prinzipien liegen aus der Forschung und Praxis weitere konkretisierte Empfehlungen vor, die insbesondere die Umsetzung auf Ebene einzelner Systeme und Bauteile betreffen. Eine zentrale Grundlage bildet die Studie *Selektiver Rückbau – Rückbaubare Konstruktion* (Küpfer & Fivet, 2021).

In dieser Untersuchung wurden anhand von Fallstudien aus der Praxis sowie angewandter Forschung allgemeine Empfehlungen und Prinzipien für unterschiedliche Systemebenen abgeleitet. Die Studie stellt eine wichtige Referenz für den schweizerischen Kontext dar, da darauf aufbauend Definitionen und Anforderungen unter anderem in Bewertungssysteme wie den SNBS eingeflossen sind. Aufgrund der breiten empirischen Grundlage bietet sie zudem eine geeignete Basis für die Ableitung von Handlungsempfehlungen und Massnahmen.

Die nachfolgend aufgeführten Massnahmen sind daher eine Konkretisierung der in der Studie von Küpfer und Fivet dargelegten DfD- und DfA-Prinzipien, die verschiedenen Systemebenen angewendet werden.

##### **Allgemeine Empfehlungen:**

- *dauerhafte Materialien auswählen*
- *Langlebigkeit und Austauschbarkeit der Bauteile sicherstellen*
- *Rückbaubarkeit der Verbindungen gewährleisten*
- *Autonomie von Schichten und Teilsystemen mit unterschiedlicher Lebensdauer gewährleisten*
- *anpassungsfähige und wandelbare Gebäude entwerfen*
- *Planen und Dokumentieren der potenziellen Rückbauarbeiten*
- *Abwägen zwischen Einfachheit und Qualität des Projekts*
- *Entwurfsprozess anpassen*
- *dauerhaftes Informationsmanagement sicherstellen*
- *Modelle von Besitz und Verantwortung überdenken und neu lösen*

Diese Empfehlungen betreffen sowohl konstruktive als auch organisatorische Aspekte und unterstreichen, dass DfD/A nicht allein durch technische Lösungen erreicht werden kann, sondern auch planerische und betriebliche Rahmenbedingungen umfasst.

##### **Massnahmen für Tragsysteme:**

- *Tragsysteme so entwerfen, dass Änderungen der Nutzung und Raumaufteilung möglich sind*
- *Möglichkeiten zur vertikalen oder horizontalen Erweiterung berücksichtigen*
- *Fundamente und Tragwerke gegebenenfalls für zukünftige Lastreserven auslegen*
- *Materialien vor frühzeitiger Abnutzung schützen*
- *Sichtbarkeit und Zugänglichkeit für Inspektionen gewährleisten*

Diese Massnahmen unterstützen insbesondere Anpassungsfähigkeit und Umnutzbarkeit und stehen damit in engem Zusammenhang mit den DfA-Prinzipien der Vielseitigkeit und Anpassbarkeit.

### **Massnahmen für die Gebäudehülle:**

- *ausreichenden Schutz gegen Feuchtigkeit, Licht und mechanische Einwirkungen konstruktiv vorsehen*
- *Anpassungsfähigkeit von Fassaden in Bezug auf Nutzung und Innenstruktur planerisch vorsehen*
- *Fassadenraster und Innenraumorganisation aufeinander abstimmen*
- *Trennbarkeit von Bauteilen bei vorgefertigten Elementen vorsehen*
- *Recyclingfähigkeit von Dämmstoffen und Rückbaubarkeit von Abdichtungen umsetzen*
- *rückbaubare Verkleidungen verwenden*

Diese Massnahmen unterstützen sowohl DfD als auch DfA, insbesondere im Hinblick auf Trennbarkeit und Anpassungsfähigkeit.

### **Massnahmen für Gebäudetechnik:**

- *technischen Komplexität reduzieren und passive Systeme bevorzugen*
- *Installationen Zugänglich, reparierbar und unabhängig anordnen*
- *eingegossene oder dauerhaft verdeckte Leitungen vermeiden*
- *standardisierte und austauschbare Komponenten verwenden*
- *Installationen sichtbar und klar kennzeichnen*
- *Leitungsführungen zur Unterstützung von Nutzungsänderungen gruppieren*

Diese Massnahmen betreffen vor allem das Sekundärsystem und sind wesentlich für Wartbarkeit, Austauschbarkeit und Anpassungsfähigkeit.

### **Massnahmen für nichttragende Innenwände und Verkleidungen:**

- *Trennwände demontierbar und versetzbar konstruieren*
- *Doppelböden oder Zwischendecken zur Flexibilisierung der Installationen vorsehen*
- *irreversibler Verbindungen und Beschichtungen vermeiden*
- *rückbaubarer Befestigungen verwenden*
- *bewegliche oder modulare Systeme einsetzen*

Diese Massnahmen sind besonders relevant für Bauwerke mit häufigen Nutzungsänderungen und unterstützen die Anpassungsfähigkeit auf Ebene des Sekundärsystems.

## **5.4.2 Szenario: Kurzer Lebenszyklus mit einmaliger Nutzung**

In diesem Szenario steht weniger die wiederholte Montage, sondern die **sortenreine Trennung und Weiter- und Wiederverwendung von Bauteilen nach der Nutzung** im Vordergrund. Dies kann durch folgende Massnahmen erreicht werden:

- Trennbare Materialkombinationen
- Rückbaubarkeit der Verbindungen gewährleisten

- Vermeidung von Beschichtungen oder Klebeverbindungen, die Recycling oder Wiederverwendung erschweren
- Kennzeichnung von Materialien und Bauteilen
- Dokumentation der Konstruktion und der verwendeten Materialien
- Planung von Nachnutzungsszenarien bereits in der Entwurfsphase

Diese Massnahmen sind insbesondere durch die DfD-Prinzipien Vermeidung unnötiger Materialbehandlungen, Unterstützung von Wiederverwendung und Kreislaufwirtschaft, Simplizität und Standardisierung geprägt und betreffen alle Systemebenen.

### 5.4.3 Szenario: Kurzer Lebenszyklus mit mehreren Nutzungszyklen

Typische Beispiele sind temporäre Bauten, modulare Konstruktionen oder Systeme, die wiederholt montiert und demontiert werden. In diesem Szenario stehen die **wiederholte Demontage und Wiederverwendung** im Vordergrund. Hierzu können folgende Massnahmen beitragen:

- Verwendung robuster, lösbarer mechanischer Verbindungen
- Verwendung modularer und vorgefertigter Bauteile
- Reduktion der Anzahl unterschiedlicher Verbindungstechniken
- Dimensionierung von Bauteilen für einfache Handhabung und Transport
- Verwendung standardisierter Bauteile und Raster
- Vermeidung von Verbundkonstruktionen oder nicht trennbaren Materialkombinationen

Diese Massnahmen sind insbesondere durch die DfD-Prinzipien Simplizität, Standardisierung und Sicherheit beim Rückbau geprägt und betreffen typischerweise das Primär, Sekundär und Tertiärsystem.

### 5.4.4 Szenario: Langer Lebenszyklus mit wahrscheinlicher Nutzungsänderung

In diesem Szenario steht die **Anpassungsfähigkeit des Gebäudes** im Vordergrund, insbesondere auf Ebene der Primär- und Sekundärsysteme. Für dieses Szenario sind folgende Massnahmen passend:

- Abwägen zwischen Einfachheit und Qualität des Projekts
- Tragwerkskonzepte, die Änderungen der Raumaufteilung ermöglichen
- Flexible Grundrissstrukturen und ausreichende Geschosshöhen
- Reserven für Erweiterungen oder Nutzungsänderungen
- Anpassungsfähige Installationsführungen
- Raster und Fassadensysteme, die unterschiedliche Raumaufteilungen zulassen

Für Massnahmen sind insbesondere die DfA-Prinzipien Vielseitigkeit, Umwandelbarkeit und Erweiterbarkeit für die Primärstruktur sowie die DfD-Prinzipien Zugänglichkeit und Unabhängigkeit von Systemen für die Sekundärstruktur relevant. Für die Tertiärstruktur treten die DfD-Prinzipien Unterstützung von Wiederverwendung und Kreislaufwirtschaft und Standardisierung in den Vordergrund.

#### 5.4.5 Szenario: Langer Lebenszyklus mit stabiler Nutzung

Typische Beispiele sind Wohngebäude oder Gebäude mit langfristig stabiler Nutzung. In diesem Szenario stehen **Wartbarkeit, Reparierbarkeit und Austauschbarkeit** im Vordergrund. Hierfür sind folgende Massnahmen geeignet:

- Zugängliche Anordnung von Installationen und Verbindungselementen
- Trennung von Bauteilschichten mit unterschiedlicher Lebensdauer
- Verwendung reparierbarer und austauschbarer Komponenten
- Vermeidung dauerhaft verdeckter oder eingegossener Installationen
- Sicherstellung der Dokumentation von Konstruktion und Anlagen

Diese Massnahmen beziehen sich für das Primärsystem auf die DfA-Prinzipien Umwandelbarkeit und Erweiterbarkeit. Die DfD-Prinzipien Zugänglichkeit und Unabhängigkeit von Systemen sind insbesondere auf das Sekundärsystem und Tertiärsystem anwendbar.

#### 5.5 Potenzielle Zielkonflikte und Trade-offs

Die im vorangehenden Abschnitt dargestellten Massnahmen sind als Orientierung zu verstehen und müssen stets im jeweiligen Projektkontext bewertet werden. In der Praxis ergeben sich häufig Zielkonflikte zwischen unterschiedlichen Anforderungen, beispielsweise zwischen Wirtschaftlichkeit, Materialeinsatz, Flexibilität oder Rückbaubarkeit. Die Auswahl und Priorisierung von Massnahmen erfordern daher eine projektspezifische Abwägung.

Auch in der Literatur wird darauf hingewiesen, dass die Umsetzung von Design for Disassembly und Design for Adaptability mit Kompromissen verbunden sein kann. Entscheidungen können unter anderem durch technische Komplexität, begrenzte Ressourcen und Zeit, Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Nutzungen oder unvollständige Informationen zu Kosten und Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus beeinflusst werden (ISO 20887). Methoden wie Life Cycle Costing und Life Cycle Assessment können dabei unterstützen, die Auswirkungen verschiedener Lösungsansätze besser abzuschätzen.

