

Leitfaden Kreislauf- wirtschaft im Hochbau

Manfred Bruck, Eva Bacher (Hrsg.)

Erstellt im Zuge einer Modularbeit des
Universitätslehrgangs „Building Innovation, MEng“
am Department für Bauen und Umwelt an der
Universität für Weiterbildung Krems
(Donau-Universität Krems)



Impressum:

Leitfaden Kreislaufwirtschaft im Hochbau

Autor*innen: Eva Bacher, Manfred Bruck, Christoph Hofbauer, Gerhard Los,
Christian Rechberger, Harald Resch, Manuel Senn, Silja Tillner,
Ben Tisowsky, Alfred Willinger

Betreuer*innen: Manfred Bruck, Daniela Trauninger, Markus Winkler

Lektorat: Johannes Kisser (alchemia-nova GmbH, Institut für Kreislaufwirtschaft &
natur-basierte Lösungen)
Daniela Schneider (Karlsruher Institut für Technologie, Fachbereich
Nachhaltiges Bauen)
Johann Fellner (TU Wien, Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement)

Design und Layout: Richard Sickinger, Eva Bacher

Bildquellen: Donau-Universität Krems / Archiv



Creative Commons License CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Verlag: Edition Donau-Universität Krems

DOI: 10.48341/8f4t-g843

Krems, Jänner 2022, 1. Auflage

Kontakt:

Department für Bauen & Umwelt, Universität für Weiterbildung (Donau-Universität Krems)
www.donau-uni.ac.at/dbu

Building Innovation, MEng www.donau-uni.ac.at/dbu/buildinginnovation

Die in der Publikation geäußerten Ansichten liegen in der Verantwortung der Autor*innen und geben nicht notwendigerweise die Meinung der Universität für Weiterbildung (Donau-Universität Krems) wieder.

Die Inhalte wurden nach bestem Wissen und Gewissen sowie mit größter Sorgfalt recherchiert. Für Vollständigkeit und Richtigkeit wird keine Gewähr übernommen. Rechtliche Ansprüche können aus dem Inhalt nicht abgeleitet werden.

Leitfaden

Kreislaufwirtschaft im Hochbau

Erstellt von den Studierenden des Universitätslehrgangs „Building Innovation, MEng“
Modul „Ressourcenlager Gebäude - Kreislaufwirtschaft im Hochbau“
der Universität für Weiterbildung Krems (Donau-Universität Krems).

Einleitung

Der Lehrgang **Building Innovation, MEng** der Universität für Weiterbildung (Donau-Universität Krems) beschäftigt sich mit der Planung von ressourcenschonenden zukunftsfähigen Gebäuden und hat das Ziel, die Studierenden auf die gegenwärtigen sowie zukünftigen Herausforderungen der Bauwirtschaft wie Klimawandel, Nachhaltigkeit, Urbanisierung sowie Digitalisierung und neue Technologien vorzubereiten.

Im Sinne dieser Themenstellungen wurde dieser Leitfaden und die dazugehörige Checkliste von den Studierenden des Lehrgangs als Abschlussarbeit des Moduls „Ressourcenlager Gebäude - Kreislaufwirtschaft im Hochbau“ erstellt. Die Studierenden der Universität für Weiterbildung (Donau-Universität Krems) stehen mitten im Berufsleben und so hat die Erarbeitung dieses Leitfadens die Möglichkeit geboten, vorhandene Berufserfahrung nutzbar zu machen und auch den Kenntnisstand für die berufliche Praxis zu erweitern. Insofern ist dieser Leitfaden aus den Inhalten des Moduls, ergänzt durch eine umfangreiche Literaturrecherche und die Praxiserfahrung der Teilnehmer entstanden. Da das Thema Kreislaufwirtschaft ein weitreichendes und vor allem dynamisches ist, wird dieser Leitfaden in unregelmäßigen Abständen aktualisiert werden.

Der Inhalt beschränkt sich nicht nur auf die „Kernthemen“ der Kreislaufwirtschaft, sondern betrachtet in diesem Zusammenhang auch grundlegende Anforderungen an zukunftsfähige Hochbauten sowie Komfortanforderungen an Gebäude.

Gewidmet ist dieser Leitfaden allen Institutionen, Organisationen und Personen, die sich umfassend für diese Themenstellungen und deren Umsetzung einsetzen.



Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS

1	Vorwort – Denken in Kreisläufen in der Welt von heute	2
1.1	Grundlegende Herausforderungen, die unser Handeln bestimmen	2
1.1.1	Klimarisiken	2
1.1.2	Ressourcenknappheit	2
1.1.3	Digitalisierung	2
1.1.4	Beharrungsvermögen gegenüber Veränderungen	2
1.2	Planungsvoraussetzungen	3
1.2.1	Integrale Planung mit BIM	3
1.2.2	Anwendung eines materiellen Gebäudepasses	3
1.2.3	Regulatorische Rahmenbedingungen	3
1.3	Basisanforderungen	4
1.3.1	Definition der Zielsetzungen	4
1.3.2	Definition der Planungsumgebung	4
1.3.3	Dokumentation	4
1.3.4	Quartiersbetrachtung	4
1.4	Ökonomische Betrachtung	5
1.4.1	Anwendung neuer Geschäftsmodelle	5
1.4.2	Betriebswirtschaftliche Verwertung	5
1.5	Der Leitfaden	6
2	A – Planungsphase	8
2.1	Wichtige kreislaufwirtschaftliche Designprinzipien in der Planungsphase	8
2.1.1	Schließen von Ressourcenkreisläufen, Werterhaltung von kreislaufgerechten Materialien	8
2.1.2	Lebensdauer verlängern / Dauerhaftigkeit	9
2.1.3	Minimierung von negativen Umweltauswirkungen, Abfallvermeidung	11
2.1.4	Erhöhung der Nutzungsintensität	12
2.1.5	Berücksichtigung und Bewertung der Auswirkungen in allen Lebensphasen und Nutzungszyklen	12
2.1.6	Förderung der Biodiversität und Regeneration natürlicher Ökosysteme	13
2.1.7	Neue Planungsabläufe und Kollaboration	14
2.2	Wichtige Tools / Systeme in der Planungsphase	15
2.3	Relevante Beteiligte in der Planungsphase	15
2.4	Häufige Probleme / Hindernisse in der Planungsphase	16
3	B – Ausschreibung und Vergabe	19
3.1	Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien in Ausschreibung / Vergabe	19

3.2	Relevante Beteiligte in der Ausschreibungsphase	21
3.3	Wichtige Tools / Systeme in der Ausschreibungsphase	21
3.4	Häufige Probleme / Hindernisse bei Ausschreibung und Vergabe.....	22
4	C – Bauphase (Errichtung).....	24
4.1	Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien in der Bauphase.....	24
4.2	Wichtige Tools / Systeme in der Bauphase	25
4.3	Relevante Beteiligte in der Bauphase	26
4.4	Häufige Probleme / Hindernisse in der Bauphase	26
5	D – Übergabe / Abnahme.....	28
5.1	Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien bei Übergabe / Abnahme.....	28
5.2	Relevante Beteiligte bei Übergabe / Abnahme	29
5.3	Häufige Probleme / Hindernisse bei Übergabe / Abnahme	29
6	E – Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung)	31
6.1	Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien während Nutzung und Betrieb..	31
6.2	Wichtige Tools / Systeme für Nutzung und Betrieb	32
6.3	Relevante Beteiligte während Nutzung und Betrieb	32
6.4	Häufige Probleme / Hindernisse während Nutzung und Betrieb.....	32
7	F – Potenzial für Nachnutzung.....	35
7.1	Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien für die Nachnutzung.....	35
7.1.1	Wiederverwendungspotential	35
7.1.2	Recyclingpotential	35
7.2	Wichtige Tools / Systeme für die Nachnutzung.....	36
7.3	Relevante Beteiligte für die Nachnutzung.....	36
7.4	Häufige Probleme / Hindernisse in der Rückbauphase	37
8	Bestand.....	39
8.1	Vorerhebungen für die Konzeption.....	39
8.2	Bestandsaufnahme.....	40
8.2.1	Zustand der baulichen Anlagen und Haustechnik.....	40
8.2.2	Digitales Gebäudemodell, BIM.....	40
8.2.3	Materieller Gebäudepass	41
8.3	Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien bei Maßnahmen im Bestand	41
8.4	Umnutzung bzw. Adaptierung	41
8.4.1	Nutzungsanpassung.....	41
8.4.2	Zubau und / oder Aufstockung.....	42
8.5	Erhöhung der Ressourceneffizienz.....	42

8.6	On-Site Wiederverwendung, On-Site Recycling.....	43
8.7	Wertschöpfung bei Rückbau und Abbruch.....	44
8.7.1	Rückbau- und Wertschöpfungskonzept.....	44
8.7.2	Schad- und Störstofferkundung.....	44
8.8	Ausschreibung und Bauherstellung.....	44
8.9	Wichtige Tools / Systeme für die Bestandsaufnahme.....	45
8.10	Relevante Beteiligte bei Maßnahmen im Bestand.....	45
8.11	Häufige Probleme / Hindernisse bei Maßnahmen im Bestand.....	45
9	Betriebswirtschaftliche Bewertung von CE Projekten.....	48
9.1	Allgemeines.....	48
9.2	Dynamische Verfahren.....	48
9.2.1	Die Grundlage dynamischer Verfahren.....	48
9.2.2	Der Barwert der Lebensdauerkosten.....	48
9.2.3	Die dynamische Amortisationszeit.....	52
9.3	Sensitivitätsanalyse.....	52
9.4	Investitionen zu einem Zeitpunkt > 0	53
9.5	Der Restwert.....	53
9.6	Der Restwert in der Kreislaufwirtschaft.....	54
9.7	Die Annuitätenmethode.....	56
9.8	Definition der kalkulatorischen Rahmenbedingungen.....	58
9.8.1	Festlegung des Zinssatzes.....	58
9.8.2	Festlegung der Indexierung.....	59
9.8.3	Relevante ÖNormen.....	59
9.8.4	Berechnungsgrundlagen für eine CE Betrachtung.....	59
10	Die 10 „R“ Strategien der Kreislaufwirtschaft (praktische Beispiele).....	61
11	Chancen der Kreislaufwirtschaft im Hochbau.....	63
12	Hinweise und weiterführende Literatur.....	65
12.1	Vortragende im Modul.....	65
12.2	Werkzeuge und Systeme.....	65
12.3	Relevante Normen, Richtlinien und Leitfäden.....	66
13	Abbildungsverzeichnis.....	70
14	Literaturverzeichnis.....	72
	CHECKLISTE.....	74

Vorwort



1 Vorwort – Denken in Kreisläufen in der Welt von heute

von Manfred Bruck

1.1 Grundlegende Herausforderungen, die unser Handeln bestimmen

1.1.1 Klimarisiken

Der Klimawandel, sowie der Verlust von Biodiversität und inhärenten Ökosystemleistungen, ist die komplexeste Herausforderung, der sich die Menschheit je stellen musste. Nur durch kollektives Handeln kann sie bewältigt werden. In unseren Breiten werden vor allem die Folgen von Starkregen- und Starkwindereignissen sowie Hitzetagen als akute Bedrohungen wahrgenommen. Hier bedarf es sofortiger bzw. kurzfristiger Lösungen im Einklang mit den Gegebenheiten der Natur.

1.1.2 Ressourcenknappheit

Damit im Zusammenhang, aber derzeit noch nicht so direkt fühlbar wie die Extremwetterereignisse, steht das Problem der weltweit zunehmenden Konkurrenz um die Nutzung knapper Ressourcen, wie Frischwasser, Land, Rohstoffe sowie die damit eng verknüpften globalen Umweltprobleme, wie Artensterben, Abholzung und Bodendegradierung sowie das Thema verfügbarer Deponieraum. Eine grundsätzlich neue Raumplanungs-Strategie sowie die Einsparung natürlicher Ressourcen durch weitestgehende Kreislaufwirtschaft = Circular Economy (CE), werden damit ebenfalls zu zentralen Themenstellungen.

1.1.3 Digitalisierung

Die Entwicklung im Bereich Hochbau und ebenso im Bereich Kreislaufwirtschaft ist überaus dynamisch. Laufend entstehen neue Regelungen (Gesetze, Normen etc.), Hard- und Software-Produkte, sowie neue Organisationen. Dazu kommt auch, dass die Projektabwicklung durch die rasante Entwicklung des Building Information Modeling (BIM) und der Gebäudesimulation (Digital Twin) einem schnellen Wandel unterliegt. Gleiches gilt für den Bereich Gebäudeautomation (GA) mit den Schwerpunkten Künstliche Intelligenz im Gebäude und Cybersicherheit. Der vorliegende Bericht über Kreislaufwirtschaft hat daher notwendigerweise den Charakter einer Momentaufnahme und bedarf einer regelmäßigen Aktualisierung.

1.1.4 Beharrungsvermögen gegenüber Veränderungen

Neue Zielsetzungen lösen immer auch Widerstände aus. Das Neue fordert zwingend ein mehr oder weniger ausgeprägtes Aufgeben des eingefahrenen, bisher durchaus bewährten Handelns.

Fehlendes Lebensdauerdenken führt außerdem dazu, dass vor allem „günstiges Bauen“ im Fokus steht. Vor allem dann, wenn Materiallieferschwierigkeiten und Baupreiserhöhungen die Realität prägen.

Derzeit ist eine intensive Umdenk- und Aufbruchsstimmung bei Architekt*innen und Ingenieur*innen, ebenso in Industrie und Gewerbe zu beobachten, wobei sich EU-Projekte wie ein „Neues Europäisches Bauhaus“ als fruchtbar erweisen.

Faktum ist: Je früher die Marktteilnehmer die auf sie zukommenden Herausforderungen erkennen, desto erfolgreicher werden sie das notwendige „Change-Management“ professionell bewältigen.

1.2 Planungsvoraussetzungen

1.2.1 Integrale Planung mit BIM

Der gesamte CE-Prozess sollte als „Integrale Planung“ in einer BIM Umgebung abgewickelt werden. Damit alle Planungsbeteiligten in etwa denselben Wissensstand aufweisen und „dieselbe Sprache sprechen“, sollten sie über entsprechende Qualifikationen verfügen.

Ausbildungen werden von vielen Anbietern angeboten. Entscheidend ist, dass die Programme mehrstufig aufgebaut sind und die Möglichkeit bieten, international anerkannte Zertifikate zu erwerben. Gleiches gilt für die im Rahmen der Planung verwendete BIM-fähigen CAD-Software zur Modellierung objektorientierter Gebäudemodelle.

1.2.2 Anwendung eines materiellen Gebäudepasses

Der materielle Gebäudepass (MGP) dokumentiert die materielle Zusammensetzung eines Bauwerkes. Er gibt quantitative und qualitative Auskunft über alle Baustoffe, deren Massen, Einbauorte, eventuelle Schadstoffbelastungen, Nutzungsdauern, die aktuellen Baustoff-Marktwerte, die verwendeten Füge-techniken sowie die (sortenreine) Trenn- und Rezyklierbarkeit etc. Er bietet damit die Grundlage für eine einfache Kommunikation mit Dritten, wie z.B. Versicherungen, Lieferanten, Abbruchfirmen, Aufsichts- und Sicherheitsbehörden, aber ebenso auch Mietern, Investoren und Gebäudenutzern.

1.2.3 Regulatorische Rahmenbedingungen

Die Gesetzgebung (EU Green Deal und EU-Taxonomie und darauf basierende nationale Gesetze, Verordnungen und Richtlinien) soll und wird dazu führen, dass Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft in allen Wirtschaftsbereichen betriebswirtschaftlich sinnvoll sind. Die CE kann nur dann zu einer allgemein anerkannten und gelebten Strategie werden, wenn die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft über die gesamte Wertschöpfungskette etabliert sind und die Marktteilnehmer damit auch wirtschaftliche Erfolge erzielen.

Um diese Zielsetzungen der CE im Hochbau „umfassender Umweltschutz bei gleichzeitiger betriebswirtschaftlicher Win-win-Situation für alle Beteiligten“ zu erreichen, bedarf es entsprechender regulatorischer Rahmenbedingungen. Erwünschtes Verhalten soll betriebswirtschaftlich vorteilhaft, unerwünschtes Verhalten nachteilig sein.

Kernelemente von Produkten, wie Lebensdauer, Reparaturfähigkeit, Modularität, leicht zerlegbares Design, kreislauffähige schadstofffreie Materialzusammensetzung, Recyclingfähigkeit etc. sollten durch rechtsverbindliche Deklarationen transparent gemacht werden.

Produkte mit entsprechenden Deklarationen, ebenso wie CE relevante Tätigkeiten (z.B. Reparatur-Dienstleistungen) sollten steuerlich begünstigt werden.

Nutzer neuer Geschäftsmodelle („XaaS“, wie in Kapitel 1.4.1 dargestellt) sollten gegenüber möglichen Risiken (z.B. Anbieter Insolvenz) geschützt werden. Gleiches gilt für die Anbieter (Schutz gegen Zahlungsunfähigkeit der Nutzer, Schutz gegen Wertminderung/Beschädigung durch den Nutzer), die Eigentumsrechte des Anbieters müssen zweifelsfrei dokumentiert sein.

1.3 Basisanforderungen

1.3.1 Definition der Zielsetzungen

Die grundlegende Anforderung besteht darin, ein modernes Gebäude nach dem letzten Stand des Wissens zu planen, das gleichermaßen auch den Anforderungen der Kreislaufwirtschaft entspricht.

Die Basisanforderungen, d.h. sowohl qualitative als auch quantitative Zielsetzungen bei der Planung moderner Gebäude im Bereich Wohnen und im Bereich Dienstleistung, kann man z.B. in der jeweils aktuellen Fassung der laufend aktualisierten klimaaktiv-Kriterienkataloge (www.klimaaktiv.at) finden.

Darüber hinaus sind die jeweils aktuellen Assessment-Kriterien von Gebäudebewertungssystemen, wie z.B. DGNB, TQB, klimaaktiv, Level(s), Building Circularity Passport®, BREEAM, LEED etc. hilfreiche Planungsinstrumente.

Alle genannten Unterlagen enthalten zunehmend auch CE Kriterien, setzen jedoch unterschiedliche Schwerpunkte bzw. Anforderungen hinsichtlich kreislaufwirtschaftlicher Maßnahmen.

1.3.2 Definition der Planungsumgebung

Bevor die CE Planungsschritte im Detail behandelt werden, sei noch darauf hingewiesen, dass es von ganz entscheidender Bedeutung ist, am Beginn des Planungsprozesses die Planungsumgebung eindeutig zu definieren, d.h. die verwendete Software und die Spielregeln der Integralen Planung im Projektteam eindeutig festzulegen. Ebenso muss zu Projektbeginn festgelegt werden, ob eine umfassende Gebäudezertifizierung (z.B. DGNB, TQB, klimaaktiv, LEED, BREEAM etc.) angestrebt wird. Auch die Auswahl des projektbegleitenden materiellen Gebäudepasses (d.h. der dafür erforderlichen Softwarelösung) erfolgt zu Beginn des Planungsprozesses.

1.3.3 Dokumentation

Neben einer integralen Planungsumgebung muss auch sichergestellt werden, dass die in BIM gesammelten Unterlagen allen Ansprüchen einer gerichtsfesten Dokumentation (chronologische, eindeutig nachvollziehbare Dokumentation der gesamten Historie von Gebäuden und Anlagen) genügen.

1.3.4 Quartiersbetrachtung

Optimale Lösungen sind oft vor allem im Rahmen von Gebäudeensembles möglich. Dies betrifft v.a. folgende Bereiche:

- Einsatz erneuerbarer Energien (PV, Niedertemperaturwärmequellen, ...);
- Optimale Energie- bzw. Exergie-Wirkungsgrade (Low-Ex- Systeme) für Wärme- und Kälte-Bereitstellung (Kühlung mit minimalem Einsatz an elektrischer Energie);
- Kraft-Wärme-Kopplung;
- Wärmerückgewinnung;
- Wasserrückgewinnung;

- kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Stromnetzen, Strom-Speichern, Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln (Gebäudebestand als virtuelle Regelenergieserve, Micro Grids und Smart Grids);
- Starkregenschutzmaßnahmen.

Im Rahmen der Quartiersbetrachtung sind die entstehenden Stoffströme, welche im urbanen Raum äußerst komplex sind, zu betrachten und effektiv zu planen. Die negativen Auswirkungen von Stoffströmen sind zu minimieren. Das Ziel ist es, die Stoffströme zu Schließen und eine Kreislaufführung von Materialien, Wasser, Energie und Abfälle für das Quartier und für die Gebäude übergeordnet zu generieren.

1.4 Ökonomische Betrachtung

1.4.1 Anwendung neuer Geschäftsmodelle

Unter dem Begriff „Betreibermodell“ halten „...as a Service“ Konzepte (auch als „XaaS“ Modelle bezeichnet) zunehmend Einzug in alle Bereiche des Hochbaues, von der Gebäudehülle über die Haustechnik bis hin zum Innenausbau.

Es handelt sich dabei um Dienstleistungsmodelle, welche die „Zur-Verfügung-Stellung“ von Produkten und Leistungen (Herstellung, Planung, Produktauswahl, Projektsteuerung, Montage, Umrüstung und Wartung, Rückbau, Entsorgung) umfassen. Der externe Dienstleister verfügt über die komplette Lebenszyklus-Kompetenz und schließt den Materialkreislauf, wobei das Produkt im Eigentum des Dienstleisters verbleibt.

1.4.2 Betriebswirtschaftliche Verwertung

Wenn auch die Gesetzgebung (EU Green Deal) darauf abzielt, dass Ressourcenschonung und Kreislaufwirtschaft in allen Wirtschaftsbereichen zu Win-win-Situationen für alle Stakeholder führen, so ist die konkrete betriebswirtschaftliche Bewertung von CE Planungen im Hochbau derzeit noch eine besonders schwierige Herausforderung.

Die Ressourcenknappheit führt tendenziell zu steigenden Rohstoffpreisen, was bedeutet, dass der materielle Wert der verbauten Materialien zunimmt (zunehmende Restwerte). Angesichts des Umstandes, dass der Materialkostenanteil im Hochbau rund 20% und im Ausbau ca. 45% beträgt, wird klar, dass dieser Effekt das Fundament für den betriebswirtschaftlichen Langzeit-Erfolg der Kreislaufwirtschaft bildet. Vor allem dann, und das ist ein sehr realistisches Szenario, wenn zwar die Materialkosten grundsätzlich stärker steigen als das BIP, aber innerhalb dieser Stoffgruppe die Kosten der Primärmaterialien noch wesentlich stärker als die der (Recycling-) Stoffe aus den CE Stoffkreisläufen.

Steigende Materialkosten bedeuten jedoch nicht zwingend, dass das Bauen teurer wird, da kostensenkende Elemente, wie z.B. Vorfertigung, Modulbauweise, serielle Bauweise etc. eine wesentliche preisdämpfende Wirkung aufweisen. Im Abschnitt Betriebswirtschaftliche Bewertung werden Grundbegriffe (Barwert, Restwert, Annuität, Amortisation) und ihre Anwendung inkl. eines einfachen CE Beispiels dargestellt.

1.5 Der Leitfaden

Dieser Leitfaden gibt kompakte Information zu den Anforderungen sowie zur Planung und Umsetzung kreislauffähiger Hochbauten. Entsprechend der EU-Bauprodukteverordnung¹ (EU-BauPVO) beinhaltet die Grundanforderung an Bauwerke (Punkt: Nachhaltige Nutzung der natürlichen Ressourcen) folgendes:

- „a) Das Bauwerk, seine Baustoffe und Teile müssen nach dem Abriss wiederverwendet oder recycelt werden können;
- b) Das Bauwerk muss dauerhaft sein;
- c) Für das Bauwerk müssen umweltverträgliche Rohstoffe und Sekundärbaustoffe verwendet werden.“

Der Leitfaden gliedert sich in für Hochbauten relevante Phasen und soll darauf aufbauend wichtige praxisrelevante Fragestellungen für die einzelnen Abschnitte beantworten:

- A - Planungsphase
- B - Ausschreibung und Vergabe
- C - Bauphase (Errichtung)
- D - Übergabe / Abnahme
- E - Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung)
- F - Potential für Wiederverwendung und Recycling / Rückbau

Außerdem werden Anforderungen und Strategien zu Bestandsbauten und die Betriebswirtschaftliche Bewertung behandelt. Eine Checkliste am Ende dient als Hilfestellung zur Umsetzung kreislaufwirtschaftlicher Zielsetzungen.

¹ Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten

A - Planungsphase



2 A – Planungsphase

Der größte Anteil zur Einflussnahme auf die Kreislauffähigkeit von Bauwerken liegt in der Konzeption und Planungsphase und nimmt in den weiteren Phasen maßgeblich ab. In der Planungsvorbereitung ist auf die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft² einzugehen, die Zielsetzungen und deren Kriterien sind festzulegen. Die Rahmenbedingungen für ein interdisziplinäres Team sowie eine Projektstruktur und -organisation, die auf Transparenz und Offenheit basiert, sind einzuführen und die notwendigen Voraussetzungen für eine integrale Arbeitsumgebung (inkl. Softwareentscheidungen) zu schaffen. Ein verpflichtendes Gerüst der Qualitätskontrolle ist zu definieren und zu dokumentieren und regelmäßig zu evaluieren. Einer Festlegung von Mess- und Kenngrößen kommt hier besondere Bedeutung zu, um die Umsetzung der Kreislaufwirtschaftsziele in den weiteren Projektschritten kontrollieren zu können.

2.1 Wichtige kreislaufwirtschaftliche Designprinzipien in der Planungsphase

Das kreislaufgerechte Bauen muss dauerhafter Bestandteil des Entwerfens in der Architektur und im Ingenieurwesen werden. Das kreislaufgerechte Bauen ist eine neue baukonstruktive Aufgabe. Es ist kein neuer Baustil, sondern eine Grundvoraussetzung, wie Gebäude heute und zukünftig zu konstruieren sind. Viele erprobte Detaillösungen, die heute standardmäßig umgesetzt werden, sind neu zu entwickeln. Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung bedeuten, mit einer kreislauffähigen Designstrategie effektive Lösungen für die heutigen und zukünftigen Umweltprobleme zu liefern und unsere Gebäude und Städte nach kreislauffähigen Parametern zu gestalten.

