

Gebäudezertifikate für Logistikimmobilien: Die Intralogistik als blinder Fleck der Nachhaltigkeitsbetrachtung

Masterthese zur Erlangung des akademischen Grades
“Master of Science”

eingereicht bei
Mag. Dr. Wolfram Groschopf

Dipl.-Ing. (FH) Philipp Schneider

00553219

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **DIPL.-ING. (FH) PHILIPP SCHNEIDER**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Masterthese, "GEBÄUDEZERTIFIKATE FÜR LOGISTIKIMMOBILIEN: DIE INTRALOGISTIK ALS BLINDER FLECK DER NACHHALTIGKEITSBETRACHTUNG", 95 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, 14.09.2023

Unterschrift

Kurzfassung

Mit dem "Green Deal" wurde seitens der EU eine Strategie für besseren Klima- und Umweltschutz in der Europäischen Union vorgestellt. Bis 2030, so der Plan, sollen mindestens 55 Prozent weniger Netto-Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 ausgestoßen werden. In Österreich tragen Gebäude zu 11,7% der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bei. Dieser Umstand betrifft durch einen hohen Energieverbrauch Logistikimmobilien in Abstufung zu ihrem Automatisierungsgrad besonders. So verursacht beispielsweise bei einer manuellen Lagerhalle die Gebäudetechnik immer noch 80% der gesamten THG-Emissionen, während bei einem halbautomatischen Logistikzentrum nur mehr 30% zu verzeichnen sind im vollautomatischen Distributionszentrum reduziert sich der Wert auf nur noch 16 %, während der Großteil der THG-Emissionen durch das intralogistische System determiniert wird. Die Intralogistik ist im Betrieb von Logistikimmobilien mit steigender Automatisierung somit der wesentlichste THG-Emittent. Vor dem Hintergrund zunehmender Digitalisierung und Automatisierung sowie des bestehenden Fachkräftemangels in der Logistik nimmt die Automatisierung von Intralogistik-Systemen rapide zu. Während Energieverbräuche und THG-Emissionen der Intralogistik zunehmen, berücksichtigen die Gebäudezertifikate DGNB, LEED und BREEAM diesen Umstand aufgrund verschiedener Herausforderungen noch nicht ausreichend. Die vorliegende Masterthese untersucht daher die Intralogistik als blinden Fleck von Logistikimmobilien in der Nachhaltigkeitsbetrachtung der genannten Gebäudezertifikate. Die Masterthese zeigt nach der Abbildung des Status Quo bestehender Regelungen und resultierender blinder Flecken auch mögliche Anknüpfungspunkte in den Bewertungskriterien der untersuchten Gebäudezertifikate anhand wesentlicher Anbieter auf.

Für Nina, Stella und Julius
Für alle Generationen
Für eine Zukunft in der wir alle Leben wollen

„It’s not easy being green“– Kermit the Frog

Besonderer Dank gebührt Mag. Dr. Groschopf für die Betreuung und die inspirierenden
Fachgespräche

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2. Forschungsfragen und Ziel der gegenständlichen Arbeit	3
1.3. Methodische Vorgehensweise.....	4
1.4. Struktur der These.....	6
2. Grundlagen zu Logistikimmobilien	8
2.1. Logistik.....	8
2.2. Immobilie.....	9
2.3. Logistikimmobilie	10
2.4. Logistikimmobilienwirtschaft in Österreich	22
3. ESG – Environmental, Social und Governance	24
3.1. Einführung in den Begriff Nachhaltigkeit	24
3.1.1. Agenda 2030	25
3.1.2. Das Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit.....	27
3.1.3. Integratives Nachhaltigkeitsmodell	27
3.2. Nachhaltigkeitsbetrachtung in der Immobilienbranche	28
3.2.1. Ökologische Dimension.....	29
3.2.2. Ökonomische Dimension	30
3.2.3. Soziokulturelle Dimension	30
3.3. Erweiterung der Dimensionen: Ökologie, Ökonomie und Soziales	32
3.3.1. Technische Qualität	32
3.3.2. Prozessqualität.....	33
3.3.3. Standortmerkmale	33
3.4. Bewertungsansätze für ökologische Nachhaltigkeit	33
3.4.1. Carbon Footprint.....	33
3.4.2. Life Cycle Assessment (LCA)	35
3.4.3. Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA).....	36
4. Gebäudezertifikate	39
4.1. DGNB	40
4.1.1. DGNB und Logistikimmobilien	41
4.1.2. Zertifizierungsprozess	42
4.2. LEED	46
4.2.1. LEED und Logistikimmobilien	47
4.2.2. Zertifizierungsprozess	48
4.3. BREEAM	50
4.3.1. BREEAM und Logistikimmobilien	51
4.3.2. Zertifizierungsprozess	52
4.4. Die Intralogistik als blinder Fleck analysierter Gebäudezertifikate	53
5. Lösungsansätze zur integralen Betrachtung von Logistikimmobilien	56
5.1. Entwicklung von Ergänzungsmodulen zu bestehenden Gebäudezertifikaten	57
5.1.1. DGNB und intralogistische Systeme.....	60
5.1.2. LEED und intralogistische Systeme	64
5.1.3. BREEAM und intralogistische Systeme.....	68

5.2. Integration bestehender Forschungsansätze aus der Logistik	71
5.2.1. Planung von energieeffizienten und CO ₂ -neutralen Logistikimmobilien	71
5.2.2. CO ₂ -Neutralität und Energieeffizienz im Betrieb von Logistikimmobilien	72
6. Schlussfolgerungen	76
Literaturverzeichnis	79
Abkürzungsverzeichnis	86
Abbildungsverzeichnis	87
Tabellenverzeichnis	89

1. Einleitung

Vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit dem blinden Fleck der Intralogistik bei der Nachhaltigkeitsbetrachtung in Bezug auf Gebäudezertifikate für Logistikimmobilien im Segment Neubau. Um eine Übersicht über die Thematik und die damit verbundene Relevanz der Arbeit zu geben, werden einleitend aktuelle europapolitische Bestrebungen und Ziele in Hinblick auf Nachhaltigkeit erläutert sowie das Potential von Gebäudezertifikaten für die Integration der Intralogistik untersucht. In weiterer Folge wird auf die Forschungsfragen, die Methodik und den Aufbau der Arbeit eingegangen.

1.1. Ausgangslage und Problemstellung

Bis heute existiert noch keine einheitliche Definition des Begriffs „Green Building“ in der deutschsprachigen Literatur. Münchow definiert „Green Building“ als ein Gebäude, das in den Bereichen Energie, Wasser und Material eine erhöhte Ressourceneffizienz aufweist und dabei seine Wirkung insbesondere auf die Faktoren Gesundheit und Umwelt minimiert (Münchow 2016: 373). Die ESG-Transformation in der Immobilienwirtschaft und somit auch in der Logistikimmobilienwirtschaft steht noch am Anfang einer umfassenden Entwicklung. Neue Trends in der Umweltentwicklung in Bezug auf Gebäude konzentrieren sich auf die Dekarbonisierung und die Reduzierung des CO₂-Fußabdrucks und somit der THG-Emissionen und spiegeln sich in nationalen Strategien und Fahrplänen zur langfristigen Erreichung der CO₂-Neutralität wider (Meshcheryakova 2022: 188).

Die EU fordert im Rahmen der EU-Taxonomie höhere Nachhaltigkeitsstandards im Gebäudesektor. Investoren und Entwickler sind aufgrund des steigenden regulatorischen sowie öffentlichen Drucks vermehrt um nachhaltige Lösungen bemüht, um die Anforderungen an nachhaltige Investments umzusetzen (Wernhart 2022:1). Dabei entfallen 13% der global freigesetzten Treibhausgasemissionen der Logistik auf Logistikimmobilien (Ege et al 2019: 1). In Bezug auf den EU Green Deal sind sämtliche THG-Emissionen in den nächsten Jahren in außerordentlichem Maße zu senken (Rüdiger 2018: 3). Im Rahmen der THG-Kalkulation in der Logistik erfolgte bislang jedoch eine alleinige Fokussierung auf Energieverbrauch und THG-Emissionen des Transports, beispielsweise im Rahmen der DIN EN 16258, wodurch ein wesentlicher Teil der THG-Emissionen in der Supply Chain signifikant unterbewertet wurde. Die neue ISO 14083-2023 löst die DIN EN 16258 ab und versucht den Umfang der Betrachtung zu erweitern. Gebäude waren zu 36% der Treibhausgasemissionen und 40% des Energieverbrauchs in Deutschland und der Europäischen Union verantwortlich (Günthner et al 2014: 3). Dieser Umstand betrifft durch einen naturgemäßen hohen Energieverbrauch Logistikimmobilien in Abstufung zu ihrem Automatisierungsgrad besonders (Günthner et al

2014: 79). So verursacht beispielsweise bei einer manuellen Lagerhalle die Gebäudetechnik noch fast 80% der gesamten THG-Emissionen, während bei einer höher automatisierten Logistikimmobilie der Wert auf weniger als 30% sinkt und sein Minimum in einer vollständig automatisierten Logistikimmobilie mit lediglich ca. 16% erreicht. Der größte Teil an THG-Emissionen entsteht in diesem Fall durch die im Gebäude in Betrieb befindliche Intralogistik (Günthner et al 2014: 79). Um die Nachhaltigkeit einer Logistikimmobilie umfassend abzubilden, ist es also notwendig mehrere Dimensionen und ihre Wechselwirkungen zu berücksichtigen (Günthner et al 2014: 79).

Logistikimmobilien sind wesentliche Elemente von Supply Chains mit hoher Marktdynamik und zugleich eine attraktive Assetklasse im Immobilienmarkt. So hat sich das Transaktionsvolumen von Logistikimmobilien in Österreich vom Jahr 2015 mit 190 Mio. Euro bis zum Jahr 2020 mit 525 Mio. Euro mehr als verdoppelt (CBRE GMBH 2021: 14). Im Jahr 2022 hat das Transaktionsvolumen von Logistikimmobilien in Österreich mehr als 500 Mio. Euro erreicht, zugleich wurden für 2022 178.000 m² Fertigstellvolumen erwartet (Otto Immobilien GMBH 2022: 3). Im Jahr 2023 sollen allein im Großraum Wien annähernd 340.000 m² Logistikfläche geschaffen werden, um die steigende Nachfrage nach Logistikimmobilien zu decken (CBRE GMBH 2021: 15). Auch für Investoren in Logistikimmobilien ist Nachhaltigkeit von immer größerer Bedeutung. Nachhaltiges Bauen und „Green Building“ sind moderne und aktuelle Begriffe, die eine ressourcenschonende und somit zukunftsorientierte Bauweise von Gebäuden garantieren sollen. Die Entwicklung in diesem Bereich ist sehr dynamisch und weist eine große Komplexität mit großem Interpretationsspielraum und somit einer Reihe von potenziellen Schwachstellen auf (Veith et al 2021: 34). Bei einem Vergleich mehrerer ESG-Ratings in Bezug auf ihre zugrundeliegenden Kriterien zeigt sich, dass unterschiedliche ESG-Ratings zu maßgeblich unterschiedlichen Bewertungen führen (Berg et al 2022: 1341).

Gebäudezertifikate versuchen bereits einen Standard zu definieren, um die Nachhaltigkeit einer Immobilie zu bewerten (Ding et al 2018: 2). Zu den drei international bedeutenden Gebäudezertifikaten zählen das BREEAM-Zertifikat, das seinen Ursprung im vereinten Königreich hat und bereits seit über zwanzig Jahren angeboten wird, sowie das LEED-Zertifikat des US Green Building Councils, das seit 1998 verfügbar ist. Das Gebäudezertifikat der Deutschen Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB) hat seinen Ursprung in Deutschland und hat aufgrund seines Erfolges bereits viele internationale Ableger. In Österreich ist das DGNB-System mit der Österreichischen Gesellschaft für nachhaltige Immobilien (ÖGNI) vertreten (Dräger 2010: 33). Sie sind grundsätzlich für Logistikimmobilien anwendbar und gehen teilweise auch schon differenziert auf diese Objektart ein, indem sie eine eigene Untergruppe für Logistikimmobilien definieren, nutzen jedoch verschiedene

Informationsquellen, Systematiken und Bewertungsansätze. Gebäudezertifizierungen konzentrieren sich dabei in der Regel lediglich auf das Gebäude und seinen Lebenszyklus mit Fokus auf Gebäudehülle sowie -technik, jedoch ohne Berücksichtigung der Intralogistik (Meshcheryakova 2022: 188). Dadurch resultieren Bewertungsergebnisse in Abhängigkeit des gewählten Zertifikats, die hohen Schwankungsbreiten unterliegen. Gebäudezertifikate konzentrieren sich mit Ihren Ansätzen noch nicht genug auf die Nutzungsphase der Logistikimmobilie, insbesondere durch die mangelnde Berücksichtigung der Intralogistik (Dobers et al 2019: 19).

Zum Zeitpunkt der Erstellung der Masterthese gibt es keine standardisierte Bewertungsmethode für THG-Emissionen, die durch den Betrieb von Logistikimmobilien, insbesondere unter Berücksichtigung der Intralogistik, erzeugt werden (Rüdiger 2018: 5). Die neue ISO 14083-2023 berücksichtigt erstmals stationäre Logistikprozesse mit Fokus auf Umschlagsprozesse, lässt aber durch den Fokus auf die Betriebsphase in Bezug auf eine Lebenszyklus-orientierte Betrachtung von Logistikimmobilien noch Fragen offen. In Gebäudezertifikaten für nachhaltige Immobilien werden der Einsatz von umweltfreundlichen Baumaterialien und das Einhalten moderner Baustandards bewertet. Die Phase der Nutzung findet in der Regel noch keine Berücksichtigung. Die Methodik zur Erfassung der THG-Emissionen von intralogistischen Systemen findet ausnahmslos in der Nutzungsphase statt. (Rüdiger 2018: 154). Das Fraunhofer IML versucht durch die Erhebung empirischer Daten von teilnehmenden Unternehmen diese Lücke mittels einer Onlineapplikation zu schließen, die den Ressourcenverbrauch und die Emissionseffizienz von Logistikimmobilien messen soll. Die zum Einsatz gebrachte Methode wird derzeit gemäß der Anforderungen der ISO 14083 adaptiert (REff 2023)

1.2. Forschungsfragen und Ziel der gegenständlichen Arbeit

Die vorliegende Masterthese befasst sich daher mit einer Analyse der Nachhaltigkeitsbetrachtung von Logistikimmobilien mittels Zertifizierungen und unter Berücksichtigung von Forschungsansätzen für die differenzierte Betrachtung von Planung und Betrieb der Logistikimmobilie, inklusive ihrer stationären Logistikprozesse. Darüber hinaus untersucht die Arbeit, ob es bei den bereits bestehenden Konzepten zur ganzheitlichen Betrachtung von Logistikimmobilien Anknüpfungspunkte für Gebäudezertifikate geben kann. Die Arbeit konzentriert sich ausschließlich auf den Neubau in dieser Assetklasse.

Folgende Forschungsfragen werden bearbeitet:

Worin liegt der Unterschied in der Nachhaltigkeitsbetrachtung einer Logistikimmobilie unter Berücksichtigung intralogistischer Systeme zwischen den Phasen Planung und Nutzung?

Wo liegen mögliche Anknüpfungspunkte im Kriterienkatalog von Gebäudezertifikaten für Logistikimmobilien zur Integration intralogistischer Systeme in die Nachhaltigkeitsbetrachtung?

Zur Bearbeitung der eben abgebildeten Forschungsfragen wird im Rahmen eines abduktiven Forschungsansatzes vorgegangen. Forschungsansatz sowie Methodeneinsatz erläutert der Autor im Folgeabschnitt.

1.3. Methodische Vorgehensweise

Die Einordnung der vorliegenden Arbeit basiert auf einer Studie von Kovács und Spens, die bestehende Forschungsansätze in der Logistikforschung in induktive, deduktive und abduktive Ansätze differenzieren. Rein induktive und deduktive Forschungsansätze verfügen über eindeutige Stoßrichtungen (Kovács & Spens 2005: 132). Diese erscheinen zur Klärung der vorliegenden Forschungsfragen nicht prädestiniert, da der Ausgangspunkt für das vorliegende Forschungsvorhaben bereits bestehende Ansätze und Methoden sind, die einerseits auf ihre Vollständigkeit, methodische Konsistenz und Plausibilität, andererseits auf deren Eignung zur teilweisen Übertragung auf das vorliegende Forschungsvorhaben überprüft werden sollen. Deshalb wählt der Autor einen abduktiven Forschungszugang (Kovács & Spens 2005: 139). Dabei werden in einem iterativen Prozess bestehende Ansätze zur Darstellung von Nachhaltigkeitskriterien sowohl aus dem Logistikimmobilienbereich als auch von stationären Logistikleistungen dargestellt, abgeglichen, systematisch kombiniert und ergänzt. Einen Überblick über den Ablauf gibt die folgende Abbildung.

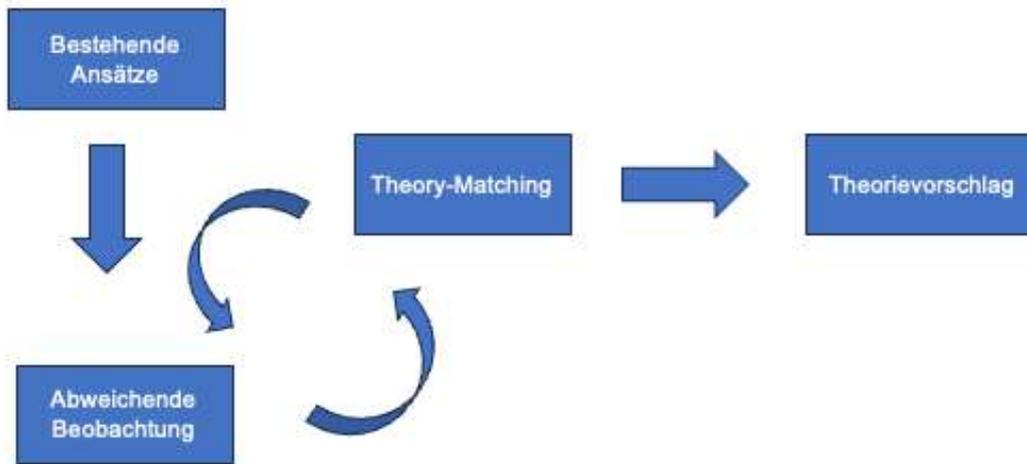


Abbildung 1 Induktiver Forschungsprozess (Groschopf 2017: 26 nach Kovács & Spens 2005: 139)

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Primärstudien zu einem bestimmten Thema zu identifizieren, zu strukturieren und zu analysieren. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit kommt daher die vergleichende Literaturanalyse bestehender Ansätze aus unterschiedlichen Domänen zum Einsatz. Die vergleichende Literaturanalyse bewertet dabei Stärken und Schwächen der vorhandenen Literatur, versucht widersprüchliche Ergebnisse zu klären, vielversprechende Bereiche zu identifizieren und Empfehlungen für die zukünftige Forschung abzuleiten. Insofern bildet die vergleichende Literaturanalyse eine wesentliche Methode im Forschungsprozess, da sie in der Regel auf einer genau definierten Forschungsfrage basiert und die Analyse und Synthese eines konkreten Forschungsgebiets ermöglicht (Hochrein et al. 2015: 241).

In der Fachliteratur lassen sich je nach Autor und Art der Literaturanalyse unterschiedliche Abläufe im Forschungsprozess unterscheiden. Diese bestehen grundsätzlich aus einer Abfolge von vier Stufen im Forschungsprozess (Seuring & Gold 2012: 546):

1. Materialsammlung: Das zu analysierende Material wird abgegrenzt und die Analyseeinheit wird festgelegt.
2. Deskriptive Analyse: Bewertung der formalen Merkmale des Materials, die den Hintergrund für die anschließende inhaltliche Analyse bilden.
3. Kategorienauswahl: Strukturelle Dimensionen und zugehörige analytische Kategorien werden, die auf das gesammelte Material angewendet werden sollen
4. Materialauswertung: Das Material wird nach den identifizierten Dimensionen ausgewertet.

Als Sekundäranalyse fasst die vorliegende Arbeit die bestehenden Erkenntnisse des Forschungsgebiets zusammen und hat somit ein breiteres Spektrum und eine größere Reichweite als empirische Primärforschung (Hochrein et al. 2015: 243). Die Überprüfung der Literatur ist dabei ein wichtiges Hilfsmittel für folgende Phasen des Forschungsprozesses hin zur Etablierung neuer Theorien und Modelle in der Nachhaltigkeits- und Logistikforschung. Der Abgleich der eigenen, abweichenden Beobachtungen mit sowie die Verankerung wesentlicher Eckpunkte in der vorhandenen Literatur trägt zur Formulierung und Strukturierung des Forschungsthemas bei. Außerdem können unerwartete Erkenntnisse aus der eigenen Literaturanalyse zur Re-Konzeptualisierung der Ergebnisse beitragen (Seuring & Gold 2012: 545).

1.4. Struktur der These

Entsprechend der in Kapitel 1 dargelegten Ausgangslage und Problemstellung definiert der Autor zunächst zweckgerichtete Forschungsfragen. Davon ausgehend erfolgt die Erläuterung von Forschungsdesign sowie eingesetzter Forschungsmethoden im Rahmen der vorliegenden Arbeit.

In Kapitel 2 erfolgt zunächst ein Überblick über die theoretischen Grundlagen der Logistik sowie folgend eine detaillierte Betrachtung des Forschungsobjekts Logistikimmobilien. Den Abschluss des Kapitels bildet ein Überblick über die Logistikimmobilienwirtschaft in Österreich.

Ausgehend von den Grundlagen des Forschungsfeldes erfolgt in Kapitel 3 eine Einführung in das komplexe Forschungsfeld der Nachhaltigkeit. Dabei stellt der Autor Dimensionen der Nachhaltigkeit, deren Ursprung sowie Erweiterung um eine technische, prozess- und standortorientierte Betrachtung insbesondere in Bezug auf Immobilien vor. Danach erfolgt eine Betrachtung unterschiedlicher Methoden zur Bewertung von Nachhaltigkeit.

In Kapitel 4 werden Zweck und Aufbau von Gebäudezertifikaten am Beispiel der wesentlichen Zertifizierungssysteme DGNB, LEED und BREEAM beschrieben. Im letzten Abschnitt dieses Kapitels wird die Intralogistik als blinder Fleck von Gebäudezertifikaten erläutert.

In Kapitel 5 erarbeitet der Autor Anknüpfungspunkte und skizziert Lösungsansätze zur integralen Betrachtung von Logistikimmobilien inklusive der Intralogistik im Rahmen von Gebäudezertifikaten unter Berücksichtigung bestehender Forschungsansätze zur Messung und Bewertung von Energieverbrauch und THG-Emissionen stationärer Logistikprozesse.

Kapitel 6 bildet den Abschluss der Arbeit. Dabei erfolgt zunächst die Beantwortung der Forschungsfragen und in Folge ein Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen.

2. Grundlagen zu Logistikimmobilien

Das Betrachtungsobjekt der vorliegenden Arbeit bilden Logistikimmobilien, die in der Regel als Gewerbeliegenschaften oder als Spezialimmobilien eingestuft werden (Kranewitter 2018: 81). In diesem Abschnitt stellt der Autor eine systematische Einordnung, Begriffsbestimmung und Systematisierung von Logistikimmobilien als definitorische Grundlage der weiteren Ausführungen dar.

2.1. Logistik

Die Logistik hat als Fachrichtung in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen und sich in der unternehmerischen Praxis zu einem zentralen Unternehmensprozess entwickelt. Dabei wird der Begriff Logistik in der Fachliteratur unterschiedlich definiert und die Logistik-Entwicklung aus verschiedenen Sichtweisen beleuchtet (Groschopf 2017: 39). Wesentlichen Ansätzen gemeinsam ist, dass die Logistik als interdisziplinäre Disziplin aufgefasst wird.

„Sie nutzt und verbindet das Wissen anderer Fachbereiche, für die wiederum die Logistik eine Hilfswissenschaft ist.“ (Gudehus 2010: 4).

Logistikprozesse entwickeln sich stetig weiter auch resultierend aus technologischer Weiterentwicklung und Transformationsprozessen des Wettbewerbs. Gudehus definiert die Hauptaufgabe der operativen Logistik in einem optimalen zur Verfügung stellen der angefragten Menge notwendiger Objekte in der optimalen Zusammenstellung zur richtigen Zeit am richtigen Standort (Gudehus 2010: 3). Gudehus begründet seine Definition folgendermaßen:

„... die von den Unternehmen, Haushalten und Konsumenten benötigten Waren, Güter, Teile und Einsatzstoffe werden in der Regel nicht an dem Ort und zu dem Zeitpunkt erzeugt, in dem sie gebraucht werden. Sie entstehen meist auch nicht in der benötigten Menge und Zusammensetzung.“ (Gudehus 2010: 3).

Die wesentlichste Sichtweise der Logistik für die vorliegende Arbeit beschreibt Logistik als material- und warenflussbezogene Dienstleistungsfunktion. In diesem Zusammenhang lässt sich Logistik wie folgt nach Klaus definieren:

„Es geht um die operativen Tätigkeiten des Transportierens, Umschlagens, Kommissionierens und Lagerns, die zusammen als TUL-Logistik verstanden werden“ (Klaus et al 2012: 330).

Dieser grundlegenden Definition folgend können nach Gudehus vier Grundfunktionen der Logistik abgeleitet werden (Gudehus 2010: 3). Einen Überblick über diese Grundfunktionen gibt die folgende Abbildung.



Abbildung 2: Grundfunktionen der Logistik (Gudehus 2010: 3)

Obenstehende Abbildung gibt einen Überblick über die Grundfunktionen der Logistik. Während die Funktion des Transports auf die Raumüberwindung von Waren (und Personen) abstellt, behandeln die anderen Funktionen der Logistik Logistikleistungen, die in der Regel an ortsfesten Standorten im Rahmen stationärer Logistikleistungen erbracht werden (Groschopf 2017: 49). Dazu kommen zunehmend spezialisierte Logistikimmobilien in unterschiedlichen Ausprägungsformen zum Einsatz, die in den folgenden Abschnitten in die Immobilienökonomie eingeordnet und im Detail behandelt werden.

2.2. Immobilie

Der Fachbereich Immobilienökonomie der Wirtschaftswissenschaften untersucht Vorgehensweisen um Immobilien zu Bewerten und zu Systematisieren. Nach Schulte bezeichnet der Begriff Immobilien:

„Wirtschaftsgüter, die aus unbebauten Grundstücken oder bebauten Grundstücken mit dazugehörigen Gebäuden und Außenanlagen bestehen. Sie werden vom Menschen im Rahmen physisch-technischer, rechtlicher, wirtschaftlicher und zeitlicher Grenzen für Produktions-, Handels-, Dienstleistungs- und Konsumzwecke genutzt“. (Schulte 2008: 16).

Pfnür definiert Immobilien ähnlich als:

„Wirtschaftsgüter in Form von Grundstücken bzw. grundstücksgleichen Rechten, Gebäuden und Zubehör, deren Kosten- und Nutzenwirkungen im Zeitverlauf die Zielerreichung von Wirtschaftssubjekten beeinflussen. Sie können dabei nach Maßgabe der wirtschaftlichen Nutzungsmöglichkeit sowohl eine Teilmenge als auch eine Gruppe von Grundstücken, grundstücksgleichen Rechten oder deren wesentlicher Bestandteile im Sinne des bürgerlichen Rechts sein.“ (Pfnür 2022: 9).

Pfnür unterstreicht damit, dass ein Immobile auch nur ein Teilbereich eines Gebäudes sein kann.

Nach dieser kompakten Einführung in die Grundbegrifflichkeiten der Immobilie erfolgt in den Folgeabschnitten eine detaillierte Darstellung von Arten sowie Komponenten von Logistikimmobilien.

2.3. Logistikimmobilie

In der Fachliteratur fand der Begriff der Logistikimmobilie in der Vergangenheit nur wenig Beachtung und wurde in der Regel als Lagerhaus subsummiert. Vereinzelt finden sich Definitionen von Lagerimmobilien in der Fachliteratur (Griemert und Römisch 2015: 325–338 oder ten Hompel et al. 2007: 50–52). Ein umfassendes Werk für Logistikimmobilien, insbesondere eines das näher auf multimodale Verkehrsknoten eingeht, ist dem Autor nicht bekannt (Klaus et al. 2012: 380 und Huber 2014: 1).

Hirdes definiert Logistikimmobilien in diesem Zusammenhang als Lagerhallen und differenziert unterschiedliche Kategorien nach ihrer Größe wie folgt:

„Logistikimmobilien ist die Bezeichnung für Immobilien, die zur Lagerung, Kommissionierung und Distribution von Waren genutzt werden. Dieser Immobilientypus entspricht weitestgehend dem Typus der Lagerhallen, allerdings ist die Größe von Logistikimmobilien unterschiedlich: Lagerhallen haben häufig Dimensionen unter 5.000 m², während Logistikimmobilien deutlich über 10.000 m², häufig sogar 40.000 m² und in Einzelfällen über 200.000 m² aufweisen.“ (Hirdes et al 2005: 13)

Hier liegt das Augenmerk offensichtlich vorrangig auf der Warenlagerung.

Bienert definiert ergänzend dazu Logistikimmobilien als Ausprägungsform von Spezialimmobilien, die:

„selten oder gar nicht im offenen Markt verkauft werden, außer im Rahmen des Unternehmens, von dem sie ein Teil sind. Sie dienen der Lagerung, dem Umschlag und der Kommissionierung

von Waren und Gütern, gemäß den heutigen Anforderungen verbunden mit der notwendigen Infrastruktur und Technik. Sie befinden sich an ausgewählten Standorten mit guter Anbindung an die Verkehrsinfrastruktur. In der Regel werden sie von Logistikunternehmen auf Basis von Logistikdienstleistungsverträgen betrieben. Insbesondere Logistikzentren gehören zu Immobilien, die einen erhöhten Managementaufwand erfordern.“ (Bienert 2005: 732)

Bienert beschreibt die Eigenschaften von Logistikimmobilien und bezieht sich auf die wesentlichen Funktionen der Logistik nach Gudehus.

