

Diploma Thesis

Measures for an environmentally sustainable execution of construction works

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Maßnahmen für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer
Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Maria Trauntschnig

Matr.Nr.: 0926762

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**

Univ.-Ass.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ **Melanie Piskernik**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/234, A-1040 Wien

Wien, im April 2018

*Wer nichts zur Lösung beiträgt, ist Teil des Problems.
(James Oscar McKinsey)*

Vorwort¹

Gerne möchte ich mich im Zuge dieser Arbeit bei all den Personen bedanken, mit deren Mithilfe es mir möglich war mein Studium erfolgreich abzuschließen.

Für die Diplomarbeit im Speziellen gebührt mein Dank Univ.Prof. DI Dr.techn. Gerald Goger für seine Unterstützung.

Ich möchte mich bei Herrn Dipl.-Ing. Christoph Winkler bedanken, für das Bereitstellen dieses interessanten Themas und die sorgsame Betreuung am Anfang der Bearbeitung der Diplomarbeit.

Darüber hinaus möchte ich mich besonders bei Frau Univ.Ass.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Melanie Piskernik für die weiterführende Betreuung, die fachliche Unterstützung sowie ihre freundliche und unkomplizierte Art bedanken.

Bei meinen Freunden und Studienkollegen möchte ich mich ebenfalls bedanken. Mit ihrer Hilfe konnte ich diverse Hindernisse im Studium bewältigen und hoffentlich verbindet uns auch weiterhin die Freundschaft.

Weiteres gebührt mein Dank meiner Familie, die mich stets mit Rat und Tat auf dem Weg durch das Studium begleitet hat. Meinen drei Brüdern danke ich für die moralische und vielseitig fachliche Unterstützung. Meiner Mutter danke ich für ihre verständnisvolle Art und dass sie während des Studiums immer an mich geglaubt und mich stets motiviert hat.

Abschließend möchte ich an dieser Stelle ganz besonders meinem verstorbenen Vater danken. Mit seiner Motivation und Leidenschaft zum Bauingenieurwesen habe ich dieses Studium begonnen und konnte es mit stetiger Erinnerung an ihn auch erfolgreich abschließen. Er hat mich gelehrt ehrgeizig und diszipliniert zu sein, für seinen Erfolg zu kämpfen, aus Fehlern zu lernen und vor allem das Leben zu leben.

¹ Genderhinweis:

Die Autorin legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde jedoch oftmals entweder die maskuline oder feminine Form gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.

Kurzfassung

Nachhaltigkeit ist in der Bau- und Immobilienbranche bereits als wesentliches Thema etabliert. Dies wird durch die Zunahme an Zertifizierungen verdeutlicht, welche mit dem Fokus auf die Nutzungs- und Betriebsphase für eine nachhaltige Konzeption von Bauwerken sorgen. Der Begriff Nachhaltigkeit umfasst ökologische, ökonomische und soziale Aspekte. Aufgrund des Klimawandels und dessen Folgen stehen die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit im Zentrum. Diese Aspekte beinhalten neben dem Klimaschutz, die Erhaltung der Artenvielfalt und den schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen.

Ökologische Nachhaltigkeit, insbesondere der schonende Umgang mit natürlichen Ressourcen, wird bei Bauprojekten besonders in der Bauprojektentwicklung nach wie vor außer Acht gelassen. Bauprojekte belasten bereits während ihrer Ausführung die Umwelt stark, durch den hohen Verbrauch an Ressourcen und die durch Herstellungs- und Transportprozesse produzierten Treibhausgasemissionen.

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich damit, inwieweit der Gedanke einer umweltgerechten Bauprojektentwicklung bei den Akteuren, insbesondere bei den öffentlichen Auftraggebern und den ausführenden Unternehmen, bereits verankert ist. Es wird der aktuelle Stand der Integration von ökologischen Umweltmaßnahmen in der Bauprojektentwicklung untersucht, um Treiber und Hemmnisse zu erkennen und daraus neuartige Umsetzungsmöglichkeiten zu zeigen. Die rechtlichen Rahmenbedingungen werden analysiert um festzustellen, ob Maßnahmen für eine umweltfreundliche Bauprojektentwicklung bereits gesetzlich verpflichtend sind. Danach werden maßgebende ökologische Aspekte der Bauprojektentwicklung erfasst, um darauf aufbauend Umweltschutzmaßnahmen für den Beschaffungsprozess und die Ausführungsphase darzustellen.

Zum besseren Verständnis werden anhand von zwei typischen Prozessketten die Umweltauswirkungen untersucht und potenzielle Umweltschutzmaßnahmen analysiert. Als typische Prozesskette im Hochbau wurde der Einbau von bewehrtem Konstruktionsbeton mit der Druckfestigkeitsklasse C25/30 und als Prozesskette im Tiefbau der Einbau einer Asphalttragschicht gewählt.

Die Potenziale einer ökologisch nachhaltigen Bauprojektentwicklung bleiben derzeit größtenteils ungenutzt. Die Arbeit zeigt Maßnahmen zur Verbesserung der Umwelleistung in der Bauprojektentwicklung, wie beispielsweise die Integration von umweltbezogenen Zuschlagskriterien durch den öffentlichen Auftraggeber im Beschaffungsprozess, die Einführung eines Umweltmanagementsystems zur systematischen Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes oder Maßnahmen zur Optimierung der Herstellungsprozesse und zur Reduktion der Transportleistung.

Abstract

Sustainability has already been established in the construction and real estate sectors, as evidenced by the increase in certifications that ensure a sustainable construction concept with focus on the usage phase. Sustainability includes ecologic, economic and social aspects. Due to climate change and its consequences ecologic aspects are in the centre of sustainability. Those aspects involve climate protection, the preservation of biodiversity and the careful use of natural resources.

Environmental sustainability, especially the careful use of natural resources, is mainly neglected throughout the execution of construction works. Construction projects consume energy in various forms and for different purposes, polluting the environment already during their execution.

This diploma thesis shows how project participants, especially contractors and construction companies, can reduce negative environmental impacts of construction work. The current state of integration of ecologically sustainable measures in the execution of construction work is identified in order to find drivers and obstacles for the consideration of new implementation possibilities. First, the legal framework will be analyzed to discuss whether law already requires measures for an environmentally sustainable construction. Furthermore, the relevant environmental aspects of the execution period are outlined in order to identify measures for green public procurement and the execution phase.

For better understanding, the negative environmental impacts of two typical process chains are identified in order to analyze possible environmental measures. The chosen process for the construction of buildings is the installation of reinforced concrete with a compressive strength class C25/30 and the chosen process for civil engineering is the installation of asphalt floor.

The potential of ecologically sustainable construction project development currently remains largely untapped. This diploma thesis shows measures to improve the environmental sustainability of construction work, such as the integration of environmental award criteria by the public sector in the procurement process, the introduction of an environmental management system to systematically improve a company's business environment, or to optimize manufacturing processes and reduce transport.

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
Abb.	Abbildung
ACTS	Abrollcontainer-Transportsystem
AG	Auftraggeber
AN	Auftragnehmer
CO ₂	Kohlendioxid
COP	Conference of the Parties
€	Euro
EEÖ	Erneuerbare Energie Österreich
EMAS	Eco Management und Audit Scheme
EU	Europäische Union
FW	Einsatz von Süßwasserressourcen
GPP	Green Public Procurement
GWh	Gigawattstunde
h	Stunde
ha	Hektar
IMS	integriertes Managementsystem
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
J	Joule
LV	Leistungsverzeichnis
km	Kilometer
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
Mio.	Million
MJ	Megajoule
NACE	Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft
PENRT	Total nicht erneuerbare Primärenergie
PERT	Total erneuerbare Primärenergie
PJ	Petajoule
ppm	parts per million
RUMBA	Richtlinie für umweltfreundliches Bauen
Tab.	Tabelle
THG	Treibhausgas
TJ	Terajoule
to	Tonnen
Tsd.	Tausend
UM	Umweltmanagement
UMS	Umweltmanagementsystem
UN	United Nations
VÖZ	Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	III
KURZFASSUNG	IV
ABSTRACT	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
1 EINLEITUNG	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Forschungsfrage	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2 RECHTLICHE GRUNDLAGEN	5
2.1 Internationale Klimapolitik	5
2.2 EU-Klimapolitik.....	7
2.3 Klima- und Energiestrategie Österreich	11
2.3.1 Energieeffizienzgesetz	12
2.3.2 Energieaudits und anerkannte Managementsysteme.....	13
3 BEGRIFFSDEFINITION	15
3.1 Globale Umweltaspekte	15
3.1.1 Treibhausgasemissionen	17
3.1.2 Ressourcen	18
3.1.3 Energie	19
3.2 Ökologische Nachhaltigkeit.....	22
3.2.1 Begriff der Nachhaltigkeit	23
3.2.2 Schwache und starke Nachhaltigkeit	24
3.3 Klassifizierung der Bauwirtschaft	26
3.4 Prozesse der Bauprojektentwicklung	29
3.4.1 Lebenszyklus eines Bauwerks	32
3.4.2 Beteiligte bei der Bauprojektentwicklung	34
3.4.3 Planungsphase.....	38
3.4.4 Beschaffungsprozess	40
3.4.5 Ausführungsphase	43
3.5 Ökologische Aspekte der Bauprojektentwicklung	44
3.6 Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Bauprojektentwicklungsprozessen...	47
4 MAßNAHMEN FÜR EINE ÖKOLOGISCH NACHHALTIGE BAUPROJEKTENTWICKLUNG	53
4.1 Planungs- und Beschaffungsphase	53
4.1.1 Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung	53
4.1.2 Integrationsmöglichkeiten von umweltbezogenen Kriterien.....	57
4.2 Ausführungsphase	67
4.2.1 Effiziente Baustellenlogistik.....	67
4.2.2 Ökologisch vorteilhafte Baustoffe.....	72
4.2.3 Erneuerbare Energien	74
4.3 Umweltmanagementsysteme.....	76
4.4 Referenzprojekt – Umweltarena Spreitenbach	82

5	PROZESSE.....	85
5.1	Prozesskette Hochbau.....	86
5.1.1	Ökologische Bewertung – am Beispiel Konstruktionsbeton.....	88
5.1.2	Optimierungspotenziale – am Beispiel Konstruktionsbeton.....	90
5.2	Prozesskette Tiefbau	93
5.2.1	Ökologische Bewertung – am Beispiel Asphalttragschicht.....	96
5.2.2	Optimierungspotenziale – am Beispiel Asphalttragschicht	98
6	RESÜMEE.....	101
7	AUSBLICK.....	105
8	VERZEICHNISSE	107
	Literaturverzeichnis.....	107
	Internetquellenverzeichnis	111
	Abbildungsverzeichnis	113
	Tabellenverzeichnis	113
9	RICHTLINIEN UND NORMEN	114
10	EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	115

1 Einleitung

Der Weltklimarat kam zu dem Entschluss, dass der Klimawandel auf der Erde und deren Auswirkungen mit *äußerster Wahrscheinlichkeit*² auf den menschlichen Einfluss zurückzuführen ist. Der anthropogene Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen seit der vorindustriellen Zeit gilt als Hauptverursacher der beobachteten Erderwärmung. Diese Klimaveränderungen verursachen bereits jetzt negative Folgen auf das natürliche und menschliche System. Umweltauswirkungen, wie der Rückgang der Gletscher, der Anstieg des Meeresspiegels sowie die Zunahme an Naturkatastrophen und Extremereignissen, wie zum Beispiel schwere Niederschläge oder Hitzewellen sind neben politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen Folgen des Klimawandels. Kommt es zu keiner Verringerung der Treibhausgasemissionen werden die bereits bestehenden Risiken verstärkt und außerdem neue Risiken hinzukommen. Die Risiken für die Lebensgrundlage, Ernährungssicherung und menschliche Sicherheit würden sich in Zukunft vergrößern.³

Somit gehört die Bewahrung der Umwelt, verbunden mit einer Reduktion der Treibhausgasemissionen, zu den Hauptaufgaben der Gegenwart. Die Ressourcenschonung und die Steigerung der Energieeffizienz sind die logische Herangehensweise Treibhausgase zu reduzieren. Die Baubranche trägt dabei eine wesentliche Rolle: durch das Bauen werden große Mengen an Ressourcen verbraucht, Energie eingesetzt und es trägt maßgebend zur Bodenversiegelung bei. Laut der Europäischen Kommission entfallen EU-weit ca. 50 % der geförderten Werkstoffe und des Energieverbrauchs sowie etwa ein Drittel des Wasserverbrauchs auf den Bau und die Nutzung von Gebäuden. Darüber hinaus ist der Gebäudesektor für rund ein Drittel aller Abfälle verantwortlich.⁴ Der Bau- und Immobiliensektor ist somit unbestritten einer der großen Verursacher von Treibhausgasemissionen und globalen Umweltauswirkungen.

1.1 Motivation

Im Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit wird bereits hohe Aufmerksamkeit auf die Nutzungs- und Verwertungsphase von Gebäuden gelegt. Energieeinsparmaßnahmen und die Verwendung von nachhaltigen Baumaterialien spielen dort schon seit längerem eine wichtige Rolle. Nationale und internationale Green-Building-Zertifizierungen, Leitfäden und andere Hilfestellungen sind bereits weitverbreitet und setzen die Kriterien der Nachhaltigkeit in der Nutzungsphase von Gebäuden um. Wohingegen der Prozess der Baupro-

² Laut De-IPCC et al. (2014; S.1) wurden auf Basis von Expertenbeurteilungen geschätzte Wahrscheinlichkeiten für Ergebnisse und Ereignisse in verschiedenen Kategorien angegeben: äußerst wahrscheinlich (95-100%), sehr wahrscheinlich (90-100%) und wahrscheinlich (66-100%).

³ Vgl. De-IPCC et al.: Fünfter Sachstandsbericht des IPCC – Synthesebericht; 2014; S.1-2

⁴ Vgl. Europäische Kommission: Effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor; 2014; S.2

jektentwicklung nach wie vor nebensächlich unter ökologischen Nachhaltigkeitsaspekten betrachtet wird. Umweltmaßnahmen während der Bauausführung haben bei den Akteuren sowie in den derzeitigen Zertifizierungen im Bauwesen nur einen geringen bis gar keinen Stellenwert.

Für die Lebenszyklusbetrachtung sollten die Maßnahmen in der Phase der Bauprojektentwicklung hinsichtlich Umweltschutz und Energieeffizienz allerdings nicht unberücksichtigt bleiben. Als Projektentwicklung ist die Realisierung des Projektablaufs gemeint, wobei weder Projektanfang noch Projektende genau definiert sind.⁵ Im Rahmen der Diplomarbeit werden die wertschöpfenden Prozesse der Ausführungsphase sowie die vorrangig gestellten Phasen der Planung und Beschaffung berücksichtigt (siehe Kapitel 3 – Begriffsdefinition). Es wäre kontraproduktiv energieeffiziente Bauwerke zu planen und zu betreiben, dabei aber die Optimierungsmöglichkeiten der Prozesse der Bauprojektentwicklung zu ignorieren.

Potenzielle Maßnahmen, wie umweltfreundliche Vergabekriterien, eine nachhaltige Baustellenlogistik oder ein vermehrter Einsatz von erneuerbarer Energie in der Ausführungsphase können wesentliche Unterschiede im Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit erzielen. Eine effiziente Nutzung von Energie bei der Bauprojektentwicklung kann direkte Kosteneinsparungen verursachen und zu einem verstärkten Wettbewerbsvorteil für Bauunternehmen werden. Zudem sprechen kontinuierlich steigende Energiepreise und die Ressourcenverknappung für eine Untersuchung möglicher Einsparpotenziale.

1.2 Forschungsfrage

Die Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern sowohl die Auftraggeber als auch die beauftragten Bauunternehmen Impulse für eine umweltgerechte Bauprojektentwicklung geben können. Der Zugang zu einer umweltgerechten Bauprojektentwicklung erfolgt dabei über die Betrachtung von globalen ökologischen Aspekten wie der Ressourcenverbrauch, der Energieverbrauch sowie der Ausstoß von Treibhausgasemissionen.

Ziel ist es, den Status quo der Integration von ökologischen Umweltaforderungen im Prozess der Bauprojektentwicklung darzustellen. Zum einen werden Punkte untersucht, die es ermöglichen, Umweltaforderungen im Beschaffungsprozess zu integrieren. Zum anderen werden durch den Einblick auf das Geschehen auf Baustellen, Potenziale für Energiesparmaßnahmen in der Ausführungsphase analysiert. Die zentrale Forschungsfrage für die vorliegende Arbeit lautet:

⁵ Vgl. Homepage Projektmagazin; <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/projektentwicklung>; abgerufen am: 28.12.2017

„Sind die Umweltauswirkungen der Prozesse bei der Bauprojektentwicklung durch entsprechende Maßnahmen zu verringern?“

Folgende drei leitende Fragestellungen werden im Zuge der Diplomarbeit erarbeitet, um die zentrale Forschungsfrage zu beantworten:

- 1) Kann durch den Einfluss der Auftraggeber im Beschaffungsprozess eine ökologisch nachhaltige Ausführung vorangetrieben werden?
- 2) Kann durch umweltgerechte Maßnahmen und einem schonenden Umgang mit Ressourcen von Seiten der Bauunternehmen ein ökologisch nachhaltiger Prozess der Bauprojektentwicklung erfolgen?
- 3) Welche Energieeffizienzmaßnahmen führen zu einem sinnvollen Ergebnis? Gibt es weitere Handlungsempfehlungen und zu thematisierende Themen für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung?

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit setzt sich aus sieben Kapiteln zusammen. Nach der Erläuterung der Zielsetzung und des Aufbaus der Arbeit folgen Kapitel 2 bis 7.

In *Kapitel 2* werden die rechtlichen Rahmenbedingungen für eine ökologisch nachhaltige Projektentwicklung betrachtet. Obwohl ökologisch nachhaltige Maßnahmen im Hinblick auf die Umwelt und zukünftige Generationen wichtig sind, verfolgen Unternehmen insbesondere Bauunternehmen nicht immer den umweltfreundlichsten, sondern nach wie vor eher den wirtschaftlichsten Weg. Aus diesem Grund werden Gesetze benötigt, die zu Energieeffizienzmaßnahmen und Ressourceneinsparung führen. Um einen Überblick über die Gesetzeslage hinsichtlich Maßnahmen für eine umweltgerechte Bauprojektentwicklung zu bekommen, werden die wesentlichen umweltpolitischen Entwicklungen international, europaweit und innerhalb Österreichs dargestellt.

In *Kapitel 3* erfolgt die Definition der Hauptbegriffe der zentralen Forschungsfrage. Zu Beginn werden die globalen Umweltaspekte "Ressourcen", "Energie" und "Emissionen" genauer erläutert und auf die damit im Zusammenhang stehende "Energieeffizienz" eingegangen. Darauf aufbauend wird der Begriff der „Nachhaltigkeit“ genauer erläutert und die ökologischen Aspekte definiert. Danach erfolgt eine Klassifizierung der Bauwirtschaft und es werden die Prozesse der Bauprojektentwicklung sowie die damit verbundenen Phasen des Lebenszyklus und die wichtigsten beteiligten Leistungsträger genauer definiert. In weiterer Folge werden die relevanten ökologischen Aspekte der Bauprojektentwicklung erfasst. Das Augenmerk liegt dabei auf der „Herstellung und Verwertung von Baustoffen“, den „Baustofftransport“ und die „Baustellenprozesse“. Abschließen wird auf

die Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Bauprojektentwicklungsprozessen eingegangen.

In *Kapitel 4* wird die erste und zweite der drei leitenden Fragestellungen beantwortet. Es werden die Maßnahmen beschrieben, welche die öffentlichen Auftraggeber und gegebenenfalls ihre Helfer bereits in der Planungs- und Beschaffungsphase vor der Ausführungsphase umsetzen können. Daraufhin werden umweltgerechte Maßnahmen, die zu einem ökologisch nachhaltigeren Prozess der Bauprojektentwicklung führen, untersucht. Näher betrachtet werden dabei „effiziente Baustellenlogistik“, „ökologisch vorteilhafte Baustoffe“ und „erneuerbare Energien“. Abschließend wird noch auf die „Umweltmanagementsysteme“ eingegangen sowie ein Referenzprojekt vorgestellt.

In *Kapitel 5* wird beispielhaft eine Prozesskette im Hochbau und eine im Tiefbau dargestellt und jeweils deren Potenziale zum Energieeinsparen untersucht.

In den letzten *Kapiteln 6 und 7* wird die letzte der drei leitenden Fragestellungen beantwortet. Es werden die Ergebnisse nochmals zusammengefasst, die Sinnhaftigkeit erfragt und beschrieben, welche zusätzlichen Maßnahmen zu einer ökologisch nachhaltigeren Bauprojektentwicklung führen könnten.

2 Rechtliche Grundlagen

Auf internationaler Ebene, in der EU und in Österreich existiert eine Vielzahl an rechtlichen Anforderungen, die sich mit dem Umweltschutz auseinandersetzen. Dabei geht es meist darum, die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen zu verringern und Energie zu sparen. In Österreich bildet die rechtliche Basis das Bundesverfassungsgesetz, in welchem sich Österreich zum Prinzip der Nachhaltigkeit bei der Nutzung der natürlichen Ressourcen bekennt, sowie zur Bewahrung der Umwelt als Lebensgrundlage des Menschen und zur Reinhaltung der Luft, des Wassers und des Bodens.⁶

Folgend werden die wichtigsten Verpflichtungen zusammengefasst, welche für die Bauprojektentwicklung in Sachen Umweltschutz von Bedeutung sind. Zuerst wird auf den internationalen Fortschritt zum globalen Klimaschutz eingegangen. Ein großer Schritt in Richtung globaler Klimaschutz ist das neue, international verpflichtende Abkommen, welches in Paris beschlossen wurde und am 4. November 2016 (durch seine Ratifizierung) in Kraft getreten ist. Anschließend werden relevante gesetzliche Vorschriften des EU Klima- und Energiepakets aufgezählt. Darauf aufbauend werden die Verpflichtungen auf nationaler Ebene, welche sich auf die Umweltauswirkungen der Bauprojektentwicklung beziehen, vorgestellt.

2.1 Internationale Klimapolitik

Auf der dritten Vertragsstaatenkonferenz (COP3) für Umwelt und Entwicklung 1997 in Japan wurde das **Kyoto-Protokoll** verabschiedet, welches mit 16. Februar 2005 in Kraft trat. Das Protokoll enthält erstmals rechtsverbindliche Ziele für 37 Industrieländer und die Europäische Union. Es sieht innerhalb der Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 eine Reduktion der Treibhausgase um durchschnittlich 5 % gegenüber dem Jahr 1990 vor. Sowohl die Europäische Union als auch Österreich haben ihre Verpflichtungen mit - 8 % bzw. - 13 % gegenüber 1990 eingehalten.

Mit Ende der ersten Verpflichtungsperiode einigte man sich im Rahmen der 18. Vertragsstaatenkonferenz (COP18) in Doha auf eine Fortsetzung des Kyoto-Protokolls von 2013 bis 2020 (Doha Amendment). Die 28 Mitgliedstaaten der Europäischen Union verpflichteten sich dabei ihre Treibhausgasemissionen um 20 % gegenüber 1990 zu reduzieren.⁷

Von 30. November bis 12. Dezember 2015 fand in Paris die 21. Vertragsstaatenkonferenz zur UN-Klimarahmenkonvention (COP21) statt. Als Ergebnis wurde ein neues, globales **Klimaschutzabkommen** als Nachfolge zum Kyoto-Protokoll von 195 Vertragspartnern

⁶ Vgl. BGBl. I Nr. 111/2013

⁷ Vgl. Anderl et al.: Klimaschutzbericht 2016; S.31

verabschiedet. Das Übereinkommen tritt in Kraft, sobald es mindestens 55 Vertragsstaaten, die zudem für mindestens 55 % des globalen Treibhausgasausstoßes verantwortlich sind, ratifizieren.⁸

Am 5. Oktober 2016 traten nach bereits 62 ratifizierten Staaten die Europäische Union, Kanada und Nepal dem Abkommen bei. Zu diesem Zeitpunkt hatten nun 71 Staaten, die rund 57 % der weltweiten Emissionen verursachen, den Vertrag ratifiziert. Beide Schwellenwerte (55 Staaten und 55 % der Emissionen) wurden somit erfüllt und das Abkommen konnte 30 Tage später am 4. November 2016 in Kraft treten.⁹ Es existiert nun erstmals ein völkerrechtlicher Vertrag, der im Gegensatz zum Kyoto-Protokoll nicht nur Industriestaaten, sondern auch Entwicklungs- und Schwellenländer, zum Klimaschutz verpflichtet. Die Staaten sind allerdings selbst für die jeweiligen nationalen Klimaschutzziele verantwortlich, das Abkommen verpflichtet sie lediglich ihre Ziele vorzulegen.

Die wichtigsten Vereinbarungen des Pariser Klimaschutzabkommens stehen in Artikel 2 des Anhangs und werden nachfolgend erläutert:

- ◆ *“Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels, recognizing that this would significantly reduce the risks and impacts of climate change;”¹⁰*

Die Vertragsstaaten haben sich für den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur eine Obergrenze von 2°C, wenn möglich 1,5°C, gesetzt. Die Verschärfung von 2°C auf 1,5°C ist vor allem für die südlich gelegenen Länder notwendig, die bereits heute enorm von den Folgen der Klimaerwärmung betroffen und durch den Anstieg der Meeresspiegel existenziell bedroht sind. Das 1,5°C Ziel bezieht sich auf die „vorindustrielle globale Temperatur“ des 19. Jahrhunderts.

Das gesetzte Ziel soll mit Hilfe des „global stocktake“ als Hebemechanismus erreicht werden. Dafür werden im Jahr 2018 und danach alle fünf Jahre wiederholend die Reduktionsmaßnahmen der einzelnen Staaten auf ihre Einhaltung überprüft. Ein regelmäßiges Berichtswesen von den jeweiligen Staaten soll den Fortschritt sowie den Stand im Bezug auf das langfristige 2°C-Ziel transparent darlegen. Gleichzeitig werden die Staaten alle fünf Jahre ermutigt, ihre Klimaziele zu verschärfen.

⁸ Vgl. UNFCCC: Adoption of the Paris Agreement; 2015

⁹ Vgl. Homepage United Nations, Treaty Section; https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en; abgerufen am: 08.11.2017

¹⁰ UNFCCC: Adoption of the Paris Agreement, Article 2, Paragraph 1.(a), 2015; S.22

- ◆ *“Increasing the ability to the adverse impacts of climate change and foster climate resilience and low greenhouse gas emissions development, in a manner that does not threaten food production,”¹¹*

Hierbei wird zum Ersten eine „Förderung der Klimaresistenz“ zum Ziel gesetzt. Durch veränderte klimatische Bedingungen und deren Auswirkungen werden Anpassungsmaßnahmen notwendig werden. So muss sich z.B. die Landwirtschaft an die Verschiebung der Klimazonen anpassen. Allerdings darf dies nicht die Lebensmittelproduktion gefährden und eventuell notwendige Maßnahmen als Hilfe zu Spekulationen dienen.

Zum Zweiten sollen „Förderungen zu geringeren Treibhausgasemissionen“ erzielt werden. Größte Rolle spielt die Reduktion der fossilen CO₂-Emissionen. Auch dabei soll durch nachwachsende Rohstoffe die Lebensmittelproduktion nicht beeinflusst werden.

- ◆ *“Making finance flows consistent with a pathway towards low greenhouse gas emissions and climate resilient development.”¹²*

Eine weitere wesentliche Vereinbarung ist die Stärkung der Finanzströme, die zu weniger Emissionen und klimaresistenten Entwicklungen führen. Es wurde vereinbart, dass die Industriestaaten – auch Schwellenländer wie China und Brasilien werden aufgefordert sich zu beteiligen – von 2020 bis 2025 jährlich 100 Milliarden Dollar zur Verfügung stellen.

2.2 EU-Klimapolitik

Für die Europäische Union spielt der Klimaschutz eine beachtliche Rolle. Sie hat sich 2009 zum langfristigen Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen stufenweise bis 2050 zu reduzieren, um die schlimmsten Auswirkungen des Klimawandels abzuwenden. Zur Erreichung der Treibhausreduktion wurde als Zwischenschritt das Klima- und Energiepaket 2020 geschaffen, dessen Ziele mit den Kyoto-Zielen im Einklang stehen.

Für das 2°C Ziel des Pariser Abkommens muss die Europäische Union ihre Richtlinien ab 2020 allerdings noch anpassen. 2014 wurde bereits ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik bis 2030 beschlossen, welche eine Treibhausgasreduktion von mindestens 40 % gegenüber dem Volumen vom Jahr 1990 vorsieht. Die Gesetzgebung ist allerdings noch nicht in Kraft.¹³

¹¹ UNFCCC: Adoption of the Paris Agreement, Article 2, Paragraph 1.(b), 2015; S.22

¹² UNFCCC: Adoption of the Paris Agreement, Article 2, Paragraph 1.(c), 2015; S.22

¹³ Vgl. Dröge; Geden: Nach dem Pariser Klimaabkommen; 2016.

Die Hauptziele des **Klima- und Energiepakets** bis 2020 sind:¹⁴

- ◆ die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 20 % gegenüber dem Jahr 1990
- ◆ die Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energiequellen auf 20 %
- ◆ die Verbesserung der Energieeffizienz um 20 %

Zur Sicherstellung, dass die Ziele bis zum Jahr 2020 umgesetzt werden, enthält das EU Paket mehrere Rechtsvorschriften. Die Wichtigsten werden nachfolgend erläutert:

- **Emissionshandelsrichtlinie**

Der größte Anteil der Reduktion an Treibhausgasemissionen ist von der EU im Emissionshandelssektor vorgesehen. Die Emissionshandelssektoren decken rund 45 % der Treibhausgasemissionen in der EU ab. Die Emissionshandelsrichtlinie¹⁵ bildet die rechtliche Basis für den **EU-Emissionshandel (EU-EHS)**. Ein System, welches nach dem „capandtrade“ Prinzip („Obergrenzen und Handel“) funktioniert. Jährlich wird eine sinkende Obergrenze für ein Gesamtvolumen an Treibhausgasemissionen von Anlagen, die unter den EU EHS fallen, festgelegt. Innerhalb dieser Grenze werden Emissionszertifikate an die Unternehmen der Anlagen vergeben, mit denen sie nach Bedarf auch handeln dürfen. Durch den Handel soll erreicht werden, dass Emissionen dort reduziert werden, wo durch die Reduktion auch die geringsten Kosten anfallen.¹⁶

Für die derzeitige Handelsperiode von 2013 bis 2020 wurde eine Senkung der Emissionen um 21 % gegenüber dem Jahr 2005 festgelegt. Zudem wurde der Geltungsbereich deutlich vergrößert und inkludiert auch größere Anlagen zur Metallverarbeitung, Nichteisenmetallherstellung, Gipsherstellung und Prozessanlagen der chemischen Industrie.¹⁷ In Österreich wurde die Richtlinie mit dem **Emissionszertifikatengesetz (EZG 2011; BGBl. I Nr. 46/2004 i.d.g.F)** umgesetzt.¹⁸

- **Effort-Sharing-Entscheidung (ESD)**

Die Minderung der Treibhausgasemission von nicht vom Emissionshandel erfassten Quellen, wie z.B. Verkehr und Gebäude, werden innerhalb der Effort-Sharing-Entscheidung¹⁹ geklärt. Insgesamt sollen die Treibhausgasemissionen um 10 % bis 2020 gegenüber dem Jahr 2005 gesenkt werden. Im Rahmen der Entscheidung wurden die

¹⁴ Vgl. Homepage Europäische Union: Klima- und Energiepaket 2020, http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_de.htm; abgerufen am: 27.12.2017

¹⁵ Vgl. Richtlinie 2003/87/EG

¹⁶ Vgl. Homepage Europäische Union; https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_de; abgerufen am: 28.12.2017

¹⁷ Vgl. Anderl et al.: Klimaschutzbericht 2016; S.64

¹⁸ Vgl. ebenda; S.60

¹⁹ Vgl. Beschluss der Kommission Nr. 2013/162/EU

Prozentsätze der einzelnen Mitgliedsstaaten entsprechend ihrem wirtschaftlichen Wohlstand (pro-Kopf-BIP) aufgeteilt.

Für Österreich galt von 2005 bis 2020 eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 16 %, wobei während der Jahre ein geradliniger Pfad mit jährlichen Emissionszuweisungen bis zum Ziel einzuhalten ist. Nach Änderungen der ursprünglichen Zielwerte aufgrund neuer Berechnungsrichtlinien und aktualisierten Treibhausgaspotenzialen sowie einer Ausweitung des Emissionshandels steht für Österreich ein neuer Zielwert von 48,8 Mio. to CO₂-Äquivalent für 2020 fest. In der Tabelle 2.1 stellen die Werte vom Beschluss Nr. 2013/162/EU die ursprünglich berechneten Emissionszuweisungen dar und die Werte vom Durchführungsbeschluss Nr. 2013/634/EU die Abweichungen aufgrund der neuen genannten Berechnungen dar. Die dritte Zeile gibt somit die endgültigen, richtig berechneten Emissionszuweisungen pro Jahr für Österreich an. Um die Emissionshöchstmenge einzuhalten, ist für Österreich eine Reduktion um 3,8 Mio. to CO₂-Äquivalent im Vergleich zu 2013 notwendig.²⁰

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Beschluss Nr. 2013/162/EU	54.6	54.1	53.5	52.9	52.3	51.7	51.1	50.6
Durchführungsbeschluss Nr. 2013/634/EU	-2.0	-2.0	-1.9	-1.9	-1.9	-1.8	-1.8	-1.8
Emissionszuweisungen	52.6	52.1	51.5	51.0	50.4	49.9	49.3	48.8

Tab.2.1: Emissionszuweisungen an Österreich für 2013-2020 anhand der Treibhausgaspotenziale aus dem vierten IPCC-Sachstandbericht in Mio. to CO₂-Äquivalent^{21,22}

Die EU Effort-Sharing-Entscheidung (ESD) wird in Österreich über das **Klimaschutzgesetz** (KSG; BGBl. I Nr. 106/2011) geregelt. Das Klimaschutzgesetz wurde im Jahr 2013 mit einer Novelle (BGBl. I Nr. 94/2013), welche Höchstmengen für einzelne Sektoren für die Periode 2013 – 2020 vorschreibt, ergänzt.

Für die Einhaltung der sektoralen Höchstmengen wurden Maßnahmen erarbeitet:

- ◆ Steigerung der Energieeffizienz
- ◆ Steigerung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Endenergieverbrauch
- ◆ Steigerung der Gesamtenergieeffizienz im Gebäudebereich
- ◆ Mobilitätsmanagement
- ◆ Abfallvermeidung

²⁰ Vgl. Anderl et al.: Klimaschutzbericht 2015; S.38-42

²¹ Beschluss der Kommission Nr. 2013/162/EU

²² Durchführungsbeschluss der Kommission Nr. 2013/634/EU

Das größte Reduktionspotenzial an Emissionen wird in den Sektoren Verkehr, Gebäude, Energie und Industrie gesehen. Nach Überprüfung der Maßnahmen im Frühjahr 2014 wurde ein zusätzliches Maßnahmenprogramm erarbeitet. Dieses Maßnahmenprogramm erlaubt bei konsequenter Umsetzung eine Treibhausgasreduktion um ca. 1,9 Mio. to CO₂-Äquivalent für das Jahr 2020 im Vergleich zum Basisszenario mit bestehenden Maßnahmen.²³ Anderl et al. bemerken allerdings:

„Die Zielerreichung in den ersten Jahren der Periode erscheint somit (vorbehaltlich witterungsbedingter und konjunktureller Schwankungen) realistisch, während die Einhaltung des Zielpfades gegen Ende der Periode nur mit zusätzlichen Maßnahmen möglich sein wird. Eine schnelle Implementierung dieser Maßnahmen soll auch die langfristige Unterschreitung des Zielpfades gewährleisten.“²⁴

- **Richtlinie erneuerbare Energien**

Die Richtlinie setzt für jedes Mitglied der EU gesondert den Anteil an erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch fest, mit dem Ziel bis 2020 EU-weit einen Gesamtanteil von mindestens 20 % zu erreichen. Zusätzlich wird in der Richtlinie für den Verkehr ein individuelles Sektorziel festgelegt, wobei jedes Mitglied die im Verkehr eingesetzten Energien durch 10 % erneuerbare Energien ersetzen muss.²⁵

Für Österreich ist der Anteil an erneuerbaren Energiequellen bis 2020 auf 34 % des Bruttoendenergieverbrauchs zu erhöhen.²⁶ Seit dem Jahr 2005 ist bereits ein abnehmender Verlauf der Emissionsrate im Sektor Verkehr zu beobachten. Einerseits ist der erhöhte Einsatz von Biokraftstoffen Grund dafür, andererseits diverse Programme und Initiativen von Bund und Ländern, welche versuchen die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) im Verkehr zu mindern. Mit zusätzlichen Maßnahmen gehen aktuelle Szenarien davon aus, dass sowohl das Gesamtziel der Richtlinie als auch das untergeordnete Ziel im Verkehrsbereich erfüllt werden.²⁷

- **Energieeffizienz-Richtlinie**

Mit dieser Richtlinie wurden rechtsverbindliche Energieeffizienzmaßnahmen vorgesehen, zur Förderung des übergeordneten Ziels der Union. Sie soll eine Steigerung der Energie-

²³ Vgl. Anderl et al.: Klimaschutzbericht 2015; S.41-42

²⁴ Anderl et al.: Klimaschutzbericht 2015; S.42

²⁵ Vgl. Richtlinie 2009/28/EG, Artikel 13

²⁶ Vgl. Richtlinie 2009/28/EG, Anhang I

²⁷ Vgl. Anderl et al.: Klimaschutzbericht 2016, S.63

effizienz von 20 % bis 2020 ermöglichen und Energieeffizienzverbesserungen für die Jahre danach bereitlegen.²⁸

Für die Baubranche ist vor allem Artikel sechs der Energieeffizienzrichtlinie von Bedeutung, darin wird eine energieeffiziente Beschaffung durch öffentliche Einrichtungen gefordert. Für die Beschaffung von Produkten, Dienstleistungen und Gebäuden, sollen Zentralregierungen bei der Vergabe mit Auftragswerten oberhalb der maßgeblichen EU-Schwellengrenze mit gutem Beispiel vorangehen und energieeffiziente Entscheidungen treffen. Dabei sollen die Aspekte Kostenwirksamkeit, wirtschaftliche Tragfähigkeit, Nachhaltigkeit im weiteren Sinne und technische Eignung sowie ausreichender Wettbewerb nicht unberücksichtigt bleiben. Für Produkte, Dienstleistungen und Gebäude, abgesehen von den Anforderungen der Energieeffizienzrichtlinie, sollen die öffentlichen Einrichtungen, auch jene auf regionaler und lokaler Ebene, von den Mitgliedstaaten dazu motiviert werden nur Beschaffungen mit hoher Energieeffizienz zu tätigen.²⁹

Für Österreich erfolgt die Umsetzung der Energieeffizienz-Richtlinie mit dem **Energieeffizienzgesetz** (EEffG; BGBl. I Nr.72/2014).³⁰

2.3 Klima- und Energiestrategie Österreich

Das vorher genannte Klima- und Energiepaket der EU wurde 2009 in verbindliche Rechtsakte umgesetzt und somit auch für die Mitgliedsstaaten verpflichtend.

Für Österreich bedeutet das bis 2020 zusammenfassend folgendes:

- die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 21 % für die Emissionshandels-sektoren
- die Reduktion der Treibhausgasemissionen um 16 % für jene Sektoren, die nicht dem Emissionshandel unterliegen
- die Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energiequellen auf 34 %
- die Verbesserung der Energieeffizienz um 20 %

Für die Prozesse der Bauprojektentwicklung ist innerhalb der Energiestrategie Österreichs das Energieeffizienzgesetz von größter Bedeutung, da große Bauunternehmen dazu verpflichtet werden externe Energieaudits bzw. zertifizierte Managementsysteme einzuführen. Nachfolgend werden die gesetzlichen Bestimmungen und die nach dem EEffG verpflichtenden Energieaudits und anerkannten Managementsystem allgemein erklärt. Die einzelnen Systeme und deren Umsetzung in der Baubranche werden im Kapitel 4.3 und 4.2.2 untersucht.

²⁸ Vgl. Richtlinie 2012/27/EU

²⁹ Vgl. Richtlinie 2012/27/EU; Artikel 6

³⁰ Vgl. Anderl et al.: Klimaschutzgesetz 2016; S.64

2.3.1 Energieeffizienzgesetz

Das Bundes-Energieeffizienzgesetz³¹ wurde am 9. Juli 2014 beschlossen und kurz darauf am 11. August 2014 im Bundesgesetzblatt kundgemacht.

Ziel des Gesetzes ist die Umsetzung der EU-Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz. Gleichzeitig soll durch das Gesetz die Reduktion von Treibhausgasen und eine Steigerung der erneuerbaren Energieanteile im Energiemix erzielt werden. Durch eine Senkung des Energieverbrauchs und der Energiezufuhr soll eine bessere Versorgungssicherheit erreicht werden. Eine Forcierung der Energieeffizienz soll den Umstieg auf eine energieeffiziente Wirtschaft und technologische Innovationen vorantreiben sowie die Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Industrie steigern.