2.1.1 Schließen von Ressourcenkreisläufen, Werterhaltung von kreislaufgerechten Materialien

Ziel ist es, die Extraktion von Primärressourcen zu vermeiden und **Sekundärressourcen** zu verwenden. Stoffe sollen in mindestens gleichbleibender Qualität rückgewonnen bzw. wiederverwendet oder rezykliert werden können. **Höchstmöglicher Werterhalt** ist die Bedingung. Abfallaufkommen, Deponierung sowie Luft- und Wasserverschmutzung sollen hintangehalten und der notwendige Verbrauch fossiler Energieträger eliminiert werden. Schadstoffe in Materialien sind in der Planungsphase frühzeitig auszuschließen oder in einem Materiellen Gebäudepass (MGP) zu dokumentieren.^{3,4,5}

Folgende Maßnahmen müssen bereits in der Planungsphase berücksichtigt bzw. umgesetzt werden:

- I. Informationseinholung über Verfügbarkeit von Sekundärmaterialien und Komponenten, sowie deren Beschaffungsmöglichkeit und Transportwege. Die Prüfung der Markt-Verfügbarkeit kreislaufgerechter Materialien, Verbindungstechniken etc. ist ein Schlüsselement der Planung / Ausschreibung.

² Europäische Kommission (2020). *Ein neuer Aktionsplan für die Kreislaufwirtschaft. Für ein sauberes und wettbewerbsfähiges Europa*. COM(2020) 98 final.

³ Ellen MacArthur Foundation, Granta Design (2019)

⁴ EPEA GmbH - Part of Drees & Sommer (2021)

⁵ Europäische Kommission (2020a)

II. Einplanung ökologischer und recyclingfähiger Materialien^{6,7,8}, wie:

- a) erneuerbare Rohstoffe und Materialien aus nachhaltiger Herkunft und Produktion;
- b) lokal verfügbare Materialien (Steigerung der lokalen Wertschöpfungskette und Vermeidung von Transportwegen);
- c) schadstofffreie Materialkomponenten, nicht toxische Inhaltsstoffe (z.B. Limits für TVOC-Gehalt, krebserregende und erbgutveränderte Substanzen).

(Kritische Produkte sind in der Regel: Dämmstoffe, Montageschäume, Beton-Zusatzstoffe, Holzwerkstoffe, bitumenhaltige Produkte, Beschichtungen und Abdichtungssysteme, Dichtstoffe und Dichtmittel, Klebstoffe, Farben & Lacke, Kunststoffe, Epoxidharz-Produkte, Polyurethan-Produkte.

Diesbezügliche Informationsquellen: Environmental Product Declaration (EPD), Technische Merkblätter, Sicherheitsdatenblätter, Emissionsprüfzeugnisse, Umweltlabels, Bauchemische Analysen etc.)

- d) recyclebare bzw. ohne Qualitätsverlust recyclebare Materialien (Vermeidung von „Downcycling“);
- e) Bevorzugung sortenreiner Baustoffe, Vermeidung von Kompositbaustoffen.

Eine energetische Verwertung von Materialien kann dann vertreten werden, wenn andere Verwertungs-, Recycling- bzw. Entsorgungswege höhere Umweltauswirkungen haben.

III. Dokumentation von Materialien, Produkten und Komponenten im BIM-Modell und in einem materiellen Gebäudepass (MGP)⁹, um Information in den anschließenden Phasen verfügbar zu machen.

IV. Erstellen eines ersten Nutzungs-, Wartungs-, Rückbau-, Recycling- bzw. Verwertungskonzeptes.

V. Planung von Wasserkaskaden und Wasseraufbereitungssystemen:

- a) Regenwasserretention;
- b) Regenwasser- und Brauchwasseraufbereitung und Wiederverwendung¹⁰ für z.B. Toilettenspülung, Waschmaschine, Gartenbewässerung;
- c) entsprechende Auslegung der Haustechnikplanung, effiziente Wasserbewirtschaftung.

2.1.2 Lebensdauer verlängern / Dauerhaftigkeit

Ziel ist es, durch Erhaltungs- und Adaptierungsmaßnahmen an Hochbauwerken, Bauteilen und Komponenten, **frühzeitigen Abbruch / Rückbau zu vermeiden**. Voraussetzung ist die Demontierbarkeit bzw. Adaptierbarkeit der Konstruktionen. Dadurch können bereits verbaute

⁶ Cradle to Cradle Certified®. Online unter: <https://www.c2ccertified.org/get-certified/cradle-to-cradle-certified-version-4>, abgerufen am 15.01.2022

⁷ IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie. Passivhaus Bauteilkatalog. Online unter: <https://www.baubook.at/>

⁸ Building Material Scout GmbH. Online unter: <https://building-material-scout.com/>

⁹ Kovacic et al. (2019)

¹⁰ Atanasova et al. (2021)

Materialien und Konstruktionen länger erhalten bleiben und weiterer Ressourcenverbrauch und daraus resultierende Umweltbelastungen hintangehalten werden.^{11,12,13}

Folgende Maßnahmen müssen dahingehend umgesetzt werden:

- I. Der Erhalt der Bausubstanz ist oberste Priorität. Eine flexible Gestaltung der Grundrisse ist gefordert, um die Anpassbarkeit für aktuelle und spätere Bedürfnisse der Nutzer, Nutzungsänderungen oder kollaborative Nutzung zu ermöglichen.
- II. Planung reparierfähiger und wartungsfreundlicher Bauteile durch:
 - a) zugängliche Leitungen, Haustechnikkomponenten und Schächte;
 - b) mögliche Systemtrennung (Leitungen in tragender Bausubstanz vermeiden, unterschiedliche Lebensdauern einzelner Bauteilschichten und Komponenten berücksichtigen).
 - c) Verringerung der Design Komplexität:
 - Minimierung der Anzahl und Typen;
 - Verwendung von modularen und / oder vorgefertigten Komponenten;
 - einfach lösbare Füge-Techniken für leichte Montage und Demontage.
- III. Förderung eines gesunden Innenraumklimas und des Wohlbefindens durch bedarfsgerechte Planung, sowie Anwendung von Gebäudesimulation. (Das Gebäude muss die Bedürfnisse der Nutzer*innen befriedigen, um einen schonenden Umgang mit der Bausubstanz und ein nachhaltiges Verhalten zu ermöglichen.)
- IV. Betrachtung und Einbezug der Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten bei der Wahl der Design- bzw. Konstruktionsvariante.¹⁴
- V. Planung und Berücksichtigung von möglichen Nachnutzungskonzepten und Dokumentation dieser Konzepte.
- VI. Planung eines zerstörungsfreien Rückbaus nach Nutzungs- bzw. Lebensende („Design for Disassembly“) unter der Berücksichtigung von:
 - a) Montageablauf, -reihenfolge;
 - b) Verbindungsart und -technik für reversible Verbindungen;
 - c) mechanischer statt chemischer Verbindungen, um eine sortenreine Trennung zu ermöglichen.Durch die Rückbaubarkeit können „Werte“ für den Eigentümer nutzbar gemacht werden (Total Cost of Ownership wird verringert und ein Marktwert wird geschaffen).¹⁵
- VII.** Maßnahmen zur Klimawandelanpassung bzw. Erhöhung der Resilienz der Bausubstanz gegenüber höheren Temperaturen, Starkregen- und Starkwind-Ereignissen etc.

¹¹ Ellen MacArthur Foundation, Granta Design (2019)

¹² Europäische Kommission (2020a, 9ff.)

¹³ EPEA GmbH - Part of Drees & Sommer (2021)

¹⁴ Dodd et al. (20ff.)

¹⁵ In der Arbeit Vliet, M. & Teunizen, J. (2021). Circular Buildings Meetmethodtek Loosmaakbaarheid. Versie 2.0 (<https://www.dgbc.nl/publicaties/circular-buldings-eeen-meetmethodtek-voor-losmaakbaarheid-v20-41>) wird ein Verfahren zur Quantifizierung der Material-Trennbarkeit von Bauteilen vorgeschlagen. Diese Methode kam auch in der Master Thesis von Kindermann, M. (2021) zur Anwendung.

2.1.3 Minimierung von negativen Umweltauswirkungen, Abfallvermeidung

Ziel ist es, jegliche Form von Abfall und Emissionen zu vermeiden bzw. durch kreislaufgerechtes Design erst gar nicht entstehen zu lassen. Abfall, der durch das Ende der Nutzungs- bzw. Lebensdauer entsteht, soll als Rohstoff für weitere **technische oder biologische Kreisläufe** dienen.^{16,17,18}

Folgende Maßnahmen müssen umgesetzt werden:

I. In der Projektentwicklung sind folgende Möglichkeiten nach nachfolgender Hierarchie zu überprüfen:^{19,20}

- 1) Nutzung bestehender Bauwerke und Infrastruktur (Umnutzung, Sanierung, intensivere Nutzung, Verdichtung oder Umbau statt Abbruch);
- 2) Nutzung bestehender Bauwerksteile und Komponenten vor Ort;
- 3) Optionen zur externen Verwendung bestehender Bauwerksteile und Komponenten;
- 4) Vor-Ort-Recycling von Materialien bestehender Bauwerke und Infrastruktur (jedoch unter Bewertung der Umweltwirkungen dieser Maßnahmen);
- 5) Optionen zu externem Recycling von Materialien bestehender Bauwerke und Infrastruktur.

II. Ressourceneffizienz²¹ durch integrale Planung unter Berücksichtigung von:

a) Energieeffizienz z.B. durch:²²

- Effiziente technische Gebäudeausrüstung (hohe Energie- bzw. Exergie-Wirkungsgrade, kombinierte Wärme- und Stromerzeugung, PV, Gebäudeautomation) und externes Monitoring;
- Energieeinsparung durch passive Maßnahmen (außenliegende Verschattung, Nachtlüftung, effiziente Gebäudehülle etc.);
- Verwendung erneuerbarer Energiequellen und Abwärme;
- Optimale Nutzung von Tageslicht und Sonneneinstrahlung (z.B. durch Baukörperform und -ausrichtung, Fensterflächenanteil pro Ausrichtung und Nutzung etc.).

b) Materialeffizienz z.B. durch:²³

- Reduzierung der grauen Energie;
- Verwendung von kreislauffähigen Materialien und Komponenten;
- Verlängerung der Lebensdauer von Bauwerken und Bauteilen.

¹⁶ EPEA GmbH - Part of Drees & Sommer (2021)

¹⁷ Ellen MacArthur Foundation, Granta Design (2019)

¹⁸ Europäische Kommission (2020a)

¹⁹ Pullen et al. (2012, pp. 5–6)

²⁰ TU Wien, Forschungsbereich Ecodesign (2020, 12)

²¹ VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2019, p. 14)

²² ebd. (2019, p. 16)

²³ ebd. (2019, p. 15)

c) Flächeneffizienz, Nutzungseffizienz z.B. durch:²⁴

- Geringerer Flächenverbrauch durch flexible und kompakte Grundrissplanung;
- Nutzung bestehender Infrastruktur und Flächen;
- Möglichkeiten zur Nachverdichtung;
- Nachhaltige Mobilitätskonzepte auf Gebäude- und Quartiersebene (öffentliche Verkehrsanbindung, Ausbau für Fahrräder, Car-Sharing, Car-Pooling etc.).

2.1.4 Erhöhung der Nutzungsintensität

Ziel ist es, die Effizienz eingesetzter Ressourcen durch deren **intensivere Nutzung**²⁵ zu erhöhen sowie ein Einsatz von Systemen und Komponenten, die eine erweiterte Herstellerverantwortung bzw. Rücknahmesysteme erlauben. Bleiben Hersteller*innen Eigentümer ihrer Produkte und bieten stattdessen ihre **Produkte als Service bzw. Dienstleistung** an, haben diese Interesse an einer langen Lebensdauer und hoher Ressourceneffizienz ihrer Produkte.

Diese Services und Dienste müssen in Geschäftsmodellen, die der Kreislaufwirtschaft dienlich sind, verfügbar gemacht werden²⁶, wie:

- I. As-a-Service-Modelle (für z.B. Gebäude- und Bauteilkomponenten, Energieversorgung, Innenausstattung, Beleuchtung etc.). Bereits in der Konzeption / Planung ist zu prüfen, welche Produkte bzw. Dienstleistungen im Rahmen von „as a Service“ (XaaS) Modellen aktuell angeboten werden.
- II. Sharing-Modelle (z.B. alternative Nutzungskonzepte, Co-Working Spaces, Desk-Sharing, Car-Sharing, Car-Pooling, Sharing-Plattformen, ...)
- III. Leasing (Nutzungsüberlassungsvertrag)

2.1.5 Berücksichtigung und Bewertung der Auswirkungen in allen Lebensphasen und Nutzungszyklen

Ziel ist die Berücksichtigung der Auswirkungen aller Material- und Energieflüsse und Prozesse, genauer gesagt deren Umweltwirkungen in den einzelnen Lebensphasen und allen Nutzungszyklen.²⁷ Eine phasenübergreifende Optimierung bzw. die **Vermeidung der Verlagerung der Umweltlasten** zwischen den einzelnen Phasen ist anzustreben. Die Vermeidung der Verlagerung von Umweltlasten bedeutet, dass eine Reduktion von negativen Auswirkungen in einer Phase des Lebenszyklus, keinen Anstieg der Belastungen in einer anderen Phase zur Folge haben darf. Für Hochbauwerke können diese Phasen der Betrachtung eingeteilt werden in:

- a) Konzeption, Design, Planung
- b) Herstellung (Produktion inkl. Rohstoffgewinnung) bzw. Errichtung, Transport
- c) Nutzung und Betrieb (inkl. Instandhaltung, Umbau, Renovierung)
- d) Abbruch, Rückbau
- e) Wiederverwendung, Recycling, Entsorgung

²⁴ VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2019, p. 16)

²⁵ EPEA GmbH - Part of Drees & Sommer (2021)

²⁶ Fasko (2015, p. 20)

²⁷ Braune et al. (2018)

Bewertungen können erfolgen durch:

- I. Lebenszyklusanalyse²⁸ (Life Cycle Assessment, LCA) bzw. Ökobilanzen, Umwelt-Produktdeklarationen = Environmental Product Declarations²⁹ (EPDs) etc.: Analyse von Umweltauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus und Berücksichtigung aller Lieferketten.
- II. Lebenszykluskostenanalyse (Life Cycle Costing, LCC): Betrachtung aller Kosten und Nutzen (entspricht negativen Kosten)³⁰, die im Verlauf aller Lebensphasen anfallen. Diese beinhalten auch die Reduktion von CO₂äquiv.-Emissionen bzw. eine Bepreisung von CO₂äquiv.-Emissionen sowie Kosten für verbesserten Nutzungskomfort, (zukünftige) Entsorgungskosten, Gewinn aus sortenrein rückbaubaren Sekundärstoffen etc.
- III. Produktbezogene Sozialbilanz (Social Life Cycle Analysis, SLCA): Bewertung von sozioökonomischen Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten;
- IV. Einpreisung der grauen Energie durch Bewertung der CO₂äquiv.-Emissionen des Neumaterials im Gegensatz zum Reuse- / Recycle-Bauteil;
- V. Einpreisung der Vermeidung von CO₂äquiv.-Emissionen als Mittel zur Reduktion;
- VI. Analyse inwiefern die Lebensdauer spezifischer Konstruktionen Auswirkungen auf die Ökobilanz hat.

2.1.6 Förderung der Biodiversität und Regeneration natürlicher Ökosysteme

Ziel ist es, die **ökologischen Funktionen und Produktivität von Ökosystemen** durch eine biologisch reichhaltige Vielfalt zu erhalten bzw. (soweit möglich) wiederherzustellen.^{31,32} Funktionierende Ökosysteme sind die Basis des menschlichen und gesellschaftlichen Wohlergehens. Das Grün bringt eine Bereicherung des Wohnumfelds und lässt neue Gemeinschaften (v.a. in der Stadt) entstehen.

Folgende Maßnahmen müssen umgesetzt werden:

- I. Einsatz von naturbasierten Lösungen (Nature-Based Solutions (NBS)), d.h. von der Natur inspirierte und unterstützte Lösungen. Diese bringen Ökosystemleistungen in die gebaute Umwelt, bieten ökologische, soziale und wirtschaftliche Vorteile und tragen zur Resilienz von Bauten bei.

Zu den Ökosystemleistungen zählen u.a.:³³

- a) Produkte, die aus Ökosystemen gewonnen werden, wie Nahrungsmittel, Wasser, Holz/Rohstoffe, Energieträger etc.
- b) Nutzen, der aus der Regulierung der Ökosysteme entsteht, wie Reinigung von Luft und Wasser, Klimaregulierung, Minderung von Überschwemmungen, Erosionsschutz;
- c) Nicht-materieller Nutzen der durch Ökosysteme gewonnen wird, wie die Erfüllung ästhetischer, spiritueller und intellektueller Bedürfnisse, Erholung, kulturelles Erbe;

²⁸ Normen ISO 14040: *Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen* und ISO 14044: *Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen*

²⁹ Bau-EPD GmbH (Österreich). Online unter: <https://www.bau-epd.at/>

³⁰ Europäische Kommission (2020a)

³¹ Ellen MacArthur Foundation, Granta Design (2019)

³² EPEA GmbH - Part of Drees & Sommer (2021)

³³ Umweltdachverband (o.J.)

- d) Leistungen, die für die Produktion aller anderen Ökosystemleistungen benötigt werden, wie Bestäubung, Primärproduktion, Bodenbildung, Nährstoffkreisläufe.

Naturbasierte Lösungen in der gebauten Umwelt³⁴ sind:

- a) Dach- und Fassadenbegrünungen (z.B. potenziell in Kombination mit Photovoltaik)
- b) Urban Gardening, Gärten und Grünflächen für landwirtschaftliche Nutzung in städtischen Gebieten, z.B. Gemeinschafts- und Nachbarschaftsgärten, Schulgärten, Dachgärten etc.
- c) Grüne Infrastruktur für Regenwassermanagement;
- d) Grünflächen zu Erholungszwecken;
- e) Ökologische Sanitärversorgung³⁵ ist die Aufbereitung von häuslichen Abwässern und Fäkalien zur Rückgewinnung von:
 - darin enthaltener Nährstoffe als Düngemittel,
 - Phosphor,
 - Wasser für die Bewässerung,
 - Energie durch anaerobe Vergärung (z.B. Biogas) und
 - Minimierung der Verschmutzung von und Einschleppung von Krankheitserregern in Oberflächen- und Grundwässer.
- f) Naturnahe Umgebungsflächen³⁶
 - Baumpflanzungen, Sträucher, Wildhecken, Insektenbehausungen, blumenreiche Wiesen;
 - Grünflächen an Dach und Fassade zur Förderung der Artenvielfalt und zur Nahrungsmittelversorgung von Insekten und Schmetterlingen;
 - Wege und Parkplätze mit durchlässigen, unversiegelten Oberflächen (Rasengittersteine, Splitt etc.);
 - Beleuchtungsmaßnahmen (z.B. Nachtabstaltung), die die Tierwelt nicht beeinträchtigen.

II. Nicht invasive einheimische und dem zukünftigen Klima angepasste Bepflanzung.

2.1.7 Neue Planungsabläufe und Kollaboration

Ziel ist es, dass alle Stakeholder **entlang der Wertschöpfungskette zusammenarbeiten**, um die kreislaufwirtschaftlichen Ziele zu erreichen (durch integrale Planung, vorzugsweise in einer BIM Umgebung). Transparenz und gegenseitige Unterstützung unter den Projektpartnern ist Voraussetzung. Neue Formen der Zusammenarbeit (Kollaboration, Co-Creation etc.) und strukturelle Veränderungen der aktuellen linearen Wirtschaftsweise sind ebenso notwendig.

Zu erwähnen ist dabei, dass digitale und Online-Tools, Cloudsysteme und kollaborative Softwareumgebungen Ansprüche an Sicherheit bzw. Cybersicherheit erfüllen müssen.

³⁴ Atanasova et al. (2021)

³⁵ Langergraber and Muellegger (2005)

³⁶ Sutter (2019)

- I. Verwendung digitaler Planungswerkzeuge, um notwendige Informationen und Daten in Bezug auf den Lebenszyklus abzubilden.³⁷
- II. Planer*innen arbeiten bereits in der Konzeption mit Hersteller*innen und Lieferant*innen, sowie Produktservicedienstleister*innen³⁸ zusammen.
- III. Bereits in der Planungsphase wird nach verfügbaren Bauteilen und Materialien gesucht und kooperative, regionale Wertschöpfungsketten involviert.
- IV. Nur Materialien und Komponenten, die in den technologischen oder biologischen Kreislauf rückgeführt werden können, werden eingeplant.
- V. Materialien und Komponenten, für die bereits eine funktionierende „Rückwärtslogistik“ vorhanden ist (also Transportprozesse zum Zweck der Wiederaufbereitung und somit auch mögliche Wiederaufbereitungstechnologien), werden bevorzugt.
- VI. Kreislauffähige Konstruktionen sowie die dazu ausgewählten Verbindungstechniken werden in der Planung definiert und für das jeweilige Bauteil festgelegt.

2.2 Wichtige Tools / Systeme in der Planungsphase

- Building Information Modelling (BIM), digitales Dokumentenmanagement;
- Materieller Gebäudepass (MGP, z.B. Madaster, Building Circularity Passport®);
- Bauteilkataloge;
- Lebenszyklusanalyse, Lebenszykluskostenanalyse;
- Dynamische Gebäudesimulation und Anlagensimulation;
- Bewertung der Kreislauffähigkeit und Transformation durch Kreislaufindikatoren oder nachhaltige Gebäudebewertungssysteme.

2.3 Relevante Beteiligte in der Planungsphase

- I. Eigentümer*innen, Auftraggeber*innen, Investor*innen³⁹
 - Bekennung zur Planung und Ausführung eines kreislaufgerechten Gebäudes;
 - Festlegung der kreislaufwirtschaftlichen Zielsetzungen aller Leistungsphasen;
 - Förderung der optimalen Nutzung von Gebäuden durch Service-Modelle (Produktdienstleistungssysteme) bzw. alternativer Nutzungskonzepte;
 - Vertragliche Vereinbarungen zur Rückgabe nicht verwendeter Elemente und Komponenten an Anbieter;
 - Bewertung von flexiblen Nutzungs- und Umnutzungsszenarien im Innen- und Außenraum;
 - Bewertung von zukünftigen Risiken und Schwierigkeiten beim Rückbau;
 - Berücksichtigung des Restwertes von Gebäuden und deren Komponenten (z.B. Ermöglichung der Einsparung von Hypotheken und Geldflüssen);
 - Umsetzung von Kreislaufmaßnahmen (z.B. Verwendung von Sekundärmaterialien und -bauteilen, Nutzung von Regenwasser und Grauwasser, ...) führen zu Bonuspunkten bei nachhaltigen Gebäudebewertungssystemen (z.B. DGNB, klimaaktiv, TQB, Level(s), BREEAM, LEED etc.).

³⁷ Kovacic et al. (2019)

³⁸ Carra and Magdani (2016, 36ff.)

³⁹ Europäische Kommission (2020a, 10ff.)

II. Architekt*innen, Planer*innen, Fachplaner*innen für das kreislauffähige Bauen

- Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Zielsetzungen in Konzeption und Design;
- Ausbildung und Weiterbildung zum Thema zirkuläres Immobiliendesign;
- Übermittlung von Informationen zur Erstellung eines Materiellen Gebäudepasses (z.B. Madaster, Building Circularity Passport®) an die Verantwortlichen.

III. Projektentwickler*innen, Projektsteuer*innen⁴⁰

- Prüfung der Umsetzung der festgelegten kreislaufwirtschaftlichen Zielsetzungen;
- Einführung von Indikatoren in das bestehende Managementsystem, um die Erreichung der Anforderungen festzustellen;
- Umsetzung eines Materiellen Gebäudepasses (z.B. Building Circularity Passport®, Madaster).

IV. Gesetzgeber*innen, Fördergeber*innen

Vorgaben zur Integration bzw. Umsetzung der Kreislaufprinzipien im Lebenszyklus.

V. Anbieter*innen von nachhaltigen Gebäude- bzw. Produktbewertungssystemen, bzw. Planer*innen mit Kenntnissen über:

- DGNB, klimaaktiv, TQB, Level(s), BREEAM, LEED, ...
- Cradle to Cradle certified®

VI. Rückbau- und Recyclingunternehmen

- Definition von Rückbau- und Recyclingeigenschaften;
- Möglichkeiten von Rücknahme- und Recyclingvereinbarungen.

VII. Anbieter*innen, die als zentrale Beschaffer*innen / Vermittler*innen kreislaufgerechter Materialien fungieren

2.4 Häufige Probleme / Hindernisse in der Planungsphase

Mangelndes Wissen über kreislaufwirtschaftliche Aspekte

Hinsichtlich:

- Integrale Planung in BIM Umgebung,
- Schaffung eines gesamtheitlichen kreislauffähigen Konzeptes für das Quartier, das Gebäude und die Nutzungsphasen,
- Umsetzung von kreislaufgerechten Maßnahmen am Standort und Gebäude,
- Aktuelle Naturgefahren und Gegebenheiten am Standort,
- Erstellung von Bauteilkatalogen mit kreislaufspezifischen Parametern,
- Kreislauffähige Designanforderungen und Strategien,
- Planung und Optimierung eines Stoffstrommanagements,
- Kenntnisse zu Materialien und Schadstoffen,
- Angebot kreislaufgerechter Materialien, Bauteilen etc.,
- Schaffung einer gesunden Innenraumluftqualität,

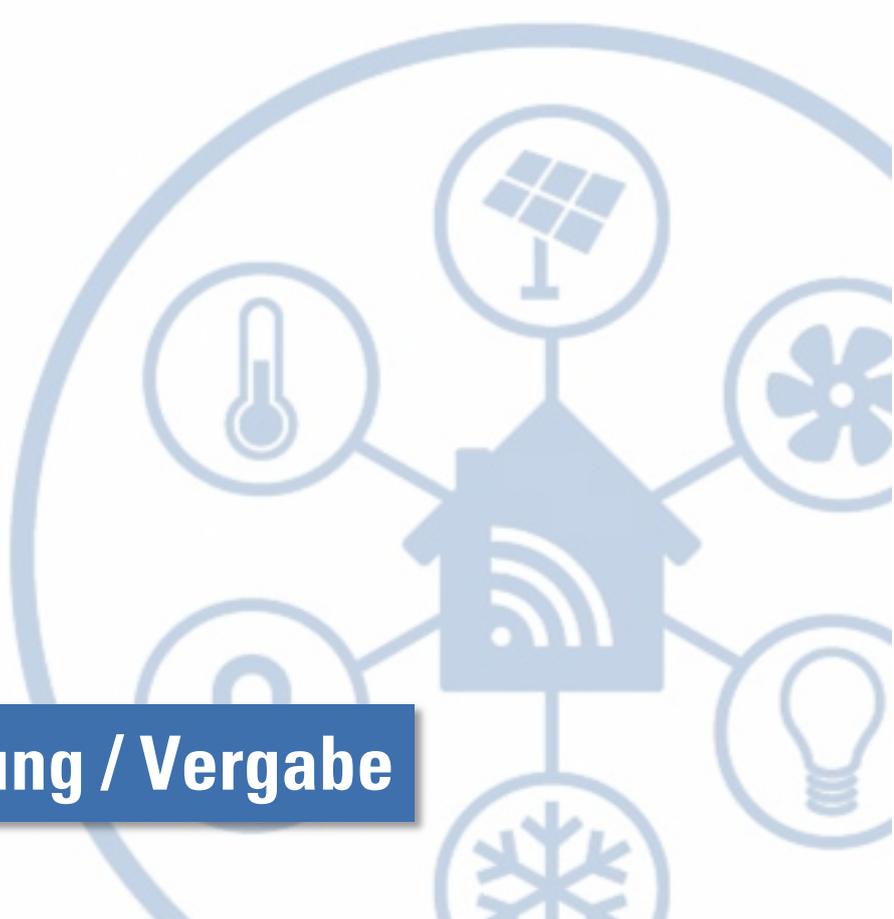
⁴⁰ Europäische Kommission (2020a, 10ff.)

