

# Das Wohngebäude der Zukunft: Einfluss und Konsequenz durch Nachhaltigkeit und Digitalisierung in Mixed-Use Gebäuden

Masterthese zur Erlangung des akademischen Grades  
“Master of Science”

eingereicht bei  
Dipl.-Ing. Michael PECH, MRICS, CSE

Helmut Makagon, B.A.

01152389

## Eidesstattliche Erklärung

Ich, **HELMUT MAKAGON, B.A.**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Masterthese, "DAS WOHNGEBÄUDE DER ZUKUNFT: EINFLUSS UND KONSEQUENZ DURCH NACHHALTIGKEIT UND DIGITALISIERUNG IN MIXED-USE GEBÄUDEN", 98 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich das Thema dieser Arbeit oder Teile davon bisher weder im In- noch Ausland zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 16.09.2022

---

Unterschrift

# Kurzfassung

Die in der heutigen Zeit ständig wandelnden Entwicklungen unserer Bedürfnisse verändern unser tägliches Leben. Nachhaltigkeit und Digitalisierung rücken im täglichen Leben in zahlreichen Bereichen immer mehr in zentrale Einflussrollen. Der Klimawandel und die Knappheit von Ressourcen rufen unter anderem die Notwendigkeit von nachhaltigem Bauen und einem effizienten, umsichtigen Nutzungsverhalten von Gebäuden hervor. Der Trend wurde durch die COVID-19 Pandemie und dem aktuellen Konflikt zwischen der Russischen Föderation und der Ukraine nochmals beschleunigt und erhält dadurch einen besonders wichtigen Stellenwert. Das Konzept des Wohnens erfährt hierbei direkte, langfristige Auswirkungen. Die Digitalisierung verändert die Form, wie wir leben, wohnen und arbeiten. Beide Bereiche, der Nachhaltigkeit und der Digitalisierung, entwickeln sich fortlaufend und in einem schnellen Tempo. Dies als Hintergrund, wird in der Masterthese ermittelt, wie sich das Wohngebäude der Zukunft, mittels Einflussfaktoren der Nachhaltigkeit und Digitalisierung in Mixed-Use Gebäuden, entwickeln wird. Hierbei werden zunächst die relevanten Begriffsdefinitionen zu diesem Thema beleuchtet und abgegrenzt. Im nächsten Schritt werden die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen zu einem nachhaltigen Gebäude erörtert, welche Klarheit über die Herkunft der notwendig gewordenen Nachhaltigkeit bei Immobilien verschaffen sollen. Anschließend wird verdeutlicht wie Ökologie, Soziologie und Ökonomie auf die Nachhaltigkeit eines Wohngebäudes Einfluss haben und welche Potenziale sich daraus für die Bau- und Immobilienbranche schließen lassen können. Im darauffolgenden Abschnitt werden zu Beginn die Rahmenbedingungen der Digitalisierung beschrieben, um die Relevanz dessen für die Wettbewerbsfähigkeit hervorzuheben. Im Anschluss werden die digitalen Technologien und Innovationen beginnend von der Idee und Planung, der Errichtung und Nutzung, bis hin zum Rückbau eines Wohngebäudes dargestellt. Der Abschnitt wird mittels der Darstellung der Potenziale von digitalen Anwendungen in Gebäuden abgerundet. Im nächsten und abschließenden Abschnitt werden die kooperierenden Faktoren eines nachhaltig digitalen Mixed-Use Wohngebäudes zusammengefasst. Schließlich ist es Ziel aufzuzeigen, dass Digitalisierung für die Realisierung von Nachhaltigkeitszielen ein wichtiges Bindeglied darstellt und als kollaborierendes Konzept verstanden werden muss.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung .....	2
1.2	Forschungsfrage .....	3
1.3	Zielsetzung .....	3
1.4	Hypothese.....	3
1.5	Struktur der These .....	4
1.6	Methodik .....	5
<b>2</b>	<b>Begriffsbestimmungen .....</b>	<b>6</b>
2.1	Gebäudearten.....	6
2.1.1	Wohngebäude .....	7
2.1.2	Mixed-Use Gebäude.....	8
2.1.3	Nichtwohngebäude.....	10
2.2	Nachhaltigkeit .....	11
2.3	ESG-Faktoren.....	11
2.4	Schwarz- und Grauwasser.....	12
2.5	Innenräume.....	13
2.6	Digitalisierung .....	14
2.7	Digitale Transformation .....	14
2.8	Building Information Modeling .....	15
2.9	Computer Aided Facility Management.....	19
2.10	Internet der Dinge .....	20
2.11	Künstliche Intelligenz .....	21
2.12	Virtuelle Realität.....	22
<b>3</b>	<b>Das nachhaltige Gebäude .....</b>	<b>24</b>
3.1	Rahmenbedingungen.....	24
3.1.1	Rechtliche Grundlage .....	24
3.1.2	Technische Grundlage.....	27

3.2	Einflussfaktoren .....	28
3.2.1	Ökologie (Environment) .....	29
3.2.2	Soziologie (Social) .....	40
3.2.3	Ökonomie (Governance) .....	45
3.3	Potenziale .....	50
<b>4</b>	<b>Das digitale Gebäude .....</b>	<b>53</b>
4.1	Rahmenbedingungen .....	53
4.2	Einflussfaktoren .....	54
4.2.1	Entwicklung: Idee & Planung .....	57
4.2.2	Errichtung: Realisierung & Bau .....	59
4.2.3	Nutzung: Facility Management .....	60
4.2.4	Rückbau: Abbruch & Recycling .....	62
4.3	Potenziale .....	63
<b>5</b>	<b>Das nachhaltig digitale Mixed-Use Wohngebäude .....</b>	<b>65</b>
5.1	Einflussfaktoren .....	65
5.1.1	Ökologie .....	66
5.1.2	Soziologie .....	68
5.1.3	Ökonomie .....	69
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick .....</b>	<b>72</b>
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis .....</b>	<b>74</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>90</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>92</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>93</b>

# 1 Einleitung

Die hier vorliegende Masterthese, wird unter dem Titel „Das Wohngebäude der Zukunft“ und dem Untertitel „Einfluss und Konsequenz durch Nachhaltigkeit und Digitalisierung in Mixed-Use Gebäuden“ geführt. Die Masterthese beleuchtet die potenzielle Art und Weise wie die Immobilienbranche in Zukunft mit Gebäuden während dem gesamten Lebenszyklus von der Planung bis zum Rückbau umgehen werden, mit einem Augenmerk auf das Nutzungsverhalten bezogen auf wie gewohnt, gearbeitet und gelebt werden wird.

Nachhaltigkeit muss jedenfalls kollaborativ mit Digitalisierung gedacht werden, da großes Potenzial darin besteht ökologische, soziologische und ökonomische Herausforderungen mittels digitaler Technologien bewältigen zu können, um schließlich digital nachhaltig zu wohnen, arbeiten und leben (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022).

Die Digitalisierung ist daher nicht mehr wegzudenken und kommt vielerorts zum Einsatz. Der fortlaufende Wandel führt zunehmend dazu, dass Menschen immer mehr zu digitalen Technologien greifen: Konferenzen werden per Video vorgenommen, anstatt sich persönlich zu treffen. Produkte werden online eingekauft, anstatt direkt im Geschäft oder Fachhandel. Flüge und Hotels werden über das Internet verglichen und gebucht, anstatt über das Reisebüro (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2022).

Gleichermaßen können mittlerweile viele Behördenwege über eine digitale Plattform bearbeitet und erledigt werden, anstatt persönlich beim Magistrat vorstellig zu werden. Die digitale Transformation ist bei uns jedenfalls angekommen, entwickelt sich ständig weiter und greift immer mehr in unser Leben ein.

Senator h.c. KR BM Ing. Hans-Werner Frömmel hat die Digitalisierung ebenfalls mit großem Potenzial für die Baubranche erkannt: *„Die Gesellschaft und die Arbeitswelt haben sich durch die zunehmende Digitalisierung in den letzten Jahren enorm verändert. Auch die Digitalisierung im Bauwesen schreitet mit großen Schritten voran.“* (Fröch et al., 2016).

Umfangreiche digitale Technologien unterstützen die Baubranche mittlerweile: Digitale Modelle bilden physische Objekte eins zu eins ab, Augmented Reality lässt uns in die virtuelle Welt abschweifen, 3D-Drucker produzieren zahlreiche Teile aus unterschiedlichen Materialien, Künstliche Intelligenz ermöglicht vom Menschen

unabhängiges verstehen und handeln, und schließlich werden mittels digital verlinkter Lösungen die Verbindung mit Menschen, Objekten und Maschinen ermöglicht.

Es ist zu bedenken, dass knapp 40% weltweiter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Gebäude und Immobilien verursacht werden und dass Menschen etwa 90% ihrer täglichen Zeit in Innenräumen verbringen (Scherbaum, 2021; APA, 2018).

Aus diesem Grund ist es klar ersichtlich, dass ein großer Hebel zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele in Gebäuden und Immobilien verborgen liegen. Der allgegenwärtige Klimawandel und die Ressourcenknappheit rufen die Notwendigkeit von einer nachhaltigen Bauweise und einem effizienten, umsichtigen Nutzungsverhalten hervor. Die digitale Transformation trägt, unter anderem, zur Effizienzsteigerung, erhöhter Präzession und besserer Messbarkeit bei und stehen jedenfalls zur Verfolgung der Nachhaltigkeitsziele vor allem als Hilfsmittel zur Verfügung.

## 1.1 Problemstellung

Unsere Bedürfnisse an die Lebensqualität und dem Wohlbefinden prägen tagtäglich unser Leben und das Leben unserer Mitmenschen. Den fortlaufend wandelnden und individuellen Bedürfnissen gilt es bestmöglich gerecht zu werden. Die Auswirkungen der COVID-19 Pandemiekrise, die instabile politische Situation rund um den Konflikt zwischen der Russischen Föderation und der Ukraine, als auch die enormen Preissteigerungen in zahlreichen Produktgruppen, hat unser Leben, somit auch unser Wohlbefinden und unsere Lebensqualität, in mehreren Bereichen komplett auf den Kopf gestellt. Das stellt sämtliche Beteiligte vor riesige Herausforderungen, jedoch auch vor vielen Möglichkeiten, die es auszuforschen gilt.

An dem Ort, wo Menschen den Großteil ihrer Zeit verbringen, in Innenräumen, erfahren hierbei direkte, langfristige Auswirkungen. Die langjährige Debatte zum Klimawandel, die zur Bekämpfung durch diverse Verordnungen und Richtlinien, Technologien und Zielen in sämtlichen Bereichen hinterlegt wurden, betrifft die gesamte Menschheit. Dennoch scheint die Welt von einem siegreichen Klimawandel, aus heutiger Sicht, weit entfernt zu sein. Laut den Forschungen von Scherbaum (2021) sind es doch immerhin beinahe 40% weltweiter CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch Gebäude und Immobilien verursacht werden.

Um den Bedürfnissen von Wohlbefinden, Lebensqualität und den Anforderungen der Klimawende in Wohngebäuden gerecht zu werden, sind einschneidende,

pragmatische Lösungen gefragt, die umfassend erforscht und konsequent umgesetzt werden können, um der Klimawende langfristig gerecht zu werden.

## 1.2 Forschungsfrage

Aufgrund der beschriebenen Problemstellung, ergeben sich zahlreiche Forschungsgebiete und Fragestellungen. Da mittels Gebäude und Immobilien immerhin beinahe 40% weltweiter CO<sub>2</sub>-Emissionen bekämpft werden können, beschäftigt sich die Masterthese mit der Beantwortung folgender wissenschaftlicher Frage:

**Ist die Digitalisierung, im Einklang mit einem Mixed-Use Ansatz, ein geeignetes Mittel zur Steigerung der Nachhaltigkeit in Wohngebäuden und welche Eigenschaften sind dafür ausschlaggebend?**

In Zuge dieser These werden zudem nachstehende Fragen untersucht:

- Welche Möglichkeiten der Nachhaltigkeit von Wohngebäuden sind vorhanden?
- Welche Vorteile ergeben sich durch den Einsatz digitaler Lösungen während dem gesamten Lebenszyklus eines Wohngebäudes?
- Wie können Mixed-Use Konzepte dazu beitragen und welchen Herausforderungen steht man gegenüber?

## 1.3 Zielsetzung

Es ist davon auszugehen, dass Nachhaltigkeit und Digitalisierung immer mehr in zentrale Einflussrollen rücken werden. Aus diesem Grund wird in der Masterthese ermittelt, wie sich das Wohngebäude der Zukunft, durch Faktoren der Nachhaltigkeit und Digitalisierung in Kooperation mit Mixed-Use-Konzepten, entwickeln wird.

Schließlich ist es Ziel dieser Masterthese, aufzuzeigen, dass durch den Einsatz von digitalen Technologien, die Nachhaltigkeit eines Wohngebäudes auf ökologischer, soziologischer und ökonomischer Ebene vorangetrieben werden kann und ein Mixed-Use Gebäude als Zukunftstrend jedenfalls dazu beiträgt.

## 1.4 Hypothese

Die hier zusammengestellten Hypothesen beruhen auf Annahmen, die es gilt mittels der These akademisch zu bestätigen oder zu widerrufen:



- a. Der vermehrte Einsatz von digitalen Technologien erhöht die Nachhaltigkeit in Wohngebäuden.
- b. Je breiter der Mixed-Use Ansatz in Gebäuden umgesetzt wird, desto effizienter können Ressourcen nachhaltig eingesetzt werden.
- c. Mit steigender Nachhaltigkeit in Wohngebäuden, erhöht sich die Lebensqualität und das Wohlbefinden aller Beteiligten.

## 1.5 Struktur der These

Die Masterthese besteht aus fünf Kapiteln und einer daraus resultierenden Schlussfolgerung, wobei im ersten Teil die Einleitung erfolgt.

Damit zunächst ein klares Verständnis zu der Thematik erstellt werden kann, werden im zweiten Kapitel die Begriffsbestimmungen zu den relevanten Themen ausführlich beschrieben und von angelehnten Bereichen klar abgegrenzt. Im Anschluss der Definition von „Gebäudearten“, wird als nächstes die „Nachhaltigkeit“ und damit verwandte Begriffe beleuchtet. Schließlich werden zahlreiche digitale Technologien erwähnt und im Detail beschrieben.

Im dritten Kapitel werden zu aller erst die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen von einem nachhaltigen Gebäude dargestellt. Zunächst, erfolgt die Erörterung wie Ökologie, Ökonomie und Soziologie auf die Nachhaltigkeit eines Wohngebäudes Einfluss haben können und welche Eigenschaften diese besitzen. Abschließend werden die Erkenntnisse in den Potenzialen übergreifend dargestellt.

Das vierte Kapitel beschäftigt sich mit den Systemen und einhergehenden Innovationen durch die Digitalisierung eines Wohngebäudes während dem gesamten Lebenszyklus, beginnend von der Idee, der Errichtung und Nutzung, bis hin zum Abbruch und Recycling.

Schließlich erfolgt im fünften Kapitel die Darstellung der Synergieeffekte von Digitalisierung und Nachhaltigkeit, indem beide vorherige Kapitel ineinander vereint werden. Zudem wird erläutert, wie die Umsetzung von Mixed-Use Formen die Synergieeffekte zusätzlich fördert.

Zu guter Letzt werden die Forschungsergebnisse in der Schlussfolgerung zusammengefasst, die Relevanz der Hypothesen überprüft und Themen für die weitere Forschung zur Verfügung gestellt.

## 1.6 Methodik

In der gegenständlichen Masterthese, erfolgt die Erhebung der Thematik und Klärung der Fragestellungen anhand der Aufarbeitung von wissenschaftlicher Literaturrecherche, die mittels Fachbücher, Berichte, als auch einschlägigen Zeitschriftenartikel, Präsentationsfolien, Einträgen in Wörterbüchern und Onlinequellen stattfindet.

Die Einarbeitung von Verordnungen, Richtlinien und Normen ist dabei behilflich der Masterthese einen rechtlichen Rahmen zu verschaffen, um daraus schließend, ebenfalls die Orientierung politischer Instanzen zu diesem Thema darzustellen.

Zudem werden zahlreiche Expertenmeinungen berücksichtigt, um hervorzuheben, dass sich die Industrien mit der Materie bereits ausgiebig beschäftigt hat, jedoch zu der Problemstellung bisher noch ausführlicherer Forschungsbedarf besteht.

Der beschriebene Teil der Masterthese wird gelegentlich durch Abbildungen und Tabellen ergänzt, um in dem jeweiligen Themenbereich ein noch besseres anschauliches Verständnis zu erreichen.

## 2 Begriffsbestimmungen

Für ein besseres Verständnis der Erläuterungen und zur inhaltlichen Abgrenzung der verwendeten Begrifflichkeiten in dieser Arbeit, werden relevante Fachausdrücke in diesem Kapitel ausführlich beschrieben.

Zunächst werden „Gebäudearten“ in die Kategorien Wohngebäude, Mixed-Use Gebäude und Nichtwohngebäude unterteilt und erläutert. Anschließend wird der Begriff „Nachhaltigkeit“ und dessen Bestandteile näher beschrieben. Ebenso die „ESG-Faktoren“, als auch die Konkretisierung von „Schwarz- und Grauwasser“, sowie „Innenräume“ werden beleuchtet. Schließlich wird der Terminus „Digitalisierung“, sowie zusammenhängende Begriffe, wie „Building Information Modeling“, „Computer Aided Facility Management“, „Internet of Things“ und weitere, definiert.

### 2.1 Gebäudearten

Als Oberbegriff wird das Gebäude in den Begriffsbestimmungen, der Richtlinien des Österreichischen Instituts für Bautechnik (2015), formuliert als *„überdeckte, allseits oder überwiegend umschlossene Bauwerke, die von Personen betreten werden können“*.

Die Tiroler Bauordnung lehnt sich an der Definition der OIB-Richtlinien an, führt diese jedoch weiter aus: *„Gebäude sind überdeckte, allseits oder überwiegend umschlossene bauliche Anlagen, die von Menschen betreten werden können und die dazu bestimmt sind, dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen zu dienen“* (Tiroler Bauordnung 2018, 2020, §2 Abs. 2).

Währenddessen, geht die Statistik Austria (2011) noch näher auf die Beschreibung von einem Gebäude ein und definiert diese als *„Bauwerke, die eine oder mehrere Wohnungen oder andere Einheiten enthalten, die mit einem Dach und Außenmauern (freistehend) bzw. bei geschlossener Bauweise durch eine Brandschutzmauer vom Dach bis zum Keller ausgestattet sind und die Wohnzwecken sowie anderen wirtschaftlichen Zwecken dienen“*. In Anlehnung zur Definition der Statistik Austria, kann ergänzt werden, dass laut der Bauordnung für Wien, „Bauwerke“ Anlagen sind, *„(...) die mit dem Boden in Verbindung stehen und zu deren fachgerechter Herstellung bautechnische Kenntnisse erforderlich sind“* (Bauordnung für Wien, 2022, §87 Abs. 1).

Festgehalten wird an dieser Stelle, dass der Terminus „Gebäude“ in den Begriffsbestimmungen der Bauordnung für Wien keine Erwähnung findet.

### 2.1.1 Wohngebäude

Generell wird ein vereinfachter Ansatz zur Beschreibung vom Wohngebäude gewählt. Entsprechend wird in der Bauordnung für Wien das Wohngebäude festgehalten als „Gebäude, die ausschließlich oder überwiegend für Wohnzwecke bestimmt sind“ (Bauordnung für Wien, 2022, §119 Abs. 1). Ähnlich wird es in der OIB-Richtlinie des Österreichischen Instituts für Bautechnik (2015) formuliert: „Gebäude, die ganz oder überwiegend zum Wohnen genutzt werden“.

Ebenfalls die Statistik Austria (2011, S. 2-3) findet dazu eine ähnliche Formulierung, die wie folgt lautet: „Dabei handelt es sich um Gebäude, die ganz oder überwiegend aus Wohnungen bestehen“. Dieser Begriff wird um die Behauptung ergänzt, dass es sich bei dem Wohngebäude um eine Wohnung oder mehrere Wohnungen handelt.

Grütter (2021, S. 145-146) tastet sich, wie in Abbildung 1 dargestellt, an einen detaillierteren Ansatz und beschreibt das Wohngebäude beginnend von der kleinsten Einheit: der Wohnung. Die Wohnung, respektive, die Wohneinheit kann von einzelnen Personen, einem Paar, einer Familie oder einer Zusammenführung von mehreren Personen, einer sogenannten Wohngemeinschaft, genutzt werden. Hier stellt sich nun die Frage, wie eine Wohneinheit in Bezug auf andere Wohneinheiten betrachtet werden kann.

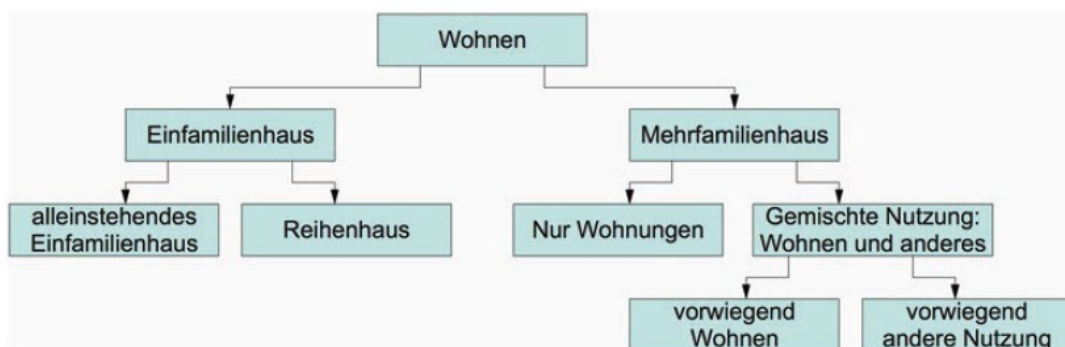


Abbildung 1: Die Beziehung einer Wohneinheit zu anderen Wohneinheiten oder anderen Nutzungen (Quelle: Grütter, 2021, S. 146)

Einerseits kann die Wohneinheit als alleiniges Gebäude errichtet werden, welches dem Einfamilienhaus zugeordnet werden kann. Hier besteht nochmals die Unterteilung zwischen einem alleinstehenden Einfamilienhaus und einem Reihnhaus, wonach zwei oder mehrere Einfamilienhäuser aneinandergesetzt werden (Grütter, 2021, S. 146-148).

Dem gegenüberstehend, können mehrere Wohneinheiten in einem räumlich geschlossenen Gebäude errichtet werden, welches als Mehrfamilienhaus bezeichnet wird. Die gängigste Bauweise sieht vor, dass gleichwertige Wohneinheiten nebeneinander und übereinander errichtet werden. Mehrfamilienhäuser werden unterteilt in Gebäude, wo nur Wohnungen errichtet werden oder in Gebäude, wo zusätzlich eine andere, gemischte Nutzung stattfindet, beispielsweise die Errichtung von Büros oder Gewerbeflächen. Im Normalfall wird das durch allgemein begehbare Flächen, wie Stiegenhaus, Aufzug, Keller, Waschküche, Fahrradabstellraum, Garage oder ähnliches ergänzt. Sobald in einem Gebäude eine von dem Wohnen abweichende Nutzung überwiegt, wird dieses üblicherweise nicht mehr als Wohngebäude betitelt (Grütter, 2021, S. 146-152).

Das Mehrfamilienhaus mit gemischter Nutzung, sprich Mixed-Use Gebäude, wird zum Zwecke dieser Masterthese hier vom Wohngebäude abgegrenzt und im nächsten Unterkapitel näher beschrieben.

### **2.1.2 Mixed-Use Gebäude**

Mixed-Use Gebäude zeichnen sich besonders dadurch aus, dass gemischte Nutzungsformen innerhalb eines Gebäudekomplexes erfolgen. Die Ausrichtung und der Anteil der Nutzungen können in unterschiedlicher Größe und Anzahl erfolgen. Bei Mixed-Use Wohngebäuden überwiegt der Anteil der Wohnungen jedoch und diese sind zumeist in den oberen Stockwerken situiert, während sich die anderen Nutzungen darunter, somit im Erdgeschoss und Untergeschossen orientieren. Grundsätzlich kann sich die optische Darstellung von außen, von den jeweiligen Nutzungen unterscheiden (Grütter, 2021, S. 155).

Catella (2019, S. 2-3) stellt fest, dass der Trend vom Mixed-Use Gebäude besonders in urbanen Stadtteilen Einklang gefunden hat und unterteilt diese in folgende Kategorien: Vertikales Mixed-Use, Horizontale Mixed-Use Blocks, Mixed-Use Quartiersentwicklung und Campus Mixed-Use. In Tabelle 1 werden die Eigenschaften und Gebäudemerkmale der Kategorien näher definiert.

	<b>Eigenschaft</b>	<b>Gebäude</b>
Vertikales Mixed-Use	Mehrere Hauptnutzungsformen (Büro, Wohnen, Hotel), mit unterstützender Nutzung (z.B. Einzelhandel) in den unteren Geschossen.	(einzelne) Hochhäuser oder Wolkenkratzer.
Horizontale Mixed-Use Blocks	Kombination von zwei Nutzungsformen (einfachste Form von Mixed-Use).	Wohngebäude mit einer weiteren Nutzung (z.B. Geschäftslokal).
Mixed-Use Quartiersentwicklung	Eigenständiges Quartier bzw. neuer Stadtteil, die nachhaltig das Bild der Stadt verändern können.	Wohn- / Bürogebäude, als auch infrastrukturelle Einrichtungen, diverse Nutzungen miteinander kombiniert.
Campus Mixed-Use	Mischform der drei Mixed-Use Varianten, jedoch ist die Grundstücksfläche kleiner als bei einer Quartiersentwicklung.	Zwei oder mehr vertikale Mixed-Use, in Kombination mit horizontaler Mixed-Use Quartiersentwicklung.

**Tabelle 1: Mixed-Use Formen (Quelle: Catella, 2019, S. 2)**

Das vertikale Mixed-Use Gebäude hat besonders in den USA Einklang gefunden, während dieses in den europäischen Ländern bislang nur vereinzelt zu beobachten ist (Catella, 2019, S. 2-3).

Je nach Projektierung und gewünschter Zielgruppe, unterscheidet Catella (2019, S. 2-3) grundsätzlich zwischen den *„Hauptnutzungsformen, den unterstützenden Gewerbeformen und der publikumsbezogenen Nutzung“*.

Zu den Hauptnutzungsformen zählen vor allem Büro, Wohnung, Hotel, Shopping-Center und jene die durch öffentliche Bildungseinrichtungen ergänzt werden. Diese

Nutzungsformen beanspruchen folglich die Mehrheit der Mixed-Use Fläche. Schließlich sind das die Nutzungsformen, welche einen großen Bedarf darstellen und entsprechend viel Fläche benötigen. Aus den Hauptnutzungsformen, kann eine weitere Verformung im Sinne des Mixed-Use Konzeptes erfolgen: Wohnen wird zum Studentenwohnheim, Micro- oder Co-Living. Büro wird zum Co-Working. Hotel wird zu Serviced Apartments (Catella, 2019, S. 2-3).

Catella (2019, S. 2-3) ergänzt die Hauptnutzformen durch unterstützende Gewerbeformen. Diese brauchen meist kleinere Flächen und offerieren sowohl Dienstleistungen als auch Produkte, die von allen Personen in der Umgebung in Anspruch genommen werden können. Typischerweise beinhalten diese Formen das Parken, Lebensmittelgeschäfte, Fitnessstudios und Wellness, Entertainment (Theater, Kino), Gastronomie, sowie Handwerker und weitere Dienstleistungen (Schuster, Reinigung, Schneiderei, und weitere).