Die Autoren der Studie „Logistikimmobilien – Markt und Standorte“ haben in Ergänzung eine differenziertere Beschreibung für Logistikimmobilien veröffentlicht:

„Eine Logistikimmobilie ist ein Gebäude, für dessen Errichtung primär die Nutzung hinsichtlich Umschlag und Lagerung sowie damit verbundenen Leistungen ausschlaggebend sind. Sie stellt i. Allg. einen Knoten in einem logistischen Netzwerk dar.“ (Nehm 2013: 24)

Die Erbringung und Erfüllung der Anforderungen in der Logistik stehen im Mittelpunkt dieser Beschreibung. Das Hauptaugenmerk der analysierten Immobilie bleibt bei Gebäuden. Entwickelte Logistikimmobilien für Umschlags- und Lagerprozesse berücksichtigt die Beschreibung nicht gesondert. Für die vorliegende Arbeit wird eine Definition für Logistikimmobilien von David Rüdiger verwendet.

Rüdiger definiert die Logistikimmobilie wie folgt:

„Logistikimmobilien sind Orte und Wirtschaftsgüter in Form von Grundstücken und grundstücksgleichen Rechten, deren technische Anlagen oder Gebäudestrukturen primär für die Verwirklichung logistischer Transformationsprozesse, d.h. Umschlag, Lagerung oder Kommissionierung, konstruiert sind. Ferner sind Logistikimmobilien integraler Bestandteil übergeordneter Wertschöpfungsketten und zeichnen sich in der Regel durch eine gute Anbindung an die Verkehrsinfrastruktur aus. Im Zuge einer erweiterten Kundenorientierung und entsprechender Marktstrategien werden in Logistikimmobilien auch zunehmend weitere wertschöpfende Tätigkeiten Mehrwertdienstleistungen (Value Added Services, VAS) erbracht, deren ökonomischer Stellenwert gegenüber der originären Logistikleistung aber als sekundär zu bewerten ist.“ (Rüdiger 2017: 8).

Eine allgemein gültige Definition für den Begriff der Logistikimmobilie existiert in der Fachliteratur nur eingeschränkt, da diese deutlich in ihrer Funktion und Gestaltung voneinander abweichen können. Dies ist spezifischen Funktionsanforderungen, der Komplexität und der Vielfalt der Prozesse sowie der unklaren Abgrenzung des Logistikbegriffs geschuldet. Daher

sind unter dem Begriff Logistikimmobilien im weitesten Sinne Immobilien zu verstehen, die mit der entsprechenden Technik und einer geeigneten Infrastruktur für die Lagerung, Kommissionierung und den Umschlag von Waren und Gütern ausgestattet sind und weitere Bereiche für Value Added Services berücksichtigen können. Einen Überblick über unterschiedliche Arten von Logistikimmobilien gibt der folgende Abschnitt.

Arten von Logistikimmobilien

Die möglichen Erscheinungsformen von Logistikimmobilien in der Praxis sind sehr vielfältig. Ebenso ist eine Charakterisierung von Logistikimmobilien nach unterschiedlichsten Gesichtspunkten möglich. Neben baulichen Aspekten hinsichtlich der Gebäudehülle sowie der Gebäudetechnik kann dabei der Automatisierungsgrad der Intralogistik zur Differenzierung herangezogen werden (Günthner et al 2014: 46 & Habenicht & Günthner 2013: 33). Ebenso können nutzungsbedingte Aspekte hinsichtlich der Nutzungsart (z.B.: Lager- und Umschlagsimmobilie) und die Stellung in der Supply Chain (z.B.: Produktions- und Ballungsraumversorgung) zur Klassifikation herangezogen werden (Veres-Homm & Weber 2016: 42). Einen Überblick über mögliche Ansätze zur Charakterisierung von Logistikimmobilien gibt folgende Abbildung:



Abbildung 3: Kategorisierungsansätze von Logistikimmobilien (Nehm & Veres-Homm 2012: 308)

Logistikimmobilien entstehen zunehmend auf Basis einer standardisierten Bauweise wie deren Merkmale (z.B.: eine eingeschossige Bauweise) zeigen (Veres-Homm & Weber 2019: 42). Sie entsprechen daher mehrheitlich den Kriterien einer klassischen Lagerhalle (Bienert 2018: 701). Neben Flächen für den Warenein- und -ausgang, die Lagerung, die Kommissionierung und den Umschlag verfügen Objekte, je nach Aufgabe, über Flächen für Mehrwertdienstleistungen. Ergänzt werden diese Prozessflächen durch Flächen im Mezzanin oder angebundene

mehrgeschossige Gebäudeteile mit Büro- und Sozialnutzung, welche in der Regel maximal 5 bis 10 % der gesamten Gebäudefläche entsprechen. Die Aufteilung, Anordnung und Gestaltung dieser Flächen ist dabei stark nutzungsabhängig (Veres-Homm & Weber 2019: 43). Das Fraunhofer IML unterscheidet dabei hinsichtlich Bauform und Größe unterschiedliche Gebäudetypen.

Diese Gebäudetypen können neben baulichen Merkmalen auch nach ihrer Aufgabe und Stelle in der Supply Chain differenziert werden. Hinsichtlich der zu erbringenden Leistungen in einer Logistikimmobilie sind somit die spezifischen Rahmenbedingungen hinsichtlich Standortwahl und Ausstattungsmerkmalen zu berücksichtigen (Veres-Homm & Weber 2019: 44). Dabei gewinnt der Automatisierungsgrad intralogistischer Systeme als Gesamtheit der zum Einsatz gebrachten Betriebsmittel in der Logistikimmobilie zunehmend an Bedeutung (Günthner et al 2014: 25). Einen Überblick über wesentliche Erscheinungsformen und Automatisierungsgrade von Logistikimmobilien gibt die folgende Tabelle:

Gebäudetyp	Automatisierungsgrad Intralogistik
Lagerimmobilie	Manuelles Intralogistik-System
Umschlagsimmobilie	Teilautomatisiertes Intralogistik-System
Distriubtionszentrum	Vollautomatisiertes Intralogistik-System
Speziallogistikimmobilie	

Tabelle 1: Logistikimmobilientypen und Automatisierungsgrade intralogistischer Systeme (Veres-Homm & Weber 2019: 43, Günthner et al. 2014: 23)

Obenstehende Gebäudetypen sind in der Regel durch gemischt genutzte Gewerbeobjekte mit Logistikfunktionen zu ergänzen, die eine Sonderstellung hinsichtlich der typischerweise dominanten Nutzung aufweisen und in der Regel zu weniger als 50 % für logistische Zwecke genutzt werden. In den folgenden Unterkapiteln werden die Logistikimmobilientypen anhand ihrer baulichen Ausführung beschrieben und unterschiedliche Automatisierungsgrade anhand typischer intralogistischer Systeme erläutert.

Lagerimmobilien

Klassische Lagerimmobilien sind vorwiegend Objekte der Produktionslogistik und dienen der Erhaltung eines notwendigen Lagerstands für die produzierende Wirtschaft oder der Zwischenlagerung vor der Auslieferung. Neben den klassischen Prozessen der Logistik (Transport, Umschlag, Lagerung) werden in diesen Objekten zunehmend auch Value Added Services durchgeführt (Veres-Homm & Weber 2019: 43 – 45).

Lagerimmobilien	
Grundstücksfläche	> 10.000 m ²
Gebäudefläche	> 5.000 m ²
Bürofläche	5 - 10%
Hallenhöhe	< 10 - 12 m UKB
Anzahl der Ladetore	< 1/1.000 m ²
Merkmale	Ebenerdige Tore - Überdachte Außenfläche - u. a. Krananlagen Funktion: Lagerung

Tabelle 2: Lagerimmobilien (Veres-Homm & Weber 2019: 43)

Lager- und Distributionsimmobilien sind baulich sehr ähnlich gestaltet, unterscheiden sich jedoch eindeutig durch ihre Bedeutung in der Wertschöpfungskette. Moderne und zeitgemäße Lager- und Distributionsimmobilien befinden sich meist in unmittelbarer Umgebung zu den Produktionsstätten und sind in der Regel im Besitz des verladenden Unternehmens. Da sie vorwiegend von diesen oder von langfristig gebundenen Kontraktlogistikdienstleistern genutzt werden, sind sie in ihrer Drittverwendungsfähigkeit, sprich in ihrer Nutzbarkeit durch folgende oder andere Mieter, erheblich eingeschränkt (Veres-Homm & Weber 2019: 43 – 45). Die folgende Abbildung zeigt die Außenansicht einer manuellen Lagerhalle.

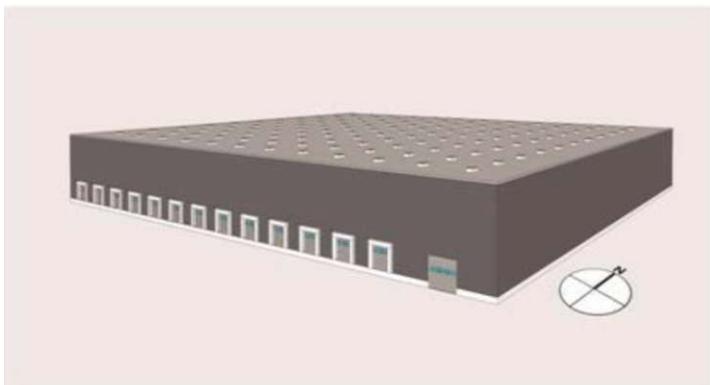


Abbildung 4: Außenansicht der manuellen Lagerhalle (Günthner et al 2014: 25)

Charakteristisch ist dabei neben Bauweise und Bauhöhe ebenso die Anzahl integrierter Rampen, um ausreichende Kapazitäten für Ladetätigkeiten von Transportfahrzeugen im Rahmen des Umschlages von Waren bereitzustellen. Wesentlich für die Klassifikation ist jedoch die Ausgestaltung des intralogistischen Systems. Die folgende Abbildung zeigt dazu die Innenansicht einer manuellen Lagerhalle. Hier ist gut ersichtlich, dass der Automatisationsgrad nicht sehr stark ausgeprägt ist und logistische Prozesse von Transport, Ein- und Auslagerung manuell von Mitarbeitenden im Lager verrichtet werden müssen.



Abbildung 5: Innenansicht der manuellen Lagerhalle (Günthner et al 2014: 25)

Umschlagsimmobilien

Immobilien, die an erster Stelle dem Umschlag dienen können, auch als Durchlauflager oder mit dem englischen Begriff Cross Docks bezeichnet werden und dienen primär dem Warenumschlag. Sie sind auf den Prozess der auftragsgemäßen Zusammenfassung und Auslieferung von Gütern ausgerichtet. Die Waren befinden sich nur kurze Zeit für das Entladen, Sortieren, Bereitstellen und Neubeladen der Transportmittel in dem Objekt. In den meisten Fällen handelt es sich um die Übergabe von Gütern aus dem Fern- in den Nahverkehr und umgekehrt, wobei der Fokus auf einer schnellen und optimierten Abwicklung großer Sendungsmengen ausgelegt ist (Veres-Homm & Weber 2019: 43 – 45).

Umschlagsimmobilien	
Grundstücksfläche	15.000 - 40.000 m ²
Gebäudefläche	< 10.000 m ²
Bürofläche	< 15 %
Hallenhöhe	< 8 m UKB
Anzahl der Ladetore	> 1/250 m ²
Merkmale	Mehrseitige Andienung - Sprintertore - Größere Rangierfläche - Funktion: Umschlag

Tabelle 3: Umschlagsimmobilien (Veres-Homm & Weber 2019: 43)

Der kurzen Zeitspanne entsprechend, in der sich die Ware normalerweise im Objekt befindet, sowie der ebenerdigen Verladetätigkeit fällt diese Immobilienart in der Regel deutlich niedriger aus als andere Logistikobjekte. Für einen effizienten und optimierten Umschlag sollten die Objekte insbesondere für den Ein- und Ausgang von Gütern von zwei Seiten andienbar sein, aus dem sich ein im Vergleich recht großes Verhältnis zwischen Grundstücks- und Gebäudefläche ergibt. Die Anzahl der Verladetore ist aus Effizienzgründen höher, um ausreichende Kapazitäten für die hohe Anzahl an Transporten bereitzustellen (Steiner 2022: 20).

Aus Gründen der Zeit- und Kosteneffizienz sind die Standorte dieser Objekte sehr oft in der Nähe von Ballungszentren angesiedelt, um Transportdistanzen zu Endkunden möglichst kurz zu halten. Hubs, die Warenflüsse mehrerer Umschlagsdepots bündeln, bilden hier eine Ausnahme. In Bezug auf Ihren Standort können sie daher größer und unabhängiger geplant werden. Umschlagsimmobilien werden in der Regel von Logistikdienstleistungsbetrieben und großen Unternehmen genutzt. Unterscheiden muss man hier aber spezielle Umschlagshallen, die einen sehr hohen Automatisierungsgrad haben und sich aufgrund ihres Spezifikums von klassischen Umschlagsimmobilien unterscheiden (Veres-Homm & Weber 2019: 43-45). Die folgende Abbildung zeigt die Außenansicht eines halbautomatischen Logistikzentrums.

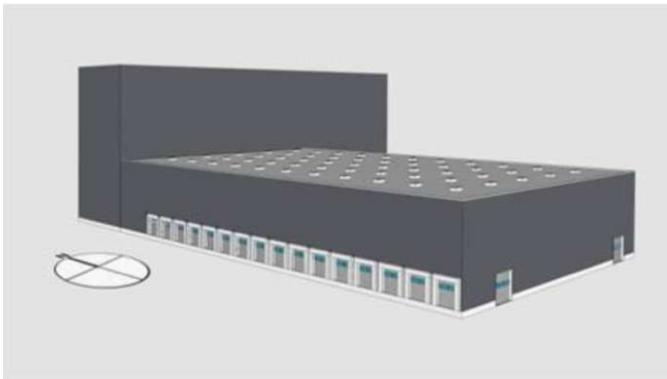


Abbildung 6: Außenansicht des halbautomatischen Umschlagslagers - Süd-West Ansicht- (Günthner et al 2014: 26)

Die folgende Abbildung zeigt die Innenansicht eines halbautomatischen Logistikzentrums. Hier ist gut erkennbar, dass die Komplexität und der Automatisierungsgrad gegenüber dem manuellen Umschlagslager stark zunehmen. Hinsichtlich des Automatisierungsgrades des intralogistischen Systems werden einzelne Subsysteme des intralogistischen Systems manuell betrieben während andere Bereiche mittels vollautomatisierter Systeme betrieben werden.

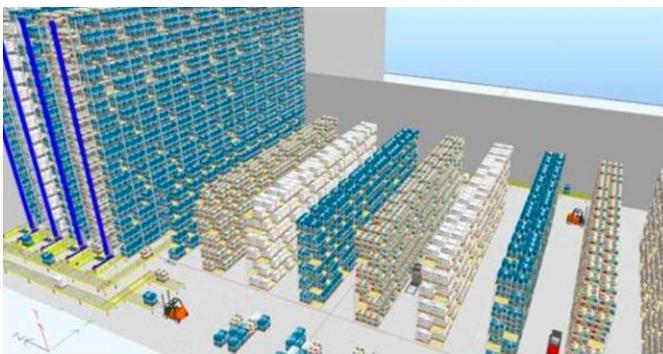


Abbildung 7: Innenansicht des halbautomatischen Umschlagslagers (Günthner et al 2014: 26)

Distributionsimmobilien

Distributionsimmobilien wie Logistikzentren und Warenverteilzentren sind als Immobilien zu verstehen, deren Hauptfunktion in der Warenverteilung liegt. Dies inkludiert in der Regel logistischen Prozesse der Lagerung, des Umschlags, der Kommissionierung, der Verteilung und des Transports als auch die Bündelung und auftragspezifische Zusammenstellung von Waren unterschiedlicher Herkunft (Veres-Homm & Weber 2019: 43 – 45).

Distributionsimmobilien	
Grundstücksfläche	> 20.000 m ²
Gebäudefläche	> 10.000 m ²
Bürofläche	5 - 10%
Hallenhöhe	> 10 - 12 m UKB
Anzahl der Ladetore	> 1/1.000 m ²
Merkmale	Modulare Bauweise u.a. Mezzaninflächen Funktion: Lagerung und Mehrwertservices

Tabelle 4: Distributionsimmobilien (Veres-Homm & Weber 2019: 44)

In der Regel sind diese Logistikimmobilien in zentraler Lage des Distributionsgebietes erbaut. In Abhängigkeit von ihrer Größe werden regionale und überregionale Distributionszentren definiert und nehmen nicht selten über 10.000 m² und damit eine vergleichsweise große Fläche in Anspruch. Die Anzahl der Tore ist den Umschlagsimmobilien ähnlich und meistens ebenfalls höher als bei anderen Logistikobjekten. Regionale Distributionszentren werden oft zur regionalen Filiallieferung verwendet, während überregionale Distributionszentren für den Business-to-Business (B2B)-Bereich betrieben werden (Veres-Homm & Weber 2019: 43 – 45).

Üblicherweise sind regionale Distributionszentren in zentraler Lage des Distributionsgebietes angesiedelt. Je nach deren Größe werden regionale und überregionale Distributionszentren unterschieden. Immobilien dieser Art nehmen nicht selten über 10.000 m² und somit eine vergleichsweise große Fläche in Anspruch. Zudem ist die Anzahl an Toren, ähnlich den Umschlagsimmobilien, in der Regel ebenfalls höher als bei anderen Logistikobjekten. Regionale Distributionszentren dienen häufig dem Zweck der regionalen Filialbelieferung, während überregionale Distributionszentren in der Regel für den Business-to-Business (B2B)-Bereich betrieben werden (Steiner 2022: 20). Die folgende Abbildung zeigt die Außenansicht eines vollautomatischen Distributionszentrums.

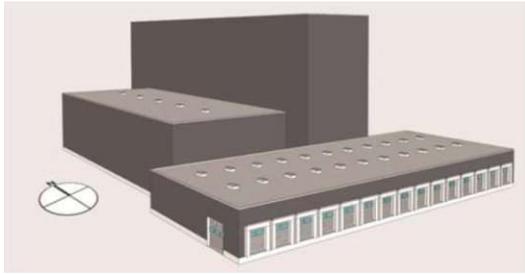


Abbildung 8: Außenansicht des vollautomatischen Distributionszentrums - Süd-West Ansicht - (Günthner et al 2014: 27)

Die folgende Abbildung zeigt die Innenansicht eines vollautomatischen Distributionszentrums. Hier ist gut erkennbar, dass sich die Komplexität und der Automatisierungsgrad gegenüber dem halbautomatischen Logistikzentrum nochmals maßgeblich gesteigert haben. Transportvorgänge innerhalb des Distributionszentrums werden mit fahrerlosen Transportsystemen (engl. Automated Guided Vehicles, AGV) durchgeführt, die Ware vom Wareneingangsbereich zu Förderanlagen transportieren. Die ortsfesten Förderanlagen übernehmen den Weitertransport zu den vollautomatischen Lagersystemen. Auf Basis der zugewiesenen Lagerplätze erfolgt dort die Ein- bzw. Auslagerung der Waren.



Abbildung 9: Innenansicht des vollautomatischen Distributionszentrums (Günthner et al 2014: 27)

Speziallogistikimmobilien

Speziallogistikimmobilien sind für besondere logistische Ansprüche gebaut und unterliegen in der Regel dadurch strengeren baulichen, technischen und gesetzlichen Anforderungen. Das betrifft vor allem Hochregallager, Gefahrgutlager, Kühllager und Distributionszentren für Pharmaprodukte, nur um einige Beispiele zu nennen. Hochregallager definieren sich durch eine höhere Bauweise, um große Lagerkapazitäten bei geringem Flächenbedarf zu gewährleisten. So werden Logistikimmobilien mit maximalen Lagerhöhen ab einer Höhe von 12 Metern als Hochregallager definiert. Kühllager, Gefahrgutlager und Distributionszentren für Pharmaprodukte sind Immobilien für Güter, welche speziellen Lagerbedingungen unterliegen (Veres-Homm & Weber 2019: 43 – 45). Bei Kühllagern werden bauliche Maßnahmen konsequent umgesetzt und beispielsweise die Anzahl an Toren reduziert oder starke

Isolierungen ausgeführt, um Kälteverluste möglichst gering zu halten. Außerdem werden je nach Nutzung bestimmte Vorkehrungen getroffen. So werden beispielsweise bei Gefahrgutlagern eine Verschalung des Bodens, ein spezielles Entlüftungssystem oder eine gewisse Entfernung des Standortes zum nächsten Wohngebiet verlangt. Auch Hygienemaßnahmen und Sicherheitsvorrichtungen aufgrund des hohen Wertes der Ware müssen teilweise gegeben sein (Steiner 2022: 22).

Komponenten von Logistikimmobilien

Es ist möglich bestimmte wiederkehrende Grundelemente aus den im vorangegangenen Abschnitt dargestellten einzelnen Grundelementen abzuleiten. Somit definieren sich unterschiedliche Arten von Logistikimmobilien über die vorrangige Verrichtung, für die sich typische Automatisierungsgrade in Bezug auf die Intralogistik herausbilden (Günthner et al 2014: 23).

Um Logistikimmobilien ganzheitlich betrachten zu können ist diese in die Kategorien Intralogistik, Gebäudehülle und Gebäudetechnik zu unterscheiden. Daraus resultieren Unterkategorien denen abzuleitende Basiselemente zugeteilt werden. Für die Intralogistik werden die Unterkategorien Fördern, Lagern, Kommissionieren /Sortieren, Handhaben und Verpacken definiert. Zusammengefasst unter dem Begriff Materialfluss.

Die Gebäudehülle wird ebenfalls als weiteres Basiselement definiert. Mit den Unterkategorien Dämmung, Fassadenfenster, Dachfenster, Verladetore und dem Volumen der Logistikimmobilie. Die Gebäudetechnik wird als drittes Basiselement in die Unterkategorien Heiz- und Kühlsystem, Lüftung und Beleuchtung eingeteilt (Günthner et al 2014: 24). Die folgende Abbildung gibt einen systematischen Überblick über die zugrundeliegende Systematik.

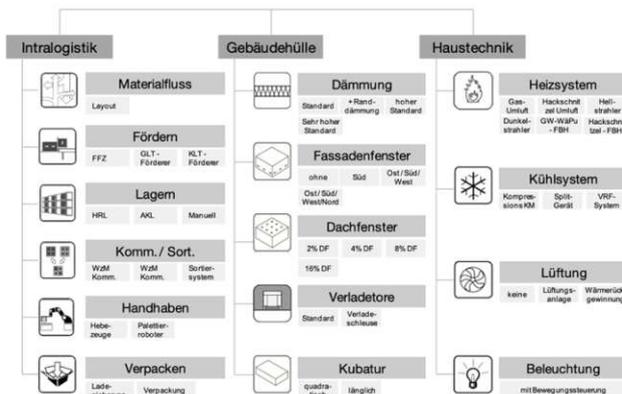


Abbildung 10: Übersicht der identifizierten Klassen mit den dazugehörigen Grundelementen (Güntner et al 2014: 23)

Obenstehende Abbildung zeigt einen systematischen Überblick über die Elemente von Subsystemen von Logistikimmobilien. Diese werden in den Folgeabschnitten im Detail behandelt.

Gebäudehülle

Als Gebäudehülle definiert man jene Komponenten eines Gebäudes, die dieses nach außen abschließen wie seine Böden, Wände, Fenster und Dachteile. In der Nachhaltigkeit steht vor allem die thermische Gebäudehülle im Mittelpunkt. Sie besteht aus allen Bauteilen welche die erwärmten Teile des Gebäudes von der Außenluft, vom Grund und von nicht erwärmten Gebäudeteilen trennen (Beckmann 2020: 113). Der Transmissionswärmebedarf eines Gebäudes steht in Relation zur thermischen Gebäudehülle (Beckmann 2020: 115). Ob eine Gebäudehülle optimal funktioniert, hängt von mehreren Faktoren ab: der Reduktion von Wärmeverlusten, dem Wärmeschutz, der passiven Nutzung erneuerbarer Energien und der Ausgewogenheit der Baustoffe. In Bezug auf die Optimierung der thermischen Hülle definieren Günthner et al. beispielsweise die Handlungsfelder Dämmung, Kubatur, Fassadenfenster, Dachfenster, Vorsatzschleusen und Gründach.

Gebäudetechnik

Die Gebäudetechnik subsummiert die Gesamtheit der fest installierten technischen Einrichtungen innerhalb und außerhalb von Gebäuden, die der energetischen Bereitstellung, der stofflichen Bereitstellung, der Bereitstellung von Daten- und Kommunikationsverbindungen und der Entsorgung von Abfall und Abwasser zuzuordnen sind (Bohne 2004: 33).

Die Gebäudetechnik ist somit Garant für den Betrieb von Gebäuden (Königsdorf et al 2010: 30). Die Haus- und Prozesstechnik steht in Relation zu einer energetisch effizienten Nutzung. Abhängig vom Automatisierungsgrad, der Größe des Lagers und dem Personalstand weichen die Anteile des aliquoten Energieverbrauchs voneinander ab. (Ege et al 2019: 54).

Intralogistik

Die Intralogistik subsummiert die Organisation und die Durchführung und Optimierung sämtlicher Material- und Informationsflüsse in einem Betrieb (ten Hompel & Heidenblut 2011: 8). Sie kann von der externen Logistik dadurch unterschieden werden, dass, sie für die operativen Standard- und Zusatzleistungen in einer Logistikimmobilie zuständig ist. Diese Prozesse werden in verschiedenen operativen Bereichen einer Logistikimmobilie durchgeführt (Gudehus 2012: 17). Die operativen Bereiche gliedern sich in den Wareneingang, das Lager, die Kommissionierung und den Warenausgang. Hier finden sich Förder-, Lager- und Kommissioniertechnik (ten Hompel et al 2011: 13). Als Materialfluss beschreibt man die Prozesse von Wareneingang bis zum Warenausgang, dieser wird in der Regel auch von einem

Informations- und Datenfluss unterstützt. Der Verlauf der Produkte kann dabei voneinander stark abweichend sein. Es müssen nicht immer von allen Produkten alle Bereiche passiert werden (Gudehus 2012: 19).

Betrachtungsebene 1	Distributionszentrum					
Betrachtungsebene 2	Intralogistik				Logistikimmobilie	
Betrachtungsebene 3	Wareneingang	Lager	Kommissionierung	Warenausgang	Halle	Büro

Tabelle 5: Aufteilung der Intralogistik in verschiedene Systeme (in Anlehnung an Weiss: 2014: 56)

Die obenstehende Tabelle zeigt die verschiedenen Bereiche der Intralogistik in Ebenen. Sowohl innerhalb der jeweiligen Bereiche der Intralogistik als auch in Verbindung dieser werden Materialflusssysteme eingesetzt. Die in der Logistikimmobilie zu bewegenden Produkte werden dann in Bezug auf Zeit, Ort, Zusammensetzung und ihrer Qualität verändert (ten Hompel et al 2007: 31). Beispiele für Materialflusssysteme sind: Sortier- und Verteilsystem, Informations- und Steuerungssystem und Transport- und Fördersysteme.

Die Abläufe in Verpackungsbereichen und Bereichen für die Konsolidierung von Waren sind wichtige Value-Added-Services, die den Wert der Ware steigern. Sie müssen in der systematischen Betrachtung von Logistikimmobilien als eigene Bereiche berücksichtigt und einem übergeordneten Bereich zugeordnet werden (Wisser 2009:12).

Die definierten intralogistische Bereiche können weiter differenziert werden. Logistikimmobilien sind im Aufbau oftmals komplex und bestehen oftmals aus vielen unterschiedlichen Lager den in der Regel unterschiedliche Aufgaben zugeteilt werden und die sich in verschiedenen Gebäudeteilen lokalisieren lassen. Beispiele dafür sind: Kühllager, Verpackungszentrum, und Kommissionierlager. Die Zusammenstellung von Materialflusssystemen wird an jede Logistikimmobilie individuell angepasst. In den logistischen Leistungsbereichen wird daher eine unterschiedliche und individuell angepasste Anzahl von einem oder mehreren Materialflusssystemen installiert und verwendet. Die Zusammenstellung der einzelnen Materialflusssysteme variiert je nach Logistikzentrum. Deshalb können einige dieser Systeme in verschiedenen operativen Bereichen (wie Wareneingang und Lager) eingesetzt werden. In diesen Materialflusssystemen werden diverse ortsfeste Anlagen und Fahrzeuge wie Rollenförderer, Regalbediengeräte und Stapler verwendet. Durch ihre Aktivitäten verbrauchen sie Energie und Treibstoff und verursachen somit THG-Emissionen. (ten Hompel et al 2007: 35).

Die so erfolgte Klassifikation von Logistikimmobilien, Gebäudebestandteilen und Grundelementen bildet den Ausgangspunkt für die weitere Betrachtung von Logistikimmobilien hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeitswirkungen in den Folgekapiteln.

2.4. Logistikimmobilienwirtschaft in Österreich

Die globale Wirtschaft ist durch die Digitalisierung von Geschäftsmodellen (z.B.: E-Commerce) einem Transformationsprozess ausgesetzt. Logistikimmobilien gewinnen vermehrt an außerordentlicher strategischer Bedeutung, da insbesondere moderne Logistikimmobilien ein immer größeres Leistungsspektrum abdecken. Logistikimmobilien sind mit den in ihr stattfindenden Abläufen das Bindeglied zwischen den wichtigsten Elementen der Wertschöpfungskette. Logistikimmobilien werden baulich und technisch in Abstimmung auf die in ihr zu bewegendenden und lagernden Waren sowie alle damit verbundenen Abläufe abgestimmt. Eine moderne Logistikimmobilie ist ein Multitalent und soll den Anforderungen diverser Nutzer entsprechen und eine überdurchschnittliche Drittverwendungsfähigkeit berücksichtigen.

Die Transformation des Konsumverhaltens hat massive Auswirkungen auf die Logistikwirtschaft. Der Anstieg von Sendungen und das Abdecken von Kundenbedürfnissen wie Lieferungen am selben Tag beschleunigen das stete Wachstum neuer Lösungen und Systeme zur Unterstützung optimaler logistischer Abläufe.