- Modulare Gestaltung von Bauteilen,
- Reversible Verbindungstechniken,
- Zirkuläre Konstruktionstechniken und Bauausführungsprozesse,
- Zukünftige Recyclingpotentiale von Materialien, Komponenten und Bauwerken,
- Beisteuerung der elementaren Informationen für die Erstellung eines Gebäudepasses,
- Wissenstransfer zwischen Planenden, Fachbeteiligten, Handwerkern und Bauleitern,
- Wirtschaftlicher Modelle.

Entsprechende Ausbildungen in Schulen und Universitäten und Weiterbildung in Aufbaumodulen bei den Kammern, Standes- bzw. Berufsvertretungen müssen angeboten werden, um nachhaltig die Qualitätssicherung zu gewährleisten.

Fehlende Lebenszyklusbetrachtung

Eine Betrachtung des Lebenszyklus und die Erfassung von ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der Entwurfsvarianten können ein besseres Verständnis über die Kreislauffähigkeit des Designs bzw. des Bestandes bringen. Wichtig ist hier auch die Erarbeitung neuer Planungsabläufe, integrale Planung sowie sorgfältige und vorrausschauende Dokumentation zum Erhalt und Weitergabe relevanter Informationen an die Stakeholder.



B – Ausschreibung / Vergabe

3 B – Ausschreibung und Vergabe

Die Ausschreibungsphase legt u.a. Rahmenbedingungen für die kreislaufwirtschaftlich optimierte Bauausführung, den Betrieb und Rückbau fest. Diese Phase bestimmt auch die Entwicklung für zukünftige Kosten betreffend Wartung und Instandhaltung, Reparatur und stoffliche Verwertung, je nach in der Ausschreibung definierten Kriterien und Geschäftsmodellen. Die Ausschreibung und Vergabe ist daher ein wesentlicher Baustein zur Erreichung der kreislaufwirtschaftlichen Zielsetzungen.

3.1 Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien in Ausschreibung / Vergabe

Die Anforderungen der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien aus der Planung und die Planungsziele sind in eine eindeutige Leistungsbeschreibung und einen rechtssicheren Bauvertrag zu fassen und vertraglich festzulegen.

Nicht nur der Preis soll das einzige relevante Bestbieterkriterium für die Vergabe von Bauaufträgen sein. Vielmehr sollte der Zuschlag an den Bestbieter durch folgende Kriterien bestimmt werden:

- I. Allgemeine Vorbemerkungen zu den Bewertungskriterien
- II. Definierte Eignungskriterien der Bieter
- III. Funktionale Vergabekriterien
- IV. Spezifische Bewertungskriterien
- V. Spezielle Ausschreibungskriterien für den selektiven Rückbau

Eine entsprechende Bewertungsmatrix zur Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien ist entscheidend. Nachfolgend werden die oben aufgezählten Bewertungskriterien (gültig für Neubau und Sanierung) im Detail erläutert:

- I. Allgemeine Vorbemerkungen zu den Bewertungskriterien

In die allgemeinen Vorbemerkungen sind die kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien mit passenden Formulierungen bzw. rechtlich verbindlichen Bestimmungen zu integrieren. Diese sollten im Detail folgende Kriterien beinhalten:⁴¹

- a) Berücksichtigung technischer Aspekte im Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft, wie Rückbaufähigkeit, Dauerhaftigkeit, Reparierbarkeit, Instandhaltungsfreundlichkeit usw.;
- b) Allgemein gültige Anforderungen an die Gesundheits- und Umweltverträglichkeit von Bauweisen, Bauprodukten und Baustoffen;
- c) Spezifische Anforderungen an die Bauprodukte betreffend Kreislauffähigkeit;
- d) Anforderungen an die Produktherkunft-Regionalität;
- e) Förderung von monomateriellen Bauweisen;
- f) Anforderungen an die Baugrunderschließung;
- g) On-Site-Verwertung des Bodenaushubes;
- h) On-Site Recycling und Wiederverwendung;
- i) Anforderungen an die Steigerung der Ressourceneffizienz und Minimierung des Ressourcenverbrauchs;

⁴¹ VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2019, p. 22)

- j) Erfüllung von Labels (z.B. FSC® oder PEFC®);
- k) Integration der Anforderung von Zertifikaten (z.B. nach DGNB, TQB, klimaaktiv, BREEAM, LEED, Cradle2Cradle certified®);
- l) Vorgaben hinsichtlich der Quote der Verwendung von Recyclingbaustoffen und Sekundärrohstoffen;
- m) Vorgaben hinsichtlich der Wiederverwendung von Bauteilen;
- n) Verpflichtung zur Nutzung von nachhaltigen Produkten- und Materialien-Lieferketten;
- o) Vereinbarung von entsprechend langen Gewährleistungsfristen, um Bauprodukte mit hoher Qualität und Lebensdauer zu forcieren.

II. Definierte Eignungskriterien der Bieter

Die Eignungskriterien dienen zur Beurteilung, ob ein Bieter in der Lage ist, den Auftrag hinsichtlich der Anforderungen der Kreislaufwirtschaft durchzuführen.⁴²

- a) Besitzt das Unternehmen Personal (Human Resources) mit entsprechender Eignung? (z.B. Mitarbeiter*innen mit fachspezifischer Weiterbildung, Kompetenzen in der BIM-Umgebung)
- b) Verfügt das Unternehmen über nachgewiesene, einschlägige Referenzen?
- c) Kann das Unternehmen einen Nachweis zum betrieblichen Umweltschutz vorlegen? (z.B. Zertifizierung auf Basis von Eco-Management and Audit Scheme - EMAS)

III. Funktionale Kriterien

Diese sollten folgende Vorgaben beinhalten:

- a) Vorgaben mit konkreten Anforderungen oder Ausschlusskriterien für die Baustoffauswahl;
- b) Vorgaben zum Bauprozess auf der Baustelle;
- c) Vorgaben zum Bodenschutz auf der Baustelle;⁴³
- d) Vorgaben betreffend Tonnenkilometerbeschränkungen bzw. Bahntransporte zur Reduktion der Transportwege;⁴⁴
- e) Vorgaben zu den Dokumentationsunterlagen (Datenblätter, Einbauort, Foto- oder Videodokumentation, Bedienungsanleitungen, Inspektions- und Wartungsanleitungen);
- f) Vorgaben und Weiterführung des BIM-Modells und Materiellen Gebäudepass (z.B. Madaster, Building Circularity Passport®) samt lückenloser Implementierung von Änderungen.

IV. Spezifische Bewertungskriterien

Die spezifischen Bewertungskriterien müssen objektiv und verständlich beschrieben werden und sollten folgende Kriterien beinhalten:

- a) Vergabe nach dem Bestbieterprinzip und nicht nach dem Billigstbieterprinzip (bei der Bewertung werden die Kriterien der Punkte I. bis III. berücksichtigt);
- b) Gewöhnliche Gesamtnutzungsdauer der Produkte feststellen;
- c) Konditionen für Wartung und Reparatur;
- d) Ersatzteilverfügbarkeit;

⁴² VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2019, p. 23)

⁴³ ebda. (2019, p. 23)

⁴⁴ Achatz et al. (2021, p. 15)

- e) Gesamtheitliche Bewertung der Angebote auf Grundlage einer Nutzwertanalyse mit Hilfe eines interdisziplinären Bewertungsteams, welches sich aus Spezialisten der jeweiligen Fachgebiete zusammensetzt (z.B. für Vergaberecht, Kreislaufwirtschaft, Umwelttechnik, Abfallwirtschaft, Energiekonzepte etc.).

Die entsprechende Kompetenznachweise müssen jedenfalls eingefordert werden und klare Zuschlagskriterien festgelegt werden.

V. Spezielle Ausschreibungskriterien für den selektiven Rückbau

Diese sollten folgende Kriterien beinhalten:

- a) Vorgaben zur Rückbaubarkeit und Beschreibung der geplanten reversiblen Verbindungsmittel und Konstruktionsweisen;
- b) Strenge Separierung der Wertstoffe nach Rückbau, gegebenenfalls in Sonderfällen auf Grundlage von labortechnischen Analysen bzw. nach Abbruch auf Basis der gesetzlich vorgeschriebenen Schad- und Störstofferkundung⁴⁵;
- c) Ortsnahe Recycling der mineralischen Abbruchmaterialien.

3.2 Relevante Beteiligte in der Ausschreibungsphase

I. Bauherr*innen, Auftraggeber*innen, Investor*innen

- Die Kriterien und Anforderungen zur Kreislauffähigkeit sind von der Bauherrschaft in der Ausschreibung zu definieren.
- Ein interdisziplinäres Bewertungsteam ist zu beauftragen und frühestmöglich in den Vergabeprozess einzubinden.

II. Produzent*innen, Hersteller*innen, Lieferant*innen

Müssen in die Pflicht genommen werden, die kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien zu erfüllen, sowie vollständige Nachweise und die Dokumentation transparent darzulegen.

III. Rückbau- und Recyclingunternehmen

- Definition von Rückbau- und Recyclingeigenschaften;
- Abschluss von Rücknahme- und Recyclingvereinbarungen.

3.3 Wichtige Tools / Systeme in der Ausschreibungsphase

- Standardisierte Ausschreibungstextbausteine zur Kreislauffähigkeit und den geforderten Qualitäten
- BIM und Software-Tools, wie z.B. FM-Modell-Checker, Digitales Dokumentenmanagement, Digital Procurement, Abfallmanagement, Analysetools, Bewertungstools
- Vernetzte Projektablaufplanung, Cloud-Anwendungen
- Lean Construction
- Tools zur Lieferketten-Risiko Überwachung

⁴⁵ Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 3151: 2022-01-01, *Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode* und EN ISO 16000-32:2014-10-01, *Innenraumluchtverunreinigungen – Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe*.

3.4 Häufige Probleme / Hindernisse bei Ausschreibung und Vergabe

Anbieter*innen kreislaufgerechter Baustoffe und Bauteile

Momentan herrscht noch ein Mangel an Anbieter*innen von kreislaufgerechten Materialien, Bauteilen etc. Entweder die gewünschten Produkte sind nicht (zeitgerecht) verfügbar oder die Kosten sind zu hoch (nicht wirtschaftlich).

Kosten

Die Anforderungen bzw. Vorgaben aus der Kreislaufwirtschaft verursachen vorerst höhere Investitionskosten, solange alle Materialien noch als Produkte verkauft werden (in Zukunft wird erwartet, dass immer mehr Produkte als Dienstleistungen angeboten werden und damit auch ein Teil der Investitionskosten durch Betriebskosten ersetzt werden). Diesbezüglich ist bei Auftraggeber*innen bzw. Bauherr*innen und bei Fördergeber*innen entsprechende Aufklärungsarbeit zu leisten und sie vom Mehrwert der Kreislaufwirtschaft zu überzeugen. Eine lebenszyklusorientierte Umsetzung bringt langfristig gesehen erhebliche Einsparungen während der Nutzungs- und Rückbauphase.

Mangelndes Wissen über kreislaufwirtschaftliche Aspekte

Fundiertes Wissen im Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft ist noch nicht verbreitet und es gibt keine Standardisierung, wie z.B. fertige Textbausteine für die Leistungsverzeichnisse. Durch gesetzliche Vorgaben und zunehmenden Marktdruck werden die Anbieter*innen gezwungen, die Mitarbeiter*innen entsprechend weiterzubilden und standardisierte Leistungsbeschreibungen zu entwickeln.

Mangelnde Bereitschaft zur Transformation

Die „business as usual“ Herangehensweise prägt Teile der Bauwirtschaft und Veränderungsprozesse sind langwierig. Hier werden einerseits umfangreiche Aufklärungs- und Überzeugungsarbeit zu leisten sein und andererseits sind gesetzliche Vorgaben notwendig.

Widersprüche zum Vergabegesetz

Die Anforderungen aus kreislaufwirtschaftlichen Überlegungen können dem Bundesvergabegesetz 2018 (BVergG 2018) bzw. dem Bundesvergabegesetz Konzessionen (BVergG Konz 2018), die die Vergabe öffentlicher Aufträge in Österreich regeln, widersprechen. Die CE Anforderungen sind daher im Detail vergaberechtlich zu prüfen.



C – Bauphase (Errichtung)

4 C – Bauphase (Errichtung)

Die Bauausführung hat einen wesentlichen Einfluss auf Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen, schädliche Emissionen und den Gebrauch von gesundheitsgefährdenden Stoffen im Leben eines Hochbauprojekts. Deshalb ist es auch in dieser Phase besonders wichtig, Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft zu schaffen.

4.1 Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien in der Bauphase

Die Anforderungen aus den kreislaufwirtschaftlichen Zielsetzungen und Vorgaben aus der Planung, Ausschreibung und dem Bauvertrag, sind in der Errichtungsphase umzusetzen.

Folgende Maßnahmen gelten für Neubau und Sanierung:

I. Qualitätssicherung

Durch nachstehende Maßnahmen können die vereinbarten Qualitätsanforderungen umgesetzt werden:

- a) Die exakte Umsetzung der Vorgaben der Planung sind auf der Baustelle laufend zu kontrollieren, sicherzustellen und zu dokumentieren. Insbesondere durch die Örtliche Bauaufsicht und Fachbauaufsicht (E-Technik, HKLS-Technik, Bauphysik) ist zu überprüfen, ob Baustoffe und Bauteile ausschließlich lt. Planung, Ausschreibung und Auftrag bzw. entsprechend den Qualitätsvorgaben eingebaut werden. Vor-Ort-Kontrollen müssen in kurzen Zeitintervallen erfolgen.
- b) Die entsprechenden Nachweise sind von den ausführenden Unternehmen durch die Vorlage von Prüfzeugnissen zu führen und diese sind im Detail zu kontrollieren (z.B. Einsatz von radio-frequency identification (RFID-Kennzeichnung)).
- c) Essenziell sind die laufende fachtechnische, interdisziplinäre Projektkoordination und die Detailabstimmung zwischen den ausführenden Unternehmen durch die Projektleitung.
- d) Im Zusammenhang mit einer detaillierten und realistischen Terminplanung ist ein optimaler und störungsfreier Bauablauf durch die Projektleitung zu gewährleisten.

II. Ressourceneffizienz auf der Baustelle

Durch nachstehende Maßnahmen kann die Ressourceneffizienz in der Bauabwicklung sichergestellt werden:⁴⁶

- a) Steuerung eines optimalen Bauprozesses und Bauablaufs zwischen den Beteiligten durch die Projektleitung.
- b) Reduzierung von Abfall auf der Baustelle durch gezieltes Management der Stoffströme (z.B. Verpflichtung zur Errichtung von Sortierinseln zur getrennten Erfassung von Baurestmassen und Baustellenabfällen).
- c) Messung von Wasser und Energie, die auf der Baustelle während der Errichtung verwendet werden. Das Abwasser kann in der Nähe der Baustelle in vorher geplanten NBS (Nature Based Solutions) Einheiten einer Nutzung zugeführt werden. Es können nährstoff- und wasserverwertende Baustellentoiletten eingesetzt werden.
- d) Effiziente Baustellenlogistik und möglichst kurze Transportwege für die Versorgung- und Entsorgung der Baustelle.

⁴⁶ VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2019, p. 28)

- e) Vorgabe des Einsatzes von Fahrzeugen, mit möglichst hoher Euro-Abgasklasse, und effizienter Baustellenmaschinen mit definierten Schadstoffobergrenzen.
- f) Schulung aller der am Bauprozess Beteiligten bezüglich Abfallvermeidung und der Getrennthaltung von Baustellenabfällen auf Grundlage des Abfallwirtschaftsgesetzes.
- g) Reduzierung des Abfallaufkommens durch Vermeidung von Beschädigungen beim Transport und / oder bei der Lagerung auf der Baustelle.
- h) Rücknahme der auf der Baustelle anfallenden Transportverpackungen durch die Lieferanten auf Grundlage der Verpackungsverordnung⁴⁷.
- i) Schutz des gewachsenen Bodens vor mechanischen Einflüssen (z.B. unnötiger Verdichtung).
- j) Schutz des Bodens vor Verunreinigungen (z.B. chemische Substanzen).
- k) Verwertung des Bodenaushubes vor Ort für Geländemodellierungen oder Hinterfüllungen.
- l) Verwendung von ingenieurbioologischen Praktiken zur Geländegestaltung (Einbau von natürlichen Materialien, die meist vor Ort gefunden oder bezogen werden können.).
- m) Einsatz von Konstruktionstechniken, die die Instandhaltung, Reparatur und den zerstörungsfreien Rückbau ermöglichen.
- n) Dokumentation aller notwendigen Informationen zu Konstruktionen, Verbindungs- und Lösetechniken sowie Instandhaltungsmaßnahmen.

III. Selektiver Rückbau

Spezielle Kriterien für den selektiven Rückbau:

- a) Die unmittelbare Verwendung der rückgebauten Baustoffe für einen eventuellen Neubau auf demselben Grundstück hat Priorität.
- b) Ansonsten ist der Einbau der als gebrauchstauglich identifizierte Bauteile aus dem Rückbau in der näheren Umgebung im Gegensatz zum Transport zu Recyclinganlagen oder Lagerplätzen vorzuziehen.

4.2 **Wichtige Tools / Systeme in der Bauphase**

- BIM und eingebundenes digitales Dokumentenmanagement, Digital Procurement;
- Vernetzte Projektablaufplanung, Cloud-Anwendungen;
- Lean Construction;
- Smart Construction, Virtual und Augmented Reality, Geotracking;
- 3D-printing, Robotik, Industrielle Vorfertigung;
- Radio Frequency Identification (RFID), Near Field Communication (NFC);
- Global Positioning Systems (GPS);
- Plattformen für kreislauffähige und nachhaltige Bauprodukte z.B. Cradle to Cradle certified®, Building Material Scout etc.

⁴⁷ Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten (Verpackungsverordnung 2014). StF: BGBl. II Nr. 184/2014

4.3 Relevante Beteiligte in der Bauphase

I. Baufirmen und deren gewerbliches Personal

Die Anforderungen und Voraussetzungen zur Erreichung der kreislaufwirtschaftlichen Ziele müssen an alle Mitarbeiter*innen und vor allem an das gewerbliche Personal vor Ort kommuniziert werden.

II. Produzent*innen

Produktdatenblätter, technische Dokumentation, Ökobilanzen, EPDs u.Ä. müssen bei Produzent*innen und Hersteller*innen angefragt werden.

III. Betreiber*innen, Mieter*innen, Nutzer*innen

Sobald die Betreiber*innen, Mieter*innen und Nutzer*innen feststehen, sollen diese sinnvoll in grundlegende Ausführungsentscheidungen eingebunden werden. Diese Maßnahme kann die Akzeptanz wesentlich erhöhen.

4.4 Häufige Probleme / Hindernisse in der Bauphase

Mangelnde Fachkenntnis des technischen und gewerblichen Personals

Die Kreislaufwirtschaft ist eine sehr junge Disziplin, sodass oftmals die Expertise bei den handelnden Personen auf der Baustelle nicht gegeben ist. Die Weiterbildung und intensive Schulung des Personals ist hierbei ein wichtiger Faktor.

Fehlende Sorgfalt

Die Umsetzung der kreiswirtschaftlichen Prinzipien auf der Baustelle erfordert besondere Sorgfalt und Verständnis der handelnden Personen. Die laufende Kontrolle sowie Aufklärung und Motivierung des Personals ist gefragt.



D – Übergabe / Abnahme

5 D – Übergabe / Abnahme

5.1 Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien bei Übergabe / Abnahme

I. Kontrollmessungen und Probetrieb

Rechtzeitig vor Übergabe / Abnahme wird geprüft, ob die in der Planung angestrebten Zielwerte und vereinbarten Qualitäten eingehalten wurden.

Das beinhaltet u.a. folgendes:

- a) Grenzwerte betreffend der maximalen Schadstoffgehalte in der Raumluft (z.B. VOC, Feinstaub, Formaldehyd, CO₂, ...);
- b) Blower-Door-Test zur Messung der Luftdichtheit;
- c) Detektion von Wärmebrücken mittels Thermographie;
- d) Schallmessungen (Nachhallzeit, Luftschall- und Trittschallschutz);
- e) Lichtmessungen zur Bestimmung der Lichtqualität;
- f) Systematische Inbetriebnahme der Gebäudetechnik (Externes Monitoring der HKL und der GA (Gebäudeautomation) Funktionalität und der Cybersicherheits-Maßnahmen);
- g) Überprüfung und Optimierung des Gebäudebetriebes und der gewerkeübergreifende Funktionen im Zuge des Inbetriebnahmemanagements (Einhaltung der Performanceziele und Funktionalitäten);
- h) Einführung von Kontroll-Maßnahmen (z.B. Betriebsmonitoring, Energiemonitoring, Langzeitmonitoring etc.).

II. Mängelmanagement

Die Durchführung eines rigiden Mängelmanagements muss im Zuge der Übergabe/Abnahme erfolgen, um die Einhaltung der vereinbarten Qualitäten zu gewährleisten. Dies ermöglicht u.a. einen langen Lebenszyklus der Baustoffe, Bauprodukte und Bauwerke und ist eine Gewährleistung für Versorgungs- und Betriebssicherheit.

III. Dokumentation

Eine Dokumentation über Materialien, Produkte und Anlagen und deren Einbauort, mit sämtlichen Änderungen gegenüber der Planung und Ausschreibung, ist von den Auftragnehmer*innen zu übergeben.

Diese Dokumentation muss insbesondere beinhalten:

- a) Eine Auflistung der während der Bauausführung verwendeten / eingebauten Baustoffe und -produkte (z.B. in einem materiellen Gebäudepass), sowie technische Datenblätter etc.;
- b) Eine Aufstellung der dazugehörigen Sicherheitsdatenblätter. Diese beinhalten wichtige Informationen bezüglich der Eigenschaften, Inhaltsstoffe, mögliche Gesundheitseinwirkungen und Hinweise zur Entsorgung eines Produktes;
- c) Detaillierte zusätzliche Informationen über verbaute Materialien und Hilfsstoffe, wie Produktbeschreibungen, Produkt- bzw. Umweltdeklarationen, Emissionsprüfzeugnisse, Bauchemische Analysen etc.;
- d) Pflege- und Wartungsanleitungen mit den entsprechenden Wartungsverträgen und Wartungsplänen.
- e) Ergebnisse der Kontrollmessungen als Nachweis der Zielerreichung bzw. der erfolgten Mängelbehebung.

5.2 Relevante Beteiligte bei Übergabe / Abnahme

I. Betreiber*innen

Betreiber*innen müssen die erforderliche Dokumentation über Materialien, Produkte und Anlagen regelmäßig und vor allem nach baulichen Änderungen aktualisieren.

II. Mieter*innen, Nutzer*innen

Diese müssen frühzeitig über Systeme und deren Anforderungen sowie Abläufe aufgeklärt werden und bei vorgenommenen Änderungen sogleich informiert werden.

III. Sachverständige

Zur Überprüfung von wesentlichen vertraglich vereinbarten Anforderungen sind Sachverständige miteinzubinden, die in der Nutzungsphase erforderliche Prüfungen und Messungen durchführen müssen.

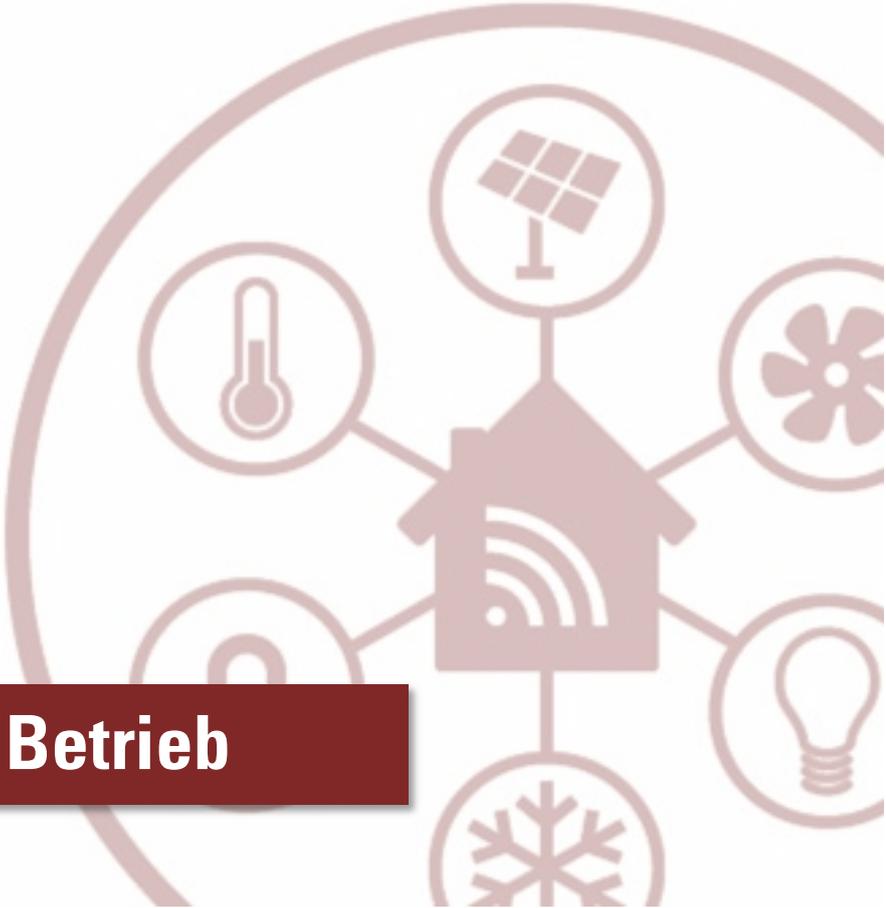
5.3 Häufige Probleme / Hindernisse bei Übergabe / Abnahme

Fehlende Akzeptanz der Nutzer*innen

Durch proaktive Kommunikation und Erläuterung der Vorteile der Implementierung kreislaufwirtschaftlicher Strategien vor bzw. während des Bezuges des Objektes wird die Akzeptanz der Nutzer*innen erhöht (z.B. Workshops, Einweisung, Einführungsveranstaltungen, Nutzer*innenhandbuch, Nutzer*innenleitfäden, Nutzer*innenschulung, Erläuterung des Konzepts).