Zudem ergeben sich nach Schätzungen der Europäischen Kommission durch die Umsetzung für Österreich eine Steigerung des Bruttoinlandsprodukts um 550 Mio. Euro sowie 6.400 neue Arbeitsplätze. Erwartet wird dies durch die erhöhte Nachfrage nach Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen.³²

Für Unternehmen wirkt sich das Gesetz folgendermaßen aus:³³

1. Große energieverbrauchende Unternehmen haben die Möglichkeit ein zertifiziertes Energie- oder Umweltmanagementsystem bzw. ein gleichwertiges, innerstaatlich anerkanntes Managementsystem zu implementieren oder alle vier Jahre ein externes Energieaudit (EA) durchzuführen. Bei der Implementierung eines Managementsystems muss zusätzlich regelmäßig ein internes oder externes Energieaudit erfolgen.

Kleinere bis mittlere Unternehmen (KMU) können nach Möglichkeit in regelmäßigen Abständen eine Energieberatung durchführen, deren Ergebnisse dokumentieren und der nationalen Energieeffizienz-Monitoringstelle melden lassen.

2. Sobald Energielieferanten mehr als 25 GWh an österreichische Endenergieverbraucher absetzen, haben diese eine Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen bei ihren eigenen oder fremden Endkunden oder bei sich selbst im Umfang von 0,6 % ihrer Vorjahresenergieabsätze nachzuweisen. Diese Regelung bedeutet nicht, dass es zu einer Reduktion des Energieverbrauchs kommen muss, da nur entscheidend ist, ob das Input-Output-Verhältnis z.B. eines Gerätes oder Prozesses verbessert wurde.

³¹ Vgl. EEffG, BGBl. I Nr. 72/2014

³² Vgl. BMWFV: Kerninhalte des Energieeffizienzgesetzes; 2016

³³ Vgl. EEffG; BGBl. I Nr.72/2014; 2.Teil; S.7-8

Mit 1. Jänner 2015 begann laut dem Energieeffizienzgesetz in Österreich für große Unternehmen die Verpflichtung zur Durchführung von Energieaudits oder zur Einführung von Energie- oder Umweltmanagementsystemen. Die Feststellung – wer als großes Unternehmen gilt – wird durch die Energieeffizienzrichtlinie vorgegeben, die wiederum auf die Definition von KMU-Unternehmen der Europäischen Kommission verweist. Dort werden Schwellenwerte für die Anzahl der Beschäftigten, den Umsatz und die Bilanzsumme definiert. Eine Einordnung ist mit Hilfe der Tabelle in Abbildung 2.1 zu bestimmen. Hat ein Unternehmen zum Beispiel 250 Beschäftigte oder mehr, ist es jedenfalls als großes Unternehmen zu definieren. Sind weniger als 250 Mitarbeiter im Unternehmen beschäftigt, so ist es nur dann als großes Unternehmen zu definieren, wenn die beiden anderen Schwellenwerte Umsatz und Bilanzsumme überschritten werden.³⁴

Kennzahlen	Schwellenwerte	über (↑) oder unter (↓) den Schwellenwerten?									
		↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Beschäftigte	≤ 249	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Umsatz	≤ EUR 50 Mio.	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↓	↓
Bilanzsumme	≤ EUR 43 Mio.	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↑
				KMU (nicht verpflichtet)			Großes Unternehmen (verpflichtet)				

Abb.2.1: Definition der Unternehmensgröße³⁵

Bezogen auf die Baubranche ergeben sich in Österreich 24 Bauunternehmen, die durch das Bundesenergieeffizienzgesetz dazu verpflichtet sind ein Energieaudit durchzuführen oder ein anerkanntes Managementsystem zu implementieren.³⁶

2.3.2 Energieaudits und anerkannte Managementsysteme

Ein **Energieaudit** ist eine Identifikation des Energieeinsatzes und des Energieverbrauches in den drei Bereichen „Gebäude“, „Prozesse“ und „Transport“ eines Unternehmens. Ziel des Energieaudits ist es, Energieflüsse und Potenziale zur Energieeffizienzsteigerung zu erkennen und zu dokumentieren.

Beim Energieverbrauch "Gebäude" ist wichtig, wer der Nutzer und somit der Endenergieverbraucher des Gebäudes ist. Es geht um nicht industriell genutzte Gebäude wie z.B. die Firmensitze der Bauunternehmen. Erfasste Energieflüsse wären dabei die Heizungs- und Kühlungssysteme, Wassersysteme für Sanitärbereiche, Beleuchtung etc. Unter dem

³⁴ Vgl. Homepage Austrian Energy Agency; <https://www.monitoringstelle.at/index.php?id=585>; abgerufen am 28.12.2017

³⁵ Homepage Austrian Energy Agency; <https://www.monitoringstelle.at/index.php?id=585>; abgerufen am: 28.12.2017

³⁶ Vgl. Schoberberger: Das Bundesenergieeffizienzgesetz und die Auswirkung auf die Baubranche; 2016; S.10

Bereich "Prozesse" werden Herstellungsverfahren und zugehörige Prozesse der Industrie verstanden. Darunter fallen vor allem die Prozesse auf der Baustelle. Unter anderem umfasst dies den Energieverbrauch von Baumaschinen sowie von Geräten wie Hebe- und Krananlagen, Druckluftanlagen und Kompressoren, aber z.B. auch Beleuchtung und IT-Infrastruktur für die Baustelleneinrichtung. Für den Bereich "Transporte" sind direkte Energieflüsse aus Beförderungs- bzw. Transportprozessen zu auditieren.

Generell sind nur direkte Verbräuche des Unternehmens zu auditieren. Die indirekten Energieverbräuche aus Leistungen Dritter können im Rahmen der Energieaudits vernachlässigt werden. Außerdem gilt ein Bereich nur dann zu auditieren, wenn dieser jeweils mindestens 10 % Anteil am Gesamtenergieverbrauch des gesamten Unternehmens in Österreich hat.

Externe Energieaudits werden von externen, nach dem EEffG qualifizierten Energieauditoren durchgeführt. Sie müssen im öffentlichen Register der qualifizierten Energiedienstleister eingetragen sein. *Interne Energieaudits*, wie sie im Zusammenhang mit der Implementierung eines Managementsystems vorkommen, können von sogenannten internen Energieauditoren durchgeführt werden. Jene sind fachkundige Angestellte des Unternehmens, welche die Anforderungen des EEffG zu erfüllen haben.³⁷

Ein **Managementsystem** ist ein System, das den Unternehmen hilft Energieflüsse zu erfassen, um basierend darauf Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu treffen und langfristig Kosten zu sparen. Durch die Einführung eines Managementsystems kann sichergestellt werden, dass definierte Ziele umgesetzt werden und in jeder Phase steuerbar sind. Es braucht klare Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten und Betriebsabläufe sowie definierte Kontrollsysteme.³⁸

Laut § 9 (2) lit. b Energieeffizienzgesetz werden folgende Managementsystem akzeptiert:

- ◆ Energiemanagementsystem nach ISO 50001
- ◆ Umweltmanagementsystem nach ISO 14001
- ◆ EMAS – Eco Management und Audit Scheme
- ◆ Einem Energiemanagement- oder Umweltmanagementsystem gleichwertiges, innerstaatlich anerkanntes Managementsystem

³⁷ Vgl. Homepage Austrian Energy Agency; <https://www.monitoringstelle.at/index.php?id=700>; abgerufen am: 28.12.2017

³⁸ Vgl. Homepage Austrian Energy Agency; <https://www.monitoringstelle.at/index.php?id=700>; abgerufen am: 28.12.2017

3 Begriffsdefinition

Die für die Diplomarbeit wesentlichen Begrifflichkeiten werden in der Literatur und dem allgemeinen Sprachgebrauch teilweise unterschiedlich verwendet. Für eine erste Näherung an die in Kapitel 1 dargestellten Leitfragen ist es daher wichtig, die theoretischen Grundlagen genauer zu erläutern.

Es werden zuerst die globalen Umweltaspekte definiert sowie der Begriff der ökologischen Nachhaltigkeit erklärt, um in späterer Folge auf die Bewertung der Nachhaltigkeit im Prozess der Bauprojektentwicklung durch ökologische Aspekte einzugehen.

Anschließend erfolgt eine Klassifizierung der Bauwirtschaft, aufgeteilt in die Sparten Hochbau und Tiefbau. Darauf aufbauend werden die Prozesse der Bauprojektentwicklung und deren Projektbeteiligte genauer definiert und abgegrenzt. Es gibt in der Literatur keine einheitliche Regelung, ob die Projektentwicklungs- und Planungsphase Bestandteil der Bauprojektentwicklung sind oder ob sich die Abwicklung von Bauprojekten lediglich mit den wertschöpfenden Prozessen beschäftigt.^{39,40}

Die Diplomarbeit befasst sich im Wesentlichen mit der Ausführungsphase – also dem wertschöpfenden Herstellungsprozess eines Bauwerks auf der Baustelle.

Jedoch beeinflusst der vorangestellte Planungs- und Beschaffungsprozess stark die Integration von Umwelanforderungen in der Bauprojektentwicklung und es wird nachfolgend der Prozess der Planung und Beschaffung neben der Ausführungsphase genauer beschrieben.

3.1 Globale Umweltaspekte

Zentrales Thema in den Nachhaltigkeitsanstrengungen stellt der Klimaschutz dar, verbunden mit dem anthropogenen CO₂-Ausstoß. Die Risiken im Zusammenhang mit der globalen Erderwärmung können nur durch eine Reduktion der produzierten Treibhausgase verringert werden. Von großer Bedeutung sind dabei ein rücksichtsvoller und sparsamer Umgang mit natürlichen Ressourcen. Der Verbrauch von nicht erneuerbaren Rohstoffen kann durch effizientes und verantwortungsbewusstes Ressourcenmanagement minimiert werden. Förderungen von Energieeffizienzmaßnahmen und umweltfreundlichen Technologien können dem Klimawandel entgegenwirken.

Außerdem lohnt sich eine Steigerung der Energieeffizienz für jedes Unternehmen. Zum einen entstehen geringere Kosten, zum anderen ergibt sich eine erhöhte Versorgungssi-

³⁹ Vgl. Karlstedt: Qualitätskennzahlen im Projektmanagement; 2014; S.13

⁴⁰ Vgl. Homepage Projektmagazin; <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/projektentwicklung>; abgerufen am: 28.12.2017

cherheit. Energieeffizientes Handeln kann die Importabhängigkeit von fossilen Rohstoffen verringern und erhöht somit die Absicherung vor extrem schwankenden Energiepreisen.⁴¹ Verdeutlicht und grafisch dargestellt in Abbildung 3.1 wird dieses Kostenrisiko durch die Energiepreissituation in Österreich, die mit der Preisentwicklung auf den internationalen Märkten naturgemäß verbunden ist.

Die Entwicklung der letzten Jahre kann am besten durch den Energiepreisindex (EPI) als Bestandteil des Verbraucherpreisindex (VPI) beschrieben werden. Der EPI wird monatlich von der Österreichischen Energieagentur veröffentlicht. Seit 1986 hat sich der in Abbildung 3.5 grafisch dargestellte EPI mit einem Anstieg von fast 98 % quasi verdoppelt. Nach dem enormen Anstieg im Jahr 2008 kam es dann im Jahr 2009 zu einer deutlichen Entspannung des Preisniveaus. Anschließend kam es in den Jahren 2010 bis 2013 wieder zu einem Preisanstieg und sogar der reale EPI lag 2013 um fast 10 % über dem Basisjahr 1986.⁴²

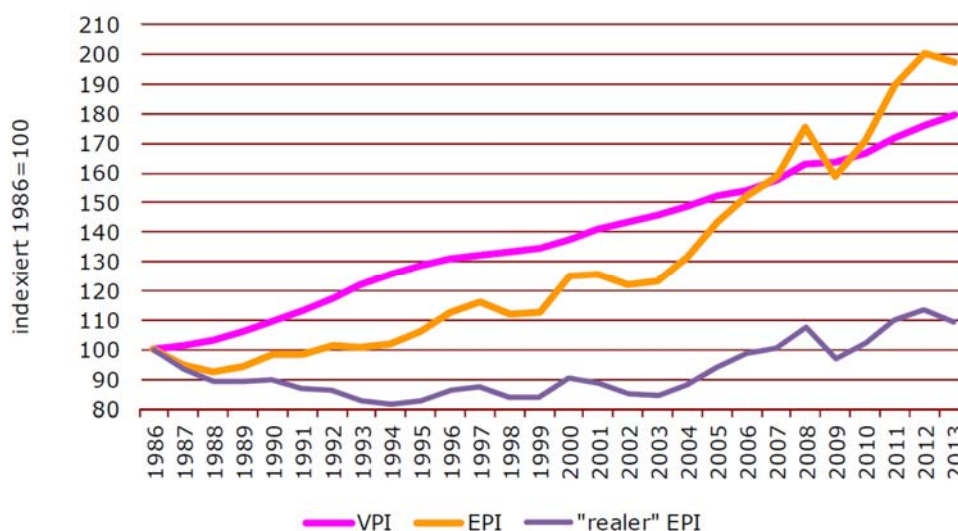


Abb.3.1: Entwicklung des Verbraucherpreis- und Energiepreisindex⁴³

Vor diesem Hintergrund erscheinen Energieeffizienzmaßnahmen in der Bauprojektentwicklung immer notwendiger und werden für Bauunternehmen darüber hinaus zu einem Wettbewerbsvorteil.

Nachfolgend werden die Grundlagen der Treibhausgasemissionen, der Ressourcen und des Begriffs Energie erläutert, um in weiterer Folge auf die Energieeffizienz und die Ökoeffizienz eingehen zu können.

⁴¹ Vgl. Helmus et al.: Energieeffizienz im Baubetrieb – Potenziale systematisch nutzen; 2013; S.2

⁴² Vgl. BMWFW: Energiestatus Österreich 2015; S.91-92

⁴³ BMWFW: Energiestatus Österreich 2015; S.92

3.1.1 Treibhausgasemissionen

Der Treibhauseffekt der Atmosphäre ist ein natürlicher Vorgang, der seinen eigenen Regulationsmechanismen hat. Ein Großteil der Sonnenstrahlen durchdringt die Atmosphäre bis zur Erdoberfläche. Diese werden dort in Wärmestrahlen umgewandelt und von der Erde wiederum reflektiert. Treibhausgase in der Atmosphäre verhindern, dass Teile dieser Wärmestrahlung wieder ins Weltall entweichen. Die Wärmestrahlen verbleiben also in der Atmosphäre und erwärmen die Erdoberfläche auf eine globale Durchschnittstemperatur von etwa 15°C. Ohne natürlichen Treibhauseffekt betrüge die globale Durchschnittstemperatur nur -18°C und ein Leben auf dem Planeten Erde wäre nicht möglich.

Seit Beginn der Industrialisierung trägt der Mensch durch seine Lebensweise einen bedeutenden Anteil am Treibhauseffekt bei. Die Verbrennung fossiler Energieträger, die Rodung von Wäldern oder andere Aktivitäten wie die Zementherstellung führen zu einer Verstärkung des Treibhauseffekts. Diese Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts wird als anthropogener Treibhauseffekt bezeichnet. Durch den vermehrten Ausstoß bestimmter Treibhausgase, besonders Methan und Kohlendioxid, kommt es zu einer Störung des natürlichen Gleichgewichts der Atmosphäre und erheblichen Folgen für das globale Klima. Aufgrund der Emissionen aus menschlichen Aktivitäten stieg in den letzten 50 Jahren der CO₂-Gehalt kontinuierlich, welcher mehr als 50 % des anthropogenen Treibhauseffekts ausmacht.⁴⁴

Die CO₂-Konzentration der vorindustriellen Zeit von 280 ppm (parts per million) ist mittlerweile um über 40 % auf erstmals 400 ppm im Jahr 2015 angestiegen.⁴⁵ Messungen anhand von Eiskernbohrungen in der Antarktis zeigen, dass die gegenwärtige CO₂-Konzentration höher als in den letzten 800.000 Jahren ist, vermutlich höher als in den letzten 20 Mio. Jahren.⁴⁶ Die Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts werden zwar nach wie vor stark diskutiert, allerdings werden massive Veränderungen der Ökosysteme und damit enorme Auswirkungen auf die Umwelt befürchtet. So kommt der Weltklimarat IPCC (2015) in seinem neuesten Bericht zum Entschluss, dass der größte Teil der beobachteten globalen Erwärmung der letzten Jahrzehnte mit über 90 prozentiger Wahrscheinlichkeit auf die vom Menschen verursachten Treibhausgasemissionen zurückzuführen ist.

⁴⁴ Vgl. Seidel; Uhlenbrock: Infoblatt Treibhauseffekt; 2017; S.1

⁴⁵ Vgl. Homepage WeltN24 GmbH; <https://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article140631683/So-viel-Treibhausgas-wie-nie-in-der-Atmosphaere.html>; abgerufen am: 28.12.2017

⁴⁶ Vgl. Homepage BBC; <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/5314592.stm>; abgerufen am: 28.12.2017

3.1.2 Ressourcen

Unter Ressourcen werden Mittel wie Geld, Personen, Arbeitszeiten sowie Energie verstanden. Ressourcen sind der Kern aller Bautätigkeiten. Die Transformation von Ressourcen in Güter und Dienstleistungen entlang der Wertschöpfungskette erlaubt es, ein Bauwerk herzustellen. Genutzt werden dabei sowohl abiotische Rohstoffe (fossile Energieträger wie Kohle, Erdgas, Erdöl, Erze und mineralische Rohstoffe) als auch biotische Rohstoffe (erneuerbare Ressourcen pflanzlichen und tierischen Ursprungs wie z.B. Holz) aber auch Wasser, Boden, Flächen für Rohstoffentnahmen (Steinbrüche, Kiesgruben) und Verkehr. Flächen werden zwar auch vom Bauwerk selbst beansprucht, dies bezieht sich aber auf die Nutzungsphase und weniger auf den Prozess der Bauprojektentwicklung.⁴⁷

Die Problematik des Ressourcenverbrauchs sind die Verknappung der Rohstoffe, besonders fossiler Rohstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas sowie die mit der Nutzung von Ressourcen verbundenen Auswirkungen auf die Umwelt. Jede Entnahme und Aufbereitung eines Rohstoffes stellt eine Belastung der Umwelt dar, wie unter anderem Bodendegradierung, Wasserknappheit, verstärkter Klimawandel. In der Bauprojektentwicklung verursacht die Inanspruchnahme von Ressourcen, von der Rohstoffgewinnung und Aufbereitung über die Transportleistungen bis hin zur Produktherstellung, große Mengen an CO₂ und ist mit anderen negativen Umweltauswirkungen verbunden. Weitere Folgen sind erhöhte Energiepreise und eine Verstärkung der Verteilungskämpfe. Die Zunahme der Weltbevölkerung und des Wohlstandes in den Schwellenländern verschlimmern die globale Ressourcenverknappung, sowohl für die gegenwärtig als auch die zukünftige Generation.⁴⁸

Unter der Ressourceneffizienz versteht sich, mit möglichst wenig Ressourcen möglichst viel Wirkung und Nutzen zu erzeugen, damit Rohstoffe und Materialien nicht verschwendet werden. Dies bedeutet in der Praxis Mittel zu verwenden, die schon vorhanden sind bzw. nur so viele Ressourcen zu verwenden, wie notwendig ist. Im Bausektor kann Ressourceneffizienz erzielt werden, indem z.B. die Transportwege zu und auf der Baustelle möglichst kurz gehalten werden, wenig Verpackungsmaterial für Baustoffe verwendet wird und ein großer Anteil an Verschnitten vermieden wird. Aber auch der Einsatz von energieeffizienten Geräten und Baumaschinen sowie ökologisch vorteilhafte Baustoffe tragen positiv zur Ressourceneffizienz bei. Werden Baustoffe z.B. aus Holz hergestellt, wird dabei ein Rohstoff verwendet, der regelmäßig nachwächst. Es besteht auch die Möglich-

⁴⁷ Vgl. Asam: Die Entwicklung der Ressource im Bauwesen, 2015, S.2-5

⁴⁸ Vgl. Homepage Umweltbundesamt; <http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen>; abgerufen am: 28.12.2017

keit beim Einsatz von Baumaschinen und -geräten Biomasse als nachwachsenden Rohstoff oder sogar Wind- und Solarenergie sowie Wasserkraft einzusetzen.⁴⁹

3.1.3 Energie

Energie ist eine physikalische Grundgröße und ist die Fähigkeit eines Systems Arbeit zu leisten. Sie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, sondern unterschiedliche Energieformen können unter bestimmten Umständen ineinander umgewandelt werden. Energie ist also eine Erhaltungsgröße und kommt in verschiedenen Formen vor: Wärmeenergie, Lichtenergie, mechanische, chemische und elektrische Energie, nukleare Energie etc. Die physikalische Einheit für die Energiemessung ist Joule (J). Es haben sich für einzelne Erscheinungsformen auch andere Einheiten etabliert und statt der Energie wird oft auch die Leistung betrachtet. Leistung ist das Verhältnis aus Energie und der Zeit, in der diese Energie benötigt wird. Zum Beispiel wird elektrische Energie meist in Kilowattstunden (kWh) gemessen.^{50,51}

Der Energiebedarf wird zum größten Teil weltweit von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdgas und Erdöl gewonnen. Fossile Energieträger bestehen aus chemischen Verbindungen und sind über einen langen erdgeschichtlichen Zeitraum aus pflanzlichen und tierischen Organismen entstanden. Sie stellen die gespeicherte Strahlungsenergie der Sonne dar und bei ihrer Verbrennung wird neben Energie das vor Millionen Jahren gebundene Kohlenstoffdioxid freigesetzt.⁵²

Im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern gibt es regenerative Energieträger, die sich von selbst oder innerhalb weniger Jahre erneuern. An primärer Stelle steht dabei die Sonnenenergie in ihren vielen Erscheinungsformen als mechanische Energie von Wind und Wasser, als gespeicherte chemische Energie in Biomasse und als elektromagnetische Strahlungsenergie etc. Neben der Sonnenenergie kommt der inneren Energie der Erde, also der Erdwärme, noch eine große Bedeutung als Energieträger zu.⁵³

Bevor die enthaltene Energie der Energieträger genutzt werden kann, müssen diese zuerst durch technische Prozesse umgewandelt werden. Man unterscheidet hauptsächlich zwischen Primärenergie, Endenergie und Nutzenergie.

⁴⁹ Vgl. Homepage e-genius;
http://www.egenius.at/fileadmin/user_upload/nachhaltiges_bauen/05_wie_knnen_ressourcen_beim_bauen_effizient_genutzt_werden.html; abgerufen am: 28.12.2017

⁵⁰ Vgl. Schabbach; Wesselak: Energie – die Zukunft wird erneuerbar; 2012; S.25-26

⁵¹ Vgl. Diekmann; Rosenthal: Energie - Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung; 2014, S.1-2

⁵² Vgl. Schabbach; Wesselak: Energie – die Zukunft wird erneuerbar; 2012; S.28; S.38

⁵³ Vgl. Schabbach; Wesselak: Energie – die Zukunft wird erneuerbar; 2012; S.68-69

Die **Primärenergie** bezeichnet die Energie in ihrem natürlich vorkommenden Zustand vor dem Umwandlungsprozess. Beispiele dafür sind fossile Energieträger in Form von Kohle, Erdgas, Rohöl und auch regenerative Energieträger wie Wind und Sonne. Die **Endenergie** ist der nach Umwandlungsprozessen übrig gebliebene Teil der primären Energie, welche vom Letztverbraucher benötigt wird, wie z.B. Strom, Heizöl, gereinigtes Erdgas, Fernwärme, Benzin und Diesel. Aufgrund von Übertragungsverlusten ist der Primärenergiebedarf immer höher als der Endenergiebedarf. Die **Nutzenergie** ist die Energieform nach weiteren Umwandlungsprozessen, welche direkt für den Anwendungszweck beansprucht wird, z.B. in Form von Heizwärme, Licht, Druckluft oder Bewegungsenergie.^{54,55}

Energieeffizienz

Der richtige Weg zu einer ökologisch nachhaltigen Bauprojektentwicklung ist die Energieeffizienz. Wenn es gelingt den Energieverbrauch bei der Herstellung von Gebäuden und Infrastruktur zu reduzieren, werden dadurch gleich zwei Aspekte berücksichtigt: Einerseits entstehen weniger CO₂-Emissionen, andererseits ergeben sich deutlich geringere Produktionskosten. Es stellt sich die Frage: Was bedeutet Energieeffizienz nun überhaupt?

Der Begriff Energieeffizienz wird unterschiedlich ausgelegt und es ist schwer eine allgemein gültige Definition zu finden. Das Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie bezieht Effizienz auf das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand. Demnach wird unter der Energieeffizienz das Verhältnis zwischen erzieltm Nutzen und eingesetzter Energie verstanden. Es werden drei unterschiedliche Perspektiven betrachtet:

- ◆ In der **gesamtwirtschaftlichen Perspektive** wird die Energieeffizienz durch die Energieintensität oder ihrem Kehrwert, die Energieproduktivität, beschrieben. Energieintensität ist das Verhältnis vom Primärenergieverbrauch zum Bruttoinlandsprodukt bzw. zur Bruttowertschöpfung oder Primärenergieverbrauch je Einheit wirtschaftlicher Produktion.
- ◆ In der eher **ingenieurwissenschaftlich** geprägten **Perspektive** wird unter Energieeffizienz der Wirkungsgrad der Umwandlung gesehen. Der Nutzungsgrad errechnet sich aus dem Verhältnis von Endenergie oder Nutzenergie zur zugeführten Energie. Zum Beispiel stellt die abgegebene mechanische Energie eines Elektromotors die Nutzenergie dar und die elektrische Energie die dem Motor zugeführte Energie dar. Der Wirkungsgrad beschreibt somit die Effizienz des Umwandlungsprozesses einer technischen Anlage oder eines Gerätes.

⁵⁴ Vgl. Schabbach; Wesselak: Energie – die Zukunft wird erneuerbar; 2012; S.29-30

⁵⁵ Vgl. Diekmann; Rosenthal: Energie - Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung; 2014, S.4

- ◆ In Bezug auf **soziale Aspekte** wird unter Energieeffizienz (bzw. Endenergieeffizienz) das Verhältnis von aufgewendeter Energie zur Befriedigung energierelevanter Bedürfnisse verstanden. Eine Steigerung der Energieeffizienz bedeutet demnach, weniger Endenergie bei gleichem Maß an Energie- oder Mobilitätsdienstleistungen. Durch technische, institutionell-organisatorische, verhaltensbezogene Maßnahmen oder durch energiebewusstes Nutzungsverhalten können Energiesparhandlungen erzielt und die Energieeffizienz verbessert werden.⁵⁶

Im Zusammenhang mit *Energieeffizienz* wird oft der Begriff *Energiesparen* verwendet. Die Erhöhung der Energieeffizienz kann als Teilgebiet des Energiesparens gesehen werden. Beim Energiesparen geht es zusätzlich noch um den vollkommenen oder teilweisen Verzicht von Energie- oder Mobilitätsleistungen. Irrek et al. führt dazu an:

*„Energiesparen bzw. Energieverbrauchsvermeidung ist zusätzlich auch durch die teilweise oder vollständige Verzichtbarkeit oder Substitution der Inanspruchnahme bzw. Benutzung von energierelevanten Produkten oder Dienstleistungen möglich. Dabei geht es letztlich um den Erhalt bzw. die Ermöglichung von energieverbrauchsfreieren Nutzengenerierungen und somit die Begrenzung des Wachstums an Abhängigkeit von energieverbrauchenden Produkten, Infrastrukturen und Dienstleistungen.“*⁵⁷

Darunter versteht sich zum Beispiel der Tausch von einem Sonntagsausflug mit dem Auto gegen einen Spaziergang in der Umgebung. Wohingegen das Absenken der Raumtemperatur in einem zuvor überhitzten Baucontainer, unter das Vermeiden von Verschwendung fällt und somit zu einer Maßnahme der Energieeffizienz zählt.

Außerdem sind die Begriffe *Effizienz* und *Effektivität* zu unterscheiden. Effektivität bedeutet ein definiertes Ziel unter Einsatz aller Mittel zu erreichen. Bei der Effizienz soll ein definiertes Ziel unter optimalen Einsatz der Mittel erreicht werden.⁵⁸ Drucker schrieb dazu bereits 1963 in einem Artikel im Harvard Business Review:

*“It is fundamentally the confusion between effectiveness and efficiency that stands between doing the right things and doing things right. There is surely nothing quite so useless as doing with great efficiency what should not be done at all.”*⁵⁹

Dies wird im Deutschen gerne übersetzt als: „Effektivität ist die richtigen Dinge zu tun; Effizienz ist die Dinge richtig zu tun.“ Effizienz als Grad für die Wirtschaftlichkeit setzt somit Effektivität als Grad der Zielerreichung voraus und geht darüber hinaus.

⁵⁶ Vgl. Irrek et al.: Definition Energieeffizienz; 2008; S.1-3

⁵⁷ Irrek et al.: Definition Energieeffizienz; 2008; S.5

⁵⁸ Vgl. Pehnt: Energieeffizienz - Definitionen, Indikatoren, Wirkungen; 2010, S.1-2

⁵⁹ Drucker: Managing for Business Effectiveness; 1963; S.3

Mit der Berücksichtigung des Klimawandels und dessen globalen Auswirkungen, ist das Hauptziel einen Zusammenschluss zwischen Ökologie und Wirtschaftlichkeit zu finden. Ökonomische und ökologische Maßnahmen grenzen sich im Bezug auf Effizienz nicht gegenseitig aus, sondern gehen vielmehr Hand in Hand.

Wird Effizienz auf die Bauprojektentwicklung bezogen, ist das definierte Ziel die Fertigstellung des Bauwerks nach eindeutig vorgegebener Planung, welches vom Auftragnehmer unter dem geringst möglichen Mitteleinsatz ausgeführt wird. Dabei erfordert die Auftragsabwicklung sowohl ökologische als auch ökonomische Effizienz, denn eine Reduktion der Kosten geht mit der Reduktion des Energieverbrauchs einher. Je weniger Ressourcen benötigt werden um ein Bauwerk zu erstellen, umso niedriger sind die anfallenden Kosten.⁶⁰

Für diesen Zusammenschluss von ökologischer und ökonomischer Effizienz wird gerne auf das Wort Ökoeffizienz zurückgegriffen. Im Jahr 1991 wurde der Begriff Ökoeffizienz erstmals vom Wirtschaftsrat für nachhaltige Entwicklung WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) hervorgebracht. Er definiert:

*„Eco-efficiency is achieved by the delivery of competitively-priced goods and services that satisfy human needs and bring quality of life, while progressively reducing ecological impacts and resource intensity throughout the life-cycle to a level at least in line with the earth's estimated carrying capacity. In short, it is concerned with creating more value with less impact.“*⁶¹

Der Wirtschaftsrat weist außerdem darauf hin, dass es wichtig ist zu verstehen, dass sich Ökoeffizienz nicht nur mit den bereits existierenden Prozessen beschäftigt, sondern vielmehr neue Innovationen und Kreativität hervorbringen soll. Ökoeffizienz ist außerdem nicht nur auf einen bestimmten Bereich wie zum Beispiel dem Herstellungsprozess begrenzt, sondern soll die gesamte Wertschöpfungskette inkludieren.⁶² Dies kann für Bauunternehmen neben den direkten Prozessen auf der Baustelle Herausforderungen für die Management- und Führungspositionen, die Marketingabteilung, dem Einkauf und sogar für die Finanzierungsabteilung bedeuten.

3.2 Ökologische Nachhaltigkeit

Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen Maßnahmen für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung. Allerdings ist es oft unklar, was unter „ökologisch nachhaltig“ verstanden

⁶⁰ Vgl. Helmus et al.: Entwicklung von Energiekonzepten zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes auf Baustellen; 2011; S.97

⁶¹ Lehni: Eco-efficiency-Creating More Value with Less Impact; 2000; S.4

⁶² Vgl. Lehni: Eco-efficiency-Creating More Value with Less Impact; 2000; S.4

werden soll. Die ökologische Nachhaltigkeit gilt als Teilaspekt der Nachhaltigkeit. Daher wird in diesem Zusammenhang zuerst der Begriff der Nachhaltigkeit definiert und in weiterer Folge, neben den sozialen und wirtschaftlichen Aspekten, insbesondere auf die ökologischen Aspekte eingegangen. Darauf aufbauend kann auf die ökologischen Aspekte der Nachhaltigkeit im Zusammenhang mit dem Prozess der Bauprojektentwicklung eingegangen werden.

3.2.1 Begriff der Nachhaltigkeit

Der Begriff taucht im deutschen Sprachraum zum ersten Mal in Zusammenhang mit der Waldwirtschaft im 18. Jahrhundert auf. Hans Carl von Carlowitz definierte in seinem Buch „Sylvicultura Oeconomica“ im Jahr 1713 „Nachhaltigkeit“ als die Bewirtschaftung von Wäldern, bei der nur so viel Holz abgeschlagen werden sollte, wie in absehbarer Zeit auf natürliche Weise nachwächst. Heute wird das Thema Nachhaltigkeit von den unterschiedlichsten Interessensgruppen aufgegriffen und es ergibt sich eine große Vielfalt an Definitionen. Eine der gebräuchlichsten ist jene aus dem Brundtland-Bericht der Vereinten Nationen von 1987:

„Dauerhafte (nachhaltige) Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihr eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“⁶³

Diese Definition stellt die Bedürfnisse der Menschen in den Vordergrund, sowohl der gegenwärtig lebenden und die Beziehungen derer, als auch der Zukünftigen. Zum einen wird der gerechte Ausgleich zwischen den Bedürfnissen der Menschen in Industrie- und Entwicklungsländer angesprochen. Zum anderen wird darauf hingewiesen, dass eine nachhaltige Entwicklung nur besteht, wenn die Bedürfnisse der zukünftigen Generationen nicht durch die Lebensweise der gegenwärtigen Menschen beeinträchtigt werden.

Der Nachhaltigkeitsbegriff lässt sich schwer mit nur einer Definition erklären. Vielmehr versteht sich darunter die Summe zahlreicher Definitionen, welche unterschiedliche Schwerpunkte der Nachhaltigkeit berücksichtigen. Es fällt beim Definieren des Begriffs auf, dass:

- ◆ *„Nachhaltigkeit stets auf die Gegenwart und Zukunft ausgerichtet ist und somit ein zeitlicher Bezug gegeben ist.*
- ◆ *Ressourcen, materielle/immaterielle Güter, ökonomische/ökologische Einheiten etc., geschützt werden sollen, insbesondere wenn diese nicht erneuerbar sind.*

⁶³ Hauff: Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung; 1987; S.46

- ◆ *Der Fortbestand eines Bezugsobjektes kurz- und langfristig sichergestellt werden soll.*⁶⁴

Eine breite Akzeptanz findet die Umsetzung der Nachhaltigkeit mittels der drei Dimensionen *Ökonomie*, *Ökologie* und *Soziales*. Diese drei Dimensionen wurden bereits im Brundtland-Bericht erwähnt und sind die Grundlage für die meisten Bewertungsmodelle der Nachhaltigkeit.

Ziel der *ökonomischen Nachhaltigkeit* ist die Stärkung der Wirtschaftskraft und der Schutz vor der Ausbeutung der wirtschaftlichen Ressourcen, sodass dauerhaft eine tragfähige Grundlage für Erwerb und Wohlstand geboten wird.

Ziel der *sozialen Nachhaltigkeit* ist die Entwicklung zu einer auf Dauer zukunftsfähig und lebenswerten Gesellschaft. Der gesellschaftliche Zusammenhalt in Humanität, Freiheit und Gerechtigkeit spielt dabei eine Rolle, aber auch in Organisationen wie in Unternehmen oder Interessensgruppen ist der soziale Zusammenhalt von wesentlichem Interesse für eine nachhaltige Entwicklung.

Ziel der *ökologischen Nachhaltigkeit* ist die Erhaltung der ökologischen Systeme. Dies umfasst Klimaschutz, Erhalt der Artenvielfalt, Pflege und Erhalt von Landschafts- und Kulturräumen in ihrer ursprünglichen Gestalt sowie ein schonender Umgang mit der natürlichen Umgebung. Zudem bilden die Ökosysteme die Lebensgrundlage aller menschlichen Aktivitäten. Unter Berücksichtigung der ökologischen Nachhaltigkeit fällt also nicht nur der Schutz der Natur sondern im Sinne auch der Schutz der Gesundheit der Menschen. Einer der wichtigsten Teilaspekte, die innerhalb der ökologischen Nachhaltigkeit zu beachten sind, ist mit Sicherheit der Klimaschutz, verbunden mit dem CO₂-Ausstoß.^{65,66}

3.2.2 Schwache und starke Nachhaltigkeit

Bezogen auf die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit und ihre Gewichtung wird in der wissenschaftlichen Nachhaltigkeitsdiskussion zwischen „schwacher“ und „starker“ Nachhaltigkeit unterschieden.

Im Rahmen der „schwachen“ Nachhaltigkeit wäre es akzeptabel, dass sich Naturkapital durch Human- und Sachkapital gegeneinander aufheben lassen. Naturkapital umfassen Umweltgüter wie fossile Stoffe, die biologische Vielfalt und andere Leistungen der Ökosysteme. Human- und Sachkapital umfassen Ressourcen wie Infrastruktur, Arbeit, Wis-

⁶⁴ Vgl. Homepage IHK Nürnberg für Mittelfranken; https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm?sid=p0iul87t4m5i09m1itmghvidp5; abgerufen am: 28.12.2017

⁶⁵ Vgl. von Hauff: Nachhaltige Entwicklung; 2014; S.33-36

⁶⁶ Vgl. Homepage BMLFUW; <https://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/nachhaltigkeit/nachhaltigkeit.html>; abgerufen am: 28.12.2017

sen, Maschinen oder Gebäude. Für die Vertreter der schwachen Nachhaltigkeit wäre der Abbau von Rohstoffen oder der Rückgang natürlicher Lebensräume noch immer nachhaltig, wenn dieser durch steigendes ökonomisches oder soziales Kapital aufgehoben wird. Es ist also nicht die Bewahrung der Umwelt von Bedeutung, sondern die Bewahrung des Gesamtwohlstandes. Modelliert wird die schwache Nachhaltigkeit oft in einer Darstellung des Drei-Säulen-Modells (siehe Abbildung 3.2).

Die Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales bilden die drei parallel nebeneinanderstehenden Säulen mit einem Dach der Nachhaltigkeit. Die mittlere Säule oder aber auch eine der Randsäulen könnte entfernt werden, ohne dass das Konstrukt zusammenfällt. Somit besteht keine Anhängigkeit der drei Säulen voneinander.

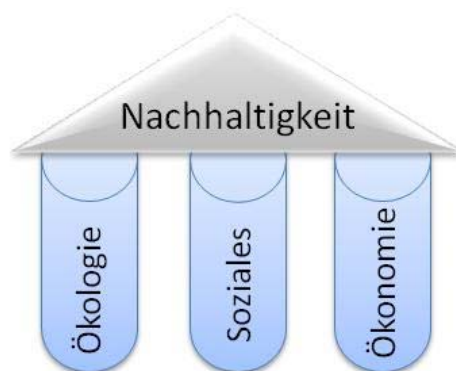


Abb.3.2: Drei-Säulen-Modell – „schwache“ Nachhaltigkeit

Die Gleichrangigkeit der drei Dimensionen und die gegenseitige Ersetzbarkeit sind bedenklich, da der Schutz der natürlichen Ökosysteme die Grundlage für ökonomische und soziale Stabilität ist. Das Drei-Säulen-Modell wurde erstmals von Prof. Stahlmann (2008) erweitert und neu ausgelegt, damit es eine „starke“ Nachhaltigkeit darstellt (Abbildung 3.3). Die drei Säulen bestehen nun aus den Dimensionen *Ökonomie*, *Kultur* und *Soziales*, und stehen auf dem Fundament *Natürliche Ressourcen / Klima*. Die natürlichen Ressourcen und das Klima bilden die Grundlage für die Ökonomie, Kultur und Soziales und eine starke Nachhaltigkeit liegt vor, sofern jede Komponente unversehrt bleibt.

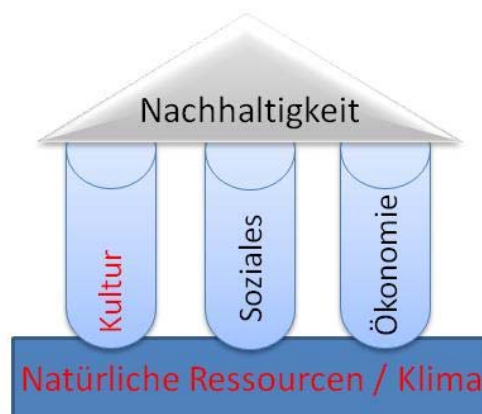


Abb.3.3: Erweitertes Säulenmodell – „starke“ Nachhaltigkeit

Von „starker“ Nachhaltigkeit spricht man also, wenn die Erhaltung der natürlichen Ressourcen im Vordergrund steht und das Naturkapital nicht durch ein anderes Kapital ersetzt werden kann. Aufgrund der fragilen Situation der natürlichen Ökosysteme wird in jüngerer Vergangenheit immer mehr die „starke“ Nachhaltigkeit, mit der Gewichtung hin zur Ökologie, vertreten.^{67,68}

3.3 Klassifizierung der Bauwirtschaft

Es erfolgt eine Gliederung der Bauunternehmen in Wirtschaftszweige, um die besonderen Randbedingungen sowie typischen Umweltaspekte der Bauproduktion im Hoch- und Tiefbau vorzustellen.

