

Zero Waste Architektur

Ressourceneffizientes Gestalten und Konstruieren von Gebäuden

Zero Waste Architecture

resource-efficient design and construction of buildings

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science in Engineering (BSc)

der Fachhochschule FH Campus Wien

Bachelorstudiengang: Architektur - Green Building

Vorgelegt von:

Ana Maria Popovici

Personenkennzeichen

2110733046

Erstbegutachter:

Dipl.-Ing. Dr.techn. Tobias Steiner, MEng

Eingereicht am:

10.07.24

Erklärung:

Ich erkläre, dass die vorliegende Bachelorarbeit von mir selbst verfasst wurde und ich keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet bzw. mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

Ich versichere, dass ich dieses Bachelorarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Weiters versichere ich, dass die von mir eingereichten Exemplare (ausgedruckt und elektronisch) identisch sind.

Datum...08.07.2024.....

Unterschrift:.....


Kurzfassung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Konzept der Zero Waste Architektur und dessen Umsetzung für eine nachhaltige Ressourceneffizienz in der Gestaltung und Konstruktion von Gebäuden. Die zentrale Fragestellung lautet: Wie kann das Konzept von Zero Waste Architektur in der Praxis umgesetzt werden? Die Arbeit betrachtet hierbei die Grundprinzipien von Zero Waste, geeignete Materialwahl und Materialmanagement für die Umsetzung, die Zusammenhänge zur Kreislaufwirtschaft sowie realisierte Zero Waste Architektur, wobei ausgewählte Beispiele analysiert werden. Durch die Untersuchung dieser Bereiche wird ein umfassendes Verständnis für die Potenziale und die Herausforderungen der Zero Waste Architektur entwickelt.

Zero Waste Architektur zielt darauf ab, den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes durch Abfallvermeidung, Wiederverwendung und Recycling zu optimieren. Dazu gehören die Reduzierung von Verpackungsabfällen, die Wiederverwendung von Materialien, die Nutzung erneuerbarer Energien und die Förderung einer nachhaltigen Lebensweise. Entscheidend sind die geeignete Materialwahl und ein effizientes Materialmanagement, einschließlich der Auswahl langlebiger, recycelbarer und lokal verfügbarer Materialien sowie der Minimierung von Abfall während der Bau- und Demontagephasen.

Die Zusammenhänge zwischen Kreislaufwirtschaft und Zero Waste im Bauwesen verdeutlichen die Bedeutung eines geschlossenen Stoffkreislaufs und die Vermeidung von Abfall. Die Integration von Kreislaufwirtschaftsprinzipien in das Design und die Konstruktion von Gebäuden ermöglicht eine effiziente Nutzung von Ressourcen und eine Reduzierung der Umweltauswirkungen. Realisierte Zero Waste Architekturprojekte bieten praktische Beispiele für erfolgreiche Umsetzungen dieses Konzepts. Durch die Analyse dieser Projekte können bewährte Praktiken identifiziert und auf zukünftige Bauprojekte angewendet werden, um einen Beitrag zu einer nachhaltigen und ressourceneffizienten Bauweise zu leisten.

Abstract

This thesis deals with the concept of Zero Waste Architecture and its implementation for sustainable resource efficiency in the design and construction of buildings. The central question is how the concept of Zero Waste Architecture can be implemented in practice. The thesis examines the principles of Zero Waste, appropriate material selection and management for implementation, the interconnections with the circular economy, and realized Zero Waste architecture, with selected examples analyzed. Through the investigation of these areas, a comprehensive understanding of the potentials and challenges of Zero Waste Architecture is developed. Zero Waste Architecture aims to optimize the entire lifecycle of a building by minimizing waste, promoting reuse, and recycling. This includes reducing packaging waste, reusing materials, utilizing renewable energy, and promoting a sustainable lifestyle. Crucial are appropriate material selection and efficient material management, including the selection of durable, recyclable, and locally available materials, as well as minimizing waste during the construction and demolition phases.

The interconnections between the circular economy and Zero Waste in construction illustrate the importance of a closed material cycle and waste prevention. Integrating circular economy principles into the design and construction of buildings enables efficient resource use and reduces environmental impacts. Realized Zero Waste architecture projects provide practical examples of successful implementations of this concept. Through the analysis of these projects, best practices can be identified and applied to future construction projects to contribute to sustainable and resource-efficient building practices.

Abkürzungsverzeichnis

BIM	Building Information Model
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EPA	Environmental Protection Agency
FASBA	Fachverband Strohballenbau
FSC	Forest Stewardship Council
LCA	Lebenszyklusanalyse, im engl. Life Cycle Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
SDG	Sustainable Development Goals
TQB	Total Quality Building
ZI	Zirkularitätsindex

Schlüsselbegriffe

Abfallvermeidung	Waste prevention
Nachhaltigkeitsbewertung	Sustainability assessment
Recyclefähigkeit	Recyclability
Ressourcenschonung	Resource conservation
Zirkuläres Bauen	Circular construction
Zero Waste Konzept	Zero waste concept

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG	I
ABSTRACT	II
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	III
SCHLÜSSELBEGRIFFE	IV
INHALTSVERZEICHNIS	V
1. GRUNDPRINZIPIEN DER ZERO WASTE ARCHITEKTUR	1
1.1. Kernprinzipien des Zero Waste Konzepts	1
1.1.1. "5 R"- Refuse Reduce Reuse Recycle Rot.....	2
1.1.2. Sustainable Development Goals	4
1.2. Definition Zero Waste Architektur	5
1.3. Umsetzung in der Planung und Architektur	7
2. MATERIALWAHL UND MATERIALMANAGEMENT	8
2.1. Geeignete Materialwahl	8
2.1.1. Holz	8
2.1.2. Lehm	10
2.1.3. Kork	11
2.1.4. Stroh.....	12
2.1.5. Recycling-Baustoffe	13
2.1.6. Abfall-Baustoffe	15
2.2. Abfallvermeidung bei Verarbeitung und Transport	17
2.3. Abfallvermeidung während des Baus	18
2.4. Minimierung der Ressourcenverschwendung	19
3. KREISLAUFWITSCHAFT IM BAUWESEN	21
3.1. Kriterien für zirkuläres Bauen	21
3.2. Zusammenhang der Kreislaufwirtschaft und Zero Waste	23
3.3. Auswirkungen	24
3.3.1. Umweltauswirkungen	24
3.3.2. Auswirkungen auf die Wirtschaft und Gesellschaft	25
3.4. Förderungs- und Bewertungsmethoden	25
3.4.1. Gebäudezertifizierungen	26
3.4.2. Lebenszyklusanalyse	27
3.4.3. Circular Twin	28
3.4.4. Zirkularitätsindex	29
4. REALISIERTE ZERO WASTE ARCHITEKTUR	31
4.1. Analyse gelungener Projekte	31
4.1.1. Juf Nienke	31

4.1.2. Zero Waste Space	33
4.1.3. The Bullitt Center	35
4.2. Weiterentwicklung von Zero Waste Architektur.....	36
5. FAZIT.....	38
QUELLENVERZEICHNIS	40
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	45

1. Grundprinzipien der Zero Waste Architektur

1.1. Kernprinzipien des Zero Waste Konzepts

Zero Waste ist ein Konzept, das darauf ausgerichtet ist, Abfallmengen auf ein absolutes Minimum zu reduzieren, vorzugsweise gänzlich auf Abfall zu verzichten. Es ist ein ethisches, wirtschaftliches und effizientes Ziel, das Menschen dazu anleitet, ihre Lebensstile und Handlungsweisen zu ändern, um nachhaltige natürliche Kreisläufe zu imitieren. Dieses Konzept beinhaltet einen ganzheitlichen Ansatz, der nicht nur individuelle Verhaltensweisen, sondern auch gesellschaftliche Systeme betrifft.¹

Zero Waste bedeutet, Produkte und Prozesse so zu gestalten und zu verwalten, dass systematisch das Volumen und die Toxizität von Abfällen und Materialien vermieden und beseitigt werden. Alle dabei verwendeten Ressourcen können erhalten und zurückgewonnen werden und müssen weder verbrannt noch vergraben werden. Dabei werden sämtliche weggeworfenen Materialien so gestaltet, dass sie für andere zu Ressourcen werden können. Die Umsetzung von Zero Waste zielt darauf ab, Abfälle im Boden, Wasser oder in der Luft zu eliminieren, die eine Bedrohung für die globale, menschliche, tierische oder pflanzliche Gesundheit darstellen.²

Zero Waste erstreckt sich über individuelles Handeln hinaus und fordert auch Veränderungen auf gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Ebene. Unternehmen werden ermutigt, Produkte so zu gestalten, dass sie langlebig, reparierbar und am Ende ihres Lebenszyklus leicht zu recyceln oder zu verwerten sind. Das Konzept strebt eine Umstellung von der linearen Wirtschaft (Produktion, Verbrauch, Entsorgung) zu einer Kreislaufwirtschaft an, die darauf abzielt, Ressourcen so effizient wie möglich zu nutzen. Der Kern des Zero Waste Konzepts ist hierfür das Prinzip der "5 R".³

¹ Was ist Zero Waste? In URL: <https://zerowastegermany.de/was-ist-zero-waste/> (Letzter Zugriff 22.02.2024)

² How Communities have defined Zero Waste. In URL: <https://www.epa.gov/transforming-waste-tool/how-communities-have-defined-zero-waste> (Letzter Zugriff: 22.02.2024)

³ Was ist Zero Waste? In URL: <https://zerowastegermany.de/was-ist-zero-waste/> (Letzter Zugriff 22.02.2024)

1.1.1. "5 R"- Refuse Reduce Reuse Recycle Rot

Die Hierarchie des Zero Waste Abfallmanagements skizziert die Prioritätenfolge von Strategien, die das Ziel einer abfallfreien Gesellschaft verfolgen. Diese Richtlinien richten sich gleichermaßen an politische EntscheidungsträgerInnen, die Industrie und Einzelpersonen.⁴

Das Grundprinzip "Refuse" steht an erster Stelle und bedeutet die bewusste Entscheidung, bestimmte Materialien oder

Praktiken zu vermeiden, die umweltschädlich sind. Beim Bau manifestiert sich dies durch die Ablehnung schädlicher Chemikalien oder nicht nachhaltiger Baustoffe zugunsten umweltfreundlicherer Alternativen. Die Vermeidung von Abfall erhält somit höchste Priorität. Das Prinzip des "Refuse" geht über den bewussten Verzicht auf unnötigen Konsum hinaus. Denn dort, wo nichts konsumiert wird, entsteht auch kein Abfall. Im Bauwesen findet diese Idee Ausdruck in der Überlegung, dass das nachhaltigste Haus dasjenige ist, das gar nicht erst gebaut werden muss. Diese bewusste Entscheidung erfordert ein grundlegendes Umdenken, Klarheit über die wesentlichen Bedürfnisse und ein ausgeprägtes Bewusstsein für globale Zusammenhänge. Durch die Anwendung des "Refuse"-Prinzips leistet die Baubranche einen Beitrag zur Schonung von Ressourcen und zur Minimierung des ökologischen Fußabdrucks von Bauvorhaben.⁵

Das Prinzip des "Reduce" verfolgt das Ziel, den Materialverbrauch zu minimieren. Dies kann durch effizientes Design, optimierte Bauprozesse und den Einsatz ressourcenschonender Technologien erreicht werden. Eine sorgfältige Gestaltung, kombiniert mit der gezielten Anwendung von weniger Materialgruppen und konstruktiven Lösungen, ermöglicht nicht nur die Reduzierung des Materialaufwands, sondern optimiert auch den Aufwand für Reparaturen und Instandhaltung während

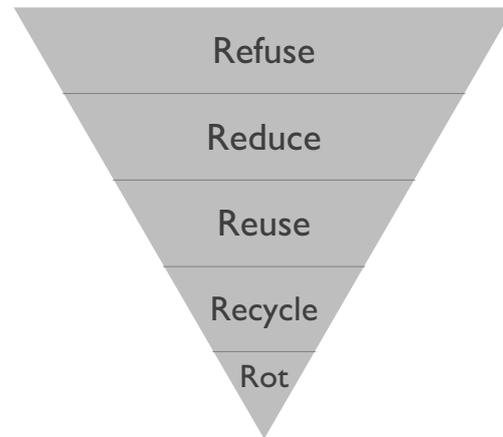


Abb. 1: 5 R's of Zero Waste

⁴ The 5 R's. In URL: <https://www.roadrunnerwm.com/blog/the-5-rs-of-waste-recycling> (Letzter Zugriff: 22.02.2024)

⁵ Was ist Zero Waste? In URL: <https://zerowastegermany.de/was-ist-zero-waste/> (Letzter Zugriff: 22.02.2024)

der Nutzungsphase. Diese ganzheitliche Herangehensweise führt zu einem geringeren Abfallaufkommen und fördert eine insgesamt nachhaltigere Bauweise.⁶

Der Grundsatz "Reuse" legt den Fokus auf die Wiederverwendung und Reparatur von bereits genutzten Ressourcen im Bauwesen. Hierbei geht es um die Implementierung von Mehrweglösungen anstelle von Einweglösungen, die Förderung von Reparaturfähigkeit und die Umnutzung vorhandener Gebäude und Materialien für andere Zwecke. Das Prinzip des Wiederverwendens im Bauwesen zielt darauf ab, vorhandene Bauelemente oder Materialien wieder in den Bauprozess einzuführen. Dies kann die Verwendung von recycelten Baustoffen und den Abbau sowie die Wiederverwendung von Baumaterialien aus bestehenden Strukturen umfassen. Durch die gezielte Umsetzung dieses Grundsatzes wird ein Beitrag geleistet, den Bedarf an neuen Ressourcen zu reduzieren.⁷