Unvollständige Dokumentation

Durch eine lückenhafte Objektdokumentation kann es zu erheblichen Effizienzverlusten kommen. Systeme können womöglich nicht ordnungsgemäß betrieben und überwacht werden und werden fehlerhaft. Um dies zu vermeiden ist es wichtig, eine Feststellung der Vollständigkeit der überreichten Dokumente durchzuführen und gegebenenfalls fehlende Dokumente einzufordern.



E – Nutzung und Betrieb

6 E – Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung)

In der Phase der Bewirtschaftung soll die Kreislauffähigkeit des Gebäudes erhalten bleiben. Eine Fortführung der Dokumentation ist essentiell. Für eine nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung ist es wichtig, dass sich Betreiber*innen, Vermieter*innen und Mieter*innen zu Regelungen⁴⁸ verpflichten, die der Nachhaltigkeit dienen.

6.1 Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien während Nutzung und Betrieb

- I. Veränderungen in der Nutzungsphase müssen mit den gleichen Prinzipien der Planungs- und Bauphase weitergeführt werden:
 - a) Kreislauffähige Produkte und Komponenten verwenden;
 - b) Verwenden des bestehenden Umnutzungs- und Rückbaukonzepts;
 - c) Weiterführen von Ökobilanzen und Zertifizierungen;
 - d) Technische Upgrades;
 - e) Lebenszyklusbegleitende Objektdokumentation in einem BIM-Modell und materiellen Gebäudepass;
 - f) Objektdokumentation den Stakeholdern kommunizieren.
 - g) Kosten- bzw. Nutzen-Dokumentation;
 - h) Jährliche Erfassung und Dokumentation des Markt-Wertes der verbauten Materialien automatisiert im materiellen Gebäudepass.
 - i) Jährliche Erfassung und Dokumentation der Langzeitmonitoring-Ergebnisse.
- II. Miteinbezug möglicher Lebensdauern und Reparierbarkeit bei der Entscheidung für spezifische Produkte und Komponenten:
 - a) In der Betriebsphase werden viele kleinere Systeme getauscht, auch diese sind in der Summe maßgeblich für den langanhaltenden, funktionstüchtigen Betrieb.
 - b) Produkte und Komponenten wählen, für die auf längere Sicht Ersatzteile für Reparatur und Instandhaltung verfügbar sind.
- III. Regelmäßige Inspektion des Objektes zur Mängelerkennung
 - a) Vorrusschauende Wartung sowie Prognose der Lebensdauer von Anlagen: „Predictive Maintenance“, Festlegung des optimalen Zeitpunkts und Umfangs der Wartung, Instandsetzung und / oder des Austausches.
 - b) Verpflichtung der Betreiber*innen und Mieter*innen zur Meldung von entdeckten Mängeln.

⁴⁸ Siehe z.B. Regelungsempfehlungen „greenLease“ in Deutschland. Freshfields Bruckhaus Deringer LLP. (2012). *greenLease: Der grüne Mietvertrag für Deutschland*.

IV. Betrachtung der negativen Umweltauswirkungen folgender eingesetzter Mittel bzw. Produkte:

- a) Kältemittel,
- b) Putz- und Reinigungsmittel,
- c) Produkte und Komponenten etc.

V. Weitergabe oder Verkauf von noch funktionsfähigen Objekten und Komponenten auf Sharing Plattformen oder an Händler*innen von Sekundärressourcen.

6.2 Wichtige Tools / Systeme für Nutzung und Betrieb

- BIM und eingebundenes digitales Dokumentenmanagement, digitale Raum- und Gebäudebücher bzw. Nutzung der digitalen Zwillingmodelle zur Verortung digitaler Daten und Informationen in der Realität;
- Sensorik;
- Computer-aided facility management (CAFM);
- Cloud-Lösungen und künstliche Intelligenz für Gebäudeautomatisationssysteme, Internet of Things (IoT);
- Augmented-Reality-Systeme;
- Bedarfsorientierte Reinigung mit künstlicher Intelligenz, Digitale Hygienekonzepte;
- Installation eines effizienten Daten-, Flächen-, Energie-, Ressourcen-, Reinigungs- und Abfallmanagements.

6.3 Relevante Beteiligte während Nutzung und Betrieb

I. Facility-Management, Assetmanagement und Betreiber*innen

- Vorhalten der gesamten Dokumentation für den Gebäudebetrieb;
- Dokumentation bzw. digitale Tools auf aktuellem Stand halten.

II. Mieter*innen und Nutzer*innen

Diese sollten frühzeitig über Maßnahmen im Gebäudebetrieb informiert und nach Änderungen eine aktuelle Dokumentation übergeben werden.

III. Käufer*innen

Den Käufer*innen ist die vollständige Dokumentation zu übergeben.

6.4 Häufige Probleme / Hindernisse während Nutzung und Betrieb

Unerwartete und kostenintensive Reparaturen

Unerwartete und dadurch womöglich kostenintensive Reparaturen können durch ein Facility-Management, welches regelmäßige und vorausschauende Wartung durchführt, minimiert werden.

Fehlerhafte Einstellungen

Wurden die Einstellungen bei der Inbetriebnahme für den Gebäudebetrieb nicht optimal einreguliert bzw. an die Bedürfnisse der Nutzer*innen angepasst, kann dies zu erheblichen Effizienzverlusten führen. Auf effektives Inbetriebnahme-Management ist daher zu achten.

Nutzer*innenverhalten, welches sich nicht mit den Erwartungen aus der Gebäudeplanung deckt

Ein Nutzer*innenverhalten, das nicht zu den erwünschten Benefits des Gebäudebetriebs führt, kann mit einer unzureichenden Einschulung in die eingesetzten Haustechnik- bzw. Gebäudeautomatisationssysteme zusammenhängen. Ursache kann aber ebenso in einer nicht bedarfsgerechten Planung und unabgestimmten Einstellungen liegen. Nutzer*innen sollen auch über ökologische Zielsetzungen und Zertifikate durch z.B. ein Nachhaltigkeitshandbuch informiert werden.

Informationsverlust durch nicht nachgeführte Objektdokumentation

Durch mangelnden Informationstransfer an neue Nutzer*innen, Mieter*innen oder Eigentümer*innen und durch eine veraltete und lückenhafte Objektdokumentation, kann es zu erheblichen Effizienzverlusten kommen oder Systeme müssen schon vor dem Ende ihres Lebens ausgetauscht und sogar entsorgt werden.

Informationsverlust durch fehlerhaftes Langzeitmonitoring

Wenn Wartung / Instandhaltung der Monitoring Systeme mangelhaft ist, sind Ausfälle bzw. falsche Messergebnisse die Folge.

Zu geringes Budget (Zeit, Kosten) und / oder nicht ausreichende Mitarbeiterqualifikation im Bereich Analyse / Dokumentation der vorhandenen Messergebnisse bzw. sonstigen Aufzeichnungen

Die Analyse der Monitoring-Ergebnisse etc. bedarf fundierter technischer sowie Management-Kompetenzen. Fehlen diese, sind „Datenfriedhöfe“ die Folge. Die Anforderungen aus der Kreislaufwirtschaft führen notwendigerweise zu einem erhöhten Informationsanfall (Datenvolumen) und damit zu weiter steigenden „Betreuungsaufwänden“.

Umstellungen im Geschäftsmodell

Das Facility-Management (FM) sollte die Anforderungen an die Daten und Datenmenge aus den BIM-Modellen in einer frühen Phase feststellen. Dies ist jedoch zeitintensiv und mit Kosten verbunden, hier ist der Bauherr gefragt, dies zu forcieren.



F – Potenzial für Nachnutzung

7 F – Potenzial für Nachnutzung

Zur Implementierung einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft, muss der Rückbau bereits in der Planung mitgedacht werden. Jedoch handelt es sich bei Hochbauten um langlebige Strukturen, wo Rückbau bzw. die Sortierung und Aufbereitung der Baurestmassen idealerweise erst in vielen Jahrzehnten erfolgt. Zudem besteht ein Gebäude aus Bauteilen / Komponenten mit unterschiedlichen Lebensdauern. Dies macht es zu einem zukünftigen Zeitpunkt notwendig, die eingeplanten Wiederverwendungs- und Wiederverwertungsmöglichkeiten (Potentiale) neu zu evaluieren und den technologischen Fortschritt mitzuberücksichtigen.

In der Objektdokumentation für den Rückbau, sind die vorgeschlagenen Möglichkeiten für Wiederverwendung, energetische und stoffliche Verwertung, sowie getrennte Entsorgung bzw. Deponierung zu bewerten, anzupassen und zu planen.⁴⁹

7.1 Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien für die Nachnutzung

7.1.1 Wiederverwendungspotential

Das Wiederverwendungspotential von Bauteilen und Baustoffen wird durch die Nachfrage und u.a. durch nachfolgende Faktoren bestimmt. Diese Informationen sind vor dem tatsächlichen Rückbau aufzuarbeiten und zu prüfen:⁵⁰

- a) Baustoff und Baustoffeigenschaften;
- b) Marktwert der verbauten Werkstoffe;
- c) Kontext (wie lokale Verfügbarkeit, Transport etc.);
- d) Verbindungen und Lösemöglichkeiten;
- e) Umweltauswirkungen;
- f) Gefährliche bzw. giftige Inhaltsstoffe;
- g) Verfügbare Dokumente (u.a. Gewährleistung, Technische Dokumentation etc.);
- h) Vorgeschlagene Wiederverwendungsmöglichkeiten mit möglichst hohem Werterhalt
- i) Logistisches Konzept für Ausbau, Transport und Wiedereinbau auf möglichst nahe gelegenen Baustellen.

7.1.2 Recyclingpotential

Das Recyclingpotential von Bauteilen und Baustoffen hängt u.a. von nachfolgenden Faktoren ab. Diese Informationen sind vor der Entscheidung für eine spezifische Recyclingtechnologie aufzuarbeiten und zu prüfen:⁵¹

- a) Umweltauswirkungen (u.a. des Recyclingprozesses, Transporte etc.);
- b) Vorhandene Recyclingtechnologien und deren Energieverbrauch;
- c) Geplante Rückbaubarkeit, Abfallaufkommen durch die Demontage;
- d) Verbleibende Nutzungszeit bzw. Betriebszeit;
- e) Qualitätserhalt und weitere Recyclingzyklen.

Im Rückbauprozess wird gemäß der gesetzlichen vorgeschriebenen Schad- und Störstofferkundung zunächst eine Bestandserfassung der Gebäudekonstruktionen und Baumaterialien durchgeführt. Im eingebauten Zustand wird die Tauglichkeit überprüft und die

⁴⁹ Achatz et al. (2021, p. 15)

⁵⁰ Deweerdt and Mertens (2020, 48ff.)

⁵¹ Thormark (79ff.)

vorhandene Einbausituation dokumentiert. Vor dem Ausbau durch ein dazu befugtes Unternehmen, wird die Materialbeschaffenheit der Bauteile und Bauteilanschlüsse überprüft und auf eventuelle Schadstoffbelastungen hin getestet. Danach erfolgt der eigentliche Demontageprozess.⁵²

Ökobilanzen und Umweltdeklarationen (Environmental Product Declarations), welche die negativen Umweltauswirkungen des Rückbau- und Recyclingprozesses beinhalten, können als Grundlage dienen.

7.2 Wichtige Tools / Systeme für die Nachnutzung

- BIM und eingebundenes digitales Dokumentenmanagement, digitale Raum- und Gebäudebücher bzw. Nutzung der digitalen Zwillingmodelle zur Verortung digitaler Daten und Informationen in der Realität;
- Materieller Gebäudepass (z.B. Madaster, Building Circularity Passport®);
- Digital und Augmented Reality, Radio frequency identification (RFID);
- Digitale Plattformen für „Urban Mining“, von Sekundärbaustoffhändlern, Abbruchunternehmen;
- Robotik etc.

7.3 Relevante Beteiligte für die Nachnutzung

I. Bauherr*innen, Eigentümer*innen:

- Vergabe der Planung des Rückbaus an fachlich geeignete Planer*innen;
- Beauftragung einer Schad- und Störstofferkundung;
- Erarbeitung eines Schutzkonzeptes und eines Entsorgungskonzeptes;
- Vergabe der Rückbauleistungen im Sinne der Kreislaufwirtschaftsprinzipien.

II. Ausführende, Abbruch- und Recyclingunternehmen, Rückbaukundige Personen:

- Zerstörungsfreier Rückbau und fachgerechter Transport der Sekundärprodukte;
- Sortenreine Trennung der rückgebauten / abgebrochenen Materialien;
- Ermöglichung von regionaler „Rückwärtslogistik“ und zirkulären Wertschöpfungsketten;
- Information über die rückgebauten Materialien (z.B. Weiterführung in einer Materialdatenbank).

III. Bauteilhändler*innen:

- Ausbau, Aufbereitung, Lagerung und Handel mit den Sekundärbaustoffen, z.B. über digitale Plattformen;
- Beratung, wie diese Sekundärbaustoffe eingesetzt werden können.

⁵² Dechantsreiter et al. (2015, 45ff.)

7.4 Häufige Probleme / Hindernisse in der Rückbauphase

Kosten und Zeit

Folgende Gründe hemmen u.a. derzeit einen effektiven Rückbau und eine effektive Rückwärtslogistik:

- Strukturierter Rückbau ist kostenintensiver als Abriss;
- Materialrecycling ist oft zu kosten- und zeitintensiv;
- Hohe Lagerkosten;
- Der Zeitdruck bei Rückbauprojekten ist groß.

Mangelndes Wissen

Mangelndem Wissen über den zerstörungsfreien Rückbau kann durch eine geeignete Ausbildung des dafür notwendigen Fachpersonals entgegengetreten werden.

Mangelnde Infrastruktur und Rücknahmelogistik

Lokale Material- und Produktplattformen, welche die Organisation und Logistik von Wiederverwendung ermöglichen, sind zu fördern.

Schlechtes Image von Sekundärbaustoffen, Unsicherheiten

Bis jetzt werden noch eher wenig Sekundärbaustoffe verwendet, da bei den Beteiligten noch Unsicherheit hinsichtlich Verwendung herrscht. Sekundärbaustoffe haben oft auch ein schlechteres Image als Primärbaustoffe, es bestehen Vorbehalte hinsichtlich minderer Qualität und Optik bzw. auch aufgrund Einschränkung von Wahlmöglichkeiten. Öffentliche Beschaffungsprojekte als Vorreiter und rechtliche Maßnahmen zur Erhöhung der Recyclinganteile können diesen Vorbehalten entgegensteuern. Zudem könnte auch die Wohnbauförderung an einem Recycling-Baustoff Anteil gebunden sein und eine verpflichtende Potentialerhebung von Re-Use-Bauteilen gefordert werden. Auch durch den Einbezug in Gebäudebewertungssysteme kann dem schlechten Image von Sekundärbaustoffen entgegengewirkt werden. Zu guter Letzt könnten Sekundärbaustoffe auch deutlich günstiger werden als die Primärressourcen, wenn passende steuerliche Rahmenbedingungen geschaffen werden.



Bestand

8 Bestand

Der europäische Gebäudebestand, sowie auch der österreichische, ist einzigartig und vielgestaltig. 85% dieser Gebäude sind vor dem Jahr 2001 errichtet worden. Die meisten Altbestände sind nicht sehr energieeffizient, sie werden mit fossilen Brennstoffen geheizt und sind mit veralteten Technologien und Geräten mit hohem Energieverbrauch ausgestattet. Als strategischer Bestandteil des „Europäischen Grünen Deals“, setzt die Europäische Kommission auf eine „Renovierungswelle für Europa“. Qualitativ hochwertige Renovierungsmaßnahmen bieten die Chance, auch Bestandsgebäude neu zu denken, zu modernisieren und für eine umweltfreundliche und digitale Gesellschaft umzugestalten.⁵³

In den folgenden Kapiteln werden Schritte und Maßnahmen angeführt, die speziell der Verbesserung der Kreislauffähigkeit bei Renovierung, Sanierung und Modernisierung von Bestandsbauten dienen. Darüber hinaus gelten alle in den Kapiteln 2 – 7 angeführten Sachverhalte sinngemäß auch für das Bauen im Bestand.

8.1 Vorerhebungen für die Konzeption

Die aus den Vorerhebungen gewonnenen Erkenntnisse geben die Richtung für spezifische Nutzungen, Möglichkeiten und Herstellungsverfahren im Zuge kreislaufwirtschaftlicher Aspekte vor. Erhoben werden Informationen hinsichtlich:

- a) Bestehende Infrastruktur und Grünraum, sowie auch lokale Recyclinganlagen für etwaige Bau- und Abbruchstoffe, sowie regionale Material- und Sekundärbaustoffhändler und deren Entfernungen.
- b) Denkmal- oder Ensembleschutz⁵⁴;
- c) Grundbuchsauszug, vorherrschende Eigentumsverhältnisse anhängende Rechte und Pflichten;
- d) Bebauungs- und Benutzungsbestimmungen (z.B. Möglichkeit zur Nachverdichtung etc.);
- e) Interview mit Eigentümer*innen und Nutzer*innen:

Durch Gespräche mit Eigentümer*innen und Nutzer*innen können Informationen z.B. über die bisherige Nutzung, über mögliche Leerstände und spezifische Ereignisse zu früheren Zeitpunkten eingeholt werden, wie folgt über:

- Bisherige Umbaumaßnahmen, sowie deren Durchführung,
- Informationen über Wartung und Reparatur,
- Verwendete Materialien,
- Auffälligkeiten und Nutzung einzelner Räume,
- Komfort (kalt, heiß, zugig, hell/dunkel, lärmempfindlich- laut),
- Energieversorgung und -verbräuche,
- Wasserverbräuche etc.

⁵³ Europäische Kommission (2020b, p. 1)

⁵⁴ Abfrage unter <https://bda.gv.at/denkmalverzeichnis/>, abgerufen am 15.01.2022

8.2 Bestandsaufnahme

Die Informationen aus der Bestandsaufnahme bieten dem Bauherrn und den beteiligten Planern eine Entscheidungsgrundlage für die weitere Planung und Ausführung. Sie dient auch zur Dokumentation und als Grundlage für die Bewertung der Bestandsobjekte.

8.2.1 Zustand der baulichen Anlagen und Haustechnik

Beurteilt werden die Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes und von Gebäudeteilen, der Stand der Technik der haustechnischen Anlagen, Energieeffizienz, bauphysikalische Parameter, gesundheitsschädliche Faktoren (z.B. Schädlingsbefall), visuelle Faktoren etc.

Der Gebäudeaufbau und Zustand soll bei einer Begehung so weit möglich durch Sichtung zerstörungsfrei erhoben werden. Nur in notwendigen Fällen, soll mit invasiven Methoden vorgegangen werden. Aussagen und Daten zur Wertstoffdokumentation und stofflichen Verwertung können getroffen werden, d.h. der qualitative und quantitative Zustand wird erhoben, begutachtet und dokumentiert.

Überprüft werden muss weiters, ob:

- a) die bestehende Haustechnik sinnvoll weiter eingesetzt werden kann, oder ob Änderungen erforderlich sind.
- b) die vorhandenen räumlichen und energetischen Ressourcen (Brennstofflager, Wärmequellen etc.) mit dem geplanten Verbrauch in Übereinstimmung gebracht werden können und ob diese noch dem Stand der Technik und den Anforderungen entsprechen.
- c) bauphysikalisch relevante Anschlüsse, Dichtungen und Baustoffe den Qualitätsanforderungen und Berechnungen entsprechen.
- d) Feuchtebelastung und -schäden bzw. Kondensation, Korrosionen vorhanden sind.
- e) die betrieblich industrielle Ausrüstung (Antriebe, Motoren, Fördersysteme, Pumpen, Pressen etc.),
- f) der Brandschutz und
- g) die Barrierefreiheit

dem Stand der Technik und den Anforderungen entsprechen.

8.2.2 Digitales Gebäudemodell, BIM

Sind Bestandsgebäude noch nicht digital erfasst, muss dies im Zuge der Bestandsaufnahme nachgeholt werden. Diese Daten dienen dann als weiterführendes Planungs- und Dokumentationswerkzeug. Ein BIM-Modell, als digitaler Zwilling des Bestandsgebäudes, kann mithilfe folgender digitaler Werkzeuge erfolgen:

- 3D-Laserscan, Robotik, Drohnen;
- Digitale Vermessung;
- Fotogrammetrie, etc.

8.2.3 Materieller Gebäudepass

Die erfassten Materialien, Bauteile und Komponenten werden dann in einem materiellen Gebäudepass (MGP) katalogisiert und entsprechend der Möglichkeit ihrer potentiellen Nachnutzung bewertet:

- a) Erfassung von funktionstüchtigen, weiterverwendbaren Materialien und Elementen (Baukörper, Innenausbau, TGA) im MGP:
 - Funktion;
 - Einbauort;
 - Demontierbarkeit;
 - Zusammensetzung und Funktionsfähigkeit;
 - Werkstoffmassen;
 - Sicherheit, Umweltschutz, Barrierefreiheit, Hygiene;
 - Noch zu erwartender Nutzungsdauer;
 - Finanzielle Bewertung etc.
- b) Erfassung von nicht weiterverwendbaren Materialien und Elementen (Baukörper, Innenausbau, TGA):
 - Beschädigte, veraltete, nicht mehr gebrauchstauglichen Komponenten;
 - Werkstoffmassen;
 - Eventuell vorgesehene andere Nutzungsmöglichkeit oder Downcycling;
 - Finanzielle Bewertung hinsichtlich anderer Nutzungsmöglichkeiten;
 - Komponenten und Massen zur Entsorgung etc.

Aus Materialbewertung und Mengenerfassung wird in weiterer Folge ein Rückbau- und Wertschöpfungskonzept erstellt.⁵⁵

8.3 Umsetzung der kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien bei Maßnahmen im Bestand

Die im Abschnitt A – Planungsphase angeführten kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien sind bei Maßnahmen im Bestand im gleichen Maß zu berücksichtigen.

8.4 Umnutzung bzw. Adaptierung

8.4.1 Nutzungsanpassung

Im Falle einer Nutzungsanpassung (aufgrund Umnutzung oder Leerstand) kommt der Vorplanungsphase besondere Bedeutung zu. Ziel ist die Reduzierung von Materialeinsatz, schädlichen Emissionen, Abfall sowie Zeit und Kosten.

Für die Planung von Sanierungsvorhaben empfehlen sich folgende Schritte:

- 1) Prüfung aller rechtlichen Gegebenheiten;
- 2) Prüfung der statischen und konstruktiven Potentiale;
- 3) Prüfung aktueller Naturgefahren am Standort;
- 4) Feststellung der architektonischen Qualitäten des Gebäudes bzw. von Gebäudezonen;
- 5) Optimale Nutzungsintegration in diese Qualitäten, d.h. die Planung von Nutzungen entsprechend der Eigenschaften der Zonen (z.B. ständige Aufenthaltsräume in gut

⁵⁵ RepaNet / BauKarussell (2020)

natürlich belichteten und natürlich belüftbaren Räumen, Bewegungsräume in kühleren Zonen etc.);

- 6) Prüfung geeigneter Maßnahmen mit minimalinvasiven Eingriffen und Durchführung einer Gebäudesimulation;
- 7) Einsatz moderner, auf Serienfertigung basierender Sanierungsverfahren.

Exkurs: Sanierungsprinzip „Energiesprong“ (niederländisch für Energiesprung: www.energiesprong.de). Ziel ist eine Sanierung auf Net-Zero Standard mithilfe eines digitalisierten Bauprozess, industriell vorgefertigten Elementen der zu sanierenden Fassaden- und Dachelemente sowie der Einsatz von Energiemodulen. Das spezielle Finanzierungsmodell dazu erlaubt eine warmmietenneutrale Umsetzung aller Maßnahmen.

Das „Energiesprong“-Prinzip ist die Anbringung einer zweiten Haut über der bestehenden Gebäudehülle, d.h. wesentliche Teile der Substanz (Ausnahmen: Fenster, Außentüren, Dachhaut) bleiben bestehen.⁵⁶

- 8) Prüfung notwendiger begleitender Maßnahmen am Bestandsobjekt (Einrüstungen, Zufahrten etc.).

Im Falle einer völlig neuen Nutzung von Teilen oder des gesamten Gebäudes (z.B. Wohnen in einem Bürobau), ist es aus kreislaufwirtschaftlicher Sicht sinnvoll, die Tragstruktur und die Erschließung möglichst zu erhalten. Außerdem die natürliche Belichtung auszunutzen und bestehende Kamine, Schächte und Versorgungsleitungen weiter zu verwenden und so das Neue behutsam in das Vorhandene zu integrieren.

8.4.2 Zubau und / oder Aufstockung

Bei einem Zubau und einer Aufstockung soll die Maximierung der Material- und Flächeneffizienz angestrebt werden. Im Sinne von Nachnutzungsmöglichkeiten, bietet die Ausführung von einem (Stahl-)Skelettbau bzw. von Leichtkonstruktionen zusätzlich den Vorteil, flexiblere Voraussetzungen zu schaffen.