Typische Zielkonflikte lassen sich in der Praxis in unterschiedlichen Bereichen beobachten. Exemplarisch sind insbesondere folgende Spannungsfelder zu nennen:

- günstige Bauweise vs. Rückbaubarkeit
- Nutzungsflexibilität vs. Materialreduktion
- reversible Fügungen vs. Materialreduktion
- grössere Geschosshöhen oder Spannweiten (umso grösser die Spannweite, umso höher die Konstruktion) vs. Ausnutzung des Grundstücks bzw. maximale Gebäudehöhe
- Nutzungsflexibilität vs. baurechtliche Rahmenbedingungen (z. B. zulässige Nutzungen gemäss Zonenplan, brandschutzrechtliche Vorgaben, etc.)
- schnelle Bauausführung vs. rückbaubare Konstruktionen
- häufig angewandte, standardisierte Konstruktionen vs. weniger verbreitete, rückbaubare oder besonders anpassungsfähige Lösungen
- Normen und anerkannte Regeln der Technik vs. abweichende Konstruktionen (Haftungsfrage und Know-How-Frage)

Ein weiterer Zielkonflikt betrifft die Dauerhaftigkeit von Materialien und Systemen im Verhältnis zur vorgesehenen Nutzungsdauer. Bei kurzen Lebenszyklen kann die Bedeutung maximaler Dauerhaftigkeit gegenüber anderen Anforderungen wie Zugänglichkeit, Einfachheit, Wiederverwendbarkeit oder Rezyklierbarkeit in den Hintergrund treten, während bei langen Lebenszyklen die Dauerhaftigkeit eine zentrale Rolle spielt.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass das theoretische Demontagepotenzial in der Praxis nicht immer vollständig realisiert werden kann. Auch bei grundsätzlich lösbaren Verbindungen kann die zerstörungsfreie Demontage durch Alterungsprozesse, Korrosion, Verformungen, Verschmutzung oder Abnutzung erschwert werden. Diese Faktoren wirken somit häufig gegen die tatsächliche Lösbarkeit von Konstruktionen und sollte bereits in der Planung berücksichtigt werden.

DfD/A soll nicht grundsätzlich als Begründung dienen, Bauwerke zu überdimensionieren oder mehr Material einzusetzen, als für die vorgesehene Nutzung erforderlich ist. Vielmehr ist eine projektspezifische Anpassung der Strategie erforderlich, die sich an realistischen Nutzungs- und Nachnutzungsszenarien orientiert und die verschiedenen Anforderungen über den Lebenszyklus hinweg gegeneinander abwägt.

## 6 Fazit

ISO 20887 bietet eine sehr gute Definition von DfD und DfA und dazugehöriger Begriffe. Ebenfalls werden sehr gute Grundlagen für die Entscheidungsfindung, wie und in welchem Mass DfD oder DfA in einem Bauprojekt umgesetzt werden sollte, dargelegt. Die ausführliche Behandlung von DfD-Prinzipien und DfA-Prinzipien ermöglicht ein konkretes Verständnis und Ansätze für Umsetzungsstrategien. Ausserdem bieten die Anlagen der ISO 20887 Grundlagen und Empfehlungen für

- Machbarkeitsstudien zur Implementierung von DfD oder DfA
- Entwicklung von End-of-Life- resp. End-of-Use-Szenarien und
- Die Messung der DfD resp. DfA Performance einer Planung.

Die Anlagen sind gute Ausgangspunkte, um Wegleitungen oder Bewertungssysteme zu den einzelnen Themen zu entwickeln. Wie in der Literaturrecherche festgestellt werden konnte, beziehen und orientieren sich die Forschung, die Labels und Standards sowie die Praxis an der ISO 20887.

Wir empfehlen daher die ISO 20887 in den SIA-Normenkatalog aufzunehmen und so als Grundlage für eine SIA-Wegleitung, die sodann die praktischen Umsetzungsmöglichkeiten darlegt, dienen kann.

### 6.1 Kernaspekte von DfD/A im Planungs- und Bauprozess

Im Folgenden werden zentrale Aspekte zusammengestellt, die im Planungs- und Bauprozess zu berücksichtigen sind. Eine weitergehende Detaillierung insbesondere hinsichtlich wesentlicher Entscheide, Fragestellungen und Massnahmen wird im Rahmen einer SIA-Wegleitung empfohlen.

1. Strat. Planung - Wahl eines Szenarios und dazu passender Massnahmen
2. Vorstudien
  - Priorisierung der Projektziele und Klärung von Zielkonflikten im Rahmen der Machbarkeitsstudie.
  - Wahl geeigneter Geschäfts- und Projektabwicklungsmodelle, die zu den vorgesehenen Massnahmen passen, beispielsweise Bauteil-as-a-Service, Mietmodelle oder Leasinglösungen.
3. Projektierung
  - DfD/A Konzeption der Konstruktion entsprechend dem gewählten Szenario
  - Lösen von Zielkonflikten durch Harmonisieren oder Priorisieren der Anforderungen
  - Klärung bewilligungsrelevanter Anforderungen, auch im Hinblick auf mögliche zukünftige Nutzungszyklen.
4. Ausschreibung
  - Bestellung von Konstruktion, Verbindungen etc. gemäss DfD/A Konzeption der Konstruktion inkl. Demontageanleitung
  - Klärung von Schnittstellen und Verantwortlichkeiten der Gewerke und Abstimmungen von Abläufen bei Fügungen
  - Berücksichtigung zirkulärer Geschäftsmodelle (Leasing, Miete, Contracting)
5. Realisierung
  - Ausführungsplanung gemeinsam mit Ausführenden, um die Umsetzbarkeit und Simplität der Konstruktion zu verifizieren
  - Schulung der Ausführenden zu den Anforderungen der projektrelevanten DfD/A-Ziele und Massnahmen
  - Übergabe einer vollständigen Dokumentation an den Betrieb, einschliesslich Informationen zur Anpassbarkeit und zum Rückbau
6. Bewirtschaftung
  - Berücksichtigung der geplanten DfD/A-Massnahmen im Betrieb
  - Nachführen der Dokumentation bei Änderungen und Anpassungen

## 6.2 Empfehlungen für eine SIA-Wegleitung

Basierend auf den erarbeiteten Grundlagen wird für die Erstellung einer SIA-Wegleitung folgende Klärungen empfohlen.

1. Begrifflichkeiten, wie Bauteil, Bauelement oder ähnliche für DfD/A relevante Begriffe sind in verschiedenen Quellen unterschiedlich definiert.  
→ Empfehlung für SIA-Wegleitung: Harmonisierung der Begriffsdefinitionen.
2. DfD und DfA haben unterschiedliche Prinzipien resp. Ausprägungen von Prinzipien.  
→ Empfehlung für SIA-Wegleitung: Zuordnung der relevanten Prinzipien zu den verschiedenen Szenarien sowie Ableitung der Anforderungen an Konstruktionen aus diesen Prinzipien.
3. Die Lösbarkeit von Fügungen ist materialabhängig und beeinflusst die Bewertung von möglichem Demontagepotenzial.  
→ Empfehlung für SIA-Wegleitung: Anstelle einer umfassenden Beschreibung einzelner Fügungsarten wird empfohlen, Fügungen nach ihrer Zugänglichkeit sowie nach der Schadenskategorie bei der Demontage zu klassifizieren (siehe auch Bewertungsschema in Kapitel 4.2 Bewertung von Fügungen auf DfD-eignung).
4. Für die Bewertung der Anpassungsfähigkeit (DfA) gibt es quantitative aber keine qualitativen Ansätze.  
→ Empfehlung für SIA-Wegleitung: Ein einfaches System zur Bewertung von DfA entwickeln, dass neben einer Bewertung des Flächenanteils die qualitativen Anforderungen an die tatsächliche Umsetzbarkeit von Anpassungen mitberücksichtigt.
5. DfD und DfA kommen in verschiedenen Projekt- und Nachnutzungsszenarien zur Anwendung.  
→ Empfehlung für SIA-Wegleitung: Entwicklung eines Entscheidungsbaums mit den relevanten Einflussfaktoren, der die Wahl eines geeigneten Szenarios unterstützt, einschliesslich möglicher Nachnutzungsszenarien.
6. Je nach Material und Systemebene (Primär, Sekundär oder Tertiär) unterscheiden sich die Anforderungen und Möglichkeiten bei den Fügungen und Konstruktionen.  
→ Empfehlung für SIA-Wegleitung: Berücksichtigung der Systemebenen und Materialien in der Beschreibung der Szenarien und Prozesse. Dabei ist zu prüfen, in welchem Detaillierungsgrad materialspezifische Anforderungen behandelt werden können oder sollen respektive welche Informationen in den materialspezifischen Normen aufgenommen werden sollten.
7. Den verschiedenen Projektsszenarien liegen unterschiedliche Stakeholder- resp. Akteurskonstellationen zugrunde.  
→ Empfehlung für SIA-Wegleitung: Beschreibung der Verantwortlichkeiten und Aufgaben der beteiligten Akteure über den gesamten Lebenszyklus hinweg – von strategischen Entscheidungen über Planung und Realisierung bis zur Dokumentation und Bewirtschaftung.
8. Mit zunehmendem Projektfortschritt steigen Detaillierungsgrad und Informationsbedarf, während die Verantwortung für Daten und Informationen zwischen den Akteuren wechselt.  
→ Empfehlung für die SIA-Wegleitung: Darstellung der unterschiedlichen Detaillierungsgrade in den Projektphasen sowie Zuordnung der Verantwortlichkeiten für Daten, Informationen und deren Pflege zu den jeweiligen Akteuren.
9. Im Projektverlauf entwickeln sich Fragestellungen und potenzielle Zielkonflikte die zu Phasengerechten Entscheidungen und Massnahmen führen.  
→ Empfehlung für SIA-Wegleitung: Beschreibung der relevanten Aktivitäten und Entscheidungen entlang der SIA-Phasen (siehe hierzu auch Kapitel 6.1 Kernaspekte von DfD/A im Planungs- und Bauprozess).

Die vorliegende Studie zeigt, dass mit den in Normen, Labels, Forschung und Praxis vorhandenen Grundlagen bereits heute ein belastbarer Rahmen für die Umsetzung von Design for Disassembly und Design for Adaptability besteht. Gleichzeitig wird deutlich, dass die praktische Anwendung eine systematische Herleitung von Zielen über Szenarien und Prinzipien bis zu konkreten Massnahmen erfordert und in vielen Fällen projektspezifische Abwägungen notwendig sind. Eine SIA-Wegleitung kann hierzu einen wichtigen Beitrag leisten, indem sie die vorhandenen Erkenntnisse strukturiert aufbereitet und für die Anwendung in Planung, Ausführung und Betrieb zugänglich macht. Damit kann sie dazu beitragen, die Rückbaubarkeit und Anpassungsfähigkeit von Bauwerken im Sinne einer zirkulären Bauwirtschaft breiter in der Praxis zu verankern.

### **6.3 Chancen und Zukunftsperspektiven für DfD und DfA**

Design for Disassembly und Design for Adaptability weisen ein erhebliches Zukunftspotenzial auf, wobei insbesondere DfA als zentraler Treiber hervorsticht. Die Anpassungsfähigkeit von Gebäuden ist eng mit deren wirtschaftlichen Bewertungen verbunden und gewinnt vor dem Hintergrund sich wandelnder Nutzungsanforderungen zunehmend an Bedeutung. Entsprechend werden DfD/A in bestehenden Bewertungssystemen häufig nicht primär unter ökologischen, sondern unter ökonomischen Kriterien eingeordnet.

Während Rückbau und Ersatzneubauten in vielen Fällen durch eine frühzeitige Berücksichtigung von DfA vermieden werden können, bleibt DfD insbesondere für Szenarien mit kurzfristigen Nutzungen relevant. Für Gebäude mit langfristigen Nutzungsdauern liegt der Schwerpunkt daher auf DfA, wobei DfD als unterstützendes Prinzip wirkt, indem es Wartung, Instandsetzung und Anpassungen erleichtert.