Die statistische Systematik der Wirtschaftszweige der Europäischen Gemeinschaft (NACE⁶⁹) gliedert die Bauwirtschaft unter der Kennziffer F in folgende Abteilungen:⁷⁰

F BAUGEWERBE/BAU

41 Hochbau

42 Tiefbau

43 Vorbereitende Baustellenarbeiten, Bauinstallation und sonstige Ausbaugewerbe

Jede Abteilung wird dabei nach Tätigkeiten genauer klassifiziert und beschrieben. Es werden die Abteilung 41 (Hochbau) und 42 (Tiefbau) genauer definiert und auf ihre Besonderheiten eingegangen.

Hochbau

Der Hochbau umfasst Bauwerke, die sich mehrheitlich oberhalb der Geländelinie, also über der Erde, befinden. In der NACE wird die Hochbauabteilung allgemein folgendermaßen beschrieben:

„Diese Abteilung umfasst die Errichtung von Gebäuden aller Art. Dazu zählen Neubau, Instandsetzung, An- und Umbau, die Errichtung von vorgefertigten Gebäuden oder Bauwerken auf dem Baugelände sowie provisorischer Bauten. Es handelt sich um den Bau von kompletten Wohn-, Büro- und Geschäftsgebäuden, öffentlichen Gebäuden, Gebäuden der Versorgungswirtschaft, landwirtschaftlichen Gebäuden usw.“⁷¹

⁶⁷ Vgl. Homepage IHK Nürnberg für Mittelfranken; https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/1_3_a_drei_saeulen_modell_1531.htm; abgerufen am: 28.12.2017

⁶⁸ Vgl. Von Hauff: Nachhaltige Entwicklung; 2014; S.161-164

⁶⁹ Das Akronym NACE geht auf die französische Bezeichnungen *Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne* zurück.

⁷⁰ Vgl. Europäische Gemeinschaft: NACE Rev. 2; 2008; S.217-218

⁷¹ Europäische Gemeinschaft: NACE Rev. 2; 2008; S.217

Ein wesentliches umweltrelevantes Merkmal für Hochbaustellen ist der Einsatz von Baumaschinen und Baustellenfahrzeugen. Die mobilen Maschinen und Geräte benötigen durch den Verbrauch von Kraftstoff viel Energie und verursachen erhebliche Schadstoffemissionen. Der Kraftstoffverbrauch hängt allerdings stark von den Einsatzbedingungen und dem Maschinenführer ab. Untersuchungen von Helmus et al. (2011; S.2) zeigen, dass es auf der Baustelle zudem oft zu einer Verschwendung der Energieressourcen kommt. Aufgrund fehlerhafter Logistik der Baustellentransporte sowie dem Einsatz veralteter oder überdimensionierter Maschinen kommt es zu einem erhöhten Energieverbrauch und verbundenen Umweltbelastungen.

Ein zusätzliches Hindernis für umweltgerechte Maßnahmen bilden die fehlenden Herstellerangaben zum Kraftstoffverbrauch von Baumaschinen. Obwohl die Maschinenhersteller immer mehr auf technische Innovationen setzen, um die Leistung ihrer Baumaschinen energieeffizient zu gestalten, fehlen transparente Angaben zum Kraftstoffverbrauch. Dies macht es schwierig einen Vergleich gleichartiger Baumaschinen unter Effizienzaspekten durchzuführen.⁷²

Neben den leistungsstarken Motoren der Baumaschinen, als Hauptproduzenten der Treibhausgase, ist der Verbrauch an elektrische Energie nicht zu vernachlässigen. Der energetische Endverbrauch von elektrischer Energie liegt in Österreich 2014 bei 63.603 GWh und das sind immerhin 21,5 % vom Gesamtenergieverbrauch (1063,2 PJ).⁷³

Elektrischer Strom ist für eine Vielzahl an Verbrauchern während der Ausführungsphase notwendig, hauptsächlich aber für die Beleuchtung, Beheizung und Kommunikation der Bauunterkünfte bzw. -container, für Turmdrehkrane sowie für diverse Kleingeräte der Ausbaugewerke. Die Stromversorgung von Informations- und Kommunikationsmittel, wie Computer, Server und Großrechner tragen nicht unwesentlich zum energetischen Verbrauch bei.⁷⁴

Bei großen bzw. komplexen Hochbauvorhaben ist es oft unvermeidlich, dass verschiedenste Gewerke und Fachpersonal gleichzeitig auf der Baustelle sind. Zur Herausforderung werden dabei die Koordination der Baugeräte sowie die Anlieferung der Baustoffe und Materialien. Vor allem die Ausbauarbeiten weisen im Hochbau eine große Zahl an verschiedenartigen Teilvorgängen auf, die zu einer Verflechtung der Gewerke führen können.⁷⁵

⁷² Vgl. Helmus et al.: Entwicklung von Energiekonzepten zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes auf Baustellen; 2011; S. 3

⁷³ Vgl. BMWFW: Energiestatus 2016, S.67

⁷⁴ Vgl. Helmus et al.: Energieeffizienz im Baubetrieb – Potenziale systematisch nutzen; 2013; S.2

⁷⁵ Vgl. Bauer: Baubetrieb; 2007; S.498

Tiefbau

Das Gegenstück zum Hochbau bildet der Tiefbau. Dem Tiefbau werden Bauwerke zugeordnet, die sich mehrheitlich unterhalb oder auf der Geländelinie befinden. Gemäß NACE wird die Tiefbauabteilung wie folgt definiert:

„Diese Abteilung umfasst den Bau von Tiefbauten. Dazu zählen Neubau, Instandsetzung, An- und Umbau, die Errichtung von vorgefertigten Bauwerken auf dem Baugelände sowie provisorischer Bauten. Es handelt sich um große bauliche Anlagen wie Autobahnen, Straßen, Brücken, Tunnel, Bahnverkehrsstrecken, Rollbahnen, Häfen und andere Wasserbauten, Bewässerungsanlagen, Kanalisationen, Industrieanlagen, Rohrleitungen und elektrische Kabelnetze, Sportanlagen usw.“⁷⁶

Der Tiefbau schließt große Teile der **baulichen Infrastruktur** (z.B. Straßen, Schienen, Flughäfen, Ver- und Entsorgungsleitungen) mit ein. Bei Infrastrukturprojekten wird in der Regel am selben Standort dieselbe Art von Infrastruktur wieder errichtet oder verbessert.⁷⁷

Charakteristisch für die Herstellung von Tiefbauten ist vor allem die große räumliche Ausbreitung, besonders bei Infrastrukturprojekten, wie z.B. dem Verkehrsbau, Tunnelbau oder Kanalbau. Bei großen Tiefbauprojekten ist der Eingriff in die natürliche und verbaute Umwelt durch die enorme Ausbreitung unvermeidlich. Zudem werden bei Tiefbauprojekten meist große Mengen an Erd- und Baumaterial transportiert. Diese maschinenintensiven Leistungen erfolgen unter hohem energetischem Einsatz und führen vermehrt zu CO₂-Emissionen. Im innerstädtischen Bereich müssen Tiefbauprojekte in die Verkehrsinfrastruktur eingreifen und verursachen Straßensperrungen, Staus und andere Veränderungen der Umgebung.⁷⁸

Obwohl Tiefbauprojekten zur Schaffung einer modernen und nachhaltigen Umwelt beitragen und manchmal sogar als Umweltschutzgründen errichtet werden (z.B. Renaturierungsprojekte), wirken die Bautätigkeiten störend auf die Bevölkerung und fallen daher subjektiv negativer auf als beispielsweise Hochbauprojekte.⁷⁹ Objektiv gesehen verursacht der Tiefbau im Vergleich zu den anderen Bausparten höhere Umweltauswirkungen. Nach einer Studie der U.S. Environmental Protection Agency – EPA (2009; S.8-9) weisen Tiefbauprojekt bezogen auf das Investitionsvolumen eine wesentlich höhere CO₂-

⁷⁶ Europäische Gemeinschaft: NACE Rev. 2; 2008; S.218

⁷⁷ Vgl. IG Lebenszyklus Bau: Der Weg zum lebenszyklusorientierten Infrastrukturbau, 2017, S.10

⁷⁸ Vgl. Osebold et al.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen; 2015; S.170

⁷⁹ Vgl. Osebold et al.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen; 2015; S.169

Emissionsintensität auf. Gerade bei Tiefbauprojekten sind daher Strategien für eine umweltgerechte Bauprojektentwicklung in Betracht zu ziehen.

Die Relevanz des Tiefbausektors wird auch durch die hohen Investitionskosten bei Tiefbauprojekten ersichtlich. Die Finanzierung von Tiefbauprojekten erfolgt in Österreich zum größten Teil von öffentlichen Auftraggebern. Im Jahr 2014 erfuhr der Tiefbau in Österreich ein Produktionsplus von knapp 5 % auf 9,1 Mrd. €. ⁸⁰ Nach Einschätzungen des Forschungsnetzwerkes Euroconstruct ist für die kommenden Jahre mit einem weiteren Anstieg im Tiefbausektor zu rechnen. Die stärksten Wachstumsimpulse werden von Investitionen in Verkehrsinfrastrukturprojekte erwartet, vor allem Bahnausbau- und Straßenbauprojekten, sofern die öffentlichen AG (ÖBB und Asfinag) ihre Investitionspläne nicht zurückziehen.

3.4 Prozesse der Bauprojektentwicklung

Mit der Bauprojektentwicklung ist die Realisierung des prozessorientierten Bauprojektes gemeint. Entsprechend der verschiedenen Phasen eines Bauprojektes versteht sich unter der Bauprojektentwicklung auch die Durchführung des Bauprojektablaufs. Der Bauprojektablauf besteht aus mehreren aufeinanderfolgenden Projektphasen, die durch wesentliche Aufgaben charakterisiert sind. Generell beginnt der Ablauf eines Bauprojektes mit der Projektidee und endet mit der Inbetriebnahme. Die ÖNORM B 1801-1:2009 „Bauprojekt- und Objektmanagement, Teil 1: Objekterrichtung“ teilt die Projektentwicklung in folgende Phasen: *Entwicklungsphase, Vorbereitungsphase, Vorentwurfsphase, Entwurfsphase, Ausführungsphase, Abschlussphase*.

Bauwerke sind Objekte, die mit dem Boden kraftschlüssig verbunden sind und dessen fachgerechte Herstellung bautechnische Kenntnisse erfordert. Jedes Bauwerk beeinflusst nachhaltig die Umwelt. Sie sind in der Regel Unikate und im Gegensatz zur stationären Industrie herrschen bei der Herstellung von Bauwerken meist nicht die gleichen Bedingungen. Jedes Bauwerk wird für einen anderen Standort konzipiert und hat somit eigene Rahmenbedingungen. ⁸¹ Wobei oberhalb der Erde und vorwiegend fest überdachte Bauwerke als **Gebäude** bezeichnet werden. Ein Gebäude ist ein Räume umschließendes Bauwerk, welches dem Schutz von Menschen, Tieren oder Sachen dient. Dabei muss ein Gebäude nicht immer aus Wänden bestehen, jedoch immer eine Überdachung besitzen und eine selbstständige Begrenzung aufweisen. ^{82,83}

⁸⁰ Vgl. UniCredit Bank Austria AG: Branchenbericht; 2015; S.3

⁸¹ Vgl. Bargstädt et al.: Grundlagen des Baubetriebswesens; 2013; S.179

⁸² Vgl. Köpf: Bildwörterbuch der Architektur; 2016, S.209

⁸³ Vgl. Seemanns Lexikon der Architektur, 2004, S.37 u. S.94

Der **Herstellungsprozess** eines Bauwerks beinhaltet die gesamte Prozesskette, vom Herstellungsprozess der Baumaterialien samt Rohstoffgewinnung, bis zu den Bauprozessen auf der Baustelle inklusive aller anfallenden Entsorgungs- und Energiebereitstellungsprozesse.⁸⁴

Die Herausforderung bei der Herstellung eines Bauwerks liegt in der Wechselwirkung der drei Faktoren *Qualität*, *Zeit* und *Kosten*. Zur Darstellung dafür dient das "magische Projektdreieck" in Abbildung 3.4, dessen hellblaue Fläche dem Projektziel bzw. Projekterfolg gleichzusetzen ist und von den drei Faktoren Zeit, Kosten und Qualität in Balance gehalten wird.⁸⁵ Unter dem Faktor *Zeit* wird die Dauer der Herstellung und die einzuhaltenden Termine verstanden. Der Faktor *Kosten* bestimmt den Aufwand der Bauwerksherstellung und ist mit dem Energie- und Ressourceneinsatz verbunden. Mit dem Faktor *Qualität* werden der Umfang des Bauprojektes und die Qualität des Ergebnisses verbunden. Projektziele hinsichtlich dieser Faktoren müssen von Anfang an geklärt sein. Weisen die Kosten möglicherweise eine höhere Relevanz auf und muss ein Budget eingehalten werden, so werden Termine und Umfang des Bauprojektes eine untergeordnete Rolle spielen. Anders sieht es aus, wenn z.B. ein bestimmter Fertigungstermin eingehalten werden muss.



Abb.3.4: Das "magische Projektdreieck"⁸⁶

Das Dreieck soll vermitteln, dass Bauzeit, Baukosten und Leistungsaufwand eines Bauprojektes abhängig voneinander sind. Die Beschränkung auf diese drei Größen entspricht aber keiner umweltgerechten Denkweise. Denn es entstehen sowohl bei der Baumaterialherstellung, den notwendigen Transporten, als auch bei den Bauprozessen diverse Emissionen, insbesondere CO₂, welche in zunehmendem Maße unser Klima verändern. Deshalb wurde in Abbildung 3.4 der zusätzliche Faktor *Umweltschutz* hinzugezogen, der in

⁸⁴ Vgl. Graubner; Hüske: Nachhaltigkeit im Bauwesen; 2003; S.7

⁸⁵ Vgl. Karlstedt: Qualitätskennzahlen im Projektmanagement; 2014; S.13-14

⁸⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an Karlstedt (2014; S.13)

den hellblauen Bereich, dem Projektziel bzw. dem Projekterfolg, eingreift und die drei Faktoren Zeit, Kosten und Qualität mit bestimmt. Eine zusätzliche Betrachtung des Umweltschutzes – wichtig wäre dies bereits bei der Zieldefinition – würde den Herstellungsprozess eines Bauprojektes beeinflussen. Zum Beispiel könnte mit energieeffizienten Maßnahmen und einem schonenden Ressourceneinsatz an Baukosten und -zeit gespart werden.

Der Herstellungsprozess eines Bauwerks wird branchentypisch vielfach als Bauleistung bezeichnet. **Bauleistungen** beinhalten alle Roh- und Ausbauarbeiten, die Baukonstruktionen, Installationen, betriebstechnischen Anlagen, betriebliche Einbauten und besondere Bauausführungen.⁸⁷

Eine betriebswirtschaftliche Unterscheidung der Bauleistung in Produktion oder Dienstleistung ist schwierig. Zwar ist das Output der Bauleistung ein Bauwerk, also ein materielles Gut, allerdings basiert das Bauwerk auf Dienstleistungen unter der Verwendung von Produkten, wie z.B. Maschinen, Betriebs- und Hilfsstoffe (siehe Abbildung 3.5).⁸⁸

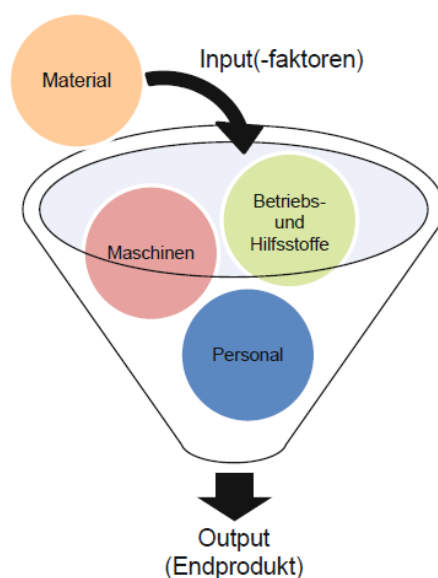


Abb.3.5: Klassischer Produktionsprozess⁸⁹

Das Kerngeschäft des Baugewerbes liegt im Bereich der Dienstleistungen. Eine Ausnahme wäre die Herstellung und der Verkauf von z.B. Fertighäusern. Größtenteils verkaufen die ausführenden Firmen aber ihre Fähigkeit, das vom Auftraggeber definierte Gut möglichst zielgerichtet herzustellen. Die Bauleistung ist also eine sogenannte materiell gebundene Dienstleistung. Vorrangige Leistungen wie Planung und Beratung durch die Archi-

⁸⁷ Vgl. Alfen et al.: Ökonomie des Baumarktes; 2013; S.23

⁸⁸ Vgl. ebenda; S.32-33

⁸⁹ Alfen et al.: Ökonomie des Baumarktes; 2013; S.34

tekten und Ingenieure oder parallel geführte Leistungen durch Projektsteuerung und -kontrolle, sind dem Dienstleistungssektor zuzuordnen.⁹⁰

3.4.1 Lebenszyklus eines Bauwerks

Der Lebenszyklus eines Bauwerks erstreckt sich im Gegensatz zum Produktlebenszyklus über mehrere Jahrzehnte. Bezogen auf die Umwelt liegt das Hauptaugenmerk bislang auf der Nutzungs- und Verwertungsphase des Lebenszyklus eines Bauwerks. Die jeweiligen Gebäude werden dabei im Hinblick auf ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeitsaspekte beurteilt und mit verschiedenen Gebäudezertifizierungen gekennzeichnet. Ausschlaggebend ist allerdings die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus, denn ökologisch nachhaltiges Bauen bedeutet in allen Phasen eines Bauwerkes den Energie- und Ressourcenbedarf zu optimieren.

Abbildung 3.6 veranschaulicht den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks. Die Phasen Strategie, Initiierung, Planung, Ausführung, Nutzung und Rückbau gelten sowohl für Neubauten als auch für Revitalisierungen. Um einen Gesamtüberblick zu schaffen, werden die einzelnen Phasen und Schritte nachfolgend beschrieben.^{91,92}

Für die meisten Bauwerke (Hochbauten und Ingenieurbauwerke) stellt die *Vision* den Beginn des Bauvorhabens dar. Mit Formulierung passender Ideen zur Problemlösung, Erarbeiten von Varianten mit *Nutzungskonzeption* und *Bedarfsabschätzung* sowie Abklärung der grundsätzlichen *Finanzierbarkeit* entwickelt sich die Vision zur **Projektstrategie (Phase I)**. Danach erfolgt die **Initiierungsphase (Phase II)**, der eigentliche Projektbeginn. In dieser Phase werden *Bedarfsplanung*, *Machbarkeitsstudie*, *Finanzierungs- und Beschaffungsmodell* und *Standortanalyse* realisiert. Anschließend, vorausgesetzt alle Planungsgrundlagen wie z.B. genehmigter Bebauungsplan sind vorhanden, erfolgt die integrale **Planung (Phase III)** beginnend mit dem *Vorentwurf*. Die Vorentwurfsplanung impliziert neben der Erarbeitung der Gebäude- und Systemstruktur auch Kostenschätzung und Finanzierungsplan. Aus der ausgewählten Variante des Vorentwurfs entsteht der *Entwurf* mit den Plänen im notwendigen Detaillierungsgrad. Für eine rasche Abfolge werden schon während der Entwurfsphase Abstimmungen mit den Genehmigungsbehörden empfohlen, sofern das Bauprojekt genehmigungspflichtig ist. Nach dem Entwurf kommt es zur *Einreichplanung* mit Erarbeiten der Dokumente und Einholen der erforderlichen Genehmigungen. Nach beschlossener Realisierung kann mit der *integralen Ausschreibungsplanung* begonnen werden. Es erfolgt eine Detaillierung zur eindeutigen Beschreibung der Bauaufgabe als Grundlage für die Kalkulation der Ausführenden. Strategische Ziele für

⁹⁰ Vgl. Alfen et al.: Ökonomie des Baumarktes; 2013; S.36-37

⁹¹ Vgl. Bauer: Baubetrieb; 2007; S.9-18

⁹² Vgl. IG Lebenszyklus Bau: Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau; 2014

eine umweltfreundliche Bauprojektentwicklung werden bereits hier mangelhaft verfolgt. Nach Angebotsabgabe der Bieter, erfolgt eine genaue Prüfung der Angebote und mit passender Zuschlagserteilung kann der Auftrag an die Bauunternehmen bzw. Lieferanten erteilt werden.



Abb.3.6: Prozessschritte der sechs Phasen in einem lebenszyklusorientierten Bauprojekt⁹³

Anschließend beginnt die **Ausführungsphase (Phase IV)**, welche bis zur Übergabe dauert. Es werden *Werkpläne* als ausführungsreife Planung für die Bauausführung vor Ort benötigt. Mit Umsetzung der Bauaufgabe kommt es zur eigentlichen *Ausführung*. Die Arbeitsvorbereitung und die Roh- und Ausbauarbeiten werden von den beauftragten Unternehmen und Lieferanten erledigt. Hier liegt es in der Hand der Unternehmen die Strategien einer ökologisch nachhaltigen Bauprojektentwicklung umzusetzen. Zeitgleich werden die Baustellenaktivitäten vom Projektmanagement von Bauherrenseite auf Quali-

⁹³ IG Lebenszyklus Bau: Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau; 2014; S.13

tät, Zeit und Kosten beaufsichtigt. Für den Aspekt Umwelt wäre es hier zweckmäßig, einen Umweltkoordinator zur Kontrolle und Umsetzung eines Umweltplans einzusetzen.

Mit dem Abschluss der Ausführung findet die *Übergabe* statt. Es erfolgen Qualitätsfeststellungen und eine Implementierung des Gebäudebetriebes bevor es schlussendlich zur *Inbetriebnahme* und dem Übergang von Projektmanagement zum Gebäudemanagement kommt. Mit der Inbetriebnahme beginnt die **Nutzungsphase (Phase V)**, währenddessen es auch zu Nutzungsänderungen kommen kann. Kommt es zum **Rückbau oder Teilrückbau (Phase VI)** des Objektes wird das Gebäude oder Teile davon zur Ressource. Und mit einer neuen Vision am Standort und der Neuentwicklung beginnt der Lebenszyklus von neuem.

Abbildung 3.6 zeigt die Prozessschritte eines lebenszyklusorientierten Hochbauprojekts. Bei Tiefbauprojekten, welche für das Thema der Diplomarbeit ebenso eine wichtige Rolle spielen, werden die einzelnen Phasen im Lebenszyklus prinzipiell gleich dargestellt. Im Gegensatz zum Hochbau fallen beim Tiefbau im Lebenszyklus ein paar einzelne Schritte, wie die Standortsicherung in der Initiierungsphase und die Umnutzung in der Nutzungsphase, weg oder es werden einzelne Arbeitsschritte, wie die Planungsgrundlagen, Vorentwurfs-, Entwurfs- und Einreichplanung in die *technische Ausarbeitung*, übergeordnet zusammengefasst.

3.4.2 Beteiligte bei der Bauprojektentwicklung

Ein wesentliches Augenmerk für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung liegt bei den Projektbeteiligten, da deren Handlungen maßgebend für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen sind. Es werden die wichtigsten beteiligten Leistungsträger mit ihren jeweiligen Rollen und Aufgaben sowie ihrem Einflussgrad hinsichtlich Maßnahmen für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung angeführt.

Der **Bauherr** ist jene natürliche oder juristische Person, unter dessen Auftrag und dessen Rechnung ein Bauwerk errichtet wird, daher auch Auftraggeber genannt. Den Behörden gegenüber tritt er als Bauwerber auf, muss aber nicht Grundeigentümer sein.⁹⁴

Lechner, H (2014) gibt anhand von Leistungs- und Vergütungsmodellen eine allgemein verständliche Basis für die Aufgaben der Planungsarbeiten von Bauprojekten vor. Abbildung 3.7 zeigt eine Struktur der erarbeiteten Leistungsmodelle, die zum Teil in weiterer Folge genauer beschrieben werden.

⁹⁴ Vgl. Kropik: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1; Vorlesung WS 2017/2018; S.95

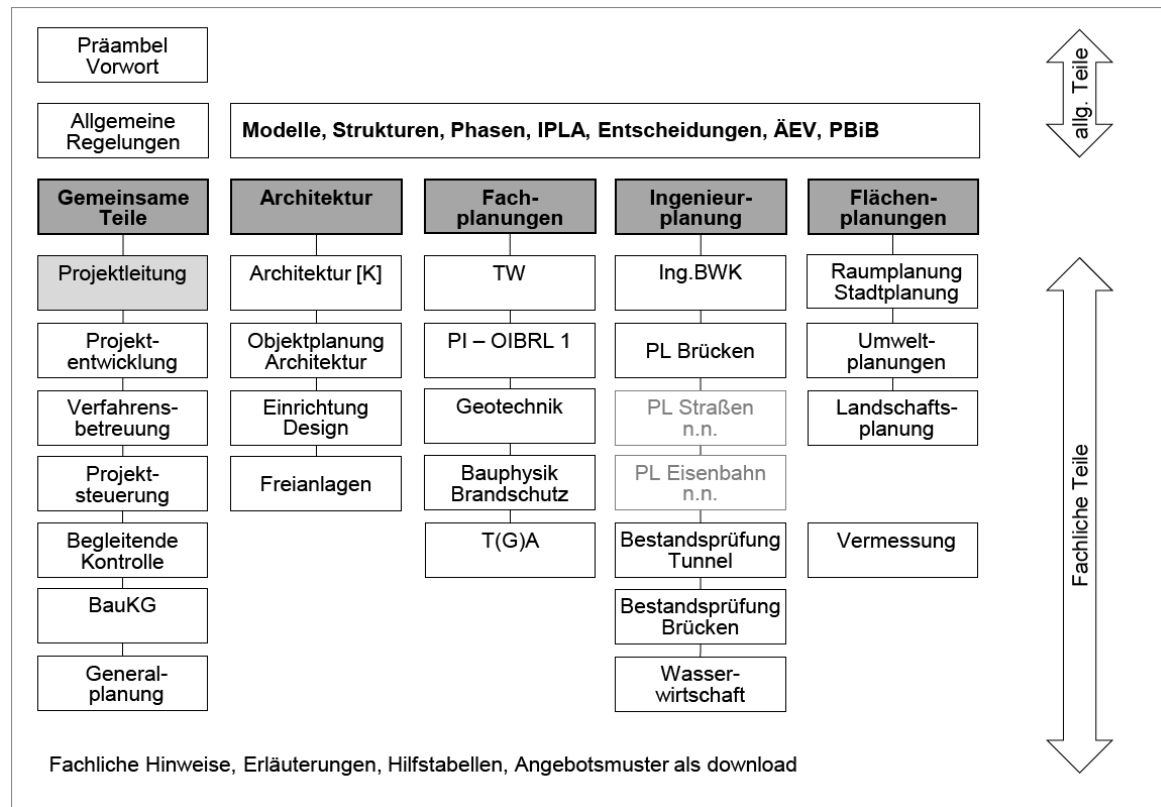


Abb.3.7: Leistungsmodelle 2014⁹⁵

Unter die gemeinsamen Teile fallen die Leistungsmodelle der Projektleitung, Projektentwicklung, Verfahrensbetreuung, Projektsteuerung, Begleitende Kontrolle, BauKG und Generalplanung.

Die Aufgabe der **Projektleitung** ist die übergeordnete Führung des Projektes. Die Projektleitung ist verantwortlich für die operative Planung und Steuerung des Projektes und das Erreichen der Projektziele, die sich auf Qualitäten, Termine und Kosten beziehen. Unter anderem beinhalten die Grundleistungen der Projektleitung die Auswahl der Beteiligten, das Herbeiführen und Fortschreiben der erforderlichen Projektbeauftragungen, das Durchsetzen der erforderlichen Maßnahmen, das Vollziehen der Verträge sowie das Führen aller Verhandlungen mit projektbezogenen und öffentlich-rechtlichen Bindungswirkungen. Aber auch das Herbeiführen der erforderlichen Genehmigungen, die Leitung von Projektbesprechungen sind Grundleistungen der Projektleitung. Sie ist die zentrale Projektanlaufstelle und trägt Sorge für das Abarbeiten von Projektentscheidungen und -maßnahmen sowie das Einhalten des Zeit und Kostenrahmens. Zusätzlich muss sie projektbezogene Repräsentationspflichten in Bezug auf den Nutzer, dem Finanzier und der Öffentlichkeit gegenüber wahrnehmen. Bei umfangreicheren Projekten werden wesentliche Teile der Projektleistung an die Projektsteuerung übertragen.⁹⁶

⁹⁵ Vgl. Lechner: LM.VM. Leistungsmodell Projektleitung; 2014; S.2

⁹⁶ Vgl. Lechner: LM.VM. Leistungsmodell Projektleitung; 2014; S.3-4

Neben der Projektleitung werden im Leitfaden der IG Lebenszyklus Bau (2014) die Projektentwicklung, die Verfahrensbetreuung und die Projektsteuerung als Rollen des Projektmanagements gesehen, dessen Management- und Umsetzungsleistungen in einem lebenszyklusorientierten Projekt zu berücksichtigen sind.

Die **Projektentwicklung** ist für die Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen wie die Nutzung, der Standort, die Finanzierung und das Beschaffungsmodell zum Bauprojekt zuständig. Die **Verfahrensbetreuung** leitet die Vergabe von Leistungen aus Planung, Errichtung und Bewirtschaftung. Die **Projektsteuerung** unterstützt die Projektleitung und ist für die primäre Kontrolle der Planung und Errichtung des Projektes verantwortlich. Die **begleitende Kontrolle** ist die sekundäre Kontrolle des Projektes im Auftrag des Projektauftraggebers und übernimmt die Überprüfung der Kosten, Termine, Qualitäten sowie Organisationsfunktionalität. Durch die begleitende Kontrolle werden Abweichungen festgestellt und gegebenenfalls Maßnahmen mit dem Auftraggeber ergriffen.⁹⁷

Die Leistungen zum **BauKG** umfassen die Leistung der Projektleitung im Sinne BauKG §9, die Leistung der Planungscoordination und die Leistung der Baustellencoordination. Alle drei genannten Leistungen tragen die Verantwortung für die Berücksichtigung der allgemeinen Grundsätze der Gefahrenverhütung von der Planungsphase bis zum Projektende. Der Planungs Koordinator ist für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz in der Vorbereitungsphase vor Beginn der Bauausführung verantwortlich und erstellt unter anderem den Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan. Wohingegen der Baustellenkoordinator für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz in der Ausführungsphase verantwortlich ist.⁹⁸

Die Leistung des **Generalplaners** umfasst die Zusammenführung der im Generalplanervertrag vergebenen Leistungen. Diese sind in der Regel die Bauobjektplanung (Architektur, Ingenieurbauwerke, Verkehrsplanung) und die Fachplanungen (Tragwerksplanung, Bauphysik, Technische Gebäudeausrüstung usw.).⁹⁹

Der Bauherr als Projektauftraggeber und das Projektmanagement (Projektleiter, Projektsteuerung, Verfahrensbetreuung) haben die Möglichkeiten durch Erteilung des Bauauftrages gewisse Nachhaltigkeits- und Umweltschutzanforderungen, allerdings mit Einschränkungen, im Prozess der Bauprojektentwicklung zu integrieren. Nach Erteilung des Bauauftrages besteht für den Auftraggeber nämlich fast keine Möglichkeit mehr die Ausfüh-

⁹⁷ Vgl. IG Lebenszyklus Bau: Leistungsbilder im Projektmanagement – Fachleitfaden; 2014

⁹⁸ Vgl. Lechner: LM.VM. Leistungsmodell BauKG; 2014; S.3-6

⁹⁹ Vgl. Lechner: LM.VM. Leistungsmodell Generalplaner; 2014; S.3-6

rungsbedingungen zu ändern und weitere Umweltschutzanforderungen an die Bauverfahren und die zu verwendeten Baumaterialien zu stellen.¹⁰⁰

Bauleistungen werden nach verschiedenen vertraglichen Vereinbarungen vergeben. Es wird unterschieden nach Alleinunternehmer, Generalunternehmer, Generalübernehmer, Totalunternehmer, Totalübernehmer, Subunternehmer, Hauptunternehmer, Nebenunternehmer, Bietergemeinschaft, ARGE, Baubetreuer, Bauträger. Hinter den unterschiedlichen Unternehmenseinsatzformen stehen verschiedene organisatorische Konzepte hinsichtlich Aufteilung oder Zusammenfassung von Planungs- und Ausführungsleistungen. Beispielsweise umfasst der Auftrag des Generalunternehmers einen zusammengefassten Teil oder sämtliche für die Erstellung des Bauobjekts erforderlichen Bauleistungen, wobei er Teilleistungen an andere Unternehmen in Form von Subunternehmen überträgt.¹⁰¹

Nach Helmus et al. (2011; S.5) liegt die große Schwierigkeit für Bauunternehmen in der Planung, Organisation und Koordination der temporären Produktionsinfrastruktur sowie aller Betriebsmittel und des gesamten Baustellenpersonals, zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der erforderlichen Menge und Qualität. Zudem findet die Bauwerksherstellung unter den vertraglichen Bedingungen des Bauherrn statt – die Bauunternehmen haben oft nur zu einem gewissen Teil Einfluss auf die Art und Weise der auszuführenden Arbeiten. Das vom Auftraggeber festgelegte Produkt unterliegt meist einem bestimmten Fertigungsprozess und die Baufirmen müssen mit der Fertigungsplanung versuchen die notwendigen Ressourcen möglichst effizient einzusetzen.¹⁰²

Die **örtliche Bauaufsicht (ÖBA)** vertritt die Interessen des Auftraggebers auf der Baustelle. Die Leistungen der technischen Bauaufsicht umfassen vor allem die Überwachung der Bauausführung hinsichtlich der Einhaltung der Qualitäten, Termine und Übereinstimmung der Ausführung mit den Plänen und Regeln der Technik. Die Leistung der kaufmännischen Bauaufsicht umfasst vor allem die Abrechnung mit Aufmaßkontrollen und Rechnungsprüfungen.¹⁰³

Laut Lhotzky et al. (RUMBA; Leitfaden Teil 1; 2004; S.24) wäre es zweckmäßig zur rechtzeitigen Integration von Umweltaspekten, bereits während der Planung einen **Umweltkoordinator** zu bestellen. Seine Aufgabe wäre es einen Umweltplan, der alle Aspekte einer umweltgerechten Bauprojektentwicklung enthält, zu erarbeiten. In der Ausführungsphase

¹⁰⁰ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.22-23

¹⁰¹ Vgl. Kropik: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1; Vorlesung WS 2017/2018; S.98-101

¹⁰² Vgl. Helmus et al.: Entwicklung von Energiekonzepten zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes auf Baustellen; 2011; S.5

¹⁰³ Vgl. Kropik: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1; Vorlesung WS 2017/2018; S.97

wäre er für die Umsetzung des Umweltplans sowie für die Koordination der Akteure auf der Baustelle zuständig.

3.4.3 Planungsphase

Die Planung stellt eine auf die Anforderungen der Nutzer und des Standorts ausgerichtete bautechnische Lösung dar. Prinzipiell geht die Planung von den funktionellen Anforderungen an das Gebäude aus, die vom Architekten in ein gestalterisches Konzept umgesetzt werden.¹⁰⁴

Zu bedenken ist, dass die Planung eines Bauwerks eine geistig-schöpferische Leistung ist und das Ergebnis (Pläne, Baubeschreibung, etc.) nicht vorweg definierbar ist, sondern von den jeweiligen Planern abhängt.¹⁰⁵

Die einzelnen Schritte der Planung wurden bereits grob im Zuge der Beschreibung des lebenszyklusorientierten Bauprojektes in Kapitel 3.4.1 erläutert. Je nach Planungsschritt sind unterschiedliche Leistungen erforderlich. In Tabelle 3.1 werden die einzelnen Phasen der Objektplanung von Bauprojekten, hauptsächlich Hochbauten, mit einer detaillierten Leistungsbeschreibung der Grundleistungen in Anlehnung an eine auf dem Planungssektor gebräuchliche Einordnung dargestellt – gemäß dem Leitfaden zur Kostenschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen der Bundesinnung Bau der Wirtschaftskammer Österreich (2012).

1. Vorleistungen/Grundlagenermittlung

- Klärung der Aufgabenstellung
- Analyse der Grundlagen und Klärung der Rahmenbedingungen
- Beratung zum gesamten Leistungsbedarf
- Erhebung der Bebauungsvorgaben
- Formulierung von Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer, an der Planung fachlich Beteiligter
- Zusammenfassung der Ergebnisse
- Erarbeitung von Planungsunterlagen für die Grundlagenermittlung

2. Vorentwurfsplanung

- Klärung der Aufgabenstellung, Analyse der Grundlagen und Klärung der Rahmenbedingungen
- Grundsätzlicher Lösungsvorschlag nach den bekannten gegebenen Anforderungen, der Analyse der Grundlagen oder des Bauprogramms, i.d.R. im Maßstab 1:500 bzw. 1:200, einschließlich aller Besprechungsskizzen
- Objektbeschreibung inkl. Erläuterungsbericht
- Erstellung einer Kostenschätzung
- Erstellung eines Terminrahmens inkl. Relevanter Meilensteine
- Klären und Erläutern der wesentlichen Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen

¹⁰⁴ Vgl. Bargstädt et al.: Grundlagen des Baubetriebswesens; 2013; S.181

¹⁰⁵ Vgl. Kropik: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1; Vorlesung WS 2017/2018; S.105

- Vorverhandlungen mit Behörden und den an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit
- Zusammenstellen der Vorentwurfsergebnisse aller fachlich Beteiligten
- Koordination und Integration der Beiträge der an der Planung fachlich Beteiligten
- Beratung und Vertretung des Bauherrn in Planungsbelangen

3. Entwurfsplanung

- Durcharbeitung des grundsätzlichen Lösungsvorschlages der Bauaufgabe aufgrund des genehmigten Vorentwurfes unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen
- Zeichnerische Darstellung des Gesamtentwurfes in solcher Durcharbeitung, dass dieser ohne grundsätzliche Änderung als Grundlage für die weiteren Teilleistungen dienen kann
- Objektbeschreibung inkl. Erläuterungen
- Erstellung der Kostenberechnung
- Grobterminplan inkl. Relevanter Vorgänge
- Vorverhandlungen mit Behörden und anderen an der Planung fachlich Beteiligten über die Genehmigungsfähigkeit
- Koordination und Integration der Beiträge der an der Planung fachlich Beteiligten
- Zusammenstellung der Entwurfsunterlagen
- Beratung und Vertretung des Bauherrn in Belangen der Planung

4. Einreichplanung und Genehmigungsverfahren

- Durchführung der für die baubehördliche Bewilligung erforderlichen Erhebungen sowie Abklärungen
- Erarbeitung der erforderlichen Zeichnungen und Schriftstücke auf der Grundlage des Entwurfes, soweit diese nicht von Sonderfachleuten zu erbringen sind (Einreichpläne)
- Objektbeschreibung inkl. Erläuterung
- Beratung und Vertretung des Bauherrn in Belangen der Planung
- Mitwirkung bei Erläuterungen und notwendigen Verhandlungen mit Behörden, Sonderfachleuten und sonstigen mit der Planung im Zusammenhang stehenden Dritten im Einvernehmen mit dem Bauherrn im Zuge der Genehmigungsverfahren
- Koordination und Integration der Beiträge der an der Planung fachlich Beteiligten im Zuge des Bewilligungsverfahrens
- Ansuchen um behördliche Bewilligung
- Teilnahme an der Bauverhandlung, Prüfung der Verhandlungsschrift und des Baubescheids, im Zuge des Bewilligungsverfahrens
- Nachführen der Kostenberechnung aufbauend auf den Ergebnissen des Baubewilligungsverfahrens
- Nachführen der Terminplanung aufbauend auf die Ergebnisse des Baubewilligungsverfahrens

5. Ausführungsplanung und Details

- Durcharbeitung auf Grund des genehmigten Entwurfes unter Berücksichtigung der behördlichen Bewilligungen und der Beiträge der anderen an der Planung fachlich Beteiligten (Sonderfachleute) mit allen für die Ausführung notwendigen Angaben
- Zeichnerische Darstellung des Bauwerks mit allen für die Ausführung notwendigen Angaben, z.B. endgültige, vollständige Ausführungs- und Detailzeichnungen in den jeweils erforderlichen Maßstäben
- Koordination und Integration der Leistungen anderer an der Planung fachlich Beteiligter
- Kontrolle von Fremdleistungen

6. Ausschreibungsunterlagen

- Ausarbeitung der Leistungsbeschreibung (inkl. Baubeschreibung)
- Ermittlung der Mengen als Grundlage des Leistungsverzeichnisses
- Erstellen des Leistungsverzeichnisses
- Einarbeitung von Terminvorgaben für Bauvertrag
- Abstimmung und Koordination der Leistungsbeschreibung (inkl. LV) der an der Planung fachlich beteiligten Sonderfachleute

3.4.4 Beschaffungsprozess

Unter Beschaffung versteht man alle Maßnahmen, die der Versorgung eines Unternehmens mit jenen Produktionsfaktoren, die nicht selbst erstellt werden, dienen. Objekte der Beschaffung können Material (Roh-, Hilf- und Betriebsstoffe, Zulieferteile), Handelswaren, Dienstleistungen, Betriebsmittel, Personal, Informationen und Kapital sein.¹⁰⁶

Direkt werden Umweltauswirkungen zwar durch die Bauleistungen der ausführenden Unternehmen verursacht. Indirekt können die Auftraggeber, die die Bauleistungen vergeben, mit einer umweltfreundlichen Gestaltung des Beschaffungsprozesses Impulse für eine umweltgerechte Bauprojektentwicklung geben.