8.5 Erhöhung der Ressourceneffizienz

I. Energieeffizienz

Die Erstellung eines Energiekonzeptes soll folgende Themen beinhalten:

- 1) Alle Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs (z.B. durch (zusätzliche) Dämmmaßnahmen, organisatorische Maßnahmen, Erneuerung von Dichtungen und Anschlüssen etc.)
- 2) Einsatz von energieeffizienten Geräten (Haustechnik, Haushaltsgeräte, Internet u. Kommunikationstechnologie). Eventuell können bestehende Geräte optimiert bzw. upgegradet werden (Pumpentausch, Leitungsdämmung, Regelung, Einsatz von Invertertechnik). Einbindung von Mess- und Steuertechnik, Internet of Things, Gebäudeautomation.
- 3) Energieraumplanung hinsichtlich Nutzung energietechnischer Ressourcen im Umfeld z.B. Abwärme aus Industrie oder Kläranlage für Low-Ex-Netze, Fernwärmeversorgung aus Biomasseheizwerk, Solarfeld, Erdsondenfeld etc.

⁵⁶ (siehe deutsches Pilotprojekt: <https://www.energiesprong.de/marktentwicklung-aktuell/piloten-und-projekte/steckbrief-pilotprojekt-hameln/>, abgerufen am 15.01.2022)

- 4) Abdeckung des verbleibenden Energiebedarfs mit erneuerbarer Energie z.B. Photovoltaik, BHKW mit lokal erzeugtem Biogas, Kleinwind, geothermale Quellen bzw.: Überprüfung, ob kombinierte Strom- und Wärmebereitstellung z.B. mit BHKW, Brennstoffzelle oder Stirlingmotor eingesetzt werden kann.

Beurteilt werden muss außerdem, ob vorhandene Energiequellen und Systeme für Heizung, Kühlung und Warmwasser mit den erforderlichen Wärmedämm- und Sanierungsmaßnahmen bestehen bleiben können, oder ob neue Systeme zur Anwendung kommen müssen.

Folgende Voraussetzungen sind zu prüfen:

- c) Abwärmenutzung aus Klimatisierung und Kühlprozessen für Raumheizung oder Warmwasseraufbereitung.
- d) Notwendige zusätzliche Dämmmaßnahmen und Adaptierungen der Heizkörper (z.B. Verringerung der Vorlauftemperatur), um Wärmepumpentechnik effizient zu nutzen.
- e) Bei Einsatz von Wärmepumpentechnik ist für die Effizienz in weiterer Folge entscheidend, welche Wärmequelle genutzt werden kann (Luft, Sole, Grundwasser, Abwärme, Rücklauf Fernwärme, Niedertemperaturwärmenetze) und welche Temperatur im Verteilsystem benötigt wird.

II. Gewerbliche und industrielle Nutzung

Überprüfung, ob bei Sanierung die Möglichkeit der Nutzung von Wärmekaskaden betrieblicher Prozesswärme besteht. Hier wird z.B. die Abwärme von Hochtemperaturprozessen für Prozesse mit niedrigerem Temperaturbedarf eingesetzt. Außerdem können leistungsstarke Geräte mit Invertertechnologien regeltechnisch optimiert werden.

Hinsichtlich der Erhöhung der Ressourceneffizienz müssen immer auch die Auswirkungen der Maßnahmen und die dabei entstehenden eingebetteten CO₂-äquiv.-Emissionen sowie die eingebettete Energie bewertet werden.

8.6 On-Site Wiederverwendung, On-Site Recycling

Überprüfung, ob der zerstörungsfreie Rückbau von Gebäudeteilen bzw. Komponenten und deren Wiederverwendung on-site möglich ist. Dies betrifft vor allem:

- Fenster und Fensterbänke, Türen, Verglasungen;
- Sanitärgegenstände und Sanitärkomponenten;
- Boden- und Wandbeläge;
- Heizkörper;
- Dacheindeckung und Dachaufbauten (Kiese, Substrat, Drainageelemente etc.);
- Fassadenplatten und dazugehörige Konstruktionselemente;
- Ziegel, Konstruktionshölzer, Ständerwände, Betonplatten etc.

Bei Großbaustellen: Prüfung, ob ein on-site Recycling diverser Abbruchmaterialien möglich ist, z.B. als Zuschlagstoffe für die Neuherstellung von Baumaterialien, als Hinterfüllmaterial bzw. Schüttmaterial oder zur Geländemodellierung.

8.7 Wertschöpfung bei Rückbau und Abbruch

8.7.1 Rückbau- und Wertschöpfungskonzept

Für Abbruch- und Rückbauarbeiten muss ein Rückbaukonzept unter Anwendung der ÖN B 3151:2022-01-01⁵⁷ und ein Verwertungskonzept ausgearbeitet werden.

Eine entsprechende Rückwärtslogistik ist zu planen und mit den Materialverwertungsfirmen sind entsprechende Abnahmeverträge abzuschließen. Bei Gebäuden über 750t und 3.500 m³ Brutto Rauminhalt kommt die Deponieverordnung⁵⁸ zur Anwendung. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft ist es sinnvoll, auch bei geringeren Mengen ein Rückbau und Verwertungskonzept zu erstellen und anzuwenden.

8.7.2 Schad- und Störstofferkundung

Vor der Planung von Abbruchmaßnahmen sind in jedem Fall durchzuführen:

- a) bei Bau- und Abbruchabfällen > 750 t und > 3.500 m³ ein verwertungsorientierter Rückbau durch eine rückbaukundige Person:
Schad- und Störstofferkundung nach ÖN B 3151:2022-01-01, „Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode“
- b) bei Bau- und Abbruchabfällen > 750 t und > 3.500 m³ zusätzlich durch eine extern befugte Fachperson oder Fachanstalt:
umfassende Schadstofferkundung nach ÖNORM EN ISO 16000-32:2014-10-01⁵⁹, „Innenraumluchtverunreinigungen“

Bei einem verwertungsorientierten Rückbau sind die Schad- und Störstoffe festzustellen und zu dokumentieren, durch zumindest eine Begehung des Bauwerkes. Es ist zu überprüfen, ob eine analytische Untersuchung zur Spezifizierung der Schad- und Störstoffe erforderlich ist und es sind jene Bauteile, die der Wiederverwendung zugeführt werden dürfen, zu dokumentieren.

Die Erkundung von Schad- und Störstoffen lt. EN ISO 16000-32:2014-10-01 ermöglicht es, den Grad der Belastung zum Erkundungszeitpunkt zu bestimmen und die Einflüsse zu bewerten. Diese Erkundung der Schadstoffe kann in bestimmten Fragestellungen zur Bewertung der Innenraumluchtqualität ein wichtiger Faktor sein.

8.8 Ausschreibung und Bauherstellung

Die in den Kapiteln B - D angeführten kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien für Ausschreibung und Vergabe und die Bauherstellung sind im gleichen Maße anzuwenden.

⁵⁷ Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 3151: 2022-01-01, *Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode*.

⁵⁸ Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien, (Deponieverordnung 2008).

⁵⁹ Österreichisches Normungsinstitut. EN ISO 16000-32:2014-10-01, *Innenraumluchtverunreinigungen – Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe*.

8.9 Wichtige Tools / Systeme für die Bestandsaufnahme

Vgl. Tools / Systeme aus Abschnitt A – D und F, aber im Speziellen

- Wärmebildkameras;
- 3D-Laserscan;
- digitale Vermessung;
- Fotogrammetrie etc.

8.10 Relevante Beteiligte bei Maßnahmen im Bestand

Vgl. relevante Beteiligte aus Abschnitt A – D und F, aber im Speziellen

I. Bauherr*innen, Eigentümer*innen:

- Oberstes Ziel muss die Erhaltung des Gebäudebestands sein.
- Beauftragung fachkundiger Personen in der Schad- und Störstofferkundung und Sanierung;
- Beauftragung von nachhaltigen Gebäudezertifizierungen für den Bestand.

II. Architekt*innen, Planer*innen:

- Erkennen und Benennung der Qualitäten des Bestands durch Auswertung der Bestandspläne;
- Optimale Nutzungen entsprechend der Möglichkeiten im Bestand;
- Planung geeigneter Ressourceneffizienzmaßnahmen, die auf die vorherrschende Bausubstanz abgestimmt sind;
- Planung notwendiger Sanierungsmaßnahmen und -techniken

III. Fachkundige Personen in der Schad- und Störstofferkundung:

Untersuchung und Entfernung von Schad- und Störstoffen.

IV. Fachkundige Personen für die Beurteilung von Klimarisiken / Naturgefahren

V. Ausführende und Recyclingunternehmen:

- Umsetzung einer qualitativen, fachmännischen Sanierung;
- Finden der effektivsten und am wenigsten umweltbelasteten Recyclingmethode.

8.11 Häufige Probleme / Hindernisse bei Maßnahmen im Bestand

Hohe Kosten und nachteilige Wohnsituation

Die wesentlichen Hindernisse für Bestandmodernisierung und -sanierung sind die damit verbundenen hohen Investitionskosten und unvorhersehbaren Umstände bzw. Probleme. Außerdem wird die Wohnsituation während der Baudurchführung, womöglich also für längere Zeit, beeinträchtigt oder man muss für die Zeit der Sanierung umsiedeln.

Wichtig ist hier eine Aufklärung der zukünftigen Bauwerber über innovative Finanzierungsmodelle und Fördermöglichkeiten der Sanierungsmaßnahmen. Digitalisierung und standardisierte serielle Vorfertigung können hier nicht nur den Nachteil hoher Kosten, sondern auch den einer negativen Wohnsituation entschärfen, da die Bauzeiten und die Staub- und Lärmbelastung wesentlich geringer sind.

Fehlendes Wissen über qualitative Sanierung und Kreislaufwirtschaftsaspekte

Neben oft mangelndem Wissen über qualitative Sanierung ist ein weiterer Hindernisfaktor, dass vor Ausführung keine umfassende Planung erstellt wird und unzusammenhängende Einzelmaßnahmen durchgeführt werden. Vice versa kann es auch vorkommen, dass Planer sich nicht im ausreichenden Maße Informationen von den ausführenden Firmen einholen. Weiters liegt momentan der Fokus nur auf dem Energieeinsparungsaspekt, denn es fehlt das Bewusstsein der Chance zur Umsetzung kreislaufwirtschaftlicher Prinzipien auch für Bestandsgebäude. Hier ist eine umfassende Bewusstseinsbildung aller Beteiligten anzustreben.



Betriebswirtschaftl. Bewertung

9 Betriebswirtschaftliche Bewertung von CE Projekten

von Manfred Bruck

9.1 Allgemeines

Bauprojekte sind durch lange Lebensdauern gekennzeichnet. Wenn zukünftig auch kreislaufwirtschaftliche Aspekte eine wesentliche Rolle spielen, d.h. verbaute Werkstoffe immer wieder in Kreisläufe rückgeführt werden, verlängern sich die Lebensdauern noch weiter. Für die betriebswirtschaftlich Bewertung der Projekte, werden somit Verfahren benötigt, die weit in „die Zukunft sehen“ können. Dabei ergibt sich die Tatsache, dass 1.000 €, die ich heute zur Verfügung habe, mehr wert sind als jene, die ich erst nächstes Jahr bekomme. Der Grund dafür ist, dass ich die „heutigen“ 1.000 € in der Zwischenzeit gewinnbringend anlegen kann.

Verfahren, die dieses leisten, werden als dynamische Verfahren bezeichnet.

Der folgende Überblick beschränkt sich auf grundlegende Aspekte, eine umfassende Darstellung bietet das Lehrbuch „Investitionsrechnung verstehen. Grundlagen und praktische Anwendung mit Online-Training“⁶⁰.

9.2 Dynamische Verfahren

9.2.1 Die Grundlage dynamischer Verfahren

Die Berücksichtigung der „Zeiteffekte“ erfolgt insofern, indem man die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen mit Hilfe der Zinseszinsrechnung auf einen Vergleichszeitpunkt bezieht („Discounted Cash Flow“ oder Barwertmethode). Diese zeitabhängige Bewertung ist grundsätzlich und unabhängig von möglichen Inflations- oder Deflations-Effekten.

Dabei wird die gesamte Nutzungsdauer der Investition betrachtet. Kosten bzw. Erträge (Einsparungen) haben ein umso geringeres Gewicht, je später sie auftreten.

9.2.2 Der Barwert der Lebensdauerkosten

Der Barwert (= Kapitalwert) ist die Summe aus Investitionskosten und den gesamten, während der Nutzungsdauer anfallenden abgezinsten Energie-, Betriebs-, Personal- und sonstigen Kosten.

Die Abzinsung erfolgt mit Hilfe des sogenannten kalkulatorischen Zinssatzes D [%/a].

Der sich daraus ergebende Faktor (d) ist:

$$d = 1 + D/100$$

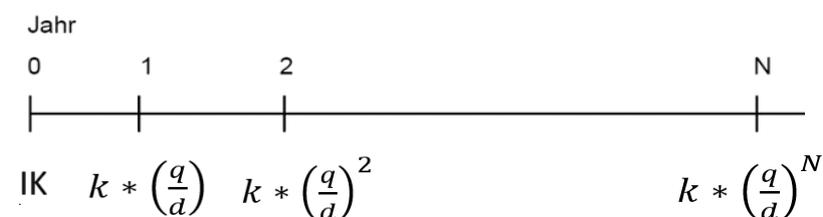


Abbildung 1: Darstellung der Barwerte im Zeitraum 0 bis N⁶¹

⁶⁰ Däumler et al. (2019)

⁶¹ Eigene Darstellung

Die sich im Zeitraum 0 bis N ergebenden Barwerte ergeben sich durch Addition der Einzelbeträge und Verwendung der Summenformel für geometrische Reihen:

$$\begin{aligned} \text{BWLK} &= IK + k \cdot (q/d) + k \cdot (q/d)^2 + \dots + k \cdot \left(\frac{q}{d}\right)^N \\ &= IK + k \cdot \left(\frac{q}{d}\right) * \left[\frac{\left(\frac{q}{d}\right)^N - 1}{\left(\frac{q}{d}\right) - 1} \right] \end{aligned}$$

BWLK..... Barwert der Lebensdauerkosten [€]

IK Investitionskosten zum Zeitpunkt 0 [€]

a Jahr

k gesamte im ersten Jahr anfallende Kosten [€/a]

Q..... als konstant angenommene jährliche Steigerungsrate der Kosten [%/a]

q = 1 + Q/100 Umrechnung der Steigerungsrate auf den Multiplikations-Faktor

D..... konstant angenommener kalkulatorischer Zinssatz [%/a]

d = 1 + D/100 Umrechnung in den Abzinsungsfaktor

N Nutzungsdauer [a]

Beispiel – Berechnung des Barwerts der Lebensdauerkosten

$$IK = 230.000 \text{ €}$$

$$k = 13.500 \text{ €/a}$$

$$q = 1,05 \text{ (5%/a)}$$

$$d = 1,08 \text{ (8%/a)}$$

$$N = 15 \text{ a}$$

$$\text{BWLK} = 230.000 + 13.500 * \left(\frac{1,05}{1,08}\right) * \left[\frac{\left(\frac{1,05}{1,08}\right)^{15} - 1}{\left(\frac{1,05}{1,08}\right) - 1} \right] = 392.840,10 \text{ €}$$

In nachfolgender Abbildung 2 sind Barwerte für IK = 230.000 € und k = 13.500 €/a als Funktion des Betrachtungszeitraums und für verschiedene Werte von q/d dargestellt.

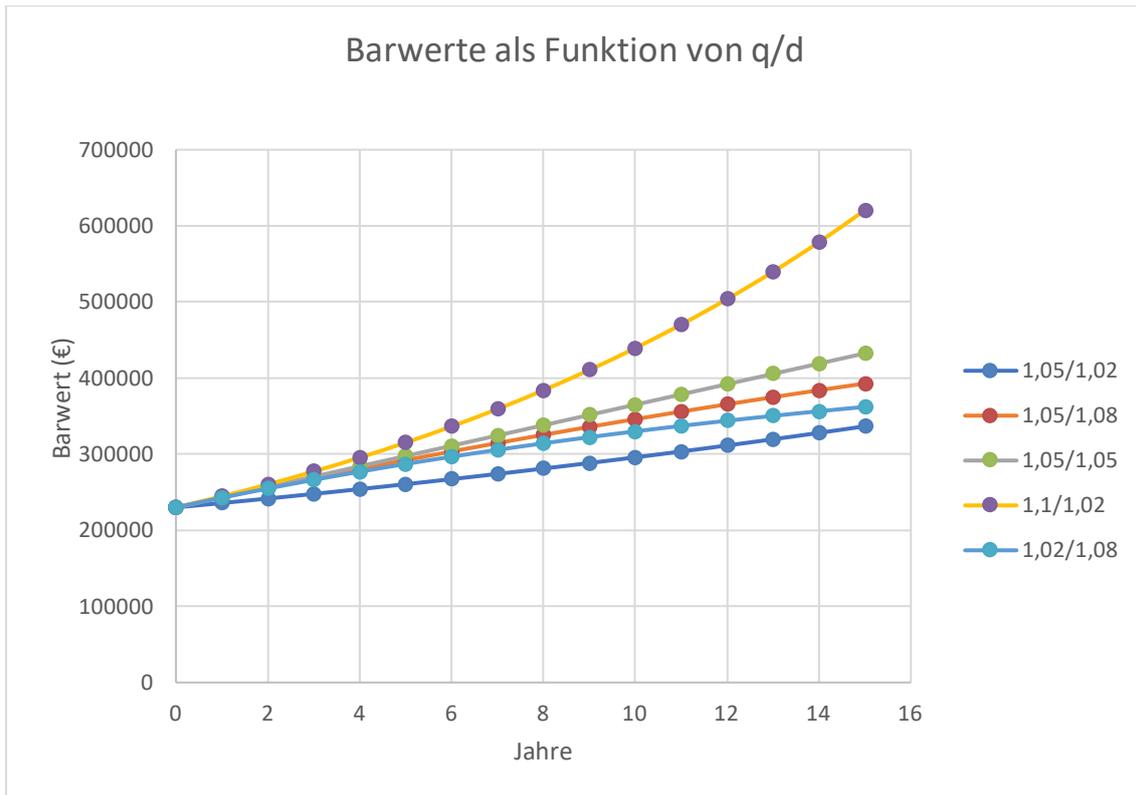


Abbildung 2: Barwerte als Funktion des Betrachtungszeitraums für verschiedene Werte von q/d ⁶²

Für den Verlauf der Barwert-Kurve ist der Quotient (q/d) maßgebend: Ist $(q/d) > 1$ steigt die Kurve stärker als linear, im Fall $(q/d) = 1$ ergibt sich ein linearer Verlauf: $BW = N \cdot k$. Im Fall $(q/d) < 1$ steigt die Kurve schwächer als linear. Die obige Abbildung 3 beinhaltet alle drei Möglichkeiten.

Der Barwert heißt im Englischen „Present Day Value“, diese Bezeichnung macht den Begriff anschaulicher:

Wenn Sie heute (Zeitpunkt 0) den Barwert auf der Bank anlegen, eine Laufzeit von N Jahren und einen fixen Zinssatz D in $\%/a$ vereinbaren, sodann gleich wieder die IK abheben und investieren und in der Folge am Ende jeden Jahres das jeweilige Nominale $k \cdot q_n$ ($n = 1, 2, \dots, N$) abheben, dann ist ihr Kontostand am Ende des N -ten Jahres Null.

(Das Nominale sind die tatsächlich bezahlten Kosten, noch ohne „zeitabhängige“ Bewertung.) Damit sind wir zur wichtigsten Anwendung des bisher Gelernten gekommen.

Vergleicht man zwei funktional gleichwertige Systeme (z.B. zwei Heizungsanlagen) so gilt:

Jenes System ist das betriebswirtschaftlich günstigere, dessen Barwert der Lebensdauerkosten der kleinere ist.

⁶² Eigene Darstellung

Beispiel – Systemvergleich zweier Heizungssysteme anhand der Barwerte der Lebensdauerkosten

System 1: Gasheizungsanlage

IK = 90.000 €

k = 35.000 €/a (z.B. Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungskosten)

System 2: Wärmepumpenanlage

IK = 120.000 €

k = 28.000 €/a (z.B. Betriebs-, Wartungs- und Instandhaltungskosten)

Für beide Systeme gilt Preissteigerung $Q = 7\%/a$ ($q = 1,07$)

Kalkulatorischer Zinssatz: $D = 3\%/a$ ($d = 1,03$)

Betrachtungszeitraum $N = 15$ a

Das Ergebnis ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

BWLK 15 (Gas) = 811.771 €

BWLK 15 (WP) = 697.417 €

d.h. Die Wärmepumpenanlage ist eindeutig die Günstigere.

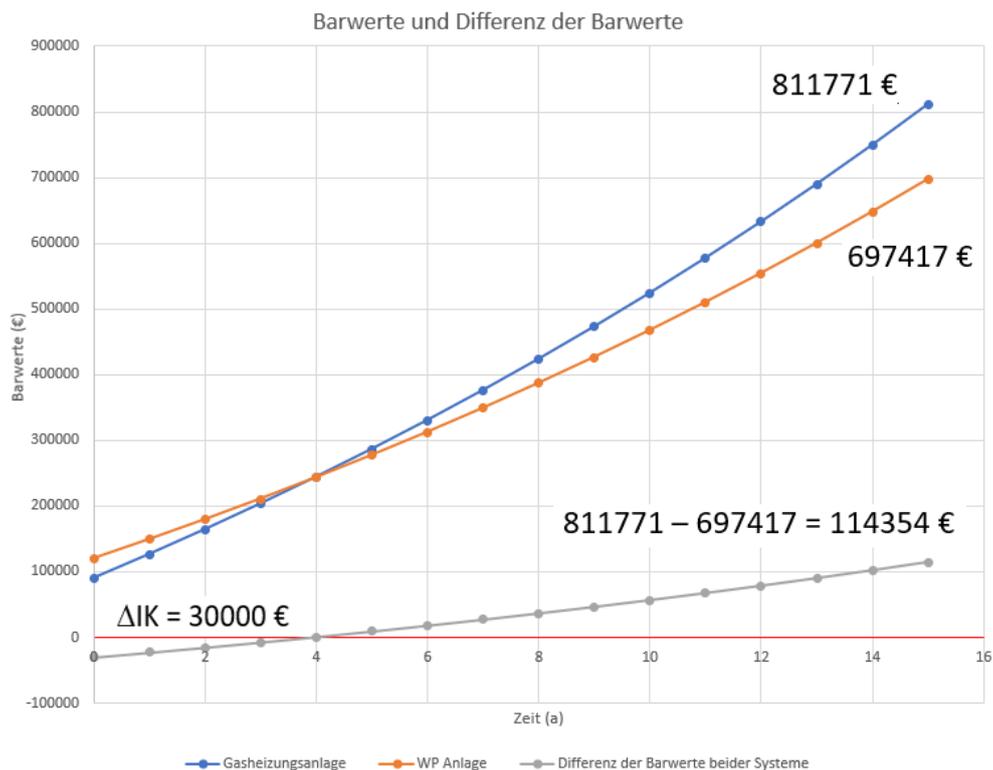


Abbildung 3: Berechnungsbeispiel Vergleich zweier Heizungssysteme anhand der Barwerte⁶³

Die Mehrausgabe für die Wärmepumpenanlage beträgt zum Zeitpunkt der Investition 30.000 €. Nach ungefähr 4 Jahren (Schnittpunkt mit der Nullachse = Schnittpunkt der beiden Barwertkurven) hat sich die Mehrausgabe amortisiert. D.h. es wurden die 30.000 € inklusive

⁶³ Eigene Darstellung

einer Verzinsung in Höhe des kalkulatorischen Zinssatzes erwirtschaftet. Nach 15 Jahren ergibt sich ein Gewinn dessen Barwert (heutiger Wert) 114.354 € beträgt.

Diese letzte Überlegung ist in der Regel entscheidend. Der Verantwortliche, der die Mehrkosten für die Investition genehmigen muss, erhält so eine Entscheidungsgrundlage.

An dieser Stelle wird auch die Bedeutung des gewählten kalkulatorischen Zinssatzes verständlich. Er stellt jenen Zinssatz dar, den der Verantwortliche mindestens von dem Investitionsobjekt (in diesem Fall von den eingesetzten Mehrkosten) fordert. Bei der Festlegung spielt die Art der Finanzierung (vgl. Kap.9.8.1) eine wesentliche Rolle.

9.2.3 Die dynamische Amortisationszeit

Wie in Abbildung 4 ersichtlich, ist die dynamische Amortisationszeit jener Zeitpunkt, zu dem die Barwerte der beiden Systeme gleich sind (Kurven-Schnittpunkt).

Es gilt somit:

$$IK1 + k1 * \left(\frac{q}{d}\right) * \left[\frac{\left(\frac{q}{d}\right)^{NA} - 1}{\left[\frac{q}{d}\right] - 1}\right] = IK2 + k2 * \left(\frac{q}{d}\right) * \left[\frac{\left(\frac{q}{d}\right)^{NA} - 1}{\left[\frac{q}{d}\right] - 1}\right]$$

Mit $IK2 - IK1 = DIK$ (Differenz der Investitionskosten) und $k1 - k2 = E$ (Einsparungen) ergibt sich:

$$\frac{DIK}{E} * \left(1 - \left(\frac{d}{q}\right)\right) + 1 = \left(\frac{q}{d}\right)^{NA}$$

Durch Auflösung nach NA erhält man für die dynamische Amortisationszeit:

$$NA = \frac{\ln\left[\frac{DIK}{E} * \left(1 - \left(\frac{d}{q}\right)\right) + 1\right]}{\ln\left(\frac{q}{d}\right)}$$

In unserem Beispiel somit:

$$NA = \frac{\ln\left[\frac{30.000}{7.000} * \left(1 - \left(\frac{1,03}{1,07}\right)\right) + 1\right]}{\ln\left(\frac{1,07}{1,03}\right)} = 3,9 a$$

Der in der Gleichung enthaltene Term DIK / E ist die statische Amortisationszeit, im Fall des Berechnungsbeispiels:

$$NA(\text{stat}) = 30.000 / 7.000 = 4,29 a$$

9.3 Sensitivitätsanalyse

Sowohl bei der Berechnung der Barwerte als auch der daraus abgeleiteten Größen „dynamische Amortisationszeit“ und „interner Zinssatz“ hat sich gezeigt, dass q und d starke Hebel sind. In der Praxis ist es daher unumgänglich verschiedene Szenarien zu berechnen und miteinander zu vergleichen, um ein aussagekräftiges Bild des Investitionsvorhabens zu erhalten.