Darüber hinaus eröffnen DfD und DfA neue ökonomische Perspektiven im Kontext der Kreislaufwirtschaft. Geschäftsmodelle wie „Product-as-a-Service“, Leasing oder Rücknahmesysteme ermöglichen eine längere Nutzung von Bauteilen und schaffen zusätzliche Wertschöpfung, die sich auf Dienstleistung stützt. Gleichzeitig trägt insbesondere DfD durch die Erhöhung der Reparierbarkeit und DfA für die Ermöglichung von Anpassungsfähigkeit zur langfristigen Werterhaltung von Gebäuden bei. Wiederkehrende Umbaumassnahmen, Anpassungen, Reparaturen und Instandhaltungsmassnahmen können durch kontinuierliche, kleinteilige Aufträge die lokale Bau- und Handwerkswirtschaft stärken.

Insgesamt zeigt sich, dass DfD und DfA nicht nur ökologische Strategien darstellen, sondern zunehmend als ökonomisch relevante Planungsprinzipien verstanden werden müssen, die sowohl zur Ressourcenschonung als auch zur langfristigen Sicherung von Immobilienwerten beitragen.

## 7 Literaturverzeichnis

- Abegg, A., & Streiff, O. (2021). *Die Wiederverwendung von Bauteilen* (1. Aufl.). Dike Verlag AG. <https://doi.org/10.3256/978-3-03929-005-5>
- Abu-Ghaida, H., Ritzen, M., Hollberg, A., Theissen, S., Attia, S., & Lizin, S. (2024). Accounting for product recovery potential in building life cycle assessments: A disassembly network-based approach. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(7), 1151–1176. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02324-8>
- Akhimien, N. G., Latif, E., & Hou, S. S. (2021). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. *Journal of Building Engineering*, 38, 102041. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.102041>
- Ali-Gombe, B., Tokbolat, S., & Mckechnie, J. (2025). A Transition to Sustainable Built Environment: A Framework for Modular Building Construction Designed for Disassembly. In M. Kioumarsis & B. Shafei (Hrsg.), *The 1st International Conference on Net-Zero Built Environment* (Bd. 237, S. 1585–1596). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-69626-8\\_132](https://doi.org/10.1007/978-3-031-69626-8_132)
- Al-Obaidy, M., Carens, H., Campain, C., Giannasi, E., Mori, M., Van Vliet, M., & Attia, S. (2025). Expert system for building disassembly potential evaluation and inspection. *Journal of Building Engineering*, 103, 112148. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112148>
- Al-Obaidy, M., Courard, L., & Attia, S. (2022). A Parametric Approach to Optimizing Building Construction Systems and Carbon Footprint: A Case Study Inspired by Circularity Principles. *Sustainability*, 14(6), 3370. <https://doi.org/10.3390/su14063370>
- Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern. (2013, Januar 25). *Richtlinie Systemtrennung*.
- Anastasiades, K., Blom, J., & Audenaert, A. (2023). Circular Construction Indicator: Assessing Circularity in the Design, Construction, and End-of-Life Phase. *Recycling*, 8(2), 29. <https://doi.org/10.3390/recycling8020029>
- Anastasiades, K., Dockx, J., Van Den Berg, M., Rinke, M., Blom, J., & Audenaert, A. (2023). Stakeholder perceptions on implementing design for disassembly and standardisation for heterogeneous construction components. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 41(8), 1372–1381. <https://doi.org/10.1177/0734242X231154140>
- Ashour, A., Figueira, D., Almahmood, H., Yıldırım, G., Aldemir, A., & Şahmaran, M. (2023). Demountable Reinforced Concrete Structures—A Way Forward to Minimize Energy and Waste in Construction Industry. In A. Ilki, D. Çavunt, & Y. S. Çavunt (Hrsg.), *Building for the Future: Durable, Sustainable, Resilient* (Bd. 349, S. 72–80). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32519-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32519-9_6)
- Askar, R., Bragança, L., & Gervásio, H. (2021). Adaptability of Buildings: A Critical Review on the Concept Evolution. *Applied Sciences*, 11(10), 4483. <https://doi.org/10.3390/app11104483>
- Askar, R., Bragança, L., & Gervásio, H. (2022). Design for Adaptability (DfA)—Frameworks and Assessment Models for Enhanced Circularity in Buildings. *Applied System Innovation*, 5(1), 24. <https://doi.org/10.3390/asi5010024>
- Associação Smart Waste Portugal (Hrsg.). (2021). *Circular Buildings—Guideline for promoting circularity in Environmental Product Declarations*.
- Attia, S., Al-Obaidy, M., Mori, M., Campain, C., Giannasi, E., Van Vliet, M., & Gasparri, E. (2024). Disassembly calculation criteria and methods for circular construction. *Automation in Construction*, 165, 105521. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105521>
- Bapst, L., Gisler, S., & Nufer, R. (2025, Juli 29). *Umsetzung der Rückbaubarkeit und*

*Nutzungsflexibilität—Design for Disassembly*. [https://www.enbau.ch/sites/default/files/dateien/Zirkul%C3%A4res%20Bauen/2025.06.30\\_Zertifikatsarbeit%20Ru%CC%88ckbaubarkeit%20FINAL\\_Rev29.07.25\\_published.pdf](https://www.enbau.ch/sites/default/files/dateien/Zirkul%C3%A4res%20Bauen/2025.06.30_Zertifikatsarbeit%20Ru%CC%88ckbaubarkeit%20FINAL_Rev29.07.25_published.pdf)

- Bianchi, F., & Pero, M. (2025). Design for Disassembly in the Construction Supply Chain: The Case of Textiles in Architecture. *IFAC-PapersOnLine*, 59(10), 238–243. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2025.09.042>
- Binow Bitar, A. L., Bergmans, I., & Ritzen, M. (2022). Circular, biomimicry-based, and energy-efficient façade development for renovating terraced dwellings in the Netherlands. *Journal of Facade Design and Engineering*, 10(1), 75–105. <https://doi.org/10.47982/jfde.2022.1.04>
- BREEAM (Hrsg.). (2023). *Technical Manual—BREEAM New construction*.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. (2015a). *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen 4.1.4 Rückbau, Trennung und Verwertung*.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. (2015b). *Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen 2.2.2 Anpassungsfähigkeit*. [https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebäude/neubau/v\\_2015/BNB\\_BN2015\\_222.pdf](https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/fileadmin/steckbriefe/verwaltungsgebäude/neubau/v_2015/BNB_BN2015_222.pdf)
- Charta Kreislaufforientiertes Bauen. (2025, Februar). *CBC Leitfaden*. [https://cbcharta.ch/wp-content/uploads/2025/02/CBC-Leitfaden\\_Feb25.pdf](https://cbcharta.ch/wp-content/uploads/2025/02/CBC-Leitfaden_Feb25.pdf)
- Costantino, C., Benedetti, A. C., & Gulli, R. (2024). The Role of Circular Design Principles in the Language of Residential Architecture. A Reflection on the Implications that Technical Aspects Bring to the Contemporary Way of Building. In C. Bartolomei, A. Ippolito, & S. H. T. Vizioli (Hrsg.), *Contemporary Heritage Lexicon* (S. 1–23). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-61245-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-61245-9_1)
- Dams, B., Maskell, D., Shea, A., Allen, S., Driesser, M., Kretschmann, T., Walker, P., & Emmitt, S. (2021). A circular construction evaluation framework to promote designing for disassembly and adaptability. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128122. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128122>
- David, M.-N., Miguel, R.-S., & Ignacio, P.-Z. (2024a). Timber structures designed for disassembly: A cornerstone for sustainability in 21st century construction. *Journal of Building Engineering*, 96, 110619. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.110619>
- David, M.-N., Miguel, R.-S., & Ignacio, P.-Z. (2024b). Timber structures designed for disassembly: A cornerstone for sustainability in 21st century construction. *Journal of Building Engineering*, 96, 110619. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.110619>
- Derikvand, M., & Fink, G. (2021). Deconstructable connector for TCC floors using self-tapping screws. *Journal of Building Engineering*, 42, 102495. <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.102495>
- Derikvand, M., & Fink, G. (2022). Bending properties of deconstructable cross-laminated timber-concrete composite floor elements. *Wood Material Science & Engineering*, 17(4), 253–260. <https://doi.org/10.1080/17480272.2022.2077658>
- Derikvand, M., & Fink, G. (2023). Design for Deconstruction: Benefits, Challenges, and Outlook for Timber–Concrete Composite Floors. *Buildings*, 13(7), 1754. <https://doi.org/10.3390/buildings13071754>
- Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e.V. (2024, Mai). *DGNB Qualitätsstandard für Zirkularitätsindizes für Bauwerke—Grundlegendes Qualitätsverständnis und DGNB Zirkularitätsindex Version 1.0*. <https://www.dgnb.de/de/nachhaltiges-bauen/zirkulaeres-bauen/zirkularitaetsindizes-fuer-bauwerke>

- DGNB. (2018). *TEC 1.6 Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit*. <https://www.dgnb.de/de/zertifizierung/weg-zum-dgnb-zertifikat/anerkannte-produktlabels/rueckbau-und-recyclingfreundlichkeit>
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2023). *DIN SPEC 91484—Verfahren zur Erfassung von Bauprodukten als Grundlage für Bewertungen des Anschlussnutzungspotentials vor Abbruch- und Renovierungsarbeiten (Pre-Demolition-Audit)* (DIN SPEC 91484:2023-09).
- Dodd, N., Donatello, S., & Cordella, M. (2021a). *Level(s) indicator 2.3: Design for adaptability and renovation*.
- Dodd, N., Donatello, S., & Cordella, M. (2021b). *Level(s) indicator 2.4: Design for deconstruction*.
- Dodd, N., Donatello, S., & Cordella, M. (2021c, August). *Design for deconstruction user manual: Introductory briefing, instructions and guidance (Publication version 2.0)*. <https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/412/home>
- Eslami, H., Jayasinghe, L. B., & Waldmann, D. (2024). Experimental and numerical study on shear behavior of a demountable CLT-concrete composite shear connection. *Construction and Building Materials*, 425, 135982. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135982>
- European Commission. (n. J.). *Level(s)—European framework for sustainable buildings*. Abgerufen [https://environment.ec.europa.eu/system/files/2020-11/DE\\_Flyer.pdf](https://environment.ec.europa.eu/system/files/2020-11/DE_Flyer.pdf)
- Hillebrandt, A., Riegler-Floors, P., Rosen, A., & Seggewies, J.-K. (2018). *Atlas recycling: Gebäude als Materialressource*. Edition Detail.
- ISO International Organization for Standardization. (2020a). *ISO 14009 – Umweltmanagementsysteme – Leitlinien zur Einbeziehung der Kreislaufführung von Materialien bei Design und Entwicklung*.
- ISO International Organization for Standardization. (2020b). *ISO 20887—Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance* (ISO 20887:2020).
- ISO International Organization for Standardization. (2024). *ISO 59004—Circular economy—Vocabulary, principles and guidance for implementation* (ISO 59004).
- Iuorio, O., & Kitayama, S. (2024). Experimental Study on the Feasibility of Disassembling and Reusing Lightweight Façade Wall Systems. In V. Ungureanu, L. Bragança, C. Baniotopoulos, & K. M. Abdalla (Hrsg.), *4th International Conference „Coordinating Engineering for Sustainability and Resilience“ & Midterm Conference of CircularB “Implementation of Circular Economy in the Built Environment”* (Bd. 489, S. 253–261). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-57800-7\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-031-57800-7_23)
- Khadim, N., Agliata, R., Thaheem, M. J., & Mollo, L. (2023). Whole building circularity indicator: A circular economy assessment framework for promoting circularity and sustainability in buildings and construction. *Building and Environment*, 241, 110498. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110498>
- Koppelhuber, D., Koppelhuber, J., Dold, C., Burgschwaiger, M., Ferk, H., Laimer-Liedtke, A., & Staffl, C. (2024). *LEITFADEN Rückbauorientiertes Planen und Bauen im Holzbau*.
- Küpfer, C., & Fivet, C. (2021). *Selektiver Rückbau - Rückbaubare Konstruktion: Studie zur Förderung der Abfallreduktion und der Wiederverwendung in der Baubranche*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5131243>
- Lausset, C., Dahlstrøm, O. A., Thyholt, M., Eghbali, A., & Schneider-Marín, P. (2023). Methods to Account for Design for Disassembly: Status of the Building Sector. *Buildings*, 13(4), 1012. <https://doi.org/10.3390/buildings13041012>