Grundsätzlich wird zwischen dem Beschaffungswesen von öffentlichen Auftraggebern (Bund, Länder, Gemeinden) bzw. Sektorenauftraggebern (Verkehr, Wasser) und dem Beschaffungswesen von privaten Auftraggebern unterschieden.

Der öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber muss sich für die Vergabe von Bauleistungen an das Bundesvergabegesetz (BVergG) halten. Je nach geschätztem Auftragswert ist im BVergG ein Schwellenwert festgelegt, der bestimmt, ob die Vergabe den geltenden Bestimmungen des BVergG für den Oberschwellenbereich oder für den Unterschwellenbereich obliegt. Grundsätzlich regelt das BVergG beide Schwellenbereiche gleich, wobei für den Unterschwellenbereich Vereinfachungen und Erleichterungen gelten. Der öffentliche Auftraggeber hat sich unabhängig vom Auftragswert an die vergaberechtlichen Bestimmungen des BVergG zu halten, besonders an die Grundprinzipien des freien und lautereren Wettbewerbs, der Transparenz und des Diskriminierungsverbotes. Für die Beschaffung von Leistungen, die nicht dem BVergG unterliegen und sich somit auf den privaten Auftraggeber beziehen, gibt es keine rechtlichen Vorgaben. Es wird die Anwendung der ÖNORM A 2050 „Vergabe von Aufträgen über Leistungen“ als Richtlinie empfohlen. Sie enthält Verfahrensbestimmungen für die Ausschreibung, die Erstellung von Angeboten und das Zuschlagsverfahren.¹⁰⁷

¹⁰⁶ Vgl. Kummer et al.: Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik, 2009, S.90

¹⁰⁷ Vgl. Kropik: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1; Vorlesung WS 2017/2018; S.124-126

Gemessen am Investitionsvolumen kommt dem Marktverhalten von öffentlichen Bauaufträgen ein wesentlich höherer Stellenwert als dem von privaten Bauaufträgen zu. So stellt Schmidt (2016, S.22) fest, dass öffentliche Auftraggeber gerade im Zusammenhang mit der Festlegung von neuen Umweltaforderungen und Innovationen die Tendenz vorgeben können und das Marktverhalten der privaten Auftraggeber in Bezug auf ökologische Nachhaltigkeit positiv beeinflussen können.

Im Allgemeinen wird der Beschaffungsprozess in folgenden in Abbildung 3.8. dargestellten Schritten unterteilt:



Abb.3.8: Phasen des Beschaffungsprozesses¹⁰⁸

Die Vorbereitungsphase umfasst prinzipiell die Wahl des Vergabeverfahrens sowie die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen. Unter die allgemeinen Arten von Vergabeverfahren fallen:¹⁰⁹

- ◆ Offenes Verfahren
- ◆ Nicht offenes Verfahren
 - * mit vorheriger Bekanntmachung (noVmB)
 - * ohne vorheriger Bekanntmachung (noVoB)
- ◆ Verhandlungsverfahren
 - * mit vorheriger Bekanntmachung
 - * ohne vorheriger Bekanntmachung
- ◆ Direktvergabe

Des Weiteren gibt es noch Sonderverfahren, wie z.B. Rahmenvereinbarungen, das dynamische Beschaffungssystem und der wettbewerbliche Dialog.

Die allgemeinen Verfahren unterscheiden sich im Wesentlichen darin, ob eine unbeschränkte Anzahl von Unternehmen öffentlich zur Abgabe aufgefordert werden (offenes Verfahren) oder ausgewählte Bewerber nach Abgabe eines Teilnahmeantrags bzw. nur geeignete Unternehmer (noVmB bzw. noVoB). Beim Verhandlungsverfahren kann zusätz-

¹⁰⁸ Eigene Darstellung in Anlehnung an Kropik (WS 2017/2018; S.126-143)

¹⁰⁹ Vgl. Homepage Wirtschaftskammer Österreich; <https://www.wko.at/service/wirtschaftsrecht-gewerberecht/Arten-der-Vergabeverfahren.html>; abgerufen am: 28.12.2017

lich nach Abgabe von Angeboten von einer beschränkten Anzahl von geeigneten Unternehmen über den gesamten Auftragsinhalt verhandelt werden.

Die Ausschreibung ist die Erklärung des Auftraggebers an den Unternehmer in der festgehalten wird, welche Leistungen zu welchen Bedingungen gefordert werden. Sie umfasst die genaue Beschreibung des Projektes und der anstehenden Arbeiten, sodass die Bieter ein passendes Angebot abgeben können.¹¹⁰ Die Unterlagen sind gemäß § 88. Abs. 2 BVergG 2017 so auszuarbeiten, dass allen Bietern die notwendigen Informationen zur Erbringung der Leistung in gleicher Weise zur Verfügung stehen und die Angebote ohne unvorhersehbare Risiken und ohne umfangreiche Vorarbeiten erstellt werden können. Die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen erfolgt durch den Auftraggeber bzw. seinen Gehilfen wie Planer und Fachplaner. Neben der Leistungsbeschreibung als Hauptbestandteil, beinhalten die Ausschreibungsunterlagen meist noch allgemeine und besondere Angebots- und Vertragsbestimmungen, technische Vertragsbestimmungen, Gutachten, Pläne, Massenermittlungen und einen technischen Bericht.¹¹¹ Welche Möglichkeiten sich für den öffentlichen Auftraggeber nun zur Integration von Umwelanforderungen in der Ausschreibung ergeben, um eine umweltfreundlichen Bauprojektabwicklung zu erzielen, wird unter den Energieeinsparpotenzialen genauer in Kapitel 4.1 untersucht.

Entsprechend der Ausschreibung erfolgen die Angebotsbearbeitung und die Preisermittlung durch das Unternehmen. Für eine sichere Kalkulation werden Verständnis der Pläne, Kenntnis der Standort- und Vertragsbedingungen, eine vollständige Leistungsbeschreibung, das Durchführen von Mengenkontrollen sowie eine überschlägige Bauablaufplanung vorausgesetzt. Nach Angebotseinreichung der Bieter und Ablauf der Angebotsfrist erfolgt das Zuschlagsverfahren mit Beginn der Zuschlagsfrist, innerhalb derer die Erteilung des Zuschlages vorgesehen ist.

Nach Ablauf der Angebotsfrist findet die Angebotsöffnung an einem festgelegten Ort zu einem fixen Zeitpunkt statt. Mit der Angebotsprüfung erfolgt unter anderem eine Prüfung, ob die Vergabegrundsätze eingehalten wurden, die Angebote rechnerisch richtig sind, der Preis angemessen ist, die erforderliche Eignung vorhanden ist und ob das Angebot formrichtig und vollständig ist. Die Zuschlagserteilung erfolgt im Regelfall nach den Zuschlagskriterien für das technisch und wirtschaftlich günstigste Angebot. Die Kriterien sind bereits in der Ausschreibung bzw. Bekanntmachung anzugeben. Nach Auswahl des passenden Angebots wird der Auftrag an die Bauunternehmen oder Lieferanten erteilt und es kann mit der Ausführung des Auftrages begonnen werden.¹¹²

¹¹⁰ Vgl. Kropik: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1; Vorlesung WS 2017/2018; S.124

¹¹¹ Vgl. ebenda; S.133

¹¹² Vgl. Kropik: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1; Vorlesung WS 2017/2018; S.142-147

3.4.5 Ausführungsphase

Unter der Ausführungsphase versteht sich die Phase der Bauwerkserstellung. Bei der Bauwerkserstellung werden Arbeitskräfte, Betriebsmittel und Energie so eingesetzt, dass feste Stoffe be- oder verarbeitet werden (Baustoffe wie Holz, Stahl, Mauerwerk) bzw. ihre Lage und Form verändert wird (Boden) oder durch Zustandsveränderungen flüssiger Stoffe standfeste Baukörper errichtet werden (Mörtel und Beton) bzw. vor Ort überhaupt erst ein sicherer Arbeitsplatz geschaffen wird (Schildvortrieb, Baugrubenumschließungen und -injektionen, Gefrieren).¹¹³

Umweltbezogen resultieren dabei Belastungen aus dem Transport der Baustoffe vom Hersteller zur Baustelle sowie durch den Betrieb, bei dem Baumaschinen und Geräte Rohstoffe und Energie verbrauchen. Verschiedenste Bauverfahren wie Rammarbeiten, Schalungen und das Betonieren belasten Wasser sowie Luft und lösen Lärm, Staub und Erschütterungen aus. Zusätzlich können durch die Flächeninanspruchnahme von Abstell- und Transportflächen oder durch momentane Veränderung des Umweltgleichgewichtes (z.B. Grundwasserabsenkung) Teile der Flora und Fauna beeinträchtigt werden.¹¹⁴

Zeitlich beginnt die Ausführungsphase nach Vergabe der Bauleistungen, mit Aufnahme der ersten Bauarbeiten durch die beauftragten Unternehmen und endet mit der Abnahme der Bauleistungen. Daraufhin folgt die Nutzungsphase und die Gewährleistungsfrist beginnt. Ohne Störungen würde die Ausführungsphase nur Leistungen beinhalten, die sich entsprechend der vordefinierten Ziele ergeben und aus der vorangegangenen Planungs- und Entwicklungsphase abzuleiten sind. Jedoch sind bei Bauprojekten nicht alle Parameter nach Abschluss der Planung gegeben – einerseits kann noch baubegleitend weitergeplant werden, andererseits treten auch bei gut geplanten Projekten unvorhersehbare Probleme auf (Gründungsverhältnisse, Änderungswünsche durch den Bauherrn etc.). Inhaltlich besteht die Ausführungsphase also nicht nur aus der baulichen Realisierung der bis dahin erstellten Pläne, sondern auch Überwachung der Zielrealisierung, zunehmende Präzisierung der Projektparameter und Anpassung der Projektziele nach Maßgabe neuer Randbedingungen und Störeinflüssen sind Tätigkeiten der Bauausführung.¹¹⁵

Demnach sind nach Graubner, Hüske (2003, S.7-8) Umweltbelastungen, die sich durch die Bauausführung ergeben, im Vorfeld schwer zu kalkulieren und generell nicht einfach zu validieren. Wesentliche Umweltbeeinträchtigungen entstehen durch Flächeninanspruchnahme, Bodenverdichtung und Grundwasserabsenkung, Emissionen aus Prozessen und Energieverbrauch, Belästigungen durch Lärm, Staub und Erschütterungen sowie

¹¹³ Vgl. Bauer: Baubetrieb; 2007; S.57

¹¹⁴ Graubner; Hüske: Nachhaltigkeit im Bauwesen; 2003; S.7

¹¹⁵ Vgl. Greiner et al.: Baubetriebslehre – Projektmanagement; 2002; S.243

durch den anfallenden Baustellenabfall. Hingegen sind Umweltwirkungen infolge der Baumaterialherstellung wesentlich einfacher zu beschreiben und sind größtenteils bekannt. Bei den Prozessen der Baumaterialherstellung bewirken im Wesentlichen die Rohstoffentnahme sowie die damit verbundene Energie, Emissionen und Abfälle ökologische Belastungen.

3.5 Ökologische Aspekte der Bauprojektentwicklung

Die Bewertung der Nachhaltigkeit im Bauwesen erfolgt in der Regel nach ökologischen Aspekten bzw. sogenannten Umweltaspekten mit Hilfe von einzelnen Indikatoren oder Kriterien.

Nach der EMAS-Verordnung (Eco-Management und Audit Scheme - Verordnung) versteht sich unter „Umweltaspekten“ jener Bestandteil der Tätigkeiten, Produkte oder Dienstleistungen einer Organisation, welcher Auswirkungen auf die Umwelt hat. Der Begriff „Umweltaspekt“ ist vom Begriff „Umweltauswirkung“ abzugrenzen. Eine „Umweltauswirkung“ ist jede positive oder negative Veränderung der Umwelt, die ganz oder teilweise aufgrund von Tätigkeiten, Produkten oder Dienstleistungen einer Organisation eintritt. Ein Umweltaspekt führt also zu einer negativen Umweltauswirkung. Zum Beispiel führt der Ausstoß von CO₂-Emissionen zum Treibhauseffekt. Bei den CO₂-Emissionen handelt es sich um einen Umweltaspekt, beim Treibhauseffekt um eine negative Umweltauswirkung.¹¹⁶

Weiteres können Umweltaspekte in direkte oder indirekte Aspekte unterschieden werden. *Direkte Umweltaspekte* stehen im Zusammenhang mit Tätigkeiten, Produkten oder Dienstleistungen einer Organisation, die komplett in deren Einflussbereich fallen und direkt intern kontrolliert werden können. Zum Beispiel beeinflussen Bauunternehmen beim Produktionsprozess auf der Baustelle durch den Verbrauch von Energien und Ressourcen die Umwelt direkt. Der Kraftstoffverbrauch und der CO₂-Ausstoß der eingesetzten Baumaschine wäre somit ein direkter Umweltaspekt. Die Umwelt wird aber auch durch die mit dem Produktionsprozess verbundenen Transportleistungen beeinflusst. Dabei handelt es sich um einen indirekten Umweltaspekt. *Indirekte Umweltaspekte* sind Aspekte, die nicht in vollem Umfang beeinflusst werden, da diese durch die Interaktion der Organisation mit Dritten entsteht. Auch kann der Auftraggeber beim Produktionsprozess des Bauunternehmens den Energie- und Ressourcenverbrauch nicht direkt beeinflussen und es handelt sich für den Auftraggeber in diesem Fall um einen indirekten Umweltaspekt.¹¹⁷

¹¹⁶ Vgl. Verordnung (EG) Nr. 1221/2009; Kapitel I; Artikel 2; 4. und 8. Absatz

¹¹⁷ Vgl. Verordnung (EG) Nr. 1221/2009; Kapitel I; Artikel 2; 6. Absatz und 7. Absatz

Die Bauprojektentwicklung reflektiert über den gesamten Herstellungsprozess ökologische Aspekte der Nachhaltigkeit. Bereits die Wahl bestimmter Baumaterialien und die dafür benötigten Rohstoffe und der Energieaufwand für die Herstellung beeinflussen die Nachhaltigkeit des Bauvorhabens. Es entstehen dabei diverse Emissionen durch Energie- und Stoffumwandlungen. Zudem werden die Umweltbelastungen, die aus den Transportleistungen vom Grundstoff zur Baustoffherstellung und weiter auf die Baustelle, dem Prozess der Bauprojektentwicklung zugeschrieben. Im Zusammenhang mit dem Baumaterial steht auch der Flächenverbrauch. Durch die Rohstoffgewinnung wie z.B. durch Kiesgruben, Rodungen etc. werden wichtige Ressourcen entnommen und in das Landschaftsbild eingegriffen. Nicht brauchbare Restprodukte, die während der Materialherstellung anfallen, bleiben als Abfall zurück. Im Zuge der Planungsphase wird bestimmt, welche Bauweise für die Konstruktion ausgeführt wird und welche Geräte dadurch zum Einsatz kommen. Der dabei erforderliche Energieeinsatz und die auftretenden Emissionen wirken neben den lokalen Belastungen durch Lärm und Staub wesentlich auf die ökologische Nachhaltigkeit ein. Die Maschinen und Geräte zur Bauwerksherstellung verbrauchen bei ihrem Einsatz hauptsächlich Rohstoffe und Energie. Bauverfahren wie Bohrungen, Schal- oder Betonarbeiten rufen negative Auswirkungen für Luft und Wasser hervor. Durch die Flächeninanspruchnahme als Abstellflächen, den Baustellenverkehr oder durch zeitweilige Veränderungen des ökologischen Gleichgewichts wie z.B. einer Grundwasserabsenkung können Flora und Fauna belastet werden. Außerdem hinterlassen die Aktivitäten auf der Baustelle bereits während der Herstellungsphase eine große Menge an Bauabfall. Dies sind vor allem Abfälle wie Altöl, Verpackungsmaterial und Schalungen, deren Entsorgung und Verwertung wiederum von beachtlichen Umweltaspekten geprägt ist.¹¹⁸

Aufgrund der verschiedenen Standorte der jeweiligen Bauprojekte, den dadurch unterschiedlich gegebenen Randbedingungen sowie der Vielzahl an mitwirkenden Akteuren und Gewerken ist es schwierig die Umweltbelastungen infolge der Bauprojektentwicklung im Vorfeld zu kalkulieren. Hauptsächlich aber entstehen Umweltbelastungen in der Bauprojektentwicklung

- **bei der Herstellung, Verarbeitung und Verwertung von Baumaterialien,**
- **beim Transport von Baumaterialien zur Baustelle und**
- **bei den Bauprozessen auf der Baustelle sowie der dafür erforderlichen Baustelleneinrichtung.**¹¹⁹

In der nachfolgenden Tabelle 3.1 wird in eigener Darstellung in Anlehnung an Schmidt (2016; S.26) und Graubner; Hüske (2003; S.86) eine systematische Auflistung der rele-

¹¹⁸ Vgl. Graubner; Hüske: Nachhaltigkeit im Bauwesen; 2003; S.79-81

¹¹⁹ Vgl. Tiwari: Energy efficiency and building construction in India, In: Building and Environment 36; 2001; S.1128

vanten Umweltaspekte im Prozess der Bauprojektentwicklung dargestellt. Tabelle 3.1 beschreibt die übergeordneten Umweltaspekte wie z.B. Ressourcen, die in Teilaspekte wie z.B. den Kraftstoffverbrauch gegliedert werden und mit Größen wie z.B. Megajoule (MJ) Energieverbrauch messbar sind.

Die meisten Umweltaspekte stehen in Beziehung zueinander. So verbrauchen zum Beispiel Baumaschinen Kraftstoff, für dessen Herstellung wiederum Rohstoffe verbraucht werden und bei dessen Verbrennung CO₂-Emissionen ausgestoßen werden. Desweiteren werden die Umweltaspekte von den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette verursacht. So wird zum Beispiel Energie nicht nur im Zuge der Bauausführung verbraucht, sondern auch bei der Gewinnung und Herstellung der verwendeten Baumaterialien oder bei den Transportleistungen vom Herstellungsort zum Einbauort.

Übergeordnete Umweltaspekte	Teilaspekte	Messgröße
Ressourcen	Flächenverbrauch	m ² Fläche
	Rohstoffverbrauch	kg Material
	Wasserverbrauch	l Wasser
	Kraftstoffverbrauch	MJ Energieverbrauch
	Elektrischer Energieverbrauch	MJ Energieverbrauch
Klima	Treibhausgasemissionen	CO ₂ -Äquivalente
Baurestmassen	Abfälle / Entsorgung / Wiederverwertung / Deponierung	Quantitative Angabe in kg, qualitative Einordnung der Umweltauswirkungen
Lokale Umweltaspekte	Lärm / Erschütterungen / Staub / Abwasser / Gerüche	Gesundheitsschädliche Belastungen
	Innenraumbelastung / Belastung am Arbeitsplatz	Ausgasung schädlicher Stoffe / Grenzwertangaben (MIK, MAK)
Sonstiges	Biodiversität / Flora und Fauna / Landschaftsbild / Umweltrisiken	Qualitative Beschreibung

Tab.3.1: Relevante Umweltaspekte bei der Bauprojektentwicklung¹²⁰

Die Teilaspekte bezüglich Baurestmassen, lokale Umweltaspekte sowie sonstige, schwer quantifizierbare, ökologische Aspekte der Bauprojektentwicklung werden im folgenden zum Verständnis nur kurz beschrieben, aber aufgrund der thematischen Ausrichtung der Diplomarbeit nicht genauer behandelt und in Tabelle 3.1 grau hinterlegt.

Lokale Umweltaspekte: Bisher hat man sich überwiegend auf die rein lokalen Umweltaspekte auf der Baustelle (Lärm, Staub, Erschütterung, Belastung am Arbeitsplatz etc.) konzentriert. Hierfür gibt es schon seit längerem Gesetzesvorgaben, Richtlinien und Leit-

¹²⁰ Eigene Darstellung in Anlehnung an Schmidt (2016; S.26) und Graubner; Hüske (2003; S.86)

fäden für eine umweltgerechte Baustellenabwicklung. Maßnahmen zur Lärmreduktion, zum Boden- und Grundwasserschutz und zur Luftreinhaltung durch z.B. Partikelfilter für dieselbetriebenen Baumaschinen wurden unter anderen bereits erfolgreich umgesetzt.

Baurestmassen und -stoffe: Eine wichtige Bedeutung in Hinblick auf eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung nimmt der Umgang mit Baurestmassen und -stoffen, die im Zuge von Neuschaffung, Sanierung oder Abbruch eines Bauwerks anfallen, ein. Das Abfallaufkommen hat sich im Bauwesen in den letzten Jahren massiv gesteigert. Laut dem Bundesabfallwirtschaftsplan umfasst das jährliche Aufkommen an Bau- und Abbruchabfällen (16,8 % des gesamten Abfallaufkommens) sowie Aushubmaterialien (53,7 % des gesamten Abfallaufkommens) in Österreich rd. 40 Mio. to und macht somit 70,5 % des Gesamtabfallaufkommens in Österreich (Basis: 56,7 Mio. to) aus.¹²¹ Die Entsorgung und Wiederverwertung von Baurestmassen und Baureststoffen sind verbunden mit einer Vielzahl von Umweltaspekten, die zu negativen Auswirkungen auf die Umwelt führen. Ein umweltschonender Umgang mit Baurestmassen und -stoffen wird bereits stark thematisiert und immer mehr in der Praxis umgesetzt, allerdings muss für eine ökologisch nachhaltige Entwicklung diesbezüglich noch viel getan werden.

Die in Tabelle 3.2 weiß hinterlegten globalen Umweltaspekte betreffen den Klimaschutz als zentrales Thema in den Nachhaltigkeitsanstrengungen und wurden bereits in Kapitel 3.1 genauer erläutert.

3.6 Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit von Bauprojektentwicklungsprozessen

Zur Bewertung von Prozessen hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit wird in den meisten Verfahren auf die Ökobilanz zurückgegriffen. Sie gilt als eine anerkannte Methode zur systematischen Bewertung der Umweltaspekte von Produkten. Es werden dabei Umwelteinflüsse des gesamten Lebenszyklus eines Produktes, von der Herstellung über die Nutzungsphase bis hin zur Entsorgung und der damit verbundenen Rohstoff- und Energiebereitstellungsprozesse sowie notwendigen Transporte berücksichtigt. Auch wenn die Ergebnisse einer Ökobilanz oft schwierig zu interpretieren sind und teilweise als komplex erscheinen, hat sich diese Methode zur Bewertung von Baumaterialien am vielversprechendsten gezeigt. Die Ökobilanz eignet sich in der Bauindustrie besonders zur Analyse von Schwachstellen und Optimierung von Herstellungsprozessen von Baumaterialien. Normalerweise werden die sozialen und ökonomischen Aspekte bei der Erstellung von

¹²¹ Vgl. BMLFUW: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich Statusbericht 2015; 2015; S.5-6

Ökobilanzen nicht mitberücksichtigt. Sie zeigen daher hauptsächlich Möglichkeiten zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit von Produkten.¹²²

Damit eine Vergleichbarkeit von Ökobilanzdaten möglich ist, ist es wichtig allgemeine Anforderungen und einheitliche Rahmenbedingungen zu schaffen. Am weitesten vorangeschritten ist dafür die NORM EN ISO 14040, welche sich mit dem Thema beschäftigt.

Eine Ökobilanz sollte laut Norm folgende Arbeitsschritte umfassen und ist in Abbildung 3.9 grafisch dargestellt.^{123,124}

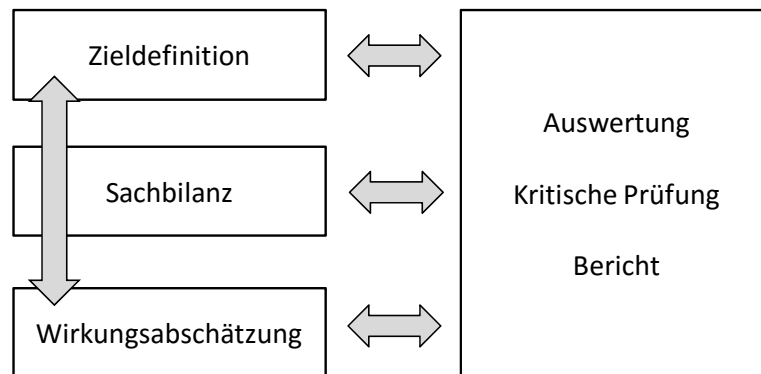


Abb.3.9: Arbeitsschritte einer Ökobilanz¹²⁵

- ◆ **Zieldefinition:** Zu Beginn einer Ökobilanz müssen Ziel und Untersuchungsrahmen festgelegt werden. Dabei werden die Gründe der Ökobilanz-Studie festgestellt und eine Zielgruppe definiert. Weiteres müssen die Systemgrenzen geklärt werden und mit der Zieldefinition übereinstimmen.
- ◆ **Sachbilanz:** Als zweiter Schritt folgt die Sachbilanz, bei der die Input- und Outputflüsse des gewählten Produktlebenszyklus mit Relevanz für die Umweltbelastung quantifiziert werden. Darunter fallen Ressourcen wie Energieträger, Strom, Naturraum, aber auch Vorprodukte, Betriebs- und Hilfsstoffe, Emissionsströme in Luft, Wasser und Boden sowie entstehende Abfälle als Nebenprodukte. Für die Berücksichtigung der Flüsse werden Systemgrenzen angenommen, die einen räumlichen und zeitlichen Rahmen festlegen.
- ◆ **Wirkungsabschätzung:** Anschließend erfolgt im Rahmen der Wirkungseinschätzung eine Beurteilung der Sachbilanzdaten hinsichtlich potentieller negativer Umweltauswirkungen, die das Produkt verursacht. D.h. je nach angewandter Methode werden die In- und Outputs bestimmten Umweltthemen, wie z.B. Klimarelevanz, Ökotoxizität oder Ressourcenbeanspruchung, zugeordnet.

¹²² Vgl. Graubner; Hüske: Nachhaltigkeit im Bauwesen; 2003; S.111-112

¹²³ Vgl. DIN EN ISO 14040:2006 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen

¹²⁴ Vgl. Graubner; Hüske: Nachhaltigkeit im Bauwesen; 2003; S.112-113

¹²⁵ Eigene Darstellung in Anlehnung an DIN EN ISO 14040:2006

- ◆ **Auswertung:** Zuletzt werden die Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung hinsichtlich Zielsetzung der Studie ausgewertet. Die Bewertung ist stark subjektiv geprägt, da eine Gewichtung der einzelnen Umweltauswirkungen stattfindet und sich die Frage stellt ob z.B. das Treibhausgaspotenzial eine größere Bedeutung als das Versauerungspotenzial hat. Danach werden unter anderem Sensitivitäten und Einschränkungen diskutiert. Die entwickelten Schlussfolgerungen und Empfehlungen werden in einem Bericht zusammengefasst. Um die Glaubwürdigkeit und Qualität einer Ökobilanz zu stärken ist bei einer öffentlichen Ökobilanz eine kritische Prüfung durch einen unabhängigen Dritten durchzuführen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Ökobilanz ist die Wahl der funktionellen Einheit. Sie dient als Maß für die erbrachte Leistung und charakterisiert so den Nutzen eines Produktsystems. Die Input- und Outputflüsse nehmen Bezug auf die funktionelle Einheit, welche als Basis für die verschiedenen Vergleiche in einer Ökobilanz dient.¹²⁶

Im Bauwesen sind i.d.R. folgende funktionelle Einheiten möglich:

- ◆ Baustoff (z.B. 1 m³ Beton oder 1 kg Asphalt)
- ◆ Bauteil oder Bauelement (z.B. 1 m² Außenwand, Tragkonstruktion)
- ◆ Gebäude oder Gebäudenutzen (z.B. eine Industriehalle oder 1 m² Wohnfläche)¹²⁷

Zusätzlich zu den aufgezählten Arbeitsschritten werden auch methodische Anforderungen an eine Ökobilanz gestellt. So werden unter anderem Anforderungen an die Datenqualität gestellt, welche ausreichend repräsentativ, konsistent und nachvollziehbar sein sollen. Es ist der zeitliche, der geographische und der technologische Erfassungsbereich zu berücksichtigen. Dieser weicht bei der Anwendung von veröffentlichten Daten aus der Literatur häufig weit voneinander ab und ist nicht eindeutig verifizierbar. Im Rahmen der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung werden daher Sensitivitätsanalysen durchgeführt und es wird empfohlen die Ökobilanz einer kritischen Prüfung durch einen externen Sachverständigen zu unterziehen, um die Glaubwürdigkeit zu verstärken und ein besseres Verständnis zu erlangen.¹²⁸

Beispiel einer Ökobilanz in der Bauwirtschaft

Ein Beispiel für eine Ökobilanz in der Bauwirtschaft stellt Kuhnhenne et al. (2010) im Auftrag des bauforumstahl dar. Um Erkenntnisse über die Umweltauswirkungen verschie-

¹²⁶ Vgl. Quack: Einfluss von Energiestandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkung von Wohngebäuden – eine Ökobilanz, 2001, S.55

¹²⁷ Vgl. Kuhnhenne et al.: Ökobilanzierung von Typenhallen, 2010, S.2-3

¹²⁸ Vgl. DIN EN ISO 14040:2006 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen

dener Bauweisen für Tragwerk und Gebäudehülle im Industrie- und Gewerbebau zu erlangen, wurde eine Ökobilanzierung von Typenhallen erstellt.

Für einen sinnvollen Vergleich der Umweltleistung verschiedener Konstruktionen wurde ein Untersuchungsobjekt in verschiedenen Ausführungsvarianten betrachtet sowie eine identische Datengrundlage als Grundvoraussetzung gewählt. Zuerst wurden Vergleiche auf Bauteilebene durchgeführt und anschließend das Gesamtgebäude in seinem gesamten Lebenszyklus untersucht. Die Ökobilanzierung stellt also keinen reinen Baustoffvergleich dar, sondern die Betrachtung der einzelnen Baustoffe im Bauwerkskontext.¹²⁹

Es wurden acht verschiedene Tragsysteme (Stahl-Tragwerk, 2-Gelenk-Rahmen in S235, S355 und S460; Stahl-Tragwerk, eingespannte Stützen in S235, S355 und S460; Stahlbeton; Stahlbeton-Holz) inklusive der zugehörigen Fundamente berücksichtigt. Die Gebäudehülle der Typenhalle bestand aus einer Bodenplatte, einer Außenwand, einem Dach sowie Fensterbänder, einem Lichtband, zwei Türen und zwei Toren, welche jeweils mit verschiedenen Ausführungsvarianten dargestellt wurden. Aus den verschiedenen Tragwerken, den zugehörigen Fundamenten sowie den Elementen für die Gebäudehülle wurden dann fünf verschiedene Gebäudevarianten A-C gebildet. Halle A, als Beispiel für eine unbeheizte Halle, bestand z.B. aus einem Stahl-Tragwerk S235 mit 2-Gelenkrahmen, Blockfundamente, einer ungedämmten Bodenplatte, einem Trapezblech als Außenwand und als Dach, einem Lichtband mit einem U-Wert¹³⁰ von $2,4 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$, aus Fenster mit einem U-Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$, Türen mit einem U-Wert von $4,0 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ und Tore mit einem U-Wert von $2,9 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$. Die Hallen B1-B3 wurden so konzipiert, dass sie die Anforderungen der Energiesparverordnung (EnEV) von 2009 erfüllten und Halle C so, dass auch Anforderungen darüber hinaus eingehalten werden konnten.¹³¹

Es gibt eine Vielzahl an Bilanzierungsparametern, die für eine Ökobilanz herangezogen werden können. Die wesentlichen Parameter werden in Kapitel 5 beschrieben. Für die Analyse von Kuhnhenne et al. (2010) wurden als Umweltindikatoren das Treibhausgaspotenzial und der Gesamtprimärenergiebedarf herangezogen. Das Treibhausgaspotenzial definiert den Anteil der freigesetzten Emissionen, welche zum Treibhauseffekt beitragen und wird in der Einheit $\text{kg CO}_2\text{-Äquivalent}$ angegeben. Der Gesamtprimärenergiebedarf umfasst den gesamten erforderlichen Bedarf an Primärenergie, der für den jeweiligen Prozess benötigt wird.

¹²⁹ Vgl. Kuhnhenne et al.: Ökobilanzierung von Typenhallen, 2010

¹³⁰ U-Wert – Wärmedurchgangskoeffizient: bezeichnet die Wärmemenge (in Joule bzw. Wattsekunde), die pro Zeiteinheit (Sekunde) durch einen Quadratmeter eines Bauteils hindurchgeht, wenn zwischen den beiderseits angrenzenden Luftschichten ein Temperaturunterschied von 1 Kelvin herrscht; Einheit: $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

¹³¹ Vgl. Kuhnhenne et al.: Ökobilanzierung von Typenhallen; 2010

Zusätzlich wurde der Unterschied zwischen regenerierbarer und nicht-regenerierbarer Primärenergie dargestellt, wobei der Anteil der regenerierbaren Primärenergie beim Stahlbeton-Holz-Tragwerk auffällig groß ausgefallen ist, aufgrund der gespeicherten Sonnenenergie im Holz.

Abbildung 3.10 stellt die fünf verschiedenen Varianten der Typenhalle mit ihrem jeweiligen Gesamtenergiebedarf für Herstellung und Entsorgung dar.

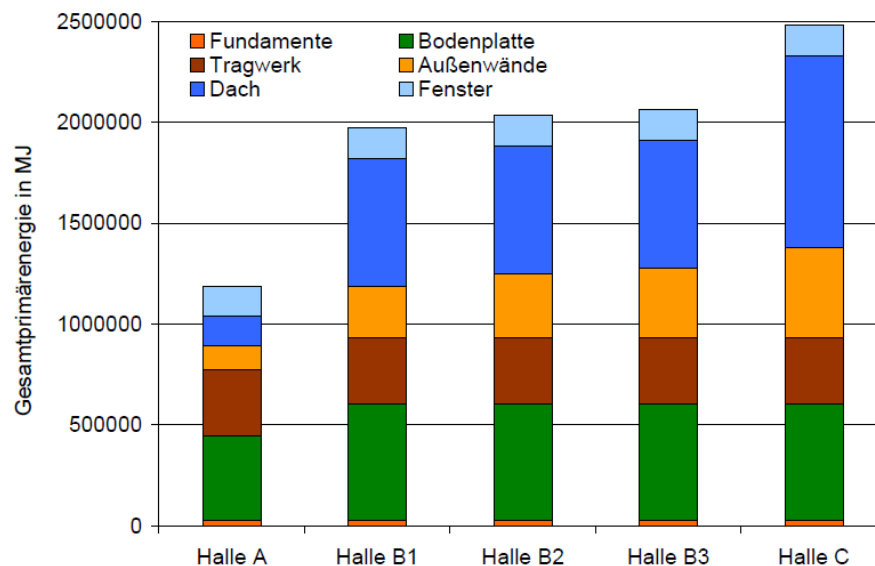


Abb.3.10: Gesamtprimärenergiebedarf für Herstellung und Entsorgung der Typenhallenkonstruktion in verschiedenen Ausführungen¹³²

Als Schlussfolgerung der Untersuchungen lässt sich ableiten, dass für die Varianten mit ähnlichen wärmetechnischen Eigenschaften der Gebäudehülle, wie die der Halle B1-B3 in Abbildung 3.10, für die gesamte Konstruktion ein ziemlich ähnlicher Gesamtenergiebedarf unabhängig von der Konstruktionsart eingesetzt wird.

Die Typenhallen B1 und C wurden herangezogen, um die Umweltauswirkungen der Konstruktionsphase von Herstellung und Entsorgung der Phase der Nutzung gegenüberzustellen.

Es hat sich gezeigt, dass die Halle B1, welche den Anforderungen der EnEV 2009 entspricht, bereits nach vier Jahren einen gleich hohen Energiebedarf in der Nutzungsphase wie in der Konstruktionsphase benötigt. Das Verhältnis des Gesamtprimärenergiebedarfs von Nutzung zu Konstruktion beträgt nach 20 Jahren 83 % (für die Konditionierung des Gebäudes) zu 17 % (für die Konstruktion). In diesem Zusammenhang wurde außerdem deutlich, dass sich bereits nach sechs Jahren Nutzung beziehungsweise auf den Gesamtprimärenergiebedarf eine Halle mit verbesserter Wärmedämmung auszahlen würde.

¹³²Kuhnhenne et al.: Ökobilanzierung von Typenhallen; 2010; S.25

Die Ökobilanz zeigt, dass der Gesamtprimärenergiebedarf für die Nutzungsphase auch bei verschärften energetischen Anforderungen und einer Betrachtung von 20 Jahren die bestimmende Größe darstellt, wobei zu beachten ist, dass bei der Bestimmung der Umweltauswirkungen für die Herstellung und Entsorgung der Konstruktion nur die masserelevanten Bauteile wie Gebäudehülle und Tragkonstruktion in die Betrachtung eingeflossen sind.¹³³

¹³³ Vgl. Kuhnhenne et al.: Ökobilanzierung von Typenhallen; 2010

4 Maßnahmen für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung

Im folgenden Kapitel werden Potenziale zur Energieeinsparung sowohl in der Planungs- und Beschaffungsphase als auch in der Ausführungsphase von Bauprojekten analysiert und dargestellt. Somit wird ein Überblick geschaffen in welcher Phase der Bauprojektentwicklung es Möglichkeiten gibt durch die jeweiligen Akteure Umweltschutzmaßnahmen umzusetzen.

4.1 Planungs- und Beschaffungsphase

In der Planungsphase und während des Beschaffungsprozesses haben Auftraggeber – gegebenenfalls mit Hilfe anderer Vertragspartner (Architekten, Ingenieure, Projektmanager etc.) – die Möglichkeit Impulse zur Umsetzung ökologisch nachhaltiger Maßnahmen in der Bauprojektentwicklung zu setzen. Jene Akteure legen durch bestimmte Anforderungen an das Gebäude im Wesentlichen die Rahmenbedingungen für das Bauprojekt fest, wie zum Beispiel die einzusetzenden Baumaterialien. Die festgelegten ökologischen Verpflichtungen werden dann Bestandteil des Vertrages und für die ausführenden Bauunternehmen somit verpflichtend.

Nachdem die Beschaffung öffentlicher Aufträge einem relativ komplexen Verfahren unterliegt, ist es von Bedeutung, die Umweltschutzanforderungen im richtigen Verfahrensschritt und in der richtigen Form in den Beschaffungsprozess einzubringen. Desweiteren ist zu klären, welche Umweltschutzkriterien unter welchen Voraussetzungen überhaupt zulässig sind.

4.1.1 Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung

Die umweltfreundliche öffentliche Beschaffung (engl. Green Public Procurement - GPP) gewinnt immer mehr an Bedeutung. Einerseits aufgrund des erhöhten Umweltbewusstseins in den letzten Jahren und andererseits aufgrund der in Kapitel 2 genannten gesetzlichen Verpflichtungen zur Reduktion der THG, zur Steigerung der erneuerbaren Energiequellen und zur Verbesserung der Energieeffizienz. Verschiedene Praxisbeispiele aus europäischen und internationalen Ländern und Städten und die zunehmende Zahl an Veröffentlichungen zum Thema sind Indikatoren dafür. Mit dem EU-Projekt "Green Public Procurement in Europe" wurde 2005 der Prozentsatz der öffentlichen Beschaffungen, bei denen Umwelanforderungen integriert worden sind, europaweit erfasst. Laut dieser Untersuchung sind in Österreich bei fast 60 % aller öffentlichen Beschaffungsprozesse ökologisch nachhaltige Aspekte in die Vergabeentscheidung mit einbezogen worden. Allerdings sind darüber hinaus jene Beschaffungen enthalten, bei denen nur ein bis drei ökologisch nachhaltige Kriterien einbezogen wurden. Weiter wurde darauf hingewiesen, dass

gerade bei Produktgruppen mit hohem Potenzial für eine "grüne Beschaffung" die Klarheit der Kriterien nicht gegeben ist und der aktuelle Stand um einiges fortgeschrittener sein könnte.¹³⁴

Ziel der umweltfreundlichen öffentlichen Beschaffung ist es, Impulse für umweltorientiertes Denken und Handeln zu geben. Für die "umweltfreundliche öffentliche Beschaffung" wird gerne die "nachhaltige öffentliche Beschaffung" als Synonym verwendet. Nachdem der Begriff Nachhaltigkeit aber auch die ökonomischen und sozialen Aspekte impliziert, ist dies ein sehr weitgefasster Begriff. Dennoch werden die Begriffe in der Literatur gerne gleichgesetzt, da beide die ökologischen Aspekte beinhalten.