Damit dieser Vergleich aussagekräftig wird, müssen alle wesentlichen Kosten bzw. ggf. Einnahmen (= negative Kosten) über den gesamten Betrachtungszeitraum erfasst werden. Im Regelfall werden zu jeder Bau-Projektvariante jeweils einige wirtschaftliche Varianten gerechnet (= Sensitivitätsanalyse).

9.4 Investitionen zu einem Zeitpunkt > 0

Beim Beispiel der Wärmepumpenheizung wird davon ausgegangen, dass im Jahre 10 ein Anlagenteil getauscht werden muss. Die im Jahr 10 anfallenden Kosten werden real mit $IK(10) = 30.000 \text{ €}$ angenommen.

Der Barwert dieser Kosten beträgt somit

$$BWIK(10) = \frac{IK(10)}{d^{10}} = \frac{30.000}{1,03^{10}} = 22.322,82 \text{ €}$$

Um diesen Betrag verschiebt sich zum Zeitpunkt 10 die Barwert-Kurve nach oben.

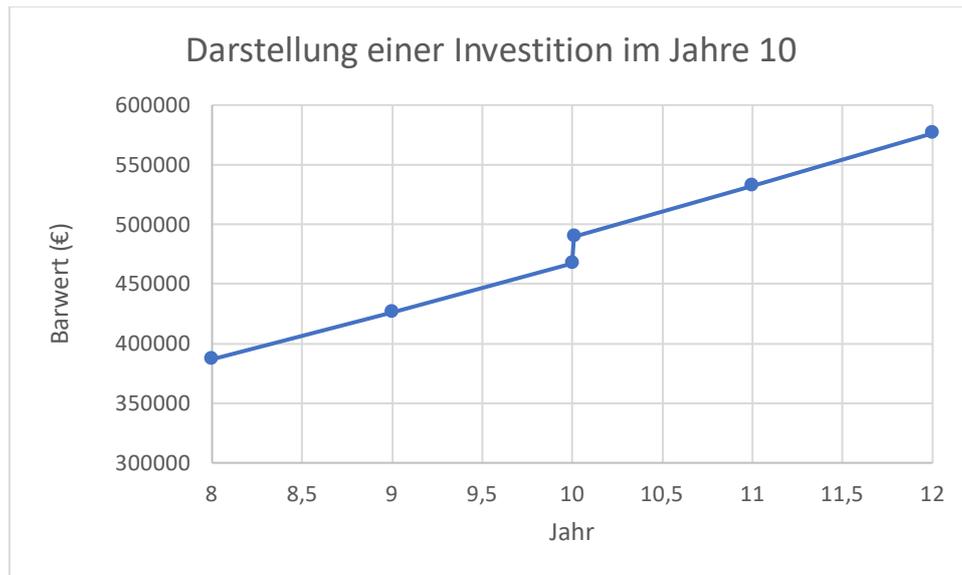


Abbildung 4: Berechnungsbeispiel WP-Anlage Investition im Jahre 10⁶⁴

9.5 Der Restwert

Wenn am Ende der angenommenen Nutzungsdauer die Anlage rückgebaut wird und die Werkstoffe verwertet werden, fällt (möglicherweise) ein Restwert an. Da der Restwert die Kosten vermindert, wird bei der Berechnung der Lebensdauerkosten sein Barwert abgezogen.

Beispiel – Restwert 40.000 € am Ende der Nutzungsdauer

Restwert am Ende der Nutzungsdauer real $RW(15) = 40.000 \text{ €}$ sein Barwert ist somit:

$$BWRW(15) = \frac{RW(15)}{d^{15}} = \frac{40.000}{1,03^{15}} = 25.674,48 \text{ €}$$

⁶⁴ Eigene Darstellung

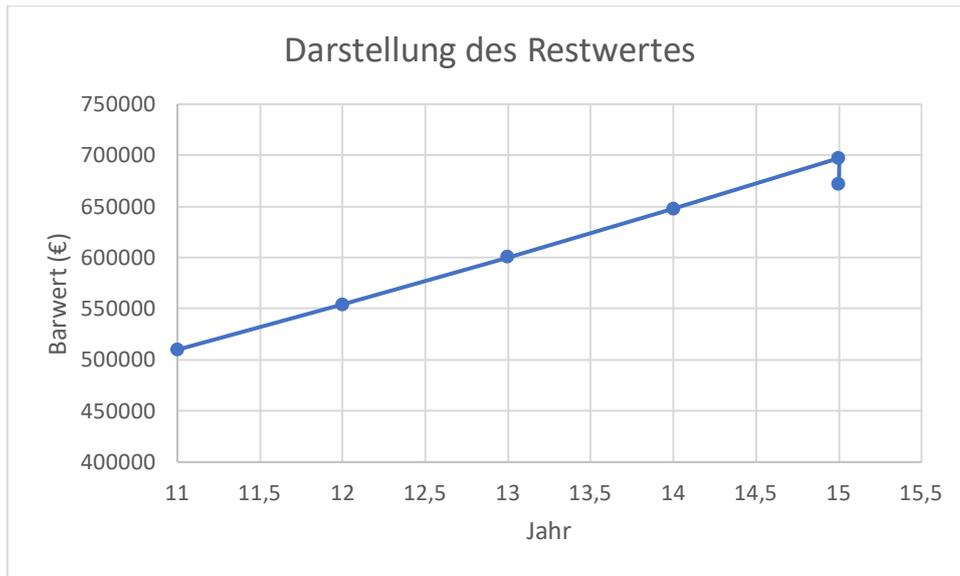


Abbildung 5: Berechnungsbeispiel WP-Anlage Barwert des Restwertes nach 15 Jahren⁶⁵

9.6 Der Restwert in der Kreislaufwirtschaft

In einer Kreislaufwirtschaft werden Ressourcen solange wie möglich im gesellschaftlichen bzw. wirtschaftlichen Kreislauf gehalten, mit dem Ziel, die Entnahme von Primär-Ressourcen aus der Natur zu reduzieren.

Die Kreislaufwirtschaft setzt dabei auf nachhaltiges Produktdesign, „Produkt as a Service“ Modelle oder Wiederaufbereitung von Sekundärrohstoffen für Produktion und Konsum. Nicht verwertbare Abfälle werden weitgehend reduziert, die Umwelt und natürliche Ressourcen geschont und die Resilienz sozio-ökonomischer Systeme erhöht.

Zum Thema Ressourcenknappheit und Rohstoffpreise vgl. Punkt 1.4.2 Betriebswirtschaftliche Verwertung.

Beispiel – Rohstoff-Restwert eines Neubaus

Investitionskosten: 1.000.000 €

Ein wesentlicher Teil des Gebäudes entspricht CE Designprinzipien (einfach lösbare Füge-techniken, sortenreine trennbare und schadstofffreie Materialkomponenten), wodurch ein Großteil der Materialien weiter verwertbar ist.

Materialkosten: 20% = 200.000 € davon weiter verwertbar 60% = 120.000 €

Ausbaumaterialkosten: 45% = 450.000 € davon weiter verwertbar 70% = 315.000 €

Summe der weiter verwertbaren Materialien: 435.000 €

Berechnung der Restwerte:

Annahmen: Steigerungsrate des Materialwertes: 5 / 7 / 9%/a

Kalkulatorischer Zinssatz 2%/a (hier z.B. als BIP Steigerungsrate interpretiert)

d.h. die Materialkosten steigen stärker als das Wirtschaftswachstum.

Der kalkulatorische Zinssatz kann hier je nach Intention des Analysten gewählt werden:

⁶⁵ Eigene Darstellung

Geht es darum eine Mindestverzinsung erreichen zu wollen, gelten die Regeln wie in Abschnitt 8.8 angeführt. Geht es darum, den aus den Materialrestwerten zu einem bestimmten Zeitpunkt erzielbaren Gewinn zu ermitteln, d.h. geht man von einer nachhaltigen Entkopplung von Materialpreisentwicklung und BIP Entwicklung aus, wird q entsprechend der angenommenen Materialpreisentwicklung und d entsprechend dem BIP Wachstum (oder der Inflationsrate etc.) gewählt.

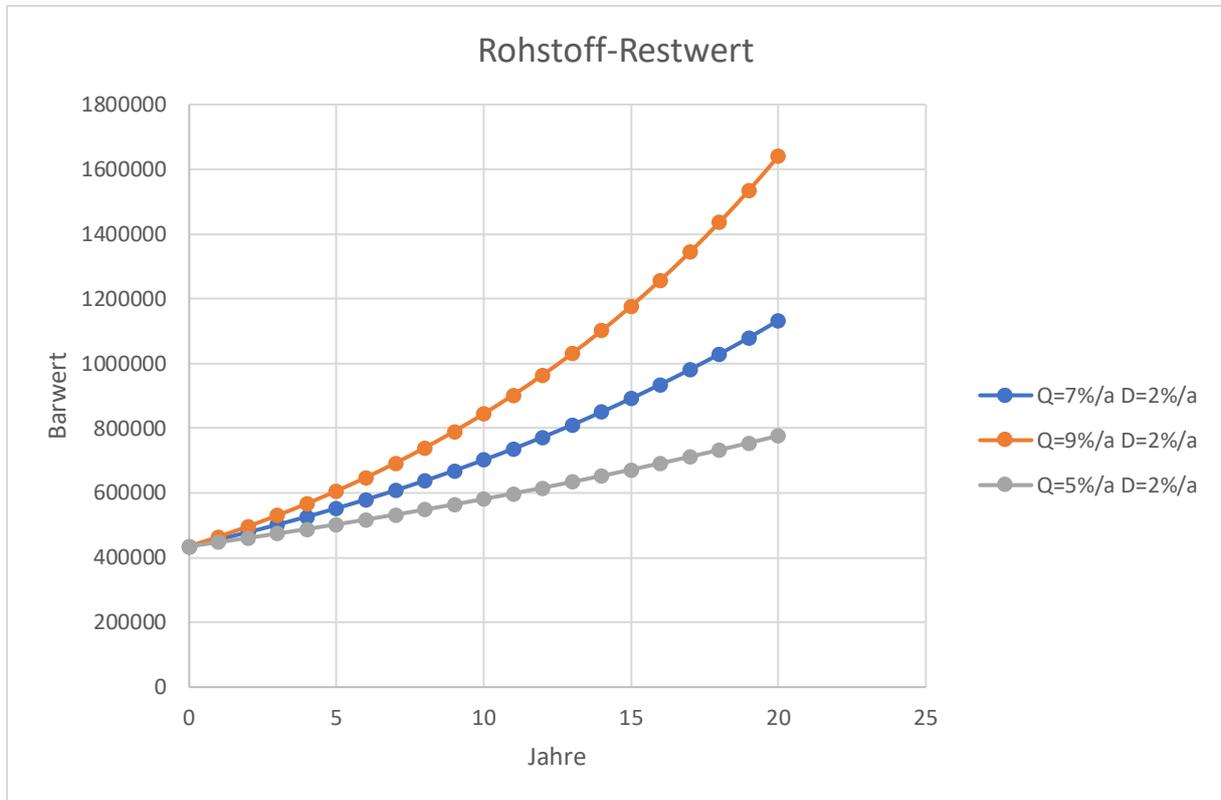


Abbildung 6: Berechnungsbeispiel Materialrestwerte zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft⁶⁶

Ergebnis für die mittlere Variante $Q = 7\%/a$: nach 20 Jahren beträgt der Barwert des Restwertes 1.132.821,22 € bezogen auf das Jahr 0 (Barwert 435.000 €). Es ergibt sich somit ein erzielbarer „Gewinn“ von 69.7821,22 € (160 %).

Das Nominale (d.h. der tatsächlich zum Zeitpunkt N erzielbare Marktpreis) wird laufend im Materiellen Gebäudepass (MGP) eingetragen. Diese Bewertung kommt nicht nur im Falle von Abriss oder Renovierung zum Tragen, sondern generell bei jeder Bewertung des Gebäudes, d.h. auch bei Investitionsprojekten. (Die Abschreibung eines Gebäudes auf „Null“ ist so gesehen grundsätzlich nicht sinnvoll.)

⁶⁶ Eigene Darstellung

9.7 Die Annuitätenmethode

Barwerte (die sich immer auf einen bestimmten Referenzzeitpunkt beziehen) können grundsätzlich auf jährlich gleichbleibende Beträge, die sogenannten Annuitäten umgerechnet werden.

Beispiel 1: Annuität der Investitionskosten



Abbildung 7: Darstellung der Investitionskosten und Annuitäten⁶⁷

$$IK = \frac{A}{d} + \frac{A}{d^2} + \dots + \frac{A}{d^N} = \left(\frac{A}{d}\right) * \frac{\left[\left(\frac{1}{d}\right)^N - 1\right]}{\left[\left(\frac{1}{d}\right) - 1\right]} \quad (\text{Gl. 8})$$

Auflösen nach A liefert für die Annuität der Investitionskosten:

$$A(IK) = IK * \frac{(1 - d)}{\left[\left(\frac{1}{d}\right)^N - 1\right]}$$

A(IK)..... Annuität der Investitionskosten (€)

IK Investitionskosten [€]

d kalkulatorischer Zinssatz $d = 1 * D/100$, D (%/a)

N Betrachtungszeitraum (a)

Der Faktor $\frac{(1-d)}{\left[\left(\frac{1}{d}\right)^N - 1\right]}$ wird als Annuitätenfaktor (AF) bezeichnet.

Im Falle $d = 1$ gilt $AIK = IK/N$

Die folgende Abbildung 8 zeigt Annuitätenfaktoren für den Bereich $N = 5-15a$ für verschiedene Werte von d. Da aktuell auch negative Verzinsungen marktrelevant sind, wurde auch der Verlauf für

$$D = -0,3\%/a \text{ inkludiert. } d = 1 + \frac{D}{100} = 1 - \frac{0,3}{100} = 0,997$$

⁶⁷ Eigene Darstellung

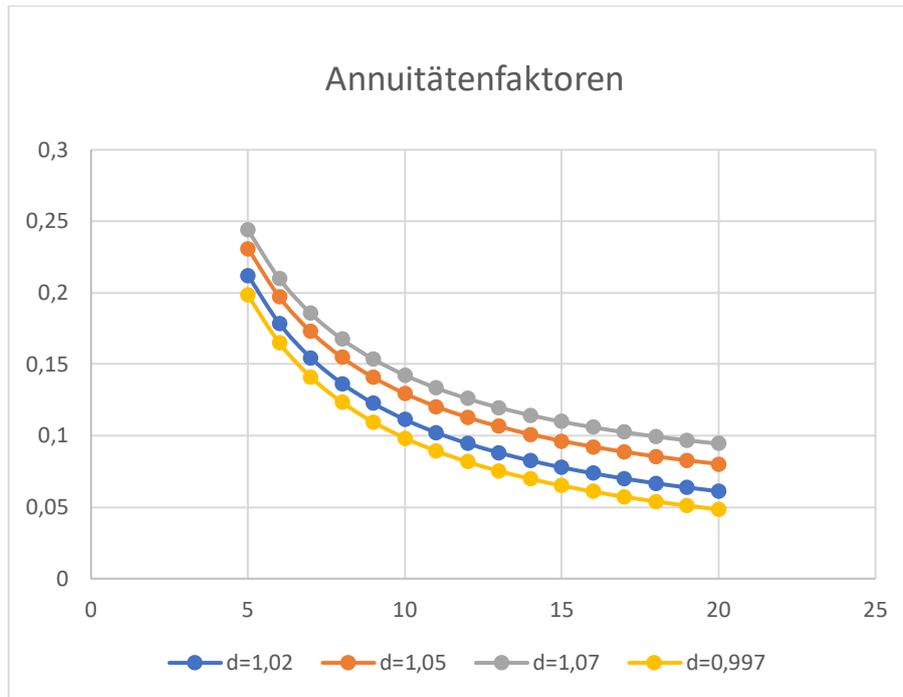


Abbildung 8: Vergleich Annuitäten bei verschiedenen Verzinsungen⁶⁸

Für die Annuität des Barwertes der Lebensdauerkosten gilt dann analog:

$$A(\text{BWLK}) = \text{BWLK} * \text{AF}$$

Beispiel – Annuität einer Wärmepumpenanlage

d = 1,03

N = 15 a

$$\text{AF} = \frac{1-1,03}{\left[\left(\frac{1}{1,03}\right)^{15} - 1\right]} = 0,083767$$

Mit IK = 120.000 € (Wärmepumpenanlage) ergibt sich die Annuität der Investitionskosten zu 120.000*0,083767 = 10.052,04 €

Die Annuität des gesamten Barwertes der Wärmepumpenanlage ist analog:

$$A(\text{BWLK}) = 697.417 * 0,083767 = 58.420,53 €$$

Da die Berechnung der Annuität von Barwerten darin besteht, dass die Barwerte mit einem konstanten Faktor (nur abhängig von d und N) multipliziert werden, kann ein Anlagenvergleich also ebenso anhand des Vergleichs der Annuitäten durchgeführt werden.

Das System mit dem kleineren Barwert ist auch das System mit der kleineren Annuität.

Für den in Abschnitt 9.6 berechneten Barwert- „Gewinn“ ergibt sich folgende Annuität: (d = 1,02, N = 20a)

$$697.821,22 * 0,0611567 = 42.676,46 €$$

bzw. bezogen auf N = 15a

$$697.821,22 * 0,077825 = 54.308,27 €$$

⁶⁸ Eigene Darstellung

Anmerkung: Die Analyse konkreter CE Projekte ist naturgemäß sehr komplex, siehe dazu die Zitate in 9.8.4. Ein allgemein anerkanntes Rechenmodell existiert derzeit noch nicht.

9.8 Definition der kalkulatorischen Rahmenbedingungen

9.8.1 Festlegung des Zinssatzes

Eigenfinanzierung

Bei vollständiger Eigenfinanzierung steht dem Investor als Alternative zur Durchführung der betrieblichen Investition das Anlegen des Betrages am Kapitalmarkt offen. Daher wird der von ihm gewählte Kalkulationszinssatz in der Regel größer sein als der Habenzinssatz einer bestimmten, als sicher gewerteten Kapitalmarktanlage.

Fremdfinanzierung

Bei vollständiger Fremdfinanzierung wird der Kalkulationszinssatz größer sein als der Zinssatz, den der Investor für das aufgenommene Fremdkapital zahlen muss.

Mischfinanzierung

In diesem Fall wird ein Mischzinssatz gewählt. (Gewichtetes Mittel aus dem Kalkulationszinssatz für das Eigenkapital und dem Kalkulationszinssatz für das Fremdkapital. Die Gewichtung ergibt sich aus der Höhe des Eigen- und Fremdkapital-Anteils.)

Andere Effekte

Wenn es nicht direkt um die Finanzierung geht, können mittels der Wahl von D und Q auch andere Effekte dargestellt werden z.B. die Entkopplung der Energiepreise (dargestellt in Q) vom allgemeinen Wirtschaftswachstum (dargestellt in D).

Umlaufgewichtete Durchschnittsrendite für Bundesanleihen (UDBR)

Bei der Erstellung von Gutachten empfiehlt ÖN 1801-4 die Verwendung der „Umlaufgewichteten Durchschnittsrendite für Bundesanleihen“ (UDRB).

Die UDRB gibt die durchschnittliche Rendite der im Umlauf befindlichen nach österreichischem Recht begebenen Euro-Bundesanleihen der Republik Österreich mit einer fixen Verzinsung und einer Restlaufzeit von über einem Jahr wieder. Die UDRB zielt somit auf die Abbildung der Rendite österreichischer Bundesanleihen am Sekundärmarkt ab. Mit der UDRB wird dem Markt ein Kapitalmarktzins in Ergänzung zum kurzfristigen Geldmarktzins geboten.

Empfohlen wird die Verwendung eines 3-jährigen Durchschnittswertes. Die Veröffentlichung der UDRB-Tageswerte der Vorwoche erfolgt jeweils am Freitag der Folgewoche auf der Webseite der OeNB. Periodenschnitte werden gemeinsam mit der Publikation des letzten Tageswerts der jeweiligen Periode veröffentlicht. (<https://www.oenb.at/Statistik/Charts/Chart-2.html>)

Für negative Renditen ergibt sich d analog.

Beispiel: UDRB = -0,3 %/a

$d = 1 - 0,3/100 = 0,997$

9.8.2 Festlegung der Indexierung

Aktuelle Werte für wichtige Indizes (Verbraucherpreisindex, Baupreisindex, Baukostenindex, Tariflohnindex) sind im Indexrechner der Statistik Austria zusammengestellt. <https://www.statistik.at/Indexrechner/>

9.8.3 Relevante ÖNormen

Energieanlagen in Betrieben

Für die betriebswirtschaftliche Beurteilung von alternativen Energieanlagen in Gebäuden stehen die ÖN EN 15459-1:2017 12 01 (Energieeffizienz von Gebäuden - Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Energieanlagen in Gebäuden – Teil 1: Berechnungsverfahren, Modul M1-14) und als nationale Ergänzung die ÖN M 7140:2021 01 15 (Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach dynamischen Rechenmethoden – Nationale Ergänzungen und nationale Erläuterungen zu ÖNORM EN 15459) zur Verfügung. Die Normen verwenden z.T. dynamische Methoden, d.h. die Berechnung von Barwerten (siehe Abschnitt 9.2.2) und Annuitäten (siehe Abschnitt 9.7). Für die praktische Anwendung stehen entsprechende Programme zur Verfügung.

Lebenszykluskostenanalyse

Eine Anleitung zur Berechnung der „klassischen“ Lebenszykluskostenanalyse von Hochbauprojekten (d.h. noch ohne Berücksichtigung kreislaufwirtschaftlicher Effekte) bietet die ÖNORM B 1801-4:2014 04 01. Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten, ÖNORM B 1801-1:2021 02 01. Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objekterrichtung und ebenso für Instandsetzungen und Umbau gemäß ÖNORM B 1801-2, ÖNORM B 1801-2:2011 04 01. Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten

9.8.4 Berechnungsgrundlagen für eine CE Betrachtung

Um den CE-Langzeiterfolg quantitativ darzustellen, muss die Bewertung notwendigerweise über alle Lebensphasen der verwendeten Werkstoffe reichen. Wenn also ein Werkstoff immer wieder neu aufbereitet und - wo auch immer - verwendet wird, müssen all diese Phasen in einer gesamtheitlichen Lebenszykluskostenanalyse (Circular Economy Life Cycle Cost: CE-LCC Modell) abgebildet werden. Da es Ziel der CE ist, Stoffe möglichst lang im Kreislauf zu halten, ergeben sich notwendigerweise sehr lange Betrachtungszeiträume (70 - 80 Jahre), sowie sehr komplexe Modelle mit - je weiter sie in die Zukunft reichen - zunehmend unsicheren Annahmen.

Ein Beispiel wie komplex derartige Berechnungen schon im Fall einer einfachen „Circular kitchen“ sind, findet sich in „A circular economy life cycle costing model (CE-LCC) for building components“⁶⁹. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344920301774>)

Eine realitätsnahe Analyse findet sich in der Masterthesis von Madeleine Kindermann „Gebäude mit Materialpass – Einfluss der Kreislaufwirtschaft auf die Immobilienbewertung“ Universität Zürich, 2021. In der Arbeit wird anhand des Vergleichs von standardisierten Musterprojekten (lineare im Vergleich zu CE Konstruktion) gezeigt „...dass trotz der erhöhten Erstellungskosten des kreislauffähigen Objekts ein deutlicher Mehrwert von +9,6 % in der Marktwertermittlung erzielt wird“⁷⁰.

⁶⁹ Wouterszoon Jansen et al. (2020)

⁷⁰ Kindermann (2021, p. VII) UZH - CUREM – Center for Urban & Real Estate Management - Abschlussarbeiten

10 „R“ Strategien

10 Die 10 „R“ Strategien der Kreislaufwirtschaft (praktische Beispiele)⁷¹

R1: REFUSE	Elimination umweltschädlicher Materialien, z.B. durch Entfernung einer alten Ölheizung, asbesthaltiger Baumaterialien etc.
R2: RETHINK	Intensivere Nutzung durch Sharing, dies kann Mehrfachnutzung von Räumen zu unterschiedlichen Tageszeiten sein oder die Einrichtung eines neutralen Raumes für eine Werkstatt oder Gartenhaus mit Geräten zum Teilen (für Hausbewohner aber auch für die Nachbarn).
R3: REDUCE	Energieverbrauch senken, Abfall vermeiden etc.
R4: REUSE	Bauteile und Materialien im Idealfall vor Ort anders einsetzen oder mit anderen tauschen oder über Materialverwertungsfirmen anderen zur Verfügung stellen.
R5: REPAIR	Möglichst viel (vor Ort) reparieren, z.B. undichte Fenster, alte Kachelöfen, vorhandene Möbel etc.
R6: REFURBISH	Das Gebäude durch die Sanierung und Renovierung zu neuem Leben erwecken. Einzelne Bauteile durch die Reparatur aufwerten, freilegen, und/oder falsch genutzte Räume mit neuen Nutzungen versehen, die das vorhandene Potential ausschöpfen.
R7: REMANUFACTURE	Einzelne Bauteile wieder aufbereiten, Bestandteile von Bauteilen in den sanierten Bauteil integrieren, auch bei Inneneinrichtung und Beleuchtung.
R8: REPURPOSE	Ein nicht mehr reparaturfähiges Produkt oder Bauteil einem anderen Zweck zuführen und dafür brauchbar machen, z.B. aus einer alten Türe einen Tisch machen.
R9: RECYCLE	Stoffliches Recycling, Materialverwertung, um dieselbe oder geringere Qualität zu erreichen, z.B. 3-D gedruckte Bauteile für Fassadenelemente, Trennwände, Pavillons aus recyceltem Material, mineralischer Bruch als Zuschlagstoffe für neue Betone oder Füllstoffe für Künetten.
R10: RECOVER	Energierückgewinnung, z.B. durch Verbrennung des Materials in Energie umwandeln, oder Stoffrückgewinnung durch Aufbrechen in die einzelnen „Molekularstoffe“.

⁷¹ ÖGUT. (2021) (<https://oegut-blog.at/2021/04/30/kreislaufwirtschaft-darauf-kommt-es-an/#:~:text=Die%2010%20R%20B4s%20der%20Kreislaufwirtschaft%3A%20Refuse%2C%20Rethink%2C%20Reduce%2C,in%20den%20Produktionskreislauf%20C3%BCber%20den%20Weg%20des%20Recyclings,abgerufen%20am%2015.01.2022>) nach Potting, José, Hekkert M., Worrel E., Haanemaier A., Circular economy: measuring innovation in the product chain. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. No. 2544. PBL Publishers, 2017.