Logistik- und Industrieimmobilien zählen zu den absoluten Gewinnern der Corona-Krise, wengleich zu berücksichtigen ist, dass die große Nachfrage nach modernen bzw. generell verfügbaren Objekten kaum bedient werden kann. Das Thema Nachhaltigkeit in seiner aktuellen Ausprägungsform ESG (vgl. Folgekapitel) spielt in diesem Kontext eine wichtige Rolle, da für Investoren und verstärkt auch für potenzielle Mieter Gebäudezertifizierungen eine Voraussetzung für einen Erwerb bzw. eine Anmietung sind.

Der Flächenumsatz für Wien und Umgebung betrug im ersten Halbjahr 2022 39.313m². Der größte Umsatz fand mit rund 11.000 m² in Wien und Wien-Umgebung statt, wo im ersten Halbjahr 2022 rund 28 % aller Flächen vermietet wurden. Die Nettomieten für Logistik- und Industrieimmobilien sind aufgrund der erhöhten Nachfrage weiter gestiegen. Wie viele Logistikimmobilien ungenutzt sind bleibt mangels verfügbarer Daten im Dunklen. Die Immobilienwirtschaft geht aber aufgrund der hohen Nachfrage von keinem sehr hohen Leerstandsrisiko aus. Das Investmentvolumen wird 2022 mehr als 500 Mio. Euro erreichen – ein leichtes Plus gegenüber dem Durchschnitt der Vorjahre. Die Spitzenrendite ist aktuell 3,5 % (Otto Immobilien GMBH 2022: 1).

Was die Eigentumsverhältnisse von Logistikimmobilien am österreichischen Markt betrifft, so liegen kaum Zahlen vor. So werden laut dem Colliers Marktbericht (Colliers 2020: 62) 70% der Flächen in Österreich durch Eigentümer selbst genutzt. Dieses besondere Merkmal von Logistikimmobilien sei historisch so gewachsen. Noch Anfang der 2000er Jahre war der

österreichische Immobilienmarkt ein kleiner und für internationale Investoren unattraktiver Markt. So waren Nutzer von Logistikobjekten gezwungen, in die Immobilien selbst zu investieren.

Nach der Süd-Ost-Europa-Erweiterung wurde Österreich zu einem Drehkreuz für Gütertransport zwischen Mittel- und Südeuropa sowie Süd-Ost-Europa, wodurch der Markt gewachsen ist und für internationale Investoren attraktiver wurde. Dabei liegt der Fokus auf lokalen Hauptmärkten in den Bundesländern Wien, Niederösterreich, Oberösterreichs und Steiermark, während Kärnten und der Westen Österreichs kaum Bedeutung haben. Zudem sind auch die Logistikunternehmen in Österreich gewachsen und mit ihnen ihr Immobilienbestand als Betriebsmittel in Anlagevermögen. Damit einhergehend ist auch der Eigennutzeranteil auf ca. 70% gestiegen, wobei zukünftig im Mietmarkt investiert werden soll. Die Nachfrage nach Logistikimmobilien bleibt hoch und das Thema Nachhaltigkeit wird auch weiterhin eine entscheidende Rolle spielen. Die Logistikimmobilienwirtschaft ist vermehrt angehalten nachhaltige Alternativen wie die der Flächennutzung zu berücksichtigen und anzuwenden (Kotzold et al 2021: 1).

3. ESG – Environmental, Social und Governance

ESG steht für Environmental, Social, and Governance und somit für eine Reihe von Kriterien, die Anleger verwenden, um die Geschäftstätigkeit und das Potenzial für eine langfristige finanzielle Leistung eines Unternehmens zu bewerten (Andersen & Bams 2022: 1). Die **Umwelt-Komponente** von ESG konzentriert sich auf die Auswirkungen eines Unternehmens auf die Umwelt, einschließlich Themen wie Klimawandel, Energieeffizienz und Abfallmanagement. (Berg et al 2022: 1316). Die **soziale Komponente** befasst sich mit den Auswirkungen des Unternehmens auf die Gesellschaft, einschließlich Themen wie Arbeitspraktiken, Menschenrechte sowie Vielfalt und Inklusion. Die **Governance-Komponente** bewertet die Führungs- und Managementstrukturen des Unternehmens, einschließlich Themen wie Vorstandsvergütung, Vielfalt im Vorstand und Aktionärsrechte. Insgesamt werden ESG-Faktoren von Anlegern zunehmend als wichtige Indikatoren für die Nachhaltigkeit und den langfristigen Erfolg eines Unternehmens betrachtet (Billio et al 2021: 1).

Um die **Dimensionen der Nachhaltigkeit** im Rahmen der Planung von Logistikimmobilien darzustellen und zu bewerten, ist es notwendig, das allgemeine Verständnis des Begriffs Nachhaltigkeit in der Immobilienbranche ausreichend zu erläutern. Im Folgenden wird auf bewertungs- und planungsbegleitende Zertifizierungssysteme eingegangen. Die Betrachtung beschränkt sich dabei auf die Planung und den Neubau von Logistikimmobilien in Österreich. Aufbauend auf den in der Immobilienbranche angewandten allgemeinen Nachhaltigkeitsmodellen wurde immer wieder versucht, gewisse Eigenschaften von Immobilien den Nachhaltigkeitszielen und -dimensionen zuzuweisen, um derart essenzielle Nachhaltigkeitsmerkmale von Gebäuden zu definieren. Aufgrund der Komplexität der heterogenen Betrachtungsweisen nachhaltiger Entwicklung ist es jedoch nötig, die Nachhaltigkeitsmodelle der Immobilienbranche laufend zu hinterfragen und zu überarbeiten (Steiner 2022: 41). Die nächsten Unterkapitel geben in diesem Zusammenhang eine Beschreibung über die Grundlagen der Nachhaltigkeit und fokussiert anschließend auf Nachhaltigkeit im Immobiliensektor.

3.1. Einführung in den Begriff Nachhaltigkeit

Der Ursprung des Begriffs findet sich in der Forstwirtschaft. So forderte Carl von Carlowitz, Oberberghauptmann und Leiter des sächsischen Oberbergamts in Freiberg bereits 1713 eine „beständige und nachhaltige Nutzung des Waldes. (von Carlowitz: 1732). Die Wissenschaft plädiert weltweiten Gleichgewichtszustand (Homöostase), der nur durch weltweite Maßnahmen erreicht werden kann. Sie verknüpft ökonomische, ökologische und soziale Aspekte der Nachhaltigkeit. (Pufé 2017: 20). Nachhaltigkeit ist gelebter Zeitgeist. Trotz der häufigen Verwendung des Begriffs der der breiten Öffentlichkeit meist als eine Art allgemeines,

moralisches und zukunftsorientiertes Handeln verstanden wird, häufig unscharf definiert. Durch unterschiedliche Verwendung und Gewichtung des Terminus fehlt es der Allgemeinheit oftmals an einem einheitlichen Verständnis und konkreten Handlungserfordernissen. Nachhaltigkeit wird unter anderem wiederholt verkürzt und stark vereinfacht mit einer umweltbewussten Haltung gleichgesetzt. Diese Sichtweise greift jedoch zu kurz, um die komplexe Herausforderung globaler Nachhaltigkeit zu erfassen (Steiner 2022: 30).

Go Harlem Brundtland war 1987 norwegischer Ministerpräsident und Namensgeber der Brundtland-Kommission, einer Sonderkommission der Vereinten Nationen unter seinem Vorsitz. Sie definierte den Begriff Nachhaltige Entwicklung wie folgt:

„Entwicklung, die Bedürfnisse der heutigen Generation befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“, nachhaltig. (Hauff 1987: 46).

Der Stellenwert der Bedeutung einer nachhaltigen Entwicklung wurde für viele Organisationen zur obersten Priorität. Dadurch entstand der gleichberichtigte Fokus auf die Nachhaltigkeitsziele von Umwelt-, Sozial- und Governance-Aspekten (ESG) als Voraussetzung für eine stabile Gesellschaft (Veith et al 2021: 7).

3.1.1. Agenda 2030

Die Agenda 2030 wurde im September 2015 in Anlehnung an die Millenniums-Entwicklungsziele, die eine sozial und ökologisch nachhaltige Entwicklung bestärkt, auf dem UNO-Nachhaltigkeitsgipfel in New York von ausnahmslos allen Mitgliedstaaten verabschiedet. In der Agenda sind 17 Sustainable Development Goals (SDGs), welche am 1. Januar 2016 mit einem Zeithorizont von 15 Jahren in Kraft traten beinhaltet. Im Gegensatz zu den Millenniums-Entwicklungszielen gelten diese SDGs für alle Staaten der Welt (Pufé 2017: 55-58). Die folgende Abbildung zeigt die 17 SDGs im Überblick, die von den Vereinten Nationen entwickelt wurden.



Abbildung 11: SDGs (17 SDGs (SDGWatch 2023: 1))

In diesem Zusammenhang ist besonders hervorzuheben, dass bei der Ermittlung der Ziele nicht mehr nur das Pro-Kopf-Einkommen Betrachtung findet. Ökologie, nachhaltige Entwicklung und Armutsbekämpfung werden verstärkt als unmittelbar voneinander abhängig verstanden, was eine Umgestaltung von Volkswirtschaften und einer ganzheitlichen nachhaltigen Entwicklung notwendigerweise zur Folge haben wird. Um das zu erreichen, liegen den SDGs fünf Prinzipien zugrunde (5Ps) welche man als Kernbotschaft verstehen soll.

Durch das UN-Klimaabkommen, welches am 12. Dezember 2015 auf der Weltklimakonferenz in Paris beschlossen wurde, verpflichteten sich die Staaten, den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur ausgehend vom vorindustriellen Zeitalter auf unter 2 °C zu begrenzen und eine Begrenzung auf 1,5 °C als oberste Priorität zu definieren sowie die Risiken des Klimawandels zu mindern (Jacob et al 2016: 16). Das bedeutet konkret, dass in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts durch die signifikante Reduktion der Kohlenstofffreisetzung nicht mehr THG-Emissionen erzeugt, werden dürfen als unserer Atmosphäre auf natürliche Weise entzogen wird.

Die Dekarbonisierung der Weltwirtschaft zur Erreichung der Klimaneutralität kann nur durch eine drastische Umgestaltung der globalen Finanzmärkte mittels Förderung nachhaltiger

Investitionen erreicht werden. Im Unterschied zum 2020 ausgelaufenem Kyoto-Protokoll, das auch Ziele zur Reduktion der Emissionen gefordert hat, bindet das Klimaabkommen von Paris alle Staaten der Erde ein. Dadurch wurde beschlossen, dass Entwicklungsländer finanziell, fachlich und technologisch unterstützt werden, um die ambitionierten, aber wichtigen Schritt zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel umzusetzen. Alle Staaten haben sich verpflichtet, einen eigenständigen nationalen Klimabeitrag (Nationally Determined Contribution, NDC) zu formulieren. Dieser definiert, wie stark Emissionen bis 2030 gemindert und durch welche konkreten Maßnahmen auf den Klimawandel reagiert werden soll (Gassner 2018: 3).

3.1.2. Das Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit

Die Darstellung der Nachhaltigkeitsdimensionen wurde 1998 von der Enquete-Kommission des deutschen Bundestages als „Drei-Säulen-Modell“ vorgestellt (Kietzmann 2020: 3). In diesem Modell werden die Nachhaltigkeitsgedanken in Form eines Gebäudes mit drei Säulen dargestellt. Dabei sind alle drei Dimensionen gleichwertig, stehen aber unterschiedlicher Strukturen, Dynamiken und Funktionen zum Trotz zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems in Verbindung. Dass die beiden äußeren Säulen das Dach selbständig tragen kann als Nachteil dieser Darstellung angesehen werden. Man kann also von einem schwachen Nachhaltigkeitsverständnis sprechen (Löser 2017: 65).



Abbildung 12: Klassisches 3-Säulen Modell (Löser 2017: 65)

3.1.3. Integratives Nachhaltigkeitsmodell

In Folge der fortschreitenden Konzeptualisierung in der Nachhaltigkeit spricht man heute vorwiegend von den „Dimensionen“ der Nachhaltigkeit. Diese Entwicklung wird im sogenannten integrativen Nachhaltigkeitsmodell veranschaulicht. Während die Säulen in anderen Modellen formal ein Nebeneinander darstellen, wird durch einen integrativen Ansatz

der Dimensionen und insbesondere deren überschneidende Darstellung eine Verbindung und die Wechselwirkung zwischen den Bereichen der Ökologie, Ökonomie und dem Sozialen hervorgehoben (Zimmermann 2016: 6).

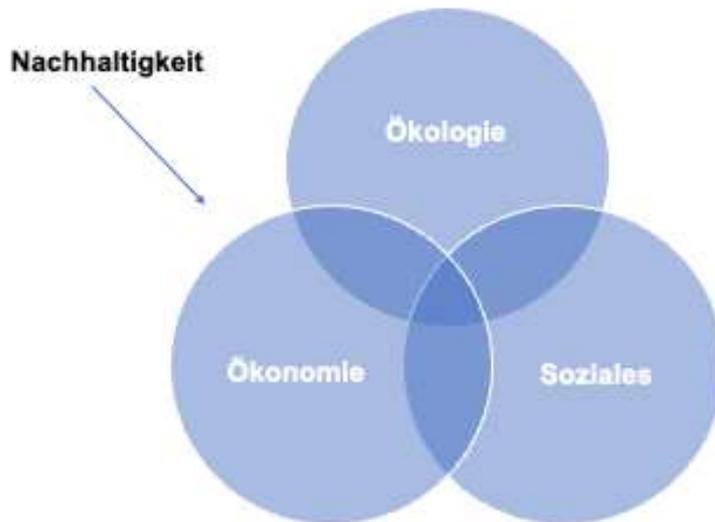


Abbildung 13: Integratives Nachhaltigkeitsmodell (Nachhaltigkeitsmodelle, <https://klimaschutz.neustadt.eu>)

Dadurch werden die Ganzheitlichkeit und Interaktivität des Nachhaltigkeitsbegriffes hervorgehoben (Pufé 2017: 112). Dieser Ansatz verdeutlicht, dass sich zum Beispiel wirtschaftliche Maßnahmen sowohl auf die Natur als auch auf Soziales auswirken, und zwar wechselseitig. Die Dimensionen werden am besten dargestellt, in dem sie als sich teilweise überschneidende Kreise dargestellt werden durch deren Schnittmenge nachhaltige Entwicklung explizit möglich gemacht wird.

3.2. Nachhaltigkeitsbetrachtung in der Immobilienbranche

Um die maßgeblichen Nachhaltigkeitsmaßnahmen in der Planung von Logistikimmobilien identifizieren und bewerten zu können, ist es notwendig, das allgemeine Nachhaltigkeitsverständnis in der Immobilienbranche umfassend zu beschreiben.

In weiterer Folge geht die Arbeit daher auf die drei größten Anbieter von Gebäudezertifikaten ein sowie berücksichtigt danach gesondert die Regulatorik der EU und die Definition der zugehörigen technischen Kriterien. Aufbauend auf den der Immobilienbranche zugrundeliegenden allgemeinen Nachhaltigkeitsmodellen wurde kontinuierlich versucht, gewisse Eigenschaften von Immobilien den Nachhaltigkeitszielen und -dimensionen zuzuweisen, um derart wichtige Nachhaltigkeitsmerkmale von Gebäuden zu definieren (Steiner 2020: 42). Aufgrund der Komplexität der heterogenen Betrachtungsweisen nachhaltiger

Entwicklung haben sich auch die Nachhaltigkeitsmodelle der Immobilienbranche stetig hinterfragt und weiterentwickelt. Einen Ansatz, die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit auf die Immobilienbranche umzulegen, liefert das „Bundesystem Nachhaltiges Bauen“ des deutschen Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen. Hierbei werden die Ziele der Nachhaltigkeitsdimensionen adaptiert und konkretisiert sowie die aktuellen Ziele der drei Säulen für ein nachhaltiges Bauen vereinfacht (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 29 - 32). Die nachfolgende Abbildung bietet einen vereinfacht dargestellten Überblick dieser Ziele.



Abbildung 14: Ziele der Nachhaltigkeit nach BNB (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 29)

Die folgenden Abschnitte behandeln die einzelnen Ziele der Nachhaltigkeit in der Immobilienwirtschaft.

3.2.1. Ökologische Dimension

Gebäude sind eine über ihren Lebenszyklus hinaus hohe Belastung für das Ökosystem. Sie haben einen exponentiellen Energie- und Rohstoffbedarf. Nachhaltiges Bauen hat zur Absicht durch die Optimierung von Baustoffen, Bauteilen und Energieträgern die benötigten Ressourcen so schonend wie möglich zu verwenden und dadurch eine möglichst geringe Belastung für die Umwelt darzustellen sowie die lokalen und globalen Ökosysteme bestmöglich zu schützen. Die Grundlage für eine ökologische Bewertung einer Immobilie findet sich in der Regel in der Ökobilanzierungsmethodik (Barthauer & Büchner 2009: 321).

Grundsätzlich sollte eine Vermeidung und Verringerung der Ressourceninanspruchnahme im Vordergrund stehen (Kolb 2007: 19). Es gilt nicht nur die Verfügbarkeit der Ressourcen unmittelbar zu beachten, sondern auch jede indirekt einhergehende Zerstörung biologischer Vielfalt insbesondere durch die Dezimierung von Lebensräumen sowie durch Flächeninanspruchnahme. Unter Rücksicht einer nachhaltigen Materialgewinnung zum Schutz der Biodiversität ist daher auch auf die Herkunft der Ressource zu achten wie auch Wert darauf

zu legen ist möglichst schadstofffreie Bauprodukte zu verwenden. Schadstoffe aus Bauprodukten auf der Baustelle können während des Gebäudebetriebs in Wasser, Boden oder Luft gelangen und so können für Menschen gesundheitliche Risiken entstehen (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 29).

3.2.2. Ökonomische Dimension

Gemäß dem „Leitfaden nachhaltiges Bauen“ des BNB setzt sich die ökonomische Dimension der Nachhaltigkeit aus den Kosten einer Immobilie samt deren Betrieb, dem Ertrag aus geschaffenen Substanzwerten sowie der Wertstabilität zum Schutz des Kapitals über den gesamten Lebenszyklus zusammen (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 33). Das ökonomische „Ziel ist es, die Wertstabilität unter einem effizienten Einsatz von wirtschaftlichen Gütern sicherzustellen.“ (Löser 2017: 92). Die anfallenden Kosten, die während der Errichtung bzw. der Nutzung und Instandhaltung bis zum Rückbau einer Immobilie anfallen, sollten somit im Rahmen einer Lebenszykluskostenanalyse (Life-Cycle-Costing, LCC) betrachtet werden (Hoogmartens et al 2014: 3). Dadurch ist sichergestellt, dass die Kosten über den gesamten Lebenszyklus hinweg optimiert werden. (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 1).

Der Vorteil dieser Wirtschaftlichkeitsbetrachtung besteht insbesondere darin, dass durchwegs auch ökologische Maßnahmen ökonomisch vorteilhaft herausgearbeitet werden können. So kann beispielweise ein effizientes Energiekonzept Energie- und Betriebskosten erheblich senken, die Verwendung von hochwertigen Materialien Instandhaltungskosten reduzieren und schadstofffreie Baustoffe die Entsorgung günstiger gestalten (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 3).

Verantwortlich für die Wirtschaftlichkeit ist jedoch auch, dass der Marktwert einer Immobilie nicht abnimmt, sondern konstant bleibt oder steigt, und somit von einer gewissen Wertstabilität auszugehen ist. Diese wird jedoch vorwiegend durch Standort- und Marktfaktoren beeinflusst, welche sich über den Zeitverlauf ändern können und nicht beeinflussbar sind. Deshalb müssen schon in der Planungsphase Maßnahmen im Sinne einer erhöhten Anpassungsfähigkeit der Immobilie ergriffen werden, um das Risiko einer Wertminderung zu reduzieren. Wie die Verbesserung der Flächeneffizienz, der Flexibilität und Umnutzungsfähigkeit, der Widerstandsfähigkeit, der Dauerhaftigkeit und der energetischen Eigenschaft (Löser 2017: 92).

3.2.3. Soziokulturelle Dimension

Im Unterscheid zu den ökologischen und ökonomischen Dimensionen ist die soziale Dimension der Nachhaltigkeit nur schwer zu definieren und einzugrenzen, da sie vorwiegend immaterielle Werte und menschliche Grundbedürfnisse wie Gesundheit, Wohlbefinden und Partizipation

beschreibt (Löser 2017: 94). Sie beinhaltet neben Maßnahmen zur Sicherung der Gesundheit, auch sämtliche Eigenschaften einer Immobilie, die

*„Einfluss auf die soziale und kulturelle Identität des Menschen und sein Wertempfinden haben.“
(Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 38).*

Zusammengefasst sind somit sowohl die Gesundheit, das Wohlbefinden sowie die Zufriedenheit der Nutzer als auch die Funktionalität, die städtebauliche Integration des Gebäudes und eine ästhetisch ansprechende Architektur von besonderer Bedeutung. Eine Immobilie kann also eindeutig nicht ohne den Kontext ihrer Umgebung, welche sie unmittelbar beeinflusst, betrachtet werden. Diese Faktoren müssen unbedingt schon in einer frühen Planungsphase berücksichtigt werden, da sie für den Entwurf, die Materialwahl, die Konstruktion und die Haustechnik maßgeblich sind, weil sie unmittelbar die anderen Dimensionen der Nachhaltigkeit bedingen.

Gute Innenraumluftqualität, die durch Baustoffe mit geringen Schadstoffemissionen, Lüftungskonzepte sowie eine kondensatfreie Konstruktion erreicht werden kann, hat wohltuende Effekte auf den Gesundheitszustand der Nutzer. Deren Wohlbefinden wird ferner durch angemessene thermische Voraussetzungen (Raumtemperatur, Raumluftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Zugluftisiko, Strahlungstemperaturasymmetrie und Fußbodentemperatur) als auch durch visuellen Komfort (natürliche Beleuchtung) und gute Raumakustik (ein Mindestmaß an schalldämmenden Maßnahmen und Schallschutzkonzepten) unterstützt. Diesen baulichen und technischen Voraussetzungen sind für die Nutzer von großer Bedeutung und gekoppelt an eine möglichst große Einflussnahme. Darüber hinaus begünstigen Aufenthaltsbereiche, Treffpunkte im Gebäude und Maßnahmen, welche das Sicherheitsgefühl erhöhen, sowie geschützte attraktive Außenräume das allgemeine Wohlbefinden (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 38).

Die Funktionalität einer Immobilie, die laut BNB auch als ausschlaggebende Eigenschaft der sozialen Nachhaltigkeit gesehen wird, ist weitgehend durch das Entwurfskonzept, die Funktionszuordnungen, die Innenraum- und Detailplanung, die Ver- und Entsorgung, die infrastrukturelle Zugänglichkeit und Barrierefreiheit und somit durch aufeinander abgestimmte Nutzungsprofile beeinflussbar. Außerdem ist die Betrachtung der Wirkung der Immobilie auf ihre Umgebung und somit ihre Akzeptanz und Integration in den Standort eine wichtige Einflussgröße. Vor allem durch eine öffentliche Zugänglichkeit sowie ein vielfältiges Nutzungsangebot mit Gastronomie, Kulturflächen oder Grünanlagen ist das maßgeblich zu erreichen. Darüber hinaus ist die Anbindung und Förderung von öffentlichen Infrastrukturen des Personennahverkehrs durch Angebote zur Nutzung von Fahrrädern, E-Mobilität und

Carsharing unterstützend die Gesundheit der Menschen zu fördern, und minimiert zusätzlich den Emissionsausstoß (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 38).

3.3. Erweiterung der Dimensionen: Ökologie, Ökonomie und Soziales

Essenziell um das Modell zur Anpassung an die Immobilienwirtschaft zu beschreiben, ist es die drei Säulen mittels Anforderungen an branchenspezifische Qualitäten zu ergänzen, da diese eine nachhaltige Entwicklung signifikant beeinflussen und ermöglichen. Hierbei wird zum einen die technische Qualität als Querschnittsmaterie aufgefasst, da sich diese maßgeblich auf die Nachhaltigkeit auswirkt, zum anderen ist aber auch die Prozessqualität ausschlaggebend. (DGNB 2023: 1).

Bereits in der Planung werden im großen Maße die späteren Eigenschaften des Gebäudes beeinflusst und über die Ausführungsphase hinweg eine qualitative Umsetzung sichergestellt. Daraus resultiert, dass durch die Sicherstellung einer hohen Prozess- und technischen Qualität die ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Anforderungen an eine Immobilie über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg gewährleistet, werden können (Müller 2011: 5). Da ein Gebäude stets in Wechselwirkung mit seiner Umgebung steht sollte die Betrachtung der Standortmerkmale als Basis der Bewertung ergänzt werden. Diese zusätzlichen Qualitäten und deren wichtigsten Ziele werden innerhalb des Bundesystem Nachhaltiges Bauen wie folgt zusammengefasst (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 171)

Technische Qualität	Prozessqualität	Standortmerkmale
Brandschutz	Qualität der Planungsprozesse	Ansiedlung bzw. Unterbringungskonzept
Schallschutz	Qualität der Bauausführung	verwaltungstechnische oder militärische Anforderungen
Wärm- und Feuchteschutz	Qualität der Vorbereitung der Betriebsführung	infrastrukturelle Entscheidungen
Reinigung und Instandhaltung		Restrukturierung belasteter Branchen
Bedienungs- und Instandhaltungsfeuchtigkeit		regionales Stärkung des Arbeitsmarktes
Widerstandsfähigkeit gegen Naturgefahren		

Tabelle 6: Erweiterte Qualitäten der Nachhaltigkeit nach BNB (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 172)

3.3.1. Technische Qualität

Die technische Qualität beinhaltet die technische Ausführung einer Immobilie und deren haustechnischen Anlagen. Das betrifft die Standsicherheit, die Instandhaltungs- bzw. Reinigungsfreundlichkeit, den Brandschutz, die energetische Qualität der Gebäudehülle und die Recycling- bzw. Demontagefreundlichkeit. Darüber hinaus werden auch Maßnahmen wie Traglastreserven oder eine hohe Anpassungs- und Umnutzungsfähigkeit berücksichtigt (Scherz 2016: 8).

3.3.2. Prozessqualität

Die Prozessqualität ist die Qualität aller Planungsprozesse sowie der gesamten Bauausführung, aber auch die Qualität der Vorbereitungen für die Nutzungsphase und berücksichtigt somit alle Entwicklungs-, Planungs-, Management-, Verwaltungs-, Beschaffungs- und Bautätigkeiten (Scherz 2016: 9).

Insbesondere eine hohe Prozessqualität in der Projektentwicklung und -planung ist die Basis für spätere Nachhaltigkeitswirkungen über den Lebenszyklus der Immobilie. In der Ausführungsphase ist die Prozessqualität für die Qualität der Umsetzung ausschlaggebend. Im Grunde überwacht sie somit den gesamten Lebenszyklus der Immobilie (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 176).

3.3.3. Standortmerkmale

Ergänzend werden Standortmerkmale betrachtet, da eine Immobilie besonders durch die gebaute Umgebung und die mit ihr verbundenen Standortgegebenheiten beeinflusst wird. Im Prozess der Standortwahl sind daher neben politischen und strategischen Voraussetzungen auch Risiken und Bedingungen durch das Umfeld sowie Quartiersmerkmale wie die Integration des Standortes in die lokale Infrastruktur zu beachten (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 176).

3.4. Bewertungsansätze für ökologische Nachhaltigkeit

Als international anerkannte Methoden der ökologischen Bewertung gelten unter anderem: der Carbon Footprint, Ökobilanzen und Gebäudezertifizierungen (Wühle 2022: 3). Diese Ansätze sollen für eine Vergleichbarkeit und Transparenz der Daten sorgen mit dem Ziel einer Minimierung von THG-Emissionen und verursachten Ausgaben (Verlinden 2017: 4). Die Betrachtung kann sich beispielsweise auf Immobilien, Unternehmen (Corporate Carbon Footprint) als auch auf Logistikprodukte und -dienstleistungen, ganze Wertschöpfungsketten oder einzelne Verteilungsanlagen beziehen (Dobers 2023: 4). In den folgenden Unterkapiteln geht der Autor auf den Carbon Footprint, die Ökobilanz (Life Cycle Analysis - LCA) und den Ansatz der Life Cycle Sustainability Analysis näher ein. Gebäudezertifikate werden aufgrund der Bedeutung für die vorliegende Arbeit detailliert in nächsten Kapitel betrachtet.

3.4.1. Carbon Footprint

Die Begriffe „Carbon Footprint“, „CO₂-Bilanz“ und „CO₂-Footprint“ erliegen keiner eindeutigen Definition in der Fachliteratur. Vielmehr sind der Umfang und der Grund für die Erstellung einer

solchen Bilanz ausschlaggebend. Die wesentliche Unterscheidung ist die Anzahl der betrachteten Treibhausgase, wobei mittlerweile üblicher Weise nicht nur CO₂, sondern mehrere Treibhausgase gemäß GHG-Protocol beinhaltet sind (Pandey & Madhoolika 2011: 137). Der CO₂-Fussabdruck kann aus Unternehmenssicht oder aus Produktsicht erstellt und errechnet werden. Inkludiert man sinnvollerweise mehr als nur CO₂ ist der Begriff THG-Bilanz oder Treibhausgasbilanz genauer, auch wenn der Begriff nicht standardisiert ist und es damit ohne entsprechende Erklärung unklar ist welche Treibhausgase in der Messung berücksichtigt sind (Mussler et al 2010: 77). CO₂- oder THG-Bilanzen sind somit Spezialformen von Ökobilanzen, in deren Rahmen je nach Betrachtungsumfang klimarelevante Emissionen von Prozessen, Organisationen, Produkten, Immobilien oder gesamten Supply Chains ermittelt werden (Wiedmann & Jinx 2007: 3).

Der Begriff CO₂ und dessen Ableitungen werden vereinzelt stellvertretend für sämtliche Treibhausgase verwendet, insbesondere als CO₂-Äquivalenten oder abgekürzt auch CO₂e. CO₂e-Fußabdruck (CO₂e-footprint) oder CO₂e-Bilanz haben ebenfalls in diesem Zusammenhang die gleiche Bedeutung. All diese Begriffe standardisieren nicht den Umfang der gemessenen Emissionen (IPCC 2007: 2).