Als dritten Bereich ergänzt Catella (2019, S. 2-3) die publikumsbezogene Nutzung. Diese berücksichtigt allgemein zugängliche Grünflächen, Spielplätze sowie Freiflächen und dienen zur weiteren Belebung von Mixed-Use Formen. Die publikumsbezogene Nutzung kann ebenfalls durch öffentliche Einrichtungen, wie Bibliotheken, Kitas oder Bildungseinrichtungen erweitert werden.

Die Ziele von Mixed-Use Formen sind jedenfalls die Synergieeffekte, welche durch die Integrierung unterschiedlicher Nutzungsformen einen Mehrwert für alle Beteiligten schaffen soll (Catella, 2019, S. 2-3).

### **2.1.3 Nichtwohngebäude**

Laut Statistik Austria (2011, S. 3) handelt es sich beim Nichtwohngebäude *„(...) um Gebäude, die zum größten Teil oder zur Gänze anderen Zwecken als Wohnzwecken dienen (z.B. Fabriken, Verwaltungsbauten usw.)“*.

Ebenso kann es sich laut Statistik Austria (2011, S. 1) um *„(...) Gebäude für Gemeinschaften, Hotels und andere Gebäude für kurzfristige Beherbergung, Büro-, Groß- und Einzelhandelsgebäude, Gebäude des Verkehrs- und Nachrichtenwesens, Industrie- und Lagergebäude, Gebäude für Kultur- und Freizeit Zwecke, Gebäude des Bildungs- und Gesundheitswesens sowie Kirchen und andere Sakralbauten“* handeln.

Es ist nicht Ziel der Masterthese, Nichtwohngebäude weiter zu erforschen.

## 2.2 Nachhaltigkeit

*„Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der heutigen Generation befriedigt, ohne die Fähigkeit künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen“ (United Nations Brundtland Commission, 1987).*

Nachhaltigkeit ist als eine Entwicklung anzusehen, *„(...) die ökologisch verträglich, sozial gerecht und wirtschaftlich leistungsfähig ist“ (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2017).*

Vereinfacht gesagt, besitzt Nachhaltigkeit eine *„längere Zeit anhaltende Wirkung“* und basiert auf dem *„Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann“* („Nachhaltigkeit“, 2021).

Im Sinne der Offenlegungsverordnung (2019) der Europäischen Union, werden Nachhaltigkeitsfaktoren als *„Umwelt-, Sozial- und Arbeitnehmerbelange, die Achtung der Menschenrechte und die Bekämpfung von Korruption und Bestechung“* definiert. Zur besseren Einordnung, können die in Folge erwähnten ESG-Faktoren, mit den Nachhaltigkeitsfaktoren gleichgesetzt werden (FMA, 2020, S.11).

Nachhaltigkeitsrisiken *„(...) bezeichnen Ereignisse oder Bedingungen in Bezug auf Nachhaltigkeitsfaktoren, deren Eintreten tatsächlich oder potentiell wesentliche negative Auswirkungen auf den Wert von Vermögenswerten beziehungsweise auf die Vermögens-, Finanz- und Ertragslage sowie die Reputation eines Unternehmens haben könnten“* (FMA, 2020, S.12).

## 2.3 ESG-Faktoren

*„ESG ist die englische Abkürzung für „Environment Social Governance“, also Umwelt, Soziales und Unternehmensführung. Der Begriff ist international in Unternehmen als auch in der Finanzwelt etabliert, um auszudrücken, ob und wie bei Entscheidungen von Unternehmen und der unternehmerischen Praxis sowie bei Firmenanalysen von Finanzdienstleistern ökologische und sozial-gesellschaftliche Aspekte sowie die Art der Unternehmensführung beachtet beziehungsweise bewertet werden“* (Aachener Stiftung Kathy Beys, 2015).



Haberstock (2019) erklärt, dass sich ESG als die Maßeinheit für nachhaltige Investitionen etabliert hat und beschreibt diese als „*nachhaltigkeitsbezogene Verantwortungsbereiche von Unternehmen*“:

*„1) Das „E“ für Environment steht hierbei z.B. für Umweltverschmutzung oder -gefährdung, Treibhausgasemissionen oder Energieeffizienzthemen (Umwelt).*

*2) Social („S“) beinhaltet Aspekte wie Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, Diversity oder gesellschaftliches Engagement (Corporate Social Responsibility).*

*3) Unter Governance („G“) wird eine nachhaltige Unternehmensführung verstanden. Hierzu zählen z.B. Themen wie Unternehmenswerte oder Steuerungs- und Kontrollprozesse (Corporate Governance).“*

Während der Begriff Nachhaltigkeit generell noch nicht abschließend abgegrenzt wurde, wird der gesetzliche Rahmen immer enger gezogen. Aus diesem Grund, versuchen sich Experten daran eine Basis für quantifizierbare und zu gleich wesentliche, sowie vergleichbare Parameter zu schaffen. Ziel ist es den Investoren eine Plattform für eine einfachere, transparente Entscheidungsfindung zu bieten. Die derzeit gängigste und weltweit anerkannteste Methode sind hierbei die ESG-Faktoren (Commerz Real Fund Management, 2020).

Mittlerweile haben sich mehrere Ratingagenturen auf die Beurteilung der zu erfüllenden ESG-Faktoren spezialisiert und werden üblicherweise von den jeweiligen Investoren beauftragt. Schließlich, wird die Beurteilung zu einem „ESG-Score“, sprich Punktesystem zusammengefasst, um mit anderen Investitionen verglichen werden zu können (Commerz Real Fund Management, 2020).

## 2.4 Schwarz- und Grauwasser

Um den Gewässerschutz sicher stellen zu können, ist die fachkonforme Abwasserreinigung und -entsorgung von besonderer Bedeutung, welche in Österreich durch das Wasserrechtsgesetz (WRG 1959 i.d.g.F.) reguliert wird (Umweltbundesamt, 2022).

Abwasser wird in diesem Zusammenhang als „(...) *verunreinigtes Wasser bezeichnet, das durch den Gebrauch in seinen Eigenschaften verändert ist*“. Dazu zählen Schwarz- und Grauwasser (Abflussexpress, 2022).

Grauwasser kann beschrieben werden als „*leicht verschmutztes Abwasser aus Privathaushalten, welches aus Duschen, Badewannen und Spültischen stammt*“ (Graf, 2022). Währenddessen, bezieht man sich bei Schwarzwasser auf „(...) *fäkalienhaltiges Abwasser aus Toiletten oder Urinalen*“ (Abflussexpress, 2022).

Grauwasser kann, im Gegensatz zu Schwarzwasser, unter bestimmten Voraussetzungen vermehrt und an zahlreichen Stellen wieder verwendet werden. Wichtig zunächst ist, dass das Grauwasser strikt vom Schwarzwasser getrennt wird und einen Aufbereitungsprozess durchläuft (Abflussexpress, 2022).

Jedenfalls ist Grauwasser nach dessen Aufbereitung „(...) *hygienisch unbedenklich und kann für die Toilettenspülung, die Gartenbewässerung, Wäsche waschen und gewerbliche Zwecke genutzt werden*“ (Boos, o. D.).

## 2.5 Innenräume

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen definiert in einem Sondergutachten von 1987 Innenräume wie folgt (Bundesumweltministerium Deutschland, 2005):

- *„Wohnungen mit Wohn-, Schlaf-, Bastel-, Sport- und Kellerräumen, Küchen und Badezimmern*
- *Arbeitsräume bzw. Arbeitsplätze in Gebäuden, die nicht im Hinblick auf Luftschadstoffe arbeitsschutzrechtlichen Kontrollen unterliegen (z.B. Büros, Verkaufsräume)*
- *Öffentliche Gebäude (Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Sporthallen, Bibliotheken, Gaststätten, Theater, Kinos und andere Veranstaltungsräume)*
- *Aufenthaltsräume von Kraftfahrzeugen und öffentliche Verkehrsmittel“*

Nach Erhebung einer repräsentativen Umfrage durch die Firma Velux, ist man zu dem Schluss gekommen, dass Menschen in Österreich im Schnitt etwa 90 Prozent Ihrer täglichen Zeit in Innenräumen verbringen (APA, 2018).

Der Umstand, dass 90% der Zeit in den eben beschriebenen Innenräumen verbracht wird, lässt schnell erkennen, dass diese generell einen großen Einfluss auf unser tägliches Leben, somit unter anderem auf die Gesundheit, dem Sicherheitsgefühl und dem Wohlbefinden haben.

Zum Zwecke dieser Masterthese, erfolgt jedenfalls eine Abgrenzung, welche sich nur auf Innenräume in Wohngebäuden bezieht.

## 2.6 Digitalisierung

Den Begriff Digitalisierung in eine Form zu gießen ist relativ komplex und kann einer breiteren Bedeutung zugeordnet werden (Technikum Wien Academy, 2022b; Wolf & Strohschen, 2018).

Während die Technikum Wien Academy (2022b) an der Grundlage ansetzt und Digitalisierung definiert als *„(...) die Umwandlung von zuvor analogen Informationen in digitale Formate“*, fasst Bendel (2021a) in Züge vom Gabler Wirtschaftslexikon bereits umfassender ein: *„Digitalisierung (...) kann die digitale Umwandlung und Darstellung bzw. Durchführung von Information und Kommunikation oder die digitale Modifikation von Instrumenten, Geräten und Fahrzeugen ebenso meinen wie die digitale Revolution, die auch als dritte Revolution bekannt ist, bzw. die digitale Wende“*.

Zudem beschreibt Jacob (2019) die Basis der Digitalisierung als Produktionsfaktor: *„Ein Informationssystem besteht aus Hardware, Software, Daten und dem menschlichen Nutzer. Bei der Digitalisierung bilden Informationssysteme eine herausgehobene Produktkategorie.“*

Wolf und Strohschen (2018) treffen in ihrer Aufarbeitung des Begriffs schließlich folgende Formulierung: *„Wir sprechen von Digitalisierung, wenn analoge Leistungserbringung durch Leistungserbringung in einem digitalen, computerhandhabbaren Modell ganz oder teilweise ersetzt wird.“*

## 2.7 Digitale Transformation

Scrive (o. D.) definiert, dass wenn eine Branche einen umfassenden Wandel durch die Digitalisierung erfährt, wird von einer digitalen Transformation gesprochen.

Die Technikum Wien Academy (2022a) holt weiter aus und erklärt, dass es sich hierbei vor allem um den „(...) *Wandel der Unternehmenswelt durch neue Internet Technologien mit Auswirkungen auf die gesamte Gesellschaft*“ handelt und beschreiben weiter: *„Dabei werden zwecks Performancesteigerung digitale Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt, indem Unternehmensprozesse, Kundenerlebnisse und Geschäftsmodelle transformiert bzw. weiterentwickelt werden.*

Ziel ist jedenfalls ein flächendeckendes Umdenken, die nicht nur auf technologischer, sondern ebenfalls auf kultureller Ebene stattfindet. Letztlich sollen die neuen digitalen Lösungen dabei behilflich sein, Effizienz zu steigern, Mehrwert zu bieten und sich stets umfassend weiterzuentwickeln (SAP, o. D.).

## 2.8 Building Information Modeling

In der Forschung von Goger et al. (2017) hat sich bisher noch keine einheitliche Definition für Building Information Modeling (BIM) herauskristalisiert, die den Begriff umfassend beschreibt und welcher allseits angenommen wird. Je nachdem welcher Sicht- oder Vorgehensweise der Projektbeteiligte ausgesetzt ist, können unterschiedliche Darbietungen gebildet werden: Bei Projektplanenden, ausführender Gewerke, Anbieter von Software und staatlichen Einrichtungen, kann das Verständnis beginnend von der Definition der reinen Gebäudedaten bis hin zu der Beschreibung der detaillierten Prozessierung von diesen Daten variieren.

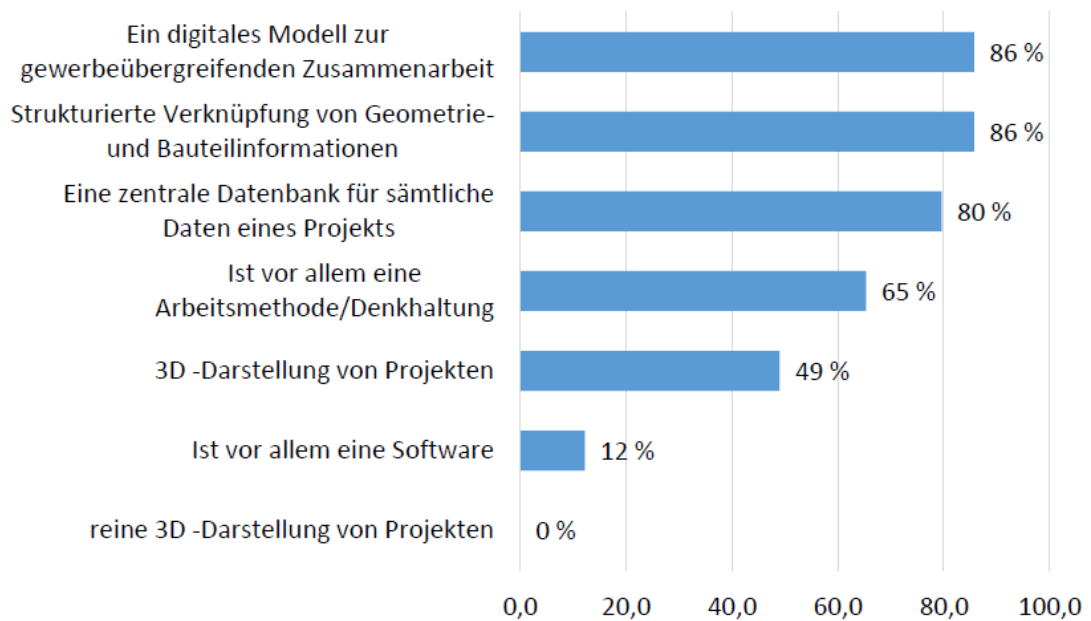
Zahlreiche Institutionen und Unternehmen, wie beispielsweise das Austrian Standard Institut, die Wirtschaftskammer Österreich, das buildingSMART und Building Science NIBS, sowie Softwareanbieter wie Autodesk, Graphisoft und Nemetschek Allplan haben sich bereits an eine Definition von BIM heran getastet (Goger et al., 2017).

Unter dem Strich, bildet die Masse der Interpretationen dennoch eine gemeinsame Basis: Zunächst kann allerhand jedenfalls festgestellt werden, dass eine umfassende Umgestaltung der Bauplanung und Projektausführung notwendig ist. *„Unter Building Information Modeling wird in der Baubranche ein innovativer interdisziplinärer Arbeitsprozess verstanden, welcher die Bauwerksphasen Planung, Bauen und Betreiben von Gebäuden und Infrastrukturmaßnahmen umfasst.“* (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018).

Als Grundlage wird ein für alle Beteiligte zugängliches, digitales Bauwerksmodell bereitgestellt. Innerhalb von diesem digitalen Modell werden sämtliche verfügbare

Daten zu dem Bauwerk eingespielt, die sowohl geometrische als auch nicht grafische beinhalten. Die parallele und anschließende Nutzung dieser umfangreichen Datenbank ermöglicht den Beteiligten während dem gesamten Lebenszyklus von Bauwerken eine effizientere Zusammenarbeit, die vor allem Kosten, Zeit und Ressourcen spart (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018).

In anderen Worten beschrieben, soll BIM sämtlichen Projektakteuren ermöglichen bei dem zu errichteten Gebäude, mithilfe von intelligenten digitalen Bauwerksmodellen, effizienter zusammen zu arbeiten, um dieses zu planen, zu errichten, anschließend zu nutzen und instand zu halten. Das berücksichtigt ebenso die Verwendung und Wartung der Datenlage während der gesamten Gebäudelebensdauer (Floegl & Waschl, 2019; Frahm & Rahebi, 2021).



**Abbildung 2: Was verstehen Sie unter BIM? (Quelle: Goger et al., 2017)**

Aus Sicht der Marktteilnehmer, wird in Abbildung 2 die Meinungsumfrage zu dem Thema „Was verstehen Sie unter BIM“ dargestellt, welche in Zuge der Forschungen mit der Möglichkeit von Mehrfachnennungen von Goger et al. (2017) durchgeführt wurde. Die Ergebnisse können mit der weiter oben beschriebenen Begrifflichkeit weitgehend als deckungsgleich erachtet werden.

Bei einer Detailbetrachtung von BIM können diverse Unterscheidungen vorgenommen werden (Goger et al., 2017):

- **BIM-Reifegrad:** Die Einführung von BIM ist stufenweise anzusehen und üblicherweise nicht umgehend, gesamthaft integrierbar. Die britische BIM Task Group hat mit dem BIM-Reifegrad vier Stufen bis zur vollständigen Integrierung formuliert, welche in Abbildung 3 näher betrachtet werden können. Dieser erstreckt sich beginnend von BIM Level 0 bis BIM Level 3. Level 0 beinhaltet die marktübliche Anwendung von 2D-CAD und konventionell ausgedruckte Pläne, während die fortgeschrittenen Level 1-2 bereits 3D-Modelle und allgemeinen Datenaustausch zwischen den Beteiligten vorsehen. In Level 3 findet die Modellierung eines virtuellen Gebäudemodells und der digitale Datenaustausch über den gesamten Lebenszyklus statt.

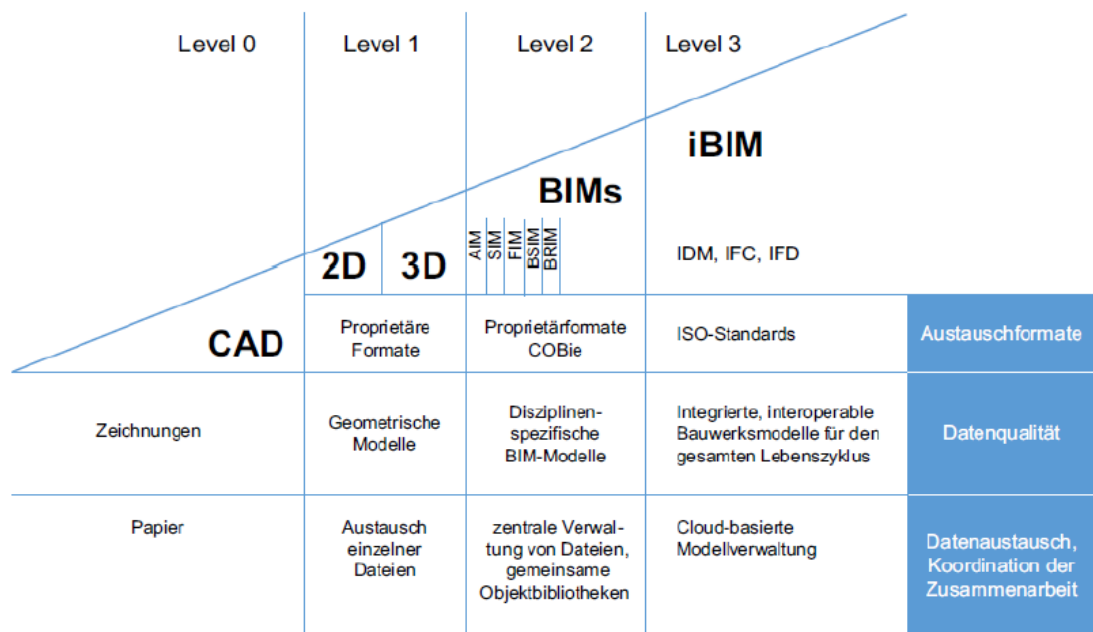


Abbildung 3: BIM-Reifegrad (Quelle: Goger et al., 2017)

- **BIM-Dimensionen:** Parallel zu dem BIM-Reifegrad, wird in den BIM-Dimensionen der jeweilige Umsetzungsstatus eingeordnet. Die Dimensionen erstrecken sich beginnend von konventionellen Planzeichnungen, dem sogenannten 2D-Modell, bis hin zu dem Bauwerksmodell mit umfassenden Betriebsdaten, dem 7D-Modell. Die Prozessschritte der Modelle 3D bis 7D

werden in Abbildung 4 näher beschrieben und beinhalten außerdem die Eigenschaften Gebäudemodell (3D), Zeit (4D), Kosten (5D) und Lebenszyklus (6D).

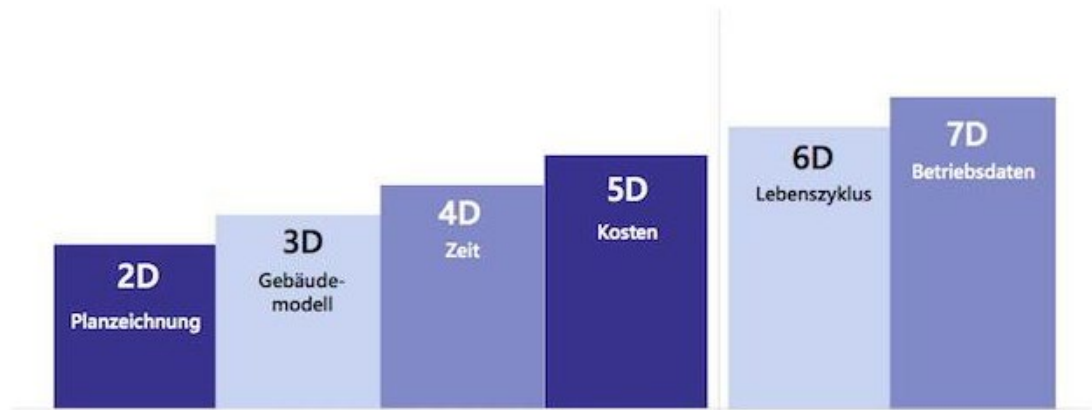


Abbildung 4: Die sieben BIM-Dimensionen (Quelle: Lünendonk, 2017)

- **Open BIM und Closed BIM:** Bei Open BIM haben Projektbeteiligte freie Wahl über das Arbeitsinstrument, während sich diese untereinander auf einer gemeinsamen Planungsplattform abstimmen und kommunizieren können. Closed BIM setzt zusätzlich voraus, dass alle Projektpartner mit derselben Software parallel am gleichen Modell arbeiten. Das gestaltet sich oft schwierig, da der Softwareanbieter nicht stets alle spezifischen Eigenschaften der einzelnen Gewerke abbilden kann.
- **Little BIM und Big BIM:** Little BIM sieht vor, dass nur ein\*e einzige\*r Planer\*in die BIM-Softwarelösung anwendet und in der weiteren Wertschöpfungskette nicht mehr berücksichtigt. Big BIM berücksichtigt genau die gegenteilige Situation, in der das BIM-Gebäudemodell fachübergreifend und gemeinschaftlich bei allen Beteiligten über die vollständige Lebenszyklusdauer zum Einsatz kommt.

Open BIM versus Closed BIM, sowie little bim versus BIG BIM kann jeweils in Kombination miteinander angewandt und betrachtet werden. Die Matrix in Abbildung 5 gibt näheren Aufschluss darüber.



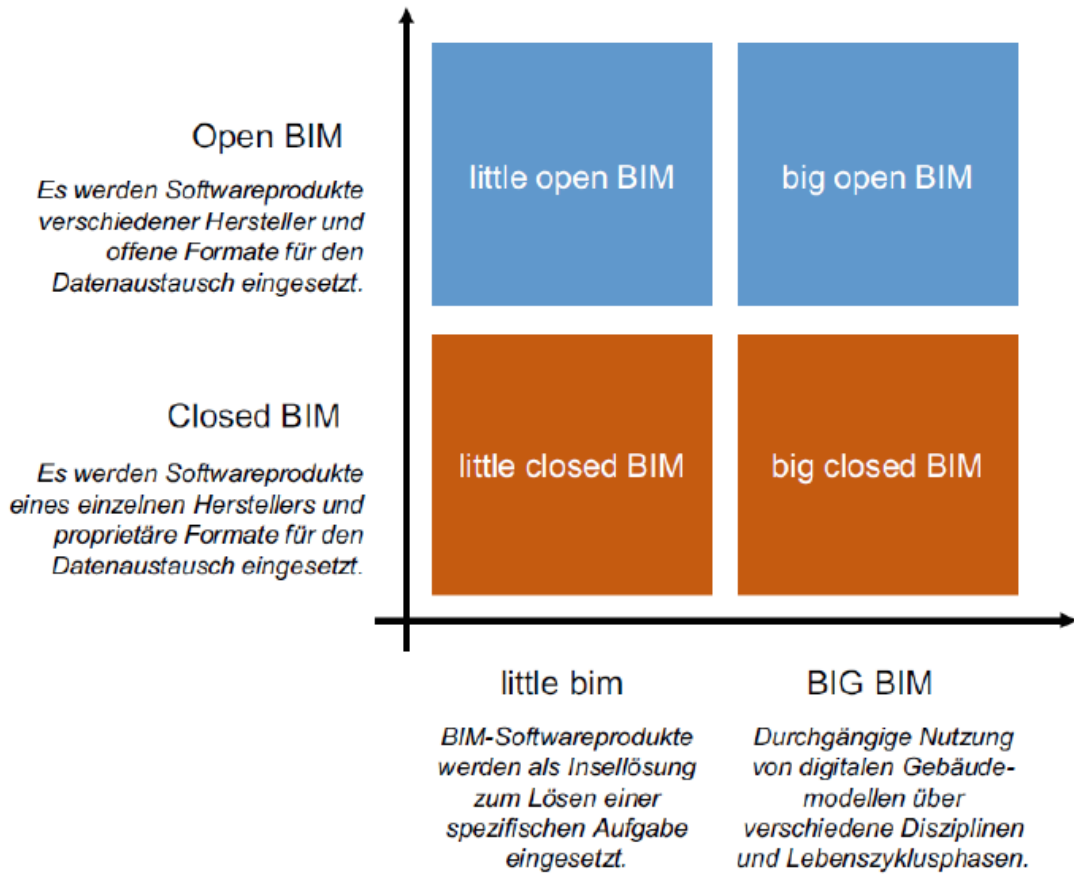


Abbildung 5: Building Information Modeling-Matrix (Quelle: Borrmann et al., 2015)

## 2.9 Computer Aided Facility Management

Um ein besseres Verständnis für den Begriff zu erhalten, wird zunächst auf die Definition von „Facility Management“ (FM) zurückgegriffen:

Das DIN Deutsches Institut für Normung (2007) beschreibt in der europäischen Norm DIN EN 15221-1, Facility Management als die „*Integration von Prozessen innerhalb einer Organisation zur Erbringung und Entwicklung der vereinbarten Leistungen, welche zur Unterstützung und Verbesserung der Effektivität der Hauptaktivitäten der Organisation dienen*“.

Währenddessen, bezieht sich Computer Aided Facility Management (CAFM) auf „(...) *die Unterstützung des Facility Managements durch den Einsatz spezieller Softwarelösungen (...)*“ (TOL, 2022).

Oft werden CAFM-Software und CAFM-System als deckungsgleich angesehen, müssen jedoch differenziert betrachtet werden. Entsprechend sind CAFM-Systeme



einerseits als „(...) *individualisierte und damit auf die spezifischen Bedürfnisse eines Unternehmens bzw. einer Branche angepasste Komplettlösung zur Unterstützung der Prozesse des Facility Managements (...)*“ anzusehen. Andererseits sollte CAFM-Software als computerbasierte Software-Applikationen verstanden werden, die konkrete Abläufe des Facility Managements und deren Nutzern auf direkter oder indirekter Weise unterstützen (May, 2018).

Folgende, nicht abschließende, Grundanforderungen werden an CAFM-Softwareanbieter gestellt (May, 2018):

- Bestandsdokumentation,
- Flächenmanagement,
- Umzugsmanagement,
- Vertragsmanagement,
- Vermietungsmanagement,
- Betriebskostenmanagement,
- Reinigungsmanagement,
- Schließanlagenmanagement,
- Medienverbräuche,
- Instandhaltungsmanagement und
- Controlling.