Chancen

11 Chancen der Kreislaufwirtschaft im Hochbau

Der Umstieg auf ein nachhaltiges Wirtschaftssystem mithilfe der Kreislaufwirtschaft bringt viele Chancen für Umwelt und Gesellschaft auf den Plan:

Rohstoffversorgungssicherheit

Zugang zu preisstabilen Rohstoffen wird gewährleistet und die Ressourcen-Abhängigkeit verringert. Dies steigert auch die Resilienz im Gesamtsystem Bau.

Entsorgungssicherheit

Durch weniger Abfälle wird auch notwendiger Deponieraum geschont, der vor allem in urbanen Ballungsräumen begrenzt ist.

Kosteneinsparungen

durch Verwendung von Sekundärrohstoffen bzw. -produkten sowie strikte Umsetzung von Ressourceneffizienz.

Kontinuierliche Umsätze

durch neue Geschäftsmodelle (XaaS, Leasing, Sharing, ...) und langlebige Produkte, sowie Schließen von Produktkreisläufen.

Erhaltung des Materialwertes

Durch Materialdatenbanken und die (vorausgesetzte) Rückbaubarkeit, bietet sich die Möglichkeit des Weiterverkaufs von Rohstoffen, Materialien und Produkten, nachdem diese nicht mehr genutzt werden.

Umfassende Wertschöpfung

Durch neue Formen der Zusammenarbeit und Transparenz, wird Wertschöpfung entlang aller Produktions- und Lieferketten ermöglicht.

Standardisierung der Planungs- und Ausführungsprozesse

Eine nachhaltige und funktionierende Kreislaufwirtschaft erfordert engere Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten, welche eine standardisierte Daten- und Arbeitsgrundlage voraussetzt.

Vorteilhafte Logistik

Verstädterung bzw. Wohnraumverdichtung bildet eine vorteilhafte Basis für logistische und dadurch ökonomische Herausforderungen in der Kreislaufwirtschaft.

Förderung von Beschäftigung

Die Umstellung auf und Umsetzung einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft bietet Arbeitsplätze und neue Beschäftigungsfelder.

Erhöhung der Lebensqualität

durch Verringerung von Umweltzerstörung, -verschmutzung und Emissionen, sowie deren negativen sozialen und gesundheitlichen Folgen auf Menschen, Tiere und Ökosysteme. Auch die Einführung sozialer Standards muss dabei Einzug halten.

Nachhaltige Hochbauten

Nicht nur ökonomische Indikatoren sind ausschlaggebend, sondern auch ökologische und soziale Indikatoren. Außerdem könnte durch die notwendige Adaptierung gesetzlicher Vorgaben, die Minimierung von eingefahrenem Handeln und Wirken zugunsten nachhaltigerer sowie gesellschaftszentrierter Lösungen begünstigt werden.



Hinweise und weitere Literatur

12 Hinweise und weiterführende Literatur

12.1 Vortragende im Modul

Die Vortragenden (in alphabetischer Reihenfolge) des Moduls „Ressourcenlager Gebäude – Kreislaufwirtschaft im Hochbau“ im Jahr 2021 waren:

Gaetano Bertino / MSc, PhD / alchemia nova GmbH, Institut für Kreislaufwirtschaft & natur- basierte Lösungen, Wien

Raphael Fasko / BSc ETH Umwelt-Natw. / Bereichsleiter Kreislaufwirtschaft / Rytec AG, Münsingen, CH

Johann Fellner / Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. / Leiter CD Labor "Anthropogene Ressourcen" / TU Wien

Albin Kälin / CEO / EPEA Switzerland GmbH, St. Gallen, CH

Johannes Kisser / Dipl.-Ing. / CTO / alchemia nova GmbH, Institut für Kreislaufwirtschaft & natur- basierte Lösungen, Wien

Tom Alexandre Koch / MSc. / Projektleiter Stoffstrommanagement / Rytec AG Münsingen, CH

Iva Kovacic / Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. / FOB-Leiterin Integrale Bauplanung und Industriebau / TU Wien

Daniela Schneider / MSc. / Karlsruher Institut für Technologie, Fachbereich Nachhaltiges Bauen, Karlsruhe, D

Daniela Trauninger / Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn / Universität für Weiterbildung Krems (Donau-Universität Krems)

12.2 Werkzeuge und Systeme

Die nachstehenden Werkzeuge und Systeme stellen eine nicht vollständige Aufzählung dar.

- Building Information Modelling (BIM):
BIM Software (z.B. Autodesk Revit, Nemetschek Allplan), BIM Umgebung (Autodesk BIM 360) und BIM basierte Werkzeuge
- Verfügbarkeit von Sekundärmaterialien / Komponenten
Österreich:
 - Social Urban Mining: Bau Karussell (<https://www.baukarussell.at/>)
 - Materialnomaden (<https://www.materialnomaden.at/>)

Deutschland:

Es agieren bereits einzelne Firmen, wie z.B. Concular (<https://concular.de/de/material-beschaffen/>) oder regionale Netzwerke wie z.B. ReNeReB (<https://www.renereb.de/bauprodukte>) als zentrale Beschaffer / Berater.

- Materialkataster / Materieller Gebäudepass (MGP)
Vorschläge für Materialkataster / MGP-Plattformen wurden in Europa von mehreren Organisationen vorgelegt. Man wird sehen, ob sich bestimmte und wenn ja welche, am Markt durchsetzen werden. In Österreich wurde vom IBO (Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie) eine Methode entwickelt zu der auch 2021 an der TU Wien eine entsprechende Lehrveranstaltung (Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement E234: LV 234.184 Materieller Gebäudepass ([234.184 Materieller Gebäudepass | TU Wien](#))) angeboten wurde.

In den Niederlanden wurde die Online Plattform Madaster (<https://madaster.com/>) entwickelt, die derzeit bereits in den Niederlanden, der Schweiz, Norwegen, Belgien und Deutschland existiert. Für Vorreiter und Pionierunternehmen gibt es die Möglichkeit, sich im Kennedy-Netzwerk zu engagieren. Derzeit (29.12.21) sind 27 Mitglieder gelistet. (<https://madaster.de/partnerassistent/kennedys/>)
- Umweltzeichen, Umweltproduktdeklarationen
 - Bau-EPD (<https://www.bau-epd.at/>)
 - Österreichisches Umweltzeichen (<https://www.umweltzeichen.at/de/home/start/>)
- WECOBIS ökologisches Baustoffinformationssystem (<https://www.wecobis.de/>)
- Building Material Scout: Ihre Service-Plattform für nachhaltige Bauprodukte Akteure und Stakeholder (<https://building-material-scout.com/>)
- GREENPASS® (<https://greenpass.io/de/>)

12.3 Relevante Normen, Richtlinien und Leitfäden

Die nachstehenden relevanten Normen, Richtlinien und Leitfäden (in der jeweils gültigen Fassung) stellen eine nicht vollständige Aufzählung dar.

- Internationale und Europäische Ebene
 - EU-Taxonomie (Verordnung (EU) 2020/852)
 - Europäische Strategie für die „Renovierungswelle für Europa“
 - Bauprodukteverordnung (EU-BauPVO, Verordnung (EU) Nr. 305/2011)
 - Abfallrahmenrichtlinie (Änderungsrichtlinie (EU)2018/851)
- Nationale Ebene
 - Abfallwirtschaftsgesetz (2002)
 - Deponieverordnung (2008)
 - Altlastensanierungsgesetz (Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung)
 - Recycling-Baustoffverordnung (RBVO, StF: BGBl. II Nr. 181/2015, Änderung BGBl. II Nr. 290/2016)
 - Chemikaliengesetz (1996)
- Landesgesetze
 - Die jeweiligen Bauordnungen
 - Die jeweiligen Bautechnikgesetze

- Normen
 - Die maßgeblichen Eurocodes
 - ISO/TC 59/SC 17: Sustainability in buildings and civil engineering work
CEN/TC 350 „Sustainability of construction works“
nationales Spiegelgremium: Komitee 271 „Nachhaltigkeit von Bauwerken“ (in Abstimmung u.a. mit Komitee 226 „Instrumente für das Umweltmanagement“, sowie 269 „Nachhaltige Städte und Kommunen“)
 - ÖN EN 15643, 2021 12 15: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken
 - ÖN EN 15804, 2020 02 15: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen
 - ÖN EN 15942, 2020 11 15: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Kommunikationsformate zwischen Unternehmen
 - ÖN EN 15978, 2021 10 01: Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität – Berechnungsmethode
 - ÖN EN 15459-1, 2017 12 01: Energieeffizienz von Gebäuden - Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Energieanlagen in Gebäuden – Teil 1: Berechnungsverfahren, Modul M1-14 und als nationale Ergänzung die ÖN M 7140 - Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach dynamischen Rechenmethoden – Nationale Ergänzungen und nationale Erläuterungen zu ÖNORM EN 15459
 - ÖN EN ISO 16000-32, 2014 10 01: Innenraumluftverunreinigungen – Teil 32: Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe
 - ÖN B 2251, 2020 09 01: Abbrucharbeiten – Werkvertragsnorm
 - ÖN B 3151, 2022 01 01: Rückbau von Bauwerken als Standardabbruch ÖN B 3140, 2020 11 01: Rezyklierte Gesteinskörnungen
 - ÖN B 1801-1, 2021 11 15: Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objekterrichtung und ebenso für Instandsetzungen und Umbau gemäß ÖN B 1801-2.
 - ÖN B 1801-2, 2011 04 01: Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 2: Objekt-Folgekosten
 - ÖN B 1801-4, 2014 04 01: Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten
 - ÖN EN ISO 14040, 2023 03 01: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006 + Amd 1:2020) (konsolidierte Fassung)
 - ÖN EN ISO 14044, 2021 03 01: Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006 + Amd 1:2017 + Amd 2:2020) (konsolidierte Fassung)
 - ISO 20887:2020: Sustainability in buildings and civil engineering works – Design for disassembly and adaptability
 - ISO/WD 59020.2 – Circular economy – Measuring circularity framework (under development)

- Verordnungen und Richtlinien
 - REACH-Verordnung (“Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals”) – Verordnung (EU) Nr. 1907/2006
 - Biozid-Verordnung – Verordnung (EU) Nr. 528/2012
 - Decopaint-Richtlinie – Richtlinie 2004/42/EG
- Leitfäden und Forschungsarbeiten
 - TU Wien Ecodesign Forschung, Österreichisches Ökologie-Institut (2020). Lehrmaterialien zu Kreislaufwirtschaft und Abfallvermeidung im Baubereich, online abrufbar
 - Deinhammer Anna-Vera (o.J.). Checkliste Koordination Kreislaufwirtschaft im Bauwesen. Tracing & Monitoring, Version 01. Stadt Wien, Magistratsdirektion – Geschäftsbereich Bauten und Technik, Stadtbaudirektion. Publikationen zum Programm „DoTank Circular City Wien 2020-2030“ (<https://www.wien.gv.at/bauen/dotankcircularcity/publikationen.html>)
 - IG Lebenszyklus Bau (Hrsg.) (2021). Klimaneutralität und Kreislaufwirtschaft im Bauwesen (<https://ig-lebenszyklus.at/>)
 - Achatz A., Margelik E., Romm T., Kasper T., Jäger D. (2021). KreislaufBAUwirtschaft. Projekt-Endbericht. Umweltbundesamt GmbH (<https://www.umweltbundesamt.at/>)
 - Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (2019). DGNB Report Circular Economy (<https://www.dgnb.de/de/themen/circular-economy/index.php>)
 - Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (2019). (www.nachhaltigesbauen.de)
 - VDI-Expertenempfehlung 4802 Blatt 1 Ressourceneffizienz im Bauwesen (<https://www.vdi.de>)
 - Heisel, F. & Hebel D. (Hrsg.) (2021): Urban Mining und kreislaufgerechtes Bauen. Die Stadt als Rohstofflager. Fraunhofer IRB Verlag
 - Haas S., Kellner R., Klingler M., König H., Mötzl H., Neubrand H., Savi D., Thurner C., Wurmer-Weiß P., Wurbs J., Zwiener G. (2016). Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis. Band 04. Ökologische Baustoffwahl. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (https://www.bbsr.bund.de/SiteGlobals/Forms/Suche/VeroeffentlichungsSuche_Formular.html?nn=2866906)
 - Deilman C., Reichenbach J., Krauß N., Gruhler K. (2016). Zukunft Bauen: Forschung für die Praxis. Band 06. Materialströme im Hochbau. Potenziale für eine Kreislaufwirtschaft. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (https://www.bbsr.bund.de/SiteGlobals/Forms/Suche/VeroeffentlichungsSuche_Formular.html?nn=2866906)
 - Durmisevic, Elma (2018). BAMB. Reversible Building Design. (<https://www.bamb2020.eu/topics/reversible-building-design/>)
 - European Commission (2020). Circular Economy – Principles for Buildings Design (<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>)



Abbildungsverzeichnis

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Barwerte im Zeitraum 0 bis N	48
Abbildung 2: Barwerte als Funktion des Betrachtungszeitraums für verschiedene Werte von q/d	50
Abbildung 3: Berechnungsbeispiel Vergleich zweier Heizungssysteme anhand der Barwerte	51
Abbildung 4: Berechnungsbeispiel WP-Anlage Investition im Jahre 10	53
Abbildung 5: Berechnungsbeispiel WP-Anlage Barwert des Restwertes nach 15 Jahren.....	54
Abbildung 6: Berechnungsbeispiel Materialrestwerte zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zukunft.....	55
Abbildung 7: Darstellung der Investitionskosten und Annuitäten.....	56
Abbildung 8: Vergleich Annuitäten bei verschiedenen Verzinsungen	57



Literaturverzeichnis

14 Literaturverzeichnis

- Achatz, A., Margelik, E., Romm, T., Kasper, T., & Jäger, D. (2021). *KreislaufBAUwirtschaft: Projekt-Endbericht*. Umweltbundesamt GmbH.
<https://www.umweltbundesamt.at/news210512>, abgerufen am 15.01.2022
- Atanasova, N., Castellar, J. A., Pineda-Martos, R., Nika, C. E., Katsou, E., Istenič, D., Pucher, B., Andreucci, M. B., & Langergraber, G [Guenter] (2021). Nature-Based Solutions and Circularity in Cities. *Circular Economy and Sustainability*, 1(1), 319–332.
<https://doi.org/10.1007/s43615-021-00024-1>
- Braune, A., Ruiz Durán, C., & Gantner, J. (2018). *Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung: DGNB Leitfaden*. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB.
<https://www.dgnb.de/de/verein/publikationen/index.php>, abgerufen am 15.01.2022
- Carra, G., & Magdani, N. (2016). *Circular business models for the built environment*. London. ARUP; BAM.
<https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/circular-business-models-for-the-built-environment>, abgerufen am 15.01.2022
- Däumler, K.-D., Grabe, J., & Meinzer, C. R. (2019). *Investitionsrechnung verstehen: Grundlagen und praktische Anwendung mit Online-Training* (14th ed.). *NWB Studium Betriebswirtschaftslehre*. NWB Verlag.
- Dechantsreiter, U., Horst, P., Mettke, A., Asmus, S., Schmidt, S., Knappe, F., Reinhardt, J., Theis, S., & Lau, J. J. (2015). *Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen*. Umweltbundesamt.
- Deweerd, M., & Mertens, M. (2020). *A guide for identifying the reuse potential of construction projects*. Interreg North-West Europe FCRBE.
<https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/#tab-1>, abgerufen am 15.01.2022
- Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M., & Donatello, S. *Level(s) - Ein gemeinsamer EU-Rahmen zentraler Nachhaltigkeitsindikatoren für Büro- und Wohngebäude: Part 3: Durchführung von Leistungsbewertungen mithilfe von Level(s)*.
https://ec.europa.eu/environment/levels_en, abgerufen am 15.01.2022
- Ellen MacArthur Foundation, Granta Design. (2019). *Circularity Indicators: An approach to measuring circularity*. <https://ellenmacarthurfoundation.org/material-circularity-indicator>, abgerufen am 15.01.2022
- EPEA GmbH - Part of Drees & Sommer. (2021). *Cradle to Cradle Certified™*.
<https://epea.com/ueber-uns/cradle-to-cradle>, abgerufen am 15.01.2022
- Europäische Kommission. (2020a). *Circular Economy Principles for Buildings Design*. European Commission. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>
- Europäische Kommission. (2020b, October 14). *Eine Renovierungswelle für Europa - umweltfreundliche Gebäude, mehr Arbeitsplätze und bessere Lebensbedingungen: SWD(2020) 550 final*. Europäische Kommission.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_20_1835
- Fasko, R. (2015). *Geschäftsmodelle zur Förderung einer Kreislaufwirtschaft: Eine Auslegeordnung: Überblick kreislauffördernder Geschäftsmodelle, Analyse ihrer Wirkmechanismen und Anwendungshemmnisse*. Rytec AG im Auftrag von sanu durabilitas - Stiftung für Nachhaltige Entwicklung.

- Kindermann, M. (2021). *Gebäude mit Materialpass: Einfluss der Kreislaufwirtschaft auf die Immobilienbewertung* [Master Thesis]. Universität Zürich, Zürich.
https://www.curem.uzh.ch/de/forschung_und_publicationen/abschlussarbeiten.html#Abschlussarbeiten_2021
- Kovacic, I., Honic, M., Oberwinter, L., Rechberger, H., Lengauer, K., Hagenauer, A., Glöggler, J., & Meier, K. (2019). *Prozess-Design für den "Building Information Modelling" (BIM) basierten, materiellen Gebäudepass: BIMaterial*. Wien.
- Langergraber, G [Günter], & Muellegger, E. (2005). Ecological Sanitation--a way to solve global sanitation problems? *Environment International*, 31(3), 433–444.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.08.006>
- Pullen, S., Chiveralls, K., Zillante, G., Palmer, J., Wilson, L., & Zuo, J. (Eds.) (2012). *Minimising the impact of resource consumption in the design and construction of buildings*. Research Gate.
- RepaNet / BauKarussell. (2020). *Dienstleistungspaket für Bauherren: Verwertungsorientierter Rückbau*. BauKarussell. <https://www.baukarussell.at/service-dienstleistungspaket-fur-bauherren/>, abgerufen am 15.01.2022
- Sutter, V. (2019). *Planungshilfe Grün- und Freiflächen: Handlungsspielraum und Hilfsmittel für die Planung, Umsetzung und Bewirtschaftung*.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/fachinformationen/verminderungsmassnahmen/klimaprogramm/klimaprogramm-kommunikation.html>, abgerufen am 15.01.2022
- Thormark, C. Assessing the recycling potential in buildings. In *Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy* (CIB Publication 266, pp. 78–86).
- TU Wien, Forschungsbereich Ecodesign. (2020). *Lehrmaterialien zur Kreislaufwirtschaft und Abfallvermeidung im Baubereich: Modul 2: Prinzipien des kreislaufgerechten Bauens*. Vienna. online abrufbar
- Umweltdachverband. (o.J.). *Ökosystemleistungen: - von der Natur kostenlos erbracht*.
<https://www.umweltdachverband.at/themen/naturschutz/biodiversitaet/oekosystemleistungen/>, abgerufen am 15.01.2022
- VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH. (2019). *Ressourceneffizienz im Bauwesen: Von der Planung bis zum Bauwerk*. <https://www.ressourcen-deutschland.de/publikationen/informationbroschueren/>, abgerufen am 15.01.2022
- Wouterszoon Jansen, B., van Stijn, A., Gruis, V., & van Bortel, G. (2020). A circular economy life cycle costing model (CE-LCC) for building components. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104857. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104857>

Checkliste

Kreislaufwirtschaft im Hochbau

Autor*innen:	Eva Bacher, Manfred Bruck, Christoph Hofbauer, Robert Krammel, Gerhard Los, Christian Rechberger, Harald Resch, Manuel Senn, Andreas Smuskiewicz, Silja Tillner, Ben Tisowsky, Alfred Willinger, Klaus Winiwarter
Betreuer*innen:	Manfred Bruck, Daniela Trauninger, Markus Winkler
Lektorat:	Johannes Kisser (alchemia-nova GmbH, Institut für Kreislaufwirtschaft & natur-basierte Lösungen) Daniela Schneider (Karlsruher Institut für Technologie, Fachbereich Nachhaltiges Bauen) Johann Fellner (TU Wien, Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement)

Einleitung

Die Checkliste besteht aus dem Teil „Neubau“ und dem Teil „Bestand“.

Sie gliedert sich analog zum Leitfaden in folgende für Hochbauten relevante Phasen:

A - Planungsphase

B - Ausschreibung und Vergabe

C - Bauphase (Errichtung)

D - Übergabe / Abnahme

E - Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung)

F - Potential für Wiederverwendung und Recycling/Rückbau ist integriert in die Checkliste „Bestand“

Im Teil Bestand sind nur jene Sonderpunkte angeführt, die bei Sanierungen relevant sind. Alle anderen sowohl bei Sanierungen als auch Neubauten relevanten Aspekte sind dem Teil Neubau zu entnehmen.

Anmerkung: Da die grundlegenden Anforderungen darin bestehen, moderne Gebäude nach dem letzten Stand des Wissens zu planen, die den Anforderungen der Kreislaufwirtschaft entsprechen, sind in der Checkliste auch einige wichtige TGA relevante Kriterien enthalten.

INHALTSVERZEICHNIS CHECKLISTE

1	Neubau.....	78
1.1	A – Planungsphase.....	78
1.1.1	Organisation / Kompetenz.....	78
1.1.2	Standortrisiko.....	79
1.1.3	Komfortkriterien.....	79
1.1.4	Baukörper.....	79
1.1.5	Bauteil- und Materialanforderungen.....	80
1.1.6	Langlebigkeit und hoher Nutzwert.....	81
1.1.7	Energieeffizienz.....	81
1.1.8	Wärmebereitstellung und Kühlung.....	82
1.1.9	Gebäudeautomation.....	83
1.1.10	Biodiversität.....	84
1.1.11	Betriebswirtschaftliche Bewertung.....	85
1.2	B – Ausschreibung und Vergabe.....	85
1.3	C – Bauphase (Errichtung).....	86
1.4	D – Übergabe / Abnahme.....	86
1.5	E – Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung).....	87
2	Bestand.....	89
2.1	A – Planungsphase.....	89
2.2	B – Ausschreibung und Vergabe.....	90
2.3	C – Bauphase (Errichtung).....	90
2.4	D – Übergabe / Abnahme.....	90
2.5	E – Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung).....	90

Neubau



1 Neubau

1.1 A – Planungsphase

1.1.1 Organisation / Kompetenz

- Wurde die Bauherrenschaft über die Vorteile der Kreislaufwirtschaft informiert?
(Risiko steigender Materialpreise, zukünftige Kosten für Entsorgung, gesundheitliche Vorteile durch schadstofffreie Materialwahl, usw.)
- Sind klare Planungsziele im Sinne der Kreislaufwirtschaft definiert?
- Ist die Umsetzung der Kreislaufwirtschafts-Aktivitäten mit definierten und messbaren Meilensteinen geplant?
- Liegt ein Maßnahmenkatalog für die Umsetzung von kreislaufgerechten Zielsetzungen und Teilprojekten vor?
- Ist grundsätzlich Integrale Planung in BIM Umgebung vorgesehen?
 - Ist BIM 7D vorgesehen?
Anmerkung: 3D=Gebäudemodell, 4D=&Zeit, 5D=&Kosten, 6D=&Nachhaltigkeit, 7D=&Facility Management
 - Sind die BIM Kompetenzen der Beteiligten durch Zertifikate nachgewiesen?
- Wird ein materieller Gebäudepass (MGP) erstellt?
 - Wurde das Programm für die Erstellung des Materiellen Gebäudepass (MGP) ausgewählt?
- Nach welchen Kreislaufwirtschafts-Standards wird ein Gebäude dokumentiert?
 - Madaster
 - Building Circularity Passport® (EPEA)
 - Sonstige (bitte anführen)
- Ist eine umfassende Gebäudezertifizierung (-bewertung) mit CE relevanten Kriterien und Vorgaben vorgesehen?
 - DGNB
 - BREEAM
 - LEED
 - Level(s)
 - klimaaktiv
 - TQB
 - Sonstige
- Sind die Regeln für gerichtsfeste Dokumentations-Anforderungen festgelegt?
- Erfolgt die Planung mit BIM (Erstellung eines digitalen Zwillings)?
- Erfolgt die Planung mit Hilfe einer umfassenden dynamischen Gebäudesimulation?
- Wurde bei der Simulation der Klimawandel durch die Verwendung zertifizierter und zukünftiger Klimadaten (z.B.: TRY2045 oder Meteonorm) berücksichtigt?

1.1.2 Standortrisiko

- Wurden die aktuellen Naturgefahren am Standort evaluiert?¹
(Meteorologische Gefahren:
 Gefahren durch Sturmereignisse, Unwetter, Tornados, Hagel
Gefahren durch geologische Prozesse:
 Gefahren durch Rutschungen und Oberflächenerosion
 Gefahren durch Felssturz und Steinschlag
Gefahren durch nivale Prozesse:
 Gefahren durch Lawinen und Schnee
Gefahren durch fluviale Prozesse:
 Gefahren durch (Hoch)wassertransport in Gerinnen
 Gefahren durch Feststofftransport in Gerinnen
 Gefahren durch (Hoch)wasserabfluss in Hängen
 Gefahren durch Feststofftransport in Hängen)
- Sind entsprechende Gutachten dazu vorhanden?

1.1.3 Komfortkriterien

- Wurde eine entsprechende Qualität des Innenraumklimas und des Wohlbefindens der Nutzer definiert?
 - Sind Zielwerte für PMV (Predicted Mean Vote = erwartete durchschnittliche Empfindung und PPD (Predicted Percentage Dissatisfied = Prognostizierter Prozentsatz Unzufriedener) festgelegt?
 - Sind Zielwerte für Innenraumluftqualität festgelegt?
 - Sind Zielwerte für Raumakustik festgelegt?
 - Sind Zielwerte für Tageslichtqualität festgelegt?
 - Sind Zielwerte für die Kunstlichtqualität festgelegt?
- Wurde eine mögliche Ausgasung von volatilen organischen Verbindungen (VOCs) bei der Auswahl der Inneneinrichtung bzw. der verwendeten Baustoffe berücksichtigt?
- Werden die Qualitäten des Innenraumklimas anhand einer dynamischen Gebäudesimulation berechnet und optimiert?
- Wird die gebaute Qualität des Innenraums mittels VOC- und Formaldehydmessungen überprüft? Falls ja, sind Maßnahmen zum Prozessablauf in der Planung festzulegen.