- Li, Z., Tsavdaridis, K. D., & Katenbayeva, A. (2024). Reusable timber modular buildings, material circularity and automation: The role of inter-locking connections. *Journal of Building Engineering*, 98, 110965. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110965>
- Lindner, S. (2022). *Cradle to Cradle im Holzfertigbau*.
- Lisco, M. (2025). *Reuse Strategies in Building Design*.
- Minergie. (2026, Januar). *Minergie Vorgabenkatalog Zusatz ECO Alle zertifizierbaren Gebäudekategorien Nachweisversion 2023.1*.
- Moor, I., Gabrieli, G., & Stünzi, C. (2025, Oktober 27). *Auswertungen zur Umsetzung von Vorgaben Zusatz ECO und Kriterien SNBS-Hochbau zu Kreislaufwirtschaft und Klima*. [https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/tVHqNI0UQMiu/auswertungen\\_umsetzung\\_vorgaben\\_ECO\\_SNBS-hochbau.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/de/sd-web/tVHqNI0UQMiu/auswertungen_umsetzung_vorgaben_ECO_SNBS-hochbau.pdf)
- Morgan, C., & Stevenson, F. (2005). *Design for Deconstruction*.
- Müller, D., & Moser, D. (2022). *Rückbau und Wiederverwendung von Holzbau*.
- Odenbreit, C., Yang, J., Romero, A., & Kozma, A. (2023). A Lego-like steel-framed system for standardization and serial production. *Steel Construction*, 16(1), 56–64. <https://doi.org/10.1002/stco.202200021>
- Olender, M., Kellenberger, D., & Held, S. (mit Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW). (2024). *Zirkularität Messbar Machen. Grundlagen für einen Zirkularitätsindex*. Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau, Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik FHNW. <https://doi.org/10.26041/FHNW-12347>
- Ostapska, K., Gradeci, K., & Ruther, P. (2021). Design for Disassembly (DfD) in construction industry: A literature mapping and analysis of the existing designs. *Journal of Physics: Conference Series*, 2042(1), 012176. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2042/1/012176>
- Ostapska, K., Rütter, P., Loli, A., & Gradeci, K. (2024). Design for Disassembly: A systematic scoping review and analysis of built structures Designed for Disassembly. *Sustainable Production and Consumption*, 48, 377–395. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.05.014>
- Pešta, J., Vlasatá, B., Trubina, N., & Pavlů, T. (2023). *Circular Building design: Strategies and Tools*.
- Pongiglione, M., Calderini, C., D’Aniello, M., & Landolfo, R. (2021). Novel reversible seismic-resistant joint for sustainable and deconstructable steel structures. *Journal of Building Engineering*, 35, 101989. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101989>
- Pristerà, G., Tonini, D., Lamperti Tornaghi, M., Caro, D., & Sala, S. (2024). Taxonomy of design for deconstruction options to enable circular economy in buildings. *Resources, Environment and Sustainability*, 15, 100153. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2024.100153>
- Rigo, P., Nicolussi, V., Polastri, A., Casagrande, D., Pozza, L., Ottenhaus, M., Sestigiani, L., & Calligari, E. (2025). *MULTI-PARAMETRIC EVALUATION OF INNOVATIVE CLT CONNECTIONS DEVELOPED FOR DFMA AND DFD*.
- Salza & Matériuum. (2020, Mai). *Wiederverwendung Bauen—Aktuelle Situation und Perspektiven: Der Fahrplan*. Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt BAFU Sektion Rohstoffkreisläufe. [https://re-riwi.ch/wp-content/uploads/2021/02/Wiederverwendung-Bauen-2020\\_Feb.pdf](https://re-riwi.ch/wp-content/uploads/2021/02/Wiederverwendung-Bauen-2020_Feb.pdf)
- Sandin, Y., Cramer, M., & Sandberg, K. (2023). HOW TIMBER BUILDINGS CAN BE DESIGNED FOR DECONSTRUCTION AND REUSE IN ACCORDANCE WITH ISO 20887. *World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023)*, 3558–3567. <https://doi.org/10.52202/069179-0463>
- Santos, M. S. (2022). *Architecture and Sustainability*.

- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. (2015). *SIA 2047 Energetische Gebäudeerneuerung (2047)*.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. (2022). *SN EN 15804+A2:2019 Nachhaltigkeit von Bauwerken—Umweltproduktdeklarationen—Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte (SN EN 15804+A2:2019)*.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. (2023). *SIA 430:2023—Vermeidung und Entsorgung von Bauabfällen*.
- SIA 112/1:2017 Nachhaltiges Bauen – Hochbau - Verständigungsnorm, Gesetz Nr. SN 530112/1:2017 de, SIA 112/1:2017 52 (2017).
- SNBS. (2023). *Kriterienbeschrieb SNBS-Hochbau*.
- Stricker, E., Brandi, G., Sonderegger, A., Angst, M., Buser, B., Massmünster, M., Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Baubüro in situ AG, Zirkular GmbH, & Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (Hrsg.). (2021). *Bauteile wiederverwenden: Ein Kompendium zum zirkulären Bauen*. Park Books.
- The European Investment Bank (Hrsg.). (2024). *The Circular City Centre – C3 A GUIDE FOR CIRCULARITY IN THE URBAN BUILT ENVIRONMENT*.
- UKBGC. (o. J.). *Design for Deconstruction—Practical Guide*. Abgerufen uk gbc.org
- Van Ellen, L. A., Bridgens, B. N., Burford, N., & Heidrich, O. (2021). Rhythmic Buildings- a framework for sustainable adaptable architecture. *Building and Environment*, 203, 108068. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108068>
- Verein ecobau (Hrsg.). (2026, Januar). *ecoBKP Empfehlungen für ökologisches, kreislauffähiges und gesundes Bauen nach Baukostenplan (BKP)*. [https://www.ecobau.ch/resources/uploads/eco-bkp/ecoBKP\\_2026/ecoBKP\\_2026.pdf](https://www.ecobau.ch/resources/uploads/eco-bkp/ecoBKP_2026/ecoBKP_2026.pdf)

## Anhang 1. Begriffe Allgemein

Tabelle 8: Allgemeine Begriffe und deren Definitionen

Begriff	Definition	Quellen
Gebäude / <i>Building</i>	Bauwerke, deren Hauptzweck darin besteht, den Bewohnern oder dem Inhalt Schutz zu bieten, die in der Regel teilweise oder vollständig umschlossen sind und dafür ausgelegt sind, dauerhaft an einem Ort zu stehen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Rohstoffe / <i>Raw Materials</i>	Rohstoffe sind die Ursprungsmaterialien (z.B. Holz, Kies, Sand).	(Olender et al., 2024)
Baustoffe / <i>Building Materials</i>	Baustoffe sind verarbeitete Rohstoffe (z.B. Beton, Brett-schichtholz) sie werden teilweise auch als Baumaterial bezeichnet. Sie haben noch keine festgelegte Geometrie. «Für das Bauen bestimmtes Material, dessen Abmessungen für das daraus herzustellende Objekt (Bauhalbzeug, Bauteil, Bauwerksteil, Gebäudetechnikanlagen, Bauwerk) nicht massgebend sind. Baustoffe sind somit Zement, Sand, Kies, Wasser (auch gemischt als Frischbeton), Eisenbarren, nicht zugeschnittenes Holz und dgl.»	(Olender et al., 2024)
Bauprodukt / Bauelemente / Construction product / construction elements	Produkte, Baustoffe, Bauteile und Anlagen sowie Bausätze gemäss Verordnung (EU) Nr. 305/2011, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen eingebaut zu werden, aus Produkten, Baustoffen, Bauteilen sowie Bausätzen vorgefertigte Anlagen, die hergestellt werden, um mit dem Erdboden verbunden zu werden.	(DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023) & (Olender et al., 2024)
Bauteile / <i>Assembly</i>	Bauteile (Komponenten) sind physisch unterscheidbare funktionale Einheiten eines Bauwerks (z.B. Boden, Wand, Decke), die aus unterschiedlichen Baustoffen und Bauelementen zu einer Funktionseinheit gefügt wurden.  Anmerkung 1 zur Eintragung: Beispiele für Bauteile sind die gesamte Gebäudehülle oder einzelne Wände, Dächer oder Brüstungen sowie Trag- oder Seilkonstruktionen für Brücken.	(Olender et al., 2024) & (ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Bauelemente / <i>Parts (Components)</i>	Zusammengehörige Baustoffe, die miteinander verbunden sind	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Bauwerke / <i>Structure</i>	Sind mit dem Erdboden verbundene Anlagen, die aus Bauelementen/Bauprodukten hergestellt werden. Sie stellen für eine Nutzung geeignete Gesamtsysteme dar und bestehen aus Tragwerk sowie nicht tragenden Bauteilen. Ein Bauwerk ist somit ein von Bauarbeiten herrührendes Werk, das als funktionales Gesamtsystem aus einzelnen	(DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023) & (Olender et al., 2024) &