Zum Zwecke dieser Master These, wird CAFM als Software verstanden.

## 2.10 Internet der Dinge

Für den Begriff Internet of Things (IoT), im deutschen Internet der Dinge, lassen sich oftmals unterschiedliche Definitionen finden (May, 2018):

- *„Das Internet der Dinge (IoT) ist das Netzwerk physischer Objekte, die eingebettete Technologie enthalten, um zu kommunizieren, Daten zu erfassen und mit ihren internen Zuständen oder der externen Umgebung zu interagieren.“*
- *„Das Internet der Dinge (IoT) ist ein System von miteinander verbundenen Computern, mechanischen und digitalen Maschinen, Objekten, Tieren oder Personen, die mit eindeutigen Kennungen versehen sind und Daten über ein Netzwerk übertragen können,*

*ohne dass eine Mensch-zu-Mensch- oder Mensch-zu-Computer-Interaktion notwendig ist.“*

- *„Das Internet der Dinge bezieht sich auf die wachsende Anzahl vernetzter Geräte, die Daten über das Internet senden.“*

IoT ist in der breiten Masse einsatzfähig und findet so gut wie überall eine Anwendung (May, 2018):

- Im Handel, um die Nachfrage von Produkten zu analysieren und dynamische Preisanpassungen einzusetzen.
- In der Logistik, um autonomes Fahren zu ermöglichen.
- Sowie in Bereichen der Finanzdienstleistungen, öffentlichen Verwaltung, Produktion, als auch dem Gesundheitswesen.

Einen besonders wichtigen Stellenwert im Einsatz von IoT-Technologien, erhält die Datenauswertung. Ohne der Sicherstellung von einer verwertbaren Datenerfassung, -speicherung und -verarbeitung, schöpfen IoT-Umgebungen nicht ihr volles Potenzial aus. Das intensive Zusammenspiel zwischen Facility Management und IT entscheidet bei der Implementierung von IoT-Technologien daher oft über Erfolg oder Misserfolg (May, 2018).

Aus heutiger Sicht werden IoT-Geräte in Gebäuden oftmals als Sensoren eingesetzt. Diese können unter anderem in Form von Zählern, Anwesenheitssensoren, Bildaufnahmen, sowie Sensoren, welche konkrete Eigenschaften messen, eingesetzt werden (May, 2018).

## 2.11 Künstliche Intelligenz

Die Geburtsstunde der Künstlichen Intelligenz (KI) lässt sich generell auf das Jahr 1956 zurückführen, in dem John McCarthy auf einer Konferenz am Dartmouth College in Hanover, USA, die These aufgestellt hat, dass Maschinen im Grunde in Stande seien eine Simulation auszuführen, sofern diese mit den relevanten Daten ausgestattet werden (Weber & Seeberg, 2020).

Etwas weniger bekannt, aber dennoch verwandte Ansätze konnten in demselben Zeitalter bei Isaac Asimov und Alan Turing beobachtet werden. Seither bestehen zahlreiche Versuche und massive Fortschritte in der Entwicklung von Künstlicher Intelligenz (Watson & Schneider, 2014).

Fest steht jedenfalls, dass eine Vielzahl an Definitionen für „Künstliche Intelligenz“ bestehen, die laut Kaplan (2017) jedoch allesamt im Kern grundsätzlich einig sind: Nämlich, *„(...) dass es um die Schaffung von Computerprogrammen oder Maschinen geht, die ein Verhalten an den Tag legen können, das wir als „intelligent“ bezeichnen, wenn es einem Menschen zugeschrieben würde“*.

Anfordernisse an die Intelligenz in diesem Kontext können verstanden werden als: *„Wahrnehmen, Verstehen, Planen, Handeln und Lernen“*. Dies als Grundkonstrukt, lässt sich zwischen einer schwachen KI und einer starken KI differenzieren. Die schwache KI bezieht sich auf alle heutzutage gängigen KI-Anwendungen: Die Technologien werden eingesetzt, um eine bestimmte Lösung in einem klar formuliertem Problemumfeld zu liefern. Währenddessen, erhält die starke KI eine viel schwerwiegendere Bedeutung: Das erklärte Ziel ist es, (...) *„die vollständigen intellektuellen Fertigkeiten von Menschen unabhängig von einem konkreten Problemkontext zu imitieren oder gar zu übertreffen“*. Was vielerorts Besorgnis erregt, jedoch weder kurz- noch mittelfristig zur Realität werden sollte, ist die Umsetzung von starker KI-Technologie (Mommel & Dengel, 2021).

Im Mittelpunkt von KI steht jedenfalls die zur Verfügung gestellten Daten. Machine Learning kann hier als eine essentielle Technologie von KI verstanden werden, welche sich auf die selbständige Erkennung von Mustern, sowie dem Erlernen von Modellen bezieht, die eben auf der Grundlage von gelieferten Daten erfolgt (Mommel & Dengel, 2021).

## 2.12 Virtuelle Realität

Die Vollständigkeit des Wirklichen wird als die Realität betrachtet. Währenddessen, wird die Virtualität bestenfalls in Vergleichbarkeit mit dem im Wirklichen, jedoch dem Element der Realität nicht gegebenen Zustand bezeichnet. Daraus ist zu schließen, dass die Virtuelle Realität *„(...) das angebliche Vorhandensein der Wirklichkeit, eine Illusion der Realität“* ist (Grasnack, 2020).

Bendel (2021b) sieht die Virtuelle Realität (VR), im Englischen „Virtual Reality“, als *„(...) eine computergenerierte Wirklichkeit mit Bild (3D) und in vielen Fällen auch Ton“*. Dabei wird die Anwendung von virtueller Realität mittels *„Großbildleinwände, in speziellen Räumen (Cave Automatic Virtual Environment, kurz CAVE) oder über ein Head-Mounted-Display (Video- bzw. VR-Brille) übertragen“*.

Konkreter gefasst, versteht Goger et al. (2017) unter Virtual Reality „die Darstellung einer virtuellen computergenerierten Welt, wodurch eine fiktive Anwesenheit in dieser Welt mit Sehen, Geräuschen, Berührungen usw. simuliert werden kann“.

Eine Erweiterung der virtuellen Realität, wird als Augmented Reality, sprich erweiterte Realität, bezeichnet und bezieht sich auf die „computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung“. In Ergänzung zur virtuellen Realität, handelt es sich hierbei um die Erweiterung von digitalen Informationen und Daten. Augmented Reality ist jedenfalls als eine Fortentwicklung von Virtual Reality zu verstehen. Schließlich wird die Vermischung von beidem, sprich der Möglichkeit der Interaktion der realen Welt mit der virtuellen Realität, als Mixed Reality (MR) zusammengefasst (Goger et al., 2017; Technikum Wien Academy, 2022c).

Gängige Technologiegeräte umfassen sogenannte VR-Brillen, 3D-Mäuse und Datenhandschuhe, um sich in einem virtuellen Raum bewegen zu können, als auch eine direkte Betrachtung von Augmented bzw. Mixed Reality über Tablets. Einige Beispiele können in Abbildung 6 betrachtet werden (Bendel 2021b; Goger et al., 2017).



**Abbildung 6: AR/MR mit Tablet (li.), AR/MR-Brillen (mi.), Datenhandschuh (re.)  
(Quelle: Datenhandschuh, 2018; Goger et al., 2017)**

## 3 Das nachhaltige Gebäude

In den folgenden Abschnitten werden zu dem Thema „Das nachhaltige Gebäude“ zunächst die Rahmenbedingungen beleuchtet, welche Klarheit über die Herkunft der notwendig gewordenen Nachhaltigkeit bei Immobilien verschafft. Anschließend werden die zu messenden Eigenschaften und deren Möglichkeiten, anhand deren Einflussfaktoren beschrieben, welche sich vor allem auf die ESG-Faktoren Ökonomie, Ökologie und Soziologie beziehen. Das Kapitel wird schließlich mit den dargestellten Potenzialen zu dem Themengebiet zusammengefasst.

### 3.1 Rahmenbedingungen

Die bauliche Gestaltung, Errichtung und Betreuung von Gebäuden ist durchaus ein vielseitiges und komplexes Vorhaben. Es müssen zahlreiche Abläufe parallel und aufeinander abgestimmt und zeitgerecht koordiniert werden. Bei einer nachhaltig-konformen Umsetzung dieses Vorhabens, wird der ohnehin langatmige Prozess, um eine weitere Komplexität ergänzt. Aufgrund der ambitionierten Verordnungen (VO) und Richtlinien auf mehreren Ebenen wird der Rahmen enger gezogen, jedoch noch nicht immer klar abgegrenzt. Die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsfaktoren bedeutet nicht automatisch, dass die Nachhaltigkeit gegeben ist, da beispielsweise ein regionaler Produzent mit seinen Produkten dennoch eine hohe CO<sub>2</sub>-Belastung erzeugen kann. Schließlich, ergeben die Erhebungen von Scherbaum (2021), dass immerhin beinahe 40% weltweiter CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Gebäude und Immobilien verursacht werden.

Aus diesem Grund, bedarf es eines klar strukturierten Regelwerkes, mit dessen Unterstützung eine messbare Einordnung und Beurteilung von nachhaltigen Gebäuden ermöglicht wird. Sowohl auf europäischer, als auch auf nationales Ebene finden eine stetig steigende Anzahl an Regulierungen, Verordnungen und Gesetzen Einklang im täglichen Geschäft.

#### 3.1.1 Rechtliche Grundlage

Die Europäische Kommission und seine Mitgliedsstaaten wenden unglaublich viele Ressourcen auf, um eine langfristige, nachhaltige Entwicklung und möglichst hohe Lebensqualität für seine Mitbürger bieten zu können. Mit diesem Ziel vor Augen, wurden in den Jahren zuvor diverse rechtliche Grundlagen geschaffen.

Dieses bereits langjährige Vorhaben, hatte zuletzt mit 21. April 2021 zum Anlass, dass die Europäische Kommission den Entwurf einer Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (Corporate Sustainability Reporting Directive, kurz CSRD) veröffentlicht hat. Abweichend von bisherigen EU-Richtlinien, soll diese zur Ausweitung der Berichtspflichtigen und Berichtsinhalte, Erhöhung der Transparenz, zur besseren Vergleichbarkeit der offenzulegenden Daten und digitalen Dokumentation beitragen. Den EU-Mitgliedsstaaten wurde eine Umsetzungsfrist in nationales Recht bis 01. Dezember 2022 eingeräumt (TPA Steuerberatung Österreich, 2021; Europäische Kommission, 2021).

Auf nationaler Ebene hat die FMA (2020) im Jahr zuvor, im Zusammenspiel jeglicher zuvor erarbeiteten Verordnungen und Richtlinien, einen Leitfaden „*zum Umgang mit Nachhaltigkeitsrisiken*“ publiziert, welcher sich sektorübergreifend an alle von der FMA beaufsichtigten Unternehmen (v.a. Kreditinstitute, Versicherungsunternehmen, Kapitalanlagegesellschaften, Alternative Investmentfonds Manager, Wertpapierfirmen sowie Pensionskassen und Betriebliche Vorsorgekassen) richtet. Wesentlicher Bestandteil des Leitfadens ist die Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung, in denen die Bereiche Umwelt (**E**nvironment), Soziales (**S**ocial) und Unternehmensführung (**G**overnance) – daher eben **ESG**-Faktoren – abgedeckt werden, sowie Risiken für diese Faktoren, die auch einen negativen Einfluss haben können, daher Nachhaltigkeitsrisiken.

Für die österreichische Finanzmarktaufsichtsbehörde (FMA) als Grundlage dienend, hat das Europäische Parlament (2020) in Zuge der Verordnung (EU) 2020/852 „*(...) über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088*“, die Grundlage zu der sogenannten Taxonomie-VO der EU erlassen und enthält laut Art. 1 Abs. 1 „*(...) die Kriterien zur Bestimmung, ob eine Wirtschaftstätigkeit als ökologisch nachhaltig einzustufen ist, um damit den Grad der ökologischen Nachhaltigkeit einer Investition ermitteln zu können*“.

Ebenso in den Jahren zuvor hat die Europäische Kommission weitere zahlreiche, nicht abschließende, Aufwendungen zu nachhaltigerem Investment getätigt. So etwa

- das Dokument „Aktionsplan: Finanzierung nachhaltigen Wachstums“ formuliert, welcher die „*Neuausrichtung der Kapitalflüsse hin zu einer nachhaltigeren Wirtschaft*“ konkretisiert (Europäische Kommission, 2018),

- die Offenlegungs-VO (EU) 2019/2088 des europäischen Parlaments (2019), über die nachhaltigkeitsbezogene Offenlegungspflichten im Finanzdienstleistungssektor:

*„Dementsprechend sollen gegenüber Endanlegern Informationen über die Einbeziehung von Nachhaltigkeitsrisiken, über die Berücksichtigung nachteiliger Nachhaltigkeitsauswirkungen und nachhaltiger Investitionsziele und über die Bewerbung ökologischer oder sozialer Merkmale bei Investitionsentscheidungen und im Beratungsprozess offengelegt werden“ (Wolfbauer, 2020),*

- sowie die Vorstellung vom europäischen Grünen Deal, welcher als Plandokument zur nachhaltigeren Wirtschaft in der EU verstanden werden soll (Europäische Kommission, 2019).

Genereller Auslöser dieser umfassenden Bemühungen, ist es, der zu hohen CO<sub>2</sub>-Belastung langfristig gerecht zu werden. Aus diesem Grund, wurde durch den Europäische Rat im Dezember 2019 die Klimaneutralität 2050 beschlossen. Der Grundstein für die Regulierung wurde zunächst auf internationaler Ebene durch die Agenda 2030 für die nachhaltige Entwicklung der UNO im Jahr 2015, sowie dem Übereinkommen von Paris im Jahr 2016 (BGBl III 197/2016) gelegt. Zusammenfassend, tragen beide Dokumente zum Ziel bei, den Klimawandel zu bewältigen. Dieser sieht zunächst eine Reduktion der Emissionen um 55 Prozent bis 2030 vor (Europäisches Parlament, 2021). Der Beschluss wurde für notwendig empfunden, um den Temperaturanstieg auf die Zielgröße 1,5 Grad Celsius zu senken (BGBl III 197/2016 Art. 2.1a).

Die EU-Taxonomie soll schließlich Anlass dazu sein, möglichst viele Geldanlagen auf nachhaltige Bahnen zu bringen. Investoren und Unternehmen sollen in die Lage versetzt werden, dass sie bewusste Entscheidungen zugunsten einem optimalen Einfluss auf Klima und Umwelt treffen können und Europa bis 2050 klimaneutral ist. Die EU-Taxonomie wird zwar auf Unionsebene festgelegt, jedoch haben die Mitgliedsstaaten eigene handhabe über die Zusammensetzung der Umsetzungsstrategie. Letztlich sollen sämtliche Akteure dazu motiviert werden, die Klimaziele zu verfolgen (Europäische Kommission, 2022).

Die EU-Taxonomie beinhaltet somit konkrete Vorgaben an den Neubau, der Sanierung vom Altbestand, als auch dem Erwerb und Eigentum von Immobilien.



Grundsätzlich richtet sich die Zielsetzung auf die Erfüllung von Energiekennwerten und dient der Verbesserung der Energieeffizienz (Lennerts & Fisch, 2021).

Abschließend, kann festgehalten werden, dass die ESG-Faktoren in der österreichischen Immobilienbranche auf unterschiedlicher Weise Einklang finden, so zumindest

- in den Richtlinien des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB), beispielsweise der OIB-Richtlinie 6 Energieeinsparung und Wärmeschutz vom Jahr 2019, in der Erläuterung eines Niedrigstenergiegebäudes;
- im 4-Säulen-Modell des wohnfonds\_wien (o. D.), wonach der Grundstücksbeirat jedes Projekt auf die Faktoren Ökonomie, Soziale Nachhaltigkeit, Architektur und Ökologie prüft;
- in der Bauordnung für Wien, die in §1 Abs. 2 Z.4 BO für Wien das Ziel verfolgt ökologische und Klima verträgliche Maßnahmen in Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen zu berücksichtigen;
- sowie in weiteren Bereichen, die sich in der Entwicklung befinden und noch nicht voll ausgreift sind, so etwa die Berücksichtigung von ESG-Faktoren im Rahmen der Wertermittlung von Immobilien (PwC Österreich, 2021).

### 3.1.2 Technische Grundlage

Im internationalen Kontext sind die Standards des Bauens grundlegend verschieden. Das erschwert oft die Möglichkeit Immobilien länderübergreifend miteinander vergleichen zu können. Das stellt besonders international agierende Investoren und Marktteilnehmer vor große Hürden. Abhilfe können hierbei Nachhaltigkeitszertifikate schaffen, welche idealerweise für die Erhöhung von Transparenz, der Messung und Regelung von Nachhaltigkeitsstandards herangezogen werden können (Jones Lang LaSalle SE, 2021).

Die Vorzüge von Zertifikaten werden von Jones Lang LaSalle SE (2021) beschrieben wie folgt: *„Ein Zertifikat dokumentiert, dass der Eigentümer für die Nutzer eine nachhaltige Arbeitsstätte geschaffen hat, deren Betrieb gegebenenfalls kostengünstiger ist als der Betrieb einer konventionell errichteten Immobilie.“* Es wird weiter ausgeführt, dass noch weitere Motivationsgründe für die Zertifizierung bestehen können: die Erhöhung der Attraktivität der Immobilie in Bezug auf die Vermarktung und Dokumentation, oder zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Belastung aufgrund Sanierungen, um einen Nachweis zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen erbringen zu können.



Am Markt konnten mehrere Institutionen als Zertifizierungsstelle Fuß fassen, während die folgende Aufzählung nicht als abschließend anzusehen ist (Unternährer, 2021; Wehrberger, 2021; DGNB, o. D.; ÖGNI, o. D.):

- **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design) zählt zu den weltweit am weitesten verbreitete Bewertungsschema für umweltfreundliche Gebäude und bildet durch eine Wertungsliste für das Gebäude, ein 4-Stufensystem.
- **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) wurde bereits im Jahr 1990 in Großbritannien veröffentlicht und findet sich in einem fünf Stufensystem zurecht.
- **SNBS Hochbau** (Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz) wurde im Jahr 2013 eingeführt und richtet sich an das Gebäude, sowie dessen Umfeld.
- **Minergie** ist ein Baustandard der Schweiz, welcher in drei Kategorien für neue und modernisierte Gebäude aufgegliedert ist. Mit einer Zusatzkategorie werden Gesundheit und ökologische Bauthemen berücksichtigt.
- **DGNB** (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) wird seit 2009 angewandt und vergibt über die Bewertungskriterien Ökologie, Ökonomie und Soziologie, eine Zertifizierung auf 4 Ebenen.
- **ÖGNI** (Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft) bezieht sich bei der Zertifizierung von Bauprojekten auf das System der DGNB und deckt generell die Anforderungen der EU-Taxonomie ab.

### 3.2 Einflussfaktoren

*„Grünes Bauen ist ein ganzheitliches Konzept, das von der Erkenntnis ausgeht, dass die gebaute Umwelt tiefgreifende Auswirkungen auf die natürliche Umwelt und die Menschen, die täglich in den Gebäuden leben, haben kann - sowohl positive als auch negative“* (U.S. Green Building Council, 2022).

Grundsätzlich gibt es unterschiedliche Definitionen und Möglichkeiten wie ein Gebäude nachhaltig errichtet werden kann, jedoch können diese im Allgemeinen als die Phasen der Planung, des Entwurfs, des Baus und Abrisses gewertet werden. Hinzu kommt der Betrieb bzw. Nutzung des Gebäudes, welche die längste und somit besonders wichtige Phase darstellt: der Verbrauch von Energie und Wasser, die Qualität der Innenräume, die Auswahl von Baumaterialien, der Standort und die Lage in der Umgebung (U.S. Green Building Council, 2022).

Die Möglichkeiten vom nachhaltigen Gebäude und Bau erscheinen weitläufig und themenübergreifend. Die ESG-Faktoren bilden jedenfalls das Rahmenwerk, nach welchen die Nachhaltigkeitsbereiche formuliert und eingeordnet werden.

Wisser (2018) stellt fest, dass ökologische, ökonomische und soziale Komponenten zu einem nachhaltigen Gebäude beitragen. Dennoch, behauptet Schattney (2022), ist nicht jede nachhaltige Maßnahme automatisch als nachhaltig zu werten, da beispielsweise das Abreißen und erneute Bauen eines Gebäudes nicht zwingend ESG-konformer ist, als den in die Jahre gekommenen Altbau zu sanieren. Hier gilt es objektiv zu beurteilen, welcher Schritt einen größeren Nachhaltigkeitsbeitrag schafft. ESG ist aus heutiger Sicht nicht vollständig standardisiert und es besteht besonders viel Aktivität auf der Ebene von „E“, sprich Environment, im Sinne von Klimawandel und -schutz, während „S“ – Social und „G“ – Governance weniger im Rampenlicht stehen. Dieses Ungleichgewicht gilt es auszugleichen.

Wie in der Studie von Lennerts und Fisch (2021) erläutert, ist gerade bei der Errichtung eines Gebäudes ein besonders erhöhter Energieaufwand notwendig, während die Klimaschutzkriterien nicht außer Acht zu lassen sind. Diese bestehen aus:

- einem hervorragenden Nutzerkomfort,
- einem hohen Maß an Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit,
- geringen Lebenszykluskosten,
- guter Umweltverträglichkeit und einem geringen ökologischen Fußabdruck,
- einer hohen Effizienz,
- einer guten Gestaltung mit städtebaulicher Integration und
- der maximalen Nutzung erneuerbarer Energien.

Darauf aufbauend, werden in den folgenden Abschnitten die einflussnehmenden Nachhaltigkeitsfaktoren auf Basis von ESG näher beleuchtet, die zur Beurteilung eines Gebäudes nach heutigem Stand der Technik für relevant erachtet wurden. Diese Grundlage soll anschließend behilflich sein, damit ein besseres Verständnis für die praktischen Umsetzungsmöglichkeiten geschaffen werden können.

### **3.2.1 Ökologie (Environment)**

Die Marktteilnehmer sind aus heutiger Sicht besonders auf der ökologischen Ebene aktiv, wie im Vorfeld bereits festgestellt wurde. Ein möglicher Hintergrund dafür ist, dass unmittelbar in das langfristige Geschehen von Gebäuden Einfluss genommen

werden kann. Dazu zählen unter anderem: Baumaterialien, Wasserverbrauch, Anlagentechnik und Energie, Dämmung und Wärmeschutz, Urban Mining sowie weitere, welche in den nächsten Abschnitten konkreter beschrieben werden.

### Baumaterialien

Damit Baumaterialien zunächst als ökologisch, nachhaltig erachtet werden können, sind mehrere Eigenschaften zu beherzigen. Bereits im Herstellungsprozess, der Aufbewahrung und der anschließenden Lieferung zum Bauplatz sind mit hohem Aufwand verbunden. Baumaterialien sollten zudem Bestand besitzen und das Gebäude gut abdichten, um keine Heizwärme zu verlieren, wobei zu klären ist, ob eine zusätzliche Wärmedämmung notwendig ist. Weiters, sollten die Baumaterialien bestenfalls keine Schadstoffe an die Umwelt abgeben, eine möglichst lange Lebensdauer bieten, unkomplizierte Reparaturen zulassen, vertretbare CO<sub>2</sub>- und Energiebilanz über den gesamten Lebenszyklus aufzeigen, sowie sich ohne weitere Schwierigkeiten recyceln oder wiederverwenden lassen (Rohde, 2021).

Nüchtern betrachtet vergleicht Rohde (2021) folgende, in Tabelle 2 dargestellten, fünf Baumaterialien auf ihre Nachhaltigkeit im Bau:

Bauweise	Natürlicher Rohstoff	Energieaufwand für Herstellung	Lebensdauer	Wärmeschutz	Zusatzdämmung
<b>Holz*</b>	Ja	gering	mittel-hoch	gut	abhängig v. Bauweise
<b>Beton</b>	teilweise	mittel	mittel	gering	erforderlich
<b>Ziegel</b>	Ja	hoch	hoch	gut	in Ziegel integrierbar
<b>Kalksandstein</b>	Ja	mittel	mittel	gering	erforderlich
<b>Porenbeton</b>	Ja	hoch	hoch	gut	ohne möglich

\* bezogen auf massives Holz

**Tabelle 2: Bauweisen im Vergleich (Quelle: Rohde, 2021)**

**Holz** zählt zu den ältesten Baustoffen und erlebt während den letzten Jahren wieder an aufstrebender Beliebtheit. Holz konnte in den letzten Jahrzehnten im Brandschutz massiv aufholen und kann heutzutage mit vergleichbaren Stahlbetongewerken

mithalten. Der massive Vorteil: die Reproduktion von Holz erfolgt ohne größeren Aufwand (Stühlinger, o. D.). Generell unterscheidet Rohde (2021) zwischen dem Massivholzbau und der Holzbauweise mit einer Holzkonstruktion. Holz als Baustoff weist sich jedenfalls durch seine enorme Klimafreundlichkeit aus. Als natürlicher, nachwachsender Rohstoff, genießt Holz die Eigenschaft von guter Wärmedämm- und Wärmespeicherkapazität, vergleichsweise geringem Eigengewicht, CO<sub>2</sub>-Neutralität, einfacher Demontage und Wiederverwendbarkeit. Währenddessen wird empfohlen Maßnahmen gegen Feuchtigkeit und Verwitterung und dem Schallschutz zu treffen und auf die Herkunft des Holzes zu achten (präferenziert aus regionalen Wäldern, oder einem FSC-Siegel).

Der klassische **Ziegelbau** besteht aus Ton, Lehm oder tonhaltigen Massen und zählen neben dem Holzbau, ebenfalls zu den ältesten Bauweisen. Der Bau mit Ziegel wird weiterhin oft angewendet, da dieser meist überall zur Verfügung steht. Zudem weisen Ziegel Langlebigkeit sowie eine gute Wärme- und Schalldämmung auf, während die Dämmung platzsparend in den Hohlräumen eingebaut werden kann. Zu bedenken sind jedoch der hohe Energieaufwand für die Herstellung und die limitierte Möglichkeit Mörtel- und Putzreste zu recyceln (Rohde, 2021).

**Beton** wird als künstliches Gemisch mit den Inhaltsstoffen Zement, Sand, Kies und Wasser hergestellt. Teilweise werden weitere Zusatzstoffe verwendet. Um die gewünschte Tragfähigkeit zu erzielen, wird Beton oftmals mit Stahlträgern verstärkt. Die Vorteile von Beton sind der gute Schall- und Brandschutz, die besonders gute Formbarkeit des Materials und die Einsatzfähigkeit dessen in Zuge vom Straßenbau zu recyceln. Unabhängig davon, wird Beton aus der Perspektive der Nachhaltigkeit nicht die erste Wahl darstellen (Rohde, 2021).

**Kalksandstein** wird überwiegend zur Herstellung von Außen- und Innenwänden von Gebäuden sowie für tragendes und nicht tragendes Mauerwerk verwendet. Hergestellt wird Kalksandstein aus künstlichem Mauerstein. Der Rohstoff wird natürlich gewonnen und meist aus einem naheliegenden Kalksandsteinwerk entnommen. Die hohe Dichte des Materials punktet mit Stabilität, Schallschutz und raumsparenden Bauten mit effizienten Wandstärken. Nachteilig zu erwähnen ist der geringe Wärmeschutz, mit der Notwendigkeit einer zusätzlichen Dämmung, der hohe Energieaufwand beim Transport aufgrund vom Schwergewicht sowie die generell knappe Verfügbarkeit des Materials (Rohde, 2021).