Für die "umweltfreundlichen" bzw. "nachhaltigen öffentlichen Beschaffung" lassen sich eine Vielzahl an Beschreibungen finden. Aufgrund unterschiedlicher Perspektiven von verschiedenen Wirtschaftszweigen ist keine eindeutige Definition möglich. Im Zuge des EU-Projekts "Green Public Procurement in Europe" wurde neben der Erfassung des europaweiten Anteils an umweltfreundlichen Beschaffungen, auch versucht eine angebrachte Definition zu finden. Insgesamt wurden 21 Beschreibungen aus europäischen und anderen internationalen Quellen analysiert und es konnten allgemeingültige Elemente quer durch alle Interessensgruppen identifiziert werden. Mit Rücksicht darauf, dass die Definition praktikabel und eine Hilfestellung sein sollte um den GPP-Status in Europa zu ermitteln, wird die "umweltfreundliche öffentliche Beschaffung" folgendermaßen definiert:

*"Green Public Procurement is the approach by which Public Authorities integrate environmental criteria into all stages of their procurement process, thus encouraging the spread of environmental technologies and the development of environmentally sound products, by seeking and choosing outcomes and solutions that have the least possible impact on the environment throughout their whole life-cycle."*¹³⁵

Dies bedeutet, dass der öffentliche Sektor bei der umweltfreundlichen Beschaffung Umweltaanforderungen in allen Phasen des Beschaffungsprozesses zu berücksichtigen hat. Maßnahmen für die Anwendung und Entwicklung umweltfreundlicher Technologien, Produkten und Dienstleistungen sind unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus zu verwirklichen.

Die öffentliche Beschaffung bezieht sich zudem nicht nur alleine auf den Einkauf von Gütern oder Dienstleistungen. Sie ist als Instrument der Politik zu sehen, durch das der Markt beeinflusst werden kann und auf konkrete Weise Umweltauswirkungen minimiert werden können. Öffentliche Vergabestellen haben eine Vorbildfunktion, durch welche sie

¹³⁴ Vgl. Bouwer et al.: Green Public Procurement in Europe 2005 - Status overview; 2005; S.44

¹³⁵ Bouwer et al.: Green Public Procurement in Europe 2005 - Status overview; 2005; S.16

Innovationspotenziale freisetzen und neue Standards etablieren können. Durch den zielgerichteten Einsatz des staatlichen Nachfragepotenzials nach Produkten, Verfahren und Dienstleistungen, kann demnach die Ökologieorientierung von Unternehmen gefördert werden.¹³⁶

Die umweltfreundliche Beschaffung des öffentlichen Auftraggebers kann also umweltorientierte Initiativen beim privaten Auftraggeber ankurbeln. Der öffentliche Auftraggeber wird als Vorreiter wahrgenommen und ist nicht nur Impulsgeber für andere Auftraggeber, sondern in weiterer Folge für die Forschung und Entwicklung, den Beschaffungsmarkt, den Wettbewerb und die Öffentlichkeit. Es wird die ökologisch nachhaltige Entwicklung im Ganzen vorangetrieben (siehe Abbildung 4.1).

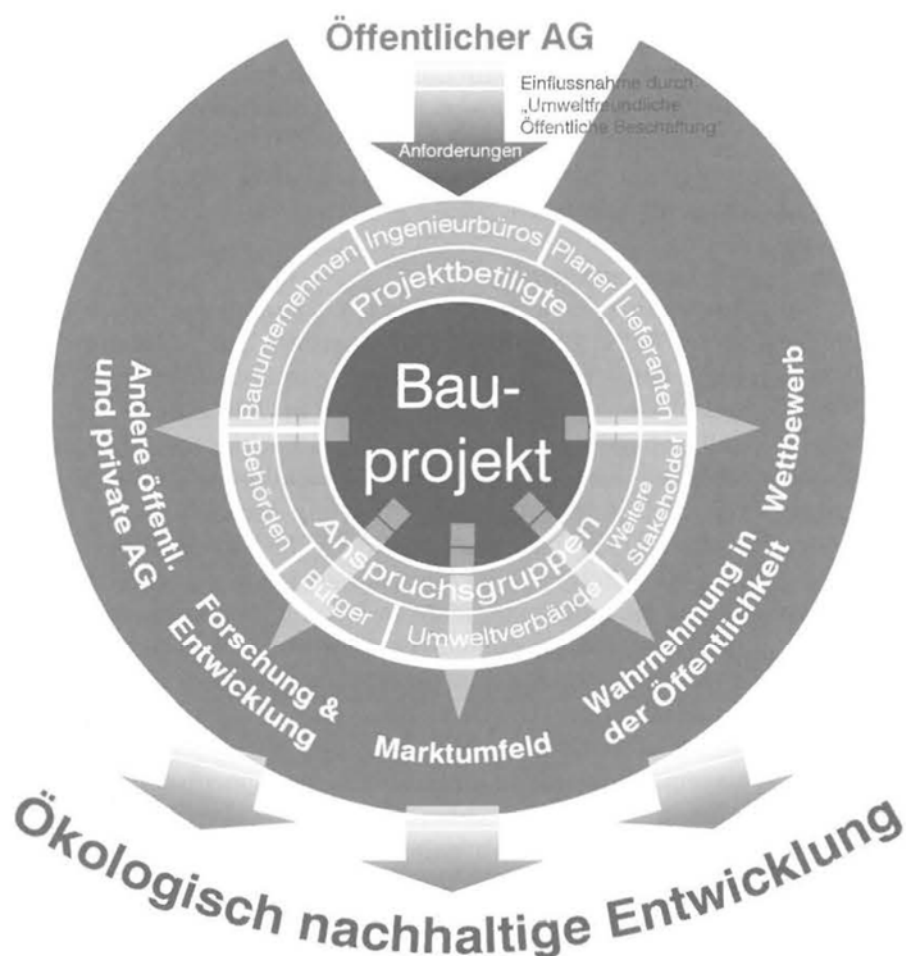


Abb.4.1: Impulse durch umweltfreundliche öffentliche Beschaffung¹³⁷

Bei der Bauprojektentwicklung besteht die Aufgabe des öffentlichen Auftraggebers und seinen Planern darin, sowohl direkte als auch indirekte Umweltaspekte zu berücksichtigen. Der öffentliche Auftraggeber ist daher verpflichtet bezüglich der Umsetzung maximal

¹³⁶ Vgl. Barth et al.: Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung; 2005; S.4

¹³⁷ Osebold et al.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen; 2015; S.171

möglicher ökologischer Nachhaltigkeitspotenziale eine proaktive Herangehensweise mit folgenden Zielen anzustreben:¹³⁸

- *"Verankerung des Umweltschutzes als Qualitätsziel im Projekt,*
- *Integration des Umweltschutzes in die Planung und in verschiedene Bereiche der Ausschreibung,*
- *Vergabe des Auftrages durch Zuschlag auf das wirtschaftlich günstigste Angebot unter Berücksichtigung des Umweltschutzes als Zuschlagskriterium,*
- *Messung der Umweltleistung durch geeignete Indikatoren,*
- *Kommunikation der Umweltschutzmaßnahmen mit Stakeholdern."*

„ÖkoKauf Wien“ – Programm für die ökologische Beschaffung der Stadt Wien

Ein Beispiel für die umweltfreundliche öffentliche Beschaffung stellt das ökologische Beschaffungsprogramm der Stadt Wien dar. Das Programm „ÖkoKauf Wien“ wurde bereits 1998 von der Stadt im Sinne des Klimaschutzes erarbeitet. Ziel ist eine ökologisch nachhaltige Ausrichtung beim Kauf von Produkten und Dienstleistungen in jeglichen Bereich der Stadtverwaltung, von Bio-Lebensmittel über Büromaterial bis hin zu Baumaterialien. Dafür haben Experten in den jeweiligen Arbeitsgruppen Kriterienkataloge für die Ausschreibung umzusetzen, welche nach dem Erlass des Magistratsdirektors verbindlich anzuwenden sind. Die Kriterienkataloge sind in verschiedenen Themengebieten aufgeteilt. Unter anderen findet sich unter den Themengebieten die Baustellen-Umweltlogistik mit einer Richtlinie für umweltorientierte Bauabwicklung.¹³⁹ Die in dieser Richtlinie beschriebenen Maßnahmen für eine nachhaltige Baustellenlogistik, mit dem Ziel eine umweltorientierte Baustellenplanung und Abwicklung zu erlangen, werden in weiterer Folge in Kapitel 4.2.2 berücksichtigt. 15 Jahre nachdem das Programm „ÖkoKauf Wien“ ins Leben gerufen wurde, wurde eine Wirkungsanalyse beauftragt, um die Auswirkungen des Programms auf die öffentliche Beschaffung der Stadt Wien in Hinblick auf ökologische Nachhaltigkeit zu erheben. Bezogen auf die Kategorie „Umweltfreundliches Bauen in Wien“ ergab die Wirkungsanalyse, dass das Programm „ÖkoKauf Wien“ sicherstellt, dass die Bauvorhaben der Stadt Wien unter Verwendung umweltfreundlicher Produkte und Bauweisen umgesetzt werden. Gemäß der Wirkungsanalyse wird ein wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz beigetragen und ein Wachstum der Anzahl der Gemeinden, Institutionen sowie privaten Bauherrn in Österreich, welche sich auf das ökologische Beschaffungspro-

¹³⁸ Osebold et al.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen; 2015; S.169

¹³⁹ Vgl. Homepage Magistrat der Stadt Wien, <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/ergebnisse.html#logistik>, abgerufen am: 10.04.2018

gramm beziehen, macht sich erkennbar.¹⁴⁰ Als positives Beispiel wird vor allem die Seestadt Aspern herangezogen. Das 240 ha große Stadtentwicklungsprojekt soll neben 20.000 Arbeitsplätzen Wohnfläche für 20.000 Menschen bereitstellen. Die ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung der Seestadt Wien erreicht eine Reduktion der Umweltbelastungen von bis zu 204 t CO₂ durch die Reduktion von Lkw-Transporten. Durch eine gut geplante Baustelle werden dort über 1 Mio. t Material aus den eigenen Prozessen der Bauprojektentwicklung gewonnen. Zum Beispiel wird der Kies aus Seeaushub und Baugruben direkt vor Ort gewonnen, bearbeitet und in weiterer Folge als Betonzuschlagstoff verwendet. Lokaler Sandkies aus Voraushüben wird für Straßendämme verwendet und für die Anlieferung von Zement wurde ein Gleis, welches direkt ins Baulogistikzentrum vor Ort führt, errichtet. Allerdings gehen die Maßnahmen der Seestadt Aspern weit über die gesetzlichen Verpflichtungen und Richtlinien hinaus.¹⁴¹

4.1.2 Integrationsmöglichkeiten von umweltbezogenen Kriterien

Für den öffentlichen Auftraggeber stellt sich nun die Frage, in welchen Bereichen des Beschaffungsprozesses passende Umwelanforderungen am besten integriert werden können. Rechtlich ist es durchaus möglich, auf einzelnen Stufen des Beschaffungsprozesses Anforderungen zu integrieren.

Auf europäischer Ebene ermöglicht es erstmals die Richtlinie 2004/18/EG umweltbezogene Kriterien in der Vergabe von Bau-, Liefer- und Dienstleistungsaufträgen zu berücksichtigen. Durch die Richtlinie können bestimmte Umwelanforderungen bei der zu beschaffenden Leistung festgelegt werden.¹⁴² In Österreich haben sich öffentliche Auftraggeber bei der Auftragsvergabe an das Österreichische Bundesvergabegesetz zu halten. Es gilt als eines der komplexesten Vergabegesetze in der gesamten EU und braucht meist ausgewiesene Experten um sich im Vergaberecht rechtssicher zu bewegen.¹⁴³ Umweltgerechte Vergabekriterien werden bereits im 5. Abschnitt "Grundsätze des Vergabeverfahrens und allgemeinen Bestimmungen" explizit angesprochen:

¹⁴⁰ Vgl. Wiener Umweltschutzabteilung (Hrsg.): Wirkungsanalyse der ökologischen öffentlichen Beschaffung in der Stadt Wien, 2014, S.71

¹⁴¹ Vgl. Wiener Umweltschutzabteilung (Hrsg.): Wirkungsanalyse der ökologischen öffentlichen Beschaffung in der Stadt Wien, 2014, S.71

¹⁴² Vgl. RL 2004/18/EG

¹⁴³ Vgl. Schuh; Harant: Nachhaltige Beschaffung - Ein Wegweiser; 2010; S.10

"Im Vergabeverfahren ist auf die Umweltgerechtigkeit der Leistung Bedacht zu nehmen. Dies kann insbesondere durch die Berücksichtigung ökologischer Aspekte (wie etwa Energieeffizienz, Materialeffizienz, Abfall- und Emissionsvermeidung, Bodenschutz) oder des Tierschutzes bei der Beschreibung der Leistung, bei der Festlegung der technischen Spezifikationen, durch die Festlegung konkreter Zuschlagskriterien oder durch die Festlegung von Bedingungen im Leistungsvertrag erfolgen."¹⁴⁴

Weiteres werden in folgenden Paragraphen des Bundesvergabegesetzes (2006) ökologische Aspekte besonders berücksichtigt:

- Umwelteigenschaften als mögliche Zuschlagskriterien § 2 Z 20 lit.d
- Ausschlussgründe § 68 Abs 1 Z 5
- Normen für das Umweltmanagement § 77 Abs. 2
- Grundsätze der Ausschreibung § 78 Abs.2
- Besondere Bestimmungen betreffend die Beschaffung von Straßenfahrzeugen § 80
- Grundsätze der Leistungsbeschreibung § 96 Abs. 4
- Technische Spezifikationen § 98 Abs.6
- Vertragsbedingungen § 99 Abs.1 Z 13

Im Folgenden werden zusammenfassend die Möglichkeiten zur Integration von Umweltanforderungen in den jeweiligen Schritten des öffentlichen Vergabeverfahrens aufgezeigt. Umweltbezogene Kriterien können bei der **Festlegung des Auftragsgegenstandes** im Allgemeinen einfließen, bei der **Leistungsbeschreibung**, bei der **Festlegung von technischen Spezifikationen**, bei **Eignungs-, Auswahl- und Zuschlagskriterien**.

Festlegung des Auftragsgegenstandes

Bevor das eigentliche Vergabeverfahren beginnt, muss sich der öffentliche Auftraggeber in der Regel die Frage stellen, was er bauen will und welche Dienstleistungen benötigt werden. Dafür muss vorab der Markt analysiert werden, um festzustellen ob und in welcher Form die zu beschaffende Bauleistung und die Bauprodukte am Markt verfügbar sind. Erst danach kann ermittelt werden, was genau beschafft werden soll. Die Festlegung des Auftragsgegenstandes wird nicht durch das Leistungsbild der Planer abgedeckt. Dies ist Aufgabe des Auftraggebers, obwohl dieser die Entscheidungen zur Bedarfsfeststellung und Bedarfsplanung meist nicht alleine treffen kann und in der Regel Unterstützung braucht.

¹⁴⁴ BVergG 2017 § 20. Abs. 5

Für eine ökologisch nachhaltige Beschaffung ist die Phase der Festlegung des Auftragsgegenstandes bereits von großer Bedeutung. Für ein erfolgreiches Einbeziehen von Umweltkriterien in das Beschaffungsverfahren, sollte darüber so früh als möglich entschieden werden. Somit kann das Verfahren von Beginn an rechtssicher gestaltet und ein ökologisch nachhaltiger Erfolg erreicht werden. Außerdem hat der Auftraggeber zu Beginn noch den größten Spielraum. Nachdem die Festlegung des Auftragsgegenstandes eine dem Vergabeverfahren vorgelagerte Phase ist, unterliegt sie nicht den Vergaberichtlinien. Der AG kann den Auftragsgegenstand so wählen, dass von den Bietern nur bestimmte Produkte oder Dienstleistungen angeboten werden können. Er ist nicht verpflichtet, den Bedarf danach auszurichten, dass möglichst alle am Markt vorhandene Teilnehmer angebotsfähig sind.¹⁴⁵

Einschränkungen bei der Wahlfreiheit des Auftragsgegenstandes gibt es natürlich durch grundsätzliche Regeln. Grenzen werden durch die Grundsätze des Gemeinschaftsrechts, das Diskriminierungsverbot sowie die Grundsätze des freien Waren- und Dienstleistungsverkehrs gegeben. Ein Auftragsgegenstand, der nur von einem oder wenigen Bietern ausgeführt werden kann, ist beispielsweise nicht erlaubt. Weiteres dürfen Auftragsgegenstände nicht so formuliert werden, dass sie nur ein bestimmtes Erzeugnis zulassen. Wenn für einen Auftragsgegenstand ein bestimmtes Erzeugnis bestimmt wird, müssen auch gleichwertige Erzeugnisse akzeptiert werden und mit dem Ausdruck "oder Gleichwertiges" definiert werden. Dadurch kann der Auftragsgegenstand so gewählt werden, dass die Anforderungen nicht restriktiver sind, als es zur Erfüllung der Leistung auch Umweltleistungen notwendig ist.¹⁴⁶

Leistungsbeschreibung

Die Beschreibung von Gegenstand und Umfang der auszuführenden Bauleistung sowie die dabei zu erbringenden technischen Anforderungen sind Sache des Auftraggebers. Die Leistungsbeschreibung als Kern des Bauvertrags definiert das Bau-Soll und bildet damit die Kalkulationsgrundlage für die Bieter. Die Beschreibung kann als konstruktive Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnissen (LV) oder als funktionale Leistungsbeschreibung erfolgen.

Bei der funktionalen Leistungsbeschreibung erfolgt die Beschreibung der Leistung durch Angabe des Zwecks und der Funktion der gewünschten Leistung sowie der an die Leis-

¹⁴⁵ Vgl. Dross; Dageförde; Acker: Rechtsgutachten; 2008; S.29-30

¹⁴⁶ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.38

tung gestellten Anforderungen in technischer, wirtschaftlicher, gestalterischer und sonstiger Hinsicht, ohne genauere Angaben über Qualität, Quantität und Konstruktionsart.¹⁴⁷

Die Bieter haben somit einen gewissen Spielraum für eigene Lösungsvorschläge und können selbst festlegen, welche Materialien, Arbeitsmethoden etc. für den geschuldeten Erfolg benötigt werden. Wobei für ökologische Anforderungen auch Anhaltspunkte festzulegen sind.

Die technischen Spezifikationen der Leistungen bei einer funktionalen Leistungsbeschreibung sind so hinreichend genau und neutral zu beschreiben, dass alle erforderlichen Bestimmungen und Gegebenheiten für die Erstellung eines Angebotes deutlich zu erkennen sind und eine Vergleichbarkeit der Angebote möglich ist.¹⁴⁸

Die konstruktive Leistungsbeschreibung hingegen ist durch eine eindeutige, vollständige und neutrale Beschreibung gekennzeichnet, unter Angabe der Konstruktionsart, der zu verwendenden Materialien, der Maße und der Mengen. Die technischen Spezifikationen der konstruktiven Leistungsbeschreibung sind so zu gestalten, dass die Vergleichbarkeit der Angebote gewährleistet ist. In der Regel umfasst die konstruktive Leistungsbeschreibung eine allgemeine Darstellung der Aufgabe und ein in Einzelleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis sowie erforderlichenfalls Ergänzungen durch Pläne, Zeichnungen, Modelle, Musterproben, statische Berechnungen und Hinweise auf ähnliche Leistungen. Die Dimension und Qualität der Leistung wird somit im Detail in einzelnen Positionen des Leistungsverzeichnisses vorgeschrieben.¹⁴⁹ Es ergeben sich für die Bieter nur beschränkte Möglichkeiten zu ökologischen Maßnahmen, da die Konstruktion im Detail bereits vorgegeben ist. Es liegt umso mehr in der Hand des Auftraggebers, die Konstruktion und die Wahl der Materialien umweltgerecht zu optimieren und ökologische Aspekte bei der Beschreibung der Bauleistungen, Bauteile und Baustoffe zu berücksichtigen.

Somit wäre es notwendig in der Beschreibung der Leistung die Mindestkriterien ökologisch nachhaltiger Anforderungen festzulegen. Insbesondere die Verwendung entsprechend umweltfreundlicher Baumaterialien oder ökologisch nachhaltigere Bauverfahren können hier gefordert werden. Weiteres dürfen bestimmte umweltfreundliche Produktionsverfahren und Arbeitsweisen in der Leistungsbeschreibung festgelegt werden.

Es dürfen genaue Anforderungen an die Ware oder Dienstleistung gestellt werden, auch ökologische nachhaltige Anforderungen. Aus Gründen des Diskriminierungsverbotes ist es nur unzulässig Produkte einer bestimmten Marke, eines bestimmten Region oder einer

¹⁴⁷ Vgl. Oberndorfer, Jodl: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, 2010, S.148

¹⁴⁸ Vgl. ebenda.

¹⁴⁹ Vgl. ebenda.

bestimmten Produktion auszuschreiben, egal welche Transportwege und negativen Umweltauswirkungen damit verbunden sind. Der Auftraggeber kann aber verlangen, dass ein Produkt nur aus einem bestimmten Material wie z.B. Holz besteht und gewisse Inhaltsstoffe wie z.B. Chemikalien nicht enthalten sein dürfen.¹⁵⁰ Außerdem kann es sich um sichtbare oder unsichtbare Charakteristika handeln. Es ist z.B. erlaubt, Strom aus erneuerbaren Energien auszuschreiben und Anforderungen hinsichtlich der Produktionsart zu definieren, auch wenn sich der Strom nicht sichtbar vom herkömmlichen Strom unterscheidet. Ebenfalls unzulässig, sind Anforderungen an den Produktionsprozess, die nicht mit dem Produkt, also der Herstellung des Bauwerks, direkt im Zusammenhang stehen. Dies wären z.B. Bedingungen, die die Unternehmensführung des Auftragnehmers im Allgemeinen betreffen.¹⁵¹

Desweiteren gibt es auch die Möglichkeit ergänzende Anforderungen zu stellen, wie zum Beispiel die Einführung einer Reifenwaschanlage zur Schmutzvermeidung der Straßen und verringerte Staubentwicklung.¹⁵²

Technische Spezifikationen

Die Technischen Spezifikationen dienen der Leistungsbeschreibung und müssen laut BVergG in den Ausschreibungsunterlagen enthalten sein. In Österreich werden dafür meist die Normen verwendet. Die technischen Spezifikationen enthalten alle geforderten technischen Anforderungen der gewünschten Leistung sowie die umweltbezogenen technischen Anforderungen.¹⁵³

Auftraggeber können umweltrelevante Kriterien in den technischen Spezifikationen in Übereinstimmung mit Gütezeichen¹⁵⁴ festlegen. Es kann angegeben werden, dass Produkte, die gewisse Gütezeichen besitzen, als Produkte angesehen werden, die den technischen Spezifikationen in den Ausschreibungsunterlagen entsprechen.¹⁵⁵ Gütezeichen können als Beweis herangezogen werden, dass die in den technischen Spezifikationen ausgeschrieben Kriterien vorhanden sind. Zugleich müssen aber Produkte ohne Zertifi-

¹⁵⁰ Vgl. Schuh; Harant: Nachhaltige Beschaffung - Ein Wegweiser; 2010; S.16

¹⁵¹ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.38-39

¹⁵² Vgl. Osebold et al.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen; 2015; S.172

¹⁵³ Vgl. BVergG 2017 § 106.

¹⁵⁴ Gütezeichen werden von verschiedenen Institutionen vergeben und sind Dokumente, Zeugnisse oder Bescheinigungen, welche eine Ware, eine Dienstleistung, ein Prozess oder ein Verfahren damit auszeichnet, dass es bestimmte Anforderungen (Gütezeichen-Anforderungen) erfüllt.

¹⁵⁵ Vgl. Schuh; Harant: Nachhaltige Beschaffung - Ein Wegweiser; 2010; S.16

zierung die Möglichkeit haben, dieselben Umweltkriterien von einer Prüfstelle nachweisen lassen zu können.¹⁵⁶

Das BVerG erläutert die Anforderungen an Gütezeichen in der Leistungsbeschreibung folgendermaßen:

„Will der öffentliche Auftraggeber eine Leistung mit spezifischen Merkmalen beschaffen, kann er in den technischen Spezifikationen, den Zuschlagskriterien oder den Bedingungen für die Ausführung des Auftrages ein bestimmtes Gütezeichen als Nachweis dafür verlangen, dass die Leistung den geforderten Merkmalen entspricht. Dieses Gütezeichen muss folgende Bedingungen erfüllen:

- 1. die Anforderungen des Gütezeichens betreffen ausschließlich Kriterien, die mit dem Auftragsgegenstand in Verbindung stehen und für die Beschreibung der Merkmale der Leistung geeignet sind,*
- 2. die Anforderungen des Gütezeichens basieren auf objektiv nachprüfbaren und nicht diskriminierenden Kriterien,*
- 3. das Gütezeichen wurde im Rahmen eines offenen und transparenten Verfahrens erstellt, an dem sich alle relevanten interessierten Kreise wie etwa Verwaltungsbehörden, Verbraucher, Sozialpartner, Hersteller, Händler und Nichtregierungsorganisationen beteiligen konnten,*
- 4. das Gütezeichen ist allen interessierten Kreisen zugänglich und*
- 5. die Anforderungen des Gütezeichens werden von einem Dritten festgelegt, auf den der Unternehmer, der das Gütezeichen beantragt, keinen ausschlaggebenden Einfluss ausüben kann.“¹⁵⁷*

Somit werden an die Verwendung von ökologisch nachhaltigen Kriterien im Einklang mit Umweltzeichen hohe Ansprüche gestellt. Die Umweltzeichen müssen geeignet, wissenschaftlich nachvollziehbar und allgemein zugänglich sein. Die engen Vorgaben sind begründet, da sie verhindern sollen, dass z.B. ein nationales Umweltzeichen bevorzugt wird und Bieter dadurch diskriminiert werden. So dürfen gemäß dem „Wegweiser einer nachhaltigen Beschaffung“ von Schuh, Harant (2010; S.11) Produkte mit einem Umweltzeichen nicht allein aufgrund dieser Tatsache vor Produkten, die keine Umweltzeichen besitzen und dennoch denselben Kriterien entsprechen, vorgezogen werden.

Das älteste und bekannteste Gütezeichen nennt sich *Blauer Engel*¹⁵⁸ und umfasst mittlerweile 4.000 Produkte. Es ist ein staatliches Umweltzeichen mit deutschem Ursprung.

¹⁵⁶ Vgl. Schuh; Harant: Nachhaltige Beschaffung - Ein Wegweiser; 2010; S.13

¹⁵⁷ BVerG 2017 § 108. Abs. 1.

Unter die relevanten Produktgruppen fallen unter anderem Baustoffe und Bauhilfsstoffe für den Hochbau, Dämm- und Isolierstoffe sowie Wandfarben.

Ein Beispiel für Umweltkriterien, auf deren Anforderungen der „Blaue Engel“-Gütesiegel vergeben wird, nach Dross et al.:

„Der Blaue Engel wird nur an Arbeitsplatzcomputer verliehen, die bestimmten Umweltanforderungen genügen. Im Fokus stehen die Vermeidung von Schadstoffen, Emissionen und Abfall (...). Gefordert ist z. B. deshalb, dass die maximal zulässigen Leistungsaufnahmen der Systemeinheiten und der tragbaren Computer in energiesparenden Zuständen vorgegeben werden ebenso wie die zulässigen Aktivierungszeiten dafür, die sich zudem vom Nutzer verringern lassen müssen. Der Ein-Aus-Schalter muss sich an der Gerätevorderseite befinden und zumindest einen Schein-Aus-Zustand ermöglichen.“¹⁵⁹

Eignungs- und Auswahlkriterien

Bevor ein Angebot gewertet wird, ist zu überprüfen, ob der Bieter die Eignungskriterien erfüllt. Eignungskriterien sind jene nicht diskriminierenden, auf den Auftragsgegenstand abgestimmten Kriterien, die die prinzipielle Eignung des Bieters für die zu beschaffende Dienstleistung oder Ware festlegen.¹⁶⁰ Angesprochen sind insbesondere die berufliche Befugnis und Zuverlässigkeit sowie die finanzielle, wirtschaftliche und technische Leistungsfähigkeit. Werden diese Mindestanforderungen an den Bieter nicht erfüllt, bedeutet dies einen Ausschlussgrund vom Vergabeverfahren für den Unternehmer.¹⁶¹

Die Eignung kann auch bezüglich ökologischer Anforderungen gefordert werden. Im Rahmen der Prüfung der technischen Leistungsfähigkeit können öffentliche Auftraggeber eine Zertifizierung nach einem Umweltmanagementsystem als Eignungsnachweis fordern, sofern diese Anforderung in Bezug zum Auftragsgegenstand gebracht werden kann und bei der Ausführung Maßnahmen zum Schutz der Umwelt erforderlich werden. Neben den einschlägigen europäischen Bestätigungen nach ISO (International Organization for Standardization) und EMAS (Eco Management und Audit Scheme) werden auch gleichwertige Bescheinigungen von Stellen anderer Vertragsparteien des EWR-Abkommens vom Auftraggeber anerkannt.^{162,163}

¹⁵⁸ Vgl. www.blauer-engel.de.

¹⁵⁹ Dross; Dageförde; Acker: Rechtsgutachten; 2008; S.43

¹⁶⁰ Vgl. § 2 BVergG 2017; Abs. 22; c

¹⁶¹ Vgl. § 68 BVergG 2017; Abs. 1

¹⁶² Vgl. Schuh; Harant: Nachhaltige Beschaffung - Ein Wegweiser; 2010; S.17

¹⁶³ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.40

Nach Dageförde-Reuter (2004; S.265) bestätigt das Vorhandensein eines Umweltmanagementzertifikats die Eignung eines bietenden Unternehmens unter folgendem Gesichtspunkt:

"Das Unternehmen ist aufgrund seines Umweltmanagementsystems in der Lage, umweltspezifische Anforderungen des Auftraggeber (...) wirksam umzusetzen und zu gewährleisten (...). Zudem ist es für den Auftraggeber, der selbst ein Umweltmanagementsystem implementiert hat, aus dem Grunde besonders geeignet, weil es ihn nicht in seinem Status der Umweltentlastung bzw. nicht seine Rezertifizierung gefährdet."

Allerdings gibt es europaweite, wissenschaftliche Erkenntnisse, welche auch zeigen, dass ein firmenübergreifendes Umweltmanagementsystem den projektspezifischen Prozessen nicht wirklich behilflich ist. *"Oftmals sind Umweltmanagementzertifikate nur eine Formalie, um den Anforderungen der öffentlichen AG bei der Eignungsprüfung zu genügen. Die Umweltleistung auf der Baustelle wird dadurch nicht direkt verbessert."*¹⁶⁴

Beim zweistufigen Vergabeverfahren mit vorheriger Bekanntmachung gibt es zusätzlich noch Auswahlkriterien, welche wie die Eignungskriterien bieterbezogen sein müssen. Anhand dieser vom AG in der Reihenfolge ihrer Bedeutung festgelegten Kriterien wird die Qualität der Bieter beurteilt und die Auswahl zur Angebotslegung und Teilnahme an der zweiten Stufe des Vergabeverfahrens entschieden.¹⁶⁵

Zuschlagskriterien

Zuschlagskriterien sind die Grundlage für die Entscheidung des Auftraggebers. Die für die jeweilige Vergabe anzuwendenden Zuschlagskriterien und ihre zukommende Gewichtung müssen den Bietern bekannt gegeben werden, damit sie sich darauf einstellen können mit welchen Kriterien ihre Leistung gewertet wird.

Der Zuschlag kann auf das Angebot mit dem niedrigsten Preis oder auf das technisch und wirtschaftlich günstigste Angebot erfolgen. Bei der Vergabe nach dem niedrigsten Preis ist das Zuschlagkriterium ausschließlich der Preis. Ansonsten sind Zuschlagskriterien die im Verhältnis ihrer Bedeutung festgelegten, nicht diskriminierenden und auftragsbezogenen Kriterien, nach welchen das technisch und wirtschaftlich günstigste Angebot ermittelt wird. Mögliche Zuschlagskriterien sind: Qualität, Preis, technischer Wert, Ästhetik, Zweckmäßigkeit, Betriebskosten, Rentabilität, Kundendienst und technische Hilfe, Lieferzeitpunkt und Lieferungs- bzw. Ausführungsfrist sowie Umwelteigenschaften.¹⁶⁶ Somit ist es für den

¹⁶⁴ Vgl. Osebold et al.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen; 2015; S.172

¹⁶⁵ Vgl. Kropik: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1; Vorlesung WS 2017/2018; S.133

¹⁶⁶ Vgl. § 2 BVergG 2017; Abs. 22; d

Auftraggeber vergaberechtlich möglich, durch Auswahlkriterien im Vergabeverfahren Nachhaltigkeitsaspekte zu integrieren.

Zuschlagskriterien werden als Zugangstor für Umweltstandards gesehen. Sie bringen gewisse Vorteile wenn es darum geht umweltfreundliche Maßnahme in der projektspezifischen Abwicklung voranzutreiben. Gegenüber anderen Bereichen im öffentlichen Vergabeverfahren, wie z.B. den technischen Spezifikationen, wird bei Zuschlagskriterien die Möglichkeit geboten, ökologische Aspekte bei der Auswahl des technisch und wirtschaftlich günstigsten Angebots differenzierter einzubeziehen. Die umweltbezogenen Vorteile der angebotenen Produkte und Dienstleistungen werden in ein direktes Verhältnis zum dafür zu begleichenden Mehrpreis gesetzt. Somit wird durch umweltschutzbezogene Zuschlagskriterien ein direkter Wettbewerbsvorteil erzielt und demnach mehr Aufmerksamkeit zugesprochen. Zusätzlich werden die Bieter durch Umweltkriterien angespornt sich mit ökologisch nachhaltigen Maßnahmen auseinanderzusetzen.¹⁶⁷

Nach Wall et al. (2014; S.8) fehlt in der Praxis nach wie vor die gesamtheitliche Betrachtung. Bislang werden für Produkte und Dienstleistungen entweder pauschale Forderungen ohne weitere Konkretisierungen oder nur einzelne Kriterien und Indikatoren aus Gebäudezertifizierungen angegeben. Neben Aspekten des Ressourcenverbrauchs, dem Energieverbrauch, Emissionen im Produktionsprozess, dem Grad der Wiederverwertbarkeit des Produktes oder von Teilen, könnten mittlerweile auch Lebenszykluskosten als Zuschlagskriterien herangezogen werden.¹⁶⁸

Umweltbezogene Zuschlagskriterien sind allerdings mit besonderer Sorgfalt zu gestalten, da vergaberechtliche Beschwerden durch unterlegene Bieter und ein Nachprüfungsverfahren erhebliche zeitliche Verzögerungen verursachen können. Vor allem die Grundsätze des Bundesvergabegesetzes müssen eingehalten werden. Neben Transparenz, uneingeschränktem Wettbewerb und Nichtdiskriminierung, muss für die Kriterien eine objektiv nachvollziehbare Bewertung stattfinden. Dies scheint deshalb schwierig zu sein, da umweltbezogene Anforderungen meist nicht direkt quantifizierbar sind. Durch das Einfordern von qualitativen Beschreibungen der Bieter kann allerdings ein transparentes und nachvollziehbares Bewertungsverfahren entwickelt werden. Ein Beispiel dazu gibt die Ausschreibung und Vergabe von Teilprojekten des Generationenprojekts zum Umbau der Emscher samt ihrer Nebenläufe im Ruhrgebiet. Dabei wurde das Zuschlagskriterium „Umwelt und Energieeffizienz“ mit mehreren Teilaspekten integriert. Die Bieter mussten einerseits qualitative Beschreibungen ihrer Tätigkeiten und andererseits quantitative Angaben

¹⁶⁷ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.42

¹⁶⁸ Vgl. Wall et al.: Auswirkung der Energiepolitik auf die Bauwirtschaft; 2014, S.8.

zu den eingesetzten Geräten und deren Verbräuchen angeben. Die Angaben wurden dann mit einem davor festgelegtem Bewertungssystem untereinander verglichen. Somit konnten ökologisch nachhaltige Kriterien mit einer objektiven und nachvollziehbaren Bewertung erfolgreich eingesetzt werden. Die Gewichtung des Umweltkriteriums lag zwar nur bei 10 % und die Vergabeentscheidung wurde somit nicht stark beeinflusst. Trotzdem führte das Zuschlagskriterium zu einem umweltfreundlicheren Denken. Das Kriterium signalisierte die hohen Umweltansprüche des öffentlichen Auftraggebers und die Projektbeteiligten mussten sich schon vor der Vergabe mit ökologischen Aspekten auseinandersetzen.¹⁶⁹

Beispiele von umweltbezogenen Zuschlagskriterien

Anhand der Tabelle 4.1 werden Möglichkeiten zu umweltbezogenen Zuschlagskriterien exemplarisch dargestellt.

Umweltbezogene Zuschlagskriterien	Mögliche Bewertungsmaßstäbe
Umweltfreundlicher Transport	<ul style="list-style-type: none"> • Art der Transportmittel (z.B. Zug, Schiff, LKW, Förderband) • EURO-Standards der LKW • Länge der Transportwege • Transportkapazität der eingesetzten Transportmittel
Einsatz von Ökostrom	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil des Stromes, der aus regenerativen Energien gewonnen wird (wenn Netzstrom vor Ort verfügbar ist) • Eigene Stromproduktion auf der Baustelle z.B. durch Photovoltaik
CO ₂ Ausstoß beim Maschineneinsatz auf der Baustelle	<ul style="list-style-type: none"> • Verbräuche und Betriebszeiten der eingesetzten Geräte • Modernitätsgrad der eingesetzten Geräte
Einsatz umweltfreundlicher Materialien	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil der durch umweltfreundliche Produkte ausgetauschte Materialien und Hilfsstoffe
Erstellung von Umweltkonzepten hinsichtlich der Verringerung von Lärm und Erschütterungen, der Verringerung von Abfällen und Abwasser, der Vermeidung von Staub und Schmutz	<ul style="list-style-type: none"> • Vollständigkeit der Konzepte • Neue Ideen zum Umweltschutz in den Konzepten • Vollständige Erfassung der relevanten Randbedingungen • Darstellung des Konzepts (z.B. Strukturierung)
Flächenbeanspruchung	<ul style="list-style-type: none"> • Flächenbeanspruchung für die Baustelleeinrichtung • Dauer/Fläche von Sperrungen öffentlichen Straßenraums • Flächenversiegelung von Boden durch Bautätigkeiten
Lärmpegel der eingesetzten Baumaschinen	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung der Lärmpegel der eingesetzten Maschinen in einer Geräteliste

Tab.4.1: Beispiele umweltbezogener Zuschlagskriterien¹⁷⁰

Prinzipiell können die Kriterien nach „quantitativ messbar“ (z.B. messbare Größen wie Energieverbrauch, Transportweg etc.) und „qualitativ messbar“ (z.B. Schilderung von

¹⁶⁹ Vgl. Osebold et al.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen; 2015; S.173

¹⁷⁰ Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.188

organisatorischen Umweltschutzmaßnahmen) differenziert werden. Beim Einsatz der Kriterien ist jedoch der Projektbezug zu beachten. Bei einem Bauvorhaben mit besonders großen Transportmengen wie z.B. bei einem Deichbau wäre es sinnvoll sich auf die Optimierung der Transporte zu konzentrieren.¹⁷¹

4.2 Ausführungsphase

Um effizient und umweltschonend zu bauen, müssen die Bauprozesse, die eingesetzten Baumaschinen aber auch das Baustellenpersonal im Hinblick auf Energieeinsparpotenziale analysiert werden. Durch die gewonnenen Erkenntnisse kann eine Systematik für Baustellen entwickelt werden, die den Gedanken der ökologischen Nachhaltigkeit mit betriebswirtschaftlich sinnvollem Handeln verknüpft.

Nach Alfen et al (2013, S.277) betreffen Überlegungen zur Effizienzsteigerung der Produktion bei bauausführenden Unternehmen hauptsächlich das Bauprozessmanagement, die Bauverfahrenstechnik und die Baustellenlogistik und finden am ehesten bei der Angebotsbearbeitung, Arbeitsvorbereitung oder Baudurchführung der einzelnen Projekte statt.