Der Begriff „Recycle“ bezeichnet die Rückführung von Materialien in den Wertstoffkreislauf, die nicht vermieden, reduziert oder wiederverwendet werden können. Im Bauwesen bedeutet dies die Wiederverwertung von Abfallmaterialien wie Beton oder Metall aus Baustellenabfällen, um neue Baustoffe herzustellen. Trotz der Tatsache, dass Recycling in der Realität nicht immer zu hundert Prozent effizient ist, und zusätzliche Energie und Ressourcen erfordert, bleibt es eine wichtige Maßnahme. Die Förderung des Kreislaufwirtschaftsmodells im Bauwesen trägt dazu bei, den Bedarf an Primärressourcen zu reduzieren und die nachhaltige Nutzung von Materialien zu fördern.⁸

Die unterste Stufe, „Rot“, bezeichnet im Alltag die Kompostierung von abbaubaren Rohstoffen wie Küchenabfällen. Dies kann entweder im eigenen Zuhause oder in lokalen Kompostieranlagen erfolgen. Das Ziel ist die Gewinnung von Komposterde, welche wiederum als Düngemittel für Blumen und Pflanzen dient. Im Bauwesen kann das Prinzip "Rot" ebenfalls als "Kompostieren" interpretiert werden. Hierbei wird angestrebt, organische Abfälle in nährstoffreichen Kompost umzuwandeln. Diese Herangehensweise könnte besonders in Landschaftsprojekten

⁶ R-Gebäudekonzept als Zukunftsstrategie. In URL: <https://www.db-bauzeitung.de/architektur/rueckbau-gebaeudekonzept-als-zukunftsstrategie/> (Letzter Zugriff: 22.02.2024)

⁷ The 5 R's. In URL: <https://www.roadrunnerwm.com/blog/the-5-rs-of-waste-recycling> (Letzter Zugriff: 22.02.2024)

⁸ Was ist Zero Waste? In URL: <https://zerowastegermany.de/was-ist-zero-waste/> (Letzter Zugriff: 23.02.2024)

oder nachhaltigen Bauprojekten Anwendung finden, um einen nachhaltigen Umgang mit organischen Materialien zu fördern.⁹

1.1.2. Sustainable Development Goals

Diese „5 R“ Strategien zur Erreichung der Zero Waste Architektur betten sich in den größeren Kontext der Sustainable Development Goals ein. Die „Sustainable Development Goals (SDGs, Ziele für nachhaltige Entwicklung)“ wurden im Jahr 2015 von den Vereinten Nationen festgelegt, um bis zum Jahr 2030 eine weltweite nachhaltige Entwicklung zu fördern. Die 17 Ziele mit ihren 169 Zielvorgaben beschäftigen sich jeweils mit einer globalen Herausforderung und ihr Zweck ist es, umfassende Maßnahmen zu ergreifen, um soziale, ökonomische und ökologische Probleme anzugehen.¹⁰



Abb. 2: Sustainable Development Goals (Quelle: <https://www.gemeinsam-fuer-afrika.de/nachhaltige-entwicklungsziele-sdg/> (Letzter Zugriff: 15.03.2024))

Die Grundsätze der Zero Waste Architektur korrelieren mit mehreren SDGs und unterstützen diese in direkter oder indirekter Weise, was die Ziele der Zero Waste Architektur somit auch als konkrete Ziele für die weltweite Förderung von Nachhaltigkeit definiert.

Relevant ist hierbei vor allem SDG 12: Nachhaltige/r Konsum und Produktion. Dieses SDG zielt darauf ab, nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster zu för-

⁹ Was ist Zero Waste? In URL: <https://zerowastegermany.de/was-ist-zero-waste/> (Letzter Zugriff: 23.02.2024)

¹⁰ Ziele für nachhaltige Entwicklung. In URL: <https://nachhaltig-entwickeln.dgvm.de/agenda-2030/ziele-fuer-nachhaltige-entwicklung> (Letzter Zugriff 15.03.2024)

dern. Dies soll durch die Minimierung des Ressourcenverbrauchs und Abfalls, die Steigerung der Effizienz in der Nutzung natürlicher Ressourcen sowie die Förderung umweltfreundlicher Praktiken in Produktion und Konsum erreicht werden.¹¹

Zero Waste Architektur stellt eine direkte Antwort auf diese Herausforderung dar und dient als exemplarisches Modell für nachhaltiges Design und Konstruktion. Dies erfolgt, indem sie Abfall minimiert und Ressourcen effizient nutzt.

In weiterer Folge steht Ziel 11 ebenfalls im Zusammenhang mit den Zero Waste Prinzipien. Das SDG 11: Nachhaltige Städte und Gemeinden zielt darauf ab, Städte inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig zu gestalten. Es umfasst verschiedene Aspekte, wie beispielweise, Zugang zu erschwinglichem Wohnraum, nachhaltiges städtisches Design sowie Planung und Schutz des kulturellen Erbes und Förderung von Grünflächen in städtischen Gebieten.¹²

SDG 13: Maßnahmen zum Klimaschutz zielt darauf ab, Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen zu ergreifen. Es fördert konkrete Aktionen zur Minderung von Treibhausgasemissionen und zur Stärkung der Anpassungsfähigkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels und zur Förderung von Maßnahmen zur Bewältigung dieser globalen Herausforderung.¹³

Der Bausektor hat einen erheblichen Einfluss auf die Treibhausgasemissionen. Daher stellen nachhaltiges Bauen und Zero Waste Design gezielte Lösungsansätze für das SDG 13 dar, welche darauf abzielen, den CO₂-Fußabdruck von Gebäuden zu reduzieren und somit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.

1.2. Definition Zero Waste Architektur

Um das Zero Waste Konzept auf die Architektur und das Bauwesen beziehen zu können, ist eine klare Definition festzulegen. Zero Waste Architektur dreht sich um die Idee, umweltbewusste Gebäude zu schaffen, bei denen die effiziente Nutzung von Ressourcen im Vordergrund steht und der Abfall über die gesamte Lebensdauer hinweg minimiert wird. Durch die Einhaltung der Grundsätze der Kreislauf-

¹¹ Agenda 2030. In URL: <https://nachhaltig-entwickeln.dgvr.de/agenda-2030> (Letzter Zugriff: 15.03.2024)

¹² Ebd. (Letzter Zugriff: 15.03.2024)

¹³ Ebd. (Letzter Zugriff: 15.03.2024)

wirtschaft, der SDGs und der „5 R“ Prinzipien zielt dieser architektonische Ansatz darauf ab, die Umweltauswirkungen von Bau- und Baumaßnahmen zu eliminieren oder erheblich zu reduzieren.¹⁴

Zero Waste Architektur geht über die Reduzierung von Abfall während des Bauprozesses hinaus. Das Konzept umfasst die bewusste Auswahl und Gestaltung von Materialien, die das Potenzial haben, wiederverwendet, recycelt oder biologisch abgebaut zu werden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen langlebige Baumaterialien sorgfältig ausgewählt werden, die während ihrer gesamten Lebensdauer nur minimale Wartung oder Renovierung erfordern. Deshalb ist die Minimierung des Einsatzes von Einwegmaterialien ein essenzielles Grundprinzip der Zero Waste Architektur. Dabei geht es darum, Materialien zu vermeiden, die nicht wiederverwendet oder recycelt werden können, und sich stattdessen für Materialien zu entscheiden, die mehrfach verwendet („Reuse“) oder einfach recycelt („Recycle“) werden können. Darüber hinaus liegt der Schwerpunkt auf der Nutzung lokaler und nachhaltiger Ressourcen, um Transportwege zu minimieren und den gesamten ökologischen Fußabdruck zu verringern.¹⁵

Insgesamt zielt die Zero Waste Architektur darauf ab, eine harmonische Verbindung zwischen menschlichem Lebensraum und Umwelt herzustellen. Durch die Integration nachhaltiger Materialien, Energieeffizienz und intelligentem Design trägt sie dazu bei, die Umweltauswirkungen von Gebäuden zu minimieren und einen positiven Beitrag zum Erreichen der SDGs zu leisten.

Um die genannten Prinzipien gezielt in den Entwurf und den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden zu integrieren, ist in erster Linie eine ausführliche Planung notwendig. Das Ziel besteht darin, ein Gebäude zu konzipieren, das sowohl während seiner Herstellung als auch im Laufe seiner täglichen Nutzung keinen Abfall erzeugt. Dies beinhaltet nicht nur Bauelemente und Einbauten, sondern auch den effizienten Einsatz von Ressourcen und Energie. Die Aspekte, welche vor und während der Ausführung berücksichtigt werden sollten, werden im folgenden Unterkapitel 1.3 erläutert.

¹⁴ Kuckuk, Alexander: Verzicht als Gewinn. In URL: <https://www.md-mag.com/news/meinung/verzicht-als-gewinn/#slider-intro-2> (Letzter Zugriff: 18.03.2024)

¹⁵ Venkateswaran, Janani: Recycling in Architecture. In URL: https://www.re-thinkingthefuture.com/architectural-community/a8746-recycling-in-architecture/#google_vignette (Letzter Zugriff: 18.03.2024)

1.3. Umsetzung in der Planung und Architektur

Die Planung von Gebäuden spielt eine entscheidende Rolle in der Zero Waste Architektur. Durch eine sorgfältige Gestaltung können Räume flexibel genutzt werden, um den Bedürfnissen der NutzerInnen im Laufe der Zeit gerecht zu werden, ohne dass dies zu erheblichen Abfällen oder Umbauarbeiten führt. Planerisch können die Aspekte der Baustoffwahl, Grundrissgestaltung, Gebäudeform und Fassadengestaltung abgestimmt werden, um dem Zero Waste Grundprinzipien gerecht zu werden. Um hierbei die 5R Prinzipien zu berücksichtigen, wird an der Basis der Pyramide angefangen.

Refuse, also die Vermeidung von Müll in der Baubranche hängt mit der grundlegenden Frage zusammen, ob ein Bauprojekt wirklich notwendig ist.

Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob die Wiederverwertung oder Umnutzung von Bestandsgebäuden möglich und sinnvoll ist. Die Wiederverwendung bestehender Gebäude durch Sanierung, Umbau und Erweiterung geht in der Regel mit einem erheblich geringeren Verbrauch von Energie und Ressourcen einher, im Vergleich zu einem Abriss und Neubau.¹⁶ Diese Ansätze von reduziertem Ressourcenverbrauch und der Wiederverwertung von Bestandsgebäuden entsprechen den Konzepten "reduce" und "reuse" der Nachhaltigkeitspyramide.

Wenn ein Neubau unvermeidbar ist, tritt das nächste Prinzip in Kraft, nämlich "recycle". Im Bereich der Planung und Architektur bedeutet dies, eine geeignete Auswahl an Materialien sicherzustellen, die recycelt werden können oder bereits recycelt wurden, weil dadurch Ressourcen gespart und Abfälle minimiert werden können. Die Materialwahl kann somit einen erheblichen Einfluss auf die Umweltbilanz eines Gebäudes haben.¹⁷

Die Spitze der 5R Pyramide, „rot“, tritt am Ende des Lebenszyklus eines Gebäudes in Kraft. Um die Abfälle eines Gebäudes in nährstoffreichen Kompost umzuwandeln, muss ein nachhaltiger Umgang mit organischen Materialien gefördert werden.

¹⁶ Nachhaltigkeit im Gebäudebestand. In: URL: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/einfuehrung/nachhaltigkeit-im-gebaeudebestand-665935> (Letzter Zugriff: 18.03.2024)

¹⁷ Venkateswaran, Janani: Recycling in Architecture. In URL: <https://www.re-thinkingthefuture.com/architectural-community/a8746-recycling-in-architecture/> (Letzter Zugriff: 18.03.2024)

2. Materialwahl und Materialmanagement

Die bewusste Materialwahl sowie ein effizientes Materialmanagement stellen entscheidende Faktoren dar, um die Umweltbelastung im Bauwesen zu reduzieren.

2.1. Geeignete Materialwahl

Im Jahr 2018 sind in Österreich nach dem Bericht des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie etwa 11,1 Millionen Tonnen Müll aus Bauprojekten angefallen. Das betrifft vor allem Materialien wie Beton und Abbruchmaterial (ohne Verpackungen, Asbest, Holz und gefährliche Abfälle). Das macht etwa 17% des gesamten Müllaufkommens in Österreich aus. Nur ein kleiner Teil dieser Materialien wurde recycelt.¹⁸

Momentan werden vor allem mineralische Baustoffe, wie Beton oder Ziegel, zu einem großen Teil wiederverwertet, allerdings passiert das oft in einem Prozess mit Qualitätseinbußen. Betonbruch wird hauptsächlich im Straßenbau wiederverwendet, jedoch geht dabei ein Teil der Qualität verloren. Dies wird dann als „Downcycling“ bezeichnet.¹⁹

Die Auswahl ökologischer, langlebiger und recyclefähiger Baustoffe ist nicht nur für die Umwelt von Bedeutung, sondern auch für die Gesundheit der BewohnerInnen. Um ein „Bauen ohne Müll“ zu erreichen, ist es erforderlich, Gebäude aus Materialien zu errichten, die am Ende ihres Lebenszyklus vollständig stofflich wiederverwendet oder kompostiert werden können.²⁰

In den folgenden Kapitel werden diverse Baumaterialien betrachtet, die für die Zero Waste Architektur in Frage kommen.

2.1.1. Holz

Holz wird von den Menschen seit Jahrtausenden als Baustoff verwendet. Es kann ein nachhaltiger Baustoff sein, da es ein nachwachsender Rohstoff ist und

¹⁸ Entsorgung. In URL: <https://www.energieagentur.tirol/wissen/oekologisch-bauen/baustoff-entsorgung/> (Letzter Zugriff: 23.02.2024)

¹⁹ Ebd. (Letzter Zugriff: 23.02.2024)

²⁰ Rötzel, Adolf: Praxiswissen Umwelfreundliches Bauen. Stuttgart: Kohlhammer, 2005. S. 19.