Begriff	Definition	Quellen
	Bauteilen aufgebaut ist.	(SIA 112/1:2017 Nachhaltiges Bauen – Hochbau - Verständigungs-norm, 2017)
Kreislaufwirt-schaft / <i>Circular Economy</i>	Ist eine von ihrer Konzeption her restaurative und regenerative Wirtschaftsform, die darauf ausgerichtet ist, Produkte, Komponenten und Materialien jederzeit auf ihrem höchsten Nutzen und Wert zu halten. Dabei wird zwischen technischen und biologischen Kreisläufen unterschieden. Ziel ist es, dass die eingesetzten Rohstoffe über den Lebenszyklus eines Produkts oder einer Konstruktion hinaus wieder vollständig in den Produktionsprozess zurückgelangen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023) & (Hillebrandt et al., 2018)
Tiefbauarbeiten / Civil Engineering Works	Bauwerke, die eine Struktur wie einen Damm, eine Brücke, eine Strasse, eine Eisenbahnstrecke, eine Start- und Landebahn, Versorgungsleitungen, Rohrleitungen oder ein Abwassersystem umfassen, oder das Ergebnis von Arbeiten wie Baggerarbeiten, Erdarbeiten, geotechnischen Verfahren, jedoch ohne Gebäude und die damit verbundenen Bauarbeiten.	(ISO International Organization for Standardization, 2020)
Asset (Immobilie oder Infrastruktur) / <i>Constructed Asset</i>	Alles Wertvolle, das gebaut wird oder aus Bautätigkeiten entsteht.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
im Bau befindliches Bauwerk / <i>Construction works</i>	Alles, was gebaut wird oder aus Bautätigkeiten hervorgeht. Anmerkung 1: Dazu gehören Gebäude, Tiefbauarbeiten, Bauwerke, Landschaftsgestaltung, Aussenarbeiten und andere Arten von Bauarbeiten innerhalb einer bebauten Umgebung. Anmerkung 2: Aus wirtschaftlicher Sicht werden fertiggestellte Bauarbeiten/Bautätigkeiten/Baustellen in der Regel als Bauwerk bezeichnet.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Entwurfslebensdauer / <i>Design life</i>	Die vorgesehene geplante Lebensdauer. Anmerkung 1: Wie vom Hersteller gegenüber dem Kunden zur Unterstützung von Spezifikationsentscheidungen angegeben.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Ökobilanz / <i>Life Cycle Assessment</i>	Zusammenstellung und Bewertung der Inputs, Outputs und potenziellen Umweltauswirkungen eines Systems während seines gesamten Lebenszyklus.	(ISO International Organization for Standardization,

Begriff	Definition	Quellen
	Anmerkung 1: Die Kernregeln für die Entwicklung von Umweltproduktdeklarationen vom Typ III auf der Grundlage einer Ökobilanz für Bauprodukte sind in ISO 21930 behandelt.	2020b)
Lebenszykluskosten / <i>Life Cycle Costing</i>	Methodik zur systematischen wirtschaftlichen Bewertung der Lebenszykluskosten über einen Analysezeitraum, wie im vereinbarten Umfang definiert.  Anmerkung 1: Die Lebenszykluskostenrechnung kann einen Analysezeitraum abdecken, der den gesamten Lebenszyklus oder ausgewählte Phasen oder Zeiträume von Interesse umfasst.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Modul / <i>Module</i>	Satz standardisierter Teile oder unabhängiger Einheiten.  Anmerkung 1: Modularisierung kann bei vielen Arten von BAUwerken der Schlüssel zur Demontage sein  Anmerkung 2: Ein Modul kann eine Art komplexes Bauteil sein.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Primärsystem / -struktur / <i>Primary system / structure</i>	Umfasst die langlebige Tragstruktur, die Gebäudehülle (z.B. opake Fassade, Dach, Untergeschosse), die innere Erschliessung (horizontale und vertikale Haupterschliessung) und die Grundstruktur der Gebäudetechnik (horizontal und vertikale Erschliessung, Standort der Technik). Diese Elemente sind langfristige Investitionen und weisen in der Regel eine Lebens- bzw. Nutzungsdauer von etwa 50 bis 100 Jahren auf.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015) & (Olender et al., 2024)
Sekundärsystem / -struktur / <i>Secondary system / structure</i>	Umfasst anpassbarer Ausbau, wie Teile der Gebäudehülle (Fenster oder Wetterschutzschichten) sowie Installationen der Gebäudetechnik zur Grundversorgung (z.B. Wärme und Lüftung). Die Nutzungsdauer liegt ca. zwischen 20-50 Jahren entsprechend einer mittelfristigen Investition.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015) & (Olender et al., 2024)
Tertiärsystem / -struktur / <i>Tertiary system / structure</i>	Umfasst kurzlebige und leicht austauschbare Ausstattung, wie Installationen von Geräten. Die Nutzungsdauer liegt ca. zwischen 5-20 Jahren entsprechend einer kurzfristigen Investition.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015) & (Olender et al., 2024)
Leistungsanforderung / <i>Performance requirement</i>	Leistungskriterium. Mindestanforderung an eine kritische Eigenschaft.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Systemtrennung	Funktionale Trennung von Gebäudesystemen (z. B.	(Bapst et al., 2025)

Begriff	Definition	Quellen
/ <i>System separation</i>	Tragstruktur, Haustechnik, Ausbau) nach Lebensdauer, um Rückbau und Anpassung zu erleichtern. Nach SIA wird in drei Systemebenen unterschieden. Primärsystem, Sekundärsystem und Tertiärsystem.	
Schadstoff/ Bauschadstoffe / Pollutants / building pollutants	Gefährliche Stoffe im Sinne der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie biologische Arbeitsstoffe im Sinne der Biostoffverordnung (BiostoffV), die materialbedingt in Bauwerken vorkommen. Dazu zählen unter anderem Asbest, polychlorierte Biphenyle (PCB) in Fugendichtungen und Farben sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) aus Teeranwendungen.	(DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023)
Lebensdauer / <i>Service life</i>	Zeitraum nach der Erstellung, in dem eine Anlage oder ihre Komponenten die Leistungsanforderungen erfüllen oder übertreffen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
geplante Lebensdauer / <i>service life planning</i>	Lebensdauerplanung (veraltet)/ Planungsprozess zur Erstellung der Vorgaben und des Entwurfs für das Gebäude und seine Teile, um die geplante Lebensdauer zu erreichen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Nutzfläche / <i>Usable space</i>	Bereich von Räumen auf allen Etagen eines Gebäudes, die entweder einem Nutzer oder einer bestimmten Nutzung zugewiesen sind oder zugewiesen werden können oder für den allgemeinen Betrieb erforderlich sind.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Komponente / <i>Components</i>	Produkt, das als eigenständige Einheit hergestellt wird, um eine bestimmte Funktion oder bestimmte Funktionen zu erfüllen.  Anmerkung 1: Komponenten können hergestellt, vorgefertigt oder vor Ort gebaut oder geformt werden und können einfache oder komplexe Einheiten sein.  Anmerkung 2: Eine komplexe Einheit kann je nach Kontext auch als Bauteil betrachtet werden.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Downcycling / <i>Downcycling</i>	Bezeichnet die stoffliche Verwertung ehemals genutzter Produkte oder Abfälle, bei der es zu einem Qualitäts- und Leistungsverlust des Materials kommt. Durch den Aufbereitungsprozess erreicht das Material nicht mehr die gleiche Qualitätsstufe wie das Ausgangsprodukt, sodass die ursprüngliche Funktion nicht mehr erfüllt werden kann, beispielsweise bei der Verwendung von Ziegelbruch als Unterlagsmaterial.	(Bapst et al., 2025) & (Hillebrandt et al., 2018)
Upcycling /	Bezeichnet die wertsteigernde Umnutzung bzw. Aufbereitung ehemals genutzter Produkte oder Abfälle zu	(Bapst et al., 2025) & (Hillebrandt et al.,

Begriff	Definition	Quellen
<i>Upcycling</i>	höherwertigen Anwendungen. Dabei übertrifft das neu entstehende Produkt die Qualitätsstufe des Ausgangsprodukts, wodurch Qualität und Nutzen verbessert werden, beispielsweise bei der Verwendung von Altholz zur Herstellung von Möbeln.	2018)
Recyclingfähigkeit / <i>Recyclability</i>	Fähigkeit von Bauelementen, Materialien oder beidem, aus Produkten und Systemen getrennt und wiederaufbereitet zu werden, um anschliessend als Materialinput für denselben oder einen anderen Verwendungszweck oder eine andere Funktion verwendet zu werden.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
End-of-Life (en: end of life)	<p>Der Begriff kommt aus der Ökobilanz, in der von <b>einem</b> (Anzahl 1) Lebenszyklus ausgegangen wird und beschreibt den Zeitpunkt nach <b>der</b> Nutzungsphase. In der Ökobilanz wird darunter die <i>Entsorgungsphase = englisch End-of-Life</i> (Modul C) verstanden. Bei einer zeitlichen Betrachtung, wie in ISO 59004, gehört zum Zeitpunkt End-of-Life auch das Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs-, und Recycling-Potenzial ausserhalb der Systemgrenze dazu, welches in (Modul D) erfasst wird. Entsprechend ist am End-of-Life der Lebenszyklus beendet.</p> <p>product: «point in time when a product is taken out of use and its resources are either recovered for processing or it is disposed of” (ISO 59004)</p> <p>resource: “point in time when a resource is taken out of use and is disposed of” (ISO 59004)</p>	<p>ISO 14009 (ISO International Organization for Standardization, 2020a; Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2022)</p> <p>(ISO International Organization for Standardization, 2024)</p>
End-of-Use (en: end of use)	<p>Beschreibt den Zeitpunkt nach <b>einer</b> Nutzungsphase, an die sich weitere Nutzungsphasen anschliessen können. End-of-Use ist ein Begriff aus der Zirkularität, wo mehrere Nutzungszyklen aneinander anschliessen und so <b>mehrere</b> Zyklen einen Lebenszyklus bilden. End-of-Use kann, wenn der letzte Nutzungszyklus erreicht ist, also ein End-of-Life werden.</p> <p>“point in time at which a product or resource is transferred by the holder to some other holder” (ISO 59004)</p>	(ISO International Organization for Standardization, 2024)

## Anhang 2. Begriffe Gebäudeerhalt

Tabelle 9: Gebäudeerhalt bezogene Begriffe und deren Definitionen

Begriff	Definition	Quellen
Erneuerung / <i>Renewal</i>	Wiederherstellen der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015)
Energetische Gesamterneuerung / <i>Complete energy renovation</i>	Massnahmen zur energetischen Verbesserung an einer Mehrheit der energierelevanten Teile von Gebäudehülle und Gebäudetechnik. Die Massnahmen umfassen: Reduktion der gesamten Endenergie, effiziente Bedarfsdeckung, Substitution von fossilen durch erneuerbare Energieträger.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015)
Gesamterneuerung / <i>Complete renewal</i>	Erneuerung eines Gebäudes, wenn an ihm massgebliche Veränderungen vorgenommen werden, so dass es nach der Erneuerung in wesentlichen Teilen einem Neubau entspricht. Sie kann in einem Schritt oder in mehreren Etappen durchgeführt werden.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015)
Instandhaltung / <i>Maintenance</i>	Bezeichnet das Bewahren der Gebrauchstauglichkeit durch einfache und regelmässige Massnahmen. Sie umfasst die Kombination aller technischen, administrativen und Management-Massnahmen während der Nutzungsphase einer Einheit und dient dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands, sodass die geforderte Funktion erfüllt werden kann. Nach DIN 31051 beinhaltet die Instandhaltung die laufende Inspektion, Pflege und Wartung von bereits bestehenden Objekten.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015) & (Hillebrandt et al., 2018)
Instandsetzung / <i>Repair</i>	Bezeichnet Massnahmen zur Wiederherstellung der Sicherheit und der Gebrauchstauglichkeit für eine festgelegte Dauer. Sie umfasst alle Arbeiten, die ausgeführt werden, um die Funktion einer fehlerhaften Einheit wiederherzustellen. Nach DIN 31051 wird darunter die Erneuerung und Neuinstallation von Objekten während der Nutzungsphase verstanden.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015) & (Hillebrandt et al., 2018)
Teilerneuerung / <i>Partial renewal</i>	Erneuerung von einzelnen Bauelementen oder Bauteilen, wenn an ihnen massgebliche Veränderungen und nicht nur Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten vorgenommen werden.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2015)