Wie bereits oben beschrieben, bestehen unterschiedliche Varianten von CO₂-Bilanzen. Insofern bedarf es einer genauen Definition des Umfanges (Scope) und der eingesetzten Bezugsgrößen (in der Regel in Form von Emissionsfaktoren). Der Begriff Scope beruht dabei auf dem Greenhouse Gas Protocol (GHG).

Das GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol) hat es sich als Organisation zur Aufgabe gemacht die Bilanzierung von THG-Emissionen einschließlich dem Reporting für Unternehmen zu standardisieren. Das GHG teilt in drei Umfänge (Scopes) (GHG 2023: 1):

- **Scope 1:** Emissionen welche direkt im eigenen Besitz oder Bereich sind zB: Betrieb des eigenen Heizanlage oder des Eigenfuhrparks).
- **Scope 2:** Emissionen aus dem Verbrauch von zugekaufter Energie (zB: Stromverbrauch, Wärme, Kühlung, etc.). Wenn die verbrauchte Energie selbst erzeugt wird, wird diese nicht als Scope 2 gewertet, sondern ist den direkten Scope 1 zuzuordnen.
- **Scope 3:** Emissionen, die aus nicht direkt zum betrachteten Unternehmen gehörenden Tätigkeiten entstehen (z.B. Emissionen aus ausgelagerten und fremdvergebenen Transport- und Lagerdienstleistungen).

Direkte THG-Emissionen entstehen bei allen Verursachern, die im Eigentum oder der Führung des betrachteten Unternehmens sind. Indirekte THG-Emissionen (Scope 2 und 3) entstehen bei Verursachern als Ergebnis der unternehmerischen Tätigkeit des betrachtenden Unternehmens aber nicht von diesem erzeugt werden. (Eggleston et al 2006: 23). In Bezug auf die unternehmensbezogene Bilanzierung (Corporate Carbon Footprint) unterscheidet das GHG Protocol klar zwischen den unterschiedlichen Scopes, um eine gesamthaft korrekte THG-Kalkulation zu ermöglichen, für die produktbezogene Bilanzierung (Product Carbon Footprint) sind abweichende Regelungen zu berücksichtigen.

Die Bezeichnung „Carbon Footprint“ und dessen Synonyme treffen wie bereits mehrfach erwähnt keine qualitative Aussage nach welchem Schema die Berechnung und Bewertung funktioniert, den Umfang der Berücksichtigten Kategorien oder der verwendeten Einheiten. Vielmehr handelt es sich um einen Überbegriff, der die Auswirkungen des menschlichen Handelns veranschaulichen soll. Der Einsatz einer übergreifenden Gesamtlogik wie im GHG Protocol definiert ist daher notwendig und sinnvoll.

Ausgehend von den Ergebnissen der THG-Bilanzierung ist die Festlegung von Reduktionszielen und deren konsequente Verfolgung wesentlich. Um eine Reduktion von CO₂-Emissionen auf null zu erreichen, müssten daher alle Treibhausgasemissionen durch kohlenstoffbindende Maßnahmen ausgeglichen werden. In der Immobilienwirtschaft sind CO₂-Bilanzen mittlerweile ein Bestandteil der meisten Nachhaltigkeitszertifikate. Der beim Betrieb der Immobilie entstehende Energiebedarf durch interne und externe Prozesse wird aktuell im Rahmen der Bilanzierung in der Regel nicht erfasst (Jacobi 2020: 38).

3.4.2. Life Cycle Assessment (LCA)

Die lebenszyklusbezogenen Umweltwirkungen von Immobilien, Unternehmen, Gütern und Dienstleistungen, aber auch von gesamten Infrastrukturen werden in Ökobilanzen (LCA – Life Cycle Assessment) erfasst (WRI/WBCSD 2011: 21). Die Ökobilanz analysiert die Umweltwirkungen von Produkten und Dienstleistungen von der Wiege bis zur Bahre (cradle-to-grave). Sie berücksichtigt auch die Gesamtheit aller Umwelteinwirkungen beginnend bei der Herstellung über die gesamte Phase des Betriebs bis zum Ende der Lebenszeit und allen damit in Zusammenhang stehenden Abläufen (Curran 2006: 5).

Eine Ökobilanz besteht im ersten Teil aus der Untersuchung der Stoff- und Energieströme des gesamten Produktsystems einschließlich sämtlicher involvierter Abläufe im Rahmen des Lebensweges eines Produktes. Im zweiten Teil wird die systematische Datensammlung der Emissionen in Luft, Wasser und Boden sowie aus Ressourcen der Natur eingeleitet und danach

in der Sachbilanz abgelegt. Danach wird mittels einer Wirkungsabschätzung der zur definierten Werte die Umweltauswirkung wie der Treibhausgaseffekt, der Sommersmog, die Versauerung, die Überdüngung und andere mögliche Kategorien bestimmt (Arvidsson et al 2017: 1288). Einen Leitfaden für den Einsatz von Ökobilanzen findet sich in den ISO-Standards 14040:2006 und 14044:2006. Laut diesen Normen umfasst die Ökobilanz vier Elemente (ISO 14040 2021: 12):

- **Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen:** Zu Beginn wird das Ziel und der Untersuchungsrahmen (Goal und Scope) definiert. Dazu werden die Systemgrenzen, die Qualität der Daten und die Funktion des Systems festgelegt.
- **Sachbilanz:** Sachbilanz (LCI – Life Cycle Inventory) Die Sachbilanz ist das Archiv aller relevanten Daten insbesondere in Bezug auf den verursachten Emissionen und den verbrauchten Ressourcen und Materialien sowie generell Energie- und Stoffströme, die die Bilanz berücksichtigen soll.
- **Wirkungsabschätzung:** Die Wirkungsabschätzung (LCIA – Life Cycle Impact Assessment) errechnet potenzielle Einwirkungen auf die Umwelt, Wohlbefinden und Gesundheit und die Verfügbarkeit von Ressourcen mit Unterstützung softwaregestützter Modelle.
- **Auswertung:** Die Ergebnisse beider Methoden werden ausgewertet und in Bezug auf das Ziel interpretiert.

Für die Berechnung bilden Online-Datenbanken mit Ökobilanzdaten in der Regel die Basis (Ökobilanzierung im Bauwesen 2023: 1). Die Quantität und damit zusammenhängende Qualität der Daten sind also maßgeblich für die Berechnung (Löser 2017: 88).

3.4.3. Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)

In der Nachhaltigkeitsbetrachtung gewinnen ganzheitliche Lebenszyklusbetrachtungen oder auch LCSA (Life Cycle Sustainability Assessments) immer mehr an Bedeutung (Grupe et al 2022: 5). Sie ermöglichen einzelne Phasen, Wechselbeziehungen und Auswirkungen des Baugeschehens in einer Dimension zusammenzufassen (Steiner 2022: 50). Dies entsteht durch die Betrachtung von der Baustoffproduktion über die Errichtung und Nutzung bis zum Rückbau der Immobilie unter Einbeziehung des gesamten Umfeldes und der Auswirkungen darauf (Löser 2017: 85). Man unterscheidet bei der lebenszyklusorientierten Nachhaltigkeitsanalyse zwischen drei Methoden in Bezug auf die Nachhaltigkeitsdimensionen,

welche unter dem Überbegriff LCSA zusammengeführt werden und sich wie folgt zusammensetzen (Wieser 2019: 53):

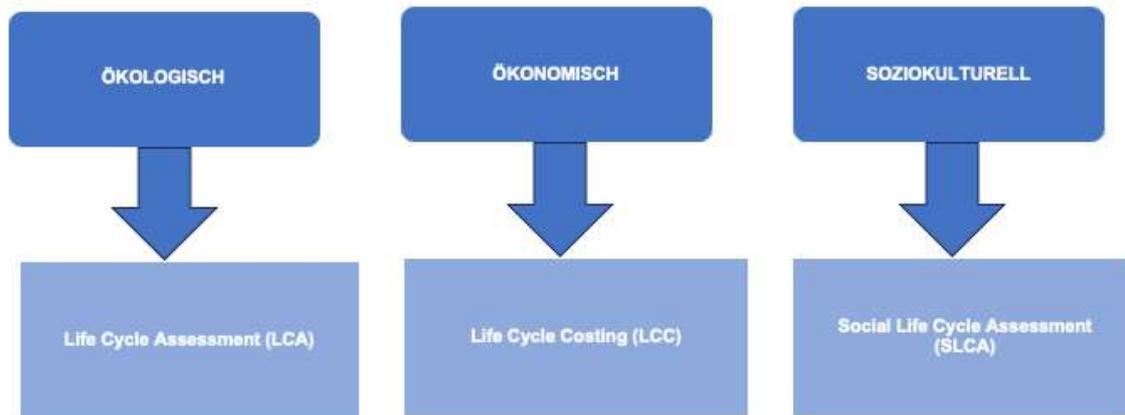


Abbildung 15: LCA, LCC und SLCA (Wieser 2019: 53)

Diese Instrumente beleuchten unterschiedliche Nachhaltigkeitsaspekte und sind damit naturgemäß in ihrer Anwendung, Methodik und Komplexität voneinander zu unterscheiden aber sind in der ganzheitlichen Betrachtung des Lebenszyklus miteinander verbunden. Der Lebenszyklus stellt sich durch verschiedene Phasen dar, die sich in der Literatur in Abhängigkeit von ihrem Detaillierungsgrad der Betrachtung unterscheiden (Löser 2017: 85).



Abbildung 16: Lebenszyklus-Phasen der Immobilie (Löser 2017: 85)

Eine Immobilie kann in ihren Eigenschaften am einfachsten in der Konzept- und Planungsphase beeinflusst werden, deshalb gilt es diesen Umstand besonders zu beachten. Auch wenn die Nutzungsphase mit einer angenommenen Dauer von bis zu 50 Jahren die bestimmende Phase innerhalb des Lebenszyklus darstellt. Die folgende Abbildung zeigt die beispielhafte Dauer eines Lebenszyklus einer Immobilie. 2 Jahre für die Planungsphase, 2

Jahre für die Errichtungsphase, 50 Jahre für die Nutzungsphase und 2 Jahre für die Rückbauphase (Löser 2017: 89).

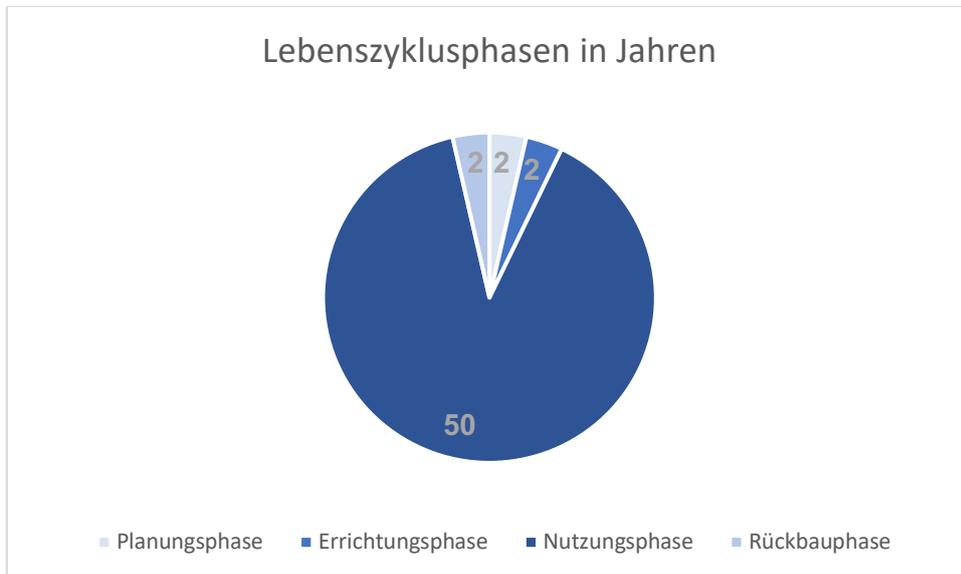


Abbildung 17: Beispielhafte Dauer der Lebenszyklusphasen einer Immobilie (Löser 2017: 89)

4. Gebäudezertifikate

Nachhaltigkeitsdimensionen können nicht gesondert voneinander betrachten werden, da einzelne Maßnahmen unterschiedliche Auswirkungen mit sich bringen und somit nicht bloß einen spezifischen Aspekt der Nachhaltigkeit berühren. Dadurch haben sich Konzepte entwickelt, welche versuchen, diese Zusammenhänge zu verknüpfen und integral darzustellen (Käfer 2021: 491). Für diese werden die zuvor erläuterten Dimensionen und Qualitäten herangezogen, gewichtet und im Sinne ihrer Verwobenheit zirkular dargestellt. Augenmerk liegt darauf, dass die Standortfaktoren entweder als Basis für die Immobilienentwicklung und somit als Grundlage für die weiteren Nachhaltigkeitsziele oder gesondert betrachtet werden müssen. Eine solche Betrachtungsweise der Nachhaltigkeitsdimensionen bildet die Basis für moderne Modelle aktueller Gebäudezertifizierungssysteme (Steiner 2022: 46).

Gebäudezertifikaten für nachhaltiges Bauen sollen Transparenz für den Vergleich von verschiedenen Immobilienkategorien ermöglichen und den Fokus auf Nachhaltigkeitskriterien unterstützen (Käfer 2021: 492). International sind drei Gebäudezertifizierungssysteme von besonderer Bedeutung. BREEAM aus England, seit 1999 im Geschäft und der Wegbereiter für alle anderen Gebäudezertifikate. LEED des U.S Green Building Council der USA und seit 1998 verfügbar und die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB) aus Deutschland, die seit 2007 tätig sind. (Dräger 2010: 18). Sie haben alle gemeinsam, dass Auditoren die Erfüllung verschiedener Nachhaltigkeitskriterien überprüfen. Diese Zertifizierungen werden im Allgemeinen mit der Fertigstellung des Gebäudes vergeben und lassen in Folge die Bewertung der Nutzungsphase aus. Mit Ausnahme von Kennwerten zum theoretischem Energieverbrauch in der Nutzungsphase (Rüdiger 2018: 78). Im Zusammenhang mit dem Klimaschutz ist die Dichte von Gebäudezertifizierungen für nachhaltiges Bauen als gute Entwicklung und zu werten.

Bestehende Gebäudezertifikate unterscheiden sich unter den verschiedenen Anbietern stark in der Gewichtung der Nachhaltigkeitsdimension, aus dessen Grund deren Ergebnisse nur schwer miteinander zu vergleichen sind. Alle drei Verfahren berücksichtigen Kriterien, die unterschiedliche Nachhaltigkeitsdimensionen bedienen und doch sind die Schwerpunkte bei jedem Zertifikat anders gewichtet. Bei LEED und BREEAM liegt dieser eindeutig bei den ökologischen Eigenschaften wodurch die sozialen und ökonomischen untergeordnete Gewichtung erfahren. Ausnahmslos die Zertifizierung der DGNB weist einen Ansatz, welcher eine ganzheitliche Gleichgewichtung der Nachhaltigkeitsdimensionen voraussetzt (Löser 2017: 212 – 217). Die Wissenschaft unterscheidet hier in der Regel zwischen Systemen der ersten Generation mit Fokus auf ökologische Nachhaltigkeitsaspekte und Systemen zweiter Generation, welche eine Gleichgewichtung unter Betrachtung des gesamten Lebenszyklus

erreichen. (Käfer 2021: 495). Insbesondere die Systeme der ersten Generation bemühen sich aber die Lücke durch Überarbeitung der Zertifizierungsmodelle aufzuholen und vermehrt ebenfalls auf eine Betrachtung des gesamten Lebenszyklus zu setzen (Herr 2017: 187).

Die Gewichtungen der Nachhaltigkeitsdimensionen innerhalb der einzelnen Systeme sind aber nicht über zu interpretieren da es sich bei den herangezogenen Quellen um rein quantitative Analysen der formellen Regelwerke handelt, die dezidiert keine Informationen bezüglich der verschiedenen Auswirkungen einzelner Maßnahmen berücksichtigen und meistens auch nicht eindeutig einer einzelnen Dimension zugeteilt werden können (Löser 2017: 212 – 217). Alle genannten Zertifizierungssysteme berücksichtigen jedenfalls einen Großteil der Sustainable Development Goals (SDGs). Diese sind ein passender Kompass für nachhaltige Entwicklung, obwohl sie auf nationaler Ebene im Immobiliensektor kaum Anwendung finden (Wieser 2019: 62).

4.1. DGNB

Die ÖGNI zeichnet nachhaltige Gebäude und Quartiere nach dem DGNB-System aus (ÖGNI 2023: 1). Deshalb gehen die folgende Analyse und Beschreibung auf das DGNB-System in der aktuellen Version 2023 ein. Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) wurde 2007 gegründet und hat 2009 das deutsche Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen vorgestellt. Das Gebäudezertifizierungssystem DGNB wird stetig weiterentwickelt und zertifiziert mittlerweile nicht nur Neubauten, sondern findet eine fortlaufende Spezifizierung wie die folgende Abbildung zeigt (DGNB 2023: 1):

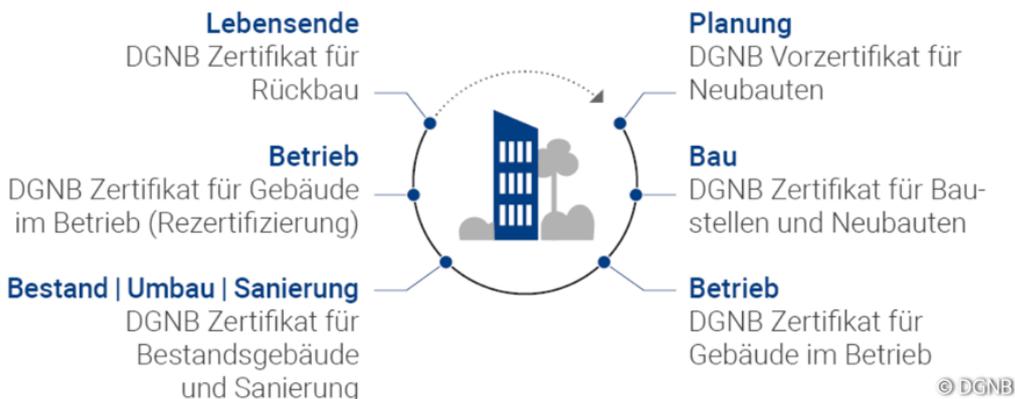


Abbildung 18: Arten von DGNB-Zertifizierungen (DGNB 2023: 3)

In Ergänzung zu den oben dargestellten Arten von DGNB-Zertifizierungen zeigt die folgende Abbildung das Verhältnis der Faktoren Ökonomie (Grün), Ökologie (Blau) und Soziokulturelles (Gelb) bei der DGNB-Zertifizierung.

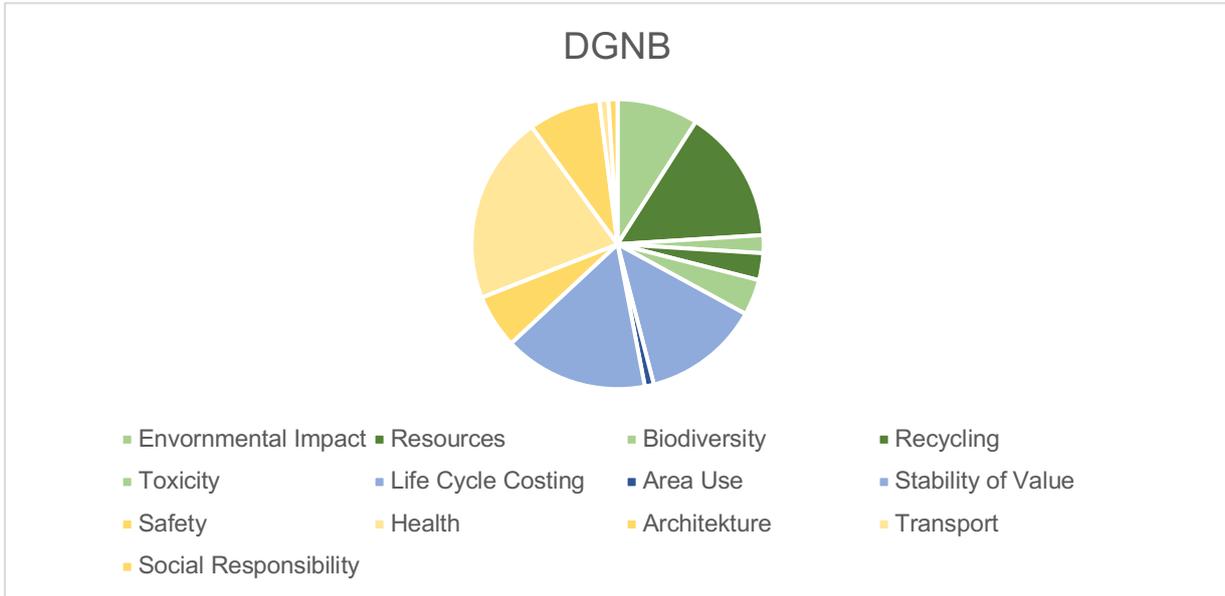


Abbildung 19: Verteilung Ökologie - Ökonomie - Soziales bei DGNB (eigene Darstellung)

Aus obenstehender Abbildung geht klar hervor, dass im Rahmen der DGNB-Zertifikate ausgeglichen auf die unterschiedlichen Nachhaltigkeitsdimensionen abgestellt und somit einen breiteren Betrachtungshorizont als andere Gebäudezertifikate ermöglicht wird. Im folgenden Abschnitt werden in Ergänzung auf die Untergruppe der Logistikimmobilien aus Sicht von DGNB vorgestellt.

4.1.1. DGNB und Logistikimmobilien

Im Neubau definiert die DGNB eine eigene Untergruppe von Logistikimmobilien und kalkuliert für diese Verwendungsgruppe mit einer verkürzten Nutzungsdauer von 20 Jahren. Die DGNB definiert ihre Zielgruppe selbst wie folgt (Braune & Jansen 2016: 396):

„Das Zertifikat richtet sich an alle, die ein Logistikgebäude planen und errichten wollen. Dies können Projektentwicklungsbüros, Unternehmen als Eigennutzende oder auch Immobilienfonds sein. Wer eine solche Immobilie erwerben oder zur Nutzung mieten will, dem dient das DGNB-Zertifikat als unabhängig geprüfter Beleg der ganzheitlichen Qualität des Gebäudes.“ (DGNB 2023: 1)

In diesem Zusammenhang definiert DGNB unterschiedliche Kriterien bzw. Merkmale nachhaltiger Logistikgebäude, die in folgender Abbildung dargestellt werden:

- Beitrag zum Klimaschutz durch verringerten Ausstoß klimaschädlicher Gase über den gesamten Lebenszyklus hinweg
- Hohe Aufenthaltsqualität im Innen- und Außenbereich
- Erhöhtes Wohlbefinden
- Gesteigerte Attraktivität für Mitarbeitende
- Gesteigerte Produktivität und Leistungsfähigkeit der Mitarbeitenden
- Geringes Leerstandsrisiko
- Hohe Gebäudeflexibilität durch z.B. einfachere Anpassungen bei Veränderungen (Betriebsprozesse; Personal)
- Geringere Kosten bei Umbauten
- Geringere Betriebs- und Instandsetzungskosten
- Vorteile beim Verkauf von Immobilien

Abbildung 20: Merkmale nachhaltiger Logistikimmobilien laut DGNB (DGNB 2023:4)

4.1.2. Zertifizierungsprozess

Ein Auftraggeber beschließt ein noch in der Entwicklung befindliches Objekt zertifizieren zu lassen und wählt einen DGNB-Auditor. Dieser meldet das Objekt bei der DGNB zur Zertifizierung an. Der Auftraggeber schließt nach der Anmeldung einen Vertrag mit der DGNB ab. Der beste Zeitpunkt für den Beginn des Zertifizierungsprozesses ist die Projektentwicklungsphase, da zu diesem Zeitpunkt das größte Potential für Änderungen und Anpassungen an die Anforderungen und Vorgaben des DGNB-Systems vorhanden sind. Wenn die Planungsteams keine praktische Erfahrung mit dem DGNB-System haben, ist es von Vorteil den Auditor von Beginn an in die Planung zu integrieren, da er das notwendige Wissen über das System mitbringt. Bereits in der frühen Planungsphase wird unter Analyse der ersten Festlegungen ein Pre-Check durchgeführt, dessen Ergebnis als Konstruktionsleitfaden angesehen werden kann (DGNB 2023: 5).

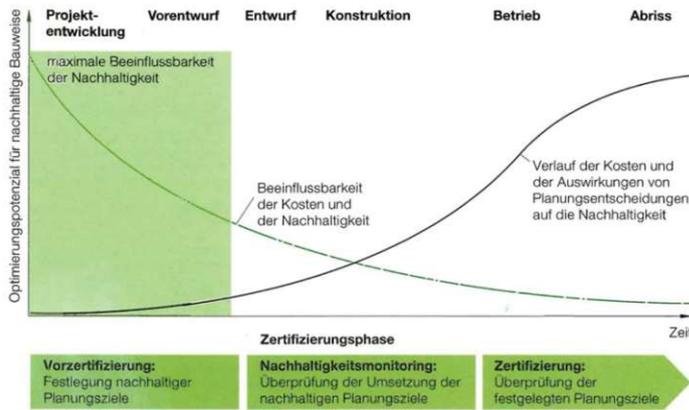


Abbildung 21: Verlauf und Beeinflussbarkeit der Gesamtkosten und des Nachhaltigkeitspotenzial (Ebert et al 2010: 81)

Der Auditor verantwortet, dass alle notwendigen Nachweisunterlagen vom Planungsteam vorhanden sind, und bereitet diese nach den Anforderungen des Zertifizierungssystems auf und sendet diese an die DGNB. Die Dokumente werden von der DGNB in einer ersten Konformitätsprüfung kontrolliert. Das Ergebnis wird an den Auditor zurückgemeldet, der nun die Möglichkeit hat, sich zu etwaigen Anmerkungen zu äußern bzw. die fehlenden Nachweise nachzuliefern. Aufgrund dieses ersten Ergebnisses und den nachgereichten Dokumenten erfolgt eine zweite Konformitätsprüfung, nach derer ein Prüfbericht erstellt wird, in dem der Erfüllungsgrad und die erreichbare Zertifikatsstufe bekanntgegeben werden.

Nach der Umsetzung der geplanten Maßnahmen und der Bestätigung der Zertifizierungsinhalte durch den Auftraggeber und des DGNB-Zertifizierungsausschusses, versendet die DGNB-Geschäftsstelle noch einmal das Ergebnis an den Auditor und den Auftraggeber. Der Prozess ist mit Ausstellung und Übergabe des Gebäudezertifikates an den Auftraggeber abgeschlossen. Die DGNB setzt neben den 3 Säulen der Nachhaltigkeit Ökologie, Ökonomie und Soziales auf drei weitere Hauptkriterien (DGNB 2023: 7). Einen Überblick gibt die folgende Abbildung:



Abbildung 22: Der Weg zum DGNB-Zertifikat (DGNB 2023: 7)

Die Kriterien technische Qualität, Prozess- und Standortqualität werden in Abstufungen zu 15, 12,5 und 5% ebenfalls bewertet. Einen Überblick gibt die folgende Abbildung.



Abbildung 23: Gewichtung der Hauptkriterien (DGNB 2023:7)

Die DGNB gibt für jedes Kriterium einen vorgegebenen Grenz-, Referenz- und Zielwert vor. Abhängig vom betrachteten Kriterium ist die Wertigkeit der Grenz- und Referenzwerte unterschiedlich. Einzelne Kriterien besitzen, im Gegensatz zu anderen Zertifizierungssystemen, einen Gewichtungsfaktor, mit welchem sie in den Erfüllungsgrad der Hauptkriterien einfließen. Somit errechnet sich der Gesamterfüllungsgrad des Projekts über die Wertigkeit des Hauptkriteriums und seines Erfüllungsgrads. Im Bewertungssystem der DGNB gibt es Ausschlusskriterien, welche für die Version von 2023 gegenüber dem Vorgänger von 2018 nochmals überarbeitet wurden.

Die DGNB stellt den Anspruch an eine einheitlich hohe Qualität des Gebäudes. Deshalb ist nicht nur der Gesamterfüllungsgrad des Gebäudes für das Zertifikat ausschlaggebend, sondern auch die Erfüllungsgrade der einzelnen Hauptkriterien. Die DGNB fordert für die Erreichung eines Zertifikates ein Basisniveau jeden Hauptkriteriums (DGNB 2023: 7).

	PLATIN	GOLD	SILBER	BRONZE*
Gesamterfüllungsgrad	ab 80%	ab 65%	ab 50%	ab 35%
Mindesterfüllungsgrad	65%	DGNB Auszeichnungsstufen		— %

© DGNB

Abbildung 24: Die Auszeichnungslogik der DGNB-Zertifizierung im Überblick. Das DGNB-Zertifikat in Bronze wird nur bei Bestandsgebäuden und für Gebäude im Betrieb vergeben (DGNB 2023: 1)

Die folgenden Tabellen zeigen einen Überblick über die DGNB-Kriterien in der Version 2023 in den einzelnen Bewertungsfeldern der Zertifizierungslogik.

Die DGNB Kriteriengruppe Ökologie steht für den ressourcen- und umweltschonenden Bau von Gebäuden. Die Vermeidung von Schad- und Risikostoffen um eine klimafreundliche Bauweise und möglichste wenige THG-Emissionen erzeugt werden und unterstützt die Biodiversität. (DGNB 2023: 1). Sie hat einen Anteil von 22,5% an der Gesamtbewertung.