Kohlenstoff bindet. Einheimisches Holz hat geringe Transportwege und, verglichen zu Beton und Stahl, einen deutlich geringen Energieaufwand bei der Bereitstellung. Es kann auch energetisch verwertet werden, wobei nur so viel CO₂ freigesetzt wird, wie der Baum während seines Wachstums gebunden hat. Nachhaltige Bewirtschaftung und die Verwendung von Holz aus verantwortungsvollen Quellen sind hierbei wichtig.²¹

Beispielsweise ist die Nutzung von Tropenholz, insbesondere aus Urwaldgebieten, ökologisch nicht tragbar. Die tropischen Regenwälder, die fast die Hälfte aller bekannten Landlebewesen beherbergen, sind stark gefährdet und ein unersetzlicher Bestandteil des globalen Ökosystems. Um Holz als Baumaterial und Energieträger nachhaltig einzusetzen, ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Wälder intakt bleiben und naturnah bewirtschaftet werden.²² Ein bekanntes Gütesiegel für Holz ist das Forest Stewardship Council Siegel, kurz FSC-Siegel.²³

Holz ist darüber hinaus auch recyclingfähig, und Altholz kann sowohl stofflich als auch thermisch verwertet werden. Im stofflichen Prozess wird aufbereitetes Holz primär zu Spanplatten oder Holzfaserdämmungen umgewandelt, welche konventionelle Materialprodukte, wie Beton, Ziegel oder Polystyrol-Dämmung, ersetzen und dadurch die CO₂-Emissionen in der Herstellungsphase reduzieren. In der thermischen Verwertung wird speziell vorbereitetes Holz in Verbrennungsanlagen geliefert, um Strom oder Fernwärme zu erzeugen, wodurch Altholz am Ende seiner Lebensdauer als klimafreundliche Energiequelle dienen kann. Gegenwärtig werden etwa 80% des Altholzes energetisch und 20% stofflich verwertet.²⁴

Eine vorschriftsmäßige Vorsortierung des Altholzes gemäß der Altholzverordnung ist von großer Bedeutung, um festzustellen, welches Holz wiederverwertet werden kann. Unbehandeltes Holz kann problemlos recycelt werden. Behandeltes Holz mit Holzschutzmitteln oder Lacken wird entweder als Sondermüll aus-

²¹ Rötzel, Adolf: Praxiswissen Umweltfreundliches Bauen. Stuttgart: Kohlhammer, 2005. S. 113f.

²² Zwiener, Gerd: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Daten, Sachzusammenhänge, Regelwerke. 1. Auflage. Heidelberg: C. F. Müller, 1994. S. 133.

²³ What's in a label? In URL: <https://fsc.org/en/what-the-fsc-labels-mean> (Letzter Zugriff: 20.03.2024)

²⁴ Cheret, Peter/Schwaner, Kurt/ Seidl, Arnim: Urbaner Holzbau. Handbuch und Planungshilfe. Berlin: DOM Publisher, 2013. S. 86ff.

sortiert oder in speziellen Biomassekraftwerken energetisch verwertet. Bei Verbundwerkstoffen ist die Recyclingfähigkeit eingeschränkt.²⁵

Die Gewinnung und Verarbeitung von Holzwerkstoffen, wie Furnier-, Span- und Faserwerkstoffen, ist umweltfreundlich, sofern das Holz entsprechend gewonnen und verarbeitet wird. Insgesamt spielt Holz eine entscheidende Rolle bei der Schaffung von Zero Waste Gebäuden, da es umweltfreundlich, leicht zu transportieren und ästhetisch ansprechend ist.

2.1.2. Lehm

Lehm ist ein natürlicher Baustoff, der seit Menschengedenken verwendet wird, und neben Holz als eines der ältesten Baumaterialien genutzt wird. Aufgrund seiner natürlichen Verfügbarkeit und geringen Umweltauswirkungen gilt Lehm ebenfalls als nachhaltiger Baustoff. Da er in verschiedenen Regionen der Welt in nahezu unbegrenzten Mengen zu finden ist, werden die langstreckigen Transporte reduziert und somit die damit verbundenen ökologischen Belastungen verringert.²⁶

Lehm besteht aus verschiedenen Komponenten, darunter Tonmineralien, Sand, Schluff und gegebenenfalls Kies. Zusätzlich gibt es auch unterschiedliche Arten von Lehm, die je nach Entstehungsort und Zusammensetzung individuelle Eigenschaften aufweisen. Aufgrund seiner Zusammensetzung kann Lehm in den meisten Fällen ohne zusätzliche Beimischungen direkt als Baumaterial verwendet werden. Dies reduziert das Abfallaufkommen während des Bauprozesses. Darüber hinaus ist Lehm recyclebar, was seine Nachhaltigkeit weiter unterstützt.²⁷

Seine Herstellung erfordert im Vergleich zu industriell hergestellten Baustoffen wie Beton oder Ziegel weniger Energie und verursacht weniger Treibhausgasemissionen. Zusätzlich weist Lehm eine gute Wärmedämmung und Feuchtig-

²⁵ Holzrecycling. In URL: <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/baustoff-holz/holzrecycling-8023930> (Letzter Zugriff: 20.03.2024)

²⁶ Bazara, Abdulhakiem: Bautechnische Grundlagen zum Lehmgeschoßbau in Jemen. Heft 29. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Berlin: Fraunhofer IRB-Verlag, 1998. S. 13.

²⁷ Schroeder, Horst: Lehm bau. Mit Lehm ökologisch planen und bauen. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. 2019. S.71.

keitsregulierung auf. Das wiederum unterstützt die Energieeffizienz von Gebäuden und trägt zu einem gesunden Innenraumklima bei.²⁸

Lehm ist eine geeignete Wahl im Bauwesen im Kontext des Zero Waste Prinzips, da er oft ohne weitere Zusätze direkt verwendet und vollständig recycelt werden kann. Seine natürlichen Eigenschaften und das Potenzial zur Wiederverwendung helfen dabei, Abfall zu reduzieren und Ressourcen effizient zu nutzen. Dies unterstützt die Nachhaltigkeit im Bauwesen.

2.1.3. Kork

Kork ist ein natürlicher Baustoff, der aus der Rinde der Korkeiche gewonnen wird und immer beliebter im Bauwesen wird. Die harzreiche, hauptsächlich aus Cellulose bestehende Rinde wird im Baumalter von 30 bis 40 Jahren gewonnen. Mit seiner vielseitigen Anwendungsmöglichkeit bietet Kork zahlreiche positive Eigenschaften für umweltbewusste Bauprojekte. Die langsame Wachstumsrate der Korkeiche erfordert, dass die Rinde nur alle 9 bis 14 Jahre geschält werden kann, ohne den Baum zu schädigen. Dies gewährleistet ein ökologisches Gleichgewicht in den geschützten Korkeichenwäldern auf der iberischen Halbinsel und in Nordafrika. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Kork kein in Österreich heimischer Rohstoff ist. Die langen Transportwege aus den Anbaugebieten können sich negativ auf die ökologische Bilanz auswirken.²⁹

Kork findet breite Anwendungsmöglichkeiten im Bauwesen. Er wird als Zwischensparrendämmung im Dachbereich eingesetzt, entweder in Form von Granulat oder als Aufdachdämmung mittels Backkork-Platten. In den Wänden kann Kork als Platte in Wärmedämmverbundsystemen verputzt, lose in Hohlräumen der Konstruktion oder als Innendämmung der Außenwand eingesetzt werden. Durch die Kombination mit Lehm lassen sich zudem kapillaraktive Innenwanddämmungen realisieren, die den Erhalt historischer Gebäude gewährleisten.³⁰

²⁸ Neelsen, Wiebke: Klimaschonende Alternative zu Beton In: URL: <https://www.ndr.de/nachrichten/info/Klimaschonende-alternative-zu-Beton-Lehm-als-nachhaltiger-Baustoff,lehm124.html> (Letzter Zugriff: 19.03.2024)

²⁹ Zwiener, Gerd: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Daten, Sachzusammenhänge, Regelwerke. 1. Auflage. Heidelberg: C. F. Müller, 1994. S. 176.

³⁰ Kork. In URL: <https://baustoffe.fnr.de/daemmstoffe/materialien/kork> (Letzter Zugriff: 25.03.2024)

Traditionell wird das Material für die Herstellung von Weinkorken verwendet. Weltweit werden jährlich etwa 19,2 Milliarden Korken entsorgt, obwohl sie vollständig recycelbar sind und sich ideal zur Wiederverwendung als Baumaterial eignen. Um sie in Korkplatten umzuwandeln, werden die Korken zu Granulat verarbeitet und mit Polyurethan-Bindemittel vermischt. Anschließend werden sie gebacken und gepresst, um robuste Korkplatten herzustellen. Diese können dann im Innenraum als Fußbodenbelag oder Wandverkleidung mit tritt- und wärmedämmenden Eigenschaften verwendet werden.³¹

Trotz seiner langen Produktionszyklen und Transportwege ist Kork aufgrund seiner natürlichen Eigenschaften wie Wärme- und Schalldämmung, Elastizität, Brandschutz und Recyclingfähigkeit ein vielversprechendes Material für den Bau. Wird die Korkeiche entsprechend bewirtschaftet, ist die Abrindung des Rohstoffs für den Baum unschädlich, unbegrenzt verfügbar und kann somit als Zero Waste Baumaterial betrachtet werden.³²

2.1.4. Stroh

Stroh umfasst trockene, ausgedroschene Pflanzenreste, die vorwiegend aus den Halmen und Blättern von Getreidesorten wie Roggen, Gerste, Hafer, Weizen oder Hirse stammen. Stroh als Baumaterial weist eine Reihe von Vorteilen hinsichtlich seiner Nachhaltigkeit auf. Als nachwachsender Rohstoff bindet Stroh während seines Wachstums Kohlendioxid und speichert es als Baustoff im Haus. Es ist zu hundert Prozent biologisch abbaubar, schadstoffarm und regional verfügbar. Stroh verbraucht zudem keine zusätzlichen Anbauflächen, was seine Nachhaltigkeit weiter unterstreicht. Im Vergleich zu herkömmlichen Baumaterialien wie Ziegel oder Beton weist Stroh bei der Herstellung und Verarbeitung eine deutlich geringere Energieintensität auf. Die gute Dämmleistung von Stroh trägt zudem zu einer Steigerung der Energieeffizienz bei. Eine Studie des Fachverbands Strohballenbau (FASBA) zeigt, dass ein großer Anteil des nach der Ge-

³¹ Hebel, Dirk E./Wisniewska, Marta H./Heisel, Felix: Building from Waste. Recovered Materials in Architecture and Construction. Basel: Birkenhäuser, 2014. S. 88f.

³² Zwiener, Gerd: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Daten, Sachzusammenhänge, Regelwerke. 1. Auflage. Heidelberg: C. F. Müller, 1994. S. 176.

treideernte als Abfall anfallenden Strohs für den Bau von Einfamilienhäusern genutzt werden könnte.³³

Stroh kann als Baumaterial in verschiedenen Formen verwendet werden, darunter als Ziegeleratz, für Dach- und Deckenelemente sowie als Dämmstoff in Form von Strohmatte oder gepressten Strohplatten. Es gibt sogenannte Strohballenhäuser. Das sind Gebäude, dessen Wände aus Stroh konstruiert sind. Die Wände eines Strohballenhauses werden typischerweise aus gestapelten und miteinander verbundenen rechteckigen oder quaderförmigen Strohballen errichtet, die von beiden Seiten mit Lehm, Kalkputz oder Holz verkleidet werden. Dadurch wird eine hohe Stabilität, eine effektive Wärmedämmung sowie ein wirksamer Witterungsschutz gewährleistet.³⁴

Obwohl Stroh als Rohmaterial kostengünstig ist, erfordert die aufwendige Verarbeitung und Verputzung zusätzliche Arbeit, was die Gesamtkosten im Vergleich zu anderen Dämmstoffen leicht erhöht. Zusätzlich muss Stroh ausreichend vor Feuchtigkeit geschützt werden, um Schimmelbildung zu vermeiden.³⁵

Insgesamt zeigt sich jedoch, dass Stroh als Baumaterial aufgrund seiner Nachhaltigkeit und regionalen Verfügbarkeit eine Zero Waste Option darstellt. Es bietet ökologische Vorteile, indem es CO₂ bindet und als nachwachsender Rohstoff genutzt werden kann. Zudem trägt es zur Abfallminimierung bei, indem es kompostiert oder wiederverwendet werden kann.

2.1.5. Recycling-Baustoffe

Die Definition von Recycling umfasst laut Gesetz die Aufbereitung von Abfällen zu neuen Produkten oder Materialien für den gleichen oder einen anderen Zweck. Dabei werden organische Materialien nicht berücksichtigt, ebenso wenig

³³ Stroh – nachwachsender Baustoff mit Potential. In URL: <https://www.gebaeudeforum.de/realisieren/baustoffe/nachwachsende-rohstoffe/stroh/> (Letzter Zugriff: 26.03.2024)

³⁴ Hebel, Dirk E./Wisniewska, Marta H./Heisel, Felix: Building from Waste. Recovered Materials in Architecture and Construction. Basel: Birkhäuser, 2014. S. 52.