Beim **Porenbeton**, ebenfalls als Leichtbeton bekannt, geht es nur gering um Beton. Das Material besteht aus Quarzsand, gemahlenem Branntkalk und/oder Zement und

Wasser. Für die Porenbildung wird Aluminiumpulver hinzugefügt. Das bewirkt ein starkes aufblähen des Materials und Bildung von vielen kleinen Poren, was dem Porenbeton eine geringe Dichte und ein geringes Gewicht verleiht. Es besteht aus absolut natürlichem Rohstoff und weist einige weitere Vorteile auf: niedriger Montageaufwand, gute Wärmedämmung und erleichtertes Recycling. Währenddessen ist beim Porenbeton ein nur geringer Schallschutz geboten und die Ressource Sand stellt eine Knappheit dar (Rohde, 2021).

Meßner (2021) erläutert, dass **Recyclingbeton** (RC-Beton), ein umfangreiches Potenzial an Einsparung von Bauabfällen darstellt, sowie zur Schonung von Rohstoffen wie Kies und Sande beiträgt. Über eine Trocken- oder Nassaufarbeitung von Bauabfällen hin zu rezyklierten Gesteinskörnungen, wird die Wiederverwendung vom erhaltenen Bauschutt ermöglicht. Das Austrian Standards Institute (2018) erwähnt im Anhang der ÖNORM B 4710-1 bereits ergänzende Regelungen dazu. Währenddessen werden die Grundlagen zum Einsatz von rezyklierten Gesteinskörnungen durch die Austrian Standards International (2020) in der ÖNORM B 3140 geregelt, welche zitiert nach Meßner (2021) vier Arten definiert und als Ersatz für herkömmliche Rohstoffe zugelassen sind:

- „*sortenreinen Betonbruch (RB-A1)*,
- *Betonbruch mit maximal 10 Prozent Asphalt (RB-A2)*,
- *wieder aufbereitete natürliche Gesteinskörnung (RG-A3) und*
- *aufbereiteten Hochbau-Splitt mit maximal 30 Prozent Ziegelanteil (RH-B).*“

Zudem ermöglicht RC-Beton auch bei den Transportwegen einen ökologischeren Umgang, die abhängig vom Recycling Anteil, jedenfalls weitere Distanzen ermöglichen, bis derselbe CO<sub>2</sub>-Wert wie bei herkömmlichen Betontransporten erreicht wird (NOVOCON, o. D.).

### Wasserwirtschaft

Mit den Worten: „*Der Umgang mit der Ressource Wasser im Kontext des Bauens betrifft nicht nur die Gebäudetechnik, sondern das gesamte Bauschaffen, über den Baugrund hinaus*“, verleiht Hartmann (2015) einen umfassenden Denkanstoß zu einer nachhaltigen Wasserwirtschaft. Hiermit wird vor allem nicht nur die Trinkwasserqualität, sondern ebenso die gesamte Wasserwirtschaft in und an Gebäuden angesprochen. Die Annahme liegt darin, dass bei der Errichtung eines Gebäudes, in die Umgebung eingegriffen und der sonst natürliche Verlauf beeinflusst wird, somit unter anderem auch in den Wasserkreislauf. Dabei wird eine

Kettenreaktion freigesetzt, die sich sowohl positiv als auch negativ auswirken kann. Hier gilt es ökologisch nachhaltig zu agieren.

<b>Wasserwirtschaft in und an Gebäuden</b>	
<b>Externe Wasserwirtschaft an Gebäuden</b>	<b>Interne Wasserwirtschaft in Gebäuden</b>
Niederschlagsbewirtschaftung von Versiegelungsflächen wie Dach, Terrassen und Zugangswege (Erschließung von Gebäuden) (Regen, Schnee, Nebel, Tau, Wasserdampf, Kondensat)	Trinkwasser mit hohen Qualitätsanforderungen der Hygiene (Kalt- und Warmwasser) für den primären (direkten) menschlichen Gebrauch (Nahrungszubereitung, Körperhygiene)
Wasserführende Schichten im Baugrund (Grundwasser) – Stabilisierung des Grundwasserspiegel und Unterstützung des Gartenbaus/Bauwerksbegrünung	Betriebswasser mit geringeren Qualitätsanforderungen (Nicht-Trinkwasser) für den sekundären (indirekten) menschlichen Gebrauch (Spül- und Reinigungswasser)
	Schmutzwasser als Abwasser (Schwarz- und Grauwasser)

**Abbildung 7: Wasserwirtschaft in und an Gebäuden (Quelle: Hartmann, 2015)**

Die externe Wasserwirtschaft an Gebäuden bezieht sich auf die direkten Einflüsse die sich durch die Existenz des Bauwerks auf seine Umwelt ergibt und wird in Abbildung 7 skizziert. Eine Bestandsaufnahme der Wassergegebenheiten, wie der Feuchtigkeitsgrad am Baugrund, scheinen für eine Eignungsprüfung somit ohnehin Rücksicht zu finden. Aus den Ergebnissen sind jedenfalls konkrete Einflüsse und Wechselwirkungen ableitbar und sind für die weitere Planung essentiell. Definitiv kann festgehalten werden, dass durch die Errichtung von einem Bauwerk, aufgrund der Versiegelungsflächen (insb. Dach- und Erschließungsflächen), dem Niederschlagswasser der natürliche Weg in den Untergrund versperrt wird und sich somit eine weitere Herausforderung herausstellt. Zielführend wäre es immerhin, die Versiegelungsflächen auf einem Minimum zu halten, um so einen möglichst natürlichen Lauf der Natur zu bieten. Durch eine dementsprechende Verwendung von Niederschlagswasser an möglichen Versickerungsstellen, in Form von Regenwasser, können Freiflächen- und Gartenbepflanzungen sowie Bauwerksbegrünungen



nachhaltig bedient werden. Dies trägt positiv zum Mikroklima bei. Gleichzeitig bewirken sie Aufwertungen der Umgebung, die Steigerung der Standort- und Wohnqualität sowie der sozialen Zugehörigkeit der Bewohner untereinander (Hartmann, 2015).

Bei der internen Wasserwirtschaft in Gebäuden steht die Trinkwasserqualität unbestritten an oberster Stelle. Dennoch sind die Rahmenbedingungen für Betriebswasser, sprich dem Nicht-Trinkwasser, die keine besonders hohe Wassersauberkeit abverlangt, für einen nachhaltigen Umgang der Ressource ebenso wichtig zu beleuchten. Die Gesamtheit des Abwassers, nämlich die Summe von Trinkwasser und Betriebswasser stellt eine beträchtliche Menge dar und sollte als wertvolle Ressource verstanden werden. An dieser Stelle ist eine weitere Unterscheidung des Betriebswassers notwendig: Grauwasser und Schwarzwasser. Grauwasser betrifft jene Wassereigenschaft, die nach einem Wasch-, Dusch- und Badevorgang besteht. Schwarzwasser hingegen, wird als das Abwasser aus dem Toilettenbereich oder Reinigungswasser mit massiver Verschmutzung definiert (Hartmann, 2015).

Es kann mittlerweile erkannt werden, dass eine nachhaltige Wasserwirtschaft umfassend auf mehreren Ebenen stattfinden muss. Am Markt werden bereits seit geraumer Zeit wassersparende Armaturen angeboten. Diese stoßen in der nachhaltigen Wasserwirtschaft dennoch sehr schnell an ihre Grenzen, da der Grundbedarf von Menschen unabhängig davon gedeckt werden muss. Schließlich, sollte das Trinkwasser nach deren Verwendung im Küchen- oder Duschbereich, sprich Grauwasser, nur gering verschmutzt sein. Es kann daher die Annahme getroffen werden, dass dieses Wasser, nach einer gesetzes- und marktkonformen zentralen Reinigung, direkt in den Spülkasten der Toilette oder anderen ökologischen Nutzungen zugeführt werden kann. Daher ist für eine nachhaltige Struktur die Schaffung von folgenden Wasserleitungen ratsam (Hartmann, 2015):

- Trennung der Versorgungsleitung in Trinkwasser und Betriebswasser
- Trennung der Abwasserleitung in Grauwasser und Schwarzwasser

Als weiterer Bereich der Wasserversorgung in Gebäuden, erwähnt Hartmann (2015) das Spülwasser, welches für Geschirrspüler, Waschmaschinen oder ähnliches verwendet wird. Hier sollte nicht nur die Energieeffizienz berücksichtigt werden, sondern zumindest gleichermaßen ein schonender beziehungsweise nachhaltiger Wasserverbrauch. Wenngleich, das verwendete Wasser wiederholt auf Temperaturen von 30-60 Grad Celsius erhitzt wird, wäre es zumindest eine

Möglichkeit, Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung aus dem Grauwasser zu treffen. Immerhin stellt Hartmann in seiner Studie fest, dass in Gebäuden mit größeren Wohneinheiten nutzungsbedingtes Trinkwasser bereits 30% Energie-Einsparungspotenzial bietet und nur noch mittels Innovationen umgesetzt werden muss. Am ehesten können Maßnahmen der Wärmerückgewinnung durch Abluft gegenübergestellt werden. Wasser kann im Vergleich zu Luft jedenfalls als eine verhältnismäßig größere Kapazität dargestellt werden und sollte für die weitere Entwicklung als Wärmeressource in verschiedener Hinsicht angenommen werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Wiederverwendung von Grauwasser, kann in der Wärmeenergie gefunden werden. Im Jahresdurchschnitt beträgt die Temperatur vom Abwasser etwa 10 °C bis 20 °C und eignet sich im Winter somit zum Heizen von Gebäuden, während damit im Sommer gekühlt werden kann. Der Einsatz von einer Abwasserwärmepumpe ermöglicht die Entziehung von Energie aus dem Abwasser, welche schließlich die Grundlage für das beheizen oder kühlen von Gebäuden darstellt (Bosy, 2020).

### Anlagentechnik und Energie

Die aktuelle politische Situation und der Konflikt zwischen der Russischen Föderation und der Ukraine, stellt die österreichische Politik vor eine enorme Herausforderung. Die Abhängigkeit Österreichs von Russland als Energielieferant ist einerseits jedenfalls als enorm einzustufen, stellt andererseits jedoch neue Chancen dar, um die Klimaziele der EU zeitgerecht erreichen zu können (Harfmann, 2022).

Für die Konzeptionierung einer nachhaltigen Anlagentechnik für ein Gebäude, sind die Gegebenheiten an Ort und Stelle, die baulichen Bestreben und Möglichkeiten sowie Nutzungsanforderungen ausschlaggebend. Das Ziel ist jedoch, den Einsatz von Anlagentechnik auf ein Minimum zu reduzieren und möglichst mit den bestehenden Ressourcen auszukommen. An vorderster Front gilt es Transmissionswärmeverluste und Lüftungswärmeverluste, somit dem Wärmebedarf, so gering wie möglich zu halten, durch Vorkehrungen an dem Gebäude und der Gebäudehülle. Zu berücksichtigen sind: Positionierung und Massivität des Bauwerks, Anteil der Fensterflächen, Nutzung des Tageslichts, Sonnenschutz, Speichermasse und Dämmkonzept (Schurr & Bohne, 2008). Die Anforderungen der Heizleistung in Gebäuden wird zudem in der Europäischen Norm DIN EN 12831 reguliert (Brauner, 2019).



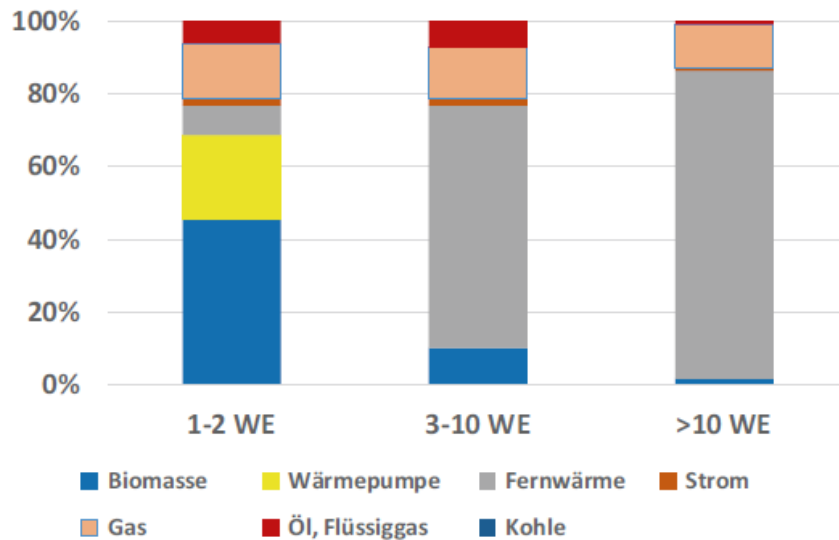
Wärmeerzeugungssysteme, auch Heizsysteme genannt, besitzen verschiedene Ausführungen (Brauner, 2019):

- fossile Brennstoffe
- regenerative Energien
- elektrische Direkt- und Speicherheizungen
- Kohleheizungen

Die Abwendung von fossilen Brennstoffen, wie Öl- und Gasheizungen, hin zu regenerativen Energien, wie Biomasse oder Wärmepumpen, bringen massive Sparpotenziale mit sich und können im Winter zum Heizen und bei Wärmepumpen als Zusatzvariante im Sommer zum kühlen eingesetzt werden.

Generell können Wärmepumpen in drei Varianten unterteilt werden: Luft-Wasser, Wasser-Wasser und Sole-Wasser. Direkt- und Speicherheizungen können in Gebäuden aufgrund einer guten Wärmedämmung weiterhin energieeffizient und kostengünstig eingesetzt werden. Direktheizungen wandeln elektrische Energie unmittelbar in Wärme um. Speicherheizungen wurden zumal als Nachtspeicher eingesetzt, trifft zukünftig jedoch neue Bedürfnisse um Kapazitäten flexibel zu nutzen: Photovoltaikanlagen und Windenergie werden stark ausgebaut und als die zwei wichtigsten Erzeugungstechnologien angesehen. Während Photovoltaikanlagen seit 2015 nur noch auf Dach- und Fassadenflächen förderfähig sind, werden Windenergieanlagen entweder im Meer (offshore) oder an Land (onshore) errichtet. In Österreich ist die Fernwärme in Bestandsgebäuden aktuell Spitzenreiter und bedient sich zu zwei Dritteln aus fossilen Brennstoffen sowie zu einem Drittel aus regenerativer Energie. Kohleheizungen erhalten aufgrund der hohen CO<sub>2</sub>-Belastung keine weitere Bedeutung und werden in Österreich seit 2015 nicht mehr eingebaut (Brauner, 2019).

Generell, als nachhaltige Heizsysteme, können schließlich folgende Anlagen genannt werden: regenerative Energien (vorwiegend Wärmepumpen), Abwärme, Fernwärme oder Wärme aus Kraft-Wärme-Koppelung. (Schurr & Bohne, 2008).



**Abbildung 8: Heizungsanlagen nach Wohnungszahl für Neubauten 2001 – 2013  
(Quelle: Brauner, 2019)**

Zusammenfassend kann in Abbildung 8 veranschaulicht werden, mit welchen Heizungsanlagen Neubauten in Österreich während der Jahre 2001 - 2013 ausgestattet wurden. Man kann rasch erkennen, dass Fernwärme in Mehrfamilienhäusern die Oberhand hält, während Ein- und Zweifamilienhäuser mehrheitlich auf regenerative Energien, somit Biomasse und Wärmepumpen setzen. In den kommenden Jahren ist zu erwarten, dass der Einsatz von regenerativen Energien in Ein- und Zweifamilienhäusern noch stärker wachsen wird. Regenerative Energien sind in Mehrfamilienhäusern hingegen ebenfalls einsetzbar, müssen jedoch zunächst die stark verankerte Fern- und Nahwärmeversorgung ablösen (Brauner, 2019).

### Dämmung und Wärmeschutz

Die Errichtung von energieeffizienten Niedrigenergie- und Passivhäusern sowie der thermischen Sanierung von Althäusern ermöglicht eine drastische Senkung des Wärmeaufwands. Die unterschiedlichen Energiestandards lassen sich in vier Kategorien unterteilen (Heinrich, 2021):

Das **Niedrigenergiehaus** zeichnet sich dadurch aus, dass es eine höhere Energieeffizienz abdeckt, als ursprünglich vom Gesetzgeber gefordert. Je kleiner der Verlust von Wärme und je besser die Dämmung der Gebäudehülle ausfällt, desto weniger Energie wird für die Wärmeerzeugung benötigt (Heinrich, 2021).

Das **Passivhaus** ist ein Gebäude, welches mit „(...) *einem besonders geringen Energiebedarf für die Heizwärme auskommt*“, während „(...) *nicht mehr als 15 kWh pro Jahr und Quadratmeter Wohnfläche für die Heizung notwendig sein und die maximale Heizlast 10 W pro Quadratmeter zu keiner Zeit übersteigen*“ darf (Wiener Umwelthanwaltschaft, 2018). Somit kann ein Großteil der Energie über die Sonnenkraft oder Abwärme der Gebäudenutzer\*innen und der technischen Anlagen abgedeckt werden (Heinrich, 2021).

Als **Nullenergiehaus** ist die technische Weiterentwicklung des Passivhauses zu verstehen. Der entscheidende Unterschied liegt darin, dass ein Nullenergiehaus den gesamten Energiebedarf selbständig decken kann. Das Gebäude verfügt über eine hochwertige Dämmung und es werden diverse moderne Anlagen für die Bewirtschaftung und Energieerzeugung eingesetzt. Die CO<sub>2</sub>-Bilanz für dieses Gebäude ist somit als neutral anzusehen (Heinrich, 2021).

Eine weitere Steigerung stellt das **Plusenergiehaus** dar. Das Gebäude besitzt die Eigenschaft mehr Energie herzustellen, als die Gebäudenutzer\*innen tatsächlich benötigen. Je nach Jahreszeit, kann es dennoch vorkommen, dass das Gebäude auf externe Energie angewiesen ist. Beispielsweise während der Winterzeit kann die Solaranlage womöglich nicht ausreichend Energie produzieren und muss mit alternativen Energiequellen gespeist werden. Dennoch ist mit dem Plusenergiehaus der höchstmögliche technische Anspruch erreicht (Heinrich, 2021).

### Urban Mining

Die aktuelle Lage an den Rohstoffmärkten verleiht ein klares Bild: die Verfügbarkeit von Rohstoffen ist endendwollend. Das knappe Angebot und die nach wie vor ungebremst hohe Nachfrage, treiben die Preise hoch. In unserem Zeitalter, geprägt von tagtäglicher Innovation, forciert durch stetige Kreativität, scheinen Alternativmöglichkeiten nicht weit entfernt zu sein.

Rohstoffe sind in unserer Umgebung zahlreich verfügbar und begleiten uns zu jeder Zeit und überall. Die Rede ist von bereits verarbeiteten Rohstoffen, welche mit steigender Verwendung die Frage aufwirft, ob und wie eine Wiederverwendung nach Abschluss der Gebrauchbarkeit möglich ist. Daraus entstand der Gedanke von Urban Mining. Das erklärte Ziel lautet, Rohstoffe bereits bei der Planung möglichst so einzusetzen, sodass eine Rückgewinnung und Wiederverwendung ermöglicht wird (Flamme, o. D.; Kranner, 2014).

Das Konzept von Urban Mining beruht auf vier Säulen (Flamme, o. D.):

1. Ein durchdachtes Design, welches die Rückgewinnung und Wiederverwendung berücksichtigt und vereinfacht.
2. Ein Ressourcenkataster, welches auf einer Datenbank ähnlichen Struktur aufgebaut ist und die Informationen enthält, welche Rohstoffe, in welcher Zusammensetzung, an welchem Standort eingesetzt werden und die erwartete Lebensdauer beziehungsweise voraussichtliche Verfügbarkeit abbildet. Eine mögliche Variante für die Bauindustrie, wäre ein sogenannter Produktpass (Gebäudepass).
3. Maßnahmen zum Erforschen, Beurteilen und Verwerten von urbanen Rohstoffen in Lagerstätten.
4. Entwicklung von neuen Technologien, für die Einordnung und Lokalisierung von sekundären Ressourcen, sowie die Rückgewinnung und Trennung wiederverwertbarer Rohstoffe von den wertlosen Roh- oder Schadstoffen.

In Zahlen ausgedrückt, lässt Kranner (2014) das enorme Potenzial erahnen: *„In der Stadt Wien verstecken sich auf einen Einwohner ca. 4.500 kg Eisen, 340 kg Aluminium, 200 kg Kupfer, 40 kg Zink und 210 kg Blei und in einer 100-Quadratmeter-Wohnung stecken heute rund 7.500 Kilogramm Metalle, das entspricht dem Gewicht von ca. 7 Personenwagen. Diese Schätze gilt es in Zukunft zu nutzen.“*

Recyclingbeton kann als Beispiel der Urban Mining Zielsetzung verstanden werden. Über die Aufarbeitung von Bauschutt, ist es möglich sowohl Deponieraum, als auch Kies- und Sandreserven zu schonen (Meßner, 2021; NOVOCON, o. D.).

Alois Fürnkranz, vom Unternehmen Saubermacher Bau Recycling & Entsorgung, bringt es beispielhaft auf den Punkt: Holz besitzt, nach ordnungsgemäßem Rückbau, die Eigenschaft im Anschluss vom Abbruch bis zu etwa 90% wieder verwendet werden zu können und kann in der Produktion von Holzspanplatten eingesetzt werden (Ghezze, 2021). Ausschlaggebend für den grundsätzlichen Grad der Wiederverwendungsmöglichkeit liegt essenziell bei der produzierenden Bauindustrie, welche für den *„Einsatz ökologisch hochwertiger, zertifizierter Baumaterialien, Baustoffe und Werkstoffe“* verantwortlich sind (Ghezze, 2022; wohnfonds\_wien, 2019).

Schließlich lässt sich festhalten, dass die aktuell enormen Engpässe von diversen Baumaterialien anhand durchdachter Strategien und konsequenten Umsetzungen durchaus abgeflacht werden können.

### 3.2.2 Soziologie (Social)

Der soziologische Aspekt der ESG-Faktoren erhält von allen dreien am wenigsten Aufmerksamkeit. Das liegt unter anderem daran, dass Unternehmen sich nicht ganz im Klaren sind, was genau gemessen werden soll. Bei den Faktoren Ökologie und Ökonomie scheinen die Parameter einen konkreteren Ansatz vermitteln zu können. Dennoch rücken die sozialen Auswirkungen spätestens seit dem Ausbruch der COVID19-Pandemie immer mehr in den Mittelpunkt. In diesem Sinne, versucht Joanna Frank, Präsident und CEO des Zentrums für aktives Design in den USA, die soziale Komponente in drei wichtige Bereiche zu fassen: Luftqualität in Innenräumen, Notfallbereitschaft und Zufriedenheit der Mieter (Pipitone, 2022).

Obwohl die sozialen Parameter nun nicht klar abgegrenzt werden können, wird versucht einen Rahmen zu diesem Thema zu schaffen und für die weitere Forschung zur Verfügung gestellt. Diese beinhalten: leistbarer Wohnraum, integrierter und inklusiver Wohnraum, Gesundheitsschutz, Sicherheit und Mobilität.

#### Leistbarer Wohnraum

Immobilienpreise sind sowohl für Mieter, als auch für Käufer in den letzten Jahren massiv gestiegen und ein Ende des Aufwärtstrends ist aktuell nicht absehbar.

Wien wird weltweit als eines der lebenswertesten Städte angesehen. Daher ist und bleibt es die Zielsetzung der neuen Wiener Fortschrittskoalition diesen Stellenwert beizubehalten und weiter zu entwickeln. Gleichzeitig wird festgestellt, dass die Leistbarkeit an oberster Stelle stehen muss, damit die lokale Bevölkerung am umfangreichen Angebot teilhaben kann (Stadt Wien, o. D.).

Damit die Leistbarkeit sichergestellt werden kann, muss leistbarer Wohnraum langfristig ermöglicht werden. Besonders im Bereich vom geförderten Wohn- und Gemeindebau besteht Potenzial dessen gerecht zu werden. Die Stadt Wien verspricht hier in den kommenden Jahren das bestehende Angebot entsprechend zu fördern und auszubauen (Stadt Wien, o. D.).

Mittlerweile gibt es in Österreich zahlreiche gemeinnützige Gesellschaften, die sich mit dem Thema beschäftigen, jedoch ist das keine Neuigkeit. Wie etwa das Österreichische Siedlungswerk (ÖSW), welches bereits im Jahr 1949 gegründet wurde, um leistbaren Wohnraum in den Nachkriegsjahren bereit zu stellen (ÖSW, o. D.). Der Österreichischer Verband Gemeinnütziger Bauvereinigungen (GBV) (2022) beschreibt schließlich *„leistbarer und qualitätsvoller Wohnraum für die Bewohnerinnen und Bewohner ist das Markenzeichen der Gemeinnützigen.“*

Am Immobilienmarkt zeichnen sich währenddessen auch nachhaltige Konzepte für frei finanzierte Bauprojekte ab: Durch eine effiziente Standardisierung und Konzeptionierung der Planung lassen sich günstige und ökologische Bauweisen ermöglichen. Das Linzer Unternehmen Öko-Wohnbau mit dem Projekt ALL-IN99 setzte auf Massivholzbauweise und konnte hiermit Kauf- und Mietpreise unter den üblichen Marktpreisen anbieten (Stopfer, 2018).

Aufgrund vom besonderen Mietrechtgesetz in Österreich und der entsprechenden Mietzinsdeckelung auf den Richtwert, ist ein weiteres Mittel zur Förderung von leistbarem Wohnraum gegeben. Hier wird bereits seit vielen Jahren eine Debatte der Interessensvertreter geführt, während die Politik dafür, die privaten Investoren allen voran jedoch dagegen sind.

### Integrierter und inklusiver Wohnraum

Unter dem Begriff **integrierter Wohnraum** lässt sich ein generationsübergreifendes Zusammenleben zwischen Jung und Alt verstehen, während es sich ebenso auf ein gemeinschaftliches Zusammenwirken bezieht. Die alternde Bevölkerung steht bereits seit längerem im Rampenlicht der Politik und es wird laufend an Maßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung gearbeitet. Henseling (2013), vom Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung in Berlin, stellt drei bestens bewährte Konzepte vor:

- Wohnen unter einem Dach: Generationsübergreifende Wohnprojekte (z.B. Baugruppenprojekte, Mehrgenerationenwohnen, gemeinschaftliches Wohnen),
- Gemeinsames Wohnen in einem Stadtteil oder Dorf: Maßnahmen, die die Entstehung oder Beibehaltung gemischter Altersklassen in Nachbarschaften unterstützt (z.B. Projekte der Nachbarschaftshilfe) und
- Gemeinschaftsräume, die den Austausch zwischen Jung und Alt fördern.

**Inklusiver Wohnraum** sieht vor, dass Menschen mit und ohne Behinderung in einer Gemeinschaft wohnen, wo die Bewohner selbstbestimmt und gegenseitig unterstützend zusammenleben. Besondere Merkmale dieser Wohnform bestehen aus Barrierefreiheit, Gemeinschaftsflächen, sowie diverse Infrastruktur für behindertengerechtes Wohnen. Es bestehen unterschiedliche Ausführungen (Wohn:Sinn, o. D.):

- Menschen mit Behinderungen, die mit Studierenden zusammenleben: Die Student\*innen unterstützen die Mitbewohner\*innen in der Tagesroutine und erhalten im Gegenzug besonders günstige Mietkonditionen,
- Haus- und Hofbauten, wo Familien, Paare und Singles mit und ohne Behinderung ihren eigenen Wohnraum bewohnen sowie
- Häuser- und Quartiersbildungen, die Wohngemeinschaften und eigene Appartements anbieten.