Ökologie
Klimaschutz und Energie (ENV1.1)
Risiken für die lokale Umwelt (ENV1.2)
Verantwortungsbewusste Ressourcengewinnung (ENV1.3)
Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen (ENV2.2)
Flächeninanspruchnahme (ENV2.3)
Biodiversität am Standort (ENV2.4)

Tabelle 7: Ökologische Kriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9)

Die DGNB Kriteriengruppe Ökonomie umfasst alle Kriterien, die darauf abzielen Gebäude wirtschaftlich optimiert über deren gesamten Lebenszyklus zu analysieren. Eine langfristige Nutzung sollte bei Planung, Bau und Betrieb berücksichtigt werden insbesondere unter Rücksichtnahme auf Drittverwendbarkeit und der finanziellen Betrachtung. (DGNB 2023: 1). Sie hat einen Anteil von 22,5% an der Gesamtbewertung.

Ökonomie
Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus (ECO1.1)
Wertstabilität und Anpassungsfähigkeit (ECO2.4)
Klimaresilienz (ECO2.6)
Dokumentation (ECO2.7)

Tabelle 8: Ökonomische Kriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9)

Die DGNB Kriteriengruppe Soziokulturelle und funktionale Qualität definiert Gesundheit, Komfort und Wohlbefinden. Der Nutzer wird in das Zentrum des Planungsprozesses gestellt (DGNB 2023: 1). Sie hat einen Anteil von 22,5% an der Gesamtbewertung.

Soziokulturelle und funktionale Qualität
Thermischer Komfort (SOC1.1)
Innenraumluftqualität (SOC1.2)
Schallschutz und Akustischer Komfort (SOC1.3)
Visueller Komfort (SOC1.4)
Aufenthaltsqualitäten innen und außen (SOC1.6)
Barrierefreiheit (SOC2.1)

Tabelle 9: Soziokulturelle und funktionale Qualitätskriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9)

Die DGNB Kriteriengruppe Technische Qualität definiert einen Maßstab zur Bewertung der Qualität der technischen Ausführung in Bezug auf relevante Nachhaltigkeitsaspekte (DGNB 2023: 1). Sie hat einen Anteil von 15% an der Gesamtbewertung.

Technischen Qualität
Qualität der Gebäudehülle (TEC1.3)
Einsatz und Integration von Gebäudetechnik (TEC1.4)
Zirkuläres Bauen (TEC1.6)
Mobilitätsinfrastruktur (TEC3.1)

Tabelle 10: Technische Qualitätskriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9)

Die Kriteriengruppe der Prozessqualität steht für eine optimale Qualität der Planung und der Bauausführung. Sie hat einen Anteil von 12,5% an der Gesamtbewertung.

Prozessqualität
Qualität der Projektvorbereitung (PRO1.1)
Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe (PRO1.4)
Verfahren zur städtebaulichen und gestalterischen Konzeption (PRO1.6)
Baustelle / Bauprozess (PRO2.1)
Geordnete Inbetriebnahme (PRO2.3)
Vorbereitung einer nachhaltigen Nutzung (PRO2.5)

Tabelle 11: Prozessqualitätskriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9)

Die Kriteriengruppe Standortqualität beurteilt die Wechselwirkung der Unternehmung und seinem Umfeld (DGNB 2023: 1). Sie hat einen Anteil von 12,5% an der Gesamtbewertung.

Standortqualität
Mikrostandort (SITE1.1)
Verkehrsanbindung (SITE1.3)
Nähe zu nutzungsrelevanten Objekten und Einrichtungen (SITE1.4)

Tabelle 12: Standortqualitätskriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9)

4.2. LEED

LEED ist die Abkürzung für Leadership in Energy and Environmental Design und ist 1998 in den USA entstanden und legt den Fokus insbesondere auf Energieerzeugung und – effizienz und das Hauptaugenmerk auf die Dimension der ökologischen Nachhaltigkeit (Herr 2017: 491). Die Qualität des Innenraums und die Umstände der Lage können den sozialen Aspekten zugeordnet werden, hingegen wird die ökonomische Qualität durch eine Lebenszykluskostenbetrachtung (LCA) und eine potenzielle Wertentwicklung definiert. (Herr 2017: 112). In den USA fehlen nationale Standards und so wird der Qualitätskontrolle große Aufmerksamkeit gewidmet (Jacobi 2020: 36).

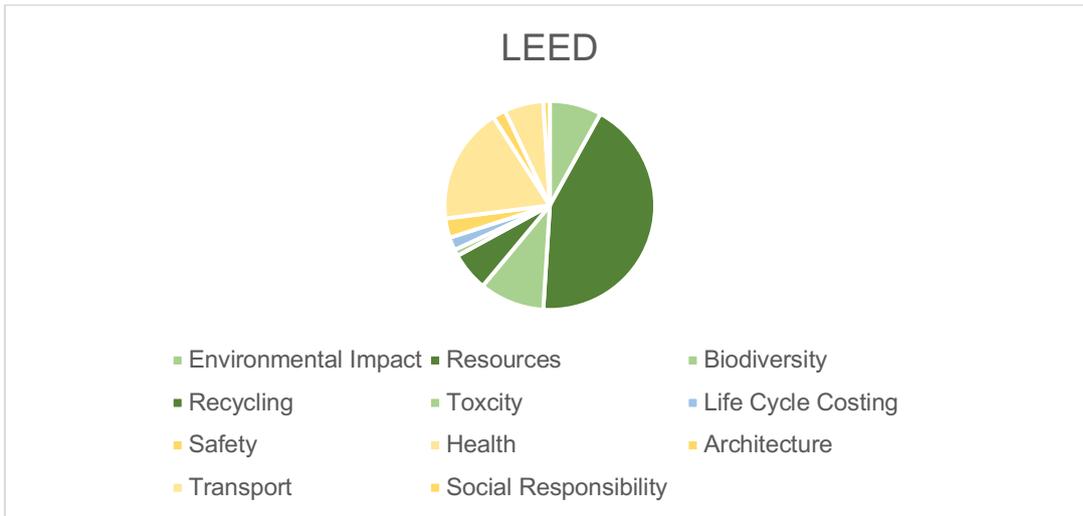


Abbildung 25: Verteilung von Ökologie - Ökonomie - Soziales bei LEED (eigene Darstellung)

Aus obenstehender Abbildung geht klar hervor, dass im Rahmen des LEED-Zertifikats ein starker Fokus auf ökologische Aspekte abgestellt wird, während DGNB ausgeglichen auf die unterschiedlichen Nachhaltigkeitsdimensionen abstellt und somit einen breiteren Betrachtungshorizont als andere Gebäudezertifikate ermöglicht. Im folgenden Abschnitt werden in Ergänzung auf die Untergruppe der Logistikimmobilien aus Sicht von LEED vorgestellt.

4.2.1. LEED und Logistikimmobilien

LEED bewertet in der aktuellen Version:

„v4 for BD+C: New Construction and Major Renovation“ (LEED 2023: 2)

Logistikimmobilien in einem eigenen Unterpunkt: Warehouses & Distribution Centers, bei dem in der Erreichung der Punktezahl leicht abgeänderte Voraussetzungen herrschen im Gegensatz zu einem gewöhnlichem Wohnbau.

- New Construction
- Core & Shell
- Schools
- Retail
- Data Centers
- Warehouses & Distribution Centers
- Hospitality
- Healthcare

Abbildung 26: Kategorien der LEED-Zertifizierung für den Neubau www.usgbc.org (Stand 2023)

4.2.2. Zertifizierungsprozess

Im Unterschied zu den Gebäudezertifikaten von BREEAM und DGNB gibt es bei LEED keine Gewichtungsfaktoren. Die Bewertung ist ein reines Zählsystem. In jedem Kriterium können sogenannte Credits gesammelt werden.



Abbildung 27: Zertifizierungsstufen LEED (LEED 2023: 1)

Bei der Zertifizierung nach LEED gilt es Mindestanforderungen zu erfüllen ohne deren eine Zertifizierung unmöglich ist. Im Gegensatz zu den anderen Zertifizierungssystemen werden diese Mindestanforderungen nicht mit Punkten gewertet und haben somit keine direkte Auswirkung auf die zu erreichende Zertifizierungsstufe. Die Bewertung erfolgt nach Normen und Richtlinien der US-amerikanischen der American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) welche 1894 gegründet wurde.

In der vergangenen Zeit wurden jedoch verschiedene alternative Methoden zur Nachweisführung für den europäischen Raum entwickelt. Im Gegensatz zu den US-ASHRAE-Standards ermöglichen sie eine Nachweisführung nach europäischen Normen in zahlreichen Kriterien. Dies betrifft nicht die Bewertung der Energieeffizienz, da das USGBC die EnEV-Berechnung aufgrund der Verwendung von Standardprofilen berechtigterweise nicht als Instrument zur Prognose des Energiebedarfs akzeptiert. Punkte werden für die oben genannten Kriterien vergeben. Ein Projekt kann abhängig von seinem Punktestand in einer der vier LEED-Bewertungsstufen zertifiziert werden: Silber, Gold oder Platin. Die GBCI überprüft die Konformität des Nachweises mit den Kriterienanforderungen.

Die Green Business Certification Inc. (GBCI) führt das Zertifizierungsverfahren im Auftrag des USGBC durch. Die GBCI Europe die ihren Standort in München hat fungiert als primärer Ansprechpartner für den gesamten europäischen Raum. Die Besonderheit des LEED-Prozesses liegt in der digitalen Nutzung der für das Gebäude spezifischen Daten. Die LEED Online-Plattform ermöglicht die Verwaltung von Daten online. Die Daten, die dort gespeichert werden, können auf die Plattform arc übertragen werden und als Basisdatensatz für weitere Zertifizierungen (insbesondere auf Portfolioebene) verwendet werden. In Bezug auf alternative oder national verfügbare Gebäudezertifizierungssysteme ist dies derzeit ein Merkmal von

LEED. Einen Überblick der Kriterien des LEED v4.1 BD+C-Bewertungssystems 2023 ist in der folgende Tabelle dargestellt:

Integrative Process – integrativer Planungsprozess	
Credit 1	Integrative Process
Location and Transportation – infrastrukturelle Einbindung des Standortes	
Credit 1	LEED for Neighborhood Development Location
Credit 2	Sensitive Land Protection
Credit 3	High Priority Site
Credit 4	Surrounding Density and Diverse Uses
Credit 5	Access to Quality Transit
Credit 6	Bicycle Facilities
Credit 7	Reduced Parking Footprint
Credit 8	Green Vehicles
Sustainable Sites – Nachhaltiger Standort / Grundstücksqualitäten	
Prereq 1	Construction Activity Pollution Prevention
Credit 1	Site Assessment
Credit 2	Site Development–Protect or Restore Habitat
Credit 3	Open Space
Credit 4	Rainwater Management
Credit 5	Heat Island Reduction
Credit 6	Light Pollution Reduction
Water Efficiency – Wassereffizienz	
Prereq 1	Outdoor Water Use Reduction
Prereq 2	Indoor Water Use Reduction
Prereq 3	Building-Level Water Metering
Credit 1	Outdoor Water Use Reduction
Credit 2	Indoor Water Use Reduction
Credit 3	Cooling Tower Water Use
Credit 4	Water Metering
Energy and Atmosphere – Energie und globale Umweltwirkungen	
Prereq 1	Fundamental Commissioning and Verification
Prereq 2	Minimum Energy Performance
Prereq 3	Building-Level Energy Metering
Prereq 4	Fundamental Refrigerant Management
Credit 1	Enhanced Commissioning
Credit 2	Optimize Energy Performance
Credit 3	Advanced Energy Metering
Credit 4	Demand Response
Credit 5	Renewable Energy Production
Credit 6	Enhanced Refrigerant Management
Credit 7	Green Power and Carbon Offsets
Materials and Resources – Materialkreisläufe und Ressourcenschonung	
Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables
Prereq 2	Construction and Demolition Waste Management Planning
Credit 1	Building Life-Cycle Impact Reduction
Credit 2	Building Product Disclosure and Optimization – Environmental Product Declarations
Credit 3	Building Product Disclosure and Optimization – Sourcing of Raw Materials
Credit 4	Building Product Disclosure and Optimization – Material Ingredients
Credit 5	Construction and Demolition Waste Management
Indoor Environmental Quality – Innenraum(luft)qualität und Komfort	
Prereq 1	Minimum Indoor Air Quality Performance
Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke Control
Credit 1	Enhanced Indoor Air Quality Strategies
Credit 2	Low-Emitting Materials
Credit 3	Construction Indoor Air Quality Management Plan
Credit 4	Indoor Air Quality Assessment
Credit 5	Thermal Comfort
Credit 6	Interior Lighting
Credit 7	Daylight
Credit 8	Quality Views
Credit 9	Acoustic Performance
Innovation	
Credit 1	Innovation
Credit 2	LEED Accredited Professional

Tabelle 13: Kriterien LEED v4 Warehouse & Distribution (LEED 2023: 1)

4.3. BREEAM

BREEAM wurde 1990 entwickelt, um nationalen Standards zu übertreffen. Das System betont die ökologische Seite der Nachhaltigkeit. Das wird durch Kriterien wie die Reduzierung von Kohlendioxid, die Verwendung von schadstoffarmen Produkten, den Schutz vor Immissionen und die Verbesserung der Umweltqualität demonstriert. BREEAM berücksichtigt auch den Standort, das Grundstück und die Interaktion mit der Umwelt (Jacobi 2020: 36–41). Soziale Nachhaltigkeit wird durch Kriterien wie „Gesundheit und Wohlbefinden“ und wirtschaftliche Nachhaltigkeit durch Kriterien wie „Management“ berücksichtigt.

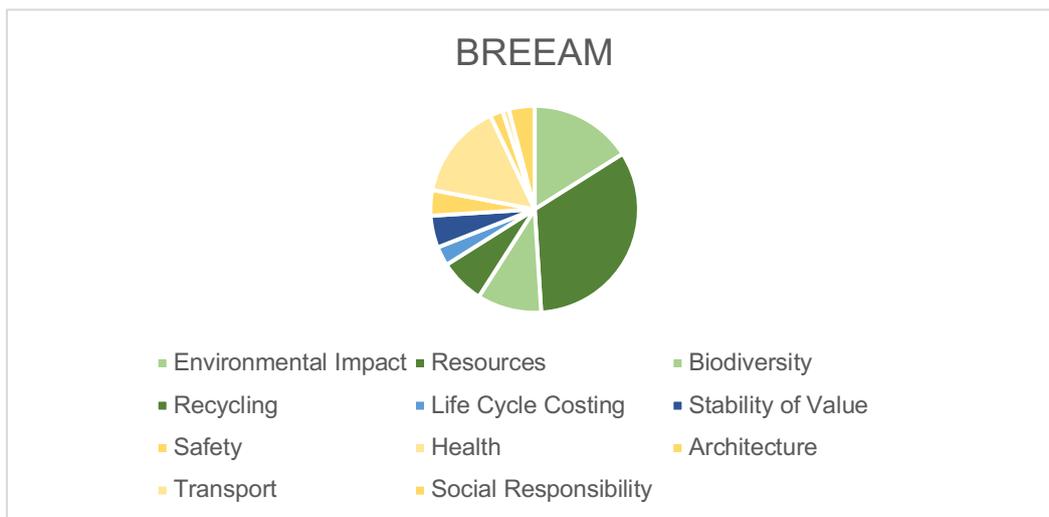


Abbildung 28: Verteilung von Ökologie - Ökonomie - Soziales (eigene Darstellung)

Aus obenstehender Abbildung geht klar hervor, dass die BREEAM-Zertifizierung einen starken Fokus auf ökologische Aspekte umfasst und nicht ausgeglichen auf die unterschiedlichen Nachhaltigkeitsdimensionen abstellt. Im folgenden Abschnitt werden in Ergänzung auf die Untergruppe der Logistikimmobilien aus Sicht von BREEAM vorgestellt.

4.3.1. BREEAM und Logistikkimmobilien

BREEAM definiert Logistikkimmobilien nicht gesondert, sondern integriert den Neubau von Logistikkimmobilien in den BREEAM AT Neubau 2019 V1.1 für den Neubau von Wohn- und Gewerbeimmobilien in Österreich (BREEAM 2022: 3). Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick über die Kriterien von BREEAM AT Neubau 2019 V1.1.

Management
Projektbeschreibung und Planung
Lebenszykluskosten und Lebensdauerplanung
Verantwortungsvolle Baupraxis
Inbetriebnahme-Management und Übergabe
Nachbetreuung
Gesundheit und Wohlbefinden
Visueller Komfort
Innenraumluftqualität
Sichere Einschließungsmaßnahmen in Laboren
Thermischer Komfort
Bau- und Raumakustik
Zugänglichkeit
Naturerfahrungen
Private Freiräume
Wasserqualität
Energie
Reduktion des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen
Überwachung des Energieverbrauchs
Außenbeleuchtung
Kohlenstoffarme Planung
Energieeffiziente Kühl- und Kältelager
Energieeffiziente Beförderungssysteme
Energieeffiziente Laborsysteme
Energieeffiziente Ausstattung
Trockenraum für Wäsche
Transport
Zugänglichkeit zum öffentlichen Nahverkehr
Nähe zu relevanten Einrichtungen
Alternative Verkehrsmittel
Maximale Parkplatzkapazität
Mobilitätskonzept
Heim Arbeitsplatz
Wasser
Wasserverbrauch
Wasser-Monitoring
Erkennen und Vermeiden von Wasserleckagen
Wassersparende Ausstattung
Material
Auswirkung auf den Lebenszyklus
Landschaftsbau und Befestigung der Grenzen
Verantwortungsvolle Materialbeschaffung
Dämmung
Planung für Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit
Materialeffizienz
Abfall
Bauabfallwirtschaft
Recycelte Zuschlagstoffe
Betriebsausfälle
Spekulativer Ausbau
Anpassung an den Klimawandel
Funktionale Anpassungsfähigkeit
Landnutzung und Ökologie
Grundstücksauswahl
Ökologischer Wert des Grundstücks und Schutz der ökologischen Werte
Minimierung der Auswirkungen auf die bestehende Standortökologie
Verbesserung der Standortökologie
Langfristige Auswirkungen auf die Biodiversität
Umwelt
Auswirkungen durch Kältemittel
NO _x Emissionen
Abfluss von Oberflächenwasser
Reduktion der nächtlichen Lichtverschmutzung
Immissionsschutz
Innovation
Innovation

Tabelle 14: Kriterien LEED v4 Warehouse & Distribution (LEED 2023: 1)

4.3.2. Zertifizierungsprozess

BREEAM verwendet einen „Balanced Scorecard“-Ansatz für die Bewertung und Einstufung eines Projekts, um ein flexibles System zu etablieren. zu etablieren.

Dies bedeutet, dass die Mehrheit der Kriterien wählbar ist, um einen bestimmten Exzellenzgrad zu erreichen, was bedeutet, dass Ungleichgewichte in einer Kategorie durch Gleichgewichte in einer anderen ausgeglichen werden können, um die gewünschte Zertifizierung zu erhalten. BREEAM bewertet nachfolgenden Ansätzen (BREEAM 2019: 2):

1. *Herausragend: weniger als die Top 1% der Gebäude (Innovator)*
2. *Exzellente: Top 10% der Gebäude (Hoher Standard)*
3. *Sehr gut: Top 25% der Gebäude (höherer Standard)*
4. *Gut: Top 50% der Gebäude (mittlerer Standard)*
5. *Befriedigend: Top 75% der Gebäude (Standard)“ (BREEAM 2019: 2)*

Die Mindeststandards tragen dafür Sorge das entscheidende Umweltfaktoren bei der Zertifizierung jedenfalls berücksichtigt werden. Sie entsprechen in der Regel den Mindeststandards der Mitbewerber. Für einen bestimmten BREEAM Exzellenzgrad ist ein minimaler Gesamtprozentsatz Voraussetzung und die in BREEAM festgelegten Mindeststandards erfüllt werden (BREEAM 2019: 5). Jedes Verfahren zur Umweltbewertung von Gebäuden erfordert Gewichtungen, um die relativen Auswirkungen einzelner Umweltfaktoren zu bestimmen (BREEAM 2022: 5).

Kategorie	Gewichtung (gerundet)						
	Nicht-Wohngebäude			Einfamilienhäuser		Mehrfamilienhäuser	
	Vollständig ausgebaut	Shell Only	Shell and Core	Teilweise ausgebaut	Vollständig ausgebaut	Teilweise ausgebaut	Vollständig ausgebaut
Management	11,00 %	11,11 %	10,58 %	9,57 %	9,14 %	11,23 %	10,61 %
Gesundheit und Wohlbefinden	16,00 %	10,61 %	11,60 %	18,21 %	18,36 %	18,25 %	18,16 %
Energie	16,00 %	16,32 %	15,12 %	9,57 %	9,14 %	11,23 %	10,61 %
Transport	5,00 %	7,05 %	5,50 %	18,21 %	18,36 %	18,25 %	18,16 %
Wasser	8,00 %	3,76 %	8,80 %	9,57 %	9,14 %	11,23 %	10,61 %
Material	15,00 %	21,26 %	16,50 %	18,21 %	18,36 %	18,25 %	18,16 %
Abfall	3,00 %	3,69 %	3,30 %	9,57 %	9,14 %	11,23 %	10,61 %
Landnutzung und Ökologie	13,00 %	17,75 %	14,30 %	18,21 %	18,36 %	18,25 %	18,16 %
Umwelt	13,00 %	8,45 %	14,30 %	7,28 %	6,96 %	7,54 %	7,13 %
Gesamt	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %
Innovation (zusätzlich)	10,00 %	10,00 %	10,00 %	10,00 %	10,00 %	10,00 %	10,00 %

Abbildung 29: Gewichtung der Kriterien BREEAM (BREEAM 2022: 3)

Das Bewertungssystem von BREEAM setzt sich aus 57 individuellen Bewertungskriterien zusammen. Jede Kategorie behandelt eine bestimmte bauliche Umweltwirkung oder -

Herausforderung und kann eine bestimmte Anzahl von Punkten erzielen. Wenn die Best-Practice-Leistungsstandards, die einer strengen Nachweispflicht unterliegen, für das entsprechende Kriterium erfüllt sind werden entsprechend Punkte vergeben. Es gibt eine unterschiedliche Anzahl von Punkten für jedes Bewertungskriterium. Normalerweise gilt, dass ein Kriterium in Bezug auf die Reduzierung des damit entstehenden Einflusses wichtiger ist, je mehr Punkte erreicht werden können. Bei der Möglichkeit mehr als nur einen Punkt zu erreichen, kommt normalerweise eine gleitenden Skala oder ein Maßstab zum Einsatz.

Wenn die Gebäudeleistung kontinuierlich verbessert wird, wird dies durch eine höhere Punktzahl belohnt. Die Bauindustrie und ihre Lieferketten werden von Innovationen unterstützt. Dies wird erreicht, indem das System zusätzliche Punkte für die Transparenz von nachhaltigkeitsbezogenen Leistungen bereitstellt, die derzeit nicht von den Standardbewertungsaspekten und -Kriterien anerkannt werden. Die Gebäude, die über die bewährte Praxis hinausgehen und über den Standard hinaus einen neuen wertvollen Umstand in Bezug auf Nachhaltigkeit berücksichtigen, wie beispielsweise die Innovationsfähigkeit des Gebäudes oder der damit verbundenen Beschaffung, werden auf diese Weise belohnt (BREEAM 2022: 8).

4.4. Die Intralogistik als blinder Fleck analysierter Gebäudezertifikate

Anbieter von Gebäudezertifikaten entwickeln ihre Produkte kontinuierlich weiter. Waren Logistikgebäude im System der DGNB im Jahr 2012 noch unter „Neubau Industriebauten, Logistikgebäude (Typ 1)“ zu finden, so findet man heute in den Zertifikaten von DGNB und LEED eine eigene Kategorie „Logistikgebäude“ bzw. „Warehouses and Distribution Centers“ (Braune & Jansen 2016: 393, DGNB 2023: 1 und LEED 2023: 2). Die drei größten internationalen Gebäudezertifikate gehen jedoch darüber hinaus derzeit noch nicht differenziert auf verschiedene Arten von Logistikimmobilien ein (Steiner 2022: 47). Weder in Bezug auf Ihren Automatisierungsgrad noch auf Ihre Bauweise (Rüdiger 2018: 4). Logistikimmobilien bestehen, wie weiter oben in Kapitel 2 beschrieben, aus verschiedenen Gebäudetypen, die jeweils einen unterschiedlichen Automatisierungsgrad aufweisen können. Je höher der Automatisierungsgrad ist, desto geringer sind die Treibhausgasemissionen der Gebäudehülle und der Gebäudetechnik im Verhältnis zu den Treibhausgasemissionen der intralogistischen Systeme (Günthner et al 2014: 5).

Die Intralogistik ist zumindest teilweise ein fester Bestandteil einer Logistikimmobilie und ist ausschlaggebend für Ihre Definition (Dobers 2019 et al: 5). Im Wissen ob des hohen Energieverbrauchs im Betrieb der Logistikimmobilie, stellt sich die Frage, ob es nicht sinnvoll wäre die Intralogistik im Rahmen spezieller Untergruppen von Gebäudezertifikaten

mitzuberücksichtigen, um den Zielen des Europäischen Green Deals noch schneller näher zu kommen (Fetting 2020: 2 und ten Hompel 2011: 3).

Die Intralogistik findet aufgrund verschiedener Herausforderungen, auf die in den folgenden Unterkapiteln eingegangen wird, noch keine ausreichende Beachtung in den oben untersuchten Gebäudezertifikaten. Der Lebenszyklusansatz von Logistikimmobilien bezieht sich beispielsweise insbesondere auf die sogenannten grauen Emissionen, also die THG-Emissionen die durch die Herstellung, dessen Instandhaltung und den Abriss des Gebäudes entstehen (Ege et al 2019: 53). Die THG-Emissionen aus dem operativen Betrieb, die durch logistische Aktivitäten inklusive dem Betrieb von stationären Logistiksystemen in und um das Lager entstehen, finden in Gebäudezertifikaten noch keine ausreichende Berücksichtigung (Meshcheryakova 2022: 188). In den folgenden Unterkapiteln wird die konkrete Problemstellung auf Basis der Grundlagen aus den vorangegangenen Kapiteln konkretisiert und näher erläutert.

Neben oben erläuterten blinden Flecken bestehen weitere Herausforderungen zur ganzheitlichen Betrachtung, Bewertung und Optimierung von Logistikimmobilien, insbesondere Motivationsbarrieren, methodische Barrieren sowie fehlende Daten:

- Motivationsbarrieren: Nicht alle Wirtschaftsteilnehmer anerkennen den Stellenwert einer Erfassung der mit Logistikimmobilien in Verbindung stehenden Treibhausgasemissionen. Vor allem da sie keinen Benefit für die Durchführung sehen und auch kein Interesse haben ihre Daten zu teilen. Obwohl viele Stakeholder ein valides Interesse an diesen Daten hätten (Dobers et al 2019: 3).
- Methodische Barrieren: Im Moment herrscht noch ein fragmentiertes Umfeld von verschiedensten nicht aufeinander abgestimmten Programmen zur Erfassung von Treibhausgasemissionen in Verbindung mit Logistikimmobilien. Es bräuchte dringend einen Standard für die Kalkulation sämtlicher Prozesse, die in Verbindung mit Logistikimmobilien stehen (Dobers et al 2019: 3). Die Hoffnung, dass das die neue ISO-Norm 14083 erfüllt, hat sich leider nicht erfüllt. Die ISO-Norm 14083 berücksichtigt lediglich Umschlagsprozesse (ISO 14083 2023: 42).
- Datengrundlage: Die Implementierung der Messung von Energieverbräuchen und die Ermittlung von Treibhausgasemissionen setzt eine umfangreiche Datenerfassung von Leistungs- und Energieverbrauchsdaten voraus (Dobers et al 2019: 4). In der Regel ist jedoch die Kosten- und Leistungserfassung bzw. deren verursachungsgerechte

Zuordnung zu einzelnen Systemelementen des intralogistischen Systems in der betrieblichen Praxis noch nicht weit verbreitet (Groschopf 2017: 114).

Um die eben erfolgte Problemstellung zielgerichtet zu bearbeiten, werden im Folgekapitel Anknüpfungspunkte für die wesentlichen Handlungsfelder für Gebäudezertifikate aufgezeigt und Lösungsansätze skizziert.

5. Lösungsansätze zur integralen Betrachtung von Logistikimmobilien

Energiebedarf, THG-Emissionen und deren verursachungsgerechte Zuordnung zu einzelnen Leistungsprozessen in logistischen Knoten rücken immer mehr in den Vordergrund (Lirn et al 2013: 428). Im Rahmen von politischen Programmen oder technischen Zertifizierungen wird jedoch nach wie vor vermehrt auf Transportprozesse abgestellt (Craig et al 2013: A2). Daraus resultiert eine steigende Aufmerksamkeit zu dem Thema. Verantwortlich dafür sind steigende Energiekosten, staatlicher Druck in Richtung Energieeffizienz und Nachhaltigkeitsberichterstattung sowie ein gesteigertes Umweltbewusstsein auf Kundenseite (Groschopf 2017: 154). Hinsichtlich des aktuellen Gebäudebestands an Logistikimmobilien liegen für Österreich aufgrund der statistischen Klassifikation keine Bestandsdaten vor. Expertenschätzungen gehen jedoch von 20.000 bis 30.000 Logistikimmobilien in Österreich aus, in denen enormes Energie- und somit auch THG-Einsparungspotential schlummert (Kummer et al 2012: 75).