³⁵ Eder, Kathleen: Stroh als Baumaterial. In URL: <https://www.interhyp.de/ratgeber/bauen/stroh-als-baumaterial/> (Letzter Zugriff: 25.03.2024)

wie die energetische Verwertung oder die Aufbereitung zu Brennstoffen oder Verfüllungsmaterialien.³⁶

Gebrauchte Baumaterialien, die während des Rückbaus, Umbaus oder der Sanierung von Gebäuden anfallen, wie beispielsweise Beton- und Mörtelreste, Kies, Sand, Ziegel, Kalksandsteine und Keramik, entweder gemischt oder getrennt, besitzen einen beträchtlichen Wert und sollten nicht einfach auf Deponien entsorgt werden. Diese Materialien dienen als wichtige Rohstoffe für die Herstellung neuer Baumaterialien mit ähnlichen Eigenschaften wie solche aus primären Rohstoffen. Sie werden in speziellen stationären Aufbereitungsanlagen nach ihrer Anlieferung und teilweise auch durch mobile Aufbereitungsmaschinen vor Ort zerkleinert, sortiert und nach Größe klassifiziert.³⁷

Moderne Aufbereitungstechniken wie Windsichtung, Waschen, Magnetabscheidung, Dichtentrennung und Sortierbänder ermöglichen eine gezielte Trennung unerwünschter Verunreinigungen wie Holz, Kunststoff, Metall und Papier. Dadurch wird die Qualität der recycelten Materialien für ihre erneute Verwendung erheblich verbessert. Die daraus resultierenden "recycelten Gesteinskörnungen" finden in diversen Anwendungsbereichen Verwendung und stellen hochwertige Baumaterialien dar.³⁸

Recycling-Baustoffe bestehen somit hauptsächlich aus Granulaten, die vorwiegend im Straßenbau sowie in verschiedenen Erdarbeiten eingesetzt werden. Ihre Qualität muss mit der von Baustoffen aus Primärressourcen vergleichbar sein, und sie dürfen keine schädlichen Umweltauswirkungen haben. Um dies sicherzustellen, werden strenge Qualitätskontrollen angewendet. Die Verwendung und Mengen dieser Baustoffe werden regelmäßig im Monitoring-Bericht des Kreislaufwirtschaftsträgers Bau erfasst und bewertet. Die primären Anwendungsgebiete für diese Materialien liegen bisher im Straßen- und Wegebau, beim Bau von

³⁶ ÖNORM B 3151. Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode. 1.12.2014. Hrsg.: Austrian Standards Institute.

³⁷ Hebel, Dirk E./Wisniewska, Marta H./Heisel, Felix: Building from Waste. Recovered Materials in Architecture and Construction. Basel: Birkenhäuser, 2014. S. 52.

³⁸ Erläuterung zur Recycling-Bauverordnung. Hrsg.: Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. 2018.

Lärm- und Sichtschutzwällen sowie im Deponie- und Tiefbau. Seltener werden sie bisher im Hochbau und in der Architektur eingesetzt.³⁹

2.1.6. Abfall-Baustoffe

Ein Ansatz, der sich zunehmend etabliert, ist die Umwandlung von Abfall in wertvolle Baustoffe. Diese innovative Herangehensweise trägt nicht nur zur Verringerung der Umweltbelastung bei, sondern eröffnet auch neue Möglichkeiten für nachhaltiges Bauen und Wirtschaften.

Altpapier, eine der am häufigsten recycelten Abfallarten, bietet ein großes Potenzial für die Herstellung von Wärmedämmmaterialien. Durch Verarbeitungsverfahren können Papierabfälle zu effizienten Dämmstoffen umgewandelt werden, die nicht nur eine hohe Isolationsleistung bieten, sondern auch ressourcenschonend sind.⁴⁰

Ein weiteres Beispiel ist die Nutzung von Müllverbrennungsasche. Sie enthält verschiedene mineralische Bestandteile, die durch spezielle Aufbereitungsprozesse zu Baustoffen mit günstigen mechanischen Eigenschaften transformiert werden können. Aus diesem Abfallprodukt entstehen Leichtbeton-Hohlblöcke, die in Bauvorhaben vielseitig eingesetzt werden können. Gleichzeitig verringert sich die Menge an Deponiemüll, da die Asche sinnvoll wiederverwertet wird.⁴¹

Auch Flugasche, ein Nebenprodukt von Kohlefeuerungsanlagen, kann durch chemische Reaktionen zu Flugaschzement verarbeitet werden. Diese hochfeste Zementart findet in verschiedenen Bauanwendungen Verwendung und trägt zur Reduzierung des CO₂-Ausstoßes bei, da sie weniger energieintensiv hergestellt wird als herkömmlicher Portlandzement.⁴²

³⁹ Wie und wo werden Recycling-Baustoffe angewendet? In URL:

<https://recyclingbaustoffe.de/recycling-baustoffe/verwendung/> (Letzter Zugriff: 25.03.2024)

⁴⁰ Leitfaden zum ökologisch orientierten Bauen. Hrsg.: Umweltbundesamt. Karlsruhe: Müller 1994. S. 16.

⁴¹ Ebd. S. 16.

⁴² Ebd. S. 16.

Plastikflaschen können ebenfalls einen erheblichen Beitrag zur Zero Waste Architektur leisten, indem sie in robuste Baumaterialien umgewandelt werden. Dieser Ansatz verwandelt ein Umweltproblem in eine ökologisch sinnvolle Lösung. Ein Beispiel dafür ist der EcoARK in Taipei, Taiwan. Entworfen vom Architekten Arthur Huang, wurde dieses beeindruckende Pavillon aus 1,5 Millionen recycelten Plastikflaschen errichtet. Trotz seines ungewöhnlichen Baumaterials ist der EcoARK robust und kann Naturgewalten wie Feuer und Erdbeben standhalten. Durch solche Projekte wird deutlich, wie aus vermeintlichem Abfall wertvolle Ressourcen für die Bauindustrie entstehen können.^{43 44}



Abb. 3: EcoARK (Quelle: <https://aeworldmap.com/wp-content/uploads/2021/05/image-2-1.jpg> Letzter Zugriff: 22.04.2024))



Abb. 4: EcoARK Plastikflaschen (Quelle: <https://aeworldmap.com/wp-content/uploads/2021/05/image-2-2.jpg> (Letzter Zugriff: 22.04.2024))

Ein weiteres Beispiel zeigt, dass Kunststoffabfälle jeglicher Art, einschließlich Einwegkunststoffen wie Plastikflaschen und Verpackungen, in robuste Bausteine umgewandelt werden können. Diese Technologie wurde von ByFusion Global Inc. entwickelt, einem neuseeländischen Unternehmen, das sich auf Lösungen für die Verarbeitung von Kunststoffabfällen konzentriert. ByFusion Bricks sind innovative Bausteine, die aus recyceltem Kunststoff hergestellt werden. Diese Bausteine können für eine Vielzahl von Bauanwendungen eingesetzt werden, von temporä-



Abb. 5: ByFusion Brick (Quelle: byfusion.com (Letzter Zugriff: 03.05.2024))

⁴³ Andritzky, Michael/Bruckhart, Lucius/Hoffmann, Ot: Für eine andere Architektur. 1. Band: Bauen mit der Natur und in der Region. Frankfurt am Main: Fischer, 1987. S. 95f.

⁴⁴ Building made from 1.5 million water bottles. In URL: <https://inhabitat.com/amazing-plastic-bottle-architecture-withstands-earthquakes-in-taipei/ecoark-recycled-plastic-bottle-building-in-taipei-1/> (Letzter Zugriff: 10.04.2024)

ren Strukturen bis hin zu dauerhaften Bauwerken. Die Herstellung der ByFusion Bricks erfolgt durch einen Prozess der thermischen Umwandlung, bei dem der Kunststoff geschmolzen und in Formen gegossen wird. Die resultierenden Bausteine haben ähnliche Eigenschaften wie Beton- oder Ziegelsteine, sind jedoch leichter und können ohne spezielle Ausrüstung gehandhabt werden.⁴⁵

ByFusion Bricks bieten eine nachhaltige Lösung zur Reduzierung von Kunststoffabfällen und zur Förderung der Kreislaufwirtschaft. Die Maßnahmen tragen dazu bei, den Bedarf an neuen Ressourcen zu verringern und die Umweltauswirkungen von Kunststoffabfällen zu minimieren.

Die angeführten Beispiele zeigen das Potenzial der Abfallumwandlung in der Bauindustrie. Durch die Integration dieser nachhaltigen Praktiken können nicht nur ökologische Vorteile erzielt, sondern auch wirtschaftliche und soziale Aspekte berücksichtigt werden. Dennoch entsprechen nicht alle Baumaterialien aus Abfällen den Zero Waste Kriterien, wenn diese am Ende ihrer Verwendungsdauer nicht wiederverwendet oder kompostiert werden können. Trotzdem können diese Fortschritte dazu beitragen, eine umweltfreundlichere und nachhaltigere Zukunft zu gestalten.

2.2. Abfallvermeidung bei Verarbeitung und Transport

Die Auswahl geeigneter Baumaterialien ist ein wichtiger Schritt für eine nachhaltige Bauweise. Jedoch ist auch die klimagerechte Verarbeitung entscheidend, da große Mengen an Abfall während der Verarbeitung und des Transports entstehen können.

Die Nutzung lokaler oder regionaler Materialien stellt eine effektive Methode dar, um Transportwege zu verkürzen und den CO₂-Fußabdruck zu reduzieren. Durch die Verwendung von Baustoffen, die in unmittelbarer Nähe des Bauprojekts verfügbar sind, können Emissionen minimiert werden.

Des Weiteren ist die Optimierung der Logistik von entscheidender Bedeutung. Durch eine effiziente Planung der Transportrouten und die Bündelung von Lieferungen können überflüssige Fahrten vermieden und der Kraftstoffverbrauch re-

⁴⁵ Hebel, Dirk E./Wisniewska, Marta H./Heisel, Felix: Building from Waste. Recovered Materials in Architecture and Construction. Basel: Birkhäuser, 2014. S. 114f.

duziert werden. Alternativ bietet der Transport per Zug eine Möglichkeit zur Verringerung von Emissionen im Transportwesen.

Ein weiterer Ansatz besteht in der Verwendung nachwachsender und schadstofffreier Materialien, um eine nachhaltige Verarbeitung zu gewährleisten. Diese Materialien ermöglichen eine umweltverträgliche Verarbeitung und tragen zur Reduzierung negativer Umweltauswirkungen bei.

2.3. Abfallvermeidung während des Baus

Die Quantität der anfallenden Bauabfälle während des Bauprozesses, der Renovierung oder dem Rückbau von Gebäuden und anderen baulichen Strukturen übersteigt deutlich alle anderen Abfallkategorien. Die damit einhergehenden Entsorgungsausgaben sind oft beträchtlich. Daher ist vorrangig, Strategien zur Abfallvermeidung zu priorisieren oder Alternativmethoden wie die Wiederverwendung oder stoffliche Verwertung zu implementieren, um Bauabfälle wieder in den Baustoffkreislauf zurückzuführen. Die Deponierung von Bauabfällen sollte nur unter außergewöhnlichen Umständen in Betracht gezogen werden. Selbst einfacher Bodenaushub erfordert eine vorherige Analyse der Recyclingmöglichkeiten, bevor eine Lagerung auf Deponien in Erwägung gezogen wird. Vorabbruch-Wiederverwendungsprüfungen sind dabei von entscheidender Bedeutung, um eine maximale Rückgewinnung hochwertiger Baustoffe zu gewährleisten.⁴⁶

Die Errichtung eines Bauwerks erfordert in der Regel das Ausheben einer Baugrube, insbesondere bei Projekten wie dem Bau von Tiefgaragen in städtischen Gebieten. Dies führt oft zur Entstehung großer Mengen an Bodenaushub, der aufgrund möglicher Schadstoffbelastungen eine Herausforderung für die Entsorgung darstellt.⁴⁷ Es gibt jedoch Möglichkeiten, diesen Bodenaushub effektiv zu nutzen, beispielsweise für Geländemodellierungszwecke oder die Gestaltung von Außenanlagen wie Spielhügeln oder Grünflächen. Dies reduziert wiederum den Bedarf an Transport und Entsorgungskosten.⁴⁸

⁴⁶ Ressourcenschonung in der Baubranche. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart 2023.

⁴⁷ Ebd.

⁴⁸ Ebd.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, überschüssigen Bodenaushub mit anderen Bauprojekten auszutauschen, die möglicherweise Verwendung für Verfüllmaterial haben. Hierfür existieren spezielle Plattformen, bekannt als Boden- oder Erdbörsen, auf denen Interessierte überschüssigen Bodenaushub häufig kostenlos erhalten können.⁴⁹

Die Integration eines effizienten Abfallmanagementsystems in der Baubranche, das die strukturierte Sortierung, Trennung und ordnungsgemäße Entsorgung von Abfällen erleichtert, sowie auch die Vernetzung mehrerer Baustellen, können eine signifikante Reduktion der Deponiemüllmenge bewirken.

2.4. Minimierung der Ressourcenverschwendung

Um die Ressourcenverschwendung im Bau zu vermeiden, ist es wichtig, nicht nur an den Verlust von Rohstoffen zu denken, sondern auch an die Verschwendung von Arbeitskraft und Zeit. Verschwendung tritt auf, wenn Produkte überproduziert oder nicht genutzt werden, und wenn Materialien aufgrund mangelhafter Verarbeitung ersetzt werden müssen.