Es werden folgende Themenfelder für Möglichkeiten zur Energie- und Ressourceneinsparung in der Ausführungsphase bearbeitet:

- ◆ Effiziente Baustellenlogistik
- ◆ Ökologisch vorteilhafte Baustoffe
- ◆ Erneuerbare Energien

4.2.1 Effiziente Baustellenlogistik

Für die Bauunternehmen stellt die Planung der Baustellenlogistik oft eine große Herausforderung dar. Die vielen Arbeiter und unterschiedlichen Unternehmen insbesondere bei Großbaustellen, sowie oft beengte Platzverhältnisse und enormer Zeitdruck erfordern eine umfassende Planung und Koordination der Logistik. Schach und Schubert definieren die Baustellenlogistik folgendermaßen:

„Die Baustellenlogistik befasst sich (...) mit der Planung, Ausführung und Steuerung von Material-, Personal- und Informationsflüssen unter dem Gesichtspunkt einer optimierten baubetrieblichen Leistungserstellung hinsichtlich Terminen, Kosten und Qualitäten unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Sicherheit und Gesundheitsschutz sowie ökologischen

¹⁷¹ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.188

*Aspekten. Ziel ist die optimale Ver- und Entsorgung von Baustellen zum richtigen Zeitpunkt, in der richtigen Qualität und Quantität, am richtigen Ort.*¹⁷²

Die Baustellelogistik ist zentraler Bestandteil der Arbeitsvorbereitung und umfasst drei wesentliche Teilbereiche:

Unter **Versorgungslogistik** versteht man die termingerechte und kostenoptimale Beschaffung und Versorgung der Baustelle mit den logistischen Gütern, wie Personal, Bau- und Betriebsstoffe, Geräte, Schalung, Informationen etc. Die **Baustellen- oder Produktionslogistik** ist für sämtliche Transferbewegungen direkt auf der Baustelle verantwortlich, inklusive Umschlag und Lagerung. Die **Entsorgungslogistik** umfasst die Entsorgung und Verwertung von auf der Baustelle anfallenden Abfällen (z.B. Bodenaushub, Bauschutt, Straßenaufbruch, Baustellenabfälle, Sonderabfälle) sowie die Rückführung von Gebrauchsmaterial und Baugeräten. Zur Umsetzung dieser drei Phasen dient übergeordnet die Informationslogistik.¹⁷³

Der Baustellentransport bzw. der Baustellenverkehr, also alle Wege die bei der Abwicklung einer Baustelle zurückgelegt werden, sind große Verursacher von Umweltauswirkungen innerhalb der Bauprojektentwicklung. Dabei können verschiedene Transportmittel eingesetzt werden.

In der Großstadt Wien entfallen zum Beispiel über zwei Drittel des Güterverkehrs in Tonnen auf den Baustellentransport. Davon werden nur weniger als 1 % des Transportaufkommens mit der Bahn oder dem Schiff abgewickelt, der Rest mit dem LKW. Obwohl von den Kfz-Fahrleistungen in Kilometer nur 1 % auf den Baustellenverkehr in Wien fällt, werden aufgrund des hohen Schwerverkehrsanteils und der teilweise älteren Fahrzeuge 7 bis 10 % der Schadstoffemissionen vom Baustellenverkehr verursacht.¹⁷⁴ Dies trägt wesentlich zur Umweltverschmutzung bei. Zusätzlich werden die Straßen durch den Baustellentransport überproportional belastet und bringen hohen Erhaltungskosten. Vergleicht man einen zweiachsigen LKW mit 18 to mit einem herkömmlichen PKW, belastet dieser die Straßen 17.000 mal stärker und ein vierachsiger LKW mit 36 to 30.000 mal stärker. Abgesehen davon kann der Baustellenverkehr Verkehrsprobleme und Staus auslösen, die wiederum mehr Abgase und CO₂ verursachen.¹⁷⁵ Die Errichtung einer Wohnung in einer Stadt benötigt ca. 60 LKW-Fahrten mit 2.500 bis 3.000 gefahrenen Kilometern. Das bedeutet bei 5.000 errichteten Wohnbauten eine Fahrleistung von 12,5 bis 15 Millionen

¹⁷² Vgl. Schach; Schubert: Logistik im Bauwesen; 2009; S. 59

¹⁷³ Vgl. ebenda; S. 59-63

¹⁷⁴ Vgl. Lhotzky et al.: Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung; Leitfaden 1; 2004; S.14

¹⁷⁵ Vgl. ebenda; S.10

LKW-Kilometern pro Jahr. Die Kosten für den Transport belaufen sich bei den Bauprojekten auf 2 bis 3 % des Gesamtinvestitionsvolumens.¹⁷⁶

Eine energieeffiziente Abwicklung des Baustellenverkehrs würde Großstädte wie Wien umwelttechnisch sehr entlasten. Eine Verringerung der LKW-Fahrten durch die in weiterer Folge aufgezählten Maßnahmen führt zu einer direkten Reduktion der CO₂-Emissionen und Energieeinsparung. Die Verlegung des Baustellenverkehrs von der Straße auf die Schiene bildet eine umweltschonende Alternative und konnte in manchen Projekten in Wien bereits erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden.

Mit dem Beginn des im Rahmen des EU-Life-Umweltprogramms geförderten Demonstrationsvorhabens RUMBA im Jahr 2001 hat es im Bezug auf eine umweltorientierte Baustellenabwicklung stets Fortschritte gegeben.¹⁷⁷ RUMBA steht für „Richtlinie für umweltfreundliches Bauen“ und wurde von der Stadt Wien gemeinsam mit drei Partnern aus der Bauwirtschaft erarbeitet. Das Ziel von RUMBA war es zu den Themen Baustellenverkehr, getrennte Sammlung von Baurestmassen auf der Baustelle und umweltschonende Baustellenabwicklung und -logistik ökologisch nachhaltige Maßnahmen zu erarbeiten. Jene Maßnahmen wurden in drei Demonstrationsvorhaben an 8 unterschiedlichen Baustellen umgesetzt. In Rückkoppelung mit den Demonstrationsvorhaben wurden dann Vorschläge zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung gemacht. Unter anderem wurde ein Leitfaden für umweltfreundliche Baustellenabwicklung sowie Empfehlungen für die Adaptierung von Richtlinien, Ausschreibungen und Förderungen erstellt.¹⁷⁸

Im Folgenden werden einige RUMBA-Ergebnisse zum Thema Baustellenverkehr aufgezeigt und ein Überblick über die zu treffenden Energieeffizienzmaßnahmen gezeigt.

LKW-Transporte

Eine Reduktion der LKW-Fahrten durch Vermeidung von Transporten, bessere Fahrzeugauslastung, sowie Verringerung der Leerfahrten führen zu einer direkten Reduktion der CO₂-Emissionen. Dadurch wird die Umwelt nachhaltig geschont und die Straßen weniger abgenutzt. Durch unterschiedliche Maßnahmen kann ein Fortschritt in der Effizienz erreicht werden. Folgendes ist zu beachten:^{179,180}

¹⁷⁶ Vgl. Lhotzky et al.: Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung; Leitfaden 1; 2004; S.13-14

¹⁷⁷ Vgl. Greil: Baustellenbetrieb: Grüne Logistik; 2014; S.26

¹⁷⁸ Vgl. Lhotzky et al.: Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung; Kurzbericht; 2004; S.1

¹⁷⁹ Vgl. Lhotzky et al.: Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung; Leitfaden 1; 2004; S.18

¹⁸⁰ Vgl. Schach; Schubert: Logistik im Bauwesen; 2009; S. 59-63

- ◆ Wiederverwertung von Aushub und Baumaterial für Verfüllungen, Anschüttungen, etc.
- ◆ Betreute Sammelanlagen wie z.B. Sortierinsel auf der Baustelle für eine getrennte Abfallentsorgung, Materialverdichtung, sowie ein sortenreiner Abtransport zum Entsorgungs- und Verwertungsstandort
- ◆ Zeitfenstermanagement zur Steuerung der An- und Abtransporte
- ◆ Festsetzung von LKW-Einfahrtsgebühren in die Baustelle, sowie transportweitenabhängiges Entgeltsystem für LKWs
- ◆ Die Anlieferung von Baumaterial ist möglichst ohne Baustellenlagerung abzuhalten, da der Zwischentransport vom Baustellenlager zur Einbaustelle mit Kosten und oft auch mit Materialschäden verbunden ist. Passend für eine Just-in-Time Lieferung sind Fassadenelemente, Transportbeton und Fertigteile. Für die Lieferfahrzeuge sind in der Nähe von der Baustelle nach Möglichkeit Abstellplätze als Pufferzonen einzuplanen. Erst durch eine Erlaubnis ist die Zufahrt zur Baustelle freizugeben, um eine störungsfreie Anfahrt zu den Anlieferungspunkten zu gewährleisten.
- ◆ Einführen von Zugangskontrollen, insbesondere bei größeren Baustellen; durch Zugangseinrichtungen auf der Baustelle werden Personen- und Materialmengen transparent und lassen sich dadurch erst kontrollieren und lenken.
- ◆ Weitere Maßnahmen für ein erfolgreiches Baulogistik- und Umweltmanagement sind: eine zentrale Baustellenzufahrt, die Dokumentation der Transporte, die Aufnahme der Leistungen des Baulogistikmanagement in die Ausschreibung der Bauleistung, Vorschläge zur Vorsorge und Behebung von Behinderungen des Bauablaufs, Betreuung der zentralen Baustelleinfrastruktur (Baustraße, Abrollstrecke, Reifenwaschanlage, u.a.), Information an Besucher, Lieferanten, Beschwerdeanlaufstelle, Nachverfolgung der Verursacher von Umweltbeeinträchtigungen, Beratungsfunktion für ausführende Firmen;

Bahn- oder Schiffsverkehr statt LKW-Verkehr

Weniger LKW-Fahrten würden zu einer direkten Reduktion von Ressourcen und CO₂-Emissionen führen. Die Verlegung des Baustellentransports von der Straße auf die Schiene bildet eine umweltschonende Alternative und konnte in manchen Projekten bereits erfolgreich in die Praxis umgesetzt werden. Neben einem geringeren Energieverbrauch und Emissionsanteil weist die Bahn auch einen geringeren Flächenbedarf im Vergleich zur Straße auf. Allerdings konnte sich der Transport via Bahn noch nicht voll-

kommen durchsetzen, da einiges dagegen spricht. Gerade bei Just-in-Time Lieferungen und zwangsläufigen Terminkollisionen kann die mangelnde Flexibilität der Bahn mit dem LKW nicht mithalten. Weiteres verfügen die meisten Lieferanten über keinen direkten Gleisanschluss und ein Bahntransport würde sich wirtschaftlich nicht rentieren. Aber auch Kleinigkeiten halten offensichtlich gegen den Schienentransport. Schach, Schubert (2009,) sind der Meinung, dass manchmal auch nur Kleinigkeiten gegen den Schienentransport halten. *„So führt der Bremsabrieb auf offenen Eisenbahnwagen dazu, dass zum Beispiel sichtbar bleibende Fassadenfertigteile aufwändig mit Planen geschützt werden müssen, damit sich nicht Rostflecken bilden, welche bei der Abnahme bemängelt würden.“*¹⁸¹ Der Transport von großen Mengen über weite Strecken bei keiner oder nur einer Umladung kann allerdings via Bahn durchaus Sinn machen. So zum Beispiel der Transport von Tübingen zur Tunnelbaustelle, wie es beim City-Tunnel-Leipzig stattfand.¹⁸²

Bei der Verlagerung vom LKW-Transport auf die Bahn oder das Schiff gibt es die Möglichkeit des Direktverkehrs oder des gebrochenen Verkehrs zwischen Baustelle und Ver- und Entsorgungsanschluss.

- ◆ Direktverkehr: Die Baustelle und der Ver- und Entsorgungsstandort sollten jeweils über einen Gleis- oder Wasserstraßenanschluss verfügen.
- ◆ Gebrochener Verkehr: Falls die Baustelle und der Ver- und Entsorgungsstandort über keinen Gleis- oder Wasserstraßenanschluss verfügen, sollte innerhalb von maximal 3 km ein Umschlagplatz zur Verfügung stehen. Diese Umschlagplätze für Straße/Schiene oder für Straße/Wasserstraße können als Baulogistikplätze (=Umschlaganlagen) oder als Baulogistikzentren¹⁸³ ausgeführt werden.

Allerdings sind für die Energiebilanz aber auch die zusätzlichen Vorgänge des Umschlags durch Bahn/Schiff zu berücksichtigen. So können sich längere Weglängen beispielsweise zu Deponien ergeben. Es ist von Fall zu Fall abzuschätzen, ob die Umweltbilanz durch die Alternative Bahn- oder Schiffsverkehr effektiv genug ist, um höhere Kosten zu verantworten.¹⁸⁴

Positive Beispiele für die Alternative Bahnverkehr statt Straßenverkehr zeigen die Demonstrationsbaustellen von RUMBA. Tabelle 4.2 zeigt die Einsparmöglichkeiten an Emissionen bei dem jeweiligen Transportgut, sowie die eventuell entstehenden Mehrkosten. Beim Transportgut Aushub je Tonne werden Einsparungen von 90 bis 100 % an LKW-km

¹⁸¹ Schach; Schubert: Logistik im Bauwesen; 2009; S. 60

¹⁸² Vgl. Schach; Schubert: Logistik im Bauwesen; 2009

¹⁸³ Baulogistikzentren sind Umschlaganlagen, welche mit Zwischenlager und Bearbeitungsfunktion ausgestattet sind.

¹⁸⁴ Vgl. Lhotzky et al.: Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung; Leitfaden 1; 2004; S.17

sowie Treibhausgasreduktionen von 51 bis 80 % erreicht, dafür aber Mehrkosten von 50 bis 100 % generiert. Beim Transportgut Fertigteile je Tonne entstehen hingegen keine Mehrkosten und es werden 93 % an LKW-km und 54 bis 93 % an Treibhausgasemissionen eingespart.

Transportgut	LKW-km	Treibhausgas	Kosten
Aushub (je t)	- 90 bis - 100 %	- 51 bis - 80 %	ca. + 50 - 100 %
Fertigteile (je t)	- 93 %	- 54 bis - 93 %	+ / - 0 %

Tab.4.2: Umweltwirkungen beim Baustellenverkehr in RUMBA¹⁸⁵

Beim Transportgut Aushub wurde festgestellt, dass sich eine positive Bilanz ergibt, solange die Strecke des Bahntransports nicht länger als das 1,5-fache bei reiner Dieseltraktion bzw. das 3-fache bei Stromtraktion der Strecke des LKW-Transports ist. Entscheidend für eine deutlich bessere Ökobilanz sind zudem die Umschlagvorgänge. Über die Hälfte der CO₂-Emissionen wurde durch den Einsatz konventioneller Radlader verursacht werden. Der Einsatz von schadstoffarmen Radladern oder die Vermeidung von zusätzlichen Umschlagvorgängen durch ACTS-Container¹⁸⁶ oder Förderbänder verbessert die Umweltbilanz der Bahnlogistik deutlich gegenüber dem LKW.¹⁸⁷

4.2.2 Ökologisch vorteilhafte Baustoffe

Baustoffe sind durch ihre Herstellung mit einem hohen Energiebedarf und CO₂-Emissionen verbunden. Als klimafreundlichster Baustoff gilt nach wie vor Holz. Folgende Grundsätze sprechen bezüglich Energieeffizienz und ökologischer Nachhaltigkeit für den Baustoff Holz:¹⁸⁸

- ◆ Holz besteht zu 50 % aus Kohlenstoff, wobei im Zuge der Photosynthese in 1 m³ Holz Kohlenstoff aus 1 Tonne CO₂ gespeichert wird. Holz verfügt also über ein CO₂-Speicherpotenzial von ca. 1 to CO₂.
- ◆ Der Rohstoff Holz wird unter den umweltfreundlichsten Bedingungen erzeugt. Der Wald ist nicht nur Rohstoff- und Energieproduzent, sondern ein Ökosystem

¹⁸⁵ Lhotzky et al.: Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung, Kurzbericht; 2004; S.2

¹⁸⁶ Abrollcontainer-Transportsysteme (ACTS) sind Systeme, welche einen schnellen Umschlag zwischen LKW und Bahn ermöglichen, da keine stationären Ladehilfen wie Stapler, Kran etc. benötigt werden.

¹⁸⁷ Vgl. Lhotzky et al.: Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung; Kurzbericht; 2004; S.2

¹⁸⁸ Vgl. Wegner: Kultureller, ökologischer und energetischer Nutzen des Bauens mit Holz; abgerufen am: 18.06.2017, S.5-6

mit vielfältigster Pflanzen- und Tierwelt sowie positiven Wirkungen auf Boden, Wasser und Klima.

- ◆ Holz und holzbasierte Produkte in Bauwerken binden den Kohlenstoff und den Energieinhalt über lange Zeiträume (40 bis 100 Jahre). Durch das Bauen mit Holz entstehen also langfristige, klimaentlastende Kohlenstoff- und Energiespeicher.
- ◆ Holz zeichnet sich als ressourcenschonendes Kreislaufprodukt aus. Durch stoffliches Recycling können hohe Anteile als Sekundärrohstoffe genutzt werden (für Holzwerkstoffe etc.) und bei der Verbrennung von Holz gibt es immer nur so viel CO₂ ab, wie es während seines Wachstums gebunden hat.
- ◆ Holz ist überall verfügbar und schafft durch die Möglichkeit des Abbaus vor Ort regionale und nationale Unabhängigkeit im Rohstoffbezug. Somit macht Holz wirtschaftlich unabhängiger und dämpft das Risiko steigender Rohstoffpreise. Daraus ergibt sich die positive Folge von verkürzten Transportwegen, die sich wiederum positiv auf die CO₂ Bilanz auswirkt.
- ◆ Der Energieaufwand für die Herstellung von Schnittholz und Bauprodukten aus Holz und Holzwerkstoffen ist im Vergleich zu herkömmlichen Baustoffen sehr gering.

Aber auch beim Einsatz von anderen Baustoffen wie z.B. Stahl und Beton kann auf die Umwelt Rücksicht genommen werden. Stahl benötigt zwar bei der Herstellung viel Energie, hat seine Vorzüge aber in der vergleichsweise einfachen Montage und Demontage, in der Schlankheit von Konstruktionen und der Recycelbarkeit. Bei der heutzutage hohen Bodenversiegelung kann sich ein leichter Rückbau von Stahlkonstruktionen als sehr positiv herausstellen.¹⁸⁹ Neben der Stahlherstellung ist vor allem die Produktion von Bindemittel für große Mengen des CO₂-Austoßes verantwortlich. Da für die Herstellung von Bindemittel die Materialien stark erhitzt werden müssen (von 700°C bis über 1.000°C), werden enorme Energiemengen benötigt.¹⁹⁰ Im Mittelfeld beim Energiebedarf für die Herstellung liegen Baustoffe wie Ziegel, Holzbeton- und Porenbetonsteine. Dem energetischen Aufwand bei der Produktion stehen allerdings Vorteile, wie eine längere Lebensdauer des Gebäudes im Vergleich zum Leichtbau, in der Nutzungsphase gegenüber.¹⁹¹

¹⁸⁹ Vgl. Homepage Solidbau: <https://solidbau.at/a/der-oekologische-fussabdruck>; abgerufen am: 28.12.2017

¹⁹⁰ Vgl. Homepage Gecotec e.V.: <http://gecotec.org/de/baustoffe>; abgerufen am: 28.12.2017

¹⁹¹ Vgl. Homepage Solidbau: <https://solidbau.at/a/der-oekologische-fussabdruck>; abgerufen am: 28.12.2017

4.2.3 Erneuerbare Energien

Als erneuerbare Energien oder regenerative Energien werden Energien aus Quellen bezeichnet, die sich entweder verhältnismäßig schnell von selbst erneuern oder unerschöpflich zur Verfügung stehen. Sie grenzen sich somit von den fossilen Energieträgern ab, welche Millionen Jahre brauchen um sich zu regenerieren. Erneuerbare Energien sind nachhaltige Energieressourcen, zu denen unter anderem die solare Strahlung (Sonnenenergie), die Wasserkraft und die Windenergie zählen. Das energetische Potenzial, welches aus Biomasse gewonnen wird, wird ebenso als erneuerbare Energie bezeichnet.¹⁹²

Solarenergie

Unter Solarenergie versteht sich die von der Sonne durch Kernfusionsprozesse erzeugte Energie, welche in Form von elektromagnetischen Teilchen auf die Erde strahlt. Die Sonnenenergie lässt sich sowohl direkt nutzen, durch die Strahlung auf Kollektoren zur Erzeugung von Strom (Photovoltaik) oder Wärme (Solarwärme), als auch indirekt zur Erzeugung aller anderen erneuerbaren Energien (Windkraft, Wasserkraft, Geothermie, Biomasse).

Die mittlere jährliche Sonneneinstrahlung in Österreich liegt bei 1.000 kWh/m². Das entspricht laut EEÖ (Erneuerbare Energie Österreich) einem Energiegehalt von rund 100 l Öl auf jeden Quadratmeter von Österreich gerechnet. Somit wäre die Solarenergie als tragende Säule der österreichischen Energieversorgung beim derzeitigen Stand der Technik bereits ausreichend.¹⁹³

Ein Beispiel für die Nutzung von Sonnenenergie in der Bauprojektentwicklung stellt die Installation von Solarzellen auf Baucontainern für die Lieferung von Strom dar. Das Schweizer Unternehmen Implenia hat auf der Baustelle des neuen Verwaltungsgebäudes der Krankenversicherung CSS in Lausanne-Vennes auf den Dächern von vier Baustellencontainern Solarpanels angebracht. Damit kann auf der Baustelle pro Jahr 6.140 kWh Strom produziert werden und eine Reduktion von 5 t CO₂-Ausstoß erreicht werden.¹⁹⁴

Windenergie

Bei der Windenergie wird die Bewegungsenergie (kinetische Energie) der Luftströmung, welche indirekt von der Sonnenenergie erzeugt wird, mit Hilfe von Windkraftanlagen in elektrische Energie umgewandelt. Dabei versetzt die Luftströmung einen Rotor in Dre-

¹⁹² Vgl. Homepage Erneuerbare Energie Österreich; <http://www.erneuerbare-energie.at/erneuerbare-energie/>; abgerufen am: 28.12.2017

¹⁹³ Vgl. Homepage Erneuerbare Energie Österreich; <http://www.erneuerbare-energie.at/sonne/>; abgerufen am: 28.12.2017

¹⁹⁴ Vgl. Homepage bauinnovationen.ch Nana Pernod; Solarzellen liefern Strom für Baucontainer; abgerufen am: 28.12.2017

hung, welcher wiederum einen Generator durch eine Drehachse antreibt, und Strom erzeugt.¹⁹⁵

Ein Beispiel für den Einsatz von Windenergie in der Bauprojektentwicklung stellt das nachfolgende Referenzprojekt dar, die erste CO₂-neutrale Großbaustelle, bei der auf dem Baukran ein Windrad montiert wurde, um einen Teil des Stroms für den Kranbetrieb zu decken.¹⁹⁶

Wasserkraft

Bei der Wasserkraft wird die Bewegungsenergie (kinetische Energie) des Wassers über Laufwasser-, Speicher-, Pumpspeicher- oder Gezeitenkraftwerke genutzt um elektrische Energie zu erzeugen. Dabei strömt das Wasser im Wasserkraftwerk durch Turbinen, welche einen Generator antreiben und somit Strom erzeugt.¹⁹⁷

Das Unternehmen Implenia hat im Rahmen eines Pilotprojekts den Elektrizitätsverbrauch ihrer Baustellen untersucht. Ziel war es, den Elektrizitätsmix auf Großbaustellen, die mehr als 100 000 kWh elektrische Energie verbrauchen auf zertifizierten Strom aus Wasserkraft umzustellen. Für die Umstellung blieb der Galgenbuchtunnel in Schaffhausen als potenzielle Baustelle übrig, da dort der bezogene Strom aus nicht überprüfbareren Energieträgern wie Braunkohle und anderen fossilen Energieträgern stammt. Implenia hat für den bezogenen Strom auf Wasserkraft gewechselt und kann dadurch eine Reduktion von rund 300 t CO₂ über die verbleibende Bauzeit erzielen.¹⁹⁸

Bioenergie

Als Biomasse wird die anfallende oder erzeugte Stoffmasse aus Pflanzen, Tieren und Menschen bezeichnet. Für die Energieerzeugung wird Biomasse aus der Landwirtschaft, Forstwirtschaft oder aus Abfällen verwendet. Energietische Biomasse kann in fester, flüssiger oder gasförmiger Form vorkommen und wird zur Gewinnung von Heizenergie, von elektrischer Energie und als Kraftstoff (Biodiesel, Pflanzenöle) verwendet.¹⁹⁹

¹⁹⁵ Vgl. Homepage Erneuerbare Energie Österreich; <http://www.erneuerbare-energie.at/wind>; abgerufen am: 28.12.2017

¹⁹⁶ Vgl. Homepage Starmühler Content Marketing; <http://www.energie-bau.at/83-fachkongress/objekte-2013/1802-umweltarena-spreitenbach>; abgerufen am: 28.12.2017

¹⁹⁷ Vgl. Homepage Erneuerbare Energie Österreich; <http://www.erneuerbare-energie.at/wasser>; abgerufen am: 28.12.2017

¹⁹⁸ Vgl. Implenia AG: Nachhaltigkeitsbericht Berichtsperiode 2014/2015; 2016; S.68-69

¹⁹⁹ Vgl. Homepage Erneuerbare Energie Österreich; <http://www.erneuerbare-energie.at/biomasse>; abgerufen am: 28.12.2017

Bei der Baustelle für die Umweltarena in Spreitenbach wurden die Lastwägen und schweren Baumaschinen mit Kompogas, Biodiesel oder gebrauchtem Speiseöl betrieben.²⁰⁰ Kompogas ist aus Bioabfällen gewonnene Energie. Durch den Vergärungsprozess in entsprechenden Kompogas-Anlagen entstehen aus organischen Abfällen Biogas und Gärgut. Biogas kann für die Strom- und Wärmeproduktion eingesetzt und das Gärgut als Dünger genutzt werden.²⁰¹

4.3 Umweltmanagementsysteme

Rieger beschreibt bereits im Jahr 1999 im Zuge der Untersuchung zur Einführung und Umsetzung von Umweltmanagementsystemen in kleinen Bauunternehmen den Begriff des Umweltmanagements. Umweltmanagement befasst sich mit Tätigkeiten und Produkten, die Auswirkungen auf die Umwelt haben. Dadurch sollen Umweltbelastungen, die durch ein Unternehmen verursacht werden, erkannt und reduziert werden.²⁰²

Durch den Einsatz eines Umweltmanagementsystems (UMS) werden jene Prozesse definiert, die systematisch zur Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes führen. Ein Umweltmanagementsystem kann entweder Teil des übergreifenden Managementsystems eines Unternehmens oder als eigenständiges Managementsystem eingeführt. Wichtig dabei ist eine gute Integration durch eine aktive Einbeziehung der Mitarbeiter, damit diese die Anforderungen des UMS akzeptieren und nutzen.²⁰³

Als Grundstein für ein UMS wird die Umweltpolitik eines Unternehmens, welche auf strategischer Ebene formuliert wird, gesehen. Die durch die Umweltpolitik formulierten Leitziele werden durch das UMS umgesetzt, anschließend überprüft und gegebenenfalls fortgeschrieben. Nach Große enthält die Umweltpolitik folgende wichtige Elemente:

- *„Beurteilung, Kontrolle und kontinuierliche Verringerung der betrieblichen Umweltauswirkungen,*
- *Technologie- und Prozessmanagement (Energie- und Rohstoffeinsatz, betriebliche Luftreinhalte- und Lärm-minderung, die Abfall- und Kreislauf- sowie Industriewasserwirtschaft, Störfallvermeidung),*
- *Entwicklung umweltverträglicher Produkte und Herstellungsverfahren,*
- *Mitarbeiterqualifikation und Personalschulung für den Umweltschutz,*

²⁰⁰ Vgl. Homepage Starmühler Content Marketing; <http://www.energie-bau.at/83-fachkongress/objekte-2013/1802-umweltarena-spreitenbach>; abgerufen am: 28.12.2017

²⁰¹ Vgl. Homepage W. Schmid AG; <http://www.wschmidag.ch/de/glossar/kompogas>; abgerufen am: 28.12.2017

²⁰² Vgl. Rieger: Untersuchung zur Einführung und Umsetzung von Umweltmanagementsystemen in kleinen Bauunternehmen; 1999; S.67

²⁰³ Vgl. WIFI Unternehmensservice der Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg.): Umweltmanagementsystem nach ISO 14001:2015, 2016, S.4

- *interne (Mitarbeiter) und externe (Öffentlichkeit, Kooperation mit Behörden) Information,*
- *Einbeziehung der Zulieferer, Auftragnehmer und Geschäftspartner sowie die Beratung der Kunden,*
- *explizite Erklärung des Vorsorgeprinzips im Unternehmen,*
- *Schaffung von Kontrollaufzeichnungen und –mechanismen für den betrieblichen Umweltschutz.“²⁰⁴*

Sowohl die Umweltpolitik als auch das UMS sind dynamisch zu betrachten. Sie unterliegen einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess und sind fortlaufend zu überarbeiten (siehe Abbildung 4.2).²⁰⁵

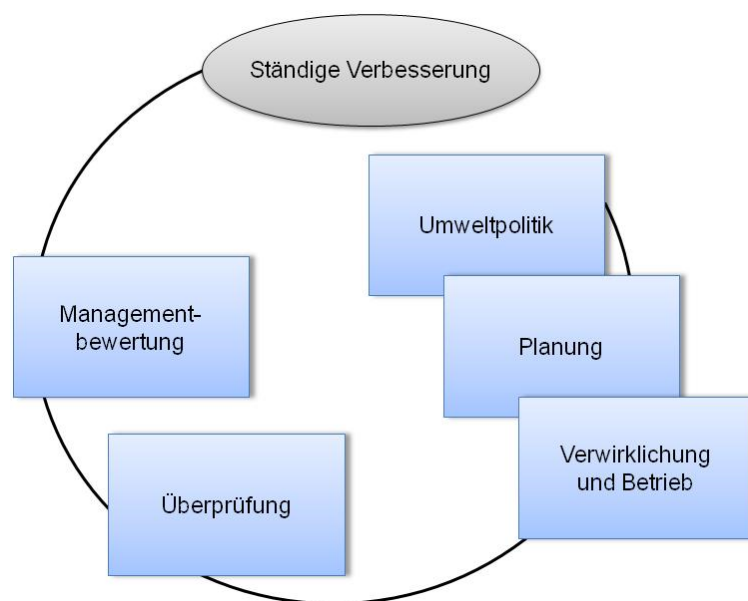


Abb.4.2: Kontinuierlicher Verbesserungsprozess²⁰⁶

Grundsätzlich ist kein Unternehmen dazu verpflichtet ein Umweltmanagementsystem einzusetzen. Wie bereits in Kapitel 2 „Rechtliche Grundlagen“ erwähnt, können große energieverbrauchende Unternehmen zwischen der Einführung eines Umweltmanagementsystems oder der Durchführung von externen Energieaudits alle vier Jahre wählen. Für kleine bis mittlere Unternehmen ist es sogar ausreichend, wenn sie in regelmäßigen Abständen eine Energieberatung durchführen. Das Engagement eines Unternehmens ökologisch zu handeln, hängt also größtenteils von der Geschäftsführung ab. Entscheidet sich die oberste strategische Ebene eines Unternehmens für die Einführung eines Umweltmanagements, können dafür Zertifikate erworben werden.

Es existieren folgende zwei wesentliche Standards für UMS:

²⁰⁴ Große: Umweltmanagement in der Bauwirtschaft : Methodik und Arbeitshilfen; 2000, S.13

²⁰⁵ Vgl. ebenda.

²⁰⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an ISO 14001

- ISO 14001
- EMAS (Eco-Management und Audit Scheme)

Die internationale Norm ISO 14001 wurde erstmals im Jahr 1996 veröffentlicht. Seit September 2015 gibt es eine neue geänderte Version, welche auch als Europäische Norm übernommen wurde und in Österreich als **ÖNORM EN ISO 14001:2015** veröffentlicht wurde. Die EMAS (Eco-Management and Audit Scheme), früher bekannt als EG-Öko-Audit, ist seit April 1995 in Kraft und steht für Unternehmen und andere Organisationen innerhalb des Geltungsbereichs der Europäischen Union zu Verfügung. Seit Jänner gilt die neue revidierte Version, die **EMAS III** (Verordnung (EG) Nr. 1221/2009).²⁰⁷

Beide Systeme legen Anforderungen zur Einführung und Weiterentwicklung eines Umweltmanagementsystems fest. Sie können von Unternehmen, Organisationen, etc. freiwillig eingeführt werden, darüber hinaus kann durch eine Zertifizierung eine externe Kontrolle der im Unternehmen integrierten Umweltmanagementsysteme erfolgen. Die Unternehmen werden systematisch dabei unterstützt, ihre Umweltleistung zu verbessern und Verantwortung hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit zu tragen. Die Umsetzung des Umweltmanagementsystems erfolgt dabei nach dem Plan-Do-Check-Act Prinzip, um den Ressourcen- und Energieverbrauch zu ermitteln, deren Umweltaspekte zu bewerten und die daraus resultierenden Umweltbelastungen durch entsprechende Maßnahmen zu verringern. Es geht allerdings nicht nur um die Umsetzung einzelner Maßnahmen, sondern vor allem auch um die Einbeziehung aller Mitarbeiter im Unternehmen sowie interessierter Parteien.²⁰⁸

Die Zertifizierungen sind auf alle Organisationen anwendbar, unabhängig von der Organisationsgröße, -form oder Branche. In den Verordnungen wird von „Organisationen“ gesprochen, generell sind aber damit Einzelunternehmen, Gesellschaften, Konzerne, Behörden, Wohltätigkeitsorganisationen etc. gemeint.

Durch die Zertifizierungen werden für das Umweltmanagementsystem im Unternehmen keine Grenzwerte, Kennzahlen oder Standards festgelegt. Durch die jeweils regionalen Bedingungen werden Mindestanforderungen gegeben, auf denen die Unternehmen aufbauend ihre Ziele selbst wählen und ihre Umweltleistung kontinuierlich und nachvollziehbar verbessern.²⁰⁹

Am stärksten unterscheiden sich die Systeme darin, wie die Umweltleistung und das Managementsystem öffentlich von den Unternehmen publiziert werden müssen. Beim

²⁰⁷ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.54-55.

²⁰⁸ Vgl. ebenda; S.56-57

²⁰⁹ Vgl. WIFI: Umweltmanagementsystem nach ISO 14001:2015; 2016; S.4

EMAS System ist verpflichtend vorgesehen, dass eine detaillierte Umwelterklärung mit konkreten Maßnahmen und Daten veröffentlicht wird. Beim ISO 14001 Standard müssen die zertifizierten Unternehmen nur ihre Umweltpolitik extern kommunizieren. Tabelle 4.3 zeigt die größten Unterschiede zwischen den beiden Systemen EMAS und ISO 14001.

	EMAS	ISO 14001
Geltungsbereich	- Europäische Union	- weltweit
Charakter	- per Verordnung geregelt	- privatwirtschaftlich vereinbart
Inhalt	- Umweltmanagementsystem - Interne und externe Überprüfung - Umweltbericht - Öffentliche Registrierung	- Umweltmanagementsystem - Interne und externe Überprüfung - Zertifikat
Kleine und mittlere Unternehmen	- Erleichterungen bei Anforderungen/Ablauf	- keine Sonderregelungen
Erste Umweltprüfung	- erforderlich	- empfohlen
Umweltaspekte	- Beachtung aller direkt und indirekt verursachten Umweltbelastungen	- nur direkte Umweltaspekte beachtet
Betrachtungsebene	- organisations- und standortbezogen	- organisationsbezogen
Prüfinhalt	- Einsicht in Dokumente, Audit vor Ort - Umsetzung der Umweltprüfung, Umweltpolitik, interne Umweltbetriebsprüfung und des Umweltmanagementsystems müssen EMAS-Verordnung entsprechen - Prüfung der Daten und Informationen in der Umwelterklärung	- Einsicht in Dokumente, Audit vor Ort - Umweltmanagementsystem muss mit Anforderungen der ISO 14001 übereinstimmen
Prüfer	- EMAS- Umweltgutachter, Umweltgutachterorganisation und Zertifizierungsorganisation	- Zertifizierungsorganisation
Zeitlicher Rhythmus	- Wiederholungsaudit alle 3 Jahre - Jährliche Validierung des Umweltberichts	- Wiederholungsaudit alle 3 Jahre - Jährliches Überwachungsaudit
Externe Kommunikation	- Verpflichtung mit inhaltlicher Anforderung an die Umwelterklärung	- Umweltpolitik muss der Öffentlichkeit zugänglich sein
Registrierung und Veröffentlichung der Teilnehmer	- österreichisches und europäisches öffentliches Register - Gültigkeitserklärung gültig für 3 Jahre	- Keine Registrierung - Zertifikat gültig für 3 Jahre

Tab.4.3: Unterschiede zwischen EMAS und ISO 14001.^{210,211}

²¹⁰ Vgl. Homepage Stadt Wien; <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekobusiness/vergleich.html>; abgerufen am: 28.12.2017

Nach Schmidt, der sich mit den Perspektiven des Umweltmanagements in der deutschen Bauwirtschaft beschäftigt hat, sind die Kosten für solche Zertifikate zwar intensiv, andererseits können sie aber im Wettbewerb und der Öffentlichkeit genutzt werden.²¹² Unter anderem werden von Schmidt (2016; S.57) folgende Vorteile genannt:

- ◆ die Schonung von Ressourcen und die damit verbundenen Kosteneinsparungen
- ◆ die Verringerung oder sogar Vermeidung von Umweltauswirkungen
- ◆ die Verbesserung der Dokumentation
- ◆ die Verringerung von Betriebsstörungen und Unfällen und die damit verbundenen rechtlichen und finanziellen Konsequenzen
- ◆ die Erhöhung der Akzeptanz und Glaubwürdigkeit
- ◆ Imageverbesserungen
- ◆ die Erreichung von Synergieeffekten mit Aspekten der Qualitäts- und Arbeitssicherheit

Aufgrund der spezifischen Eigenheiten der Baubranche stellt sich allerdings die Frage, ob Bauunternehmen diese Vorteile generieren können. Somit wird analysiert, inwieweit Merkmale des Umweltmanagements in der Bauwirtschaft bereits integriert sind und welche Vor- und Nachteile sich bei der Einführung in Bauunternehmen ergeben.

Umweltmanagement in der Bauwirtschaft

Vor dem Hintergrund, dass sich die Prozesse der Bauwerksherstellung wesentlich vom Prinzip der Serienfertigung in der stationären Industrie unterscheiden und aufgrund weiterer besonderer Randbedingungen der Bauprojektentwicklung (siehe Kapitel 3.4), scheint die Einführung von Umweltmanagementsystemen bei Unternehmen des Baugewerbes schwierig zu sein. In der internationalen, wissenschaftlichen Literatur befinden sich schon einige empirische Arbeiten zur Integration von UMS-Merkmalen. Die Veröffentlichungen weisen größtenteils daraufhin, dass dem Umweltmanagement derzeit in der Bauindustrie noch ein ziemlich geringer Stellenwert zugewiesen wird.

So zeigt eine Umfrage von Abdullah (2005), durchgeführt in der Bauindustrie von Großbritannien, dass die Realisierung von UMS nicht weit verbreitet ist. Es finden sich jedoch Hinweise, dass der Nutzen eines UMS den wirtschaftlichen Aufwand für die Einführung und Aufrechterhaltung übersteigt. Als Grund für den geringen Stellenwert von UMS wird vor allem Unbekanntheit unter den Entscheidungsträgern gesehen. Auch bei einer Forschung im ägyptischen Raum von Sakr et al. (2010) wurde als wesentliches Hindernis für

²¹¹ Vgl. TÜV Rheinland AG: Managementsysteme – Die Unterschiede zwischen EMAS und ISO 14001; abgerufen am: 28.12.2017

²¹² Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.55

das Vorhandensein eines UMS ein Informationsmangel bei den Bauunternehmen selbst bemerkt. Lokale Organisationen und Institutionen könnten die Einführung von UMS fördern, sind allerdings nicht ausreichend vorhanden. Chen und Li (2006) haben aufgrund der Aussage, dass zwischen der Einführung von ISO-Zertifikaten und Umweltverträglichkeitsprüfungen ein erheblicher Unterschied in der chinesischen Baubranche besteht, eine Erhebung durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem die folgenden Elemente für den geringen Einführungsgrad von UMS in Bauunternehmen verantwortlich sind: Vorgaben der Regierung, technologische Bedingungen, Wettbewerbsfaktoren, Einstellung zur Kooperation und Kosten-Nutzen-Effizienz.

Eine weitere interessante Erkenntnis wurde bei einer durchgeführten Erhebung in Slowenien gemacht. Dabei hatten ca. die Hälfte der befragten Bauunternehmen ein zertifiziertes UMS eingeführt. Es wurde auf einen Zusammenhang zwischen der Unternehmensgröße und dem Einführungsstand von Umweltmanagements geachtet und erkannt, dass im Vergleich zu Großunternehmen nur ein geringer Anteil der KMU (kleine und mittlere Unternehmen) ein UMS verwenden. Die KMUs sehen vor allem den hohen Dokumentationsaufwand als Schwierigkeit.²¹³

In Weiterer Folge werden bisherige Forschungen und deren Ergebnisse als Beispiel zur Implementierung von Energie- und Umweltmanagementsystemen in der Bauwirtschaft gezeigt.