Durch die Stärkung des Einsatzes erneuerbarer Energie und den Anforderungen des Green Deals zur Dekarbonisierung der Wirtschaft entstehen immer strikere Vorgaben wie zu planen, zu bauen oder der Betrieb und die Nutzung des Gebäudes in Bezug auf Nachhaltigkeit zu erfolgen hat. (Fetting 2020: 3). Aus diesem Zusammenhang ergibt sich ein dauerhaft steigender Schwierigkeitsgrad von Planungs- und Bauablauf, vor allem alle ökologischen, ökonomischen und sozialen Bestandteile einer Immobilie in einem Gebäudezertifikat widerspiegeln möchte. (Kovacic & Seidel 2010: 1). In den oberen Kapiteln wurde der Einfluss der Intralogistik in Bezug auf THG-Emissionen insbesondere in Abhängigkeit ihres Automatisierungsgrades umfassend beschrieben, um daraus die Notwendigkeit der Kategorisierung, einer Analyse und Methode zur Optimierung abzuleiten (Günthner et al 2014: 5). Einen Überblick über die relevanten Subsysteme der Logistikimmobilie für eine umfassende Energieverbrauchs- und THG-Betrachtung gibt die folgende Abbildung:

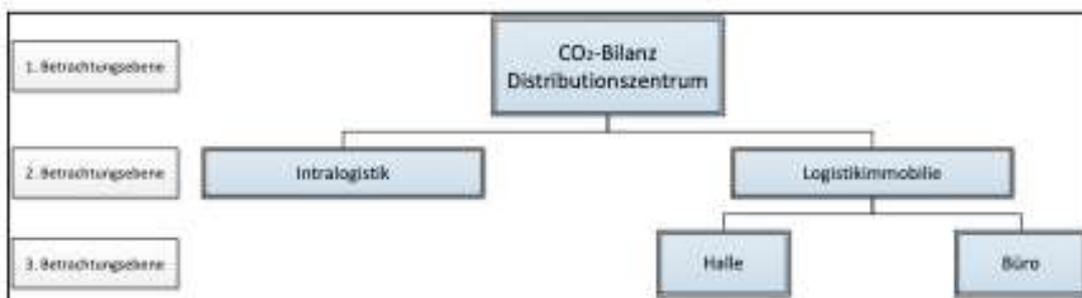


Abbildung 30: Aufteilung der Logistikimmobilie in verschiedene Subsysteme (Weiss 2014: 54)

Intralogistische Systeme finden nicht zuletzt mangels Daten, Gesetzen und Normen noch keine Berücksichtigung. Für eine gesamtheitliche Betrachtung zur Reduzierung von THG-Emissionen ist die Berücksichtigung der Intralogistik aber unerlässlich (Weiss 2014: 56). In den folgenden Unterkapiteln geht der Autor näher darauf ein, welche Anknüpfungspunkte und Lösungsansätze für die Integration der Intralogistik in die Nachhaltigkeitsbetrachtung von Logistikimmobilien sinnvoll erscheinen.

5.1. Entwicklung von Ergänzungsmodulen zu bestehenden Gebäudezertifikaten

In den letzten Jahrzehnten haben viele nationale Green Building Councils Zertifikate für nachhaltige Gebäude eingeführt und weiterentwickelt. Ein Label oder Zertifikat hat folgende Ziele: Der Planer erhält ein Werkzeug zur Nachhaltigkeitsplanung, die Planung wird abschließend bewertet, die Ergebnisse werden transparent und vergleichbar und sie sind in einem Zertifikat ersichtlich und für alle öffentlich einsehbar. (Friedrichsen 2018: 23).

Die Entwicklung von Ergänzungsmodulen zu bestehenden Gebäudezertifikaten kann dazu beitragen, spezifische Aspekte oder Branchenanforderungen in Bezug auf Logistikimmobilien besser abzudecken, die in den standardmäßigen Zertifizierungssystemen nicht ausreichend berücksichtigt werden (Rüdiger 2018: 78).

Der Autor teilt die Nachhaltigkeitsbetrachtung der Intralogistik in Bezug auf Logistikimmobilien in drei Kategorien: **Automatisierungsgrad**, **Energieeffizienz** und **Datentransparenz**. Für eine bessere Veranschaulichung unterteilt der Autor die Nachhaltigkeitsbetrachtung der Intralogistik als Komponente der Logistikimmobilie in drei Betrachtungskriterien. Den Automatisierungsgrad mittels intralogistischer Systeme der Logistikimmobilie, die Energieeffizienz von intralogistischen Systemen und die Datentransparenz in Bezug auf intralogistische Systeme. Die folgende Abbildung zeigt die Komponenten der Logistikimmobilie sowie die relevanten Kriterien für die weitere Betrachtung.

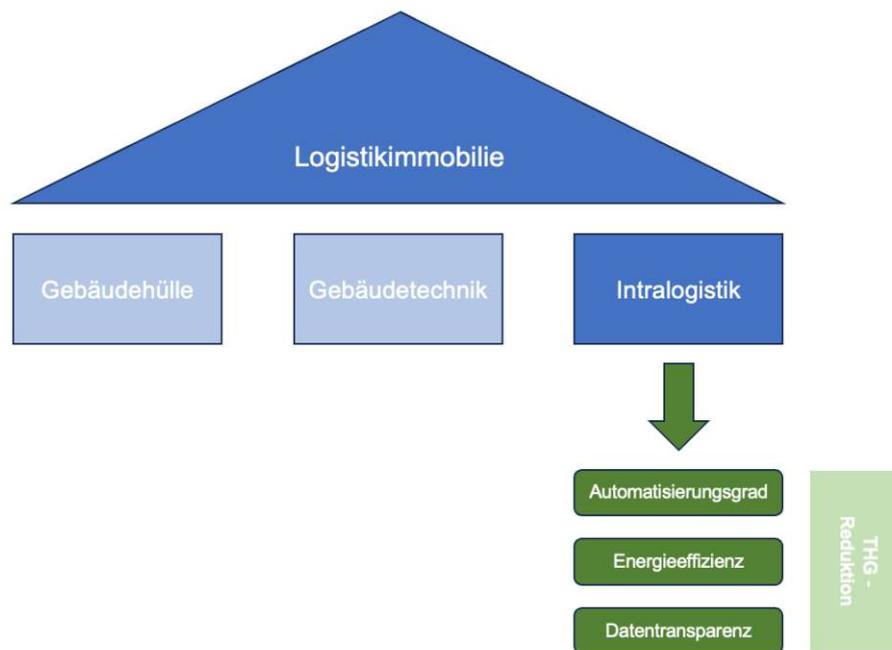


Abbildung 31: Kriterien zur Nachhaltigkeitsbetrachtung der Intralogistik (eigene Darstellung)

Der **Automatisierungsgrad** einer Logistikimmobilie bezieht sich auf das Maß der technologischen Automatisierung und Integration von Systemen in die Abläufe der Lagerhaltung, des Warentransports und der allgemeinen logistischen Prozesse innerhalb einer Immobilie (Günther 2006: 25). Ein höherer Automatisierungsgrad zielt darauf ab manuelle Tätigkeiten durch Automatisierung zu ersetzen, verbraucht naturgemäß mehr Energie und verursacht dadurch höhere THG-Emissionen. Vorteile der Automatisierung liegen in der Regel in Effizienzsteigerungen, geringeren Fehlerquoten und schnellere Durchlaufzeiten (Bommers & Castrup 2019: 101).

Energieeffizienz in der Intralogistik bezieht sich auf die Optimierung des Energieverbrauchs und der Ressourcennutzung in innerbetrieblichen Logistikprozessen. Intralogistik umfasst den internen Material- und Warenfluss in Unternehmen, einschließlich Lagerhaltung, Kommissionierung, Transport, Verpackung und Versand (Deckert 2017: 17 und Eichhorn et al 2012: 2). Die vorliegende Masterarbeit konzentriert sich dabei auf stationäre Logistikleistungen.

Datentransparenz in der Intralogistik bezieht sich auf die Verfügbarkeit und den Zugriff auf Echtzeit- oder historische Daten über logistische Prozesse, Lagerbestände, Warenbewegungen, den Energieverbrauch und andere relevante Informationen im internen Material- und Warenfluss eines Unternehmens (Ecker 2019: 16). Durch die Bereitstellung von umfassenden und genauen Daten können Unternehmen ihre Intralogistikprozesse besser

überwachen, analysieren und optimieren. Dies kann zu einer effizienteren Nutzung von Ressourcen, einer schnelleren Reaktion auf Änderungen im Geschäftsumfeld und einer verbesserten Gesamtleistung der Intralogistikabläufe führen und ermöglicht die Reduktion des Energieverbrauchs sowie der THG-Emissionen (Dobers 2023: 1). Die folgenden Abschnitte geben eine differenzierte Darstellung von blinden Flecken in den untersuchten ESG-Ansätzen in Form der Gebäudezertifikate.

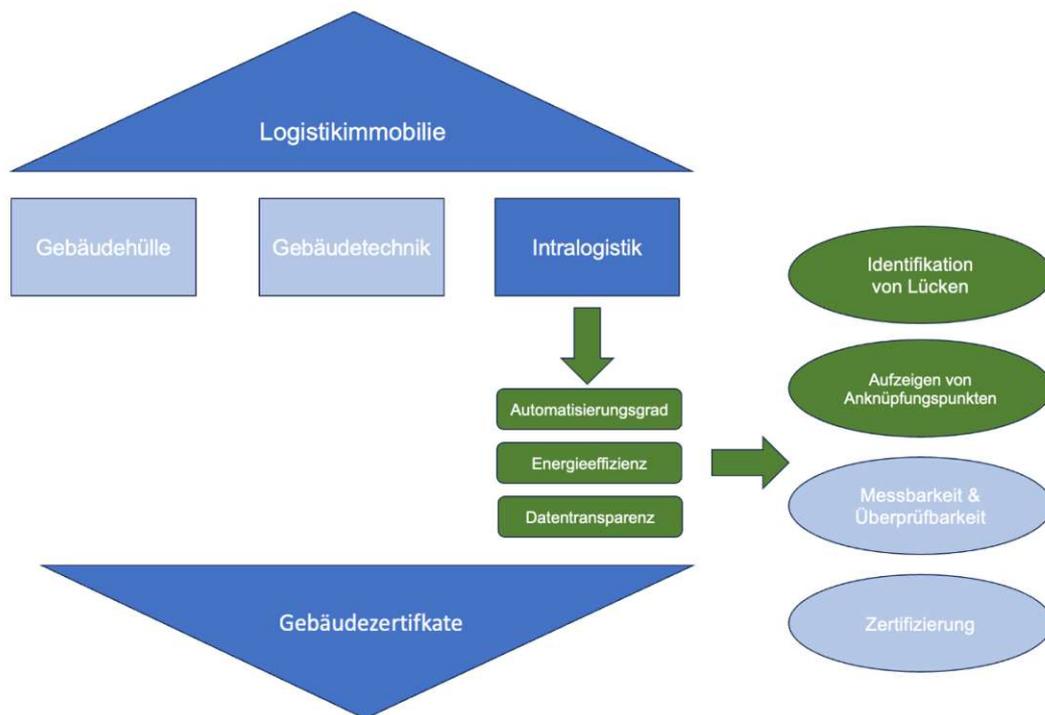


Abbildung 32: Prüfschema für einen Vorschlag zur Ergänzung von Gebäudezertifikate in Bezug auf die Intralogistik (eigene Darstellung)

Obenstehende Abbildung zeigt eine mehrstufige Vorgehensweise zur Lösung des identifizierten Problems. Die vorliegende Arbeit behandelt gemäß ihres Forschungsziels die ersten beiden Schritte wie folgt:

- **Identifikation von Lücken:** Analysieren der Anforderungen, um die Kriterien der Intralogistik in Bezug auf Logistikimmobilien hinsichtlich Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und Umweltauswirkungen abbilden zu können. Identifikation von Bereichen, in denen bestehende Gebäudezertifikate möglicherweise nicht ausreichend sind.
- **Aufzeigen von Anknüpfungspunkten:** Gebäudezertifikate sind Instrumente, die die Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Gebäuden bewerten und zertifizieren. Diese Zertifikate basieren in der Regel auf bestimmten Kriterien und Standards. Der Autor versucht mögliche Anknüpfungspunkte für die Intralogistik herauszuarbeiten.

Hauptkriterien von Gebäudezertifikaten sind: Standards, die auf einen dokumentierten Referenzwert verweisen als Basis für die Auswahl von Materialien und Ressourcen, den Planungsprozess sowie Innovation und Designprozess. Gebäudezertifikate bauen in der Regel auf bereits etablierten Standards und praktischen Implementierungen auf, um die Nachhaltigkeit und Energieeffizienz von Gebäuden zu bewerten und zu fördern.

- **Messbarkeit und Überprüfbarkeit:** Prüfen einer möglichen Integration mit bestehenden Standards. Ergänzungsmodule sollen nahtlos in bestehende Gebäudezertifikate integriert werden können. Sie sollen als zusätzliche Optionen für Unternehmen dienen, die spezialisierte Anforderungen in Bezug einer ganzheitlichen Betrachtung von Logistikimmobilien erfüllen möchten.
- **Zertifizierung:** Ein klarer Prozess für neue Ergänzungsmodule, die im Rahmen der Zertifizierung künftig zu berücksichtigen wären. Dies sollte Richtlinien für die Antragstellung, Prüfung, Überprüfung und Zertifizierung umfassen. Der Prozess sollte im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung durch das Sammeln von Feedback von den Unternehmen, die die Ergänzungsmodule nutzen, optimiert werden. Die Entwicklung von Ergänzungsmodulen erfordert eine sorgfältige Planung, Abstimmung und Zusammenarbeit mit Experten und Interessenvertretern. Sie können dazu beitragen, die Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit von intralogistischen Anlagen besser zu berücksichtigen und die Branche in Richtung einer nachhaltigeren Zukunft zu lenken.

Gemäß der eben dargestellten Prämissen werden in den Folgeabschnitten für die betrachteten Gebäudezertifikate konkrete Anknüpfungspunkte identifiziert und diskutiert.

5.1.1. DGNB und intralogistische Systeme

Im Gegensatz zu den beiden alternativ untersuchten Zertifizierungssystemen definiert man das DGNB-Zertifizierungssystem als System der zweiten Generation. Bei Zertifikaten der zweiten Generation wird werden mehr als nur ökologische Wechselwirkungen berücksichtigt. Ihnen liegt eine umfassende Analyse von der Wiege bis zur Bahre zu Grunde. (DGNB 2023: 11). Die Komponenten Gebäudehülle und Gebäudetechnik werden abgebildet, während die Intralogistik erwartungsgemäß als nicht integrierter Teil eines Gebäudes keine Beachtung findet. Wie in den nächsten beiden Unterkapiteln beschrieben, erscheinen die Bewertungskriterien Ökobilanz (ENV1.1) und Einsatz und Integration von Gebäudetechnik (TEC1.4) als mögliche Anknüpfungspunkte.

Lebenszyklus- CO₂-Bilanz und Ökobilanz des Gebäudes

Die Ökobilanz (LCA) dient zur lückenlosen Bewertung von Wechselwirkungen einer Immobilie in Bezug auf die Umwelt über seinen Lebenszyklus. Ein Lebenszyklus besteht aus den Phasen der Erbauung, des Betriebs, der Instandhaltung und des Abrisses des Gebäudes. Ziel einer Ökobilanz ist es, eine umfassende Einschätzung der Umweltauswirkungen zu erhalten, um potenzielle Umweltbelastungen zu identifizieren und Maßnahmen zur Reduzierung dieser Auswirkungen zu entwickeln. (Braune & Durán: 4). Folgende Abbildung zeigt das Schema einer Ökobilanz nach der DGNB:

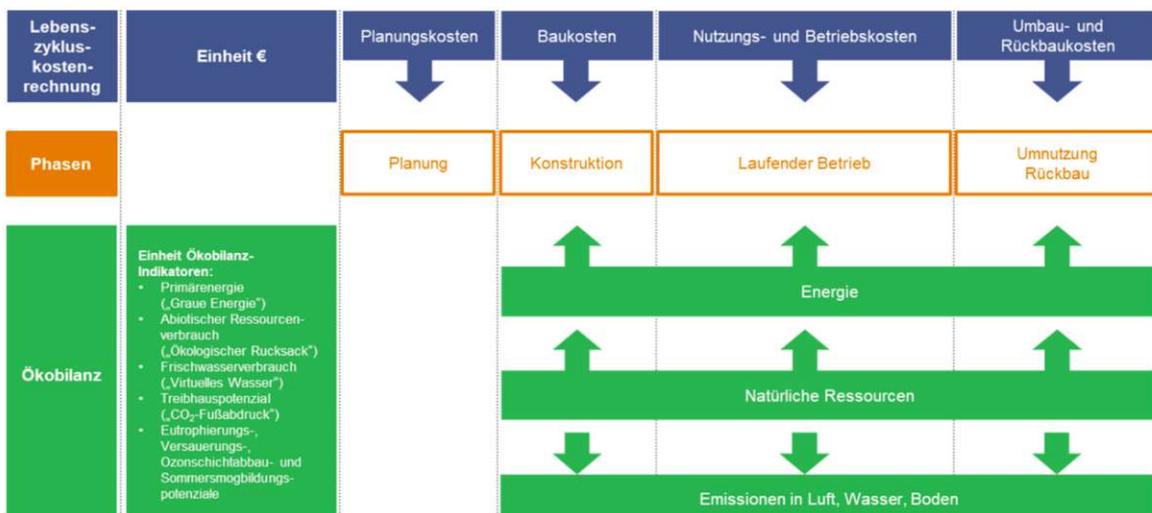


Abbildung 33: Schema einer Ökobilanz nach DGNB (Braune & Durán 2018: 5)

Welche Positionen in der Ökobilanz der DGNB inkludiert sind, ist im Bewertungskriterium ENV.1.1 in der Anlage 1: Systemgrenze der Ökobilanz im DGNB-System (DGNB 2023: 83) und in der Systemgrenze der Ökobilanz im DGNB-System (DGNB 2023: 88) definiert.

Wie folgende Abbildung zeigt, gibt es unter Punkt 460 die Kategorie Förderanlagen. Deren Nutzung wird noch nicht berücksichtigt in der Legende zu 460 kann man folgende Erklärung im Kriterienkatalog der DGNB nachlesen:

„... beinhaltet ist nur die Herstellung und Entsorgung des ausgetauschten Produkts, nicht den Austauschprozess selbst (analog Bauprozess).“ (DGNB 2023: 86)

Der Punkt 460 beinhaltet wie bereits mehrfach beschrieben noch keine Nutzung und keinen Energieverbrauch von intralogistischen Systemen. Jedoch wäre dieser Ansatz ein geeigneter und gut vorbereiteter Anknüpfungspunkt, um die Ökobilanz einer Logistikimmobilie um diese Dimensionen zu erweitern (DGNB 2023: 86).

	A 1-3			A 4-5		B 1-7				C 1-4			D				
	HER-STELLUNGS-PHASE	TRANSPORT	PRODUKTION	ER-RICHTUNGS-PHASE	ERRICHTUNG / EINBAU	NUTZUNG	INSTANDHALTUNG	INSTANDSETZUNG	AUSTAUSCH	MODERNISIERUNG	ENERGIEVERBRAUCH IM BE-	WASSERVERBRAUCH IM BE-	RÜCKBAU / ABRISS	TRANSPORT	ABFALLVERWERTUNG	ENTSORGUNG	POTENTIAL FÜR WIEDERVERWERTUNG, RÜCKGEWINNUNG UND RECYCLING
460 Förderanlagen																	
461 Aufzugsanlagen	x	x	x					(x) ¹						x	x		x
462 Fahrtreppen, Fahrsteige	x	x	x					(x) ¹						x	x		x
463 Befahranlagen	x	x	x					(x) ¹						x	x		x
464 Transportanlagen	x	x	x					(x) ¹						x	x		x
465 Krananlagen	x	x	x					(x) ¹						x	x		x
469 Förderanlagen, sonstiges	x	x	x					(x) ¹						x	x		x

Abbildung 34: Kriterium ENV1.1 DGNB (DGNB 2023: 86)

Die Gebäudeautomation wird in verschiedene Untergruppen unterteilt und erfasst. Die Ökobilanz zielt darauf ab, erfasste Parameter mit in einer Datenbank gespeicherten Referenzwerten zu multiplizieren. Das Ergebnis ergibt dann eine Kennzahl (z.B. die CO₂e-Emissionen pro transportierter Tonne Fracht pro Jahr). Wie in den nächsten Abschnitten ausführlicher beschrieben, ist eine Auflistung und Kategorisierung der Systemkomponenten ein sinnvoller Ansatzpunkt, um den Automatisierungsgrad einer Logistikimmobilie zu definieren. Ausgehend davon kann dann die Kalkulation erfolgen. Dabei kommt eine Datenbank für Referenzwerte zum Einsatz. Das Ergebnis wäre dann entsprechend mit anderen Logistikimmobilien besser vergleichbar, wenn transparente und standardisierte Daten verfügbar wären, um ökologische Kennzahlen zu definieren (Dobers 2019: 3). Die Ökobilanzmethode ist, obwohl sie als offensichtlicher Anknüpfungspunkt geeignet erscheint, ohne ein entsprechendes Referenzwerk ungeeignet für die Integration von Energieverbrauch und THG-Emissionen von intralogistischen Anlagen (Francello 2023: 582). Über die Kategorien nach DIN 276-1 könnte man eine Liste der intralogistischen Anlagen erstellen und somit den Automatisierungsgrad der

Logistikimmobilie näher beschreiben. Für die Berücksichtigung in einer Ökobilanz müssten zu den einzelnen System Referenzwerte für den Energieverbrauch in einer Datenbank erfasst werden. Das Fraunhofer IML ist mit den Komponenten der ISO 14083 und dem GLEC-Framework vom Smart Freight Center mittels einer Eigenentwicklung namens REff dabei diese Lücke zu schließen. Die Methode wird im letzten Unterkapitel näher Beschrieben und ausführlich erklärt.

Technische Qualität

Das DGNB-Zertifizierungssystem definiert insbesondere in der Untergruppe „Einsatz und Integration von Gebäudetechnik“ die Vorgaben für den Einsatz von Gebäudetechnik und eines Bonus in Form zusätzlicher Punkte im Rahmen der Zertifizierung, sofern diese zur Gänze oder zumindest teilweise mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Das wäre im Äquivalent für die Intralogistik umsetzbar (ten Hompel 2010: 10). Folgende Abbildung zeigt einen Auszug aus dem DGNB 2023 Kriterienkatalog für den Neubau.

TEC1.4

Einsatz und Integration von Gebäudetechnik

Ziel

Unser Ziel ist eine Gebäudekonzeption mit einer bestmöglichen Nutzung passiver Systeme und der Einbindung von regenerativen Energien für die erforderlichen technischen Systeme. Zudem soll erreicht werden, dass ein Gebäude mit möglichst geringem Aufwand an wechselnde Nutzungsbedingungen bzw. an technische Neuerungen angepasst werden kann und die verwendeten technischen Systeme im Quartier integriert sind.

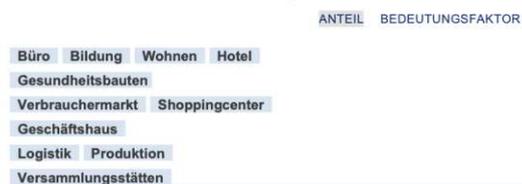
Nutzen

Die Verringerung des Technisierungsgrads im Gebäude kann zu einem weniger störanfälligen Gebäudebetrieb führen. Der Einsatz einer resilienten Gebäudetechnik und die Nutzung regenerativer Energieträger reduzieren das Risiko von Kostensteigerung und externen Abhängigkeiten und sind in der Regel auf Langlebigkeit ausgelegt.

Ausblick

wird ergänzt

Anteil an der Gesamtbewertung



Die Bewertung wird erst nach der Konsultation und Fertigstellung der Kriterien vorgenommen.

Abbildung 35: TEC1.4 Einsatz und Integration von Gebäudetechnik DGNB (DGNB 2023: 405)

Die DGNB inkludiert folgende Systeme und nimmt Bezug auf die DIN 276-1 (DGNB 2023: 408):

- *“410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen*
- *420 Wärmeversorgungsanlagen*
- *430 Lufttechnische Anlagen*
- *440 Starkstromanlagen*
- *450 Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen (I+K)*
- *460 Förderanlagen*
- *480 Gebäudeautomation”*

Die DGNB fördert die Reduzierung des benötigten Primärenergiebedarfs von technischen Systemen (laut DIN 276). Honoriert wird der Einsatz von passiven Systemen. Weitere Indikatoren sind die Zugänglichkeit der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) und integrierte Systeme. Der Indikator Integrierte Systeme wie vorhandene System ausgebaut und in übergeordnete Systeme integriert werden können. Für die Nutzung von regenerativen Energien vergibt die DGNB zusätzliche Bonuspunkte.

Ortsfeste Transportanlagen ebenso wie Krananlagen und Hebezeuge werden dabei in DIN 276 unter Kriteriengruppe 460 subsummiert. Intralogistische Systeme in ihrer Gesamtheit werden jedoch auf Basis dieser Liste noch nicht berücksichtigt.

Hier könnte man mit genauen Vorgaben für intralogistische Anlagen in Bezug auf die Erfassung und Kategorisierung ansetzen, um den Automatisierungsgrad einer Logistikimmobilie zu bestimmen. Solange es keinen standardisierten Energiebedarf der intralogistischen Anlagen definiert ist, kann man nicht feststellen ob gesetzte Maßnahmen diesen unterbieten. Es sollte aber jedenfalls zur Messung des Energiebedarfs der Anlagen und einer geeigneten Datenerfassung animiert werden. Beides ist noch nicht ausreichend der Fall.

5.1.2. LEED und intralogistische Systeme

LEED ist auf den Bau und Betrieb von Gebäuden ausgerichtet, ohne die intralogistische Anlagen konkret zu berücksichtigen hat jedoch in den beiden Kriterien Minimum Energy Performance und Advanced Energy Metering eine Schnittstelle die man für die Erfassung von Daten in Bezug auf die Intralogistik insbesondere deren Energieverbrauch entsprechend interpretieren könnte (LEED 2023: 135 und 143). Diese erfasst zwar nicht den Automatisierungsgrad des intralogistischen Systems, kann aber zur Datentransparenz und in weiterer Folge zur Energieeffizienz entscheidend beitragen. In den nächsten beiden Unterkapiteln werden die

zwei Kriterien in ihrer Systematik und ihrer Bedeutung als mögliche Anknüpfungspunkte für intralogistische Systeme näher beschrieben.

Minimum Energy Performance

Das Kriterium „Minimum Energy Performance“ beschreibt sich als Kriterium zur Reduzierung der ökologischen und wirtschaftlichen Schäden eines übermäßigen Energieverbrauchs durch Erreichen eines Mindestmaßes an Energieeffizienz für das Gebäude und seine Systeme (LEED 2023: 103). Die Intralogistik wird auch in den Kriterien von LEED noch nicht explizit zur Gebäudetechnik bzw. Gebäudeautomation gerechnet – eine Methode zur Energieeinsparung von intralogistischen Systemen könnte aber nach einer ähnlichen Logik funktionieren. In der folgenden Abbildung erkennt man die Vorgabe aus dem aktuellen Leitfaden (LEED 2023: 105). Für ein positives Erfüllen des Kriteriums ermöglicht LEED, dass, für das Gebäude ein Energieziel definiert werden kann, um dieses dann nachweislich zu unterbieten.

Step 3. Identify energy use target for building

This step is required for all projects pursuing credit under IP credit Integrative Process and recommended for all other projects.

Set an energy goal for the project early in the design process. Identifying an energy goal can help prioritize efficiency strategies, integrate systems, reduce first costs, and improve building performance.

For IP Credit Integrative Process, the target must be established using one of the following metrics:

- ▶ kBtu per square foot-year (kWh per square meter-year) of site energy use
- ▶ kBtu per square foot-year (kWh per square meter-year) of source energy use
- ▶ pounds per square foot-year (Kg per square meter-year) of greenhouse gas emissions
- ▶ energy cost per square foot-year (cost per square meter-year)

Abbildung 36: Kriterium Minimum Energy Performance LEED v4 Step 3 (LEED 2023: 105)

Wie in nachfolgender Abbildung gezeigt ist insbesondere der in Schritt 3 vorgeschlagene Weg auch eigene Kennzahlen verwenden zu dürfen, sofern man diese nachvollziehbar definiert und erklärt, käme einem Logistikzentrum in Bezug auf eine ganzheitliche Betrachtung zugute:

„Wenn für Gebäudetypen wie die Fertigung eine andere Metrik besser zur Berechnung des Energieverbrauchs von Gebäuden geeignet ist (z. B. kBtu pro Pfund fertiges Produkt (KWh pro Kilogramm fertiges Projekt)), können Projektteams diese Metrik anstelle der oben genannten Metriken verwenden. Wenn Sie eine andere Metrik verwenden, erläutern Sie kurz, dass die verwendete Metrik ein geeigneteres Mittel zum Benchmarking des Gebäudeenergieverbrauchs für den Gebäudetyp und die Gebäudefunktion ist (LEED 2023: 105).“

For building types such as manufacturing, if a different metric is more appropriate for benchmarking building energy consumption (e.g. kBtu per pound of finished product (kWh per kilogram of finished project)), project teams may use that metric in lieu of the metrics above. When using a different metric, provide a brief narrative supporting that the metric used is a more appropriate means of benchmarking building energy consumption for the building type and function.

Consider using ENERGY STAR's Target Finder to develop the EUI goal that will meet the credit requirements.

Consider applying the guidance in ASHRAE Standard 209 Section 5.4 and Informative Appendix B (Benchmark Information) when establishing the energy goal for the project.

Abbildung 37: Kriterium Minimum Energy Performance - alternative Kennzahlen (LEED 2023: 105)

In seinen Vorgaben bezieht sich das Gebäudezertifikat von LEED in der überwiegenden Anzahl der Fälle auf die ASHRAE-Anforderungen. Die American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) fungiert als Berufsverband derjenigen, die in den Vereinigten Staaten Heizungs-, Kühlungs-, Lüftungs- und Klimaanlage bauen. Die Vereinigung hat ihren Hauptsitz in Atlanta, Georgia. Das ASHRAE-Handbuch besteht aus vier Bänden und dient als Nachschlagewerk für die Klimatechnik. Am Jahresanfang wird ein neuer Band veröffentlicht. Darüber hinaus veröffentlicht ASHRAE Normen und Richtlinien für die Klimatechnik, die in Bauordnungen berücksichtigt werden.