Es ist schwierig, den genauen Umfang der Verschwendung zu quantifizieren, jedoch haben moderne Ansätze wie die Lean Construction Methoden bewiesen, dass die Produktivität im Bau um 20 bis 50% gesteigert werden kann. Die Lean Construction Methode zielt darauf ab, Prozesse zu identifizieren, die keinen Wert für die KundInnen generieren, und diese schrittweise zu eliminieren, um schlankere und effizientere Abläufe zu schaffen. Durch die Anwendung dieser Methoden können Ressourcen effizienter genutzt werden, was wiederum zu einer Reduzierung der Umweltbelastung führt. Darüber hinaus trägt die Lean Construction Methode dazu bei, die Qualität der Bauarbeiten zu verbessern.⁵⁰

Eine sorgfältige Planung des Bauprojekts kann dazu beitragen, Ressourcenverschwendung zu reduzieren. Dafür werden Entwurfsprogramme und moderne Planungstechniken eingesetzt, um Ressourcen effizienter zu nutzen. Die Anwendung von Lean Construction Methoden zielen darauf ab, Verschwendung in allen

⁴⁹ Erdaushub und Erdbörse. In URL: <https://www.deutscherbauzeiger.de/bauen/baugrube/erdaushub/erdaushub-und-erdboerse> (Letzter Zugriff: 19.03.2024)

⁵⁰ Böllmann, Johanna: Nachhaltiges Bauen. In URL: <https://www.capmo.com/baulexikon/nachhaltiges-bauen> (Letzter Zugriff: 20.03.2024)

Phasen eines Bauprojekts zu reduzieren. Dies beinhaltet die Optimierung von Arbeitsabläufen, die Minimierung von Materialverschwendung, die Implementierung eines gezielten Abfallmanagementsystems, die Reduktion des Energieverbrauchs und die Maximierung der Effizienz auf der Baustelle. Durch das Berücksichtigen dieser Maßnahmen können Bauprojekte effizienter gestaltet werden, was zu einer Reduzierung der Umweltauswirkungen und einer Verbesserung der wirtschaftlichen Performance führt.⁵¹

⁵¹ Lean Construction. In URL: <https://place-strategy.de/bauradar-2023-nachhaltiges-bauen/> (Letzter Zugriff: 20.03.2024)

3. Kreislaufwirtschaft im Bauwesen

Die Kreislaufwirtschaft im Bauwesen steht in engem Zusammenhang mit der Zero Waste Architektur. Beide Prinzipien zielen darauf ab, Ressourcen effizient zu nutzen, indem Materialien wiederverwendet und Abfälle minimiert werden. Im Folgenden werden das zirkuläre Bauen erläutert und die Gemeinsamkeiten mit der Zero Waste Architektur aufgezeigt.

3.1. Kriterien für zirkuläres Bauen

Das Konzept des "Zirkulären Bauens" bietet Lösungen für aktuelle und zukünftige Probleme in Bezug auf Materialversorgung, Umwelt und Gesundheit. Es erfordert die konsequente Umsetzung zirkulärer Prinzipien und die Integration dieser in Design und Ausführung. Das Zirkuläre Bauen wird als entscheidender Beitrag zum nachhaltigen Bauen betrachtet, indem es den Erhalt, die Aufwertung und die Aktivierung des Gebäudebestands betont und Materialströme effizient nutzt. Es strebt eine Abfallvermeidung über den gesamten Lebenszyklus hinweg an und fördert ökologische und gesundheitliche Aspekte.⁵²

Der Mensch lebt in einer Gesellschaft, die auf dem linearen Wirtschaftsmodell beruht. Das auf "Take, Make, Use, Waste" basierende System zeigt eine problematische Dynamik. Es basiert auf der Ausbeutung endlicher Ressourcen für die Herstellung von Waren, die oft nur kurzfristig genutzt und dann entsorgt werden.⁵³

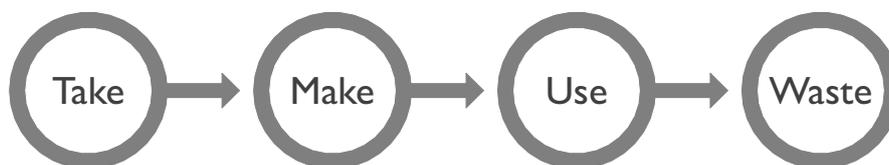


Abb. 6: Lineare Wirtschaft

Dieses Modell vernachlässigt die Konzepte der Kreislaufwirtschaft und Nachhaltigkeit, was zu Umwelt- und sozioökonomischen Problemen führt. Daraus resultie-

⁵² Im Fokus: Zirkuläres Bauen. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Stuttgart, 2022.

⁵³ Circular Economy. Kreisläufe schließen, heißt zukunftsfähig sein. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Stuttgart, 2019.

ren Umweltauswirkungen wie Landdegradation, Biodiversitätsverlust und Verschmutzung von Trinkwasser und Böden.

Eine Lösung erfordert ein grundlegendes Umdenken hin zu einer Kreislaufwirtschaft, die die Nutzung von Ressourcen optimiert, die Lebensdauer von Produkten verlängert und Abfälle minimiert. Eine internalisierte Kostenstruktur, die die Externalitäten einbezieht, könnte langfristig zu einer wirtschaftlichen und ökologischen Stabilität führen.⁵⁴

Das zirkuläre Wirtschaftsmodell stellt eine logische Alternative zum linearen Wirtschaftsmodell dar, indem sie auf den Erhalt und die Kreislaufführung von Ressourcen setzt. Statt Ressourcen nach einmaliger Nutzung zu entsorgen, soll ihr Wert maximiert und Abfall vermieden werden. Dies erfordert Maßnahmen in den Bereichen Abbau, Nutzung, Herstellung und Entsorgung. Die Ellen MacArthur Foundation hat mit ihrem Bericht "Growth Within", der auf den Prinzipien der Cradle-to-Cradle-Denkschule basiert und 2015 veröffentlicht wurde, einen bedeutenden Beitrag zur umfassenden Diskussion über die Kreislaufwirtschaft geleistet.⁵⁵

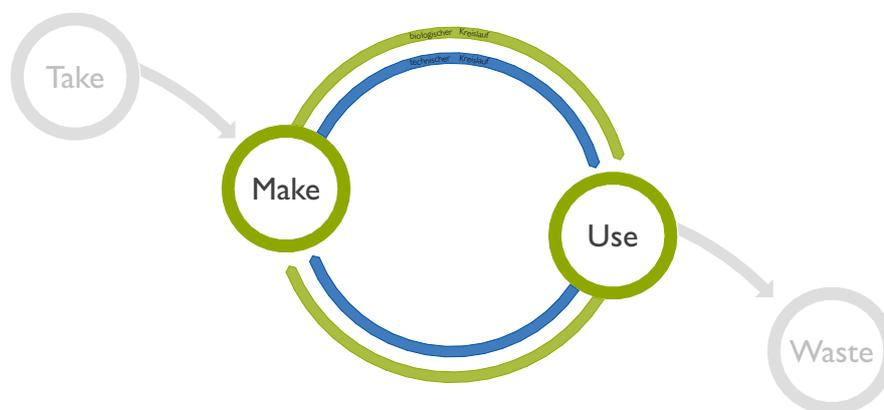


Abb. 7: Kreislaufwirtschaft

Auch die Europäische Kommission hat im Dezember 2015 das "Circular Economy Package" verabschiedet, welches einen Aktionsplan zur Förderung der Kreislaufwirtschaft umfasst. Dieser Plan zielt auf die Erhaltung des Werts von Produkten und Ressourcen sowie auf die Minimierung von Abfall ab. Konkrete Ziele beinhalten die Einführung von Recyclingzielen bis 2030 bzw. 2035 für Verpackungs- und

⁵⁴ Circular Economy. Kreisläufe schließen, heißt zukunftsfähig sein. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Stuttgart, 2019.

⁵⁵ Ebd.

Siedlungsabfälle sowie Anreize zur Abfallvermeidung und Produktverantwortung. Die EU plant zudem einen schrittweisen Ausstieg aus der Deponierung von Abfällen bis 2035, da dies nicht mit den Prinzipien einer Kreislaufwirtschaft vereinbar ist.⁵⁶

3.2. Zusammenhang der Kreislaufwirtschaft und Zero Waste

Die Circular Economy, im Deutschen die Kreislaufwirtschaft, eingeführt von Ellen MacArthur und ihren Wirtschaftspartnern, strebt danach, die Auswirkungen von Müll und Umweltverschmutzung zu minimieren, indem sie das lineare Wirtschaftsmodell durch ein zirkuläres ersetzt. Statt Rohstoffe zu gewinnen, Produkte herzustellen und sie nach Gebrauch zu entsorgen, soll ein kontinuierlicher Kreislauf geschaffen werden, der Ressourcen maximiert und Abfall minimiert.⁵⁷ Dies ist eng verbunden mit der Zero Waste Architektur, die sich darauf konzentriert, Bau- und Designpraktiken zu entwickeln, die Müll und Ressourcenverschwendung zu eliminieren.

Im Zentrum der Kreislaufwirtschaft stehen Prinzipien wie Erhaltung, Wiederverwendung, Reparatur und Recycling von Materialien, die auch in der Zero Waste Architektur eine zentrale Rolle spielen. Beide Konzepte streben danach, Produkte und Gebäude so zu gestalten, dass sie langlebig sind, leicht repariert werden können und am Ende ihres Lebenszyklus vollständig wiederverwertbar sind.

Die Circular Economy setzt sich auch für eine Transformation der Wirtschaft ein, weg von einem reinen Konsummodell hin zu einem System, das auf nachhaltige Produktion und Nutzung ausgerichtet ist. Darüber hinaus betont die Circular Economy die Bedeutung der Zusammenarbeit zwischen Unternehmen, Regierungen und der Zivilgesellschaft, um den Übergang zu einem zirkulären Wirtschaftsmodell zu beschleunigen.⁵⁸

Diese Ansätze finden sich auch in der Zero Waste Architektur wieder. Es wird darauf abgezielt, ökologisch verantwortliche Materialien und Bauprozesse zu nutzen, um die Umweltbelastung von Gebäuden zu minimieren. Dies erfordert in ähnlicher

⁵⁶ Circular Economy. Kreisläufe schließen, heißt zukunftsfähig sein. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Stuttgart, 2019.

⁵⁷ Sorrento, Aureliana: Die Zukunft ist zirkulär. In: Internationale Politik. Special 6/2022, S. 59-63.

⁵⁸ Ebd. S. 59-63.

Weise die Beteiligung verschiedener Akteure, einschließlich Bauherren, Architekten, Bauunternehmen und Behörden, um die Zero Waste Praktiken in der Architektur umzusetzen.

Zero Waste Architektur leistet einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung einer Circular Economy. Insgesamt stellen sie gemeinsame Visionen für eine nachhaltigere Zukunft dar, in der Wirtschaftsaktivitäten und Bauvorhaben so gestaltet werden, dass sie die Umwelt schonen und Ressourcen effizient nutzen.

3.3. Auswirkungen

Die Kreislaufwirtschaft und das Zero Waste Konzept haben weitläufigen Einfluss auf unsere Gesellschaft und Umwelt. Diese Konzepte verwerfen traditionelle lineare Wirtschaftsmodelle und zielen stattdessen darauf ab, Ressourcen zu erhalten, Abfall zu minimieren und nachhaltiges Wachstum zu fördern.

Dies fördert die Nachhaltigkeit in der Baubranche und reduziert die Umweltauswirkungen von Bauaktivitäten erheblich. Es erfordert nicht nur eine Veränderung im Verbraucherverhalten, sondern auch eine Neugestaltung von Produkten und Verpackungen, um sie wiederverwendbar oder kompostierbar zu machen.

3.3.1. Umweltauswirkungen

Die Auswirkungen des zirkulären Bauens und der Zero Waste Architektur auf die Umwelt sind weitreichend. Sie können helfen, den Klimawandel zu bekämpfen, die Ressourcenknappheit zu verringern und die Umweltverschmutzung zu minimieren. Die Lebensdauer von Gebäuden wird verlängert, und Materialien werden wiederverwendet oder recycelt. Dies führt zu einer Verringerung der Gesamtabfallmenge und des Bedarfs an neuen Baustoffen, was wiederum den ökologischen Fußabdruck des Baugewerbes reduziert. Durch die allgemeine Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling und Kompostierung von Abfällen wird die Menge an Depo-niemüll verringert, was die Belastung von Ökosystemen und die Freisetzung von schädlichen Chemikalien in die Umwelt reduziert. Auch der Verbrauch endlicher Ressourcen wird verringert, und somit wird der Bedarf an neuen Rohstoffen reduziert, was zu einer insgesamt nachhaltigeren Ressourcennutzung führt.

Darüber hinaus können zirkuläre Bauprinzipien die Energieeffizienz von Gebäuden verbessern und den Ressourcenverbrauch während des Bauprozesses reduzieren. Die Kreislaufwirtschaft trägt auch zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen bei, indem sie den Bedarf an energieintensiven Produktionsprozessen reduziert.

Insgesamt haben die Grundsätze der Kreislaufwirtschaft und der Zero Waste Architektur das Potenzial, erhebliche positive Umweltauswirkungen zu haben, indem sie zur Reduzierung von Abfall, Ressourcenverbrauch und Umweltverschmutzung beitragen und die ökologische Nachhaltigkeit fördern.

3.3.2. Auswirkungen auf die Wirtschaft und Gesellschaft

Zirkuläres Bauen birgt aber auch eine Vielzahl von Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft. Es eröffnet neue Möglichkeiten für wirtschaftliche Entwicklung, indem es Kapazitäten im Bereich der Kreislaufwirtschaft und des Recyclings schafft. Die Innovation in diesem Sektor führt zu neuen Arbeitsplätzen und fördert die Entwicklung von Technologien zur Wiederverwendung und Wiederverwertung von Baumaterialien. Dies wiederum führt zu Kosteneinsparungen auf lange Sicht, da Materialkosten gesenkt und Betriebskosten reduziert werden können.⁵⁹

In gesellschaftlicher Hinsicht trägt zirkuläres Bauen zur Stärkung des Bewusstseins für nachhaltiges Bauen und Konsumverhalten bei, indem es die Umweltauswirkungen reduziert und zur Bewältigung globaler Herausforderungen wie dem Klimawandel beiträgt. Letztlich unterstützt zirkuläres Bauen die Transformation hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft, indem es Innovationen vorantreibt, wirtschaftliche Chancen schafft und das Vertrauen in eine umweltverträgliche Zukunft stärkt.