Wie das Wohnprojekt „WohnSinn“ in Darmstadt aufzeigt, ist eine Kombination von integriertem und inklusiven Wohnraum durchaus denkbar und machbar. Die Gemeinschaft hat sich zum Ziel gesetzt *„eine Wohngemeinschaft zu schaffen, in der Alt und Jung, Arm und Reich, behinderte und nichtbehinderte Menschen, ausländische und deutsche Mitbürger zusammen wohnen und leben“*. Das Projekt wurde 2003 realisiert und hat einen derartig großen Erfolg gefeiert, sodass ein weiteres Gebäude auf demselben Grundstück im Jahr 2008 realisiert wurde (Henseling, 2013).

### Wohngesundheit

Im aktuellen Zeitalter ist die Menschheit gewohnt den Großteil der Zeit in Innenräumen zu verbringen, unabhängig ob privat oder beruflich. Aus diesem Grund sind die Umstände, welche wir in den Innenräumen vorfinden, ein wichtiger Bestandteil für die Gesundheit, das Wohlbefinden und der Lebensqualität der Nutzer (Salthammer, 2017).

Großteil der Zeit, in denen Menschen in Innenräumen verbringen, kann dennoch der eigenen Wohnung zugeordnet werden. Da wird es schnell klar, dass Wohnungen in Gebäuden einen Ort darstellen sollten, wo die eigene Gesundheit zumindest nicht nachteilig beeinflusst wird. Grundlegende Einflussfaktoren beziehen sich dabei unter anderem auf Baumaterialien, Möbel und diverse Einrichtungsgegenstände, jedoch nicht zuletzt ebenfalls auch auf das Reinigen, Kochen den Konsum von Zigaretten und weitere Gerüche, Dämpfe oder Gase, welche allesamt unterschiedlich zur chemischen Verbindung der Innenraumlufte beitragen. Die Luftfeuchtigkeit kann unterdessen durch Duschen, Waschen und Trocknen von Wäsche ebenso einen Einfluss haben, bei unzureichender Belüftung sogar zur Bildung von Schimmel, Milben, Pilzen, Bakterien und Schadstoffen führen. Dabei wird schließlich auch klar, dass ebenso die Qualität der Außenluft einen entscheidenden Faktor spielt, muss bei der Lüftung mit offenen Fenstern jedoch effizient eingesetzt werden, um einer Energieverschwendung vorzubeugen. Eine Energieineffizienz kommt beispielsweise



zum Tragen, wenn gleichzeitig Klima- oder Heizgeräte in den Innenräumen eingesetzt werden (Bundesumweltministerium Deutschland, 2005; Salthammer, 2017; Utek, 2022).

Heinzow hat im Jahr 2003 die Einflussfaktoren in Innenräumen zudem wie oben beschrieben in Tabelle 3 zusammengefasst (Bundesumweltministerium Deutschland, 2005).

Physikalische Faktoren	Chemische Faktoren	Biologische Faktoren	Psychologische Faktoren
Temperatur Luftfeuchte Luftwechsel Beleuchtung Schall Ionen	Partikel/Stäube Luftfeuchte Gase Dämpfe Aerosole Biozide Gerüche	Pilze Bakterien Bioeffluentien Exkreme Pollen	Psyche Irritation

**Tabelle 3: Einflussfaktoren auf das Befinden in Innenräumen (Quelle: Bundesumweltministerium Deutschland, 2005)**

Aus Sicht des Bundesumweltministerium in Deutschland (2005) sollte es die Zielsetzung sein, die Belastungen der Innenraumluft möglichst zu verringern, um maßgeblich zur optimalen Luftqualität und der Wohngesundheit beitragen zu können. Hierzu ist es unter anderem entscheidend

- Baumaterialien auf Emissionen zu prüfen und gegebenenfalls emissionsarme Bauprodukte zu verwenden,
- sohin potenziell ein Qualitätsmanagementsystem einzusetzen,
- Ursachen von Schimmelpilz vorzubeugen, der sich im Normalfall auf kalten und feuchten Wänden ausbreitet und die Wände somit genügend trocken und warm zu halten sind,
- effiziente natürliche (via Türen, Fenster) oder maschinelle (via Be- und Entlüftungsanlagen, Klimaanlage) Lüftungskonzepte umzusetzen,
- auf korrekte Lüftungs- und Heizpraktiken zu achten und
- die Eigenverantwortung von Nutzern zu sensibilisieren, mitunter um zur Reduktion des Rauchens in Innenräumen beizutragen.



## Sicherheit

Das persönliche Sicherheitsgefühl in den eigenen vier Wänden trägt grundlegend zur Lebensqualität bei und ermöglicht mitunter einen etwas ruhigeren Schlaf. Die Firma KONE Österreich (2020) schreibt auf Ihrer Webseite *„jeder erwartet, dass sein Zuhause ein Zufluchtsort ist, frei von Gefahren und Ärger“*. Jedoch selbst der kleinste Hebel kann ein Misstrauen verursachen.

Untersuchungen der Wirtschaftskammer Wien für Gewerbe und Handwerk, durchgeführt durch Mag. Harald Haider (2014), haben ergeben, dass über ein Drittel der Einwohner in Wien (37%) die Wohnsicherheit in der Hauptstadt mit sehr hoch beziehungsweise hoch bewerten. Währenddessen sehen nur 40% diese für ausreichend, 21% für schlecht und 2% sogar für sehr schlecht.

Als Mittel für ein individuelles, höheres Sicherheitsgefühl können diverse Maßnahmen getroffen werden. Darunter zählt der Abschluss einer Versicherung, Einbau von Sicherheitstüren und -schlösser, das Anbringen einer Alarmanlage, das vorbeugende Schließen der Fenster bei längeren Abwesenheiten, das entleeren der Briefkästen zu beauftragen, sowie die Preisgabe von Informationen auf sozialen Medien zu vermeiden (Haider, 2014).

Deden et al. (2018) betont, dass es wichtig sei die Hauptgehwege und die Ein- und Ausfahrten gut sichtbar zu machen und anzuordnen, kurze Wege zu den Auto- und Fahrradabstellplätzen zu gewährleisten, die Fluchtwege mit einer klaren Kennzeichnung auszustatten und ausreichend Beleuchtung sicher zu stellen. Schließlich ist es aus allgemeiner gebäudetechnischer Sicht ausschlaggebend wie gut das Wohngebäude einheitlich zum Sicherheitsgefühl beiträgt.

Hameter et al. (2016) haben im Auftrag vom wohnfonds\_wien hierzu einen Leitfaden für Planer\*innen und Bauträger erstellt, welcher auf das Sicherheitsgefühl der Nutzer\*innen, bezogen auf deren Privatsphäre, der gebäudetechnischen Gestaltung und der sozialen Interaktion mit anderen Nutzer\*innen, eingehen. Kernaussage ist, dass mithilfe dieses Leitfadens und der Berücksichtigung unterschiedlicher Sicherheitskomponenten, die Wohnqualität gesteigert und die Verunsicherung verringert werden soll.

Ein weiterer Bereich, wo die Sicherheit eine große Rolle spielt, ist die Baustelle bei der eigentlichen Errichtung eines Gebäudes. Hier kommt es vor allem darauf an, dass Arbeiter\*innen und Mitarbeiter\*innen ausreichend abgesichert sind und

entsprechende Sicherheitsinformationen und -ausrüstung zur Verfügung gestellt bekommen (Goger et al., 2017; König, 2021).

### Mobilität

Um das Wohngebäude zunehmend nutzerfreundlich zu gestalten, ist ein Konzept für Mobilitätseinrichtungen, mit Sicherstellung von Barrierefreiheit und Altersgerechtigkeit, auszuarbeiten (Deden et al., 2018).

Ein Angebot von E-Ladestationen, Car- und Bike-Sharing-Diensten und ausreichend Auto- und Fahrradabstellplätzen, gemessen an den Wohnungen oder Nutzer\*innen wären, für eine sinnvolle und nützliche Umsetzung vor Ort, einige der Eigenschaften die zur Mobilität am Gebäudestandort beitragen können (Deden et al., 2018).

Zudem ist die Mobilität, aus Perspektive der Erreichbarkeit von Orten abseits des Wohngebäudes, zu betrachten. Eine gute Anbindung zu dem öffentlichen Personennahverkehr sowie den regionalen Versorgungsoptionen, Ausbildungsstätten und Dienstleistungen tragen jedenfalls zu einer CO<sub>2</sub>-armen und nachhaltigen Entwicklung bei, vor allem wenn diese fußläufig erreichbar sind (KGAL GmbH & Co. KG, 2021).

### **3.2.3 Ökonomie (Governance)**

Eine nachhaltige Bauweise wird zur heutigen Zeit offenkundig als teurer bewertet, als die konventionelle Art zu Bauen. Dieser Tenor hat sich nicht umsonst eingebürgert. Schließlich werden mit dem nachhaltigen Bauen die Erfüllung höherer Standards verfolgt, welche auf dessen Erfolg gemessen werden sollte, um die tatsächliche Nachhaltigkeit beurteilen zu können. Dies wird durch die erstrebenswerten Eigenschaften von Langlebigkeit, Wiederverwendung und Nachnutzungen der Gebäudebestandteile begleitet, um auf lange Sicht eine günstigere finanzielle Belastung sicher zu stellen (Grimm, 2014).

In den folgenden Abschnitten wird der ökonomische Nachhaltigkeitsaspekt anhand von den gesamten Lebenszykluskosten eines Gebäudes, den Möglichkeiten von nachhaltigen Kapitalanlagen, den frühzeitigen Planungsbestreben von Umnutzungen und Drittverwendungsfähigkeiten, sowie der Sicherstellung der Wertstabilität von Gebäuden beleuchtet.

### Lebenszykluskosten

Bei den Lebenszykluskosten bezieht sich Grimm (2014) auf die umfassenden Kosten eines Gebäudes, sprich: Kauf des Grundstücks, Planung und Bautätigkeit, Nutzung, Instandhaltung, Pflege, Umbauten, Abriss und Recycling. Jeder dieser Phasen ist als Kostenstelle anzusehen und müssen einem vergleichbaren, jedoch nicht nachhaltigem Gebäude gegenübergestellt werden, um die tatsächliche wirtschaftliche Nachhaltigkeit feststellen zu können, der sogenannten Lebenszykluskostenanalyse.

Das zu erreichende Ziel ist, dass die Gesamtlebenskosten eines nachhaltigen Gebäudes, beginnend von der Errichtung bis zum Rückbau, eben geringer ausfallen als bei einem konventionellen Gebäude. Die Setzung von höheren Standards im Laufe der Lebenszyklusdauer müssen sich daher auszahlen, weil die höheren Investitionen sonst nicht wirtschaftlich nachhaltig wären (Grimm, 2014).

Während man bei der Planung und dem Bau mit etwa zwei bis fünf Jahre kalkulieren kann, sind es bei der Nutzungsdauer um ein Vielfaches mehr (Deden et al., 2018). In den Erläuterungen von Seiser (2020) wird für die Nutzungsdauer von Miet- und Eigentumswohngebäuden 60 – 80 Jahren angesetzt. Deden et al. (2018) bezeichnet die Phase der Nutzung daher von besonderer Bedeutung, da diese den längsten Zeitraum, gemessen an der gesamten Lebenszyklusdauer, abdeckt und daher den größten Hebel für die Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes darstellt.

Um die Lebenszykluskosten nach normierten Standards einheitlich kalkulieren und beurteilen zu können, empfiehlt es sich in Österreich die ÖNORM B 1801-4 anzuwenden, welche als „Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 4: Berechnung von Lebenszykluskosten“ betitelt ist. Hier sind die Grundkosten jedenfalls noch nicht berücksichtigt und müssen für die gesamtheitliche Betrachtung hinzugerechnet werden (Floegl, 2020; Ipser et al., 2017).

### Nachhaltige Kapitalanlagen

Investoren sind laufend auf der Suche nach gewinnbringenden Kapitalanlagen, während eine steigende Anzahl dieser, immer öfter einen zusätzlich positiven Beitrag für die Gesellschaft leisten wollen. Konkret geht es dabei um „nachhaltige Kapitalanlagen“ oder auch „Impact Investing“ genannt, welche in weiterer Folge als gleichwertig behandelt werden (Klimavest, o. D.).

Erstmals wurde „Impact Investing“ als Wegweiser im Jahr 2007 von der Rockefeller Stiftung aufgenommen, wo eine Auswahl an Investoren zusammenkamen, um über die Synergienmöglichkeit von finanzieller Rendite und sozial, ökologischer Leistung zu

sprechen. Impact Investments wirken somit auf zwei Ebenen: es verbindet Rendite, mit einem entsprechenden gesellschaftlichen Mehrwert. Impact Investments werden daher als „(...) *nachhaltige Geldanlagen mit dem Ziel, finanzielle Rendite und gesellschaftliche Wirkung zu vereinen*“ definiert. So fließen die Anlegergelder etwa in erneuerbare Energien, bezahlbaren Wohnraum oder auch in andere Bereiche, wie dem Gesundheits- und Bildungsbereich (Klimavest, o. D.).

Klimavest (o. D.) formuliert dazu vier Eigenschaften:

1. „Absicht, positive gesellschaftliche Wirkung zu erzielen (Intentionalität)“
2. Nutzung von Daten für die Anlagestrategie (Evidenz)
3. Management der Wirkungsperformance (Steuerung)
4. Beitrag zum Wachstum von Impact Investments (Erfahrungsaustausch)“



Abbildung 9: UN-Nachhaltigkeitsziele (Quelle: Klimavest, o. D.)

Die Einflussnahme von Impact Investing sollte schließlich möglichst nachweisbar und dessen Zielerreichung messbar sowie transparent dargestellt werden. Als Grundlage hierfür dienen die sogenannten Sustainable Development Goals (SDGs) in Abbildung 9, welche die 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen vom Jahr 2015 darstellen. Jegliche Kapitalanlage sollte zumindest einer dieser Ziele abdecken, um gleichzeitig als Impact Investing zu gelten (Klimavest, o. D.).

### Umnutzungen und Drittverwendungsfähigkeit

Der Abriss von einem Gebäude ist üblicherweise mit relativ hohen Kosten verbunden. Deswegen bietet es sich an, Möglichkeiten für Umnutzungen und Umbauten bestenfalls bereits bei der Planung in Erwägung zu ziehen. Letztlich würde das bei anschließenden Revitalisierungsmaßnahmen die Lebensdauer der Immobilie verlängern und um einiges günstiger ausfallen, als ein Abriss. Ebenso der Ankauf einer Bestandsimmobilie ist meist günstiger, als die Errichtung von einem Neubau (Deden et al., 2018; Grimm, 2014).

Die gebotenen Optionen einer sogenannten Drittverwendungsfähigkeit erhöhen laut Toffel (2015) daher in Summe die Wertigkeit einer Immobilie und wird von FinCompare (2021) wie folgt definiert: *„Drittverwendungsfähigkeit liegt vor, wenn ein Vermögensgegenstand ohne allzu große Änderungen auch von anderen als dem aktuellen Eigentümer genutzt werden kann“*. Zudem fügt Keller (2013) hinzu, dass geprüft wird, ob eine Immobilie ohne Einschränkungen und ohne größeren Aufwand, hürdenlos drittverwendbar ist.

Im Falle der Umnutzung ist es jedenfalls erstrebenswert, die Effizienz des Gebäudes zu verbessern, um somit die Lebenszykluskosten zu reduzieren (Deden et al., 2018). Am Beispiel vom Millennium Tower, in 1200 Wien, wurde die Kreativität besonders Vorbildhaft im Sinne der Drittverwendungsfähigkeit insofern dargestellt, sodass nicht vermietete Büroflächen zu einem Business-Hotel umgewandelt wurden. Seither erfüllt das Business-Hotel eine nachhaltige als auch wirtschaftliche Verbesserung vom gesamten Standort (Senk, 2021).

### Wertstabilität

Der Leitfaden für Deutschland, Österreich und der Schweiz zur Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien, kurz NUWEL-Leitfaden, definiert die Wertstabilität wie folgt (Backes, 2014): *„Im Kontext der Wertermittlung sind Immobilien u. a. dann nachhaltig, wenn sie gut in der Lage sind, mit den Folgen von langfristigen Entwicklungen umzugehen oder – anders ausgedrückt – wenn sie ein geringeres Risiko (bzw. eine hohe Chance) aufweisen, aufgrund zukünftiger Entwicklungen an Wert zu verlieren (bzw. zu gewinnen).“*

Die Wertstabilität eines Gebäudes kann aufgrund der gängigen Wertermittlungsverfahren, dem Sach-, Vergleichs- und Ertragswertverfahren, über einen zeitlichen Horizont hinweg auf dessen Marktwert verglichen und beurteilt werden. Wenn der Marktwert des Gebäudes über einen längeren Zeitraum betrachtet

seinen Wert beibehält oder sogar steigt, ist grundsätzlich eine stabile Wertentwicklung gegeben (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2019).

Der Marktwert beim Vergleichswertverfahren baut auf der Basis von möglichst aktuell erzielter Preise vergleichbarer Objekte auf. Die Marktpreisfindung beim Sachwertverfahren orientiert sich an den aktuellen Errichtungskosten der bestehenden vergleichbaren baulichen Anlage. Währenddessen basiert das Ertragswertverfahren für die Wertfindung auf der Grundlage, dass eine Rendite aus der Vermietung oder Verpachtung der Liegenschaft angestrebt wird (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2019).

Jedoch abgesehen vom Wertermittlungsverfahren, lässt sich die Wertstabilität mit Hilfe von drei Faktoren bestimmen: Standort, Markt und Gebäude. Zu den Faktoren Standort und Markt können beispielsweise baurechtliche Eigenschaften, Nahversorgungsangebot, Immissionslage, Verkehrsanbindung, Wirtschaftsstruktur und -lage zugeordnet werden. Eines haben die Faktoren alle gemeinsam: sie ändern sich im Laufe der Zeit und bleiben nicht konstant. Mit anderen Worten, stellen die Faktoren ein Risiko für die Wertstabilität dar, die beispielsweise mithilfe von Markt- und Standortanalysen bereits während der Planungsphase abgefedert werden können, wobei dieses Risiko während der Nutzungsphase des Gebäudes nur eine geringe Auswirkung haben kann (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2019).

Da die Nutzung eines Gebäudes die kostenintensivste Phase ist und direkten Einfluss auf die Wertentwicklung des Gebäudes darstellt, muss dieser Faktor für die Wertstabilität bereits in der Planungsphase ordentlich berücksichtigt werden. Dazu gehören die Flächeneffizienz, die Anpassungsmöglichkeit (Flexibilität und Umnutzung), Widerstandsfähigkeit, Dauerhaftigkeit, energetische Eigenschaften und weitere (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2019).

Bestenfalls harmonisieren alle drei Faktoren miteinander, in denen das Gebäude in die Lage versetzt wird sich an die unterschiedlichen Anforderungen der standort- und marktbezogenen Faktoren anpassen zu können (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2019).



### 3.3 Potenziale

Die zahlreichen Synergienmöglichkeiten für ein umfassend nachhaltiges, ESG-konformes Gebäude sind vielschichtig. Zusammenfassend kann jedoch festgehalten werden, dass während der letzten Jahre ein breites Regelwerk geschnürt wurde, mit dem weitsichtigem Ziel zugunsten von nachhaltigen Konzepten und dem Fokus auf Klimaschutz, Langlebigkeit, Leistbarkeit und Kreislaufwirtschaft.

Auf **ökologischer Ebene** wird veranschaulicht, dass der Holzbau beinahe eine CO<sub>2</sub>-Neutralität möglich macht, wenn der Rohstoff regional und nachhaltig produziert wird. Währenddessen kommen Ziegeln mit integrierter Wärmedämmung und Porenbeton ohne zusätzliche Dämmung aus, was sich positiv auf die Ökologie auswirkt. Bei entsprechender Nutzungsanforderung, wie einer lauten Straße, wäre der Kalksandstein wiederum die ökologisch bessere Wahl, aufgrund vom guten Schallschutz. Zukunftsweisend stellt sich jedenfalls Recyclingbeton ins Rampenlicht, da große Mengen an Mülldeponie eingespart, sowie Kies- und Sandreserven geschont werden können.

Im Kontext der nachhaltigen Wasserwirtschaft besteht weiterhin großes Potenzial an der Wiederverwendung von Grauwasser, in Form von Einleitung dessen in Bereiche, die eine geringere Wasserqualität voraussetzen oder in der Wärmerückgewinnung Abhilfe schaffen können.

Die Abwanderung von fossilen Brennstoffen und Kohleheizungen ist unabwendbar und wird auf lange Sicht den erneuerbaren Energien weichen müssen. Besonders geeignet sind Wärmepumpen, Biomasse und energieeffiziente Fernwärmeanlagen, während Direkt- und Speicherheizungen bei einer guten Dämmung der Gebäudehülle nachhaltig und kostengünstig betrieben werden können.

Bereits während der Planungsphase kann aktiv auf den Energiebedarf eines Gebäudes eingewirkt werden, indem die Konzepte der Niedrigenergie- und Passivhäusern beherzigt und umgesetzt werden. Durch die Errichtung oder Sanierung von Althäusern, können mithilfe der Umsetzung dieser Prinzipien enorme Wärmeeinsparungen generiert werden.

Das knappe Angebot von Rohstoffen zwingt die Gesellschaft zum Schaffen neuer Technologien und Alternativen. Urban Mining bietet sich als Ausweg des nachhaltigen Recyclings an und erteilt zahlreiche Denkanstöße, wie sekundäre Ressourcen aufgenommen und wiederverwertet werden können. Die Implementierung solcher

Initiativen bieten enormes Potenzial, um die Rohstoffengpässe langfristig zu entschärfen.

Auf **soziologischer Ebene** steht zunächst leistbares Wohnen im Fokus. Die Politik versucht, mithilfe von geförderten Wohnbauten und durch Eingriff in die Mietzinsgrenzen, die Wohnungspreise möglichst günstig zu halten. Aktuell erfährt die Bauindustrie massiv steigende Baupreise, weswegen Potenziale, bei einer effizienten Standardisierung und Konzeptionierung der Planung, für günstigere und ökologische Bauweisen herrschen.

Integrierter und inklusiver Wohnraum ermöglicht ein gemeinschaftliches Zusammenleben zwischen Jung und Alt, Menschen mit und ohne Betreuungsbedarf sowie Arm und wohlhabend. Hier gibt es bereits einige Vorzeigebispiele, die entsprechende Erfolge vorweisen können und weitere Projekte sind in Planung.

Die Gesundheit und Lebensqualität steht im Mittelpunkt der Wohnungsnutzenden. Hier können sich unterschiedliche Faktoren auf die Gesundheit und Lebensqualität positiv als auch negativ auswirken, welche vor allem durch die Innenraumluft, Luftfeuchtigkeit und Außenluft beeinflusst wird. Die Ambition ist es daher, durch gezielte Maßnahmen die Belastung der Innenraumluft zu verringern und somit Gesundheit sowie Lebensqualität für sämtliche Nutzer\*innen zu verbessern.

Während ein Drittel der Wiener Bevölkerung ein hohes beziehungsweise sehr hohes Sicherheitsgefühl in Wien haben, besteht immerhin für einen Großteil der Menschen noch Verbesserungspotenzial. Diverse Sicherheitsfirmen bieten bereits eine Palette an Produkte und Dienstleistungen an, welche präventiv und teilweise über künstliche Intelligenz nachhaltige Lösungen bieten. Wichtig ist jedenfalls das gesamtheitliche Sicherheitsgefühl im Wohngebäude, unter anderem: Anordnung, Beleuchtung und Fluchtwege.

Das Mobilitätskonzept rundet die soziologische Ebene ab und verbindet das Wohngebäude mit der restlichen Außenwelt. Hierzu zählen die fußläufigen, als auch die motorisierten Zielorte. Das Mobilitätsangebot sollte gut durchdacht und an die Anforderungen der Gebäudenutzer\*innen angepasst werden. Möglichkeiten sind: Ladestationen für Elektroautos, mobile Sharing-Anbieter, Auto- und Fahrradabstellplätze, sowie Angebote in der näheren Umgebung, wie der öffentliche Personennahverkehr oder andere Einrichtungen.

Auf **ökonomischer Ebene** stehen die Lebenszykluskosten zunächst im Mittelpunkt. Es gilt ein möglichst nachhaltiges Gebäude zu errichten, welches im Vergleich zu



einem konventionellen Gebäude entsprechend geringe Kosten verursacht. Erzielt werden kann das unter anderem mit der Fokussierung auf die Nutzungsphase als Kostentreiber, da diese den Großteil des Aufwandes ausmachen. Als Kalkulationsmodell empfiehlt sich die ÖNORM B 1801-4.

Impact Investing ermöglicht Anlegern eine Doppelspurigkeit: Generierung von Renditen, bei gleichzeitiger Beitragsleistung für die Gesellschaft. Die Auswirkungen dieser Initiative gilt es bestmöglich messbar und transparent darzustellen. Die 17 Sustainable Development Goals (SDGs) der Vereinten Nationen dienen dabei als Berichtgrundlage, während zumindest einer dieser Ziele pro Investment erfüllt werden sollte.

Der Abriss von einem Gebäude ist besonders kostenintensiv, weswegen es sich empfiehlt auf eine Umnutzungs- und Drittverwendungsfähigkeit bereits während der Planungsphase zu setzen. Durch diese Maßnahmen verlängert sich der Lebenszyklus des Gebäudes und die Gesamtkosten sinken auf lange Sicht gesehen.

Die Wertstabilität von einem Gebäude definiert sich durch die Fähigkeit die Wertigkeit dessen stabil zu halten oder zu steigern. Die Stabilität lässt sich auf Basis von einigen Faktoren ermitteln, jedoch sollte der Fokus auf der Nutzungsphase des Gebäudes liegen, da diese den größten Einfluss hat.

## 4 Das digitale Gebäude

In den folgenden Kapiteln wird zu Beginn auf die Rahmenbedingungen von digitalen Gebäuden eingegangen, damit die Wichtigkeit dessen für die Wettbewerbsfähigkeit hervorgehoben werden kann. Im nächsten Schritt werden, anhand der jeweiligen Lebenszyklusabschnitte eines Gebäudes, der resultierende Mehrwert durch Digitalisierung für alle Beteiligten beleuchtet. Abschließend werden die dargestellten Potenziale zusammengefasst.

### 4.1 Rahmenbedingungen

Ein weiterer großer Zukunftstrend im Baugewerbe liegt in der Digitalisierung. Marktteilnehmer der Bauwirtschaft haben sich zur Digitalisierung bereits eine erste Meinung gebildet (Goger et al., 2017):

- *„Die vollständige Digitalisierung der Wertschöpfungskette von Bauprojekten kommt mit großen Schritten auf uns zu.“*
- *„Die Digitalisierung bietet uns die Chance radikaler Verbesserung!“*
- *„Aus der Automatisierung wird effiziente Vielfalt entstehen!“*
- *„Die Lernkurve im Bauwesen wird sich dank durchgängiger Datenketten verbessern!“*

Michel Bohren, Geschäftsführer von CRB, welches als schweizerisches Kompetenzzentrum für Standards in der Bau- und Immobilienwirtschaft gilt, bringt es auf den Punkt: *„Das Baugewerbe steht vor einer der größten Herausforderungen der Geschichte und ist gut beraten, die digitale Transformation als Chance zu sehen.“* (Madaster Schweiz, 2019).

Die Branche ist sich offensichtlich flächendeckend darüber einig, was durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2018) in Österreich (BMVIT), nochmal bekräftigt wird: Der gesamte Lebenszyklus von Gebäuden kann, mithilfe digitaler Technologien, langfristig enorme Potenziale in der Erhöhung der Qualität und Effizienz der Kostenstruktur von Gebäuden bewirken, als auch zur Energie- und Ressourcenoptimierung beitragen. Es ist daher wenig verwunderlich, dass in dem Programm „Stadt der Zukunft“ das BMVIT aktuell das zentrale Thema „Digitales Bauen, Planen und Betreiben von Gebäuden“ verfolgt.