## Anhang 3. Begriffe R-Strategien

Tabelle 10: R-Strategie bezogene Begriffe und deren Definitionen

Begriff	Definition	Quellen
Umdenken / <i>Rethink</i>	Hinterfragen und Neuausrichtung bestehender Bau- und Nutzungskonzepte zugunsten zirkulärer, ressourcenschonender Strategien. Dabei wird der gesamte Lebenszyklus mit allen Nutzungszyklen eines Bauwerks frühzeitig berücksichtigt.	(Bapst et al., 2025)
Reduzieren / <i>Reduce</i>	Vermeidung unnötigen Materialeinsatzes und Reduktion von Emissionen, Energieverbrauch und Bauabfällen durch optimierte Planung, schlanke Konstruktionen und langlebige Bauteile.	(Bapst et al., 2025)
Reparieren / <i>Repair</i>	Bezeichnet die Rückführung eines Produkts, einer Komponente, einer Baugruppe oder eines Systems in einen akzeptablen Zustand durch die Erneuerung oder den Austausch verschlissener, beschädigter oder verschlechterter Teile. Ziel ist die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit durch gezielte Instandsetzung sowie die Verlängerung der Nutzungsdauer bei möglichst geringem Ressourceneinsatz.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (Bapst et al., 2025)
Renovierung / <i>Refurbishment</i>	Änderungen und Verbesserungen an einem bestehenden Gebäude oder Ingenieurbauwerk, um es in einen akzeptablen Zustand zu versetzen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Wiederaufarbeiten / <i>Remanufacture</i>	Industrielle Überarbeitung von gebrauchten Komponenten durch vollständige Demontage, Prüfung, Erneuerung und Wiedermontage, mit dem Ziel, einen neuwertigen Zustand zu erreichen.	(Bapst et al., 2025)
Recycling / Stoffliche Verwertung	Bezeichnet die Aufbereitung von Abfallstoffen zu neuen Rohstoffen, bei der die stofflichen Eigenschaften der Abfälle genutzt werden. Ehemals genutzte Produkte oder Abfälle werden dabei in den Stoffkreislauf zurückgeführt, indem sie sortenrein getrennt gesammelt oder nachträglich sortiert, aufbereitet und als Sekundärrohstoffe oder -produkte wieder in den Wirtschaftskreislauf eingebracht werden. Nicht dazu zählt die Rückführung von Produktionsresten, da diese Nebenprodukte der Industrie und Ergebnisse optimierter Verfahrenstechnik sind (z. B. REA-Gips, Hütensand, Flugasche). Das Recyclingprodukt erreicht die gleiche Qualitätsstufe wie das Ausgangsprodukt, nahezu ohne Leistungsverlust, reduziert den Rohstoffverbrauch und dient damit der Ressourcenschonung.	(Bapst et al., 2025) & (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2023) & (Hillebrandt et al., 2018)

Begriff	Definition	Quellen
Verwertung / <i>Recovery</i>	Rückführung von Materialien oder Abfällen in den Stoffkreislauf durch eine Behandlung oder Aufbereitung unter Auflösung der Produktgestalt.	(Hillebrandt et al., 2018)
Energetische Verwertung / Thermische Verwertung / <i>Incineration</i>	Einsatz von Abfällen als Ersatz für herkömmliche Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung. Energiegewinnung durch Verbrennung nicht mehr nutzbarer Reststoffe. Diese Form der Verwertung ist meist am Ende der Verwertungskaskade angesiedelt, da keine stoffliche Nutzung mehr möglich ist.	(Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2023) (Bapst et al., 2025)

## Anhang 4. Begriffe Post-Use-Strategien

Tabelle 11: Post-Use-Strategie bezogene Begriffe und deren Definitionen

Begriff	Definition	Quellen
Wiederverwendung / <i>Re-Use</i>	Wiederverwendung bezeichnet die direkte erneute Nutzung von Produkten oder Komponenten mehr als einmal für denselben oder andere Zwecke, ohne oder mit nur geringer Bearbeitung und unter Beibehaltung der Produktgestalt. Sie umfasst die schonende und qualitätserhaltende Rückgewinnung ganzer Bauteile durch Demontage bei Umbau- oder Rückbauarbeiten zum Zweck der weiteren Verwendung, beispielsweise von Türen, Fenstern, Trägern oder intakten Mauerziegelsteinen. In Anlehnung an den englischen Begriff <i>reuse</i> wird Wiederverwendung als Oberbegriff für die erneute Nutzung demontierter Bauteile verstanden, unabhängig von Veränderungen der Nutzung, des Qualitätsanspruchs oder einer vorgängigen Bewertung. Ziel ist insbesondere die Einsparung von Ressourcen und grauer Energie.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (Bapst et al., 2025) & (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2023) & (Hillebrandt et al., 2018) & (Stricker et al., 2021)
Weiterverwendung / <i>Continue-to-Use</i>	Weiterverwendung bezeichnet die Verlängerung der Nutzung eines bestehenden Produkts oder Bauteils am selben Ort ohne physische Veränderung sowie die erneute Nutzung eines gebrauchten Produkts für einen anderen Verwendungszweck mit gegenüber dem Ursprungszweck niedrigerem Qualitätsanspruch unter Beibehaltung der Produktgestalt. Sie beugt der Entstehung von Abfällen vor und schont Ressourcen, beispielsweise bei der Verwendung intakter Mauerziegelsteine als Randbegrenzung für Grünflächen.	(Bapst et al., 2025) & (Hillebrandt et al., 2018)
Wiederverwertung / Stoffliche Verwertung/ Recycling	Siehe R-Strategien Anhang 3	(Hillebrandt et al., 2018)
Weiterverwertung / <i>Reprocessing</i>	Einsatz von Altstoffen und Produktionsabfällen bzw. Hilfs- und Betriebsstoffen in einem von diesen zuvor noch nicht durchlaufenen Produktionsprozess. Durch Weiterverwertung entstehen Produkte mit neuen bzw. andere Eigenschaften und/oder anderer Gestalt, sogenannte Sekundärwerkstoffe, mit einem gegenüber dem Ursprungszweck niedrigeren Qualitätsanspruch. Beispiel: Weiterverwertung von Ziegelsplitt zu Pflanzensubstrat.	(Hillebrandt et al., 2018)

## Anhang 5. Begriffe DfD/A spezifisch

Tabelle 12: Design for Disassembly/Adaptability spezifische Begriffe und deren Definitionen

Begriff	Definition	Quellen
Anpassungsfähigkeit / <i>Adaptability</i>	Anpassungsfähigkeit bezeichnet die Fähigkeit, geändert oder modifiziert zu werden, um für einen bestimmten Zweck geeignet zu sein, ohne das Erfordernis von Bauleistungen. Z.B. durch Änderung der Möblierung,	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (BREEAM, 2023)
Vielseitigkeit / <i>Versatility</i>	Vielseitigkeit beschreibt die Fähigkeit eines Bauwerks oder Systems, unterschiedliche Funktionen mit nur geringfügigen Anpassungen zu erfüllen. Dies kann beispielsweise durch flexible Grundrisse, geeignete Tragwerkskonzepte oder anpassungsfähige Installationsführungen erreicht werden.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Konvertierbarkeit / <i>Convertibility</i>	Fähigkeit, durch einfache Modifikationen mit geringer Bautätigkeit des Ausbaus (nichttragende Konstruktion) auf wesentliche Änderungen der Nutzeranforderungen zu reagieren.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Erweiterbarkeit / <i>Expandability</i>	Fähigkeit eines Designs oder Eigenschaft eines Systems, eine wesentliche Änderung zuzulassen, die die Hinzufügung neuer Räume, Funktionen, Fähigkeiten und Kapazitäten unterstützt oder erleichtert.  Anm. 1: Erweiterbarkeit ist eine Form der Skalierbarkeit. Ebenso kann auch die Reduzierbarkeit eine vorteilhafte Fähigkeit sein, die eine Form der Skalierbarkeit darstellt.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Handbuch zur Demontage und zur Anpassungsfähigkeit von Gebäuden / <i>Building disassembly and adaptability manual</i>	Das Handbuch kann in Form eines analogen Dokuments oder eines Asset-Informationsmodells aus dem Building Information Model (BIM) vorliegen. Informationen zum möglichen Inhalt des Handbuchs finden Sie in ISO 20887.	(BREEAM, 2023)
Rückbau / <i>Dismantling</i>	Prozess, bei dem ein Bauwerk so zerlegt wird, dass es nicht wieder zusammengebaut und betriebsbereit gemacht werden kann.  Anmerkung 1: Nach dem Rückbau können einige Teile wiederverwendet werden.  Anmerkung 2: Der Begriff „Rückbau“ wird teilweise als Synonym für „Abriss“ oder „Demontage“ verwendet.	ISO 59040

Begriff	Definition	Quellen
Abriss / Abbruch / <i>Demolition</i>	Entfernung durch zerstörende Methoden.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Demontage / <i>Disassembly</i>	Demontage bezeichnet die zerstörungsfreie Zerlegung eines Bauwerks oder einer baulichen bzw. konstruierten Anlage in ihre Bestandteile, Komponenten, Einzelteile, Werkstoffe oder Bauprodukte.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023) & (BREEAM, 2023)
Design für die Demontage (DfD) / <i>Design for Disassembly (DfD)</i>	Ansatz zur Gestaltung eines Produkts oder eines Bauwerks, der die Demontage am Ende der Nutzungsdauer erleichtert, sodass Komponenten und Bauteile wiederverwendet, recycelt, energetisch verwertet oder auf andere Weise vom Abfallstrom getrennt werden können.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (Bapst et al., 2025)
Zugänglichkeit / <i>Accessibility</i>	Fähigkeit zum einfachen Zugang zu Komponenten für Demontage, Überholung, Austausch oder Aufrüstung.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (BREEAM, 2023)
Haltbarkeit / <i>Durability</i>	Fähigkeit einer konstruierten Anlage oder einer ihrer Komponenten, ihre erforderlichen Funktionen in ihrer Betriebsumgebung über einen bestimmten Zeitraum ohne unvorhergesehene Wartungs- oder Reparaturarbeiten auszuführen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (BREEAM, 2023)
Freiliegende Verbindung / <i>Exposed connection</i>	Verbindung, die für Demontage oder Modifikation zugänglich bleibt	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
hochwertige Anschlussnutzung / <i>High Quality connection usage</i>	Form der Anschlussnutzung, bei der die im Wertschöpfungsprozess generierte Gestalt des Bauproduktes erhalten bleibt oder die im Wertschöpfungsprozess generierte Gestalt des Bauproduktes aufgelöst wird und das generierte Gebrauchtmaterial zu einem Bauprodukt auf der gleichen Qualitätsstufe und vergleichbarer Funktion wie das Bauprodukt verarbeitet wird.  Anmerkung 1: Zu den grundsätzlichen Voraussetzungen, die das Potential für eine hochwertige Anschlussnutzung massgeblich beeinflussen, können zählen: die Beschaffenheit (z. B. Beschädigungen, Verunreinigungen,	(DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023)