3.4. Förderungs- und Bewertungsmethoden

Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung gewinnt die Reduzierung von Bauabfällen zunehmend an Bedeutung. Ein Ansatz zur Förderung dieser Praxis besteht in der Implementierung von Zertifizierungen, Analysen und der Verwendung von

⁵⁹ Hebel, Dirk E./Wisniewska, Marta H./Heisel, Felix: Building from Waste. Recovered Materials in Architecture and Construction. Basel: Birkhäuser, 2014. S. 10ff.

Zirkularitätsindizes. Diese Instrumente bieten nicht nur eine Bewertung der Nachhaltigkeitsleistung von Bauprojekten, sondern dienen auch als Anreiz für Unternehmen, umweltbewusstes Verhalten zu fördern. In diesem Abschnitt werden die theoretischen Grundlagen und praktischen Anwendungen dieser Förderungsmaßnahmen eingehend untersucht.

3.4.1. Gebäudezertifizierungen

Gebäudezertifizierungssysteme nehmen eine entscheidende Rolle bei der Förderung verschiedener Nachhaltigkeitsaspekte ein, darunter Energieeffizienz, Nutzerkomfort und Umweltauswirkungen eines Gebäudes. In den vergangenen Jahren wurden diese Systeme sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene entwickelt und angewendet. Sie bieten einen detaillierten Leitfaden, der es ermöglicht, die Umsetzung nachhaltiger Praktiken im Bauprozess zu quantifizieren und vergleichbar zu machen.

Ein Hauptziel dieser Zertifizierungssysteme besteht in der Förderung der Sensibilisierung für die Auswirkungen der Gebäudequalität auf die Umwelt und die Gesundheit der BewohnerInnen. Darüber hinaus sollen sie für PlanerInnen und BauunternehmerInnen eine Alternative zum reinen Kostenwettbewerb bieten und als Qualitäts- und Informationsinstrumente dienen, die dem öffentlichen Interesse an nachhaltiger Entwicklung gerecht werden.⁶⁰

In den letzten Jahren haben viele Länder ihre eigenen nationale Gebäudezertifizierungssysteme entwickelt, die auf ihre jeweiligen rechtlichen, kulturellen und klimatischen Gegebenheiten zugeschnitten sind. Diese Systeme variieren in ihren Schwerpunkten und Kriterien, aber ihr gemeinsames Ziel ist es, nachhaltiges Bauen zu fördern und zu belohnen. Darüber hinaus gibt es auch internationale Zertifizierungssysteme, die auf globaler Ebene angewendet werden. Beispiele dafür sind BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) und LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

Ein Beispiel für ein nationales Zertifizierungssystem ist das Total Quality Building (TQB) in Österreich, das von der Österreichischen Gesellschaft für nachhaltiges

⁶⁰ Gebäudezertifizierung und nachhaltiges Bauen Ökostandards in Österreich. 2010. Hrsg.: proHolz Austria.

Bauen entwickelt wurde. Dieses System berücksichtigt die Kategorien Standort und Ausstattung, Wirtschaftlichkeit und technische Qualität, Energie und Versorgung, Ressourceneffizienz sowie Gesundheit und Komfort. Es legt Wert auf die Verwendung nachhaltiger Baumaterialien wie Holz und Holzwerkstoffe, um die Ressourceneffizienz zu verbessern und Umweltauswirkungen zu minimieren. Ein weiteres Beispiel ist das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen, von der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), das ökologische, ökonomische, soziokulturelle und funktionale sowie technische Qualität berücksichtigt. Es bewertet auch die Umweltauswirkungen von Baumaterialien und berücksichtigt dabei Faktoren wie den Primärenergieinhalt, die globale Erwärmung durch Treibhausgase und das Versauerungspotenzial. Auch hier spielen Holz und Holzprodukte eine wichtige Rolle, da sie dazu beitragen können, die Umweltauswirkungen von Gebäuden zu verringern.⁶¹

Internationale Zertifizierungssysteme wie BREEAM und LEED berücksichtigen ebenfalls die Umweltauswirkungen von Baumaterialien, legen jedoch prozentuell gesehen unterschiedliche Schwerpunkte und Kriterien fest. Dennoch versuchen beide Systeme, den Einsatz nachhaltiger Baumaterialien wie Holz zu fördern und zu belohnen.⁶²

Zusammenfassend erweisen sich Gebäudezertifizierungssysteme als ein wesentlicher Faktor bei der Förderung von nachhaltigem Bauen und der Reduzierung der Umweltauswirkungen von Gebäuden. Die Berücksichtigung diverser Nachhaltigkeitsaspekte sowie die Belohnung der Verwendung nachhaltiger Baumaterialien wie Holz sind wesentliche Elemente dieser Systeme. Dadurch wird eine qualitative und nachhaltige Verbesserung der Gebäude weltweit gewährleistet.

3.4.2. Lebenszyklusanalyse

Die Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Assessment, LCA) konzentriert sich auf die Bewertung der Umweltauswirkungen eines Bauprodukts über den gesamten Lebenszyklus hinweg, von der Rohstoffgewinnung über die Produktion, Nutzung, den Transport, die Instandhaltung bis hin zur Entsorgung oder Wiederverwertung. Sie

⁶¹ Gebäudezertifizierung und nachhaltiges Bauen Ökostandards in Österreich. 2010. Hrsg.: proHolz Austria.

⁶² Ebd.

betrachtet dabei verschiedene Umweltindikatoren wie Treibhausgasemissionen, Energieverbrauch, Wasserverbrauch, Ressourcenverbrauch und Abfallproduktion. Die LCA ermöglicht eine umfassende Analyse der Umweltauswirkungen und identifiziert Einsparungspotenziale im Lebenszyklus.⁶³

Sie besteht aus mehreren Phasen, beginnend mit der Definition des Untersuchungsgegenstands und der Festlegung von Zielen für den Umfang der Analyse. In der Bestandsanalyse werden Daten gesammelt, um eine umfassende Liste aller Inputs und Outputs während des Lebenszyklus zu erstellen. Die Folgenabschätzung beinhaltet die Bewertung der Umweltauswirkungen basierend auf spezifischen Kategorien wie Ressourcenverbrauch und Emissionen. Schließlich erfolgt die Interpretation der Ergebnisse, bei der die Beiträge, Relevanz, Robustheit und Beschränkungen der Studie diskutiert werden. Ziel ist es, systematisch Möglichkeiten zur Reduzierung der negativen Umweltauswirkungen zu identifizieren. Dabei wird darauf geachtet, keine Lastenverschiebungen zwischen verschiedenen Phasen des Lebenszyklus zu verursachen. Die Vermeidung von Lastenverschiebungen ist ein zentraler Aspekt, der die Stärke des LCA-Ansatzes ausmacht, da er sicherstellt, dass die Bewertung umfassend und ausgewogen ist.⁶⁴

3.4.3. Circular Twin

Das Circular Twin bezeichnet ein digitales Ökosystem, welches kreislauffähige digitale Zwillinge generiert und bewertet. Bis zum Jahr 2030 wird voraussichtlich die Produktionsmenge von zwei Erden benötigt, um den weltweiten Bedarf an natürlichen Ressourcen zu decken. Ein Übergang zu zirkulären Systemen ist daher in der Bauindustrie von entscheidender Bedeutung, da diese für 60% des globalen Rohstoffabbaus und 25% des Gesamtabfallaufkommens verantwortlich ist. Das Ziel besteht in der Erhöhung der Recyclingraten sowie der Förderung einer Kreislaufwirtschaft, um den CO₂-Fußabdruck der Bauindustrie zu reduzieren.⁶⁵

⁶³ Was ist Lebenszyklus-Beurteilung? (LCA). In URL: <https://sphaera.com/glossar-de/was-ist-lebenszyklus-beurteilung-lca/?lang=de> (Letzter Zugriff: 18.04.2024)

⁶⁴ Was ist Lebenszyklus-Beurteilung? (LCA). In URL: <https://sphaera.com/glossar-de/was-ist-lebenszyklus-beurteilung-lca/?lang=de> (Letzter Zugriff: 18.04.2024)

⁶⁵ Circular Twin. In URL: <https://www.ibo.at/forschung/referenzprojekte/data/circular-twin> (Letzter Zugriff: 17.04.2024)

Das Circular Twin unterstützt die Entscheidungsfindung hinsichtlich der Kreislauffähigkeit von Gebäudestrukturen und integriert End-of-Life-Konzepte bereits in den frühen Planungsphasen. Das Projekt basiert auf den Erkenntnissen des Forschungsprojekts „Wohnen 4.0 – Digitale Plattform für leistbares Wohnen“ und nutzt die dort generierte Wissensbasis sowie Building Information Modeling (BIM)-Objektbibliotheken und materielle Gebäudepässe. Die methodische Vorgehensweise umfasst die Anwendung von BIM-basierten digitalen Zwillingen, die mittels Generative Design in verschiedenen Varianten generiert und bewertet werden. Zusätzlich werden Algorithmen entwickelt, um die Kreislauffähigkeit, die materiellen Gebäudepässe sowie die EU-Taxonomie-Konformität zu bewerten. Die zu erwartenden Ergebnisse umfassen die Visualisierung von End-of-Life-Szenarien der Digitalen Zwillinge in einer Virtual-Reality-Plattform sowie die Unterstützung des Entscheidungsprozesses der Stakeholder im Planungs- und Bauprozess.⁶⁶

Insgesamt ermöglicht das Circular Twin Ökosystem die frühzeitige Umsetzung der Ziele der Kreislaufwirtschaft, Nachhaltigkeit und Digitalisierung im Bauwesen. Es zielt darauf ab, die Bauindustrie zu einer nachhaltigeren und ressourceneffizienteren Praxis zu führen, was letztendlich zu einer Reduktion von Bauabfällen beiträgt.

3.4.4. Zirkularitätsindex

Thomas Rau, ein deutscher Architekt, gründete 2017 in den Niederlanden die Online-Datenbank Madaster. Die Intention besteht darin, für den Hochbau ähnlich relevante Informationen bereitzustellen wie Kataster für Liegenschaften, ein sogenannter Zirkularitätsindex.⁶⁷

Der Madaster-Zirkularitätsindex, nachfolgend als ZI bezeichnet, wurde entwickelt, um Gebäuden Zirkularitäts-Scores von 0 bis 100% zuzuweisen, basierend auf den in der Madaster-Datenbank erfassten Daten. Gemessen wird in drei Phasen: Materialherkunft, Nutzungsphase und Materialverwertung. Der Zirkularitätsgrad eines Gebäudes wird durch mehrere Faktoren bestimmt, darunter der Anteil an recycel-

⁶⁶ Circular Twin. In URL: <https://www.ibo.at/forschung/referenzprojekte/data/circular-twin> (Letzter Zugriff: 17.04.2024)

⁶⁷ Mattauch, Christine: Eine Datenbank, die das Bauen revolutionieren könnte. In: Süddeutsche Zeitung, 2021. URL: <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/bauen-gebäude-material-datenbank-madaster-1.5404136> (Letzter Zugriff: 17.04.2024)

ten und wiederverwendeten Materialien, die Lebensdauer der verwendeten Produkte im Vergleich zum Branchendurchschnitt und das Verhältnis von wiederverwertbarem Material zu Abfall am Ende des Lebenszyklus. Ein Gebäude mit einem hohen ZI-Score besteht hauptsächlich aus wiederverwendbaren oder recycelten Materialien und hat eine lange Lebensdauer. Stattdessen besteht ein Gebäude mit einem niedrigen ZI-Score hauptsächlich aus neuen Materialien und hat eine kurze Lebensdauer.⁶⁸

Die Madaster-Plattform dient als zentrale Datenbank für Materialien in Gebäuden und soll den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft unterstützen. Sie ermöglicht es NutzerInnen Materialien zu registrieren und ihre Qualität sowie ihren Standort zu verfolgen. Die Plattform soll auch als Datenquelle für den Aufbau eines Marktplatzes dienen, auf dem Materialien zum Kauf angeboten werden können, um die Wiederverwendung zu fördern. Neben dem Materialpass entwickelt Madaster ein Modul, das den ZI-Score nutzt, um den Grad der Kreislauffähigkeit von Gebäuden zu bewerten und Verbesserungen anzuregen.⁶⁹

Die Messmethode des Madaster-ZI basiert auf dem Material Circularity Indicator der Ellen MacArthur Foundation. Dieses hat zum Ziel, Produkte und Gebäude durch den Vergleich der verschiedenen Komponenten zu bewerten und Kreislaufwirtschaftsziele zu unterstützen. Während der Nutzungsphase können sich die Kreislaufwerte ändern, und es ist wichtig, den ZI-Score regelmäßig zu aktualisieren.⁷⁰

Zusammengefasst bezieht sich der Index speziell auf die Kreislauffähigkeit von Produkten oder Materialien. Er misst, in welchem Maße ein Produkt oder Material in einem geschlossenen Kreislauf gehalten wird, also wie effektiv es recycelt, wiederverwendet oder regeneriert wird. Es werden nicht nur Umweltauswirkungen beachtet, sondern auch wirtschaftliche und soziale Aspekte im Zusammenhang mit der Kreislaufwirtschaft.

⁶⁸ Madaster Zirkularitätsindex. Hrsg.: Madaster Germany. 2021.

⁶⁹ Ebd.

⁷⁰ Ebd.

4. Realisierte Zero Waste Architektur

Die Umsetzung von Zero Waste Prinzipien in der Architektur ist nicht nur Theorie, sondern findet bereits in zahlreichen innovativen Bauprojekten weltweit Anwendung. Zur Veranschaulichung der praktischen Umsetzbarkeit dieses Ansatzes sowie zur Bewertung seiner Weiterentwicklung ist eine Betrachtung ausgewählter wegweisender Beispiele erforderlich.

4.1. Analyse gelungener Projekte

In diesem Abschnitt werden Projekte vorgestellt und analysiert, die aufgrund ihrer zirkulären Strukturen, Materialbeschaffenheit und Nachhaltigkeitskonzepte als exemplarische Beispiele für Zero Waste Architektur dienen.