Das europäische Parlament hat das Potenzial der Digitalisierung ebenfalls erkannt und einen entsprechenden Rahmen geschaffen: Die EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie

(EPBD 2018) empfiehlt optional den Smart Readiness Indicator (SRI), welcher zur Bewertung der Intelligenzfähigkeit von Gebäuden eingesetzt wird. SRI soll einen wesentlichen Beitrag zur beschleunigten Digitalisierung des Gebäudebestands und Steigerung der Effizienz leisten (Lennerts & Fisch, 2021).

Das Konzept wird durch das Europäische Parlament (2018) wie folgt beschrieben:

*„Der Intelligenzfähigkeitsindikator sollte verwendet werden, um die Fähigkeit von Gebäuden zu messen, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie elektronische Systeme zur Anpassung des Betriebs der Gebäude an den Bedarf der Bewohner und des Netzes sowie zur Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz und -leistung der Gebäude zu nutzen. Der Intelligenzfähigkeitsindikator sollte die Eigentümer und die Bewohner von Gebäuden auf die Vorteile der Nutzung der Gebäudeautomatisierung und elektronischen Überwachung gebäudetechnischer Systeme aufmerksam machen und sollte bei den Bewohnern Vertrauen im Hinblick auf die durch diese neuen erweiterten Funktionen tatsächlich erzielten Einsparungen schaffen. Die Verwendung des Systems zur Bewertung der Intelligenzfähigkeit von Gebäuden sollte für die Mitgliedstaaten optional sein.“*

Der Einsatz der derzeit noch freiwilligen Anwendung der EU-Richtlinie bleibt jedoch den Mitgliedsstaaten überlassen (Lennerts & Fisch, 2021).

Währenddessen hat Österreich mit der nationalen Einführung der Normen zum Themengebiet Digitalisierung im Baugewerbe bereits die Weichen gelegt: Die ÖNORM A 6241 beinhaltet in zwei Teilen die Anforderungen für eine digitale Modellierung, somit unter anderem Grundlagen zu BIM und zum digitalen Datenaustausch (Goger et al., 2017).

## 4.2 Einflussfaktoren

Es kann bereits heute davon ausgegangen werden, dass der gesamte Lebenszyklus von Gebäuden beginnend von der Planung, über die Baurealisierung, bis hin zur Nutzung und abschließend beim Rückbau digital verlinkt sein werden (Goger et al., 2017).

Die Möglichkeiten von digitalen Technologien und Lösungen sind breit aufgestellt und werden mit hoher Geschwindigkeit ständig weiterentwickelt oder neu erfunden. Die Anwendung von BIM gibt an dieser Stelle einen entscheidenden Anstoß zur Revolutionierung der Bauplanung und -ausführung. Aktuell, weitere mit der Bauwirtschaft im Zusammenhang stehende digitale Technologien, können hier beispielhaft bereits einige Möglichkeiten genannt werden und werden grundlegend in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert: Digitaler Zwilling, Smart Buildings, Big Data, Internet der Dinge (IoT), Künstliche Intelligenz (KI), Robotik, 3D-Druck, Sensorik, virtuelle und erweiterte Realität und der Einsatz von Drohnen. Zusätzlich bieten diese Innovationen sowohl neue Job- und Ausbildungsanforderungen, als auch einen Bedarf an neuen rechtlichen und organisatorischen Grundlagen (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018; Lünendonk & Hossenfelder, 2017; Frahm & Rahebi, 2021).

BIM spielt beim gesamten Lebenszyklus von Gebäuden eine zentrale Rolle, da eine durchlaufende Zusammenarbeit diverser Akteure an einem Gebäudemodell möglich gemacht werden. Die notwendige Basis dafür wird durch die Schaffung von derselben Datengrundlage erreicht, in der die Plattform durch Planer\*in, Architekt\*in, Statiker\*in, Handwerker\*in und Betreiber\*in in den jeweiligen Lebenszyklusphasen bespielt und koordiniert werden können, während diese von sämtlichen Akteuren aktualisiert zu jeder Zeit abrufbar sind. In Abbildung 10 wird die BIM-Wertschöpfungskette, unterteilt in Entwicklung und Datenaufnahme, Planung, Ausführung, Betrieb und Dokumentation, sowie Abbruch, ausführlich dargestellt und lässt schnell erkennen: Mit der flächendeckenden, zentralen Implementierung von BIM lässt sich viel Zeit, Kosten und Ressourcen einsparen, was schließlich auch vielen Herausforderungen vorbeugt (Hottgenroth, 2022).



**Abbildung 10: BIM-Wertschöpfungskette (Quelle: Hottgenroth, 2022)**

Aktuell können am Markt diverse Softwareanbieter für BIM-Projekte, wie Autodesk, Graphisoft oder Nemetschek, in den verschiedenen Phasen identifiziert werden, welche allesamt gefordert sind einen reibungslosen Datenaustausch zwischen den verwendeten Softwareanwendungen der einzelnen Gewerke sicher zu stellen, um einen wertvollen Datenverlust zu vermeiden. Gelingt der Datenaustausch auf allen Ebenen, stellt das digitale Gebäudemodell jedenfalls eine virtuelle Kopie vom tatsächlich errichteten Gebäude dar und wird in der Fachsprache als „digitaler Zwilling“ bezeichnet. Anhand des digitalen Zwillings können jederzeit Szenarien simuliert, analysiert und optimiert werden, und sind somit der ideale Begleiter während dem gesamten Lebenszyklus (Goger et al., 2017).

In Österreich wurde das enorme Potenzial der Digitalisierung scheinbar erkannt. Daher ist nun der Zeitpunkt um den Digitalisierungsprozess als vielversprechende Chance anzusehen und stetig voran zu treiben, um im globalen Vergleich weiterhin konkurrenzfähig zu bleiben. Aufgrund der Komplexität sollte der Prozess jedenfalls in aufbauende Phasen gegliedert werden. Während einige digitale Technologien nicht in jeder Phase des Lebenszyklus eines Gebäudes eingesetzt werden können, ist es

jedenfalls das Bestreben, dass BIM über den gesamten Zyklus eingesetzt wird (Goger et al., 2017).

Die folgenden Abschnitte beinhalten eine nähere Betrachtung der einzelnen Phasen, welche begrifflich in Entwicklung, Errichtung und Nutzung gefasst werden. Um jedoch eine vollumfängliche Kreislaufwirtschaft zu garantieren, werden abschließend noch die gebotenen Möglichkeiten für den Rückbau im digitalen Kontext erläutert. Da die Einsatzgebiete von BIM in sämtlichen dieser Phasen Rücksicht finden, wird in jeder dieser Phasen der jeweilige Nutzen davon hervorgehoben.

#### 4.2.1 Entwicklung: Idee & Planung

Die Planungsphase wird von Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerald Goger, von der TU-Wien, mit folgenden Worten erläutert: „*Die Planung profitiert insbesondere durch die bessere Koordination der Fachgewerke und die Möglichkeit, Konflikte an deren Schnittstellen frühzeitig in digitalen Gebäudemodellen zu lösen*“ (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie & Klima- Und Energiefonds, 2018).

Zu Beginn steht die Entwicklungs- und Planungsphase, in derer sich Architekt\*innen und Planer\*innen bereits mit dem Grundstein des digitalen Gebäudemodells beschäftigen. Bereits hier ist es essentiell mit einem kooperativen, **BIM**-kompatiblen Ansatz zu arbeiten, damit eine reibungslose Wertschöpfungskette ermöglicht werden kann und ist Voraussetzung für ein BIM-Projekt. Im besten Fall ist dann von einer Aufwertung des Planungsergebnisses und einer frühzeitigen Erkennung von fehlerhaften Planungen auszugehen, wovon sowohl Bauherr als auch Unternehmen profitieren können. Das digitale Gebäudemodell bietet eine gemeinsame Datenplattform und fördert den Datenaustausch, welches anschließend in jeglicher Lebenszyklusphase als Grundlage verwendet werden kann. Währenddessen ist die Kosten- und Terminplanung bereits zu Beginn der Planungsphase einzuordnen. Unabhängig davon kann hier jedoch nicht strikt von der nächsten Phase der Bauausführung getrennt werden und würde ohnehin dem Integritätsprinzip von BIM widersprechen (Fröch et al., 2016; Goger et al., 2017).

Als Erweiterung der Planungsaktivitäten eines digitalen Gebäudemodells, lässt sich das zu errichtende Gebäude in der Welt der **virtuellen (VR) und erweiterten/gemischten (AR/MR) Realität** als 3D-Visualisierung, sowohl von innen als auch von außen, begehen. Unter anderem, wird die Planungsphase von diesen digitalen Betrachtungsmöglichkeiten umfassend beeinflusst, da die Gebäudemodelle mit zahlreichen Elementen bereits in dieser Phase dreidimensional eingesehen und

räumlich spürbar gemacht werden können. Mithilfe dieser Technologie können zahlreiche weitere Anwendungsgebiete gefunden werden. In Tabelle 4 werden einige dieser potenziellen Anwendungsgebiete beschrieben. Beispielsweise kann diese zu Schulungs- und Kommunikationszwecken eingesetzt werden. Ebenso können Immobilien von jedem beliebigen Standort auf der Welt besichtigt und die Planung der Flächen bereits in dieser Phase vorangetrieben werden. (Goger et al., 2017; Peyinghaus, 2019).

In den nächsten Abschnitten werden weitere jeweils relevante Einsatzbereiche für VR, AR und MR hervorgehoben.

Anwendungsmöglichkeiten	
Virtual Reality	Augmented/Mixed Reality
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 3D-Visualisierungen von Innen- und Außendesign</li> <li>▪ Interaktive Begehungen von Gebäuden</li> <li>▪ Kommunikation</li> <li>▪ Schulungsmöglichkeiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bewehrungsabnahme auf der Baustelle (Vergleich der Realität mit dem 3D-Bewehrungsplan)</li> <li>▪ Interaktive Einblendung von Sicherheitshinweisen auf Baustellen</li> <li>▪ Kommunikation (gemeinsames Betrachten eines 3D-Modells)</li> <li>▪ Fernwartung (Anweisungen werden auf die Brille übertragen)</li> <li>▪ Einblenden von Einbauanleitungen</li> <li>▪ Einblenden von Informationen für FM</li> <li>▪ Visualisierung von eingebauten Leitungen bei Sanierungen</li> <li>▪ Schulungsmöglichkeiten</li> <li>▪ Visualisieren der herzustellenden Bauteile auf der Baustelle</li> </ul>

**Tabelle 4: Anwendungsmöglichkeiten von Virtual Reality und Augmented/Mixed Reality (Quelle: Goger et al., 2017)**

Es ist für Architekten gängige Praxis in der Anfangsphase kleinformatige Modelle der zu errichtenden Gebäude zu erstellen. Das lässt sich jedoch nur sehr aufwendig umsetzen. Daher kann das zu entstehende Gebäude anhand eines virtuellen 3D-Modells und mit geeigneten **3D-Druckergeräten** ausgedruckt, somit bereits während der Planung im Miniaturformat besser verstanden und verbessert werden. Zudem ermöglichen 3D-Scanner die virtuelle Aufnahme von bestehenden Objekten, was für



die weitere Planung und Bearbeitung besonders hilfreich sein kann (Junk, 2020; Kaffka, 2022).

Nicht zuletzt, stellt die Planung eines Projekts massiven Zeitaufwand dar. Besonders intensiv ist die Erstellung unterschiedlicher Entwürfe, die wiederholte Anpassung dieser und die Prüfung, ob die Pläne mit der jeweiligen Bauordnung im Einklang stehen. **Künstliche Intelligenz (KI)** kann hier zur Effizienzsteigerung beitragen und jede Menge Aufwand ersparen. So lässt sich beispielsweise eine Wissensdatenbank aufbauen, welche anhand von der Eingabe von Attributen eine Entwurfsempfehlung an den Planenden abgibt und so völlig unerwartet durchaus zur zusätzlichen Kreativität von Bauwerken führen. Zudem können, aufgrund von KI-Technologie, bereits in dieser Phase konkrete Schlüsse zu Energieeffizienz und Gebäudeleistung getroffen werden (König, 2021).

#### 4.2.2 Errichtung: Realisierung & Bau

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerald Goger, von der TU-Wien, sieht in der Ausführungsphase *„(...) in erster Linie den Vorteil, dass durch die Digitalisierung ein optimierter Ressourceneinsatz, eine durchgeplante Prozesskette und eine transparente Dokumentation und höhere Ausführungsqualität möglich sind“* (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie & Klima- Und Energiefonds, 2018).

In dieser Phase ist das digitale **BIM**-Gebäudemodell vor allem bei der Umsetzung behilflich und dient als Bindeglied zur effizienteren Koordinierung von Baustellenabläufen und der Planungssicherheit, was potenziell zur Senkung der Kosten und Fehlerquote führt (Fröch et al., 2016; Goger et al., 2017).

Das erstellte Gebäudemodell durch BIM kann in der anschließenden Produktion bereits heute teilweise über einen **3D-Drucker** realisiert werden, so etwa anhand des Betondruckers, welcher sogar vor Ort und Stelle eingesetzt werden kann. Es ist aus heutiger Sicht jedoch weiteres Entwicklungspotenzial anzunehmen, da die notwendigen Eigenschaften von Baumaterialien durch den 3D-Drucker noch nicht vollumfänglich sichergestellt werden können. Jedenfalls wird von der Digital Roadmap Austria angenommen, dass der 3D-Drucker langfristig die konventionelle Herstellung von Baumaterialien ablösen und den Fertigungsablauf massiv ankurbeln kann (Goger et al., 2017; Krause, 2021).

Diverse **Robotik** Lösungen, sprich dem Einsatz von maschinengeführten Geräten, gewinnen auf der Baustelle zunehmend an Bedeutung. Ausschlaggebend hierfür sind die steigenden Baukosten und der wachsende Mangel an Fachpersonal. Grundsätzlich ist zwischen dem beteiligten Einsatz von Menschen zur Maschine, sowie dem unbeteiligten Einsatz von Maschinen die Rede. Mit zunehmender Komplexität des Bauprojekts und Unabhängigkeit einer jeweiligen Maschine von Menschen, wächst ebenso der zuzuführende Datenbedarf an die Maschine. Mithilfe des bereits mehrfach erwähnten BIM-Gebäudemodells, können wertvolle Eigenschaften und Daten an die maschinelle Robotik, zur Umsetzung auf der Baustelle, geliefert werden. Beispielsweise könnte hiermit der genaue Standort für Bohrungen oder die Positionierung von Bauteilen angezeigt werden (Borrmann et al., 2015; Schermer & Brehm, 2021).

Technologien für die Baustellensicherheit sind ein weiterer besonders wertvoller Einsatzbereich während der Realisierung von Immobilienprojekten. Wie im vorherigen Abschnitt und in Tabelle 4 bereits erläutert, kann **Augmented und Mixed Reality** vielseitig eingesetzt werden und besonders bei der Absicherung von Baustellen, mittels der Einblendung von Sicherheitsinformationen, großartige Arbeit leisten (Goger et al., 2017).

Jedoch auch mittels **Künstlicher Intelligenz** (KI) kann während dem laufenden Baubetrieb ein wertvoller Beitrag zur Baustellensicherheit und Effizienz geleistet werden. Dabei können Kameraaufnahmen, Sensortechnik und weitere Geräte zum Einsatz kommen, um die daraus generierten Daten über KI-Applikationen zu bewerten. Arbeiter\*innen, welche sich gegebenenfalls in Gefahrenzonen befinden, könnten dadurch selber, sowie die Mitarbeiter\*innen darüber in Kenntnis gesetzt werden (König, 2021).

#### 4.2.3 Nutzung: Facility Management

Die Betriebs- und Nutzungsphase folgt im Anschluss der Übergabe des fertiggestellten Gebäudes an den Betreiber und stellt den größten Kostenblock während dem gesamten Lebenszyklus dar (Goger et al., 2017). Aus diesem Grund, bestehen in diesem Zyklus besonders viele Optimierungspotenziale, wo zahlreiche Technologien zum Zug kommen können.

Aufgrund der durchgehenden Datensammlung auf Grundlage von **BIM** während der ersten beiden Phasen, kann dem Betreiber eine vollständige und stets aktuelle digitale Dokumentation des Gebäudebestands übergeben werden. Diese sind in

weiterer Folge, für die bestmögliche Inbetriebnahme und Wartung des Gebäudes, von enormen Wert und ermöglicht laufende Kosten zu optimieren (Fröch et al., 2016; Goger et al., 2017).

Das **Computer Aided Facility Management (CAFM)** bedient sich des virtuellen Gebäudemodells, damit der Betreiber zahlreiche Managementaufgaben übernehmen und effizient bearbeiten kann. Typische Aufgabenbereiche beinhalten auszugsweise die Bestands- und Betriebsdokumentation, sowie das Flächen-, Energie-, Instandhaltungs- und Nachhaltigkeitsmanagement. Voraussetzung ist, dass die Gebäudedaten zu Beginn in aktueller Art und Weise zur Verfügung stehen. Für die einzelnen Teilbereiche des Facility Managements bestehen am Markt grundsätzlich diverse Softwarelösungen, jedoch ist eine umfassend integrierte Lösung jedenfalls für zweckmäßiger zu erachten. Eine integrierte CAFM-Software ermöglicht einen systematisierten Zugriff auf virtuelle Gebäudedaten, welche grafisch und alphanumerisch eingesehen werden können. Wesentlich ist, wie eingangs erwähnt, das virtuelle Gebäudemodell auch fortlaufend mit aktualisierten Daten zu füttern (May, 2018).

Der Einsatz von **Augmented / Mixed Reality** baut eben auf den Grundlagen von BIM auf, unterstützt das Facility Management indem beispielsweise relevante Informationen angezeigt werden, als auch Fachkräfte, denen bei anstehenden Sanierungen die eingebauten Leitungen eingeblendet werden können und bereits in Tabelle 4 veranschaulicht wurde. Ebenso **KI-Anwendungen** können hier für die weitere Verarbeitung eingesetzt werden, indem sie aufgenommene Daten etwa als Warnhinweise anzeigen (Goger et al., 2017; König, 2021).

Der Einbau von **IoT-Technologien**, in Form von Sensorgeräten und der Verknüpfung mit Bestandsdaten und KI-Prozessen, lässt das Gebäude zunehmend zu einem „Smart Building“ aufleben und bietet bisher unbegrenzte Möglichkeiten. Die Automation von Wohngebäuden wird heutzutage somit mehrfach auch als Smart Home, sprich Intelligentes Zuhause, definiert und birgt enorme Potenziale. Entsprechend kann beispielsweise bereits frühzeitig und vor Auftreten von größeren Mängeln auf notwendige Wartungsarbeiten hingewiesen werden, dem sogenannten Predictive Maintenance. Ebenso können Sensoren unter anderem zur Optimierung vom Reinigungsmanagement, von Klimaqualität oder auch zum Erfassen von Benutzererfahrungen und zur Regulierung der Beleuchtung eingesetzt werden: Mittels entsprechender Meldetechnik und vordefinierter Datenmatrix, kann so der Verschmutzungsgrad ermittelt, durch Dosiersysteme in Waschküchen oder

Sanitäreanlagen der Füllstand ausgegeben, die Raumklimabedingungen angezeigt, die Lichtverhältnisse angepasst, als auch die Nutzerzufriedenheit anhand von Emoji-Tasten abgefragt werden. Generell werden bei der Sensorik-Technologie die Ist-Daten mit den Soll-Daten verglichen und sobald Divergenzen auftreten, vordefinierte Maßnahmen ausgelöst. Jedenfalls sind die Sensoren für die Integrierung in Immobilien optimal, da diese mittlerweile nicht viel größer als Postkarten sind und eine Batteriebensdauer von bis zu zehn Jahren besitzen (König, 2021; May, 2018; Peyinghaus & Zeitner, 2019; Völkel & Lorbach, 2015, zitiert nach Wisser, 2018).

Es bestehen weitere innovative Technologien, die als Brücke zu den oben erwähnten Lösungen angewandt werden können und zur Steigerung der Effizienz im Allgemeinen beitragen. Eine davon ist der Einsatz von **Pay-per-Use** Modellen, sprich einem nutzerbezogenen Abrechnungsmodell, wo der Nutzende nur für die verwendeten Ressourcen zahlt. Ebenso ist die Implementierung einer **Plug and Play-Infrastruktur** (PnP) fördernd, in welcher Hardwaremodule vorab bereitstehen, jedoch die zugehörigen Geräte, bei Bedarf, zunächst nachgerüstet werden müssen und nach der Anschaffung sofort einsatzbereit sind (Geißler & Ostler, 2018; Hanna, 2021).

#### 4.2.4 Rückbau: Abbruch & Recycling

In der Endphase der Lebensdauer eines Gebäudes, kann schließlich das stets gewartete digitale BIM-Gebäudemodell, Aufschluss darüber geben, wie ein Rückbau oder eine Renovierung des Bestandes ökonomisch sinnvoll aussehen könnte (Autodesk, 2022).

Die umfangreiche Datenlage im BIM-Gebäudemodell lassen zu den eingesetzten Baumaterialien und deren Zustand, mittels einem sogenannten Materialpass, welche die Dokumentation von eingesetzten Baumaterialien beherbergt, rasch Schlüsse über die Notwendigkeit zum Recycling oder der Möglichkeit zur Wiederverwendung ziehen (Madaster Schweiz, 2019; Peyinghaus & Zeitner, 2019).

Die oben erwähnten Technologien können wie im Kreislauf wiederholt eingesetzt werden, um so beispielsweise die vorhandenen BIM-Daten zu den Baumaterialien in KI- und AR-Technologien einzusehen und zu prüfen. Ähnlich wie in der Planungsphase, können dieselben Technologien einen Abbruch des Gebäudes digital greifbarer machen und somit Effizienz, Sicherheit und Koordination gesteigert werden.

## 4.3 Potenziale

Zusammenfassend kann grundsätzlich festgestellt werden, dass sich sämtliche digitale Anwendungen um dieselbe Basis drehen: die Verfügbarkeit und der Vollständigkeit von Daten (König, 2021).

Die Erstellung eines **digitalen Gebäudemodells** und Anwendung von **BIM** kompatiblen Technologien stellt bei der Datensammlung und -verwaltung jedenfalls den Dreh- und Angelpunkt dar. BIM im Einsatz über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, hält für alle Beteiligten einen massiven Mehrwert bereit. Die Liste ist lang und es liegen zahlreiche Vorteile auf der Hand, jedoch es bestehen weiterhin noch viele zu wenig ausgereiften Potenziale, die es noch zu entwickeln gilt.

Mithilfe von **VR, AR und MR** kann das digitale Gebäudemodell als 3D-Visualisierung dargestellt und das Gebäude noch lange vor dessen Errichtung greifbarer gemacht werden. Peyinghaus und Zeitner (2019) stellen fest, dass vor allem Projektentwickelnde, Makler\*innen und Käufer\*innen von VR, AR und MR, über alle Lebenszyklusphasen hinweg, profitieren können, da die Effizienz gesteigert, die Planungs- und Vermarktungsphase verkürzt und der Zeitaufwand insgesamt reduziert wird. Goger, et. al. (2017) beschreibt allerdings, dass die Technologie aktuell noch mit einigen Hürden zu kämpfen hat, die es zu lösen gilt: Unter anderem ist die Technologie nicht voll ausgereift, es fehlt an ausgebildeten Fachpersonal, die Kosten sind hoch und es besteht keine große Nachfrage auf den Baustellen.

Das Gebäude über einen **3D-Drucker** in Kleinformat zu drucken, kann als zusätzliche Möglichkeit erachtet werden, um aufbauend auf VR, AR und MR, das Gebäude nochmal eine Spur greifbarer zu machen. Der nächste Schritt in der Wertschöpfungskette sieht das 3D drucken von Baumaterialien vor, jedoch kommt der Drucker vielerorts noch nicht an die Eigenschaften von konventionellen Materialien heran, wodurch noch sehr viel Entwicklungspotenzial besteht.

Der Einsatz von **KI-Technologie** in der Bauplanung und -umsetzung, fördert eine schnellere Identifizierung von Fehlerquellen und relevanten Kernwerten, ist dabei behilflich die Sicherheit auf Baustellen zu erhöhen und die erfassten Daten können wiederholt in effizienter und automatisierter Form zur Anwendung kommen. Die Technologie wird bereits bei Sensoren und in Kameras verwendet, bietet jedoch die Möglichkeit in diversen weiteren Geräten eingesetzt zu werden.

Das **Computer Aided Facility Management** kommt hauptsächlich während der Nutzungsphase zur Anwendung und deckt mehrere Bereiche gleichzeitig ab. Hierfür

ist es ratsam, eine zentralisierte und integrierte Plattform zur Anwendung zu bringen, welche die diversen Aufgabenbereiche des Facility Managements und dem digitalen Gebäudemodell verbinden. Wichtig ist, dass die Daten stets auf aktuellem Stand gehalten werden, um die CAFM-Software konstruktiv nutzen zu können. Es besteht jedenfalls großes Potenzial in der Entwicklung einer solchen integrierten CAFM-Software, welche sämtliche Bereiche während der Nutzung abdeckt.

**Robotik** wird zunehmend relevanter in der Anwendung auf Baustellen, da ausgebildete Fachkräfte immer knapper werden und Baukosten in die Höhe schießen. Hier bietet Robotik die Möglichkeit, genauer und effizienter zu arbeiten, sofern diese mit den korrekten Daten bespielt wird. Robotik kann somit wertvolle Zeitressourcen sparen, Fachpersonal ersetzen und Fehlerquoten beheben.

Die Grenzen und Möglichkeiten von **IoT-Technologien** sind bisher nicht ausreichend erforscht. Smart Building, Predictive Maintenance, und weitere, betrachtet als generelle Automation von Gebäuden, ist ein breites Forschungsfeld und hat enorme Entwicklungsmöglichkeiten. IoT ist auf mehreren Ebenen hilfreich und trägt in Gebäuden zur Autonomie, Behaglichkeit und Sicherheit bedeutend bei.

**Pay-per-Use** und **Plug and Play-Infrastruktur** sind einige weitere Anwendungen, die als Unterstützung zu einem zunehmend digitalen Gebäude zum Einsatz kommen können, welche außerordentliches Ausbaupotenzial für die Nachhaltigkeit und der Effizienzoptimierung vom Nutzungsverhalten haben.

Abgesehen davon bestehen einige weitere innovative Technologien, die entweder noch nicht gänzlich in der Immobilienbranche angekommen sind, oder weiteren Entwicklungsbedarf bedürfen. Grundlegend jedoch müssen die Möglichkeiten von sämtlichen hier erwähnten Technologielösungen in Kombination verstanden werden, um das volle Potenzial ausschöpfen zu können. Gleichzeitig braucht es ausreichend aus- und fortgebildetes Personal. Peyinghaus und Zeitner (2019) ziehen dabei folgende Erkenntnis: *„IoT-Technologien, vernetzte Sensorik und selbstoptimierende KI schaffen grundsätzlich die Voraussetzungen für eine autonome Steuerung von Gebäuden und Anlagen.“* Schließlich untermauert König (2021) dies mit folgender Aussage: *„Die Einführung von KI im Zusammenspiel mit BIM und neuen Möglichkeiten der Robotik wird das Bauwesen nachhaltig verändern. Dafür braucht es jedoch neue Kompetenzen. Digitale Transformation bedeutet somit auch immer Weiterbildung.“*

## 5 Das nachhaltig digitale Mixed-Use Wohngebäude

In den folgenden Kapiteln wird auf die Besonderheiten von Mixed-Use Formen, in Kombination mit einem nachhaltigen, digitalen Gebäude eingegangen. Das Ziel ist schließlich, die Abhängigkeit voneinander und die gleichzeitige Wichtigkeit füreinander hervorzuheben, um ein möglichst nachhaltiges Wohngebäude zu planen, zu errichten und zu nutzen.