Das Kriterium Minimum Energy Performance legt den Ablauf in 6 Schritten fest (LEED 2023: 105):

- Schritt 1:
Identifizieren der Klimazone gemäß ASHRAE

- Schritt 2:
Überprüfen und erfüllen Sie die obligatorischen ASHRAE-Anforderungen

- Schritt 3:
Identifizieren Sie das Energieverbrauchsziel für das Gebäude

- Schritt 4:
Option zur Bonitätskonformität auswählen

- Schritt 5:
Entwicklung Sie ein vorläufiges Energiemodell oder eine alternative Energieanalyse

Der Umfang der Gebäudezertifikate umschließt lediglich die Gebäudetechnik. Die Logik des Kriteriums Minimum Energy Performance würde sich aber ebenso eigenen intralogistische Anlagen, zumindest jene die fest mit dem Gebäude verbunden werden in der Energieanalyse zu berücksichtigen. Der Automatisierungsgrad würde so nicht erhoben werden, aber es gebe eine Liste mit den eingesetzten Geräten und einer Erfassung der Daten ihres jährlichen Energieverbrauchs. Dies wäre ein erster wichtiger Schritt für das Erfassen von Referenzwerten von der in Logistikimmobilien eingesetzten Intralogistik.

Advanced Energy Metering

Das Kriterium Advanced Energy Metering unterstützt mit der Analyse von Optionen für eine zusätzliche Einsparung von Energie durch Überwachung des Energieverbrauchs auf Gebäude- und Systemebene (LEED 2023: 143).

- alle vom Gebäude genutzten Energiequellen für das gesamte Gebäude.
- Und alle einzelnen Energieendverbraucher, die 10 % oder mehr des jährlichen Gesamtverbrauchs des Gebäudes ausmachen.

Die Intralogistik ist mit steigendem Automatisierungsgrad ein Energieendverbraucher der mehr als 10% des Gesamtverbrauchs des Gebäudes ausmacht (Günthner et al 2015: 83).

The advanced energy metering must have the following characteristics.

- ▶ Meters must be permanently installed, record at intervals of one hour or less, and transmit data to a remote location.
- ▶ Electricity meters must record both consumption and demand. Whole-building electricity meters should record the power factor, if appropriate.
- ▶ The data collection system must use a local area network, building automation system, wireless network, or comparable communication infrastructure.
- ▶ The system must be capable of storing all meter data for at least 36 months.
- ▶ The data must be remotely accessible.
- ▶ All meters in the system must be capable of reporting hourly, daily, monthly, and annual energy use.

Abbildung 38: Advanced Energy Metering Charakteristik (LEED: 2023 143)

Wie in oben gezeigter Abbildung aus dem aktuellen Leitfaden von LEED muss die erweiterte Energiemessung die folgenden Eigenschaften aufweisen (LEED: 2023: 143).

- „Messgeräte müssen dauerhaft sein, in Intervallen von einer Stunde oder weniger aufzeichnen und Daten an einen entfernten Standort übertragen
- Stromzähler müssen sowohl den Verbrauch als auch den Bedarf erfassen. Stromzähler für ganze Gebäude sollten gegebenenfalls den Leistungsfaktor aufzeichnen.

- *Das Datenerfassungssystem muss ein lokales Netzwerk, ein Gebäudeautomationssystem, ein drahtloses Netzwerk oder eine vergleichbare Kommunikationsinfrastruktur verwenden.*
- *Das System muss in der Lage sein, alle Zählerdaten für mindestens 36 Monate zu speichern.*
- *Die Daten müssen aus der Ferne zugänglich sein.*
- *Alle Zähler im System müssen in der Lage sein, den stündlichen, täglichen, monatlichen und jährlichen Energieverbrauch zu melden.“ (LEED 2023: 143)*

Bei einer strengen Auslegung des Regelwerkes müssten intralogistischer Anlagen die oben beschriebenen Kriterien erfüllen und deren Energieverbrauch mittels eines Datenerfassungssystems erfasst werden. Der Automatisierungsgrad der Immobilie könnte mittels einer entsprechenden Methodik aus der Klassifikation der Anlagen resultieren.

5.1.3. BREEAM und intralogistische Systeme

Für Logistikimmobilien bietet BREEAM noch keine spezifischen Kriterien und Bewertungspunkte, um ihre Umweltleistung zu bewerten. Der Autor zeigt mögliche Anknüpfungspunkte für die Integration der Intralogistik zu finden, die BREEAM in Bezug auf Logistikimmobilien berücksichtigen könnte. Die Folgende Abbildung zeigt die einzige Kategorie – die Kategorie „Energie“, in der der Autor einen möglichen Anknüpfungspunkt identifizieren konnte. Der Bereich Energie unterstützt die Entwicklung und den Einsatz von energieeffizienten Systemen und Geräten, die dazu beitragen, den Energieverbrauch der Logistikimmobilie nachhaltig zu reduzieren. Die Kriterien dieser Kategorie berücksichtigen konkrete Maßnahmen, um die Energieeffizienz des Gebäudes zu steigern und THG-Emissionen durch eine optimale Betriebsorganisation über die gesamte Nutzungsdauer zu reduzieren. Mögliche Anknüpfungspunkte für die Intralogistik gibt es nur bei Punkt „Ene 02a“ in der Überwachung des Energieverbrauchs (BREEAM 2019: 161). Folgende Abbildung zeigt einen Überblick über die 9 Energiekriterien von BREEAM:

Kriterium	Punkte	Kurzbeschreibung
Ene 01 Reduktion des Energieverbrauchs und der CO ₂ -Emissionen	15	Erkennen von Verbesserungen in der Energieeffizienz des Gebäudes gegenüber den nationalen Bauvorschriften in Bezug auf den Wärme- und Kältebedarf, den Primärenergiebedarf sowie die Kohlendioxidemissionen. Förderung von Maßnahmen zur Verringerung des Energiebedarfs während in der Gebäudeplanung und bei der Festlegung von Systemen.
Ene 02a Überwachung des Energieverbrauchs	2	Energiemesssysteme werden installiert, um den Energieverbrauch den Sparten der technischen Gebäudeausrüstung zuordnen zu können. Unterzähler sind für hohe Energieverbräuche und Mieteinheiten vorzusehen.
Ene 02b Überwachung des Energieverbrauchs	2	Festlegung von Energieverbrauchs-Anzeigegegeräten.
Ene 03 Außenbeleuchtung	1	Festlegung von energieeffizienten Leuchten und von Regulierungsmöglichkeiten für die Außenbeleuchtung des Grundstücks, um den Einsatz bei Tageslicht oder während der Zeiten zu verhindern, in denen sie nicht benötigt wird.
Ene 04 CO ₂ -emissionsarme Planung	3	Analyse der Planung und der Objektentwicklung, hinsichtlich der Möglichkeiten durch die Integration passiver Gestaltungsmaßnahmen, CO ₂ -Emissionen einzusparen, einschließlich der freien Kühlung. Eine Machbarkeitsstudie wurde durchgeführt, um die am besten geeignete nahe gelegene Energiequelle mit geringem oder keinem CO ₂ -Ausstoß zu ermitteln.
Ene 05 Energieeffiziente Kühl- und Kältelager	3	Das Kühlsystem, seine Regulierung und Komponenten wurden gemäß den entsprechenden Vorschriften und Normen entworfen, installiert und in Betrieb genommen. Sie zeigen eine Einsparung von Treibhausgasemissionen (CO ₂ e.) über die gesamte Betriebsdauer.
Ene 06 Energieeffiziente Beförderungssysteme	3	Eine Analyse des Transportbedarfs und der Nutzungsmuster wird durchgeführt, um die optimale Anzahl und Größe von Aufzügen, Fahrtreppen oder Fahrsteigen zu bestimmen. Energieeffiziente Anlagen wurden gewählt.
Ene 07 Energieeffiziente Laborsysteme	5	Einbindung des Bauherrn zur Bestimmung der Nutzeranforderungen und Definition von Laborleistungskriterien zur Optimierung des Energiebedarfs der Laboreinrichtungen. Festlegung von energieeffizienten "Best Practice-Geräten" und Maßnahmen, sofern notwendig.
Ene 08 Energieeffiziente Ausstattungen	2	Identifizierung der nicht regulierten Energieverbräuche des Gebäudes, die einen großen Einfluss auf den gesamten nicht regulierten Energiebedarf haben. Eine sinnvolle Reduktion des gesamten nicht regulierten Energiebedarfs des Gebäudes ist nachzuweisen.
Ene 09 Trockenraum für Wäsche	1	Einplanung von ausreichend innen- oder außenliegendem Platz und Ausstattungen.

Abbildung 39: *Energiekriterien von BREEAM (BREEAM 2019: 159)*

Überwachung des Energieverbrauchs

Das Kriterium „Überwachung des Energieverbrauchs“ definiert, dass ein Energiemesssystem installiert werden soll, um in der Lage zu sein den Energieverbrauch den Kategorien der technischen Gebäudeausrüstung zuzuteilen. (BREEAM 2019: 159).

Durch digitale Messanlagen soll mindestens 90% des jährlichen Energieverbrauchs jeder Energiequelle den jeweiligen Verbrauchern zuordenbar sein.

Es wird seitens BREEAM vorgeschrieben, dass ein geeignetes Energiemonitoring- und -Managementsystem in Gebäuden mit einer Bruttogrundfläche von 1.001 m² oder mehr eingesetzt wird, um energieverbrauchende Systeme zu überwachen. In kleineren Gebäuden sollten die installierten Systeme entweder durch ein Energiemonitoring- und -managementsystems überwacht werden oder durch separat zugängliche Unterzähler

kontrolliert werden. Die System sollen Kommunikationsausgänge haben damit sie in Folge mit dem Energiemonitoring- und -managementsystems verbunden werden können.
(BREEAM 2019: 160).

Es ist nicht erforderlich, die spezifische Endnutzung zu messen, wenn der Gesamtverbrauch einer Endnutzungskategorie (oder einem Mix dieser) weniger als 10 % des jährlichen Energieverbrauchs einer bestimmten Energiequelle beträgt. Ein nachvollziehbarer Rechenvorgang oder der Bezug zu entsprechenden Vergleichsdaten aus der Wirtschaft ist alles, was es dafür braucht, sollte die Endnutzung des betroffenen Energieträgers weniger als zehn Prozent der jährlichen Energie im Betrieb verbrauchen.

Sollte die Endnutzung eines Energieträgers der 10% des jährlichen Verbrauchs ausmacht nicht offensichtlich sein hält BREEAM an eine detaillierte Kalkulation vorzunehmen und den tatsächlichen Verbrauch zu messen. Ziel ist den gesamten Jahresverbrauch kalkulieren zu können. Folgende Abbildung zeigt einen Überblick über von BREEAM definierten Systeme die als Energieverbraucher identifiziert wurden, wenn sie eingesetzt werden (BREEAM 2019: 161):

- *„Raumheizung*
- *Warmwasserheizung (ohne kleine „lokale „Warmwasserbereiter)*
- *Luftbefeuchtung*
- *Kühlung*
- *Lüftung / Ventilatoren (groß)*
- *Pumpen*
- *Beleuchtung*
- *Elektrische Kleingeräte (Beleuchtung und elektrische Kleingeräte können am selben Unterzähler angeschlossen sein, wenn die Verteilung je Etage / Kern / Mietbereich erfolgt)*
- *Erneuerbare oder CO₂-neutrale Systeme (getrennt)*
- *10 Steuerungsanlagen*
- *Andere wichtige energieverbrauchende Systeme oder Anlagen, soweit angemessen. Je nach Gebäudetypen könnten dies z.B. sein: Anlagen für Schwimm- oder Hydrotherapiebecken, andere Sport- und Freizeiteinrichtungen, Küchen- anlagen und Cateringausrüstung, Kühllager, Laboranlagen, Anlagen für die Sterilgut Versorgung, Transportsysteme (z.B. Aufzüge und Rolltreppen), Schauspielstudios und Theater mit großen Beleuchtungsanlagen, Telekommunikation, Serverräume, Handelsräume, überdachte Parkplätze, Öfen und Flutlichtbeleuchtung.“ (BREEAM 2019: 161)*

Intralogistische Anlagen verbrauchen in Logistikimmobilien ab einem bestimmten Automatisierungsgrad mehr als 10% des jährlichen Energieverbrauchs. Um die volle Anzahl an Punkten für das Kriterium zu erreichen, müssten diese nach den Vorgaben also erfasst und energietechnisch überwacht werden. Zumindest der Teil der Anlagen der mehr als 10% verbraucht. Das vollständige Erfüllen der Vorgaben in diesem Kriterium ist aber keine Voraussetzung für die höchste Auszeichnung laut BREEAM. Beim System von BREEAM zählt die Gesamtpunktzahl der erfüllenden Kriterien. Mittels dieser Methode wird der Automatisierungsgrad noch nicht erfasst. Sie zielt lediglich auf den Energieverbrauch und das Erfassen der damit in Verbindung stehenden Daten.

5.2. Integration bestehender Forschungsansätze aus der Logistik

Es gibt viele wissenschaftliche Ansätze, die die Intralogistik und Ihren Stellenwert in Bezug auf Logistikimmobilien darzustellen versuchen. Der Autor unterscheidet in der Betrachtung der Konzeption einer energieeffizienten und CO₂-neutralen Logistikimmobilie wie sie 2014 von Willibald Günthner beschrieben wurde und den Methoden zur Bewertung von THG-Emissionen des Betriebs von Logistikimmobilien. Hier ist das Fraunhofer IML federführend und hat in den letzten Jahren mehrere Studien veröffentlicht.

Mit der ISO 14083:2023-03 Treibhausgase- Quantifizierung und Berichterstattung über Treibhausgasemissionen von Transportvorgängen gibt es seit 2023 eine Norm die, die EN 16258 ersetzt. Diese inkludiert Umschlags- und Lagerprozesse, wobei der Betrachtungsumfang teilweise noch optional und nicht genau ausformuliert ist. Das GLEC-Framework und das ebenfalls im zweiten Unterkapitel näher beschriebene REff-Tool des Fraunhofer Instituts knüpfen an die ISO 14083 an.

5.2.1. Planung von energieeffizienten und CO₂-neutralen Logistikimmobilien

Das Forschungsprojekt „Das CO₂-neutrale Logistikzentrum“ von 2014 durchgeführt von Prof. Günthner an der TU München hat das Ziel bei durch nachvollziehbare Kriterien bei der Planung einer möglichst CO₂-neutralen Logistikimmobilie zu unterstützen. Diese legen den Fokus auf energetische Wechselwirkungen zwischen den intralogistischen Anlagen, der Gebäudetechnik und der Gebäudehülle für verschiedene Kategorien von Logistikimmobilien. Dabei werden drei Kategorien näher betrachtet die jeweils die eindeutigen Merkmale einer manuellen Lagerhalle, eines halbautomatischen Logistikzentrums und einem vollautomatischen Distributionszentrum aufweisen. Die drei definierten Kategorien werden jeweils unter Rücksichtnahme von drei Temperaturbereichen untersucht: maximal 6 Grad Celsius, mindestens 12 Grad Celsius und mindestens 17 Grad Celsius. Pro Gebäudekategorie und jeweiligem Temperaturbereich werden definierte Basiselemente im Gesamtsystem an zuvor definierten Bereichen zu

möglichst ideal kombiniert. Der übrige Energiebedarf soll durch eine PV-Anlage abgedeckt werden und bei Gelingen als CO₂-Guthaben angerechnet werden (Günthner et al 2014: 89). Die von Willibald Günthner und seinem Team definierten Basiselement und das Ergebnis ihrer energetischen Auswirkungen unterstützen einen leichteren Entscheidungsprozess für den Planer energieeffiziente Elemente zu berücksichtigen. Das Ziel ist die THG-Emissionen durch eine Mischung von optimierten Basiselemente zu senken, was in allen Fallstudien erfolgreich nachgewiesen werden konnte. Es kann eine klare Aussage getroffen werden, wie sich die verschiedenen Lager- und Temperaturkombinationen in Bezug auf Ihre Einsparungspotentiale differenzieren. Da in der manuellen Lagerhalle sehr wenig stromverbrauchende intralogistische Anlagen installiert sind liegt der Anteil beim Gebäude in Bezug auf dem Gesamtenergiebedarf am höchsten. Im Falle der manuellen Lagerhalle ist es möglich, eine CO₂-neutrales Logistikimmobilie zu errichten. Die Verteilung des Energiebedarfs im halbautomatischen Logistikzentrum und vollautomatischen Distributionszentrum unterscheidet sich massiv. Die Auswirkungen der Intralogistik erhöhen sich von 20 % auf 70 % und 85 % des gesamten Energiebedarfs der Logistikimmobilie. Dies führt dazu, dass intralogistische Optimierungen die größte Möglichkeit zur Einsparung darstellen. **(Günthner et al 2014: 1).**

Die Methodik aus diesem Forschungsbericht aus dem Jahr 2014 hat sich nicht als Standard durchgesetzt und findet weder in der EU-Taxonomie noch in den untersuchten Gebäudezertifikaten Verwendung. Die Studie zeigt aber die Relevanz einer ganzheitlichen Betrachtung von Logistikimmobilien auf um die Intralogistik als wesentliche Stellschraube für Einsparungspotentiale nicht zu übersehen.

5.2.2. CO₂-Neutralität und Energieeffizienz im Betrieb von Logistikimmobilien

Der größte Abschnitt des Lebenszyklus einer Immobilie ist der Betrieb. Wie oben bereits erwähnt, ist die Bauweise und der Grad des Einsatzes von intralogistischen Anlagen hauptverantwortlich dafür, wie hoch der Energiebedarf einer Logistikimmobilie in ihrem Betrieb ist. In den folgenden Abschnitten gibt der Autor einen Überblick über Forschungsansätze zur Bewertung von THG-Emissionen im Betriebs von Logistikimmobilien und dem Versuch von der non-profit Organisation „Smart Freight Center“ mit dem GLEC-Framework und dem REff-Tool des Fraunhofer Instituts auf Basis der neunten ISO 14083 einen Standard zu definieren.

„Entwicklung einer Methode zur Bewertung der Treibhausgas-Emissionen des Betriebs von Logistikimmobilien“

Rüdiger erarbeite einen Ansatz für eine Methode, die angelehnt an internationale Nachhaltigkeitsstandards wie beispielsweise des GHG-Protocols ist, einfach anzuwenden ist und die von der Wirtschaft geforderte Qualität der Kennzahlen erfüllt. Die von Rüdiger

entwickelte die Methode richtet sowohl für Eigentümer als auch Betreiber von Logistikimmobilien. Umschlag, Lagerung, Kommissionierung und Verpackung von Waren sind die Hauptkomponenten der Logistikimmobilienleistung. Diese Arbeit entwickelt ein Klassifizierungsschema für Logistikimmobilien, das sich auf spezifische Anforderungen an Materialfluss, Temperatur und Verpackung bezieht und die logistische Leistungserbringung spezifiziert. Die THG-Emissionen von Logistikimmobilien werden je nach Betriebsphase einzelnen Dienstleistungen zugeordnet, unter Berücksichtigung, dass Ökoeffizienzindikatoren bestimmt werden müssen. Ein neues Kennzahlensystem wird entwickelt, um Unternehmen dabei zu helfen, die Auswirkungen der Klimakrise auf Logistikimmobiliendienste zu beschreiben, zu analysieren und zu vermarkten. Die Kennzahlen entsprechen den GRI-Standards für Umweltmanagementsysteme und Nachhaltigkeitsberichterstattung.

Zum ersten Mal werden Prozessanforderungen für die Erhebung und Verknüpfung von Daten für die THG-Bilanzierung festgelegt. Es gibt ein umfangreiches Handbuch, das beim Einsatz der Technik eine benutzerfreundliche Unterstützung zur Erhebung von THG-Emissionen von im Betrieb befindlichen Logistikimmobilien sichert. Darauf basiert die Sicherstellung einheitlich berechneter Daten. Die Arbeit von Rüdiger unterstützt den Fortschritt genaue und aussagekräftigere Daten in Bezug auf THG-Emissionen und Logistikimmobilien zu erhalten. Der Einsatz in der Praxis wird anhand von Fallbeispielen bewiesen und veranschaulicht **(Rüdiger 2017: 1)**.

Die Methode hat sich nicht als Standard etabliert und wird derzeit weder in Gebäudezertifizierungen noch in der EU-Taxonomie verwendet. Rüdiger ist als Mitarbeiter des Fraunhofer IML an der nachfolgend beschriebenen Studie „Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistics Sites“ Mitautor

„Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistics Sites“

Zum Zeitpunkt der Studie bietet das GLEC-Framework (Version 1.0) eine allgemeine Beschreibung der Treibhausgasemissionsbilanzierung von Logistikketten einschließlich Umschlagzentren. Das Tool EcoTransIT World ermöglicht zudem die Einbeziehung der durch Umschlagplätze verursachten Emissionen in die Berechnung von Transportketten (EWI 2018:1). Eine schrittweise Beschreibung zur Berechnung der Treibhausgasemissionen von Logistikstandorten fehlt jedoch zum Zeitpunkt der Studie noch. Der entwickelte Leitfaden bietet Ratschläge zur CO₂-Prüfung von Logistikgebäuden im Hinblick auf die Berechnung von Logistikketten. Der vorgeschlagene Berechnungsansatz wird im GLEC-Framework (Version 2.0,) definiert (GLEC 2023: 1). Die Methode ist sehr einfach und ermöglicht somit einen niederschweligen Zugang zur Berechnung der Treibhausgasemissionen von

Logistikimmobilien. Der bereitgestellte Ansatz ist generisch und kann unter Berücksichtigung relevanter Merkmale des Standorts, der umgeschlagenen Waren und der Kundenanforderungen weiter spezifiziert werden. Die allgemeine Struktur des Leitfadens sieht wie folgt aus: Der Leitfaden unterscheidet zwei Detailebenen für die Berechnung der Treibhausgasemissionen an Logistikstandorten:

- Berechnung der Emissionsintensitätswerte auf Aktivitätsebene
- Verwendung berechneter Emissionen und Emissionsintensitätswerte

Das REff Tool baut auf der oben beschriebenen Studie Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistics Sites auf. Der größten Hoffnung auf die Erlangung eines funktionierenden Standards für die Bewertung von Emissionen von Logistikimmobilien (**Dobers et al 2019: 1**).

REff Assessment Tool for Logistics Sites

Auf der oben beschriebenen Studie „Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting at Logistics Sites“ baut das REff Tool auf. Das REff Tool ist ein vom Smart Freight Center akkreditiertes Werkzeug. Es berechnet Treibhausgasemissionen für Güter und Logistikprozesse in methodischer Konformität zum GLEC-Framework (**GLEC 2023: 1**).

Smart Freight Center (SFC) ist eine weltweit tätige Non-Profit-Organisation für Klimaschutz im Güterverkehr. Unser Ziel ist es, die globale Logistikbranche dabei zu unterstützen, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 zu verfolgen und um 1 Milliarde Tonnen zu reduzieren und bis 2050 oder früher null Emissionen zu erreichen. Wir arbeiten mit unseren globalen Partnern zusammen, um die Auswirkungen zu quantifizieren, Lösungen zu finden und Strategien zur Dekarbonisierung der Logistik zu fördern.

Das **Global Logistics Emissions Council (GLEC)** unter der Leitung des Smart Freight Center ist eine Gruppe von Unternehmen, Verbänden und Programmen, die von führenden Experten und anderen Interessengruppen unterstützt wird. Seit seiner Gründung im Jahr 2014 hat GLEC eine universelle Methode zur Berechnung der Logistikemissionen auf Straße, Schiene, Luft, See, Binnenwasserstraßen und Umschlagzentren entwickelt. Das „GLEC-Framework for Logistics Emissions Methodologies“ vereint bestehende Methoden in einem Framework. Dieses branchenorientierte Leitliniendokument soll in Verbindung mit dem freiwilligen GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard funktionieren. Unternehmen können mit der Entwicklung vom Fraunhofer IML namens REff (Ressourceneffizienz an

Logistikstandorten) kostenlos ihre einen jährlichen CO₂-Fußabdrücke und einen Durchschnittswert für ihre Emissionen pro Transportsendung berechnen, indem sie ihre Energieverbrauchsdaten erfassen. Das Team unter der Leitung von Frau Dobers hat zuerst Daten an verschiedenen Lager- und Umschlagstandorten verschiedener Unternehmen untersucht, um sicherzustellen, dass sie relevant sind. Das Fraunhofer IML nutzt die erhaltenen Daten in einem weiteren Schritt, um Durchschnittswerte für die Branche zu ermitteln. Sobald genügend Informationen vorhanden sind, sollen teilnehmende Unternehmen in Zukunft mit diesen Durchschnittswerten ihre Leistung messen können. Unternehmen können mit dem neuen REff-Tool besser den Kundenanforderungen entsprechen in dem sie einfach und öffentlich Zugang zu Ihren Nachhaltigkeitsdaten ermöglichen. Als Forschungsinstitut legt das IML diese Standards in einem Bereich fest, in dem es bisher keinen einheitlichen, anerkannten Standard gibt. Das Programm kann an Logistikzentren wie Lager, Umschlagzentren, Distributionszentren oder Terminals angewendet werden. Das Netzwerk für ressourceneffiziente und klimafreundliche Logistikstandorte des IML stellt sicher, dass das Tool in Bezug auf methodische und technologische Aspekte weiterentwickelt wird. Die Verbesserungen zielen darauf ab, die Transparenz durch die Verwendung standardisierbarer Umwelt-Kennzahlen zu erhöhen und den Energie- und Ressourcenverbrauch der Unternehmen zu reduzieren.

Um das REff-Tool zu verwenden, ist es notwendig, eine zentrale Registrierung beim Fraunhofer IML durchzuführen. Das Unternehmen kann in ein entsprechendes digitales Archiv einsehen und übernimmt die Eingabe der Daten. Das Tool wird durch die Berechnung von Kennzahlen erstellt und die Unternehmen erhalten das Ergebnis. Für Forschungszwecke nutzt das IML die anonymisierten Daten und erstellt globale Kennzahlen für verschiedene Logistikstandorttypen.

6. Schlussfolgerungen

Das folgende Kapitel beinhaltet zunächst die Beantwortung der eingangs definierten Forschungsfragen sowie einen Ausblick auf mögliche weitere Entwicklungen.

Worin liegt der Unterschied in der Nachhaltigkeitsbetrachtung einer Logistikimmobilie unter Berücksichtigung intralogistischer Systeme zwischen den Phasen Planung und Nutzung?

Die größte Einflussnahme auf den lebenszyklus-bezogenen Energiebedarf und resultierender THG-Emissionen einer Immobilie erfolgt in der Planungsphase durch die Festlegung zum Einsatz gebrachter Materialien sowie dem Systemdesign für Gebäudetechnik und weitere Energieverbraucher. Da sich die Intralogistik in Abstufung zu Ihrem Automatisierungsgrad als größter Emissionsverursacher in der Nutzungsphase sowie insgesamt in der lebenszyklus-bezogenen Betrachtung herausgestellt hat, ist eine Berücksichtigung von energie-effizienten Systemen in der Planungsphase und eine Kategorisierung unterschiedlicher Systemdesigns von Logistikimmobilien sinnvoll.

Insbesondere für Logistikimmobilien, die einen höheren Automatisierungsgrad aufweisen, ist durch Optimierungsmaßnahmen während der Betriebsphase lediglich eine graduelle Reduktion der THG-Emissionen zu erreichen. Insofern ist es notwendig, die Intralogistik als wesentlichen Baustein einer Logistikimmobilie in funktionelle Basiselemente zu unterteilen und deren Bedeutung für die Energiebilanz des gesamten Systems zu kategorisieren. In diesem Zusammenhang fehlt es derzeit an einer öffentlich zugänglichen standardisierten Datenbank, die Energieverbrauch und THG-Emissionen ebenso wie die Wechselwirkungen der einzelnen Basiselemente in Abstimmung zu zuvor definierten Bezugswerten setzt. Ebenso fehlen standardisierte Funktionsmuster der Grundelemente intralogistischer Klassen als fundierte Entscheidungsbasis für ein energieeffizientes und THG-optimiertes Systemdesign intralogistischer Systeme in der Planungsphase. Dabei gilt es bei zukünftigen Entwicklungen in Richtung THG-optimierter Logistikimmobilien integrale Konzepte zur Bewertung von Energieverbrauch und THG-Emissionen zu entwickeln, die alle wesentlichen Elemente in Form von Gebäudehülle, Gebäudetechnik und intralogistischen Anlagen gleichermaßen berücksichtigen

Wo liegen mögliche Anknüpfungspunkte im Kriterienkatalog von Gebäudezertifikaten für Logistikimmobilien zur Integration intralogistischer Systeme in die Nachhaltigkeitsbetrachtung?

Die Intralogistik ist in Abstufung mit ihrem Automatisierungsgrad ein wesentlicher THG-Emittent, findet aber dafür in den drei untersuchten Gebäudezertifikaten DGNB, LEED und BREEAM noch zu wenig Beachtung. Das System der DGNB bewertet als Zertifikat der zweiten Generation die Umweltauswirkungen eines Gebäudes über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg. Dabei werden wesentliche Komponenten wie Materialien, Bauweise, Wasser- und Ressourcenverbrauch integral betrachtet und Wirkungen anhand von Daten aus Referenzdatenbanken klassifiziert. Dies geschieht im Rahmen der Erstellung einer Ökobilanz. Intralogistische Systeme finden jedoch in Bezug auf Nutzung und Energieverbrauch noch keine Berücksichtigung bei der Berechnung. Die DGNB verweist in diesem Zusammenhang auf die DIN-276, eine Norm für Kostengruppen im Bauwesen, die von ihrer Grundidee eigentlich als Basis für die Leistungsabrechnung von Ingenieuren und Architekten dient. Dort findet sich in der Gruppe 460 der Punkt Förderanlagen unter die intralogistischen Anlagen subsummiert werden können. In der Ökobilanzrechnung wird noch keine Nutzung und kein Energieverbrauch von intralogistischen Systemen gemäß ihrer Zuordnung in Punkt 460 berücksichtigt. Die grundlegende Klassifikation kann im Fall des Gebäudezertifikats von DGNB jedoch als klar definierter Anknüpfungspunkt für eine Integration systemspezifischer intralogistischer Anlagen zur Anwendung kommen.