4.1.1. Juf Nienke

Das Gebäude „Juf Nienke“ in Amsterdam IJburg ist als eines der nachhaltigsten Wohngebäude der Niederlande bekannt. Das Gebäude „Juf Nienke“ wurde von den Architekturbüros RAU und SeARCH entworfen und von Volantess entwickelt. Das Gebäude umfasst 61 nachhaltige Mietwohnungen, von denen die Hälfte für Personen in essenziellen Berufen wie LehrerIn, GesundheitsdienstleisterIn und PolizistIn reserviert ist. Das Sockelgeschoss umfasst eine Vielzahl von Einrichtungen, darunter ein Café, Einzelhandelsgeschäfte, gemeinschaftlich genutzte Arbeitsbereiche sowie Räume für Nachhilfe und Bildung.⁷¹



Abb. 8: Juf Nienke (Quelle <https://archello.com/project/juf-nienke-2> (Letzter Zugriff: 01.06.2024))

Die Konstruktion des Juf Nienke ist vollständig aus Holz gefertigt, wobei 80% der verwendeten Materialien wiederverwendbar sind und der höchsten Umweltklasse

⁷¹ Juf Nienke. The most sustainable building in Amsterdam. In URL: <https://mادaster.com/inspiration/juf-nienke-the-most-sustainable-building-in-amsterdam//> (Letzter Zugriff: 01.06.2024)

angehören. Die Konstruktion basiert auf einer Kombination von vorgefertigten Holzeinheiten, die auf einem Betonsockel gestapelt sind. Dadurch lassen sich sowohl kleine Apartments als auch mehrstöckige Wohnungen realisieren. Die vorgefertigten Holzelemente können horizontal gekoppelt oder vertikal gestapelt werden, um eine Vielzahl unterschiedlicher Wohnungstypen zu kreieren. Die Variation der Tiefe der Module bei gleichbleibender Standardbreite von 4 Metern ermöglicht eine vollständige Demontierbarkeit des Gebäudes. Die vollständige Konstruktion der Wohnungen aus Holz führt zu einer Einsparung von über 58 Tonnen CO₂. Die Vorfertigung der Holzelemente führt zu einer Reduktion der Abfallmenge sowie zu einer Verkürzung der Bauzeit.⁷²

Das Gebäude verfügt über ein begrüntes Dach und spezielle Nischen für Fledermäuse und Vögel, um die Biodiversität zu fördern. Darüber hinaus bietet es eine großzügige Innenhofgestaltung und einen Gemeinschaftsdeck für die Bewohnerinnen. Das Gebäude ist energiepositiv und erzeugt mit Solarmodulen auf dem Dach, die 140 kWp leisten, mehr Energie, als es verbraucht.⁷³

Das Projekt wurde mit verschiedenen Preisen ausgezeichnet, darunter der Architizer A+ Award 2023 für das beste nachhaltige Wohnprojekt und der Nationale Houtbouwprijs 2023 für die beste modulare Holzkonstruktion.⁷⁴



Abb. 9: Holzmodule (Quelle: <https://archello.com/project/juf-nienke-2> (Letzter Zugriff: 01.06.2024))



Abb. 10: Sockelgeschoss (Quelle: <https://archello.com/project/juf-nienke-2> (Letzter Zugriff: 01.06.2024))

⁷² Juf Nienke. In URL: <https://architizer.com/projects/juf-nienke/> (Letzter Zugriff: 01.06.2024)

⁷³ Juf Nienke. In URL: <https://archello.com/de/project/juf-nienke-2> (Letzter Zugriff: 01.06.2024)

⁷⁴ Juf Nienke. In URL: <https://architizer.com/projects/juf-nienke/> (Letzter Zugriff: 01.06.2024)

4.1.2. Zero Waste Space

Der Zero Waste Space, von Architektin Sabine Schlüter entworfen, stellt ein innovatives Projekt dar, welches einen Raum von etwa 16 Quadratmetern konzipiert, der alle grundlegenden Funktionen sowie das Innenraumdesign einer bewohnbaren Umgebung beinhaltet. Das Hauptziel ist es, Lösungen aufzuzeigen, wie BewohnerInnen eines solchen Gebäudes dazu beitragen können, die Abfallbilanz in Richtung Null zu bringen.⁷⁵

Die Konzentration auf das Wesentliche, die Vermeidung von Abfällen und die Einsparung von Energie ermöglichen den BewohnerInnen des Zero Waste Space einen Alltag, der den Verzicht auf konsumbedingten Überfluss erleichtert. Der Leitgedanke des Projekts ist, dass eine rein zirkuläre Betrachtung von Produkten nicht ausreichend ist. Es ist eine gesellschaftliche Notwendigkeit, zu lernen, mit weniger auszukommen.⁷⁶

Im Zero Waste Space wird die Reduktion von Bauelementen, Baustoffen, Einbauten, Ressourcen sowie Energie verfolgt. Das Ziel ist die Entwicklung eines Gebäudes, das nicht nur im Herstellungsprozess, sondern auch bei der täglichen Nutzung keinen Abfall entstehen lässt. Das Konzept und die Bauweise zielen darauf ab, Stoffströme zu schließen, einen hohen Grad an Eigenversorgung zu ermöglichen und Ressourcen zu nutzen, die wenig oder keinen Abfall produzieren, sich gut recyceln lassen und CO₂ speichern.⁷⁷

Die Abmessungen des skalierbaren Prototyps des Zero Waste Space betragen 7,50 x 3 Meter bei einer Höhe von 3,40 Metern. Die konstruktiven Außenbauteile orientieren sich an den Werten der Passivhausbauweise, um eine hohe Energieeffizienz zu gewährleisten. Der Zero Waste Space wurde in Holzbauweise mit Strohdämmung errichtet. Die luftdichte

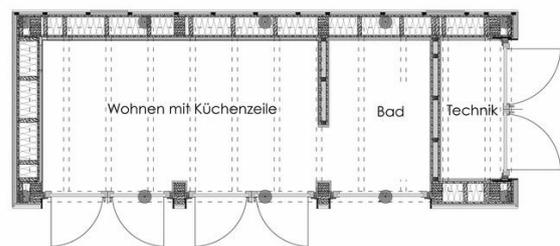


Abb. 11: Zero Waste Space Grundriss (Quelle: <https://www.md-mag.com/news/meinung/verzicht-als-gewinn/#slider-intro-2> (Letzter Zugriff: 01.06.2024))

⁷⁵ Zero Waste Space. In URL: <https://zerowastespace.de/projekte/der-container/> (Letzter Zugriff: 01.06.2024)

⁷⁶ Ebd. (Letzter Zugriff: 01.06.2024)

⁷⁷ Kuckuk, Alexander: Verzicht als Gewinn. In URL: <https://www.md-mag.com/news/meinung/verzicht-als-gewinn/#slider-intro-2> (Letzter Zugriff: 01.06.2024)

Abdichtung des Gebäudes erfolgt mittels eines auf der Innen- und Außenseite aufgetragenen Lehmvlieses, wodurch auf die im Holzbau häufig verwendete kunststoffbasierte Dampfbremse verzichtet werden kann. Die Verwendung natürlicher Baumaterialien trägt nicht nur zur Nachhaltigkeit bei, sondern sorgt auch für ein gesundes Raumklima. Der Baukörper und das Dach wurden von den Lehmbauspezialisten der Wiener Firma Lopas entsprechend den Passivhausstandards entwickelt und zertifiziert.⁷⁸

Der Zero Waste Space stellt eine innovative Methode im Bauwesen dar, welche Ressourcen schont und Abfall minimiert. Der minimalistische Ansatz des Gebäudes schafft eine Umgebung für nachhaltiges Leben und dient als Vorreiter für zukünftige Projekte. Die nachhaltige Bauweise aus Holz, Stroh und Lehm sowie die Passivhauszertifizierung setzen neue Maßstäbe für Energieeffizienz und Umweltschutz und fördern eine ressourcenschonende Lebensweise für eine nachhaltigere Zukunft.



Abb. 12: Zero Waste Space Container (Quelle: <https://zerowastespace.de/projekte/der-container/> (Letzter Zugriff: 06.06.2024))



Abb. 13: Zero Waste Space Material (Quelle: <https://zerowastespace.de/projekte/der-container/> (Letzter Zugriff: 06.06.2024))

⁷⁸ Kuckuk, Alexander: Verzicht als Gewinn. In URL: <https://www.md-mag.com/news/meinung/verzicht-als-gewinn/#slider-intro-2> (Letzter Zugriff: 01.06.2024)

4.1.3. The Bullitt Center

Inmitten der Metropole Seattle erhebt sich ein Bürogebäude, das neue Maßstäbe in der Nachhaltigkeit setzt: das Bullitt Center. Dieses avantgardistische Gebäude verkörpert die Prinzipien der Zero Waste Architektur und demonstriert, wie ein ganzheitlicher Ansatz zur Ressourcenschonung umgesetzt werden kann.⁷⁹



Abb. 14: Bullitt Center. (Quelle: <https://workcloud24.com/green-building-konzepte/> (Letzter Zugriff: 06.06.2024))

Das zentrale Element des Bullitt Centers ist sein hochentwickeltes Abfallmanagementsystem, das darauf abzielt, keinerlei Abfall zu erzeugen. Regenwasser wird sorgfältig gesammelt und aufbereitet, um den gesamten Wasserbedarf des Gebäudes zu decken. Auch die Abwässer werden in einer modernen Kläranlage innerhalb des Gebäudes behandelt und wiederverwertet, wodurch ein geschlossener Wasserkreislauf entsteht.⁸⁰

Bei der Auswahl der Baumaterialien wurde darauf geachtet, nur Materialien zu verwenden, die frei von gesundheitsschädlichen Substanzen wie Phthalaten sind. Diese strengen Kriterien entsprechen den Vorgaben der „Red List“ der US-Umweltschutzbehörde Environmental Protection Agency (EPA) und tragen dazu bei, ein gesundes Raumklima zu schaffen. Die Basis und die ersten beiden Stockwerke bestehen aus Beton, während die oberen vier Stockwerke aus massivem Holz konstruiert sind, welches vom FSC zertifiziert ist. Die hochleistungsfähige Vorhangfassade wurde von der deutschen Firma Schüco entwickelt

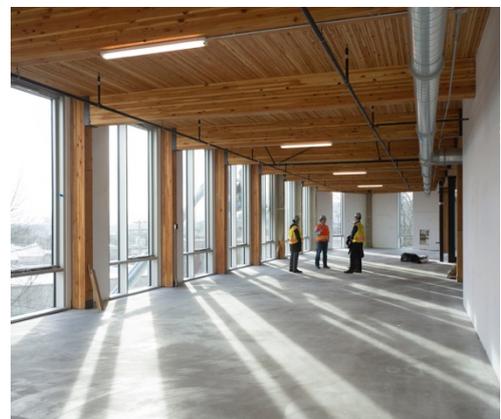


Abb. 15: Bullitt Center Holzkonstruktion (Quelle: <https://www.archdaily.com/363007/the-world-s-greenest-commercial-building-opens-in-seattle-today> (Letzter Zugriff 06.06.2024))

⁷⁹ Porada, Barbara: The 'World's Greenest Commercial' Building. In URL: <https://www.archdaily.com/363007/the-world-s-greenest-commercial-building-opens-in-seattle-today> (Letzter Zugriff 06.06.2024)

⁸⁰ The Bullitt Center and the transformation of building materials. In URL: <https://prosoco.com/the-bullitt-center-and-prosoco/> (Letzter Zugriff: 06.06.2024)

und von der US-Firma Goldfinch Brothers in Lizenz gefertigt. Diese Fassadensysteme erfüllen hohe Anforderungen an Energieeffizienz und Witterungsbeständigkeit.⁸¹

Das Bullitt Center setzt auch in Bezug auf erneuerbare Energien und Energieeffizienz neue Maßstäbe. Durch die Nutzung von Solaranlagen auf dem Dach erzeugt es seinen gesamten Energiebedarf selbst und erreicht somit den Status eines Null-Netto-Energie-Gebäudes. Zusätzlich wurde die Gebäudehülle mit einem Luftdicht- und Wassersperrsystem ausgestattet, um Energieverluste durch Undichtigkeiten zu minimieren.⁸²

Das Bullitt Center fungiert als herausragendes Beispiel für die praktische Umsetzung von Zero Waste Architektur. Der umfassende Ansatz in den Bereichen Null-Abfall, Null-Netto-Energie und Null-Netto-Wasser definiert neue Standards und inspiriert, nachhaltige Lösungen zu entwickeln.