Zu Beginn wird auf die Einflussfaktoren von einem nachhaltig digitalen Mixed-Use Wohngebäude und dem Hintergrund der gemeinsamen Abhängigkeit voneinander eingegangen. Im Anschluss werden die jeweilig zusammenhängenden Einflussfaktoren behandelt, welche auf die ESG-Richtlinien aufgegliedert werden und, wie beschrieben, den Komponenten Ökologie, Soziologie und Ökonomie entsprechen.

### 5.1 Einflussfaktoren

An dieser Stelle wird umso klarer, dass ein weiterer großer Hebel bei der Zielverfolgung der Klimaneutralität und generell der Nachhaltigkeit von Gebäuden, in der Digitalisierung liegt. Es mag auf den ersten Blick nicht umgehend klar sein, wie Digitalisierung und Klimaneutralität zusammenpassen, jedoch verbergen sich zahlreiche Potenziale hinter einer digitalen Transformation, die unter anderem mit Effizienzsteigerung, erhöhter Präzession und besserer Messbarkeit einher gehen. All diese Aspekte können, jedoch nicht abschließend, zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele vor allem als Hilfsmittel zur Verfügung stehen.

Die Vereinten Nationen sehen, wie in ihrem SDG-Bericht von 2018 erläutert, digitale Technologien als zentralen Faktor für die Statusverfolgung der SDG-Ziele. Grundlage dessen sind die Masse an erfassten Daten, welche es zu erheben, bearbeiten und analysieren gilt. Die Kombination aus digitaler Kompetenz und Nachhaltigkeitsfaktoren, lässt somit beispielsweise die effizientere Bekämpfung des Klimawandels mittels Prognosen bei Energiesystemen zu. Zudem eröffnet die Automation von Gebäuden viele neue Entwicklungsmöglichkeiten, da sie unter anderem zu effizienteren Energiesystemen führen und Kostenreduktionen ermöglichen können, während die Entwicklung von erneuerbaren Energien weiterhin gefördert wird (United Nations, 2018; Wisser, 2018).



Wie bereits in den Begriffsbestimmungen für Mixed-Use Gebäude beschrieben wurde, erklärt Catella (2019, S. 2-3), dass die Zielsetzung von Mixed-Use Formen in den Synergieeffekten wieder zu finden sind, welche durch die Integrierung unterschiedlicher Nutzungsformen einen Mehrwert für alle Beteiligten schafft. Ebenso Grafe (2020) sieht das Bedürfnis von Mischnutzungsmodellen, die das Angebot von Wohnen, Arbeiten und Erholen in Form von Quartieren vereinen, damit Synergieeffekte zur Umweltschonung vorangetrieben und die Erfüllung von ESG-Faktoren verfolgt werden können.

Das Zukunftsinstitut (2022), führend in der europäischen Trend- und Zukunftsforschung, sieht in diesem Zusammenhang die Lebensqualität im Mittelpunkt und fasst den Trend wie folgt zusammen: *„Lebensqualität wird zum Schlüsselfaktor und Garant für ökonomische, ökologische und soziale Stadt-Stabilität. Neue Umwelttechnologien, energieeffiziente Lösungen und zunehmende Digitalisierung tragen zur qualitativen Verbesserung des Stadtlebens bei.“*

In den folgenden Abschnitten werden daher die Schlüsselfaktoren Ökologie, Soziologie und Ökonomie in ihre Bestandteile auseinandergenommen, um den Einfluss und die Konsequenz durch Nachhaltigkeit und Digitalisierung in Mixed-Use Gebäuden hervor zu heben. Generell ist zu beachten, dass die Nachhaltigkeit bereits von Natur aus das Bedürfnis der Effizienzsteigerung, Ressourcenschonung, Nutzerorientierung und Kostenreduktion besitzt, welche allesamt übergreifend für die drei ESG-Faktoren stehen. Aus diesem Grund, können Komponente welche eine der ESG-Faktoren betreffen, übergreifend ebenfalls einen weiteren ESG-Faktor betreffen oder beeinflussen. Daher können die im folgenden beschriebenen Komponenten nicht immer strikt voneinander abgegrenzt werden und müssen vielmehr in Kooperation miteinander verstanden werden.

### **5.1.1 Ökologie**

Wie in der Erläuterung von Haberstock (2019) bereits beschrieben, steht der Begriff, Ökologie, beispielsweise für *„Umweltverschmutzung oder -gefährdung, Treibhausgasemissionen oder Energieeffizienzthemen (Umwelt)“*.

BIM ist ein besonders hilfreiches digitales Instrument, welches, bei entsprechender Wartung, während dem gesamten Lebenszyklus zur Umsetzung ökologischer Zielsetzungen zur Verfügung steht. Durch dessen Einsatz können somit wertvolle Ressourcen, sowie Kosten und Zeitaufwand eingespart werden. Aus BIM heraus können Baumaterialien bereits in der Planungs- und Errichtungsphase zeitlich

effizient abgestimmt und Ressourcensparend, von der Herstellung bis zur Verwendung, koordiniert werden. Hinsichtlich der Wärmedämmung kann zudem, wie im Vorfeld durch König (2021) beschrieben, KI-Technologie zum Einsatz kommen, um bereits während der Planung konkrete Schlüsse zu Energieeffizienz und Gebäudeleistung treffen zu können.

Um eine möglichst lange Lebensdauer des Gebäudes und um unkomplizierte Reparaturen zu ermöglichen, bieten sich diverse digitale Lösungen an. Anhand von AR / MR kann die Positionierung der zu sanierenden Leitungen angezeigt werden, bereits erfasste Daten mittels KI als (Warn-)Hinweise aufscheinen, mithilfe von IoT das Konzept von Predictive Maintenance und die Optimierung der Klimaqualität betrieben werden (Goger et al., 2017; König, 2021; Peyinghaus & Zeitner, 2019).

Die verwendeten Baumaterialien sind jedenfalls zu jeder Zeit als Rohstoffe zu verstehen und zur Wiederverwendung bestmöglich einzusetzen (Flamme, o. D.; Kranner, 2014). Aufgrund der umfangreichen Datenlage im BIM-Gebäudemodell zu den eingesetzten Baumaterialien und deren Zustand, lassen sich rasch Schlüsse zu der Wiederverwendung dessen ziehen und muss als große Lagerstätte von Materialien angesehen werden. Der sogenannte Materialpass von bestehenden Gebäuden kann für zu errichtende Gebäude bereits im Vorfeld herangezogen und benötigtes Material vorgemerkt werden. Somit wird sichergestellt, dass die Kreislaufwirtschaft im Sinne von Urban Mining nachhaltig umgesetzt und sowohl Deponie-, als auch Abfallmassen reduziert werden (Madaster Schweiz, 2019; Peyinghaus & Zeitner, 2019).

Die Verwirklichung von Mixed-Use Gebäuden tragen schließlich ebenfalls zu dem ökologischen Effekt bei: Wohnraum wird allgemein teurer, was schließlich zu kleineren Wohneinheiten führt. Büroräumlichkeiten sind hier gleichermaßen betroffen. In Folge dessen, ist unter anderem der Trend vom eigenen Büroarbeitsplatz hin zu digitalen Arbeitsplätzen und hybriden Büroarbeitsplätzen am Vormarsch. Digitale Arbeitsplätze beziehen sich auf die Arbeit von zuhause aus, dem sogenannten „Home Office“. Der hybride Büroarbeitsplatz hingegen wird mit mehreren Nutzern geteilt, dem sogenannten „Share Desks“. Diese und ähnliche Trends, lösen eine Kettenreaktion aus: Der Individualverkehr für den Weg zur Arbeit wird reduziert und führt zur verringerten Nutzung vom eigenen Fahrzeug, jedoch ebenfalls zur reduzierten Umweltverschmutzung. Die Bereitstellung von E-Ladestationen für Fahrzeuge, könnte zudem dazu dienen, um das nachhaltige Angebot abzurunden (Deden et al., 2018; Grafe, 2020).

Gleichzeitig schaffen Mixed-Use Formen die Möglichkeit von Mischnutzungen, welche mittels diverser digitaler Technologien, wie Sensorik, KI und IoT eingesetzt und gesteuert werden können, somit ebenfalls zum ökologischen Leitbild beitragen. Beispielhaft können folgende Möglichkeiten genannt werden:

- Die Unterscheidung zwischen Grau- und Schwarzwasser, sowie Wiederverwendung von unbedenklichem Grauwasser.
- Die gegenseitige Energieversorgung bei Gebäuden, in denen der Ansatz eines Plusenergiehauses umgesetzt wird.
- In Form eines Fitnessraums, in dem durch die Kraftleistung der Nutzer, Energie für andere Bereiche erzeugt wird.

### 5.1.2 Soziologie

Haberstock (2019) schildert, wie bereits beschrieben, den Inhalt von Soziologie wie folgt: „*Social („S“) beinhaltet Aspekte wie Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz, Diversity oder gesellschaftliches Engagement (Corporate Social Responsibility).*“

Die Arbeitssicherheit, somit die Sicherheit auf der Baustelle, wird unter dem Einsatz von AR und MR, sowie KI verbessert. Die Einblendung von Sicherheitsinformationen, Sensortechnik und Kameraaufnahmen sind nur einige der Verbesserungen, welche zur Baustellensicherheit beitragen (Goger et al., 2017; König, 2021).

Dem sind jedoch keine Grenzen gesetzt. Daher wäre der Einsatz von Robotik in besonders sicherheitsgefährdeten Arbeiten ebenso interessant, damit ein Teil der durch den Menschen verrichtete Arbeit, von Maschinen abgelöst wird und das Verletzungsrisiko sinkt.

Das Sicherheitsgefühl ist jedoch ebenfalls während der Nutzung des Gebäudes durchaus relevant. Die Firma ABUS (o. D.) bietet beispielsweise innovative Produkte in den Sparten Alarmanlagen, Rauchwarnmelder, Fenster- und Türsicherungen, Schließanlagen und Videoüberwachung, während diese zusätzlich mit einer besonderen Lösung werben: Mechatronik – eine Systemkombination von Mechanik und Elektronik. Ebenso die Firma KONE Österreich (2020) wirbt bei ihrem Sortiment mit einer vorausschauenden Wartung ihrer Anlagen mithilfe von Analysen durch Einsatz von künstlicher Intelligenz, um Ausfälle und Probleme erst gar nicht auftreten zu lassen.

Da Menschen den Großteil ihrer Zeit in Innenräumen verbringen, ist das Wohlbefinden, die Lebensqualität, somit auch der Gesundheitsschutz und die

Luftqualität in diesen von großer Bedeutung. Für ein bestmögliches Erlebnis, abseits der baulichen Anlage, sind digitale Lösungen sehr attraktive Begleiter. Zunächst empfiehlt sich der Einsatz von CAFM-Software, um effizientes Flächen-, Energie-, Instandhaltungs- und Nachhaltigkeitsmanagement zu betreiben. Die Datengrundlage beruht wie so oft auf dem BIM-Gebäudemodell. Smart-Systeme, wie IoT in Kombination mit Sensorik und KI, sind ein weiterer idealer Begleiter um die Automation von Gebäuden und diese zu einem Smart Building aufzuwerten (Peyinghaus & Zeitner, 2019; May, 2018; Salthammer, 2017).

Um die Zufriedenheit der Nutzer\*innen zu messen und sicher zu stellen, bieten sich ebenso IoT-Technologien an. Diese lassen sich in dem Zusammenhang vielseitig einsetzen: Vor allem geht es um die Erkennung von abweichenden Ist-Daten von Soll-Daten. Dabei lässt sich das Wohlbefinden der Nutzer mittels Emoji-Befragungen auswerten, Verschmutzungen erkennen, Luft- und Wärmewerte melden und weitere. Sofern Soll-Daten vorhanden und Ist-Daten gemessen werden können, sind der Technologie kaum Grenzen gesetzt (May, 2018; Peyinghaus & Zeitner, 2019; Pipitone, 2022).

Um in der Nutzerfreundlichkeit noch einen weiteren Schritt zu gehen, besteht vor allem in Mixed-Use Gebäuden zudem die Möglichkeit weitere Technologien im Bereich der Pay-per-Use und Plug and Play-Infrastruktur zu offerieren. Diese lassen sich gut mit den Konzepten der Mobilität und den verschiedenen Co-Formen kombinieren: Sobald der Nutzer eine konkrete Dienstleistung benötigt oder ein Bedürfnis hat, kann dieser mittels digitaler Lösungen darauf zugreifen. Managementsysteme beziehungsweise Buchungsportale, auf welche sämtliche Nutzer zugreifen können, dienen hierbei als Plattform für die Verwaltung und Reservierung von

- Co-Working & Co-Living, wo eine gemeinschaftliche Nutzung von Arbeits- oder Lebensräumen impliziert werden, als auch
- Car-Sharing und E-Bikes/-Scooter, wo man das Transportmittel nicht selber besitzt, sondern nur für einen definierten Zeitraum anmietet.

### 5.1.3 Ökonomie

Wie bereits in der Begriffsbestimmung berücksichtigt, hat Haberstock (2019) unter Ökonomie folgendes Verständnis: *„Unter Governance („G“) wird eine nachhaltige Unternehmensführung verstanden. Hierzu zählen z.B. Themen wie*

*Unternehmenswerte oder Steuerungs- und Kontrollprozesse (Corporate Governance).*“

Aufgrund steigender Baukosten, fortlaufenden Rohstoffmangel und da eine nachhaltige Bauweise ohnehin teurer bewertet wird, als ein konventioneller Bau, bietet sich ein neuer Trend zum Ausweichen: Der 3D-Druck von Baumaterialien ermöglicht, während diese heutzutage ohnehin Mangelware sind, eine zukunftsweisende digitale Lösung, da dadurch Lagerraum und Logistikaufwand entscheidend reduziert und Ersatzteile kostengünstig und kurzfristig reproduziert werden können. Wichtig jedoch ist, dass mit einem nachhaltigen Ansatz, ebenfalls die Erfüllung von höheren Standards zu berücksichtigen sind und beim 3D-Druck Einklang finden müssten. Während die höheren erforderlichen Standards durch die Eigenschaften wie Langlebigkeit, Wiederverwendung und Nachnutzungen der Gebäudebestandteile begleitet werden, stellen diese Eigenschaften langfristig jedenfalls die günstigere finanzielle Variante dar (Grimm, 2014; Schaltegger & Petersen, 2017).

Bereits im Vorfeld lassen sich durch Technologien der VR, AR und MR, zahlreiche Effizienzsteigerungen und Kostenoptimierungen, schon während der Planungsphase, einstellen. Ausschlaggebend ist, dass mittels dieser innovativen Technologien das Gebäude von innen und außen als 3D-Visualisierung begangen werden kann. Der Mehrwert für die Unternehmensführung ist insofern gegeben, da die Anwendungen weltweit einsetzbar und standortunabhängig sind, für Schulungs- und Kommunikationszwecken eingesetzt werden können und die Planung der Flächen ohne Verzögerung vorangetrieben wird (Goger et al., 2017; Peyinghaus, 2019).

Die Lebenszykluskosten eines Wohngebäudes werden als Kosten beginnend vom Kauf des Grundstücks bis zum Rückbau des Gebäudes verstanden. Die Nutzungsphase stellt dabei den größten Kostenblock dar, da diese typischerweise zumindest 60-80 Jahre beträgt. Damit eine optimale und auf die Gegebenheiten abgestimmte Nutzung ermöglicht werden kann, ist man wie so oft auf die Sammlung und Verwaltung von Daten angewiesen. Hier kommt das BIM-Gebäudemodell wiederholt ins Spiel, um eine bestmögliche Inbetriebnahme und Wartung des Gebäudes zu gewährleisten. Über den gesamten Lebenszyklus, jedoch besonders während der Nutzungsphase, können mithilfe von digitalen Lösungen laufend Kosten optimiert werden, um schließlich eine wirtschaftliche Nachhaltigkeit sicher zu stellen (Fröch et al., 2016; Grimm, 2014; Goger et al., 2017).

Als Hilfsmittel zur optimierten Umsetzung der Lebenszykluskosten, können sich KI- und IoT-Technologien bestens bewähren, da diese mit einem Frühwarnsystem bei notwendigen Instandsetzungsarbeiten und Sensortechnik bei Divergenzen ausgestattet werden können, um schwerwiegendere Mängel und dadurch entstehende gröbere Sanierungskosten abzufedern (König, 2021; Wisser, 2018).

Bei der abschließenden Phase stehen die Möglichkeiten des Rückbaus, sowie einer eventuellen Umnutzung oder Drittverwendungsfähigkeit zur Auswahl. Auf Grundlage des stets aktuell gehaltenem BIM-Gebäudemodell lässt sich zunächst jedenfalls der Zustand des Gebäudes analysieren und die Möglichkeit für Umnutzungen und Umbauten kann in Erwägung gezogen werden, wobei dies bestenfalls bereits während der Planungsphase berücksichtigt wurde. Die Erhaltung des Bestands ist meist die günstigere und nachhaltigere Wahl, als die Errichtung von einem Neubau. Die Datenbasis und Rohstoffe sind immerhin schon vor Ort (Autodesk, 2022; Deden et al., 2018; Grimm, 2014).

Mixed-Use Formen haben in der Ökonomie vor allem den Vorzug zur Nutzung von Synergieeffekten. Catella (2019) versteht bei der Integrierung verschiedener Nutzformen einen Mehrwert für alle Beteiligten. Laut Gancarz (2020) kann die Digitalisierung im Kontext von Mixed-Use Konzepten als generelles Phänomen verstanden werden, da durch die Schaffung einer digitalen Arbeitsumgebung, in derselben Umgebung gewohnt und konsumiert werden kann.

## 6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Erkenntnisse in dieser Masterthese haben vorgeführt, dass die Digitalisierung generell zur Effizienzsteigerung, erhöhter Präzession und genauerer Messbarkeit beiträgt, sowie vielseitig zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen beiträgt. Dieser Rückschluss kann besonders für das Bauwesen, sowie für den gesamten Lebenszyklus von Wohngebäuden abgeleitet werden. Zudem wurde aufgezeigt, dass Mixed-Use Modelle ebenso zu der ESG-Zielerreichung beiträgt und digitale Technologien als sinnvolles Verbindungstool dienen.

Die dargestellten Möglichkeiten und Vorteile eines digital nachhaltigen Mixed-Use Wohngebäudes wurden mannigfaltig dargestellt. Zunächst wurden zahlreiche nachhaltige Initiativen auf ökonomischer, soziologischer und ökologischer Hinsicht beschrieben und behandelt, um aufzuzeigen wie den gesetzten UN-Nachhaltigkeitszielen entgegengetreten werden kann. Im nächsten Schritt wurde bestätigt, dass mit Sicherstellung der Verfügbarkeit von stets aktuellen Daten eine umfangreiche digitale Grundlage geschaffen wird, sodass der vorausschauende Umgang mit Effizienzsteigerung, Risikoverminderung, Kostenreduktion und Klimaneutralität durchaus realistisch ist. Der Mixed-Use Ansatz ist im Zusammenhang mit Digitalisierung und Nachhaltigkeit jedenfalls als gemeinsame und übergreifende Abhängigkeit voneinander zu verstehen, da dadurch reichlich Synergieeffekte entstehen, die zum täglichen wohnen, arbeiten und leben beitragen.

Die Forschungsfrage, ob die Digitalisierung ein geeignetes Mittel, im Einklang mit einem Mixed-Use Ansatz, zur Steigerung der Nachhaltigkeit in Wohngebäuden ist, kann sohin als positiv korrelierend gewertet werden. Ebenfalls die aufgestellten Hypothesen können insofern bestätigt werden, als die steigende digitale Transformation zunehmend zur Nachhaltigkeit von Wohngebäuden führt, Mixed-Use Ansätze einen effizienteren Einsatz von eingesetzten Materialien und Ressourcen erlaubt und sämtliche Aspekte in einem Gesamtbild zur Lebensqualität und zum Wohlbefinden beitragen.

Es ist nicht zu vernachlässigen, dass man hiermit ebenso diversen Herausforderungen gegenübersteht, die einer fortführenden Forschung bedürfen und über den Tellerrand dieser Masterthese hinausragen. Entsprechend kann etwa das erstellte Gebäudemodell durch BIM in der anschließenden Errichtung bereits heute teilweise über einen 3D-Drucker realisiert werden, beispielsweise anhand des Betondruckers, welcher sogar vor Ort und Stelle eingesetzt werden könnte. Es ist aus



heutiger Sicht jedoch weiteres Entwicklungs- und Forschungspotenzial anzunehmen, da die notwendigen Attribute der Baumaterialien durch den 3D-Drucker noch nicht vollumfänglich sichergestellt werden können. Jedenfalls wird von der Digital Roadmap Austria angenommen, dass der 3D-Drucker langfristig die konventionelle Herstellung von Baumaterialien ablösen und den Fertigungsablauf massiv ankurbeln kann (Goger et al., 2017; Krause, 2021).

Goger, et. al. (2017) beschreibt ebenso weiteren Handlungsbedarf rund um die Technologie von VR, AR und MR, die aktuell noch einige Hürden zu lösen hat: Die Technologie ist noch nicht voll ausgereift, es fehlt an ausgebildeten Fachpersonal, die Kosten sind hoch und es besteht keine große Nachfrage auf den Baustellen.

Schließlich beschreibt Jacob (2019), wie bereits zuvor erläutert, die Digitalisierung wie folgt: *„Ein Informationssystem besteht aus Hardware, Software, Daten und dem menschlichen Nutzer. Bei der Digitalisierung bilden Informationssysteme eine herausgehobene Produktkategorie“*. Weiterer Forschungsbedarf besteht daher besonders in der Nachhaltigkeitsfrage an die Informationstechnik, welche sich laut Jacob (2019) auf die Herstellung, Nutzung und Entsorgung beziehen: In wie fern ist die eingesetzte Informationstechnologie, in nachhaltig digitalen Gebäuden, nachhaltig?

# Literatur- und Quellenverzeichnis

## Berichte

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. (2019). *Leitfaden Nachhaltiges Bauen*. Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat. Abgerufen am 3. Juni 2022, von <https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/leitfaden-nachhaltiges-bauen.html>

Bundesumweltministerium Deutschland. (2005). *Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen - Ausgewählte Handlungsschwerpunkte aus Sicht BMU*. Abgerufen am 27. August 2022, von <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/bmu-bericht-2005-verbesserung-der-luftqualitaet-in>

Catella. (2019). *Urbane Quartiere und Mixed-Use-Immobilien: Neue Elemente und Strategien der Immobilienentwicklung*. Abgerufen am 27. August 2022, von [https://www.catella.com/globalassets/global/mix-germany-corporate-finance/catella\\_studie\\_urbane-quartiere.pdf](https://www.catella.com/globalassets/global/mix-germany-corporate-finance/catella_studie_urbane-quartiere.pdf)

Deden, Doe & Tacke. (2018). *Leitfaden für ethisch-nachhaltige Immobilieninvestments* (CRIC e. V. und KlimaGut Immobilien AG, Hrsg.). Abgerufen am 12. April 2022, von [https://www.cric-online.org/images/CRIC/Immobilienleitfaden\\_CRIC\\_Klimagut\\_Maerz\\_2018.pdf](https://www.cric-online.org/images/CRIC/Immobilienleitfaden_CRIC_Klimagut_Maerz_2018.pdf)

FMA. (2020). *Zum Umgang mit Nachhaltigkeitsrisiken*. Abgerufen am 12. April 2022, von <https://www.fma.gv.at/wp-content/plugins/dw-fma/download.php?d=4720>

Fröch, Gasteiger, Gasteiger & Rosenberger. (2016). *Building Information Modeling* (Geschäftsstelle Bau, WKÖ, Hrsg.). Starmühler Content Marketing.