Begriff	Definition	Quellen
	<p>Verfärbungen); die Belastung durch Schadstoffe; die Möglichkeit einer zerstörungsfreien Demontage; die technischen Eigenschaften.</p> <p>Anmerkung 2: Die generierte Gestalt des Bauproduktes bleibt erhalten, wenn sie folgendermassen vorhanden ist: an Ort und Stelle (z. B. Erhalt von Bausubstanz im Sinne der Vermeidung); für den ursprünglichen Verwendungszweck beim gleichen Vorhaben, d. h. gleiche Funktion ohne Qualitätsverlust (z. B. Stahlstütze als Stütze im Sinne der Wiederverwendung); für den ursprünglichen Verwendungszweck bei einem neuen Vorhaben, d. h. gleiche Funktion ohne Qualitätsverlust (z. B. Stahlstütze als Stütze im Sinne der Wiederverwendung); für einen anderen Verwendungszweck bei einem neuen Vorhaben, d. h. andere Funktion ohne nennenswerten Qualitätsverlust (z. B. Stahlstütze als Binder oder Unterzug im Sinne der Weiterverwendung/Further-Use i. d. R. nach einem Aufbereitungsprozess).</p>	
Unabhängigkeit / <i>Independence</i>	Eigenschaft, die es ermöglicht, Teile, Komponenten, Module und Systeme zu entfernen oder aufzurüsten, ohne die Leistung verbundener oder benachbarter Systeme zu beeinträchtigen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
naturbelassene Oberfläche / <i>Inherent finish</i>	<p>Zustand des Materials in seiner grundlegendsten Form ohne Verunreinigung durch eine aufgetragene Beschichtung.</p> <p>Anmerkung 1: Eine aufgetragene Beschichtung kann die Wiederverwendung oder das Recycling einschränken oder verhindern.</p>	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Modular / <i>Modular</i>	Bestehend aus Modulen für eine einfache Konstruktion oder Anordnung und Anpassung oder Demontage	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Nutzungsflexibilität / <i>Flexibility of use</i>	Die Nutzungsflexibilität beschreibt die Fähigkeit eines Gebäudes, auf künftige Nutzungsentwicklungen oder Umnutzungen reagieren zu können, sei es in Teilbereichen oder über das gesamte Gebäude hinweg (z. B. Umnutzung von Büro- in Schul- oder Wohnnutzung). Teilweise auch räumliche Rückbaubarkeit genannt.	(Bapst et al., 2025)
Obsolet / <i>Obsolescence</i>	Verlust der Fähigkeit eines Artikels, aufgrund von Änderungen der Leistungsanforderungen zufriedenstellend zu funktionieren.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b) & (Hillebrandt et al.,

Begriff	Definition	Quellen
		2018)
Rückbaubarkeit / <i>Reversibility</i>	Trennbarkeit einzelner Komponenten eines Bauteils oder Bauwerks, z. B. durch Schichten, mechanische lösbare Verbindungen. Dies ist eine Grundvoraussetzung für die Rückbaubarkeit und die Voraussetzung für Wiederverwendung.	(Bapst et al., 2025)
Recyclbar / <i>Recyclable</i>	Eigenschaft eines Produkts oder einer zugehörigen Komponente, die durch verfügbare Verfahren und Programme aus dem Abfallstrom herausgenommen, gesammelt, verarbeitet und in Form von Rohstoffen oder Produkten wiederverwendet werden kann.  Anmerkung 1: Obwohl viele Produkte, Komponenten und Materialien technisch recyclbar sind, sind Recyclingeinrichtungen in der Praxis möglicherweise nicht ohne Weiteres verfügbar oder ihre Nutzung wirtschaftlich nicht rentabel.  Anmerkung 2: Eine Recycling-Infrastruktur für das Material sollte an mindestens 60 % der Standorte vorhanden sein, an denen das Produkt verkauft wird.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Wiederaufberei- barkeit / <i>Refurbis- hability</i>	Fähigkeit, die ästhetischen und funktionalen Eigenschaften eines Produkts, Gebäudes oder anderen Bauwerks wiederherzustellen, sodass es für die weitere Nutzung geeignet ist.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Wiederaufberei- barkeit / <i>Remanu- facturability</i>	Fähigkeit eines Produkts, am Ende seiner Nutzungsdauer so zerlegt und wiederaufbereitet zu werden, dass es in einen für den Wiederverkauf geeigneten Zustand zurückversetzt wird.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Ersatz / Replace- ment	Austausch von Teilen eines vorhandenen Artikels, um dessen Funktionalität wiederherzustellen	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
lösbbare Verbin- dung / <i>Reversible connections</i>	Verbindung, die für einfache Änderungen und Ergänzungen an Strukturen getrennt und/oder zerlegt werden kann.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Rückführung / <i>Return</i>	Prozess, durch den ein Bauprodukt zur Anschlussnutzung im Sinne der Kreislaufführung befähigt wird, indem das Bauprodukt aus einer Baukonstruktion herausgelöst wird.  Anmerkung 1: Handelt es sich bei dem Bauprodukt um ein Verbundbauprodukt, bspw. eine Stahlbetonstütze, so ist	(DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023)

Begriff	Definition	Quellen
	beim selektiven (verwertungsorientierten) Rückbau, i. d. R. eine weitere Trennung in Stofffraktionen als Zwischenschritt erforderlich. Für den Begriff Rückführung werden regelmässig die Begriffe Recycling oder Verwertung synonym verwendet. Dabei handelt es sich jedoch bereits um definierte Qualitäten der Anschlussnutzung.	
Einfachheit / <i>Simplicity</i>	Qualität einer Baugruppe oder eines Systems, die so konzipiert ist, dass sie unkompliziert und leicht verständlich ist und die Leistungsanforderungen mit einem minimalen Anpassungsaufwand erfüllt.  Beispiel: Verwendung von möglichst wenigen Komponenten, einfache Montageschritte und Wartungsanforderungen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Anschlussnutzung / <i>Connection usage</i>	Nutzung eines Bauproduktes nach der Rückführung, in Folge eines vorherigen Gebrauchs	(DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2023)
Wiederverwendbarkeit / <i>Reusability</i>	Fähigkeit eines Materials, Produkts, Bauteils oder Systems, in seiner ursprünglichen Form mehr als einmal verwendet zu werden und dabei seinen Wert und seine funktionalen Eigenschaften während der Rückgewinnung zu bewahren, um eine Wiederverwendung für denselben oder einen anderen Zweck zu ermöglichen.	(ISO International Organization for Standardization, 2020b)
Selektiver Rückbau / <i>Selective dismantling</i>	Beim Selektiven Rückbau werden die Komponenten eines Gebäudes am Ende ihrer Nutzungsdauer voneinander getrennt, um möglichst alle ihre innewohnenden Qualitäten zu erhalten. Der selektive Rückbau ist bei jeder vollständigen oder teilweisen Veränderung des Gebäudes (Reparatur, Renovierung, Erweiterung, Rückbau, Abriss) anwendbar.	(Küpfer & Fivet, 2021)
Rückbaubare Konstruktion / <i>Dismantlable construction</i>	Sammelbegriff für räumliche und technische Rückbaubarkeit, der die Erhaltung der Eigenschaften der Bauteile vor und nach dem Rückbau beinhaltet.	(Küpfer & Fivet, 2021)
räumliche Rückbaubarkeit (DfA) / <i>Spatial reversibility (DfA)</i>	Eine geometrische (Abmessungen) oder topologische (Unterteilungen) Nutzungsänderung des gesamten oder eines Teils des Gebäudes ist möglich, ohne dass seine Bauteile verändert werden.	(Küpfer & Fivet, 2021)
technische Rückbaubarkeit (DfD) / <i>Technical</i>	Bauteile eines Gebäudes können ohne Verlust ihrer technischen und funktionalen Eigenschaften demontiert werden.	(Küpfer & Fivet, 2021)

Begriff	Definition	Quellen
<i>dismantlability</i> (DfD)		

## Anhang 6. Begriffe Fügungen

Tabelle 13: Definitionen verschiedener Fügungsarten

Begriff	Definition	Referenz
Formschluss / <i>Tight fit</i>	Ineinandergreifen der Form von mindestens zwei Verbindungspartnern, z.B. Nieten, Klettverschluss, Stehfalz-Verbindungen, lose Auflage (in einer Begrenzungskonstruktion), Stopfen, Schütten, Drehriegel (Fenstergriff)	(Hillebrandt et al., 2018)
Kraft- bzw. Reibschluss / <i>Friction lock</i>	Verbindung durch Einwirkung einer Normalkraft und daraus resultierender Haftreibung, z.B. Schrauben, Nageln, Bolzen, Stiften, Klemmen, Keilen, lose Auflage (durch Gewicht).	(Hillebrandt et al., 2018)
Stoffschluss / <i>Material bond</i>	Zusammenhalten der Verbindungspartner durch atomare oder molekulare Kräfte, z.B. Kleben, schweißen, Löten, Adhäsion	(Hillebrandt et al., 2018)
Zusammensetzen DIN 8593-1 / <i>Assembly</i> DIN 8593-1	Fügen, bei dem der Zusammenhalt der Fügeteile durch Schwerkraft (Reibung), Formschluss, Federkraft oder eine Kombination davon bewirkt wird.	(Hillebrandt et al., 2018)
Auflegen, Aufsetzen, Schichten / <i>Place, Set, Layer</i>	Fügen zusammenpassender Teile unter Nutzung der Schwerkraft, im Allgemeinen in Verbindung mit Formschluss. Z.B. Dachziegel	(Hillebrandt et al., 2018)
Einlegen, Einsetzen / <i>Insert</i>	Fügen, bei dem das eine Fügeteil in ein Formelement des anderen Fügeteils eingelegt wird. Z.B. Einlegen von Dämmmatten in eine Dachkonstruktion	(Hillebrandt et al., 2018)
Ineinanderschieben / <i>Nesting</i>	Fügen bei dem das eine Fügeteil in das andere oder über das andere geschoben wird. Z.B. Einschieben eines Verbindungsbolzen.	(Hillebrandt et al., 2018)
Einhängen / <i>Attaching</i>	Fügen, bei dem das eine Fügeteil in das andere eingehängt wird, wobei die Fügeverbindung durch eine Zugkraft (Federkraft, Schwerkraft) gesichert wird, z.B. Einhängen einer Zugfeder	(Hillebrandt et al., 2018)
Einrenken / <i>Set straight</i>	Fügen, durch ineinanderschieben zweier Fügeteile, wobei die Fügeverbindung durch eine Druckkraft gesichert wird, z.B. Glühlampen in Schwanfassung oder Bajonettverschluss bei Druckluftleitung	(Hillebrandt et al., 2018)
Füllen DIN 8593-2 / <i>Fill</i> DIN 8593-2	Eine Sammelbenennung für das Einbringen von gas- oder, dampfförmigen, flüssigen, breiigen, pastenförmigen Stoffen, ferner von pulvrigen oder körnigen Stoffen oder Kleinen Körpern in hohle oder poröse Körper	(Hillebrandt et al., 2018)
Einfüllen / <i>Fill up</i>	Einbringen von gas- bzw. dampfförmigem, flüssigem, oder	(Hillebrandt