Die Gebäudezertifikate LEED und BREEAM sind Zertifikate der ersten Generation und berücksichtigen intralogistische Anlagen nicht explizit. Jedoch berücksichtigen die Zertifikate im Rahmen der Bewertung den Ansatz der Identifikation von Energieverbrauchern, die für mehr als 10% des jährlichen Energieverbrauchs verantwortlich sind und incentivieren die Vorlage von Energiekonzepten für diese Verbrauchergruppen. Hinsichtlich der Bedeutung des Energieverbrauchs trifft dieser Umstand auf die meisten intralogistischen Anlagen nachweislich zu. Da es bei LEED und BREEAM für den angestrebten Zertifizierungsgrad nur darum geht, eine möglichst hohe Punkteanzahl zu erreichen und die oben abgebildete Kategorie (ob erfüllt oder nicht) bei beiden Zertifikaten lediglich einen geringen Anteil an den Gesamtpunkten ausmachen, es also immer noch möglich ist ohne Berücksichtigung wesentlicher Energieverbraucher die höchste Auszeichnung zu erhalten, besteht sowohl methodisch als auch mit Hinblick auf die zunehmende Regulatorik Verbesserungspotential.

Als Ausblick auf künftige Entwicklungen und mögliche Anknüpfungspunkte im Rahmen der bestehenden Grundlogik erscheinen unterschiedliche Aspekte von Bedeutung. Wesentliche

Kernpunkte betreffen die Klassifikation von Logistikimmobilien, die Erhöhung der Bedeutung wesentlicher Energieverbraucher im Rahmen bestehender Zertifizierungssystemen sowie die Schaffung von Datenbanken mit Referenzwerten für einzelne Erscheinungsformen von Logistikimmobilien. Die Berücksichtigung intralogistischer Systeme bzw. eine Erhöhung der Gewichtung dieser wesentlichen Energieverbraucher in Logistikimmobilien sollten künftig als Aspekte im Rahmen der Zertifizierung gemeinsam mit spezifischen Vorgaben für die Assetklasse Logistikimmobilien von Seite der Zertifizierungsstellen Einzug in Gebäudezertifikate finden. Dazu erscheint zunächst eine erweiterte und differenzierte Klassifikation von Logistikimmobilien nach wesentlichen Differenzierungskriterien wie Güterarten, Temperaturniveaus sowie insbesondere ihrem Automatisierungsgrad notwendig. Das Fraunhofer IML ist gemeinsam mit dem GLEC-Framework auf Basis der ISO 14083 mit dem REff Tool auf einem guten Weg eine Referenzdatenbank für THG-Emissionen einzelner stationärer Logistikleistungen zu etablieren. Die Schaffung einer standardisierten Datenbank mit Referenzwerten nach einer überarbeiteten und DIN 14083-konformen Version des REff-Tools erscheint als erfolgversprechender Ansatz im Sinne des Benchmarkings. Diese Datenbank wäre ein guter Anknüpfungspunkt, um das Unterschreiten von Referenzdaten in der Methodik von Gebäudezertifikaten für Nachhaltigkeit für Logistikimmobilien zu berücksichtigen.

Literaturverzeichnis

Bücher:

Barthauer Mathias / Büchner Gregor (2009): Ökologische Nachhaltigkeit als Entscheidungskriterium bei der Immobilienanlage. In: Brunner, M. (eds) Kapitalanlage mit Immobilien. Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-8518-7_16

Beckmann Nicolai (2020): Energieeffizientes Bauen und wie es sich lohnt Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020 N, https://doi.org/10.1007/978-3-658-28543-2_11

Bienert Sven / Wagner Klaus (2018): Bewertung von Spezialimmobilien: Risiken, Benchmarks und Methoden, Auflage 2, Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden

Bohne Dirk (2004): Ökologische Gebäudetechnik. In: Ökologische Gebäudetechnik. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-322-97855-4_4

Braune Anna / Durán Christine Ruiz (2018): Leitfaden zum Einsatz der Ökobilanzierung
Autoren: Dr. Anna Braune, Christine Ruiz Durán (DGNB e.V.) Co-Autor: Johannes Gantner (Fraunhofer IBP), DGNB Leitfaden

BREEAM (2019): AT Neubau 2019 Technisches Handbuch SD BNBAT01b, Version 1.1, Stand 11/2022

Curran Mary Ann (2006): Life Cycle Assessment: Principles and Practice, National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati, OH 2006.

Deckert / Carsten (2016): CSR und Logistik, Spannungsfelder Green Logistics und City-Logistik, Springer; Heidelberg, DOI 10.1007/978-3-662-46934-7

Ege Ronja / Kornmann Maximilian / Stöver Clemens / Uckelmann Dieter: Ökologische Logistikgebäude, Ein Leitfaden für ein umweltorientiertes Lager (2019), von der Planung bis zum Bau, Industrie 4.0 Management, Band 2019, Ausgabe 6, Hochschule für Technik, Stuttgart

Eggleston Simon / Buendia Leandro / Miwa Kyoko / Ngara Todd / Tanabe Kiyoto (2006): IPCC-Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama : IGES, 2006

Friedrichsen Stefanie (2018): Nachhaltige Entwicklung im Baubereich. In: Nachhaltiges Planen, Bauen und Wohnen. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56553-7_2

Gassner, Jochen (2018): Das Pariser Klimaschutzabkommen und die Zukunft der freiwilligen CO₂-Kompensation. In: Worms, M.J., Radermacher, F.J. (eds) Klimaneutralität – Hessen 5 Jahre weiter. Springer Vieweg, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20606-2_37

Griemert Rudolf / Römisch Peter (2015): Fördertechnik. Auswahl und Berechnung von Elementen und Baugruppen. 11. überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg (Lehrbuch), Wiesbaden

Gudehus Timm (2010): Logistik. Grundlagen – Strategien – Anwendungen. 4. aktualisierte Aufl 2010. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Günther Peter (2006) in Arnold Dieter (2006): Intralogistik - Potentiale, Perspektiven, Prognosen, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Hauff Volker (1987): Unsere gemeinsame Zukunft: Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, Greven, Eggenkamp

Herr Thomas (2017): Nachhaltigkeit in der Immobilienwirtschaft, In: Rottke, Nico B.; Thomas, Matthias: Immobilienwirtschaftslehre - Management, Wiesbaden

Hirdes Frank W. / Kern Aeisso / Kohagen, Jens / Steinmüller Thomas (2005): Internationales Handbuch der Logistikimmobilie. Bd. 1., München

ISO 14040 (2021): DIN EN ISO 14040:2021-02, Umweltmanagement- Ökobilanz- Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche Fassung EN ISO 14040:2006 + A1:2020

ISO 14044 (2006): DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. DIN EN ISO 14044, Umweltmanagement–Ökobilanz–Anforderungen und Anleitungen. 2006

ISO 14064 (2018): DIN EN ISO 14064-1, Treibhausgase - Teil 1: Spezifikation mit Anleitung zur quantitativen Bestimmung und Berichterstattung von Treibhausgasemissionen und Entzug von Treibhausgasen auf Organisationsebene (ISO 14064-1:2018); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14064-1:2018

ISO 14083 (2023): ISO 14083:2023, Greenhouse gases — Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations

Klaus Peter / Krieger Winfried / Krupp Michael (2012): Gabler Lexikon Logistik. Management logistischer Netzwerke und Flüsse. 5. Aufl. 2012, Gabler Verlag, Wiesbaden

Kolb Josef (2007): Ökologie, nachhaltiges Bauen. In: Holzbau mit System. Birkhäuser Basel. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8300-8_2

Koenigsdorff Roland / Becker Martin / Floß Alexander / Haibel Michael (2010): Energieeffizienz in der Gebäudetechnik. In: Pehnt, M. (eds) Energieeffizienz. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14251-2_7

Kotzold Dennis / Hüer Lucas / Griese Kai-Michael / Franz Martin (2021): Flächensparen bei der Planung von Logistikimmobilien, Springer, Standort (2021) 45:155–160, <https://doi.org/10.1007/s00548-021-00732-8>

Kranewitter, Heimo (2018): Lager- und Logistikimmobilien in: Liegenschaftsbewertung 5 | 2018, Manz Verlag Wien, https://www.manz.at/fileadmin/media/zeitschriften/inhaltsverzeichnis/inhaltsverzeichnis_zlb_2018_05.pdf

Leitfaden Nachhaltiges Bauen (2019): Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019, 3. aktualisierte Auflage, Berlin, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, 2019.

Löser Jonas K. (2017): Die Praxis des Nachhaltigen Bauens, Springer Fachmedien, Wiesbaden

Matisoff Daniel C. / Noonan Douglas S. (2023): Ecolabel, Innovation, and GreenMarket Transformation – Learning to LEED, Cambridge University Press, Cambridge

Münchow Malte Maria (2016): Kompendium der Logistikimmobilie – Entwicklung, Nutzung und Investment, IZ Immobilienzeitung Verlagsgesellschaft, Wiesbaden

Mussler Paul / Wolfgarten Sebastian / Paulus Andrea (2010): Methodik und Aussagekraft von Klimabilanzen. In: URBAN, Arnd I.; HALM, Gerhard (Hrsg.): Praktikable Klimaschutz-Potenziale in der Abfallwirtschaft. Kassel: Univ. Press, 2010. S. 75–90

Nehm Alexander / Veres-Homm Uwe (2012): Logistikimmobilien. In: Klaus, P.;Krieger, W.;Krunke, M. (Hrsg.): Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse. Springer Gabler, Wiesbaden: 2012. S. 380-387.

Pfnür Andreas / Eberhardt Martin / Herr Thomas (2022): Transformation der Immobilienwirtschaft, Springer, Wiesbaden

Pufé Iris (2017): Nachhaltigkeit, UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz

Rüdiger David (2019): Entwicklung einer Methode zur Bewertung der Treibhausgas-Emissionen des Betriebs von Logistikimmobilien, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML, FRAUNHOFER VERLAG, Dortmund

Schulte Karl-Werner (2008): Immobilienökonomie. Band I: Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 4. überarbeitete Aufl. München: De Gruyter.

ten Hompel Michael / Heidenblut Volker (2011): Taschenlexikon Logistik – Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik. 3. Aufl. Berlin/Heidelberg : Springer, Berlin

ten Hompel Michael / Sadowsky Volker / Beck Maria (2011): Kommissionierung – Materialflusssysteme 2 – Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik, Springer, Berlin/Heidelberg

ten Hompel Michael / Schmidt Thorsten / Nagel Lars (2007): Materialflusssysteme. Förder- und Lagertechnik. 3. völlig neu bearbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer- Verlag Berlin Heidelberg (Intralogistik), Berlin

Veith Thomas / Conrads Christiane / Hackelberg Florian (2021): 1. Auflage: ESG in der Immobilienwirtschaft, Haufe, Freiburg

Veres-Homm Uwe / Opitz Mirjam / Fiederer Carina (2020): Studie zur Untersuchung und Ermittlung der Bedeutung der Logistik insgesamt, deren Wertschöpfungsketten und Zusammenhänge in Bremen und der Region, Nürnberg, Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS, 201

Veres-Homm Uwe / Weber Natalie (2019): Logisitikimmobilien, Dreh- und Angelpunkte der Supply Chain, Logix GmbH, Weiterstadt

von Carlowitz Hans Carl (1732): Sylvicultura Oeconomica. Haußwirthliche Nachricht und Naturgemäßige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht, Remagen.-Oberwinter (Wiederauflage 2009), Kessel

Wisser Jens (2009): Der Prozess Lagern und Kommissionieren im Rahmen des Distribution Center Reference Model (DCRM). Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe

WRI/WBCSD (2011): World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development (Hrsg.): Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, 2011

Wühle Michael (2022): Ökobilanz und CO2-Fußabdruck – zwei Seiten einer Medaille?. In: Nachhaltigkeit messbar machen. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-66047-8_8

Zimmermann, Friedrich M. (2016): Was ist Nachhaltigkeit – eine Perspektivenfrage? In: Zimmermann Friedrich (eds) Nachhaltigkeit wofür? Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48191-2_1

Diplomarbeiten, Masterthesen und Dissertationen:

Ecker Christoph (2019): Entwicklung einer Methode für RFID-generierte Daten zur Analyse und Visualisierung von Materialflüssen, unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Wien, Wien

Groschopf Wolfram (2017): Grüne Logistik: Analyse und monetäre Bewertung der Treibhausgas-Emissionen von Umschlags- und Lagerprozessen am Fallbeispiel Donauhafen Krems, Unveröffentlichte Dissertation, Wirtschaftsuniversität Wien, Wien

Müller Christoph (2011): Planungsprozesse für nachhaltige Gebäude, unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Wien, Wien

Scherz Marco (2016): Umsetzung nachhaltigen Bauens - eine empirische Situationsanalyse, Graz: TU, Wirtschaftsingenieurwesen - Bauingenieurwissenschaften, unveröffentlichte Masterarbeit, Graz

Steiner Jonathan (2022): Ganzheitliche Ansätze und Maßnahmen zur Planung nachhaltiger Logistikimmobilien , unveröffentlichte Masterarbeit, FH Campus Wien, Wien

Wieser Antonija Ana (2019): Sustainable Development Goals und Nachhaltiges Bauen, Karl-Franzens-Universität Graz, unveröffentlichte Masterarbeit, Graz

Weiss Alexander (2014): CO2-Bilanz von Distributionszentren, Unveröffentlichte Masterthese, Technische Universität Graz, Graz

Forschungsberichte:

Andersen Irene / Bams Dennis (2022): Environmental management: An industry classification, Maastricht University, School of Business and Economics, PO Box 616, 6200, MD, Maastricht, Netherlands b Open University Heerlen, Management Science, Valkenburgerweg 177, 6419, AT, Heerlen, Netherlands

Arvidsson Rickard / Tillmann Anne Marie / Sanden Björn / Janssen Matty / Nordelo Anders / Kushnir Duncan / Moalnder Sverker (2017): Environmental Assessment of Emerging Technologies Recommendations for Prospective LCA Environmental Systems Analysis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden

Billio Monica / Costola Michele / Hristova Iva / Latino Carmelo / Pelizzon Ioriana (2021): Inside the ESG ratings. (Dis)agreement and performance, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/csr.2177> , Abgerufen am 15.11.2022

Berg Florian / Kölbl F. Julian / Rigobon Roberto (2022): Aggertate Confusion: The Divergence of ESG Ratings, Review of Finance, 2022, 1315–1344 <https://doi.org/10.1093/rof/rfac033>

Braune Anna / Jansen Felix (2016): Nachhaltiges Bauen. DGNB-Zertifizierung für Logistikgebäude in Münchow Malte Maria (2016): Kompendium der Logistikimmobilie – Entwicklung, Nutzung und Investment, IZ Immobilienzeitung Verlagsgesellschaft, Wiesbaden

Craig J. Anthony / Blanco Edgar E. / Caplice Christopher G. (2013): National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2013. *Carbon Footprint of Supply Chains: A Scoping Study*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/22524>.

Ding Zhikung / Fan Ze / Tam W.Y. Vivian / Bian Yu / Li Sheghan / Illankoon S. Chethana / Moon Sungkon (2018): Green building evaluation system implementation, Building and Environment, Volume 133, April 2018, Pages 32-40, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.012>

Dobers Kerstin / Rüdiger David / Jarmer Jan-Philipp (2019): Guide for Greenhouse Gas Emissions Accounting for Logistic Sites Focus on Transshipment Sites, Warehouses and Distribution Centres Hrsg.: Fraunhofer IML, Dortmund 2019, 66 S., num. illus. and tab., Softcover Sprache: Englisch Fraunhofer Verlag ISBN 978-3-8396-1434-1

Dobers Kerstin / Ehrler Verena Charlotte / Davydenko Igor Y. / Rüdiger David / Clausen Uwe (2019): Challenges to Standardizing Emissions Calculation of Logistics Hubs as Basis for Decarbonizing Transport Chains on a Global Scale, Transportation Research Record 1–12 National Academy of Sciences: Transportation Research Board 2019 Article reuse guidelines: sagepub.com/journals-permissions DOI: [10.1177/0361198119844252](https://doi.org/10.1177/0361198119844252) journals.sagepub.com/home/trr

Dobers Kerstin / Perotti Sandra / Fossa Andrea (2023): Emission intensity factors for logistics hubs by Kerstin Dobers (Fraunhofer IML)¹, Sara Perotti (Politecnico di Milano) and Andrea Fossa (GreenRouter) (02/2023) – updated/extended results as presented at GILA 02/02/2023 webinar, [GHG emission intensity values for logistics hubs \(fraunhofer.de\)](https://www.fraunhofer.de/en/press-releases/2023/02/gila-2023), abgerufen am 23.8.2023

Draeger, Susan (2010): Vergleich des Systems des Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen mit internationalen Systemen. Forschungsendbericht vom 28. Oktober 2010.

Eichhorn Sven / Rasch Frank / Eckardt Ronny / Sumpf Jens / Nendel Klaus (2012): „Nachhaltigkeit und Energieeffizienz in der Intralogistik durch neue Systemkomponenten“ TU Chemnitz, Professur Fördertechnik

Fetting Constanze (2020). “The European Green Deal”, ESDN-Report, Dezember 2020, ESDN Office, Vienna.

Francello Gianfranco / Vitiello, Daniel .M. / Serra Patrizia. (2023): Evaluating the Environmental Sustainability of an Intermodal Freight Logistic Chain Using the GLEC Framework. In: Gervasi, O., et al. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2023 Workshops. ICCSA 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14110. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37123-3_3

Grupe Larsen Vibeke / Tollin Nicola / Andreas Sattrup Peter / Birkved Morten / Holmboe Tine (2022): What are the challenges in assessing circular economy for the built environment? A literature review on integrating LCA, LCC and S-LCA in life cycle sustainability assessment, LCSA, Journal of Building Engineering, Volume 50, 104203, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104203>.

Günthner Willibald A. / Hausladen Gerhard / Freis Julia / Vohlidka Philipp (2014): Das CO₂ – neutrale Logistikzentrum – Entwicklungen von ganzheitlichen Handlungsempfehlungen für energieeffiziente Logistikzentren, Technische Universität München, München

Habenicht Sebastian / Ertl Rainer / Günthner A. Willibald (2013): Analytische Energiebedarfsbestimmung von Intralogistiksystemen in der Planungsphase, in: Logistics Journal Proceedings 2013

Hochrein Simon / Glock Christoph H. / Bogaschewsky Ronald / Heider Matthias (2015): Literature reviews in supply chain management: a tertiary study, Manag Rev Q 65:239–280, DOI 10.1007/s11301-015-0113-4

Hoogmartens Rob / Van Passel Steven / Van Acker Karel / Dubois Maarten (2014): Bridging the gap between LCA, LCC and CBA as sustainability assessment tools, Environmental Impact Assessment Review, Volume 48, Pages 27-33, ISSN 0195-9255, <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.05.001>.

Huber Stefan (2014): Integration of Transport Logistics Hubs in Freight Transport Demand Modelling. Unter Mitarbeit von Daniela Luft, Jens Klauenberg und Carina Thaller. European Transport Conference. Frankfurt.

IPCC (2007): IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (Hrsg.): Klimaänderung 2007 – Synthesebericht. URL www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-SYR-german.pdf , Abgerufen am 16.01.2023.

Jacob Klaus / Wolff Franziska / Teebeken Julia (2016): Towards a joint implementation of the 2030 Agenda / SDGs and the Paris Agreement, Umweltbundesamt

Jacobi Christian / Homm Veres-Uwe / Hüsgen Jens / Kruschina Doreen / Nehm Alexander (2020): Klimabilanz – Impulse für die Logistikkimmobilien – Wirtschaft, Initiative Logistikkimmobilien, Logix

Käfer Martin (2021): Zertifizierungssysteme für nachhaltige Gebäude, Dezember 2021, Heft 4, pp495-499 Originalsprache: Deutsch NR 2021, 495 <https://doi.org/10.33196/nr202104049501>

Kietzmann Anita (2020): Nachhaltige Entwicklung, In: URL: <https://ibu-epd.com/nachhaltige-entwicklung/> (letzter Zugriff 20.07.2023)

Kovács Gyöngyi / Spens M. Karen (2005): Abductive reasoning in logistics re- search, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 35 No. 2, 2005, S. 132-144, <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=0960-0035&volume=35&issue=2&articleid=1463143&show=pdf> (09.06.2023)

Kummer Sebastian (2012): CO2-Reduktionspotential in der Logistik, Wien

Meshcheryakova Tatiana (2021): Development of „Green Building” Standards in the Context of Global ESG-Transformation, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow

Pandey Divya / Agrawal Madhoolika (2011): Carbon footprint: current methods of estimation. Environ Monit Assess 178, 135–160 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>

Seuring Stefan / Gold Stefan (2012): "Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management", Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 17 Issue: 5, pp.544-555, <https://doi.org/10.1108/13598541211258609>

Verlinden Jos (2017): New CO2 Calculation Methods and Models, ECTA RC Workshop - 14 September 2017

Wiedmann Tommy / Minx Jan (2008): Wiedmann, T./Minx, J.: A Definition of Carbon Footprint, in: Pertsova, C. C.: Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA, 2008

Internetquellen:

CBRE: Rekordjahr für Logistikimmobilien, <https://www.cash.at/dienstleister-logistik/news/cbre-rekordjahr-fuer-logistikimmobilien-26029>, Abgerufen am 6.7.2023

Colliers (2020): Immobilienmarktbericht Österreich 2020. Wien: Colliers International, <https://www.colliers.com/de-at/research/marketreport-2020>, abgerufen am 23.8.2023

DGNB (2023): DGNB Kriterien Neubau, <https://www.dgnb.de/de/index.php>, Abgerufen am 19.4.2023.

GHG (2023): Green House Gas Protocol, <https://ghgprotocol.org/standards>, Abgerufen am 19.4.2023.

GLEC (2023): Global Logistics Emission Council, <https://www.smartfreightcentre.org/en/our-programs/global-logistics-emissions-council/>, abgerufen am 23.8.2023

Klimaabkommen von Paris, In: URL: <https://www.bmz.de/de/service/lexikon/klimaabkommen-von-paris-14602>, Abgerufen am 23.8.2023

LEED (2023): LEED v4.1 Building Design and Construction, U.S. Green Building Council, <https://www.usgbc.org> , Abgerufen am 25.7.2023

ÖGNI, <https://www.ogni.at/uber-uns/>, Abgerufen am 19.4.2023.

Ökobilanzierung im Bauwesen (2023): Ökobilanzierung im Bauwesen, In: URL: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/fachbeitraege/bauen/baustoffe-bauprodukte/oekobilanzierung/01-start.html> Abgerufen am 04.06.2023

Otto Immobilien GmbH (2022): Industrie und Logistikmarktbericht, <https://www.otto.at/de/> , Abgerufen am 6.7.2023

REff (2023): Resource Efficiency at Logistics Sites, [REff Tool@ https://reff.iml.fraunhofer.de/index.xhtml](https://reff.iml.fraunhofer.de/index.xhtml), Abgerufen am 23.8.2023

SDGWatch (2023): <https://www.sdgwatch.at/de/> , abgerufen am 24.8.2023

ten Hompel Michael (2011): Sinn und Unsinn grüner Intralogistik, <https://public-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/eafa111d-15d6-4496-a6d8-80d3d0c91b5f/content> , Abgerufen am 23.8.2023

Wernhart Stefan (2022): Nachhaltigkeitsstandards erreichen Logistikimmobilien, 03.02.2022, <https://immo-timeline.at/a/nachhaltigkeitsstandards-erreichen-logistikimmobilien> , Abgerufen am 6.7.2023

Abkürzungsverzeichnis

AGV	Automated Guided Vehicle
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
B2B	Business to Business
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ e	CO ₂ & CO ₂ Äquivalenten Treibhausgase
DGNB	Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen
DIN	Deutsche Industrie Norm
EN	Europäische Norm
ESG	Environmental Social Governance
EU	Europäische Union
F-Gase	fluorierte Gase
GBCI	Green Business Certification Inc.
GHG	Greenhouse Gas
GLEC	Global Logistics Emissions Counting
GRESB	Global Real Estate Sustainability Benchmark
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
ISO	International Standard Organisation
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KPI	Key Performance Indicator
LCA	Life Cycle Analyses
LCC	Life Cycle Cost
LCI	Life Cycle Inventory
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
LCSA	Life Cycle Sustainability Assessment
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
N ₂ O	Lachgas
ÖGNI	Österreichischen Gesellschaft für nachhaltige Immobilien
PV	Photovoltaik
SCM	Supply Chain Management
SCS	Supply Chain Services
SDG	Sustainability Development Goal
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
THG	Treibhausgase
UN	United Nations
USGBC	U.S. Green Building Council
VAS	Value Added Services

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Abduktiver Forschungsprozess (Groschopf 2017: 26 nach Kovács & Spens 2005: 139)	5
Abbildung 2:	Grundfunktionen der Logistik (Gudehus 2010: 3)	9
Abbildung 3:	Kategorisierungsansätze von Logistikimmobilien (Nehm & Veres-Homm 2012: 308)	12
Abbildung 4:	Außenansicht der manuellen Lagerhalle (Günthner et al 2014: 25)	14
Abbildung 5:	Innenansicht der manuellen Lagerhalle (Günthner et al 2014: 25)	15
Abbildung 6:	Außenansicht des halbautomatischen Umschlagslagers - Süd-West Ansicht- (Günthner et al 2014: 26)	16
Abbildung 7:	Innenansicht des halbautomatischen Umschlagslagers (Günthner et al 2014: 26)	16
Abbildung 8:	Außenansicht des vollautomatischen Distributionszentrums - Süd-West Ansicht - (Günthner et al 2014: 27)	18
Abbildung 9:	Innenansicht des vollautomatischen Distributionszentrums (Günthner et al 2014: 27)	18
Abbildung 10:	Übersicht der identifizierten Klassen mit den dazugehörigen Grundelementen (Güntner et al 2014: 23)	19
Abbildung 11:	SDGs (17 SDGs (SDGWatch 2023: 1))	26
Abbildung 12:	Klassisches 3-Säulen Modell (Löser 2017: 65)	27
Abbildung 13:	Integratives Nachhaltigkeitsmodell (Nachhaltigkeitsmodelle, https://klimaschutz.neustadt.eu)	28
Abbildung 14:	Ziele der Nachhaltigkeit nach BNB (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 29)	29
Abbildung 15:	LCA, LCC und SLCA (Wieser 2019: 53)	37
Abbildung 16:	Lebenszyklus-Phasen der Immobilie (Löser 2017: 85)	37
Abbildung 17:	Beispielhafte Dauer der Lebenszyklusphasen einer Immobilie (Löser 2017: 89)	38
Abbildung 18:	Arten von DGNB-Zertifizierungen (DGNB 2023: 3)	40
Abbildung 19:	Verteilung Ökologie - Ökonomie - Soziales bei DGNB (eigene Darstellung)	41
Abbildung 20:	Merkmale nachhaltiger Logistikimmobilien laut DGNB (DGNB 2023:4)	42
Abbildung 21:	Verlauf und Beeinflussbarkeit der Gesamtkosten und des Nachhaltigkeitspotenzial (Ebert et al 2010: 81)	43
Abbildung 22:	Der Weg zum DGNB-Zertifikat (DGNB 2023: 7)	43
Abbildung 23:	Gewichtung der Hauptkriterien (DGNB 2023:7)	44
Abbildung 24:	Die Auszeichnungslogik der DGNB-Zertifizierung im Überblick. Das DGNB-Zertifikat in Bronze wird nur bei Bestandsgebäuden und für Gebäude im Betrieb vergeben (DGNB 2023: 1)	44
Abbildung 25:	Verteilung von Ökologie - Ökonomie - Soziales bei LEED (eigene Darstellung)	47
Abbildung 26:	Kategorien der LEED-Zertifizierung für den Neubau www.usgbc.org (Stand 2023)	47
Abbildung 27:	Zertifizierungsstufen LEED (LEED 2023: 1)	48
Abbildung 28:	Verteilung von Ökologie - Ökonomie - Soziales (eigene Darstellung)	50
Abbildung 29:	Gewichtung der Kriterien BREEAM (BREEAM 2022: 3)	52
Abbildung 30:	Aufteilung der Logistikimmobilie in verschiedene Subsysteme (Weiss 2014: 54)	56
Abbildung 31:	Kriterien zur Nachhaltigkeitsbetrachtung der Intralogistik (eigene Darstellung)	58
Abbildung 32:	Prüfschema für einen Vorschlag zur Ergänzung von Gebäudezertifikate in Bezug auf die Intralogistik (eigene Darstellung)	59
Abbildung 33:	Schema einer Ökobilanz nach DGNB (Braune & Durán 2018: 5)	61
Abbildung 34:	Kriterium ENV1.1 DGNB (DGNB 2023: 86)	62
Abbildung 35:	TEC1.4 Einsatz und Integration von Gebäudetechnik DGNB (DGNB 2023: 405)	63
Abbildung 36:	Kriterium Minium Energy Performance LEED v4 Step 3 (LEED 2023: 105)	65

Abbildung 37: Kriterium Minimum Energy Performance - alternative Kennzahlen (LEED 2023: 105)	66
Abbildung 38: Advanced Energy Metering Charakteristik (LEED: 2023 143)	67
Abbildung 39: Energiekriterien von BREEAM (BREEAM 2019: 159)	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Logistikimmobilientypen und Automatisierungsgrade intralogistischer Systeme (Veres-Homm & Weber 2019: 43, Günthner et al. 2014: 23).....	13
Tabelle 2: Lagerimmobilien (Veres-Homm & Weber 2019: 43).....	14
Tabelle 3: Umschlagsimmobilien (Veres-Homm & Weber 2019: 43).....	15
Tabelle 4: Distributionsimmobilien (Veres-Homm & Weber 2019: 44).....	17
Tabelle 5: Aufteilung der Intralogistik in verschiedene Systeme (in Anlehnung an Weiss: 2014: 56).....	21
Tabelle 6: Erweiterte Qualitäten der Nachhaltigkeit nach BNB (Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019: 172).....	32
Tabelle 7: Ökologische Kriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9).....	45
Tabelle 8: Ökonomische Kriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9).....	45
Tabelle 9: Soziokulturelle und funktionale Qualitätskriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9).....	45
Tabelle 10: Technische Qualitätskriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9).....	46
Tabelle 11: Prozessqualitätskriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9).....	46
Tabelle 12: Standortqualitätskriterien der Version 2023 des DGNB-Zertifizierungssystems für die Kategorie Neubau (DGNB 2023: 9).....	46
Tabelle 13: Kriterien LEED v4 Warehouse & Distribution (LEED 2023: 1).....	49
Tabelle 14: Kriterien LEED v4 Warehouse & Distribution (LEED 2023: 1).....	51