Goger, Piskernik & Urban. (2017). *Studie: Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen*. Abgerufen am 27. August 2022, von

<https://www.ibb.tuwien.ac.at/forschung/abgeschl-projekte/digitalisierung-im-bauwesen/>

Haider. (2014). *Wohnsicherheit Wien: Befragung der Wiener Bevölkerung zum Thema Wohnsicherheit & Einbruchschutz*. elektro.at. Abgerufen am 22. August 2022, von <https://elektro.at/wp-content/uploads/2014/03/Umfrage-Wohnsicherheit-Wien-2014.pdf>

Hameter, Paul & Stummvoll. (2016). Abgerufen am 15. Juni 2022, von *Sicher planen! Information für Planerinnen, Planer und Bauträger*. wohnfonds\_wien. [https://www.wko.at/site/sicher-wien/Broschuere\\_Sicher\\_Planen.pdf](https://www.wko.at/site/sicher-wien/Broschuere_Sicher_Planen.pdf)

Ipser, Stumpf, Radinger & Floegl. (2017). *Lebenszykluskostenbewusstes Planen und Bauen bei Ein- und Zweifamilienhäusern*. Abgerufen am 27. August 2022, von [https://www.donau-uni.ac.at/dam/jcr:0744aa89-9aaa-4bd4-a370-5e5ea119721f/projektfolder\\_lebenszykluskostenbewusstes\\_planen\\_und\\_bauen.pdf](https://www.donau-uni.ac.at/dam/jcr:0744aa89-9aaa-4bd4-a370-5e5ea119721f/projektfolder_lebenszykluskostenbewusstes_planen_und_bauen.pdf)

Jones Lang LaSalle SE. (2021). *Nachhaltigkeitszertifikat als Werttreiber?* Abgerufen am 27. August 2022, von <https://www.jll.de/content/dam/jll-com/documents/pdf/research/emea/germany/de/Nachhaltigkeitszertifikat-als-Werttreiber-JLL-Deutschland.pdf>

KGAL GmbH & Co. KG (Hrsg.). (2021). *ESG-Richtlinien und Strategie*. Abgerufen am 27. August 2022, von [https://www.kgal.de/fileadmin/1.0\\_unternehmensgruppe/Nachhaltigkeit\\_ESG/ESG-Richtlinien\\_und\\_Strategie\\_10\\_2021\\_web.pdf](https://www.kgal.de/fileadmin/1.0_unternehmensgruppe/Nachhaltigkeit_ESG/ESG-Richtlinien_und_Strategie_10_2021_web.pdf)

Lennerts & Fisch. (2021). *Verantwortung übernehmen - Der Gebäudebereich auf dem Weg zur Klimaneutralität*. Abgerufen am 22. August 2022, von <https://zia-deutschland.de/project/verantwortung-uebernehmen-der-gebäudebereich-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-gutachten/>

- Lünendonk & Hossenfelder. (2017). *Schwerpunkt Immobilienwirtschaft in Deutschland*. Abgerufen am 15. August 2022, von <https://www.luenendonk.de/produkte/studien-publikationen/luenendonk-publikation-schwerpunkt-immobilienwirtschaft-in-deutschland/>
- Österreichisches Institut für Bautechnik. (2015). *Begriffsbestimmungen*. Abgerufen am 12. April 2022, von [https://www.oib.or.at/sites/default/files/begriffsbestimmungen\\_26.03.15.pdf](https://www.oib.or.at/sites/default/files/begriffsbestimmungen_26.03.15.pdf)
- PwC Österreich. (2021). *Positionspapier ESG in der Immobilienbewertung*. Abgerufen am 13. April 2022, von <https://www.pwc.at/de/presse/2021/esg-wird-in-zukunft-die-bewertung-von-immobilien-ma%C3%9Fgeblich-beeinflussen/positionspapier-esg-in-der-immobilienbewertung.pdf>
- Schurr & Bohne. (2008). *Leitfaden Nachhaltige Gebäudesysteme*. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.
- United Nations. (2018). *The Sustainable Development Goals Report*. United Nations Publications. Abgerufen am 4. Juni 2022, von <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2018/TheSustainableDevelopmentGoalsReport2018-EN.pdf>
- United Nations Brundtland Commission. (1987). *Our Common Future*. Abgerufen am 6. Juni 2022, von <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Wolfbauer. (2020). *Offenlegungs-VO im ABI*. Abgerufen am 12. April 2022, von [https://lesen.lexisnexis.at/\\_/offenlegungs-vo-im-abl/artikel/zfr/2020/1/ZFR\\_2020\\_01\\_016.html](https://lesen.lexisnexis.at/_/offenlegungs-vo-im-abl/artikel/zfr/2020/1/ZFR_2020_01_016.html)

## **Bücher**

- Borrmann, König, Koch & Beetz. (2015). *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis (VDI-Buch)*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-05606-3>

- Brauner. (2019). *Systemeffizienz bei regenerativer Stromerzeugung: Strategien für effiziente Energieversorgung bis 2050*. Springer Vieweg.
- Frahm, M. & Rahebi, H. (2021). *Management von Groß- und Megaprojekten im Bauwesen: Grundlagen für eine komplexitätsgerechte Umsetzung von Infrastrukturvorhaben*. Springer Vieweg.
- Grafe. (2020). *Umweltgerechtigkeit – Wohnen und Energie: Instrumente und Handlungsansätze*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-30593-2>
- Grasnick. (2020). *Grundlagen der virtuellen Realität: Von der Entdeckung der Perspektive bis zur VR-Brille*. Springer Vieweg.
- Grütter, J. K. (2021). *WOHNRAUM planen: Architektur – Psychologie – Sozial – Gesellschaft – Kultur*. Springer Vieweg. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-33688-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-658-33688-2_13)
- Jacob. (2019). *Digitalisierung & Nachhaltigkeit: Eine unternehmerische Perspektive*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-26217-4>
- Junk. (2020). *Onshape - kurz und bündig: Einstieg in 3D-Druck und CNC-Biegen* (3. Aufl.). Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-28811-2>
- Kaffka. (2022). *3D-Druck: Praxisbuch für Einsteiger* (3. Aufl.). mitp Verlags GmbH & Co. KG. Abgerufen am 21. August 2022, von <https://learning.oreilly.com/library/view/3d-druck-praxisbuch/9783747505342/Text/cover.xhtml>
- Kaplan. (2017). *Künstliche Intelligenz: Eine Einführung* (1. Aufl.) [E-Book]. mitp. Abgerufen am 14. August 2022, von <http://ebookcentral.proquest.com/lib/viennaut/detail.action?docID=5018849>
- Krause. (2021). *Baubetriebliche Optimierung des vollwandigen Beton-3D-Drucks*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-33417-8>

- May. (2018). *CAFM-Handbuch: Digitalisierung im Facility Management erfolgreich einsetzen* (4. Aufl. 2018 Aufl.). Springer Vieweg.
- Peyinghaus & Zeitner. (2019). *Transformation Real Estate: Changeprozesse in Unternehmen und für Immobilien*. Springer Vieweg.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-26244-0>
- Schaltegger & Petersen. (2017). Die Rolle des Nachhaltigkeitsmanagements in der Digitalisierung. In *Digitalisierung und Nachhaltigkeit* (S. 17–20). AL-TOP.  
Abgerufen am 27. August 2022, von  
<https://www.yumpu.com/de/document/read/62441918/baum-jahrbuch-2017-digitalisierung-und-nachhaltigkeit>
- Schermer & Brehm (Hrsg.). (2021). *Mauerwerk-Kalender 2021*. Wilhelm Ernst & Sohn. <https://doi.org/10.1002/9783433610732>
- Seiser, F. J. (2020). *Die Nutzungsdauer von Gebäuden, baulichen Anlagen, gebäudetechnischen Anlagen und Bauteilen*. Seiser und Seiser Immobilien Consulting GmbH.
- Toffel, F. (2015). *Kreditwirtschaftliche Wertermittlungen: Typische und atypische Beispiele der Immobilienwertermittlung* (8. Aufl.). Immobilien Zeitung Verlagsgesellschaft.
- Völkel & Lorbach. (2015). *Smart Home: Bausteine für Ihr intelligentes Zuhause*. Haufe Gruppe.
- Watson & Schneider. (2014). *50 Schlüsselideen der Zukunft*. Springer Spektrum.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-40744-4>
- Weber & Seeberg. (2020). *KI in der Industrie: Grundlagen, Anwendungen, Perspektiven*. Carl Hanser Verlag.
- Wisser. (2018). *Gebäudeautomation in Wohngebäuden (Smart Home): Eine Analyse der Akzeptanz*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23226-9>

## Gesetzestexte

*Bauordnung für Wien*. (2022). Rechtsinformationssystem des Bundes. Abgerufen

am 23. Jänner 2022, von

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000006>

*Tiroler Bauordnung 2018*. (2020). Rechtsinformationssystem des Bundes.

Abgerufen am 27. August 2022, von

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrT&Gesetzesnummer=20000711&FassungVom=2020-05-31>

## Mitteilungen der Europäischen Union

Europäische Kommission. (2018). *Aktionsplan: Finanzierung nachhaltigen*

*Wachstums*. Abgerufen am 23. März 2022, von

[https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM\(2018\)97&lang=de](https://ec.europa.eu/transparency/documents-register/detail?ref=COM(2018)97&lang=de)

Europäische Kommission. (2019). *Der europäische Grüne Deal*. Abgerufen am 22.

März 2022, von

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip\\_19\\_6691](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/ip_19_6691)

Europäische Kommission. (2021). *Corporate sustainability reporting*. Abgerufen am

23. März 2022, von [https://ec.europa.eu/info/business-economy-](https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en)

[euro/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting\\_en](https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en)

Europäisches Parlament. (2021). *EU-Klimaneutralität bis 2050*. Abgerufen am 22.

März 2022, von [https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-](https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20210419IPR02302/eu-klimaneutralitat-bis-2050-europaisches-parlament-erzielt-einigung-mit-rat)

[room/20210419IPR02302/eu-klimaneutralitat-bis-2050-europaisches-parlament-erzielt-einigung-mit-rat](https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20210419IPR02302/eu-klimaneutralitat-bis-2050-europaisches-parlament-erzielt-einigung-mit-rat)



## Normen

DIN Deutsches Institut für Normung (Hrsg.). (2007). *DIN EN 15221–1 - Facility Management Teil 1: Begriffe*. Beuth Verlag, Berlin.

Austrian Standards Institute. (2018). *ÖNORM B 4710 -1, Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung, Verwendung und Konformität*.

Austrian Standards International. (2020). *ÖNORM B 3140, Rezyklierte Gesteinskörnungen für ungebundene und hydraulisch gebundene Anwendungen sowie für Beton*.

## Präsentationsfolien

Backes. (2014). *Zukunftsfähige und wertstabile Gebäude durch Nachhaltiges Planen, Bauen und Betreiben*. WPW-Gruppe. Abgerufen am 10. April 2022, von [https://www.wpw.de/fileadmin/user\\_upload/wpw/aktuelles\\_service/mitteilung/en/13-11-2014/Vortrag\\_2014.pdf](https://www.wpw.de/fileadmin/user_upload/wpw/aktuelles_service/mitteilung/en/13-11-2014/Vortrag_2014.pdf)

Floegl. (2020). *Die Immobilie im Lebenszyklus* [Vorlesungsfolien]. Docplayer. Abgerufen am 27. August 2022, von <https://docplayer.org/200058515-Die-immobilie-im-lebenszyklus-helmut-floegl.html>

Floegl & Waschl. (2019). *Lebenszyklus – offene Standards – Kompetenzen für BIM*. Abgerufen am 27. August 2022, von [https://www.donau-uni.ac.at/dam/jcr:c4d05aff-1b43-420e-9192-e31ac4849c8f/4\\_2\\_Floegl\\_Waschl%20FBS%202019.pdf](https://www.donau-uni.ac.at/dam/jcr:c4d05aff-1b43-420e-9192-e31ac4849c8f/4_2_Floegl_Waschl%20FBS%202019.pdf)

Henseling. (2013). *Grenzübergreifendes Zusammenleben: Integrierte Wohnkonzepte für Jung und Alt*. Abgerufen am 12. April 2022, von <https://docplayer.org/52745926-Generationenuebergreifendes-zusammenleben-integrierte-wohkonzepte-fuer-jung-und-alt.html>

## Onlinequellen

Abflussexpress. (2022). *Unterschiedliche Abwasserarten*. Abflussexpress -

Meisterbetrieb. Abgerufen am 4. Juni 2022, von

<https://www.abflussexpress.de/abflussexpress-blog-news/unterschiedliche-abwasserarten/?cn-reloaded=1>

ABUS. (o. D.). *Haussicherheit schafft Geborgenheit*. ABUS - August Bremicker

Söhne KG. Abgerufen am 10. April 2022, von

<https://www.abus.com/Sicherheit-Zuhause>

Autodesk. (2022). *BIM-Vorteile*. Abgerufen am 6. Juni 2022, von

<https://www.autodesk.de/solutions/bim/benefits-of-bim>

Boos. (o. D.). *Grauwasser - Betrieb einer Grauwassernutzungsanlage*. Ökologisch

Bauen. Abgerufen am 4. Juni 2022, von [https://www.oekologisch-](https://www.oekologisch-bauen.info/haustechnik/wasser-sanitaer/grauwassernutzung/)

[bauen.info/haustechnik/wasser-sanitaer/grauwassernutzung/](https://www.oekologisch-bauen.info/haustechnik/wasser-sanitaer/grauwassernutzung/)

Bosy. (2020). *Ab- und Grauwasser-Wärmerückgewinnung*. BitSign GmbH.

Abgerufen am 4. Juni 2022, von

<https://www.haustechnikdialog.de/SHKwissen/1441/Ab-und-Grauwasser-Waermerueckgewinnung>

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und

Verbraucherschutz. (2017). *Nachhaltige Entwicklung als Handlungsauftrag*.

Abgerufen am 22. März 2022, von

[https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-](https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/nachhaltige-entwicklung-als-handlungsauftrag)

[digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/nachhaltige-entwicklung-als-handlungsauftrag](https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/nachhaltige-entwicklung-als-handlungsauftrag)

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2022). *Den digitalen Wandel*

*gestalten*. Abgerufen am 24. August 2022, von

<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/digitalisierung.html>

- Commerz Real Fund Management. (2020). *ESG Invest*. Klimavest. Abgerufen am 26. August 2022, von <https://www.klimavest.de/wissen/esg-invest/>
- Datenhandschuh*. (2018). ITWissen.info. Abgerufen am 17. Juni 2022, von <https://www.itwissen.info/Datenhandschuh-data-glove.html>
- DGNB. (o. D.). *DGNB System*. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Abgerufen am 23. März 2022, von <https://www.dgnb-system.de/de/>
- FinCompare. (2021). *Drittverwendungsfähigkeit*. FinCompare GmbH. Abgerufen am 13. April 2022, von <https://fincompare.de/lexikon/drittverwendungsfaehigkeit>
- Flamme. (o. D.). *Urban Mining*. Urban Mining. Abgerufen am 24. März 2022, von <https://urbanmining.at/about>
- Ghezzo. (2021). *Das Ende des Lebenszyklus einer Immobilie: Recycling und Entsorgung beim Abbruch*. Ghezzo GmbH. Abgerufen am 15. August 2022, von <https://ghezzo.at/das-ende-des-lebenszyklus-einer-immobilie-recycling-und-entsorgung-beim-abbruch/>
- Ghezzo. (2022). *ESG und Kreislaufwirtschaft in Österreich - Bestandsaufnahme und Perspektiven*. Ghezzo GmbH. Abgerufen am 15. August 2022, von <https://ghezzo.at/esg-und-kreislaufwirtschaft-in-oesterreich-bestandsaufnahme-und-perspektiven/>
- Graf. (2022). *Grauwasser*. Otto Graf GmbH. Abgerufen am 24. März 2022, von <https://www.graf-online.de/regenwassernutzung-unterirdisch/so-funktioniert-regenwassernutzung/lexikon/grauwasser.html>
- Grimm. (2014). *Die ökonomische Dimension des nachhaltigen Bauens*. BaustoffWissen. Abgerufen am 12. April 2022, von <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/energetisches-bauen/die-oekonomische-dimension-des-nachhaltigen-bauens/>
- Harfmann. (2022). *Österreich: Gaskrise als klimapolitische Weichenstellung*. ORF. Abgerufen am 4. Juni 2022, von <https://orf.at/stories/3254705/>

- Hartmann. (2015). *Nachhaltige Wasserkonzepte für Wohngebäude - Vom Umgang mit der lebenswichtigen Ressource Wasser*. IKZ. Abgerufen am 4. Juni 2022, von <https://www.ikz.de/detail/news/detail/nachhaltige-wasserkonzepte-fuer-wohngebäude-vom-umgang-mit-der-lebenswichtigen-ressource-wasser/>
- Heinrich. (2021). *Leitfaden: Passivhaus, Nullenergiehaus, Plusenergiehaus*. PlanRadar. Abgerufen am 24. März 2022, von <https://www.planradar.com/at/passivhaus-nullenergiehaus-plusenergiehaus/>
- Hottgenroth. (2022). *Hottgenroth Software AG*. Hottgenroth Software. Abgerufen am 6. Juni 2022, von <https://www.hottgenroth.de/M/SOFTWARE/Datenmodell-BIM/Seite.html,183265,80448>
- Klimavest. (o. D.). *Impact Investment*. Abgerufen am 13. April 2022, von <https://www.klimavest.de/wissen/impact-investment/>
- KONE Österreich. (2020). *Leben in Wohngebäuden*. Abgerufen am 10. April 2022, von <https://www.kone.at/bestandsgebäude/wartungsservice/247-connected-services/leben-in-wohngebäuden.aspx>
- Kranner. (2014). *Urban Mining*. Smart City Wien. Abgerufen am 24. März 2022, von <https://smartcity.wien.gv.at/urban-mining/>
- Madaster Schweiz. (2019). *Digitalisierung erleichtert Kreislaufwirtschaft in der Baubranche*. RECYCLING magazin. Abgerufen am 5. Juni 2022, von <https://www.recyclingmagazin.de/2019/05/08/digitalisierung-erleichtert-kreislaufwirtschaft-in-der-baubranche/>
- Meßner. (2021). *Potenzial von Recyclingbeton heben*. Handwerk+Bau. Abgerufen am 4. Juni 2022, von <https://www.handwerkundbau.at/betonbau/potenzial-von-recyclingbeton-heben-17162>
- NOVOCON. (o. D.). *Recyclingbeton NovoCon Stoffkreislauf*. Abgerufen am 4. Juni 2022, von <https://beton-rc.ch/recyclingbeton-novocon>

- ÖGNI. (o. D.). *Zertifizierung*. Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft. Abgerufen am 23. März 2022, von <https://www.ogni.at/leistungen/zertifizierung/>
- Österreichischer Verband Gemeinnütziger Bauvereinigungen. (2022). *Gemeinnützige Bauvereinigungen*. Abgerufen am 25. März 2022, von <https://www.gbv.at/>
- ÖSW. (o. D.). *Geschichte des ÖSW*. Abgerufen am 25. März 2022, von <https://www.oesw.at/ueber-uns/leistungen.html>
- Pipitone. (2022, 7. März). *How Do You Measure the Social in Real Estate ESG?* Propmodo. Abgerufen am 24. März 2022, von <https://www.propmodo.com/how-do-you-measure-the-social-in-real-estate-esg/>
- Rohde. (2021). *Nachhaltiges Baumaterial: Welche Baustoffe am klimafreundlichsten sind*. Wohnglück. Abgerufen am 23. März 2022, von <https://wohnglueck.de/artikel/nachhaltig-bauen-17611>
- SAP. (o. D.). *Was ist digitale Transformation?* Abgerufen am 4. Juni 2022, von <https://www.sap.com/austria/insights/what-is-digital-transformation.html>
- Schattney. (2022). *ESG-Initiativen & Immobilien: Was ist jetzt zu tun?* Heuer-Colliers-Digital. Abgerufen am 10. März 2022, von <https://heuer-colliers-digital.com/SES8-850845>
- Scrive. (o. D.). *Digitalisierung – was versteht man darunter und was kann sie für Ihr Unternehmen bedeuten?* Abgerufen am 22. März 2022, von <https://www.scrive.com/de/digitalisierung/>
- Senk. (2021). *Umnutzung von Immobilien – den Herausforderungen anpassen*. Immobilien Redaktion. Abgerufen am 27. August 2022, von <https://immobilien-redaktion.com/kategorie/trends/artikel/umnutzung-von-immobilien-den-herausforderungen-anpassen>

- Statistik Austria. (2011). *Begriffe und Definitionen zur Gebäude- und Wohnungszählung 2011*. Abgerufen am 23. Jänner 2022, von [https://www.statistik.at/web\\_de/static/begriffe\\_und\\_definitionen\\_zur\\_gebaeu\\_de\\_und\\_wohnungszaehlung\\_2011\\_074968.pdf](https://www.statistik.at/web_de/static/begriffe_und_definitionen_zur_gebaeu_de_und_wohnungszaehlung_2011_074968.pdf)
- Stopfer. (2018). *3 innovative Konzepte für bezahlbares Wohnen*. Stadtmarketing Austria. Abgerufen am 25. März 2022, von <https://www.stadtmarketing.eu/bezahlbares-wohnen/>
- Stühlinger. (o. D.). *Ein Hoch auf Holz als Baustoff der Zukunft!* UBM Development AG. Abgerufen am 23. März 2022, von <https://www.ubm-development.com/magazin/ein-hoch-auf-baustoff-holz/>
- Technikum Wien Academy. (2022a). *Digitale Transformation: Was ist das?* Abgerufen am 4. Juni 2022, von <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/digitale-transformation-was-ist-das/>
- Technikum Wien Academy. (2022b). *Was ist Digitalisierung?* Abgerufen am 22. März 2022, von <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-digitalisierung/>
- Technikum Wien Academy. (2022c). *Wie funktioniert Augmented Reality?* Abgerufen am 17. Juni 2022, von <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/was-ist-augmented-reality/>
- TOL. (2022). *Was ist CAFM Software?* Abgerufen am 6. Juni 2022, von <https://www.tol.info/loesungen/glossar/>
- TPA Steuerberatung Österreich. (2021). *Neue Vorgaben für den Nachhaltigkeitsbericht (ESG Reporting)*. Abgerufen am 23. März 2022, von <https://www.tpa-group.at/de/news/neue-vorgaben-fuer-den-nachhaltigkeitsbericht-esg-reporting/>
- Umweltbundesamt. (2022). *Abwasser*. Abgerufen am 4. Juni 2022, von <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/wasser/abwasser>

Unternährer. (2021). *Was macht eine Immobilie nachhaltig?* Baloise Group.

Abgerufen am 23. März 2022, von <https://www.baloise.com/de/home/news-stories/news/blog/2021/was-macht-eine-Immobilie-nachhaltig-unsere-experten-geben-antwort.html>

U.S. Green Building Council. (2022). *What is LEED certification?* Abgerufen am 23.

März 2022, von <https://support.usgbc.org/hc/en-us/articles/4404406912403>

Utek. (2022). *Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für Wohngebäude.*

Abgerufen am 10. April 2022, von <https://www.utek-air.it/de/kontrollierte-mechanische-luftung/luftungsanlage-mit-warmeruckgewinnung-fur-wohngebäude/>

Wehrberger. (2021). *Die EU-Taxonomie Verordnung.* ÖGNI. Abgerufen am 4. Juni

2022, von <https://www.ogni.at/blog/die-eu-taxonomie-verordnung/>

Wiener Umweltschutzgesellschaft. (2018). *Passivhaus.* Abgerufen am 24. März 2022, von

<https://wua-wien.at/bauen-und-wohnen/passivhaus>

wohnfonds\_wien. (o. D.). *Grundstücksbeirat - Beurteilung.* Abgerufen am 22. März

2022, von [http://www.wohnfonds.wien.at/gsb\\_beurteilung](http://www.wohnfonds.wien.at/gsb_beurteilung)

wohnfonds\_wien. (2019). *Beurteilungsblatt.* Abgerufen am 15. August 2022, von

<http://www.wohnfonds.wien.at/media/Website%20PDF->

[INFO%20Downloads/Neubau/4-Saeulen-Modell%20Gesamt.pdf](http://www.wohnfonds.wien.at/media/Website%20PDF-INFO%20Downloads/Neubau/4-Saeulen-Modell%20Gesamt.pdf)

Wohn:Sinn. (o. D.). *Inklusives Wohnen erklärt für Wohnraumanbieter und*

*Investoren.* WOHN:SINN - Bündnis für inklusives Wohnen. Abgerufen am

25. März 2022, von [https://www.wohnsinn.org/inklusives-wohnen-](https://www.wohnsinn.org/inklusives-wohnen-erklart/fuer-investoren-vermieter-und-wohnraumanbieter)

[erklart/fuer-investoren-vermieter-und-wohnraumanbieter](https://www.wohnsinn.org/inklusives-wohnen-erklart/fuer-investoren-vermieter-und-wohnraumanbieter)

Zukunftsinstitut. (2022). *Urbanisierung: Die Stadt von morgen.* Abgerufen am 20.

August 2022, von [https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/urbanisierung-die-](https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/urbanisierung-die-stadt-von-morgen/)

[stadt-von-morgen/](https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/urbanisierung-die-stadt-von-morgen/)



## Online Zeitungsartikel

APA. (2018). *Österreicher verbringen 90 Prozent der Zeit in Innenräumen*.

Salzburger Nachrichten. Abgerufen am 4. Juni 2022, von

<https://www.sn.at/panorama/oesterreich/oesterreicher-verbringen-90-prozent-der-zeit-in-innenraeumen-27970594>

Scherbaum. (2021). CO2-Emissionen: So erreicht der Immobiliensektor seine

Klimaziele. *Handelsblatt Inside Real Estate*. Abgerufen am 22. März 2022,

von [https://www.handelsblatt.com/inside/real\\_estate/co2-emissionen-so-erreicht-der-immobiliensektor-seine-klimaziele/27800886.html](https://www.handelsblatt.com/inside/real_estate/co2-emissionen-so-erreicht-der-immobiliensektor-seine-klimaziele/27800886.html)

## Verordnungen und Richtlinien

Europäisches Parlament. (2018). *Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die*

*Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über*

*Energieeffizienz*. Abgerufen am 22. März 2022, von [https://eur-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844)

[lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844)

Europäisches Parlament. (2019). *Nachhaltigkeitsbezogene Offenlegungspflichten im*

*Finanzdienstleistungssektor*. Europäische Union. Abgerufen am 22. März

2022, von [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32019R2088)

[content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32019R2088](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX%3A32019R2088)

## Wörterbucheinträge

Aachener Stiftung Kathy Beys. (2015). Environment Social Governance (ESG). In

*Lexikon der Nachhaltigkeit*. Abgerufen am 23. März 2022, von

[https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/esg\\_1609.htm](https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/esg_1609.htm)

Bendel. (2021a). *Digitalisierung*. Gabler Wirtschaftslexikon. Abgerufen am 22. März 2022, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/digitalisierung-54195/version-384620>

Bendel. (2021b). *Virtuelle Realität*. Gabler Wirtschaftslexikon. Abgerufen am 17. Juni 2022, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/virtuelle-realitaet-54243/version-384511>

Haberstock. (2019). *ESG-Kriterien*. Gabler Wirtschaftslexikon. Abgerufen am 22. März 2022, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/esg-kriterien-120056/version-369280>

Keller. (2013). *Drittverwendung*. Gabler Wirtschaftslexikon. Abgerufen am 13. April 2022, von <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/drittverwendung-54249>

Nachhaltigkeit. (2021). In *Duden.de*. Cornelsen Verlag. Abgerufen am 23. März 2022, von <https://www.duden.de/node/100643/revision/486061>

### **Zeitschriftenartikel**

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie & Klima- Und Energiefonds. (2018). *Digitalisierung in der Bauwirtschaft - Forschung und Technologieentwicklung in Österreich*. Energy Innovation Austria. Abgerufen am 2. Juni 2022, von [https://www.energy-innovation-austria.at/wp-content/uploads/2018/12/eia\\_04\\_18\\_fin\\_deutsch\\_SC1.pdf](https://www.energy-innovation-austria.at/wp-content/uploads/2018/12/eia_04_18_fin_deutsch_SC1.pdf)

Gancarz. (2020). Lösen Mixed-Use-Konzepte und Quartiere Urbanisierungsprobleme? *Zukunft des Einkaufens*. Abgerufen am 22. August 2022, von <https://zukunfdeseinkaufens.de/https-zukunfdeseinkaufens-de-mixed-use-konzepte-%E2%80%8E/>

- Geißler & Ostler. (2018). Was ist Plug-and-Play? *DataCenter-Insider*. Abgerufen am 15. August 2022, von <https://www.datacenter-insider.de/was-ist-plug-and-play-a-688240/>
- Hanna. (2021). Nutzungsbasiertes Preismodell (Pay per Use). *ComputerWeekly.de*. Abgerufen am 14. August 2022, von <https://www.computerweekly.com/de/definition/Pay-as-You-Go-Cloud-Computing>
- König. (2021). Künstliche Intelligenz im Bauwesen. *Informationen zur Raumentwicklung*, 48(3), 38–48.
- Memmel & Dengel. (2021). Künstliche Intelligenz - Zwischen Ängsten und Erwartungen, Hype und Realität. *Informationen zur Raumentwicklung*, 4–11.
- Salthammer. (2017). The Air that I Breathe. *Chemie in unserer Zeit*, 51(5), 308–323. <https://doi.org/10.1002/ciuz.201700779>
- Wolf & Strohschen. (2018). Digitalisierung: Definition und Reife. *Informatik-Spektrum*, 41(1), 56–64. <https://doi.org/10.1007/s00287-017-1084-8>

## Abkürzungsverzeichnis

3D	Dreidimensional
AR	Augmented Reality
BIM	Building Information Modeling
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BO	Bauordnung
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CAFM	Computer Aided Facility Management
CRB	Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
DIN	Deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
ESG	Environment, Social, Governance
EU	Europäische Union
FM	Facility Management
FMA	Finanzmarktaufsichtsbehörde
FSC	Forest Stewardship Council
GBV	Österreichischer Verband Gemeinnütziger Bauvereinigungen
IoT	Internet of Things
IT	Informationstechnik
KI	Künstliche Intelligenz
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MR	Mixed Reality
NUWEL	Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien
ÖGNI	Österreichische Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
ÖNORM	Österreichische Normen
ÖSW	Österreichisches Siedlungswerk
RC-Beton	Recyclingbeton
SDG	Sustainable Development Goals
SNBS	Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz
SRI	Smart Readiness Indicator

TU	Technische Universität
UN	United Nations
VO	Verordnung
VR	Virtuelle Realität

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Beziehung einer Wohneinheit zu anderen Wohneinheiten oder anderen Nutzungen .....	7
Abbildung 2: Was verstehen Sie unter BIM?.....	16
Abbildung 3: BIM-Reifegrad.....	17
Abbildung 4: Die sieben BIM-Dimensionen.....	18
Abbildung 5: Building Information Modeling-Matrix .....	19
Abbildung 6: AR/MR mit Tablet (li.), AR/MR-Brillen (mi.), Datenhandschuh (re.) ....	23
Abbildung 7: Wasserwirtschaft in und an Gebäuden.....	33
Abbildung 8: Heizungsanlagen nach Wohnungszahl für Neubauten 2001 – 2013...	37
Abbildung 9: UN-Nachhaltigkeitsziele .....	47
Abbildung 10: BIM-Wertschöpfungskette .....	56

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mixed-Use Formen.....	9
Tabelle 2: Bauweisen im Vergleich .....	30
Tabelle 3: Einflussfaktoren auf das Befinden in Innenräumen.....	43
Tabelle 4: Anwendungsmöglichkeiten von Virtual Reality und Augmented/Mixed Reality .....	58