Begriff	Definition	Referenz
	festem Stoff in hohle Körper, z.B. Schüttung, Einblasdämmung	et al., 2018)
An- und Einpressen DIN 8593-3 / Pressing and pressing in DIN 8593-2	Eine Sammelbenennung für die Verfahren, bei denen beim Fügen die Fügeteile sowie etwaige Hilfsfügeteile im Wesentlichen nur elastisch verformt werden, und ungewolltes lösen durch Kraftschluss verhindert wird.	(Hillebrandt et al., 2018)
Schrauben (An-, Ein- Ver-, Fest-schrauben) / Screwing (attaching, inserting, fastening, tightening)	Fügen durch Anpressen mittels selbsthemmenden Gewindes.	(Hillebrandt et al., 2018)
Klemmen / <i>Clamp</i>	Fügen durch Anpressen mittels Hilfsteilen (Klemmen), wobei die Fügeteile elastisch oder plastisch verformt werden, während die Hilfsteile erstarrt sind. Z.B. Lost-Fest-Flansch	(Hillebrandt et al., 2018)
Klammern / <i>Cling</i>	Fügen mittels federnder Hilfsteile (klammern), die die überwiegend starren Fügeteile aneinanderpressen.	(Hillebrandt et al., 2018)
Fügen durch Pressung / <i>Joining by pressing</i>	Fügen des Innenteils mit einem Aussenteil, wobei zwischen beiden ein Übermass besteht: Fügen durch Einpressen, Verstiften, Schrumpfen (Aufschrumpfen), Dehnen, z.B. Einschlagen eines Bolzens	(Hillebrandt et al., 2018)
Nageln, Verstiften, Einschlagen / <i>Nailing, Pinning, Hammering</i>	Fügen durch das Einschlagen oder Einpressen von Nägeln (Drahtstiften) als Hilfsteile ins volle Material. Hierbei werden mehrere Fügeteile durchs Aneinanderpressen miteinander verbunden. Beim Einschlagen ist das eingeschlagene Teil selbst ein Fügeteil, z.B. Einschlagen eines Hackens.	(Hillebrandt et al., 2018)
Verkeilen / <i>Wedging</i>	Das Anpressen zweier Fügeteile mit Hilfe selbsthemmender keilförmiger Hilfsteile, z.B. Verklotzung von Fenstern	(Hillebrandt et al., 2018)
Verspannen / <i>Tensioning</i>	Kraftschlüssiges Fügen einer Nabe mit einer Welle mithilfe eines Konus oder mithilfe ringförmiger, geschlitzter Keile (Spannelemente), wobei die erforderliche Axialkraft über Gewinde aufgebracht wird.	(Hillebrandt et al., 2018)
Umformen DIN 8593-5 / Reshape DIN 8593-5	Eine Sammelbenennung für die Verfahren, bei denen entweder die Fügeteile oder Hilfsfügeteile örtlich- bisweilen auch ganz - umgeformt werden. Die Umformkräfte können mechanischer, hydraulischer, elektromagnetischer oder anderer Art sein. Die Verbindung ist im Allgemeinen durch Formschluss gegen	(Hillebrandt et al., 2018)

Begriff	Definition	Referenz
	ungewolltes Lösen gesichert.	
Fügen durch Umformen drahtförmiger Körper / <i>Joining by reshaping wire-shaped bodies</i>	Drahtflechten zu flächenhaften oder räumlichen Drahtgeflechten, z.B. Stahlgewebe  Gemeinsames Verdrehen (Verseilen, Spleissen, Knoten, Wickeln, mit Draht, Drahtweben zu Drahtgeweben) z.B. Spannseile	(Hillebrandt et al., 2018)
Fügen durch Umformen bei Blech-, Rohr-, und Profiltteilen / <i>Joining by forming in sheet metal, tube, and profile parts</i>	Fügen durch Körnen oder Kerben, gemeinsam Ziehen (Ummanteln), Weiten, Engen, Bördeln, Falzen, Wickeln, Verlappen, z.B. Stehfalzdeckungen	(Hillebrandt et al., 2018)
Trocken-Trocken Verbindung (Holz Beton Systeme) / <i>Dry-to-dry connection (wood-concrete systems)</i>	Ist eine Verbindungsart, welche bei Holz Betonverbindungen verwendet wird. Dabei wird das Betonelement vorfabriziert und anschliessend mit dem Holz verbunden.	(Eslami et al., 2024)
Nass-Trocken Verbindung (Holz Beton Systeme) / <i>Wet-dry connection (wood-concrete systems)</i>	Ist ein Verbindungssystem, welches beim Holz-Beton Bauten angewendet wird. Beton wird in Situ, auf die bereits im Holz befestigten Schrauben (o.Ä.) gegossen.	(Ashour et al., 2023; Derikvand & Fink, 2023; Eslami et al., 2024)

## Anhang 7. Suchstrings der Literaturrecherche

Suche in Wissenschaftliche Datenbanken

Die Suche in Scopus erfolgte mit folgendem Suchstring:

Advanced query

TITLE-ABS-KEY ("design for disassembly" OR "design for adaptability" OR "design for deconstruction" OR "Design for Decommissioning" OR "design for reuse" OR "design for recovery" OR "reversible design" OR "adaptable design") AND TITLE-ABS-KEY (build\* OR construct\*) AND PUBYEAR > 2021 AND PUBYEAR < 2027

Innerhalb des Suchstrings wurden die Synonyme mit dem Booleschen Operator<sup>1</sup> **OR** verbunden. Dieser sagt der Datenbank: «suche nach «design for disassembly» oder «design for adaptability» oder «design for deconstruction» etc.». Um die Suche einzugrenzen und nicht in der Autoindustrie nach Design for Disassembly zu suchen, wurde ergänzt, dass in der Bauindustrie gesucht werden soll. Dies erfolgt mit dem zweiten Booleschen Operator **AND**, was der Datenbank zu verstehen gibt: «Suche nach «design for disassembly» oder «design for adaptability» oder «design for deconstruction» etc. **und** such auch nach build\* oder construct\*». Vor jedem Suchstring wurde **TITLE-ABS-KEY** platziert, was der Datenbank die Anweisung gibt, die aufgelisteten Worte jeweils nur in den Titeln, dem Abstract und den Stichwörtern zu suchen.

### Schneeballsystem

Beispiele für Publikationen und dort gefundene weitere Publikationen:

- Ostapska et al., 2021
  - o (Askar et al., 2021)
  - o (Askar et al., 2022, S. 20)
  - o (Derikvand & Fink, 2021)
  - o (Derikvand & Fink, 2022)
  - o (Pongiglione et al., 2021)
- Khadim et al., 2023
  - o (Dams et al., 2021)
  - o (Van Ellen et al., 2021)
- Al-Obaidy et al., 2025
  - o (Akhimien et al., 2021)
  - o (Al-Obaidy et al., 2022)
  - o (Attia et al., 2024)Attia et al., 2024
  - o (Abu-Ghaida et al., 2024)
  - o (Lousselet et al., 2023)
  - o (Pristerà et al., 2024)

### Systematische Suchmaschinen Suche

Die Suchkriterien dieser Suche konzentrieren sich auf Literatur zu den Themen **Design for Disassembly (DfD)** und **Design for Adaptability (DfA)**, die von nationalen sowie städtischen Behörden in EU-Mitgliedstaaten und der Schweiz veröffentlicht wurde. Dabei wurde ausschliesslich nach den englischen Fachbegriffen „Design for Disassembly“, „Design for Adaptability“ und „Design for Deconstruction“ gesucht.

<sup>1</sup> Boolescher Operatoren verknüpfen Suchwörter miteinander, um Ihre Ergebnismenge entweder einzugrenzen oder zu erweitern. Für eine Literaturrecherche wird in der Regel AND und OR verwendet. AND dient als Verbindungselement zwischen zwei Suchböcken und OR dient der Integration von Synonymen.

Im Fokus standen Länder, die im Bereich DfD und DfA als besonders vorbildlich gelten: Belgien, Deutschland, Dänemark, Österreich, die Niederlande, Schweden, Finnland, Frankreich, Norwegen, das Vereinigte Königreich (ehemals EU-Mitglied), Spanien, Italien und Portugal. Da entsprechende Leitfäden, Berichte oder Studien häufig als PDF-Dateien veröffentlicht werden, wurde die Suche entsprechend angepasst.

Suchsyntax für eine Suche in allen Schweizer Kantonen:

("design for disassembly" OR "design for adaptability" OR "Design for Deconstruction")

filetype:pdf

(site:zh.ch OR site:be.ch OR site:lu.ch OR site:ur.ch OR site:sz.ch OR site:ow.ch OR site:nw.ch OR site:gl.ch OR site:zg.ch OR site:fr.ch OR site:so.ch OR site:bs.ch OR site:bl.ch OR site:sh.ch OR site:ar.ch OR site:ai.ch OR site:sg.ch OR site:gr.ch OR site:ag.ch OR site:tg.ch OR site:ti.ch OR site:vd.ch OR site:vs.ch OR site:ne.ch OR site:ge.ch OR site:ju.ch)

2 Seiten Ergebnisse wurden gefunden. Daraus wurden **4** Quellen als relevant beurteilt und für eine weitere Analyse gespeichert.

Suchsyntax für eine Suche in allen Schweizer Bundesämter:

("design for disassembly" OR "design for adaptability" OR "Design for Deconstruction")

filetype:pdf

(site:admin.ch OR site:bafu.admin.ch OR site:bfe.admin.ch OR site:are.admin.ch OR site:bwo.admin.ch OR site:bbl.admin.ch OR site:bak.admin.ch OR site:seco.admin.ch OR site:bag.admin.ch OR site:baspo.admin.ch OR site:\*.ch)

25 Seiten Ergebnisse wurden gefunden. Draus wurden **27** Quellen als relevant beurteilt und für eine weitere Analyse gespeichert.

Suchsyntax für die oben aufgezählten EU und ex-EU Länder:

("design for disassembly" OR "design for adaptability" OR "Design for Deconstruction")

filetype:pdf

(site:\*.be OR site:\*.de OR site:\*.dk OR site:\*.at OR site:\*.nl OR site:\*.se OR site:\*.fi OR site:\*.fr OR site:\*.no OR site:\*.uk OR site:\*.es OR site:\*.it OR site:\*.pt)

29 Seiten Ergebnisse wurden gefunden. Daraus wurden **44** Quellen als relevant beurteilt und für eine weitere Analyse gespeichert.

Suchsyntax für Artikel, Publikationen oder Leitfäden von NGO's Stiftungen und Vereine:

("design for disassembly" OR "design for adaptability" OR "Design for Deconstruction")

filetype:pdf

site:.org

Da .org nicht nur auf den EU-Raum limitiert ist, musste beim Screening darauf geachtet werden, dass nur Beispiele aus der EU oder der Schweiz miteinbezogen wurden.

30 Seiten Ergebnisse wurden gefunden. Daraus wurden **20** Quellen als relevant beurteilt und für eine weitere Analyse gespeichert.

Basierend auf der Suche wurde im Schneeballprinzip weitergesucht. Hierbei sind auch Suchwege mit KI-Modellen genutzt worden.