Rieger, H. (1999) beschäftigt sich bereits im Jahr 1999 mit der Implementierung und den Umsetzungsmöglichkeiten von normierten Umweltmanagementsystemen in kleinen und mittleren Bauunternehmen (KMU). Es wurde klar, dass eine Systematisierung der Umweltauswirkungen, die von den Bauprozessen selbst und den Aktivitäten außerhalb der Baustelle ausgehen, notwendig ist, um eine Grundlage für eine Bewertung zu schaffen. Bei zwei Kleinunternehmen wurde eine Umweltprüfung im Sinne von EMAS durchgeführt, um einerseits den Bedarf eines normierten UMS zu ermitteln und andererseits die Anwendbarkeit der Methoden hinsichtlich Umsetzung zu überprüfen. Es wurde festgestellt, dass eine umfassende Umweltprüfung nur praktikabel ist, wenn ein Minimum an elektronischen In- und Output-Daten im Unternehmen bereits vorliegt.

Grundsätzlich können die Anforderungen von EMAS und ISO 14001 mit geringen Anpassungen von Bauunternehmen eingehalten werden. Gerade bei kleinen Unternehmen kann eine Zertifizierung aber finanzielle Schwierigkeiten darstellen. Für diese kleinen Unternehmen sollte eine umweltbezogene Organisation ausreichend sein, wenn dadurch die Rechtskonformität gegeben wird. Wird es erforderlich, kann darauf aufbauend immer noch ein normiertes Umweltmanagementsystem implementiert werden. Mittelständische Bau-

²¹³ Vgl. Selih: Environmental management systems and construction SMES; 2007

unternehmen, welche über größere finanzielle und personelle Kapazitäten verfügen, sollten allerdings nach Rieger, H (1999, S.178-179) von der Einführung einzelner Systeme allerdings ablassen und die Vorteile eines integrierten Managementsystems nutzen. Schlussendlich konnte nämlich gezeigt werden, dass durch Organisationsmaßnahmen bzw. durch die Einführung von normierten Systemen zum einen die gesetzlichen Vorgaben zum Umweltschutz eingehalten werden können und zum anderen die Aktivitäten zur Verbesserung des Umweltschutzes im Unternehmen gefördert werden können.

Große, H. (2000) erstellt eine Handlungsanleitung für Interessierte, die im eigenen Betrieb oder als externer Berater Umweltmanagementsysteme unter den besonderen Bedingungen der Bauwirtschaft entwickeln und einführen möchten. Er richtet sich dabei an die Unternehmenspraxis. Mit Vorschlägen, Checklisten für die Ist-Stand-Analyse, sowie Praxisbeispielen wird eine Anleitung zur konkreten Gestaltung vom Umweltmanagement bei baubetrieblichen Abläufen dargestellt. Auch der Bezug zu den Rechtsvorschriften wird dabei jeweils gegeben, um eine rechtssicher, umweltbewusste Arbeitsweise zu gewährleisten. Die Broschüre soll dabei helfen, die Möglichkeiten einer umweltschonenden Bauprojektentwicklung zu verbessern.

Bergman, M. (2004) beschreibt die Einführung eines prozessbezogenen Managementsystems in ein kleines oder mittleres Unternehmen der Baubranche. Mit der Einführung des Prozessmodells sollen unter anderem auch ein Umweltschutzmanagement einbezogen werden. Dazu wurden Anforderungen aus den geltenden Normen für Umweltschutzmanagement ermittelt und die relevanten Kern- und Dienstleistungsprozesse der KMU herausgearbeitet. Das Modell beinhaltet acht Kernprozesse, die den gesamten Lebenszyklus von der Akquisition bis zur Projektnachbereitung umfassen. Durch den letzten Prozess werden Erfahrungen gesammelt, dokumentiert und bewertet. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen dann in Folgeprojekte ein. Daraus ergibt sich ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess. Zusätzlich umfasst das Prozessmodell fünf Dienstleistungsbereiche, die die Kernprozesse unterstützen. Die Dienstleistungsprozesse enthalten neben den klassischen Unterstützungsbereichen auch die Managementprozesse, die das Funktionieren des Managementsystems gewährleisten.

4.4 Referenzprojekt – Umweltarena Spreitenbach

Als die weltweit erste Großbaustelle mit CO₂-neutralem Baubetrieb wird die Umweltarena Spreitenbach in der Schweiz gesehen. Dort hatten während der 18-monatigen Bauphase der Umweltschutz sowie ein schonender Umgang mit Ressourcen oberste Priorität.

Die Dimensionen der Umwelt Arena beträgt 100 x 60 x 20 Meter mit einer Nutzfläche von 11.000 m². Das Gebäude (dargestellt in Abbildung 4.3) besteht aus vier Ober- und drei

Untergeschossen, welche acht Konferenz-/Seminarräume, eine Event-Arena, ein Restaurant und eine Tiefgarage mit 500 Parkplätzen beinhalten.²¹⁴

Bereits beim Aushub wurde versucht die Umweltbelastungen so gering als möglich zu halten. Es wurden dabei insgesamt 200.000 Tonnen kiesiges Material (ca. 80.000 m³) etappenweise in ein in der Nähe gelegenes Betonwerk der Agir AG transportiert. Dort wurde das Aushubmaterial zu Gesteinskörnung aufbereitet, dem Zement beigemischt und als Beton wieder auf die Baustelle geführt.



Abb.4.3: Umweltarena Spreitenbach²¹⁵

Beton mit dem Bindemittel Zement verursacht normalerweise große Mengen an CO₂-Emissionen. Jedoch ermöglichten zwei Unternehmen, denen nachhaltige Aspekte wichtig sind, dass die Baustelle der Umwelt Arena als erste Großbaustelle bereits einen neuen CO₂ optimierten Zement „Optimo 4“ einsetzen konnte.²¹⁶ Der gebrannte Schiefer von diesem Portlandkompositzement stammt aus einem natürlich vorkommenden Sedimentgestein mit brennbar organischen Anteilen. Dank dieser natürlichen Komponente war bei der Zementherstellung bereits erheblich weniger Energie erforderlich. Der Qualitätszement senkt die CO₂-Emissionen gegenüber herkömmlichen Zementen bis zu 10 %.²¹⁷

Desweiteren wurde für die Stahlkonstruktion Recyclingstahl eingesetzt. Der Recyclingstahl wird aus Schrott gewonnen. Dadurch wird bei der Produktion bis zu 70 % weniger

²¹⁴ Vgl. Homepage Umwelt Arena Spreitenbach; http://www.umweltarena.ch/wp-content/uploads/2014/06/Daten-und-Fakten_-UWA.pdf; abgerufen am: 20.02.2018

²¹⁵ Homepage Umwelt Arena AG; <http://www.umweltarena.ch/uber-uns/gebäude/>; abgerufen am: 28.12.2017

²¹⁶ Vgl. Homepage Stahlpromotion Schweiz; http://www.stahlpromotion.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=289:der-co2-neutrale-baustellenbetrieb-ist-alltag&Itemid=302&lang=de; abgerufen am: 28.12.2017

²¹⁷ Vgl. Homepage Holcim (Schweiz) AG; http://www.holcim.co.at/fileadmin/templates/CH/doc/Unternehmensinfo_DE/100921_HO_Umweltbroschuere_d.pdf; abgerufen am: 28.12.2017

Energie und 85 % weniger CO₂ als bei Primärstahl verbraucht. Stahl enthält als eine Legierung aus Eisen und Kohlenstoff keine chemischen Zusatzstoffe und ist eigentlich ein natürliches Produkt. Es kann immer wieder recycelt werden ohne dabei an Qualität zu verlieren.

Zusätzlich kam beim Bau der Umweltarena Recyclingkies zum Einsatz, welcher aus Straßenauskofferungen oder Betonabbruch hergestellt wird und als Recyclingbeton für Sauberkeitsschichten und gering belastete Bauteile weiterverarbeitet werden kann.²¹⁸

Aber auch der nachhaltige Baustellenbetrieb trägt zum guten Abschneiden der CO₂-Bilanz der Großbaustelle bei. Wie bereits erwähnt wurde Windenergie genutzt, indem ein auf dem Baukran montiertes Windrad einen Teil des Stroms für den Kranbetrieb erzeugt hat. Zudem wurden auf den Baucontainern der Baustelleneinrichtung Solarzellen installiert, deren erzeugte Energie ins Versorgungsnetz der Baustelle eingespeist wurde. Zusätzlich lieferte der Energiekonzern Axpo CO₂-neutralen Strom aus Wasserkraft und Biomasse. Und wie bereits angeführt wurden die Lastwagen und schweren Baumaschinen mit Bioenergie betrieben. Der bewusste Umgang mit Ressourcen betraf auch die Auswahl der Baustoffe und Materialien. Im Dach und für die Fassadenelemente wurden insgesamt 230 einzelne Elemente aus Holz mit circa 900 m³ verbaut. Die Berechnung der CO₂-Reduzierung anhand des Holzanteils im Gebäude führt bei der Umwelt Arena zu einer jährlichen Einsparung von 650 t CO₂.²¹⁹

Auch bei der Behandlung der verbauten Materialien wurden ökologische Aspekte berücksichtigt. Das verwendete Material wurde, wenn es technisch möglich war, roh belassen. Zum Beispiel wurde der Glattputz nicht gestrichen und der Stahl meist nur geölt. Im Inneren sind die Materialien Beton, Holz, Stahl und Putz meist natürlich und unbehandelt anzusehen.²²⁰

Die Umweltarena in Spreitenbach zeigt, ökologische Nachhaltigkeit in der Bauprojektentwicklung ist nicht mehr Zukunft sondern erobert die Gegenwart. Der Bau der Umweltarena als erste CO₂-neutrale Baustelle ist ein Beispiel dafür, dass sich gut durchdachte Innovationen und Maßnahmen für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung, angepasst an das jeweilige Projekt, einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz beitragen können und sich im Bezug auf Modernisierung, Wirtschaftlichkeit sowie Nachhaltigkeit lohnen.

²¹⁸ Vgl. Homepage Stahlpromotion Schweiz; http://www.stahlpromotion.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=289:der-co2-neutrale-baustellenbetrieb-ist-alltag&Itemid=302&lang=de; abgerufen am: 28.12.2017

²¹⁹ Vgl. Homepage Starmühler Content Marketing; <http://www.energie-bau.at/83-fachkongress/objekte-2013/1802-umweltarena-spreitenbach>; abgerufen am: 28.12.2017

²²⁰ Vgl. René Schmid architekten ag, René Schmid, Gøran Keuchel: Umwelt Arena Spreitenbach, 2012, S.45

5 Prozesse

Um einen besseren Einblick in die Prozesse der Bauprojektentwicklung und deren Auswirkungen auf die Umwelt zu bekommen, wird jeweils eine für den Hochbau und eine für den Tiefbau typische Prozesskette gewählt und genauer beschrieben. Es werden die ökologisch nachhaltigen Aspekte der Prozessketten erfasst, um anschließend passende Energieeinsparmaßnahmen zu analysieren.

Es wird deutlich, dass die Anforderungen einer Ökobilanz, wie in Kapitel 3.6 beschrieben, im Rahmen dieser Diplomarbeit für die jeweiligen Prozesse nicht erfüllt werden können. Es wird auf Sensitivitätsanalysen und eine kritische Prüfung durch Dritte verzichtet, so dass die Anforderungen an eine Ökobilanz nicht erfüllt werden. Die beschriebenen Prozesse werden also einer „ökologischen Bewertung“ unterzogen und es wird keine Ökobilanz erstellt.

Desweiteren gibt es eine Vielzahl an Bilanzierungsparametern, die für eine Ökobilanz oder ähnlicher Untersuchungen herangezogen werden können. Im Rahmen der ökologischen Bewertung wird näher auf folgende wesentliche Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes eingegangen:

- ◆ **Total erneuerbare Primärenergie (PERT):** Die totale erneuerbare Primärenergie wird in MJ (Megajoule) angegeben und umfasst den gesamten erforderlichen Bedarf an erneuerbaren Ressourcen (Biomasse, Wasserkraft, Solar, Wind etc.) für den jeweiligen Prozessschritt, sowohl zur energetischen als auch zur stofflichen Nutzung.²²¹
- ◆ **Total nicht erneuerbare Primärenergie (PENRT):** Die totale nicht erneuerbare Primärenergie wird ebenfalls in MJ (Megajoule) angegeben und umfasst den gesamten erforderlichen Bedarf an nicht erneuerbaren Ressourcen (Erdöl, Kohle etc.) für den jeweiligen Prozessschritt, sowohl zur energetischen als auch zur stofflichen Nutzung.²²²
- ◆ **Einsatz von Süßwasserressourcen (FW):** Der Einsatz von Süßwasserressourcen (FW) wird in m³ angegeben und beschreibt, wie viel Wasser für die jeweiligen Prozessschritte benötigt wird.²²³

Folgender Parameter wird zur Beschreibung der Umweltwirkung herangezogen:

²²¹ Vgl. Homepage Baubook;
http://www.baubook.at/BTR/PHP/Win_Fragezeichen.php?SF=PENRT_PERT&SW=2; abgerufen am: 28.12.2017

²²² Vgl. ebenda.

²²³ Vgl. Ökobaudat: Erläuterungsdokument ÖKOBAU.DAT; 2013; S.2

- ◆ **Treibhausgaspotenzial (GWP):** Das Treibhausgaspotenzial (Global Warming Potential – GWP) wurde vom Weltklimarat IPCC definiert. Es beschreibt das Schädigungspotenzial eines Spurengases, welches zum Treibhauseffekt beiträgt. Die verschiedenen Treibhausgase tragen nämlich nicht alle gleich zum Treibhauseffekt bei und verbleiben unterschiedlich lange in der Atmosphäre. So trägt 1 kg Methan zum Beispiel 25 Mal stärker zum Treibhauseffekt bei als 1 kg CO₂, bleibt aber viel weniger lange in der Atmosphäre. Um die Wirkung zu vergleichen, werden die Gase nach ihrem globalen Erwärmungspotenzial gewichtet und in CO₂-Äquivalent angegeben. Als Bezugsgröße ist dabei das Treibhausgas CO₂ mit einem GWP-Wert von 1 festgelegt worden.²²⁴

Die herangezogenen Umweltdaten, also die Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und der Umweltwirkung in Tabelle 5.1 und 5.2, stammen von der *Ökobaudat*²²⁵. Die Plattform von Ökobaudat ist eine vom deutschen Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit zur Verfügung gestellte digitale Plattform mit einer vereinheitlichten Datenbasis für Ökobilanzierungen von Bauwerken. Es werden darin neben den Baumaterialien die Bau- und Transportprozesse hinsichtlich ihrer ökologischen Wirkung beschrieben. Allgemeine Anmerkungen, eine technische Beschreibung inklusive der Hintergrundsysteme zum Datensatz befinden sich im jeweils entsprechenden Prozess-Datensatz der Datenbank. Dort wird die Modellierung der Stromerzeugung, der Erzeugung von Dampf und thermischer Energie, der Energieträger und der Raffinerieprodukte (Diesel, Benzin, technische Gase, Heizöl, Schmierstoffe, Bitumen) beschrieben.

5.1 Prozesskette Hochbau

Im Bauwesen wird der Baustoff Beton bzw. Stahlbeton wegen seiner vielen Vorteile (hohe Druckfestigkeit, dichtes Gefüge, glatte Oberfläche, Widerstandsfähigkeit gegen chemischen Angriff) vielseitig verwendet. Durch seine Verformbarkeit lässt sich Beton beliebig leicht an die Bedingungen verschiedener Bauaufgaben anpassen. Zur Aufnahme von Zugspannungen wird Stahlbeton mit schlaffer Bewehrung versehen und als tragendes Element verwendet. Mit vorgespannter Bewehrung können auch höhere Lasten aufgenommen und größere Spannweiten überwunden werden.²²⁶ Insbesondere im Hochbau findet der Baustoff Beton bei Decken, Wänden, Treppen, Fundamenten, Stützen und Bindern seine Anwendung.

²²⁴ Vgl. Graubner; Hüske: Nachhaltigkeit im Bauwesen; 2003; S.114-115

²²⁵ Vgl. www.oekobaudat.de

²²⁶ Vgl. Bauer: Baubetrieb; 2007; S.171

Eine für den Hochbau typische Prozesskette stellt der Einbau eines 1 m³ bewehrten Konstruktionsbetons mit der Druckfestigkeitsklasse C 25/30 dar (siehe Abbildung 5.1). Die Prozesskette bezieht sich hierbei auf eine durchschnittliche Zusammensetzung für Beton zur Anwendung für Bauelemente des typischen Hochbaus als Transportbeton. Die Prozesskette wird in Abbildung 5.1 dargestellt, wobei die Module A1-A3 die Herstellung, das Modul A4 den Transport, das Modul A5 den Einbau, das Modul C1 den Abbruch, das Modul C2 den Transport, das Modul C3 die Abfallbehandlung und das Modul D das Recyclingpotenzial angeben.

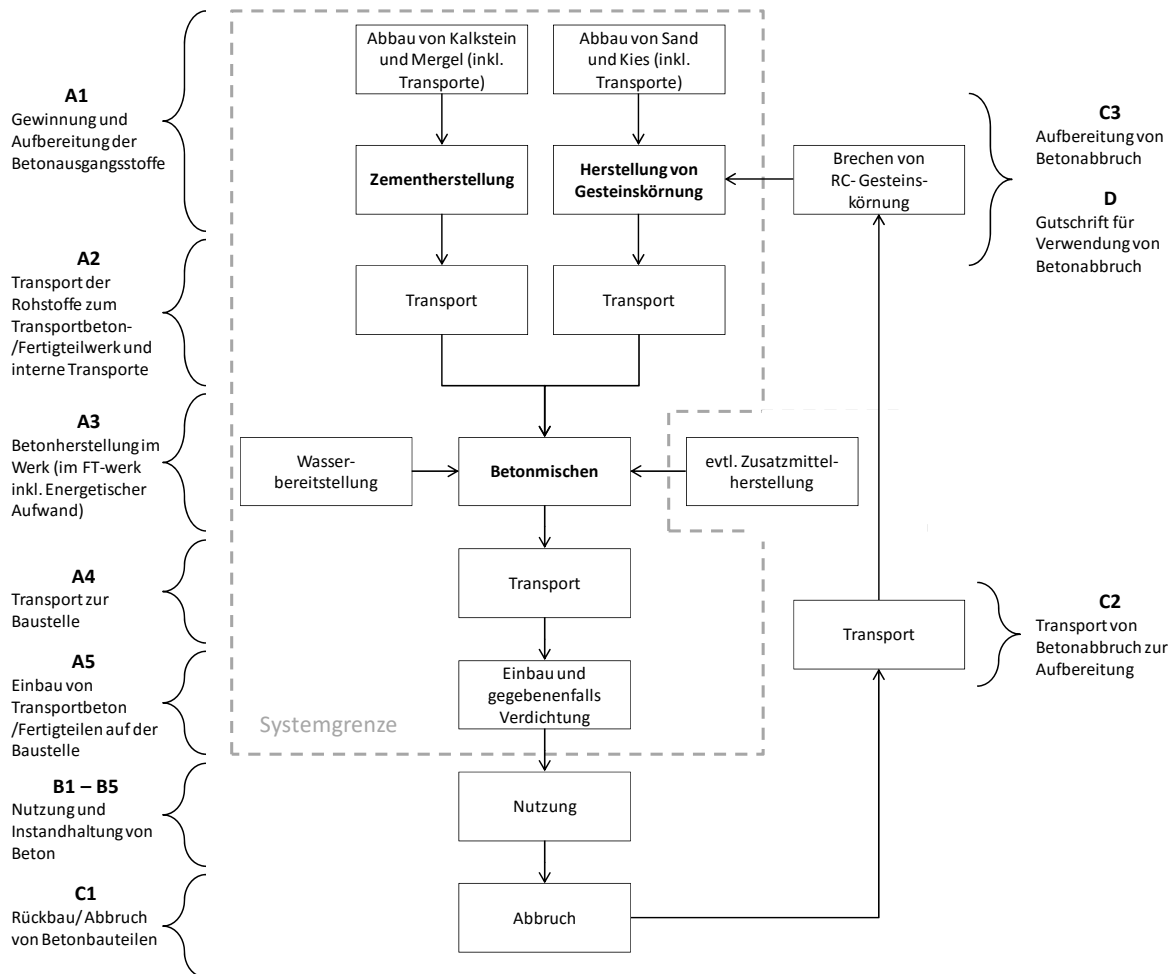


Abb.5.1: Prozesskette - Einbau Konstruktionsbeton²²⁷

Beton ist ein Gemisch aus dem Bindemittel Zement, Gesteinskörnungen aus Sand und Kies (Rundkorn) bzw. Splitt und Schotter (gebrochenes Korn) sowie Wasser. Häufig werden noch Zusatzmittel (z.B. Fließmittel/Verflüssiger, Verzögerer, Luftporenbildner) und Zusatzstoffe (z.B. Steinkohlenflugasche) zum Beton beigegeben, um bestimmte Eigenschaften zu erreichen.

Nach Gewinnung und Aufbereitung der Betonausgangsstoffe werden die Materialien jeweils zum Transportbetonwerk bzw. in Fertigteilwerk transportiert, wo die Herstellung

²²⁷ Eigene Darstellung in Anlehnung an Holcim AG (2010; S.33) und Ökobaudat (2017)

von Beton stattfindet (Modul A1-A3). Im Werk werden Gesteinskörnung, Zement, Zugabewasser und falls notwendig Zusatzmittel und –stoffe nach Rezeptur in den Mischer dosiert. Nach dem Dosiervorgang beginnt der eigentliche Mischvorgang. Die erforderliche Mischzeit ist dabei von der Betonrezeptur und dem Mischgerät abhängig, beträgt aber zwischen 45 und 90 Sekunden. Jedenfalls muss eine homogene Durchmischung der Bestandteile sichergestellt werden. Für die Produktion von Fertigteilen wird der Frischbeton, d.h. im noch nicht erhärteten Zustand, im Werk in Schalelemente eingebaut, verdichtet und meist wärmebehandelt. Der übliche Transportbeton wird als Frischbeton auf die Baustelle transportiert und dort in Schalungen gebracht und verdichtet. Durch die Hydratation des Zementbindemittels erhärtet der Beton zu einem festen künstlichen Gestein (Modul A4-A5).

In der Nutzungsdauer sind für Betonbauteile üblicherweise keine Instandhaltungs- oder Reparaturmaßnahmen erforderlich, sodass währenddessen auch nicht wirklich Umweltbelastungen anfallen (Modul B1-B5). Nach Rückbau oder Abbruch von Betongebäuden bzw. -bauteilen wird der Betonabbruch zur Aufbereitung geführt (Modul C1-C2). Dort wird der Betonabbruch neu aufbereitet und gebrochen (Modul C3). Das gewonnene Betonabbruchmaterial kann erneut als RC-Gesteinskörnung für die Herstellung von Beton verwendet werden (Modul D).^{228,229}

5.1.1 Ökologische Bewertung – am Beispiel Konstruktionsbeton

Für die durchgeführte ökologische Bewertung des Prozesses wird 1 m³ Konstruktionsbeton C25/30 herangezogen. Es werden die Werte der Wirkungskategorien PERT, PENRT, FW und GWP für die jeweiligen Prozessschritte A1-A5 (Herstellung, Transport und Einbau) in der Tabelle 5.1 dargestellt, anschließend ausgewertet und in der Abbildung 5.2 in einem Balkendiagramm abgebildet. Die gewählten Systemgrenzen gehen dabei vom Rohstoffabbau über den Transport bis hin zum Einbau des fertigen Produktes.

²²⁸ Vgl. Homepage Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.; <http://www.zement.at/zement-2/beton/betonherstellung>; abgerufen am: 28.12.2017

²²⁹ Vgl. Homepage Ökobaudat; http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=3a854482-aa9c-4887-ae9e-14aa1b5e938d&stock=OBD_150820&lang=de; abgerufen am: 28.12.2017

Indikator	Richtung	Einheit	Herstellung	Transport	Einbau
			A1-A3	A4	A5
PERT + PENRT	Input	MJ	986,1	42,6	19,4
FW	Input	m ³	0,228	0	0
GWP		kg CO ₂ -Äq.	211,1	3	1,35

Tab.5.1: Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und der Umweltwirkung vom Einbau von 1 m³ Konstruktionsbeton C25/30²³⁰

Der Energiebedarf, welcher durch die Indikatoren PERT+PENRT (total erneuerbare und total nicht erneuerbare Primärenergie) angegeben wird, beträgt für die Herstellung 986,1 MJ, für den Transport 42,6 MJ und für den Einbau nur mehr 19,4 MJ pro 1 m³ Konstruktionsbeton C25/30. Für den Prozessschritt der Herstellung wird zusätzlich noch 0,228 m³ Süßwasser (FW) benötigt. Bezogen auf die Umweltwirkung werden Emissionen im Anteil von 211,1 kg CO₂-Äquivalent für die Herstellung, 3 kg CO₂-Äquivalent für den Transport und 1,35 kg CO₂-Äquivalent für den Einbau erzeugt. Die Werte stammen von der digitalen Plattform Ökobaudat und ergeben sich aus den in Abb.5.1 beschriebenen Modulen A1 bis A3 für die Herstellung, Modul A4 für den Transport und Modul A5 für den Einbau.

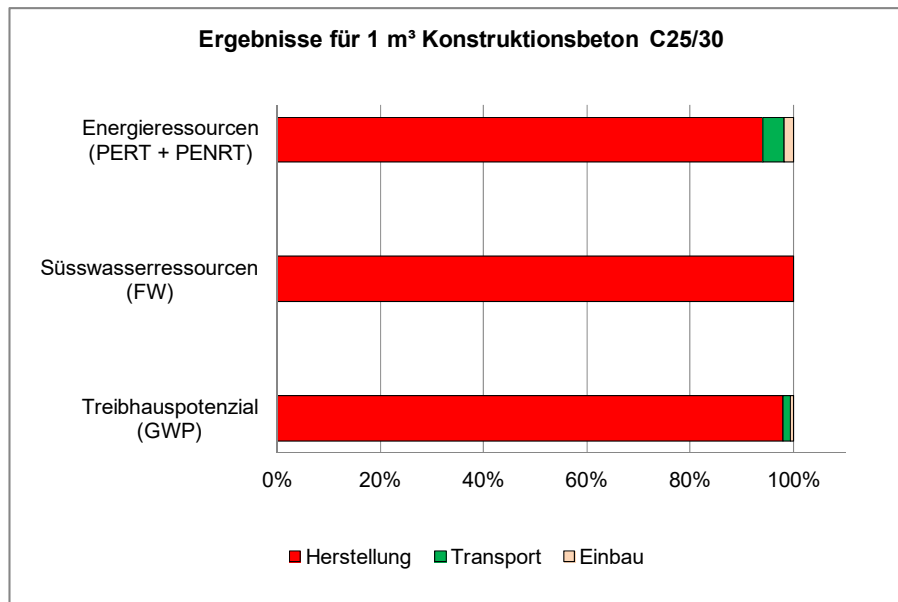


Abb.5.2: Auswertung der Wirkungskategorien für die Prozessschritte A1-A5 vom Einbau von 1 m³ Konstruktionsbeton C25/30

Abbildung 5.2 zeigt eindeutig, dass beim Prozess der Herstellung, welcher aus Gewinnung und Aufbereitung der Betonausgangsstoffe, dem Transport der Rohstoffe zum

²³⁰ Homepage Ökobaudat;

http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=3a854482-aafc-4887-ae9e-14aa1b5e938d&stock=OBD_150820&lang=de; abgerufen am: 28.12.2017

Transportbeton- bzw. Fertigteilwerk und interne Transporte sowie der Betonherstellung im Werk zusammensetzt, mit der Summe aus erneuerbarer und nicht erneuerbarer Primärenergie die größte Menge von insgesamt 986,1 MJ verbraucht wird und dadurch auch die größte Menge an Treibhausgasen mit 211,1 kg CO₂-Äquivalent verursacht wird. Die Herstellung macht 94 % des Energieverbrauchs und 96 % des Treibhausgaspotenzials des gesamten Prozesses aus. Der enorme Ressourcenverbrauch bei der Herstellung von Beton lässt sich hauptsächlich auf die Vorproduktion von Zement zurückführen. Dies kam bei einer Schweizer Studie über den Einsatz von rezyklierter und natürlicher Gesteinskörnung in Konstruktionsbeton und Magerbeton hervor. Die Holcim (Schweiz) AG hat das Institut für Bau und Umwelt an der Hochschule Rapperswil dazu beauftragt, Informationen über die ökologische Bewertung des Einsatzes von rezyklierter Gesteinskörnung in Betonen durch Analysen von vergleichenden Ökobilanzen darzustellen. Bei der Wirkungsabschätzung ergaben die Ergebnisse, dass der Prozess der Zementherstellung bei den Wirkungskategorien „Energieressourcen“, „Treibhauseffekt“, „Versauerung“ und „Atemwegserkrankungen“ eindeutig überragt, besonders deutlich beim Indikator „Treibhauseffekt“. In allen Untersuchungen der Studie war die Zementherstellung für 90 % der Gesamtbelastung verantwortlich. Abgesehen davon war sichtbar, dass die Ergebnisse sensitiv auf eine Veränderung der Annahmen zu den Transporten und der Herstellung der natürlichen Gesteinskörnungen antworten.²³¹

Die negative Umweltwirkung der Zemente zeigt auch die Arbeit von Wetzlmaier (2015; S.71) über eine ökologische Bewertung von konventionellen bzw. maschinellen Tunnelvortriebsmethoden verbunden mit dem Einsatz von Ökobeton am Brenner Basistunnel. Dabei ergab die Untersuchung der Innenschalenbetone, dass für die Kategorien „Versauerung“, „Treibhauseffekt“ und „nichterneuerbarer kumulierter Energieaufwand“ der Prozess der Zementproduktion den größten Einfluss auf die Gesamtbelastungen aufweist.²³²

5.1.2 Optimierungspotenziale – am Beispiel Konstruktionsbeton

Zementherstellung

In der ökologischen Bewertung der Prozesskette zeigt sich die große Bedeutung der Zementherstellung. Zukünftige Optimierungsmaßnahmen bei der Betonherstellung zur Verminderung der Umweltbelastungen sollten daher bei der Zementherstellung beabsichtigt werden.

²³¹ Holcim (Schweiz) AG: Ökobilanzen rezyklierter Gesteinskörnung für Beton; 2010; S.47

²³² Vgl. Wetzlmaier: Ökologische Bewertung von konventionellen bzw. maschinellen Tunnelvortriebsmethoden verbunden mit dem Einsatz von Ökobeton am Brenner Basistunnel, 2015, S.71

Die Zementherstellung ist ein aufwändiger und energieverbrauchender Prozess. Abbildung 5.3 veranschaulicht den Prozess vereinfacht und die dabei freigesetzten Mengen an CO₂-Emissionen.

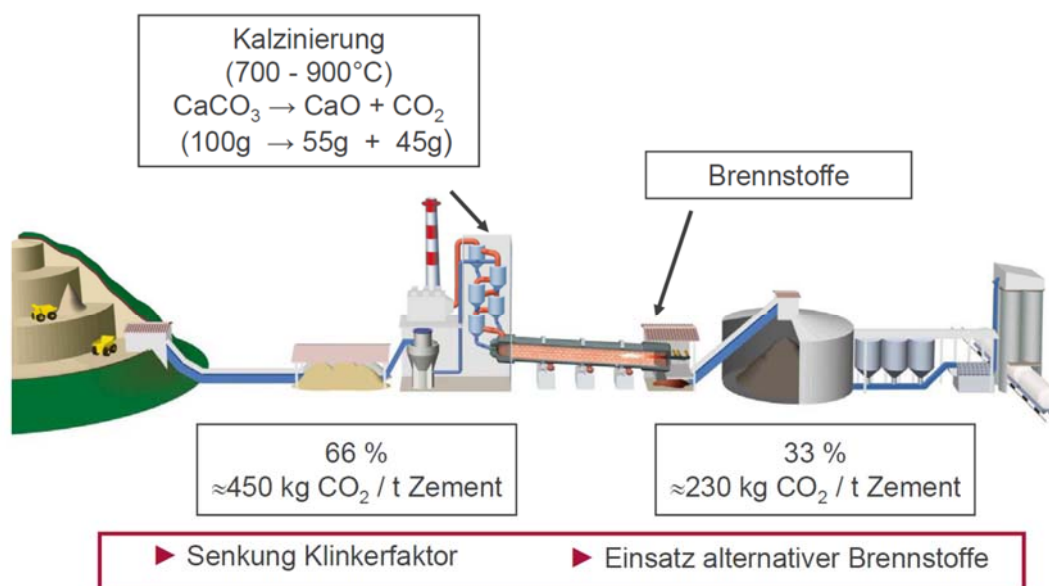


Abb.5.3: CO₂-Emissionen bei der Zementherstellung und Optimierungsmaßnahmen²³³

Nach der Gewinnung, Förderung, Zerkleinerung und Homogenisierung werden die Ausgangsstoffe zu Rohmehl gemahlen, entsäuert und anschließend im Drehofen bei extrem hohen Temperaturen zu Zementklinker gebrannt, welcher daraufhin gekühlt und gemahlen wird. Hier wird bereits ein Drittel der CO₂-Emissionen durch den Energieaufwand beim Brennen freigesetzt. Der restlichen zwei Drittel des CO₂ emittieren chemisch durch das Kalzinieren des Klinkers.²³⁴

Laut Berger und Hoenig (2007, S.6) liegt das entscheidende Optimierungspotenzial bei der Zementherstellung in der Substitution des Zementklinkers durch andere Zementhauptbestandteile wie Hüttensand, Steinofenflugasche, Kalksteinmehl oder Puzzolane, also eine Verringerung des Klinker/Zement-Faktors²³⁵. Im Auftrag der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) wurde eine Untersuchung der österreichischen Zementindustrie auf Energieeffizienz und Energieeinsparpotenziale durchgeführt. Nachdem die Einspar- und Energieeffizienzmöglichkeiten stark vom lokalen Zementmarkt sowie von der Verfügbarkeit anderer Zementhauptbestandteile abhängen, war eine Bewertung auf Basis von Werksdaten nicht durchführbar. Stattdessen wurde abgeschätzt,

²³³ Vgl. Homepage Verein Deutscher Zementwerke; <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/zement/herstellung/>; abgerufen am: 28.12.2017

²³⁴ Vgl. Homepage Verein Deutscher Zementwerke; <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/zement/herstellung/>; abgerufen am: 28.12.2017

²³⁵ Der Klinker/Zement-Faktor gibt den Anteil des Klinkers neben anderen Zementhauptbestandteilen, wie z.B. Kalkstein oder Hüttensand, im Zement an. Diese Bestandteile ersetzen den Klinker und führen dadurch zu einem geringeren Brennstoffenergiebedarf in der Zementherstellung.

wie viel Energie alle österreichischen Zementwerke im Jahr 2007 bei der Herstellung von Zementen mit substituierten Bestandteilen gegenüber reinen Portlandzementen²³⁶ eingespart haben. Daraufaufgehend wurde berechnet, wie viel Energie durch jeden weiteren Prozentpunkt Absenkung des Klinker/Zement-Faktors eingespart werden kann.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich in der österreichischen Zementindustrie (Klinker/Zement-Faktor aller zwölf Zementwerke in Österreich = 75,4 %) gegenüber der Herstellung von reinem Portlandzement (Klinker/Zement-Faktor = 92 %) eine Einsparung von 3.218 TJ pro Jahr ergibt. Zum Vergleich liegt der Brennstoffenergiebedarf für alle zwölf österreichischen Zementwerke bei ca. 16.300 TJ im Jahr. Somit ergibt sich, dass sich - vorausgesetzt der Brennstoffenergiebedarf verhält sich konstant - bei einer weiteren Absenkung des Klinker/Zement-Faktors eine Einsparung von etwa 193 TJ pro Prozentpunkt für die österreichische Zementindustrie möglich ist.²³⁷

Die bereits zuvor erwähnte Schweizer Studie ergibt, dass Portlandkompositzemente, bei denen der Klinkeranteil noch gesenkt wird (z.B. CEM II/B-Zemente²³⁸), zu geringeren Umweltbelastungen führen. Der Austausch von Portlandkompositzement mit Portlandzement (Zement, der nur aus Klinker, Abbinderegler und max. 5 % Zusätzen besteht) führt zu einer gleich starken Erhöhung der Wirkungskategorien „Energieressourcen“, „Treibhauseffekt“, „Versauerung“, und „Atemwegserkrankungen“ wie die Erhöhung der Zementmenge um 10%. Dies deutet darauf hin, dass eine Senkung des Klinkeranteils bei Portlandkompositzementen tendenziell zu geringeren Umweltbelastungen führt.²³⁹

Anzumerken ist allerdings, dass sich Zementsorten mit substituierten Bestandteilen wie z.B. Flugasche, Kalkstein etc. vom Portlandzement in ihren Eigenschaften vom herkömmlichen Zement unterscheiden können. Die Möglichkeit der freien Substituierbarkeit ist somit nicht für alle Fälle gegeben.²⁴⁰

Neben der Substitution des Klinkers, als stärksten Hebel zur Verminderung des Energieeinsatzes bei der Zementherstellung, ergeben sich nach Dr. Peter Lunk (2008, S.29) noch weitere Optimierungspotenziale:²⁴¹

- ◆ Ausbau der Nutzung von alternativen Brennstoffen und Rohstoffen in der Zementklinkerproduktion

²³⁶ Portlandzement ist ein Zement, der nur aus Klinker, Abbinderegler und max. 5 % Zusätzen besteht.

²³⁷ Vgl. Berger; Hoenig: Energieeffizienz der österreichischen Zementindustrie; S.55-56

²³⁸ CEM II gibt den Zementtyp an (Portlandkompositzement), B gibt den Anteil der Zusatzstoffe an (21-35 %)

²³⁹ Vgl. Holcim (Schweiz) AG: Ökobilanzen rezyklierter Gesteinskörnung für Beton; 2010; S.73

²⁴⁰ Vgl. Berger; Hoenig: Energieeffizienz der österreichischen Zementindustrie; S.55

²⁴¹ Vgl. Lunk: Referat; Beton und Nachhaltigkeit in der Praxis; S.29

- ◆ Steigerung der Energieeffizienz durch Einsatz von Mahlhilfsmitteln
- ◆ Ersatz alter Anlagen, z.B. Nassofen, durch neue energieeffiziente Öfen, Vorkalzinatoren, Klinkerkühler, Filtertechnik, etc.

Transportlogistik

Neben der Zementherstellung sind die Transporte im Hinblick auf negative Umweltauswirkungen relevant, mit rund 3-4 % der Ergebnisse in den Wirkungskategorien „Energieressourcen“ und „Versauerungspotenzial“. Der Prozentsatz der Ergebnisse bezieht sich allerdings nur auf die Transportleistungen zwischen Betonherstellung im Werk und dem Einbau auf der Baustelle. Es entstehen aber auch Transporte zwischen der Gewinnung und Herstellung der Betonausgangsstoffe sowie Transporte der Rohstoffe zum Transportbeton-/Fertigteilwerk und interne Transporte. Diese restlichen Transportleistungen werden bereits im Prozess der Herstellung (A1-A3) berücksichtigt und beeinflussen die Ergebnisse der Wirkungskategorien zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und der Umweltwirkung.

Im Kapitel 4.2.3 unter den Energieeinsparpotenzialen in der Ausführungsphase werden Maßnahmen im Detail dargestellt, um die anfallenden Transporte während der Bauprojektentwicklung ökologisch nachhaltiger zu gestalten.

5.2 Prozesskette Tiefbau

Asphalt gilt als vielseitiger Baustoff, findet aber seine größte Anwendung im Straßenbau bei Fahrbahnbefestigungen. Grundsätzlich wird im Straßenbau zwischen Walzasphalt und Gussasphalt unterschieden. Walzasphalt muss auf der Baustelle erst mit Hilfe von Straßenwalzen verdichtet werden. Gussasphalt lässt sich hingegen flüssig verarbeiten und braucht keine Verdichtung. Asphaltbefestigungen sind aus technischen und auch wirtschaftlichen Gründen in verschiedenartigen Schichten unterteilt. Es werden Asphalttrag-, Asphaltbinder- und Asphaltdeckschichten unterschieden, welche alle ihren Anteil zur Tragfähigkeit der gesamten Konstruktion leisten. Die Asphalttragschicht wird als erste gebundene Asphaltsschicht im Straßenoberbau entweder auf eine ungebundene oder hydraulisch gebundene Tragschicht bzw. direkt auf ein entsprechendes Planum eingebaut. Die Asphalttragschicht gibt der überbauten Fahrbahndecke (Binder- und Deckschicht) eine gleichmäßige, standfeste Unterlage.²⁴²

²⁴² Vgl. Homepage Deutscher Asphaltverband (DAV) e.V.; <https://www.asphalt.de/themen/technik/5-asphaltschichten-und-ihre-aufgaben/>; abgerufen am: 28.12.2017

Die gewählte Prozesskette in Abbildung 5.4 befasst sich mit der Herstellung der eingebauten Asphalttragschicht als Walzasphalt, vor allem den Prozessen der Gewinnung der Zuschläge und des Bitumens sowie dem Herstellungsprozess in der Asphaltmischanlage.

Die Prozesskette wird in Abbildung 5.4 dargestellt, wobei die Module A1-A3 die Herstellung, das Modul A4 den Transport, das Modul A5 den Einbau, das Modul C1 den Abbruch, das Modul C2 den Transport, das Modul C3 die Abfallbehandlung und das Modul D das Recyclingpotenzial angeben.