1.1.4 Baukörper

- Sind die Eigenschaften: einfache Kubatur, günstiges Oberflächen-/Volumen-Verhältnis, hohe charakteristische Länge gegeben?
- Wurden die Grundrisse inkl. Erschließung, die Raumhöhen und das Tragsystem so geplant, dass eine Anpassbarkeit auf aktuelle und spätere Bedürfnisse der Nutzer und auch Nutzungsänderungen möglich sind?
- Wurde auch die Erschließung, die Versorgungsleitungen, Schächte, Stromzähler, Lüftungsauslässe so angeordnet, dass sie Änderungen in der Nutzung, Raumaufteilung etc. ermöglichen?

¹ Priv. Doz. Dr. DDI Jürgen Suda (Oktober 2021). VL im Rahmen des Lehrgangs "Building Innovation" der DWK: "Klimaschutz und Klimawandelanpassung - Gebäudeschutz vor Naturgefahren.

- Wurden alle Erschließungsinstallationen für das Gebäude so geplant, dass sie reparierbar und zerstörungsfrei rückbaubar sind?

1.1.5 Bauteil- und Materialanforderungen

- Wurde der Einsatz wiederverwendbarer Bauteile überprüft?
- Werden Sekundärrohstoffe bzw. Sekundärbaustoffe verwendet?
- Ist die Reduktion der Inanspruchnahme von abiotischen Rohstoffen bzw. Baustoffen (z.B.: mineralische Rohstoffe, Metallerze, fossile Brennstoffe etc.) Planungsziel?
- Werden Materialien aus biotischen Rohstoffen (z.B.: Holz, Bambus, Lehm, Stroh etc.) vermehrt eingeplant?
- Werden einfach lösbare Tragwerksverbindungen vorgesehen? (z.B. Schrauben, Bolzen, Steckverbindungen Zapfen, Schwalbenschwanz, (Nieten), Klettverschlussprinzip, ...)
- Werden "Nasse Verbindungen" (vergossen oder in Ortbeton) und Klebverbindungen vermieden?
- Werden für Leitungen wiederverwendbare bzw. rezyklierbare Materialien (z.B. Edelstahl, Kupfer) anstelle von unlösbaren Verbundmaterialien verwendet?
- Kommen folgende Elemente zum Einsatz?
 - Leichtbauelemente
 - Vorgefertigte Elemente
 - Multifunktionale Elemente
 - Holzbasierte Baukonstruktionen
- Sind die Fügetechniken reversibel?
- Ist die Zugänglichkeit gegeben?
- Ist standardisiertes Werkzeug verwendbar?
- Ist Sortenreinheit und sortenreine Trennbarkeit gegeben?
- Wurden die Schadstoffbelastungen folgender Produkte evaluiert?
 - Dämmstoffe
 - Montageschäume
 - Holz- und Holzwerkstoffe
 - Zusatzstoffe für Beton
 - Bitumenhaltige Produkte
 - Beschichtungen / Abdichtungssysteme
 - Farben und Lacke
 - Dichtstoffe, Dichtmittel
 - Kunststoffe
 - Epoxidharzprodukte
 - PU-Produkte
 - Oberflächennahe Produkte wie z.B. Bodenbeläge, Tapeten, Textilien
 - Feste und lose Möblierungen
 - Andere (bitte anführen)

- Wurden nachfolgende Nachweisdokumente herangezogen?
 - Ökobilanzen
 - Herstellerinformationen
 - Technische Merkblätter / Sicherheitsdatenblätter
 - Emissionsprüfzeugnisse
 - Umweltlabels
 - Interpretation / Bauchemische Analyse
 - Umwelt-Produktdeklarationen (EPDs – Environmental Product Declarations)
- Wurden Label- bzw. Zertifizierungsanforderungen Produktnachweise für die Ausschreibung vorgegeben?
- Wurden Ausschlusskriterien in der Ausschreibung definiert?
- Wurde geprüft, ob die vorgesehenen kreislaufgerechten Materialien, Verbindungstechniken etc. am Markt zu wirtschaftlichen Konditionen verfügbar sind?

1.1.6 Langlebigkeit und hoher Nutzwert

- Wurden Produkte / Dienstleistungen „... as a Service“ (XaaS) in Form von konkreten Angeboten evaluiert? Wurden diese Maßnahmen ausführlich in einem Gebäudematerialpass dokumentiert?
- Wurden Baustoffe gewählt, die vom Hersteller nach Ende der Lebenszeit zurückgenommen werden? (Rücknahmeerklärung)
- Wurden Informationen von Anbietern und Plattformen von Sekundärbaustoffen eingeholt und geprüft?
- Werden weitere zirkuläre Grundsätze im Projekt verfolgt (z.B.: Car-Sharing Angebote, Reparatur Café, Fahrradreparatur-Servicestelle etc.)
- Wurden Leitungen und Haustechnikkomponenten so geplant und gewählt, dass diese für Reparaturen, Wartung und Rückbau zugänglich und wieder zerstörungsfrei demontierbar (auch evtl. Verkleidungen) sind?
- Werden folgende Eigenschaften realisiert?
 - Flexible TGA
 - Flexibler Innenausbau
- Sind die Austauschzyklen und Lebensdauern in die Planung einbezogen?
- Wurde ein Verwertungs- bzw. Entsorgungskonzept entsprechend den Austauschzyklen erstellt?
- Wurden die Nutzungsdauern der einzelnen Baustoffkomponenten aufeinander abgestimmt, sodass eine Trennung bzw. Austausch zerstörungsfrei möglich ist?

1.1.7 Energieeffizienz

- Ist für den Standort ein Energieraumplanungskonzept vorhanden?
- Wurden passiven Maßnahmen zur Verringerung des Energiebedarfs bzw. zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung überprüft und eingeplant?

Speziell für Österreich anwendbar:

- Wird klimaaktiv Goldstandard erreicht?
- Wird klimaaktiv Silberstandard erreicht?
- Andere (bitte anführen)

- Sind lokal verfügbare erneuerbare Energiequellen vorhanden und in die Planung einbezogen?

Wenn ja welche?

- PV
 - Oberflächennahe Geothermie
 - Tiefe Geothermie
 - Biomasse
 - Kleinwind
 - Bezug von zertifiziertem Ökostrom
 - Fernwärme aus erneuerbaren Energiequellen
 - Abwärme
 - Brennstoffzellen oder ein Blockheizkraftwerk betrieben mit Sekundärbrennstoffen
 - Green Fuels (Biogas, Biomethan, Bio-Wasserstoff)
 - Energy Harvesting Technologien
 - Andere (bitte anführen)
- Wurde in der Planungsphase der Einsatz modernster Gebäudetechnik (Gebäudeautomation - GA) zur effizienten Nutzung der eingesetzten Energien bzw. Ressourcen berücksichtigt?
 - Oder wurde ein dezidierter low-tech Ansatz verfolgt, der auf Ressourcenschonung basiert und trotzdem essentielle Elemente der Haustechnik nachhaltig und verlässlich steuert?
 - Ist sichergestellt, dass die Qualität der Haustechnik (HKL, Elektro, GA etc.) bei der Übergabe / Abnahme durch externes Monitoring überprüft wird?
 - Ist ein Langzeitmonitoring vorgesehen?
 - Wenn ja, ist sichergestellt, dass die notwendigen Wartungs- bzw. Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden und dass die Voraussetzungen für die Durchführung der Datenanalyse hinsichtlich Zeit, Kosten und Mitarbeiterqualifikation gegeben sind?

1.1.8 Wärmebereitstellung und Kühlung

- Kommen Low-Ex- Systeme für Wärmebereitstellung und Kühlung zum Einsatz?
- Werden Systeme mit hohen Energie- bzw. Exergie-Wirkungsgraden verwendet?
- Wurden passive Kühlungssysteme mit einbezogen?
- Erfolgt die Kühlung kombiniert mit der Heizung und ist dabei ein ausgeglichener Betrieb von Wärmeentnahme und -zufuhr vorgesehen?
 - Wenn ja, wurde dies simuliert?
- Erfolgt die Kühlung mit minimalem Einsatz an elektrischer Energie?
- Ist eine Wärmepumpe vorgesehen?
 - Ist die JAZ der Wärmepumpenheizungsanlage > 4
 - Ist die JAZ der Wärmepumpenheizungsanlage $> 3,5$

- Ist eine Kraft-Wärme-Kopplung vorgesehen?
 - BHKW
 - Gesamtwirkungsgrad:
 - > 80%
 - > 85%
 - > 90%
 - Elektrischer Wirkungsgrad:
 - > 25%
 - > 35%
 - > 45%
 - Jahresbetriebsstunden:
 - > 5000 h/a
 - > 6000 h/a
 - > 7000 h/a
 - Brennstoffzelle
 - Gesamtwirkungsgrad:
 - > 80%
 - > 85%
 - > 90%
 - Elektrischer Wirkungsgrad:
 - > 25%
 - > 35%
 - > 45%
 - Jahresbetriebsstunden
 - > 5000 h/a
 - > 6000 h/a
 - > 7000 h/a
- Besteht die Möglichkeit, Energie aus vorhandenen Abwärmequellen (z.B. Wärmerückgewinnung aus der Abluft, Verwendung der Abwärme von Serverräumen, Wärmerückgewinnung aus dem Abwasserkanal, betriebliche Abwärme/Prozesswärme) zu nutzen?
- Besteht eine Anschlussmöglichkeit an „kalte“ Nah- oder Fernwärmenetze?

1.1.9 Gebäudeautomation

- Wurde ein GA-Anforderungsprofil erstellt?
- Wurde die Berechnung der GA-Effizienzklassen nach ÖNORM EN 15232-1:2017 12 01 durchgeführt?
- Wurde ein Raumautomations-Anforderungsprofil erstellt?
- Wurde ein Cybersicherheitskonzept erstellt?
- Ist die Erzeugung (aus erneuerbaren Energiequellen) und Speicherung elektrischer Energie vorgesehen?

- Ist die kommunikative Vernetzung und Steuerung von Stromerzeugern, Stromnetzen, Speichern, Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln vorgesehen?
Beispiel: eine Siedlung bestehend aus mehreren großen Wohnblocks mit:
 - Zentralem Netzanschluss
 - Mehreren PV-Anlagen auf den Dächern
 - Einer zentralen Batterie
 - Wärmepumpe(n)
- Ist der Einsatz als virtuelle Regelenergieserve vorgesehen?²

1.1.10 Biodiversität

- Wurde die Förderung der Biodiversität und Regeneration der natürlichen Ökosysteme berücksichtigt?
- Wurde die Begrünung der Objektflächen wie z. B. Flachdächern, Fassaden, Aufenthaltsflächen etc. berücksichtigt?
- Wurden unnötige Flächenversiegelungen durch Verwendung von sickerfähigen bzw. wasserdurchlässigen Oberflächen (z.B. Sickersteine mit wasserdurchlässigen Fugen auf Parkplätzen oder Abstellflächen) ausreichend vermieden?
- Sind die Flächenversiegelungen rückbaubar und recyclingfähig?
- Wird Regenwasser von versiegelten Flächen (Gebäude, Parkplatz, Zufahrt, usw.) gesammelt oder versickert und kann zur Begrünung genutzt werden?
- Sind Regenwasserretentions-Systeme entsprechend der aktuellen Naturgefahren-Erhebung vorgesehen?
- Sind Systeme zur Wiederaufbereitung von Grau- und Schmutzwasser eingeplant (Toilettenspülung, Waschmaschine, Gartenbewässerung)?
- Wird dieses Ab- oder Grauwasser zur Begrünung genutzt, wobei die Begrünung auch gleichzeitig die Wasserreinigung darstellen kann (Pflanzenkläranlage, auch möglich am Dach oder als Grünwand)?
- Sind wassersparende Geräte (z.B. Spülmaschinen, Waschmaschinen) im Gebäude vorgesehen?
- Sind Grünflächen zu Erholungszwecken vorhanden?
- Sind Dachgärten bzw. Gemeinschafts- und Nachbarschaftsgärten vorgesehen?
- Sind Biodiversitätsnischen vorgesehen (Totholz, lebende Hecken, „Gstettn“, usw.)?
- Sind Bienenstöcke oder Insektenhotels vorgesehen?
- Wurden die Pflanzen nach heimischen und standortspezifischen Kriterien ausgewählt?
- Ist der Pflegeaufwand für die Bepflanzung und für die Grünsysteme gering?
- Sind Wartungs- und Pflegeverträge für die Grünflächen abgeschlossen worden?

² Austrian Power Grid (o.J.). Netzregelung. <https://www.apg.at/de/markt/netzregelung>

1.1.11 Betriebswirtschaftliche Bewertung

- Ist sichergestellt, dass die aktuellen Rohstoff-Restwerte laufend im Materiellen Gebäudepass (MGP) eingetragen werden?
- Ist ein projektbegleitendes Circular Economy Life Cycle Cost Modell (CE-LCC Modell) vorgesehen?
- Wurden die Entsorgungskosten der eingesetzten Materialien bei Umbau, Instandhaltung etc. berücksichtigt.

1.2 B – Ausschreibung und Vergabe

- Sind in den allgemeinen Vorbemerkungen alle wesentlichen kreislaufwirtschaftlichen Zielformulierungen klar dargelegt?
- Sind alle Anforderungen in Bezug auf den Einsatz von Sekundärrohstoffen / Recyclingbaustoffen enthalten? (z.B. durch Angabe eines Referenzproduktes)
- Sind die Baustoffanforderungen nach Gewerken getrennt angeführt?
- Sind alle Anforderungen in Bezug auf zu erfüllende Labels, Zertifikate bzw. sonstige Nachweise enthalten?
- Ist der Aspekt der Rückbaubarkeit in der Ausschreibung gefordert? (z.B. Definition reversibler Verbindungsmittel in den einzelnen Positionen)
- Gibt es ein eigenes Leistungsverzeichnis für den Rückbau?
Anmerkung: Rückbaufirmen und Recyclingunternehmen bzw. entsprechende Experten sollten aktiv in den Planungs- und Ausschreibungsprozess integriert werden.
- Sind bei funktionalen Ausschreibungen alle CE spezifischen Anforderungen analog zu den nicht funktionalen Ausschreibungen enthalten?
- Werden Materialien und Produkten nach nachhaltigen Produktzertifizierungen z.B.: Cradle to Cradle® ausgeschrieben?
- Sind in Bezug auf den Bauprozess CE Vorgaben (Abfallreduktion, Abfalltrennung, Bodenschutz, Minimierung des Ressourcenverbrauchs, lokale Verwertung des Bodenaushubs, usw.) enthalten?
- Sind Anforderungen bezüglich der nachzuweisenden CE Eignungskriterien der Bieter*innen in der Ausschreibung enthalten?
- Sind alle CE spezifischen Dokumentations-Anforderungen eindeutig aufgelistet?
- Wird die ÖBA nach Gewerken getrennt ausgeschrieben?
- Ist vorgesehen, dass die Qualifikationen des ÖBA Schlüsselpersonals im Rahmen von Hearings überprüft werden?
- Ist sichergestellt, dass die durch die Überprüfung der CE Anforderungen notwendige verstärkte Kontrolltätigkeit vom Auftragnehmer realisiert werden kann?
- Sind die Zuschlagskriterien eindeutig auf die optimale Erfüllung der CE Anforderungen ausgerichtet (klare Gewichtung Preis / Qualität)?

1.3 C – Bauphase (Errichtung)

- Liegt ein Bodenschutzkonzept vor?
- Werden möglichst kurze Transportwege für die Versorgungs- und Entsorgungslogistik genutzt?
- Sind Anforderungen bezüglich der Verwendung energieeffizienter emissionsarmer Fahrzeuge und Baustellenmaschinen festgelegt?
- Ist sichergestellt, dass im Rahmen der ÖBA die Verwendung der in der Ausschreibung vorgegebenen Baustoffe und Baukonstruktionen genau kontrolliert und dokumentiert wird?
- Werden alle in der Ausschreibung vorgesehenen Qualitätskontrollen (Schadstoffmessungen, Blower-door-Test etc.) durchgeführt?
- Ist sichergestellt, dass alle Dokumentationsanforderungen in Bezug auf den Materiellen Gebäudepass (MGP) erfüllt werden?
- Werden Wasser- und Energieverbrauch auch während der Bauphase gemessen?
- Wird ein Baufeld stufenweise entwickelt und liegen Verunreinigungen im Boden vor, wird dieser mit einer vorgeschalteten in-situ Behandlung wiederverwendbar gemacht, z.B. durch Phytoremediation, die auch gleich ein Teil eines Begrünungskonzepts darstellen kann?
- Wurde eine Einschulung der Bauarbeiter für spezifische Anforderungen der sortenreinen Trennung von Verschnitt oder anfallenden Abfall sowie dem rückbaufähigen Verbauen der Materialien vorgesehen?

1.4 D – Übergabe / Abnahme

- Wurde durch Überprüfung sichergestellt, dass die Projektdokumentation aktuell und vollständig in BIM vorliegt?
 - Baubeteiligte
 - Flächen
 - Kubaturen
 - Raumnutzungen
 - Baukonstruktion, Zusammensetzung und Materialaufbau der Bauteile
 - Elektro- und Sanitär Installationen
 - technische Ausstattung?
 - Rückbaukonzept bzw. Umnutzungskonzept
 - Wartungs-, Inspektions-, Betriebs und Pflegeanleitungen
 - Nutzerhandbuch
- Wurden die Verantwortlichen für den Gebäudebetrieb (z.B.im Rahmen der Übergabe) eingeschult?
- Ist die Einschulung hinsichtlich Umfangs, Inhalt und Teilnehmern dokumentiert?
- Wurde die Massenermittlung entsprechend durchgeführt, dokumentiert und für die Verrechnung freigegeben?
- Ist das Bautagebuch vollständig (ÖN B 2110) und in BIM integriert?
- Sind alle Befunde, Prüfungen und Einregulierungen durchgeführt worden und liegen die Dokumentationen und Prüfprotokolle in BIM vor?

- Wurden im Zuge der Erstellung der Fertigstellungsanzeige auch der Gebäudepass und das Bautagebuch auf Übereinstimmung kontrolliert?
- Wurden die Nutzer*innen über die konkrete Umsetzung der CE Prinzipien und die daraus resultierenden komfortrelevanten und wirtschaftlichen Vorteile der Kreislaufwirtschaft informiert?

1.5 E – Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung)

- Wurde für den Betrieb ein digitaler Zwilling erstellt, der Regelparameter, Wartungsintervalle und Gerätetausche vorgibt?
- Wird der digitale Zwilling im Zuge der Nutzung regelmäßig adaptiert?
- Ist ein Betriebsmonitoring (VDI 6041: 2017-07 Facility Management Technisches Monitoring von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen) vorgesehen?
 - Energie
 - Anlagen
 - Komfort
- Werden die im Betriebsmonitoring ermittelten Daten und Fakten mit den entsprechenden Planungs-Zielwerten (Digital Twin) verglichen und werden die Abweichungen mindestens einmal jährlich in Bezug auf ihre Ursachen analysiert?
- Werden von Anfang an Monitoring-Protokolle zur Wartung aller Gebäudeinstallationen verwendet?
- Werden fachkundige Unternehmen oder Personen mit der Wartung beauftragt?
- Sind die Monitoring Ergebnisse in BIM dokumentiert?
- Werden regelmäßig alle Befundungen und Prüfungen durchgeführt und liegen die Dokumentationen und Prüfprotokolle vor?
- Werden umwelt- und gesundheitsschonende Reinigungsmittel verwendet (<https://www.umweltberatung.at/oekorein-reinigungsmittel-datenbank>)?
- Erfolgt eine regelmäßige Erhebung der Nutzerzufriedenheit und werden die Ergebnisse dokumentiert?
- Werden Instandhaltungs-, Wartungs- und Reparaturarbeiten in BIM dokumentiert?

Bestand



2 Bestand

2.1 A – Planungsphase

- Wurden die architektonischen Qualitäten des Gebäudes / der Gebäudezonen evaluiert?
- Wurden die architektonischen Qualitäten bei der Erstellung des Nutzungskonzepts entsprechend berücksichtigt?
- Wurden die Naturgefahren am Standort evaluiert?
- Wurde sorgfältig geprüft, ob ein eventueller Abbruch durch eine Sanierung vermieden werden kann?
- Wurde ein verordnungskonformes Entsorgungskonzept erstellt?
Anmerkung: Berücksichtigung der Deponieverbots-Regelungen
<https://www.bvse.de/gut-informiert-mineralik/nachrichten-mineralik/7081-oesterreich-beschliesst-deponieverbot-fuer-beton-asphalt-und-strassenaufbruch.html>
- Wurde im Detail abgeklärt, welche Materialien weiter genutzt werden und wurde dies im MGP dokumentiert?
- Wurde ein Verwertungskonzept erstellt?
- Wurde für Abbruchgebäude ein Rückbau- und Wertschöpfungskonzept zur Verwertung der Materialien und Bauteile anhand der aktuellen österreichischen Recyclingbaustoffverordnung (BGBl. II Nr. 181/2015) erstellt?
- Im Fall der Möglichkeit eines Recyclings der geernteten Materialien: kann dieses ortsnahe erfolgen?
- Wurde im Bestand eine Schad- und Störstofferkundung durchgeführt und wurden die Ergebnisse vollständig dokumentiert? Anmerkung: Schad- und Störstofferkundung nach ÖN B 3151:2022-01-01³ (Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode) und ÖNORM EN ISO 16000-32:2014-10-01 (Innenraumlufiverunreinigungen) mit Aussagen zur Wertstoffdokumentation und stofflichen Verwertung
- Ist vorgesehen, dass Verbindungen im Tragwerk so ausgeführt werden, dass sie leicht lösbar sind, und wurde dies im MGP dokumentiert?
- Wurde für das sanierte Gebäude ein MGP erstellt?
- Sind für die Materialien Öko- oder Nachhaltigkeitszertifikate oder Gutachten vorhanden (z.B. EPBDs etc.)?
- Wurde der Energieverbrauch des Bestands-Gebäudes (Geräteeigenschaften, Energieträger, Verbrauchsmengen erhoben und klimabereinigt dokumentiert?
- Wurden Unklarheiten in der Verbrauchsstatistik (z.B. mangelnde Korrelation Heizungswärme / Klimadaten) analysiert bzw. dokumentiert?
- Wurde ein Energiekonzept erstellt?

³ Österreichisches Normungsinstitut. ÖNORM B 3151: 2022-01-01, Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode.

2.2 B – Ausschreibung und Vergabe

- Wurde geprüft, ob Positionen der jeweils aktuellen STLB-Hochbau - (derzeit LB-OEKO-015) übernommen werden können?
Anmerkung: Ökologische Mindestkriterien (Hochbau) als Ergänzungs-Leistungsbeschreibung finden sich unter:
<https://www.baudaten.info/downloads/ergaenzungs-leistungsbeschreibung-fuer-oekologische-mindestkriterien-fuer-bauleistungen/>

2.3 C – Bauphase (Errichtung)

- Wurde eine Rückbaukundige Person für die Überwachung des Baubetriebs beauftragt?
Anmerkung: Ab 750 t Baurestmassen ist eine Rückbaukundige Person verpflichtend einzusetzen. Lt. Recycling-Baustoffverordnung, Bundesblatt II 181 besitzt sie bautechnische oder chemische Ausbildung, sowie Kenntnisse über Abbrucharbeiten, Abfall- und Bauchemie sowie Abfallrecht. Sie kann bis 3.500 m³ umbauten Raum die Stör- / Schadstofferkundung durchführen, Rückbaukonzepte ausarbeiten und Freigabeprotokolle ausfertigen.
- Wird, um die Wiederverwendung sicherzustellen, der zerstörungsfreie Erhalt der Baustoffe und Bauteile durch sorgfältigen Ausbau durch entsprechende Überwachung vor Ort (ÖBA) gewährleistet?
- Wurden Störstoffe (z.B.: Gips und Gipskartonplatten, Holzwolle-Dämmbauplatten, Brandschutzplatten, Kunstmarmor) aussortiert?
- Ist sichergestellt, dass Abdichtungsmaßnahmen in Folge nicht zu Verbundmaterialien führen (Verwendung lösbarer Verbindungen)? Werden Bauteile, die vor Ort nicht wieder verwendet werden einer anderen Art der Wiederverwendung oder dem Recycling zugeführt?
- Sind die Materialien, die recycelt werden sollen, sortenrein?
- Werden die ausgebauten Materialien so gut wie möglich auch gleich in der geplanten Sanierung wieder verwendet?
- Besteht ein Logistikkonzept, dass alle weiteren Materialien in nahegelegenen Baustellen wiederverwendet werden können?
- Wird mit anderen Unternehmen / Entrepreneurs aus der nahen Umgebung für das Upcycling der übergebliebenen Materialien zusammengearbeitet?

2.4 D – Übergabe / Abnahme

- Liegen alle Materialnachweise (Ausbau - Transport - Deponie/Recyclingunternehmen) für Abbruchmaterialien und Aushub vor?

2.5 E – Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung)

- Erfolgt eine regelmäßige Erhebung der Nutzerzufriedenheit in Bezug auf besondere Eigenschaften des angewendeten Sanierungsverfahrens (z.B. bei serieller Sanierung oder bei der Kombination von Bestands-TGA Systemen mit im Zuge der Sanierung neu errichteten)?

Leitfaden

Kreislaufwirtschaft im Hochbau

Dieser Leitfaden gibt kompakte Hilfestellung zu den Anforderungen sowie zur Planung und Umsetzung kreislauffähiger Hochbauten.

Der Leitfaden gliedert sich in für Hochbauten relevante Phasen und soll darauf aufbauend wichtige praxisrelevante Fragestellungen für die einzelnen Abschnitte beantworten:

- A - Planungsphase
- B - Ausschreibung und Vergabe
- C - Bauphase (Errichtung)
- D - Übergabe/Abnahme
- E - Nutzung und Betrieb (Bewirtschaftung)
- F - Potential für Wiederverwendung und Recycling / Rückbau

Außerdem werden Anforderungen und Strategien zu Bestandsbauten und Betriebswirtschaftlicher Bewertung behandelt. Eine Checkliste am Ende dient als Hilfestellung.

Lehrgangleitung „Building Innovation, MEng.“ 2019/21:
Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Daniela Trauninger, UWK
Dipl.-Ing. Markus Winkler, UWK

Herausgeber*innen:
Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Manfred Bruck, Wissenschaftlicher Berater an der UWK
DI (FH) Eva Bacher, Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der UWK

DOI: 10.48341/8f4t-g843