4.2. Weiterentwicklung von Zero Waste Architektur

Auch wenn die Best-Practice Beispiele bereits bestehende Konzeptionen von Zero Waste Architektur aufzeigen, wird sich die Zero Waste Architektur in Zukunft voraussichtlich in mehreren Bereichen weiterentwickeln. Ein zentrales Thema in der Architektur wird weiterhin die Schließung von Stoffkreisläufen und die Wiederverwertung von Baumaterialien sein. Gebäude werden zunehmend als temporäre Ressourcenspeicher betrachtet, aus denen nach ihrer Nutzungsdauer wertvolle Rohstoffe zurückgewonnen werden können. Dies erfordert den Einsatz modularer, demontierbarer und recyclingfähiger Konstruktionen. Auch der verstärkte Einsatz natürlicher, nachwachsender und emissionsarmer Baumaterialien wie Holz, Lehm oder Bambus gewinnt immer mehr an Bedeutung.⁸³

Die Energieeffizienz von Gebäuden wird weiter optimiert, indem passive Lösungen wie Wärmedämmung, Tageslichtnutzung und natürliche Belüftung intelligent kom-

⁸¹ Bullitt Center, Building Integrity. In URL: <https://luxiangting777.wixsite.com/bullitt-center-1/building-integrity> (Letzter Zugriff: 06.06.2024)

⁸² The Bullitt Center and the transformation of building materials. In URL: <https://prosoco.com/the-bullitt-center-and-prosoco/> (Letzter Zugriff: 06.06.2024)

⁸³ Kuckuk, Alexander: Verzicht als Gewinn. In URL: <https://www.md-mag.com/news/meinung/verzicht-als-gewinn/#slider-intro-2> (Letzter Zugriff: 07.06.2024)

biniert werden. Ziel sind Nullenergiegebäude oder sogar Plusenergiehäuser, die mehr Energie erzeugen, als sie verbrauchen.⁸⁴

Durch die Digitalisierung und den zunehmenden Einsatz von Technologien wie BIM und Künstliche Intelligenz werden die Planung, der Bau und der Betrieb von Gebäuden effizienter und ressourcenschonender gestaltet. Smarte Gebäudemanagementsysteme optimieren den Energieverbrauch und reduzieren Abfälle.⁸⁵

⁸⁴ Smith, Natascha: The future of zero waste living. Sustainable Architecture. In URL: <https://www.colorado.edu/ecenter/2022/02/07/future-zero-waste-living-sustainable-architecture> (Letzter Zugriff: 07.06.2024)

⁸⁵ Ebd. (Letzter Zugriff: 07.06.2024)

5. Fazit

Die Grundidee des Zero Waste Konzepts in der Architektur besteht in der fundamentalen Veränderung unserer Denkweise hinsichtlich des Verbrauchs und Konsums von Ressourcen im Bauwesen. Dabei geht es nicht nur darum, den eigenen Verbrauch zu hinterfragen, sondern auch um eine Betrachtung im gesellschaftlichen und globalen Kontext. Die SDGs der Vereinten Nationen stellen dabei einen zentralen Bezugspunkt dar, da sie einen Rahmen bieten, um unser Handeln im Einklang mit den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Bedürfnissen des Planeten zu gestalten. Das Verständnis der Prinzipien des Zero Waste und der 5R's stellt die Basis zur Umsetzung dar.

Die Auswirkungen der Zero Waste Architektur auf Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft sind von entscheidender Bedeutung. Die genannten Auswirkungen können als Basis genutzt werden, um Verbesserungen herbeizuführen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln. Durch die Bereitstellung lokaler, nachwachsender Baumaterialien wird der Transportaufwand minimiert, was wiederum den ökologischen Fußabdruck reduziert und die Emissionen von Treibhausgasen senkt. Der Einsatz von innovativen Technologien in Planung und Bau erhöht die Effizienz und trägt dazu bei, Ressourcen zu schonen. Die Vernetzung von Bauprojekten ermöglicht die Vermeidung von Abfall sowie die erleichterte Wiederverwendung von Materialien, was zu einer Kreislaufwirtschaft im Bauwesen führt. Zertifizierungen können das nachhaltige Bauen attraktiver gestalten und Anreize für die Umsetzung von Zero Waste Architektur schaffen. Es ist erforderlich, dass diese Instrumente in Zukunft vermehrt eingesetzt werden, um die Zero Waste Architektur zu fördern.

Des Weiteren ist es von Bedeutung, sich von bereits realisierten Zero Waste Bauten und nachhaltigen Gebäuden inspirieren zu lassen. Diese dienen als Leuchttürme, die demonstrieren, dass eine umweltfreundliche und ressourcenschonende Bauweise möglich ist. Indem wir von erfolgreichen Projekten lernen und bewährte Praktiken übernehmen, können wir den Weg hin zu einer nachhaltigen Zukunft ebnen.

Die Umsetzung von Zero Waste Architektur erfordert jedoch ein Umdenken auf mehreren Ebenen. Politik und Wirtschaft müssen zusammenarbeiten, um Anreize für nachhaltiges Bauen zu schaffen und regulatorische Rahmenbedingungen zu etablieren, die den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft unterstützen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Integration von Zero Waste Prinzipien in die städtebauliche Planung. Durch die Schaffung von lebenswerten, nachhaltigen Stadtvierteln kann die Lebensqualität verbessert und gleichzeitig der ökologische Fußabdruck reduziert werden. Dies erfordert einen Ansatz, der die Bedürfnisse der Gemeinschaft ebenso berücksichtigt wie ökologische und wirtschaftliche Faktoren.

Insgesamt bedeutet Zero Waste Architektur mehr als nur die Reduzierung von Abfall. Es handelt sich um eine ganzheitliche Herangehensweise an das Bauen und eine inspirierende Vision für die Zukunft des Bauens, welche darauf abzielt, ökologische, soziale und wirtschaftliche Aspekte in Einklang zu bringen. Durch bewusstes Handeln und kreative Innovationen kann eine lebenswerte Umwelt für zukünftige Generationen geschaffen werden.

Quellenverzeichnis

Printquellen

Andritzky, Michael/Bruckhart, Lucius/Hoffmann, Ot: Für eine andere Architektur. 1. Band: Bauen mit der Natur und in der Region. Frankfurt am Main: Fischer, 1987.

Bazara, Abdulhakiem: Bautechnische Grundlagen zum Lehmgeschoßbau in Jemen. Heft 29. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Berlin: Fraunhofer IRB-Verlag, 1998.

Cheret, Peter/Schwaner, Kurt/ Seidl, Arnim: Urbaner Holzbau. Handbuch und Planungshilfe. Berlin: DOM Publisher, 2013.

Circular Economy. Kreisläufe schließen, heißt zukunftsfähig sein. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Stuttgart, 2019.

Erläuterung zur Recycling-Bauverordnung. Hrsg.: Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus. 2018.

Gebäudezertifizierung und nachhaltiges Bauen Ökostandards in Österreich. 2010. Hrsg.: proHolz Austria.

Hebel, Dirk E./Wisniewska, Marta H./Heisel, Felix: Building from Waste. Recovered Materials in Architecture and Construction. Basel: Birkenhäuser, 2014.

Im Fokus: Zirkuläres Bauen. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Stuttgart, 2022.

Leitfaden zum ökologisch orientierten Bauen. Hrsg.: Umweltbundesamt. Karlsruhe: Müller 1994.

Madaster Zirkularitätsindex. Hrsg.: Madaster Germany. 2021.

ÖNORM B 3151. Rückbau von Bauwerken als Standardabbruchmethode. 2014. Hrsg.: Austrian Standards Institute.

Ressourcenschonung in der Baubranche. Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Stuttgart 2023.

Rötzel, Adolf: Praxiswissen Umweltfreundliches Bauen. Stuttgart: Kohlhammer, 2005.

Schroeder, Horst: Lehmbau. Mit Lehm ökologisch planen und bauen. 3. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg. 2019.

Sorrento, Aureliana: Die Zukunft ist zirkulär. In: Internationale Politik. Special 6/2022.

Zwiener, Gerd: Ökologisches Baustoff-Lexikon. Daten, Sachzusammenhänge, Regelwerke. 1. Auflage. Heidelberg: C. F. Müller, 1994.

Internetquellen

Agenda 2030. In URL: <https://nachhaltig-entwickeln.dgvr.de/agenda-2030>
(Letzter Zugriff: 15.03.2024)

Böllmann, Johanna: Nachhaltiges Bauen. In URL:
<https://www.capmo.com/baulexikon/nachhaltiges-bauen>
(Letzter Zugriff: 20.03.2024)

Building made from 1.5 million water bottles. In URL:
<https://inhabitat.com/amazing-plastic-bottle-architecture-withstands-earthquakes-in-taipei/ecoark-recycled-plastic-bottle-building-in-taipei-1/>
(Letzter Zugriff: 10.04.2024)

Bullitt Center, Building Integrity. In URL: <https://luxiangting777.wixsite.com/bullitt-center-1/building-integrity>
(Letzter Zugriff: 06.06.2024)

Circular Twin. In URL: <https://www.ibo.at/forschung/referenzprojekte/data/circular-twin>
(Letzter Zugriff: 17.04.2024).

Eder, Kathleen: Stroh als Baumaterial. In URL: <https://www.interhyp.de/ratgeber/bauen/stroh-als-baumaterial/>
(Letzter Zugriff: 25.03.2024)

Entsorgung. In URL: <https://www.energieagentur.tirol/wissen/oekologisch-bauen/baustoff-entsorgung/>
(Letzter Zugriff: 23.02.2024)

Erdaushub und Erdbörse. In URL: <https://www.deutscherbauzeiger.de/bauen/baugrube/erdaushub/erdaushub-und-erdboerse>
(Letzter Zugriff: 19.03.2024)

Holzrecycling. In URL: <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/baustoff-holz/holzrecycling-8023930>
(Letzter Zugriff: 20.03.2024)

How Communities have defined Zero Waste. In URL: <https://www.epa.gov/transforming-waste-tool/how-communities-have-defined-zero-waste>
(Letzter Zugriff: 22.02.2024)

Juf Nienke. In URL: <https://archello.com/de/project/juf-nienke-2>
(Letzter Zugriff: 01.06.2024)

Juf Nienke. In URL: <https://architizer.com/projects/juf-nienke/>
(Letzter Zugriff: 01.06.2024)

Juf Nienke. The most sustainable building in Amsterdam. In URL: <https://madaster.com/inspiration/juf-nienke-the-most-sustainable-building-in-amsterdam//>
(Letzter Zugriff: 01.06.2024)

Kork. In URL: <https://baustoffe.fnr.de/daemmstoffe/materialien/kork>
(Letzter Zugriff: 25.03.2024)

Kuckuk, Alexander: Verzicht als Gewinn. In URL: <https://www.md-mag.com/news/meinung/verzicht-als-gewinn/#slider-intro-2>
(Letzter Zugriff: 07.06.2024)

Lean Construction. In URL: <https://place-strategy.de/bauradar-2023-nachhaltiges-bauen/>
(Letzter Zugriff: 20.03.2024)

Mattauch, Christine: Eine Datenbank, die das Bauen revolutionieren könnte. In: Süddeutschezeitung, 2021. URL: <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/bauen-gebaeude-material-datenbank-madaster-1.5404136>
(Letzter Zugriff: 17.04.2024).

Nachhaltigkeit im Gebäudebestand. In: URL: <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/fachwissen/einfuehrung/nachhaltigkeit-im-gebaeudebestand-665935> (Letzter Zugriff: 18.03.2024)

Neelsen, Wiebke: Klimaschonende Alternative zu Beton In: URL: <https://www.ndr.de/nachrichten/info/Klimaschonende-alternative-zu-Beton-Lehm-als-nachhaltiger-Baustoff,lehm124.html>
(Letzter Zugriff: 19.03.2024)

Porada, Barbara: The 'World's Greenest Commercial' Building. In URL: <https://www.archdaily.com/363007/the-world-s-greenest-commercial-building-opens-in-seattle-today>
(Letzter Zugriff 06.06.2024)

R-Gebäudekonzept als Zukunftsstrategie. In URL: <https://www.db-bauzeitung.de/architektur/rueckbau-gebaeudekonzept-als-zukunftsstrategie/> (Letzter Zugriff: 22.02.2024)

Smith, Natascha: The future of zero waste living. Sustainable Architecture. In URL: <https://www.colorado.edu/ecenter/2022/02/07/future-zero-waste-living-sustainable-architecture>
(Letzter Zugriff: 07.06.2024)

Stroh – nachwachsender Baustoff mit Potential. In URL: <https://www.gebaeudeforum.de/realisieren/baustoffe/nachwachsende-rohstoffe/stroh/>
(Letzter Zugriff: 26.03.2024)

The 5 R's. In URL: <https://www.roadrunnerwm.com/blog/the-5-rs-of-waste-recycling>
(Letzter Zugriff: 22.02.2024)

The Bullitt Center and the transformation of building materials. In URL: <https://prosoco.com/the-bullitt-center-and-prosoco/>
(Letzter Zugriff: 06.06.2024)

Venkateswaran, Janani: Recycling in Architecture. In URL: <https://www.re-thinkingthefuture.com/architectural-community/a8746-recycling-in-architecture/>
(Letzter Zugriff: 18.03.2024)

Was ist Zero Waste? In URL: <https://zerowastegermany.de/was-ist-zero-waste/>
(Letzter Zugriff 22.02.2024)

Was ist Lebenszyklus-Beurteilung? (LCA). In URL: <https://sphera.com/glossar-de/was-ist-lebenszyklus-beurteilung-lca/?lang=de>
(Letzter Zugriff: 18.04.2024).

What's in a label? In URL: <https://fsc.org/en/what-the-fsc-labels-mean>
(Letzter Zugriff: 20.03.2024)

Wie und wo werden Recycling-Baustoffe angewendet? In URL: <https://recyclingbaustoffe.de/recycling-baustoffe/verwendung/>
(Letzter Zugriff: 25.03.2024)

Zero Waste Space. In URL: <https://zerowastespace.de/projekte/der-container/>
(Letzter Zugriff: 01.06.2024)

Ziele für nachhaltige Entwicklung. In URL: <https://nachhaltig-entwickeln.dgvr.de/agenda-2030/ziele-fuer-nachhaltige-entwicklung>
(Letzter Zugriff 15.03.2024)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 5 R's of Zero Waste	2
Abbildung 2: Sustainable Development Goals.....	4
Abbildung 3: EcoARK.	16
Abbildung 4: EcoARK Plastikflaschen	16
Abbildung 5: ByFusion Brick	16
Abbildung 6: Lineare Wirtschaft	21
Abbildung 7: Kreislaufwirtschaft.....	22
Abbildung 8: Juf Nienke	31
Abbildung 9: Sockelgeschoss	32
Abbildung 10: Holz Module	32
Abbildung 11: Zero Waste Space Grundriss.....	33
Abbildung 12: Zero Waste Space Container.....	34
Abbildung 13: Zero Waste Space Material	34
Abbildung 14: Bullitt Center	35
Abbildung 15: Bullitt Center Holzkonstruktion	35