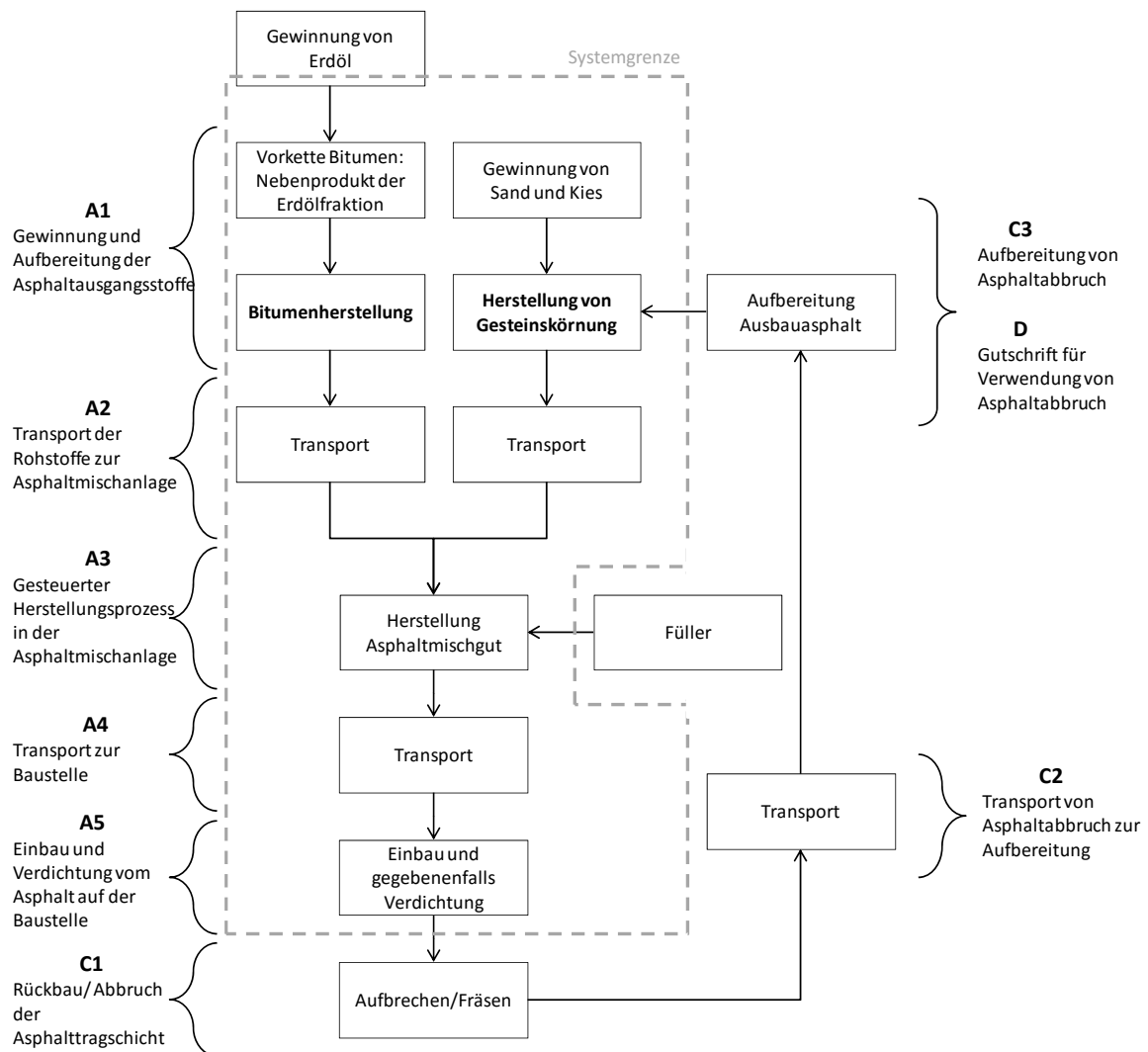


Abb.5.4: Prozesskette – Einbau Asphalttragschicht²⁴³

Asphalt besteht aus einem Gemisch aus ca. 5 % Bitumen und 95 % Gesteinskörnungen. Wichtigster Bestandteil ist das Bindemittel Bitumen, welches die Gesteine im Asphaltmischgut umschließt und dauerhaft miteinander verklebt. Bitumen ist ein Stoff, der als Restprodukt von Erdölraffinerien gewonnen wird. Nach Herstellung wird Bitumen bei ca. 180°C gelagert und transportiert. In einer Asphaltmischanlage werden die einzelnen

²⁴³ Eigene Darstellung in Anlehnung an Holldorb; Meisenzahl (2003; S.12) und Ökobaudat; <http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/source.xhtml?uuid=f99ed60f-d42a-40ee-9c0e-6af2550e4bed&version=27.00.000>; abgerufen am: 28.12.2017

Ausgangsstoffe des Asphaltmischgutes aufbereitet, genauestens dosiert und vermischt (Modul A1–A3).

Prinzipiell läuft der Vorgang in einer Asphaltmischanlage immer gleich ab. Die feuchten Gesteinskörnungen werden in sogenannten Doseuren aufgegeben. Von dort werden die erforderlichen Körnungen aussortiert und über ein Sammelband zur Trockentrommel geführt. In der Trockentrommel wird das Material auf die für den Mischvorgang erforderlichen Temperaturen erhitzt. Danach werden die erhitzten Zuschlagsstoffe einem Becherwerk übergeben, welches das Mischgut der Heißabsiebung übergibt. Dort wird das vordosierte Gemisch nochmals in einzelne Körnungen aufgeteilt, damit jede Gesteinsfraktion einzeln abgewogen und dem Mischer übergeben werden kann.

Füller, Bindemittel und gegebenenfalls Zusatzstoffe geraten über eigene Wege in den Mischer. Der anfallende Feinstaubanteil (auch Füller genannt) wird schon vorweg abgetrennt, im Füllersilo gelagert und gelangt über eine Füllerwaage in den Mischer. Sollte der Eigenfüller nicht ausreichen, wird zusätzlich Fremdfüller angeliefert. Das Bindemittel, als teuerster Bestandteil des Mischgutes, wird in heizbaren Tanks gelagert. Es wird über ein Heizröhrensystem erwärmt, welches sich im Inneren des Bindemittel tanks befindet. Erhitztes Thermalöl wird durch die Rohrleitungen gepumpt und gibt dabei seine Wärme an das Bindemittel ab. Die Zugabe des Bindemittels zum Mischgut erfolgt in der Regel mittels eines Durchflusszählers. Zusatzstoffe werden je nach Bedarf gelagert und automatisch oder manuell dem Mischer zugegeben. Im Mischer werden alle Bestandteile vermischt und als fertiger Asphalt einem nachgeschalteten Verladesilo übergeben. Von dort wird das Mischgut abgezogen, in einen LKW beladen und zur Einbaustelle transportiert (Modul A4).

Der komplexe Verfahrensablauf der gesamten Asphaltmischanlage wird in der Regel von einer zentralen, automatischen Steuerung übernommen. Eine automatische Steuerung kann die exakte Asphalt Herstellung allerdings nur bis zu einem gewissen Grad erzielen. Letztlich liegt es am Mischwerkpersonal wesentliche Einzelheiten wie das Einstellen der Mischanlage, die richtige Zusammensetzung des Asphalts, laufende Produktionsüberwachungen etc. sicherzustellen.²⁴⁴

Auf der Baustelle wird der Asphalt vom LKW in den Fertiger gefüllt. Dort wird das Material über Transportbänder durch die Maschine nach hinten transportiert, wo die Verteilerschnecke den Asphalt auf die volle Einbaubreite verteilt. Der ausgebreitete Asphalt wird anschließend mit der Einbaubohle vorverdichtet, endgültig wird er mit entsprechenden

²⁴⁴ Vgl. Homepage Deutscher Asphaltverband (DAV) e.V.; <https://www.asphalt.de/themen/qualitaet/ii-organisieren-der-qualitaet/5-asphalt-herstellen-und-liefern/>; abgerufen am: 28.12.2017

nachfolgenden Walzen verdichtet (Modul A5). Die Einbautemperatur sollte 120°C nicht unterschreiten, da sonst keine ordnungsgemäße Verdichtung sichergestellt werden kann.²⁴⁵

Der Baustoff Asphalt kann aufgrund seiner Eigenschaften mehrfach wiederverwendet werden. Dafür wird der Asphalt entweder aufgebrochen oder abgefräst (Modul C1) und entsprechend zur Aufbereitung transportiert (Modul C2). Der gewonnene Ausbauasphalt kann durch Aufbereitung erneut dem Herstellungsprozess über einen eigenen Doseur beigefügt werden (Modul C3 und D). Hierbei unterscheiden sich verschiedenen Verfahren nach Art der Vorbehandlung und der Zugabestelle (z.B. Zugabe über Mischer, Becherwerk oder parallel laufender Trommel).²⁴⁶

5.2.1 Ökologische Bewertung – am Beispiel Asphalttragschicht

Für die ökologische Bewertung des Prozesses „Einbau von 1 to Asphalttragschicht“ werden die Werte der Wirkungskategorien PERT, PENRT, FW und GWP für die jeweiligen Prozessschritte A1-A5 (Herstellung, Transport und Einbau) in der Tabelle 5.2 dargestellt, anschließend ausgewertet und in der Abbildung 5.5 in einem Balkendiagramm abgebildet. Die gewählten Systemgrenzen gehen dabei über die gesamte Produktion des Baustoffes – beginnend mit der Gewinnung des Rohstoffes inklusive Transporte zur Asphaltmischanlage, über die Produktion und Bereitstellung des fertigen Produktes bis hin zum Einbau.

Die Transporte von der Herstellung zum Einbauort werden von der Datenbank Ökobaudat nicht berücksichtigt. Nachdem das Gewicht vom Konstruktionsbeton und Asphalttragschicht annähernd gleich ist, werden für die Systembetrachtung Annahmen zu diesen Transporten anhand der vorherigen Prozesskette getroffen. Die ökologische Bewertung der vorherigen Prozesskette für Konstruktionsbeton bezieht sich auf Kubikmeter, wohingegen sich die ökologische Bewertung der nachfolgenden Prozesskette für Asphalttragschicht in Tabelle 5.2 auf Tonnen bezieht. Unter der Annahme, dass 1 m³ Konstruktionsbeton 2,4 to wiegt und 1 m³ Asphalttragschicht auch 2,4 to wiegt, werden die Werte für den Transport durch den Faktor 2,4 dividiert. Die ökologische Bewertung und die daraufhin analysierten Energieeffizienzmaßnahmen der Transporte fallen für beide dargestellten Prozesse praktisch gleich aus.

²⁴⁵ Vgl. Drees; Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren; 2002; S.180-181

²⁴⁶ Vgl. Drees; Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren; 2002; S.189-190

Indikator	Richtung	Einheit	Herstellung	Transport	Einbau
			A1 - A3	A4	A5
PERT + PENRT)	Input	MJ	3.038,3	17,75	9,57
FW	Input	m ³	0,58	0,00	0,64
GWP	Input	kg CO ₂ -Äq.	72,63	1,25	0,64

Tab.5.2: Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und der Umweltwirkung vom Einbau von 1 to Asphalttragschicht²⁴⁷

Der Energiebedarf, welcher durch die Indikatoren PERT+PENRT (total erneuerbare und total nicht erneuerbare Primärenergie) angegeben wird, beträgt für die Herstellung 3.038,3 MJ, für den Transport 17,75 MJ und für den Einbau 9,57 MJ pro 1 to Asphalttragschicht. Es wird 0,58 m³ Süßwasser, angegeben durch den Indikator FW, für den Prozessschritt der Herstellung und 0,64 m³ für den Prozessschritt des Einbaus benötigt. Bezogen auf die Umweltwirkung werden Emissionen im Anteil von 72,63 kg CO₂-Äquivalent für die Herstellung, 1,25 kg CO₂-Äquivalent für den Transport und 0,64 kg CO₂-Äquivalent für den Einbau erzeugt. Die Werte stammen von der digitalen Plattform Ökobaudat und ergeben sich aus den in Abb.5.4 beschriebenen Modulen A1 bis A3 für die Herstellung, Modul A4 für den Transport und Modul A5 für den Einbau.

Für den Einbau der Asphalttragschicht werden eine Maschine und der zugehörige Treibstoffverbrauch mit eingerechnet.

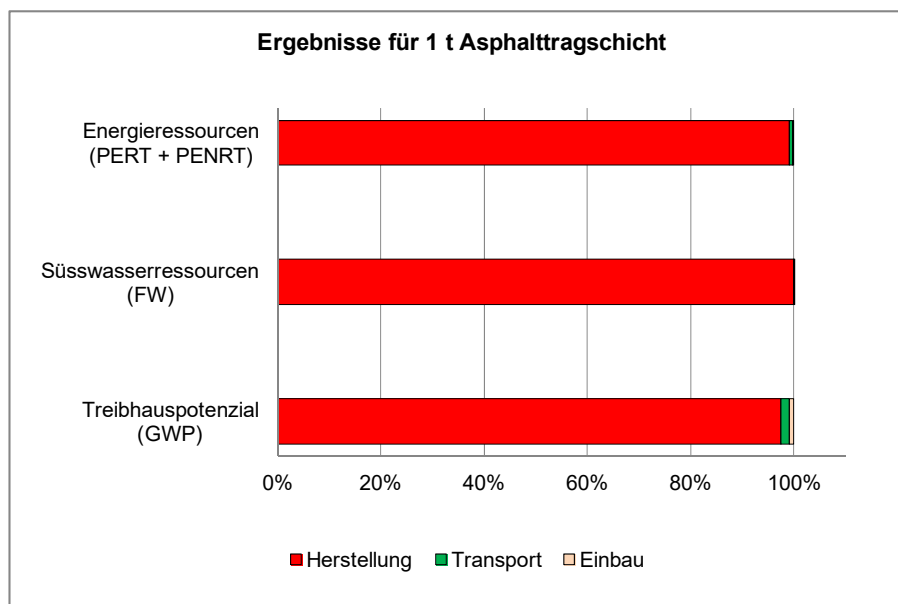


Abb.5.5: Auswertung der Wirkungskategorien für die Prozessschritte A1-A5 vom Einbau von 1 to Asphalttragschicht

²⁴⁷ Homepage Ökobaudat;

http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=85de02e5-2782-4050-9c01-c5de3849fbce&stock=OBD_2017_I&lang=de; abgerufen am: 28.12.2017

Wie in Abbildung 5.5 zu sehen ist, wird während des gesamten Herstellungsprozesses der Asphalttragschicht am meisten Energie benötigt und dadurch die Umwelt belastet. Der Energieverbrauch beim Transport und Einbau fällt im Gegensatz zum Energieverbrauch bei der Herstellung mit 99 % des Gesamtenergiebrauchs vergleichsweise so gering aus, dass der erste Balken im Diagramm von der Abbildung 5.5 nur in roter Farbe dargestellt wird.

Nach Rolf Jenny (2009) erzeugen hauptsächlich das Trocknen und Erhitzen des Gesteins an der Asphaltmischanlage selbst große Mengen an CO₂-Emissionen, unabhängig davon ob neues Material oder Recyclingmaterial in einer Trommel getrocknet und erhitzt wird. Vergleichsweise gering fällt dabei der CO₂-Ausstoß des Thermalöl-Heizaggregates und des Radladers für das Füllen der Doseure aus. Indirekte Emissionen, welche durch die Vorprozesse entstehen, ergeben sich insbesondere bei der Herstellung von Bitumen. Aber auch die Aufbereitung der Mineralien sind Treibhausgasverursacher. In Österreich produzieren 130 Asphaltmischanlagen 10 Mio. Tonnen Asphalt pro Jahr. Für diese Produktionsmenge an Asphalt werden jährlich bis zu 250.000 mit Rohmaterial beladene LKWs und bis zu 12.000 mit Bitumen beladene Bahntankwagons benötigt. Zusätzlich werden für 10 Mio. Tonnen Asphalt jährlich 2.100 Heizöl-Tankwagen sowie jede Menge elektrischen Strom gebraucht. Die Produktion von 10 Mio. Tonnen Asphaltbaustoff verursacht somit eine CO₂-Emissionsmenge von 44.000 Tonnen.²⁴⁸

5.2.2 Optimierungspotenziale – am Beispiel Asphalttragschicht

Die ökologische Bewertung zeigt auch hier eindeutig, dass der Prozess der Herstellung die größte Wirkung in allen drei Wirkungskategorien hat. Somit sind Optimierungsmaßnahmen laut Jenny, R. (2009) vor allem bei den Vorleistungen und der Asphaltmischanlage entscheidend um eine signifikante Reduktion der CO₂-Emissionen zu erzielen. Für die CO₂ Reduktion sind folgende Maßnahmen zu erbringen: niedrigere Mischgut-Temperaturen, geringere Feuchte im Gestein, Asphalt-Recycling, ein elektrisch beheiztes Bitumentanklager sowie Einsatz des optimalen Brennstoffes.

Niedrigere Mischguttemperaturen und geringere Feuchte im Gestein

Die Reduktion der direkten CO₂-Emissionen an der Mischanlage muss hauptsächlich beim Trocknen und Erhitzen der Rohmaterialien ansetzen, d.h. niedrigere Mischguttemperaturen und trockeneres Material stehen im Vordergrund.

In Österreich wird der Asphalt vorwiegend mit einer Mischguttemperatur von 180°C gemischt und die Feuchte des Gesteins liegt in etwa bei 4 %. Es gibt heute viele Verfahren, die eine Mischguttemperaturabsenkung anstreben. Die Firmen Shell und Ammann haben

²⁴⁸ Vgl. Rolf Jenny: CO₂-Reduktion bei der Asphalt-Produktion; 2009

ein Verfahren entwickelt, bei dem sich die Mischguttemperatur von 180°C (für Heißasphalt) auf 115°C (für Warmasphalt) absenken lässt und sich dadurch eine Heizölreduktion von 1,5 kg pro t Mischmaterial ergibt. Bei der Mischgutproduktion mit abgesenkten Temperaturen spielen der Mischer und eine stark veränderte Reihenfolge der Dosierung eine wichtige Rolle, damit ein qualitativ gleich gutes Mischgut erwartet werden kann. Es sind bis heute bereits zehn Anlagen damit ausgerüstet und erzielen mit dieser Technologie vergleichbare Werte zu Heißasphalt. Bei einem Versuch wurden Straßen einerseits mit Heißasphalt und andererseits mit Warmasphalt asphaltiert und es konnten keine Unterschiede nach mehreren Jahren Nutzung festgestellt werden.²⁴⁹

Laut Jenny, R. (2009, S.14) geht die Markteinführung solcher neuen Technologien allerdings zu langsam voran, nachdem alle Beteiligten wie der Bauherr, der Straßenbauer, die Normung, der Asphaltproduzent und der Mischanlagenhersteller mitspielen müssen.

Ein zusätzlicher Vorteil vom Warmasphalt ergibt sich beim Einbau. Beim Warmasphalt entstehen im Gegensatz zum Heißasphalt beim Einbau weder Dämpfe noch Gerüche. Dadurch wird die Arbeit erleichtert und es entstehen keine Belästigungen für Anrainer. Weiteres kann die Straße schneller in Betrieb genommen werden, da die Einbautemperatur näher bei der Gebrauchstemperatur liegt. Eine Reduktion der Mineralfeuchte auf 2 % lässt sich durch Hochsilanlagen und Bahnanlieferungen erzielen. Dies wird bereits im Werk vom Unternehmen FBB Frischbeton und Baustoff AG in Hinwil in der Schweiz, welches auf Energieeffizienz getrimmt wurde, realisiert. Eine Reduktion der Mineralfeuchte ergibt eine Energieeinsparung von 1,5 kg pro t Mischgut und eine Reduktion von 9 kg CO₂.²⁵⁰

Nicht überall sind Hochsilanlagen und Bahnlieferungen effektiv umsetzbar. Werden aber die Lager der Mineralien überdacht ist laut Jenny, R. (2009, S.15) bereits eine Reduktion der Feuchte um 1 % möglich.

Asphaltrecyclingmaßnahmen

Bei den Vorleistungen der Asphaltproduktion lautet eine entscheidende Maßnahme Asphalt-Recycling. Der „Ausbauasphalt“ ist ein hochwertiger Baustoff, der problemlos wiederverwendet werden kann. Das ausgebaute Gestein hat die gleichen qualitativen Merkmale wie neues Rohmaterial und das Bitumen unterliegt zwar einem Alterungsprozess, kann aber ebenfalls wiederverwendet erfahren.²⁵¹

Elektrisch beheiztes Bitumentanklager und Einsatz des optimalen Brennstoffes

²⁴⁹ Vgl. Rolf, Jenny: CO₂-Reduktion bei der Asphalt-Produktion; 2009; S.14

²⁵⁰ Vgl. Rolf, Jenny: CO₂-Reduktion bei der Asphalt-Produktion; 2009; S.15

²⁵¹ Vgl. Rolf, Jenny: CO₂-Reduktion bei der Asphalt-Produktion; 2009; S.12

Ein mit Thermalöl beheizter Bitumentank mit horizontalen Tanks wurde in ein elektrisch beheiztes Tanklager mit vertikalen Tanks umgebaut. Das erstaunliche Ergebnis des neuen Bitumentanklagers ergab keine Emissionen, keinen Ölverbrauch und weniger Stromverbrauch als das ursprüngliche Tanklager. Die Technologie hat sich mittlerweile in ganz Europa und global durchgesetzt.²⁵²

Die Reduktion, die sich bei moderner Technologie gegenüber traditionellen Mischgutanlagen erreichen lässt, liegt bei 40 % bzw. eine Reduktion des CO₂ Ausstoßes um 170.000 t pro Jahr. Diese Reduktion würde sich auch mit einem ähnlichen Resultat auf die Produktionskosten auswirken. Die Markteinführung neuer Technologien geht allerdings laut Rolf Jenny (2009, S.17) sehr langsam voran.²⁵³

²⁵² Vgl. Rolf, Jenny: CO₂-Reduktion bei der Asphalt-Produktion; 2009; S.16

²⁵³ Vgl. Rolf, Jenny: CO₂-Reduktion bei der Asphalt-Produktion; 2009; S.17

6 Resümee

Bei der Konferenz der Vereinten Nationen im Jahr 1992 für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro wurde die nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft erstmals zum Ziel ernannt. Heutzutage wird dieses Ziel auf verschiedenste Art und Weise verfolgt. Neben der sozialen und ökonomischen Dimension wird vor allem auf die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit Wert gelegt. Unternehmen streben danach ihre Produkte und Produktionen in Bezug auf Umweltschutz zu zertifizieren. Erneuerbare Energien wie Solarenergie, Wasserkraft oder Windenergie werden immer beliebter und machen es möglich die fossilen, nicht erneuerbaren Energieträger zu ersetzen.

In der Baubranche spielt Nachhaltigkeit bereits eine wesentliche Rolle, wie beispielsweise die Niedrig- und Passivbauweise zeigt. Nach wie vor liegt das Hauptaugenmerk dabei auf der Nutzungsphase. Wenig Beachtung bezüglich ökologischer Nachhaltigkeit wird hingegen der in dieser Diplomarbeit beschriebenen Phase der Bauprojektentwicklung geschenkt. Bei der Menge an Energie, die bereits während der Herstellung und dem Transport von Baumaterialien sowie den Prozessen auf der Baustelle benötigt wird, sollte man die Konstruktionsphase neben der Nutzungsphase in Bezug auf Umweltschutz nicht außer Acht lassen.

In der vorliegenden Diplomarbeit wird der Status quo der Integration von ökologischen Umweltaanforderungen im Prozess der Bauprojektentwicklung dargelegt und inwieweit der Gedanke einer umweltfreundlichen Bauprojektentwicklung bereits bei den Akteuren, besonders dem öffentlichen AG und den ausführenden Unternehmen, verankert ist.

Die zentrale Forschungsfrage, ob die Umweltauswirkungen im Prozess der Bauprojektentwicklung durch entsprechende Maßnahmen zu verringern sind, kann zwar eindeutig mit ja beantwortet werden, allerdings lassen sich bei den Maßnahmen folgende Herausforderungen aufzählen:

- ◆ Eine Verschärfung der gesetzlichen Vorschriften und Richtlinien ist notwendig

Bei der Untersuchung der rechtlichen Grundlagen ist zu erkennen, dass dem Thema Umweltschutz im Prozess der Bauprojektentwicklung noch eine untergeordnete Rolle zukommt und es fehlt an konkreten, umzusetzenden Sanktionen. Gemäß dem Weltklimarat IPCC sind die jetzigen Minderungspläne nicht ausreichend um die Erwärmung auf 2°C zu begrenzen und es wäre eine Reduktion der globalen THG-Emissionen von 40-70 % in allen Sektoren gegenüber dem Jahr 2010 notwendig.²⁵⁴ Hierbei könnten Reduktionsmaßnahmen im Prozess der Bauprojektentwicklung einen wesentlichen Anteil beitragen. Die

²⁵⁴ Vgl. De-IPCC et al.: Fünfter Sachstandsbericht des IPCC – Synthesebericht; 2014; S.3

Europäische Union – die sich als Vorreiter in Sachen des Klimaschutzes sieht – muss ihre Richtlinien noch anpassen um das 2°C-Ziel des Pariser Abkommens einzuhalten.²⁵⁵

Bei den Untersuchungen nach Schoberberger (2016, S.12) betreffend das Bundesenergieeffizienzgesetz wird deutlich, dass hauptsächlich große Bauunternehmen mit Vorbildfunktion Energieeinsparmaßnahmen umsetzen. Viele kleine und mittlere Unternehmen kritisieren das Gesetz, da es einen zusätzlichen Aufwand darstellt, der sich aus ihrer Sicht nicht lohnt. Bei wirtschaftlichen Überlegungen liegt der Fokus daher immer noch beim Personal- und Materialeinsatz, denn Energie ist vergleichsweise günstig und Energieeinsparmaßnahmen bei der Bauprojektentwicklung werden eher vernachlässigt.

In Zukunft ist aber aufgrund der politischen Ausrichtung und wachsender gesetzlicher Anforderungen damit zu rechnen, dass Verschärfungen an den Umweltschutz gestellt werden und dadurch auch die Erfordernisse an eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung zunehmend steigen werden.

- ◆ Fehlendes Umsetzen von ökologisch nachhaltigen Beschaffungen durch Auftraggeber

Das BVergG, an welches der öffentliche AG gebunden ist, schreibt zwar vor, dass bei der Vergabe auf die Umweltgerechtigkeit der Leistung Bedacht zu nehmen ist, es liegt aber in der Hand des Auftraggebers den Beschaffungsprozess umweltfreundlich zu gestalten. Die öffentlichen Auftraggeber haben die Möglichkeit bei der Vergabe von Bauleistungen Maßnahmen zu setzen, damit der Umweltschutz bei der Bauprojektentwicklung berücksichtigt wird. Zusätzlich können sie durch neue Innovationen und Ideen als Vorreiter die privaten Auftraggeber beeinflussen, eine umweltfreundliche Bauprojektentwicklung anzustreben. Der bedeutendste Anstoß wird dadurch gegeben, dass neben dem Preiskriterium weitere Kriterien wie z.B. der Umweltschutz zu Wettbewerbsfaktoren werden können. Dadurch kann sich der Wettbewerb, der aktuell noch stark vom Preis abhängig ist, immer mehr zu einem Qualitätswettbewerb hin entwickeln.

Ökologische Nachhaltigkeit ist bei der Vergabe von Bauleistungen noch nicht sehr verbreitet. Die Verwendung von ökologisch nachhaltigen Kriterien im Beschaffungsprozess ist eher eine Ausnahme. Es fehlt an einem systematischen Umgang mit den Aspekten des Umweltschutzes bei der Bauprojektentwicklung beispielsweise durch Umweltmanagementsysteme. Zusätzlich fehlt es an ausreichender Dokumentation und Kommunikation über bereits praktizierte Umweltschutzbemühungen.

²⁵⁵ Vgl. Dröge; Geden: Nach dem Pariser Klimaabkommen; 2016

◆ Umweltaspekte werden als „vergabefremde Aspekte“ diskutiert

Die Ergebnisse der Diplomarbeit zeigen, dass Auftraggeber bei der Erstellung von umweltbezogenen Kriterien im Beschaffungsprozess zahlreiche Aspekte zu berücksichtigen haben. Bei der Formulierung von umweltbezogenen Zuschlagskriterien ist besondere Sorgfalt gefordert. Die Kriterien können zum Kritikpunkt bei vergaberechtlichen Beschwerden durch unterlegene Bieter werden. Ein Nachprüfungsverfahren der Vergabe kann für den Auftraggeber eine erhebliche Zeitverzögerung oder sogar eine Verhinderung des Vorhabens bewirken, was ein Risiko darstellt. Zusätzlich muss der AG neben Einhaltung der Bundesvergabegrundsätze wie Transparenz, uneingeschränkter Wettbewerb und Nichtdiskriminierung eine objektiv nachvollziehbare Bewertung für die projektbezogenen Umweltschutzkriterien bereitstellen.²⁵⁶

◆ National geringer Stellenwert von UMS in der Baubranche

Im Zuge der Literaturrecherche wurde deutlich, dass Untersuchungen über die Einführung von Umweltmanagementsystemen in der Bauwirtschaft größtenteils nur auf internationaler Ebene vorhanden sind. Obwohl eine ganze Reihe an Ansätzen zur Energie- und Ressourcenoptimierung von Bauprozessen und deren Management aufgezählt werden kann, bleiben die Potenziale diesbezüglich ungenutzt. Die Bauunternehmen erkennen nicht die Relevanz des Themas und sehen UMS nicht als wichtigen Faktor zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Grund dafür könnte sein, dass der öffentliche Auftraggeber nicht genügend entsprechende Anforderungen an die ausführenden Bauunternehmen stellt. Werden Umwelanforderungen bei der Auftragsvergabe nicht priorisiert, ist das Thema Umweltschutz auch nicht wettbewerbsrelevant.²⁵⁷

◆ Fehlende Daten, Dokumentationen und Kontrolle während der Bauausführung

Bevor die Potenziale für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung im Zuge der Diplomarbeit untersucht worden sind, musste erst einmal die Ausgangslage mit den ökologisch nachhaltigen Aspekten der Bauprojektentwicklung erfasst werden. Es war äußerst schwierig brauchbare Daten und Dokumentationen zu finden. Grund dafür ist, dass Bauprojekte im Gegensatz zu Serienprodukten jeweils Unikate sind und mit verschiedenen Standorten sowie den dadurch gegebenen unterschiedlichen Randbedingungen verbunden sind. Zusätzlich stehen die meisten Umweltaspekte in Verbindung zueinander oder überschneiden sich und es ist nicht klar definierbar wie umweltbelastend ein bestimmter Prozess der Bauprojektentwicklung wirklich ist. Bei den Prozessen in Kapitel 5 trägt zum

²⁵⁶ Vgl. Osebold et al.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen; 2015; S.170, S.173

²⁵⁷ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.119

Beispiel der Prozess der Herstellung im Gegensatz zu den Transportleistungen einen extrem hohen Anteil zur Umweltbelastung bei. Allerdings konnte der Datenbank die Transportleistungen während des Herstellungsprozesses nicht exakt entnommen werden.

Laut Helmus et al. sind selten Instrumente vorhanden, die eine Dokumentation, Kontrolle und in weiterer Folge Steuerung der Prozesse im Hinblick auf ökologische Aspekte ermöglichen. Zwischen den verschiedenen Geräten gibt es große Differenzen bezüglich des Energieverbrauchs und es ist unmöglich energetische und umwelttechnische Vergleiche zu machen. Das vorhandene mangelnde Bewusstsein spiegelt sich im Verhalten des Baustellenpersonals wieder.²⁵⁸

Zusätzlich gibt es einen Bruch in der Wertschöpfungskette des Bauens. Dies bedeutet laut Schmidt (2015, S.191) dass die in der Planungs-, Ausschreibungs- und Vergabephase getroffenen Festlegungen in der darauffolgenden Ausführungsphase oft problematisch umzusetzen sind. Getroffene umweltschutzrelevante Bestimmungen werden in der Ausführung oftmals abweichend eingehalten oder überhaupt nicht beachtet. Umso wichtiger ist es, die in der Beschaffungsphase festgelegten Anforderungen zu dokumentieren und in der Ausführungsphase zu kontrollieren, sowie gegebenenfalls Sanktionen zu erteilen. Die entsprechenden Kontrollmechanismen und Sanktionen sind bereits während des Beschaffungsprozesses als verpflichtender Vertragsbestandteil festzuhalten, damit die Umweltanforderungen ernst genommen werden. Wichtig ist, dass die Verbesserung der Umweltleistung in überprüfbaren Messgrößen dargestellt wird, wie beispielsweise in der vorliegenden Diplomarbeit in Tabelle 3.2 im Kapitel 3.5 gezeigt.

Bei nicht eingehaltenen umweltschutzbezogenen Zuschlagskriterien handelt es sich sonst um Scheinkriterien. Die Kriterien müssen in der Ausführungsphase auf Einhaltung kontrolliert werden, da sie sonst vergaberechtlich anfechtbar wären. Neben Überwachung der qualitativen, zeitlichen und bautechnischen Aspekten ist also die Überwachung der Umweltanforderungen eine wichtige zusätzliche Aufgabe der örtlichen Bauaufsicht während der Bauausführung.²⁵⁹

²⁵⁸ Vgl. Helmus et al.: Entwicklung von Energiekonzepten zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes auf Baustellen; 2011; S.106

²⁵⁹ Vgl. Schmidt: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft; 2016; S.190

7 Ausblick

Für die Herausforderungen einer ökologisch nachhaltigen Bauprojektentwicklung, welche sich im Zuge der Literaturrecherche und der Analyse von praxisbezogenen Prozessen gezeigt haben, werden folgende Handlungsempfehlungen und zukünftig zu betrachtende Forschungsfragen erläutert.

Es ist wichtig, dass der Gedanke einer umweltfreundlichen Bauprojektentwicklung bereits am Anfang eines Bauprojektzyklus steht. Der Bauherr muss bereits bei der Projektidee das Bewusstsein für eine ökologisch nachhaltige Bauprojektentwicklung haben, denn die gesetzlichen Vorgaben sind derzeit nicht „streng“ genug. Zum Beispiel beeinflusst schon die Auswahl des Grundstückes in der Initiierungsphase die Baustellenlogistik stark und gibt vor, ob eine Alternative zum LKW-Baustellentransport möglich wäre.

Die Bauunternehmen selbst führen nicht umweltfreundlich aus, wenn die Anforderungen vom AG nicht vertraglich vorgegeben werden. Trotzdem ist die Integration umweltbezogener Kriterien im Beschaffungsprozess sinnvoll. Die Kriterien signalisieren nämlich das hohe Umweltbewusstsein des Auftraggebers und bewirken, dass die Bauunternehmen sich schon im Vorhinein mit ökologischen Aspekten und dem Umweltschutz auseinandersetzen müssen.

Zertifizierte Umweltmanagementsysteme sind in Österreich bislang noch nicht weit verbreitet. In weiterer Folge sollte untersucht werden, inwieweit sich die Umweltleistung eines Unternehmens in der Bauausführung tatsächlich verbessert, welcher Aufwand dem Nutzen gegenübersteht und inwieweit der Einsatz eines zertifizierten UMS die Wettbewerbsfähigkeit der Bauunternehmen stärkt.

Zusätzlich wird aufbauend auf der vorliegenden Diplomarbeit vorgeschlagen, ein System zu entwickeln oder ein vorhandenes System dahingehend zu erweitern, welches die ökologische Nachhaltigkeit im Prozess der Bauprojektentwicklung bewertet. Mit dem Hauptaugenmerk auf die Nutzungsphase gibt es bereits einige Bewertungssysteme zur Überprüfung der Nachhaltigkeit, unter anderem in Österreich das System des Deutschen Gütesiegels für nachhaltiges Bauen²⁶⁰ (DGNB). Ein einheitliches Bewertungssystem ist sowohl für den AG als auch den Bieter im Beschaffungsprozess bei der Verwendung von umweltbezogenen Kriterien hilfreich. Die Bewertung von Umweltkriterien durch ein bekanntes System wie beispielsweise des DGNB würde bewirken, dass die Akzeptanz von Bauvorhaben – vor allem im Tiefbau – in der Öffentlichkeit gesteigert und das Image des Auftragnehmers verbessert wird.

²⁶⁰ Vgl. Homepage DGNB GmbH; <http://www.dgnb-system.de/de/system/zertifizierungssystem/>; abgerufen am: 28.11.2017.

Die Auswertung der Wirkungskategorien der typischen Prozesse in der Bauprojektentwicklung zeigen, dass der Prozess der Herstellung am meisten Ressourcen verbraucht und THG-Emissionen verursacht. In Zukunft sollte das Hauptaugenmerk daher auf einen effizienten und energiearmen Produktionsprozess sowie auf einer Optimierung der Materialien liegen.

In weiterer Folge sind gewisse Standards für die Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien anzudenken, die bei bestimmten Bauvorhaben verpflichtend umgesetzt werden müssen, wie z.B. die Länge der Transportwege, die Arte der Transportmittel, die Anteile des Stromes aus regenerativen Energien, die Verbräuche und Betriebszeiten der eingesetzten Baumaschinen und –geräte usw. Die bisherigen gesetzlichen Vorgaben, wie das Bundesenergieeffizienzgesetz, beziehen sich nämlich nur auf Umweltleistung der Unternehmen selbst und nicht auf die eines bestimmten Projektes oder Prozesses.

Neben einer detaillierteren Aufzeichnung und Kontrolle der Prozesse sowie Einführung einer Prozessorganisation in der Bauprojektentwicklung wird auch eine Anpassung und Sensibilisierung des Personals empfohlen. Die Prozessbeteiligten benötigen Feingefühl für den effizienten Umgang mit Maschinen und Geräten. Zusätzlich können durch Arbeitsgruppen, die gemeinsam ökologisch nachhaltige Maßnahmen mit laufender Kontrolle entwickeln und erarbeiten, die gewerblichen Mitarbeiter in die Umweltschutzleistungen der Unternehmen integriert werden.

Es ist ein Zusammenspiel aller Projektbeteiligten notwendig um die negativen Umweltauswirkungen in allen Phasen der Bauprojektentwicklung zu reduzieren. So formuliert auch der Weltklimarat IPCC:

„Wirksamer Klimaschutz erfordert gemeinsame Lösungen, er kann nicht erreicht werden, wenn einzelne Akteure ihre eigenen Interessen unabhängig verfolgen.“²⁶¹

²⁶¹ Vgl. De-IPCC et al.: Fünfter Sachstandsbericht des IPCC – Synthesebericht; 2014; S.3

8 Verzeichnisse

Literaturverzeichnis

- Alfen, H. et al.: Ökonomie des Baumarktes. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013
- Anderl, M.; Gössl, M.; Kuschel V.; et al.: Klimaschutzbericht 2015, Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2015
- Anderl, M.; Gössl, M.; Kuschel V.; et al.: Klimaschutzbericht 2016, Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2016
- Asam, C.: Die Entwicklung der Ressource im Bauwesen, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Stuttgart, 2015
- Bargstädt, H.-J. (Hrsg.); Steinmetzger, R.: Grundlagen des Baubetriebswesens, Schriften der Professur Baubetrieb und Bauverfahren 30/2013, Bauhaus-Universität, Weimar, 2013
- Barth, R.; Erdmenger, C.; Günther, E. (Hrsg.): Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung. Innovationspotentiale, Hemmnisse, Strategien. Physica-Verlag, Heidelberg, 2005
- Bauer, H.: Baubetrieb, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1994, 2007
- Berger; Hoenig; Verein Deutscher Zementwerke e.V. Forschungsinstitut der Zementindustrie, Allplan GmbH: Energieeffizienz der österreichischen Zementindustrie; Düsseldorf, 2007
- BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich, Statusbericht 2015, Wien, 2016
- BMWFW - Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung, und Wirtschaft, Abteilung III/2 - Energiebilanz und Energieeffizienz: Energiestatus 2015, Wien 2016
- BMWFW - Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung, und Wirtschaft, Abteilung III/2 - Energiebilanz und Energieeffizienz: Energiestatus 2016, Wien, 2017
- BMWFW - Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung, und Wirtschaft, Energie - Rechtsangelegenheiten (III/1): Kerninhalte des Energieeffizienzgesetzes, Wien
- Bouwer, M.; de Jong, K.; Jonk, M.; et al.: Green Public Procurement in Europe 2005 - Status overview, 2005
- Broichhaus, C.; Nisancioglu, S.; Randel, A.: Energienutzung im Erd-, Tief- und Deponiebau, In: Entwicklung von Energiekonzepten zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes auf Baustellen [Bericht], Abschlussbericht Az: 25780-24/2, Deutsche Bundesstiftung, 2011, S. 33 - 64
- Bundesinnung Bau (Hrsg.): Leitfaden zur Kostenabschätzung von Planungs- und Projektmanagementleistungen, Band 02 Objektplanung, Wirtschaftskammer Österreich, Wien, 2012
- Dageförde-Reuter, A.: Umweltschutz durch öffentliche Auftragsvergabe. Die rechtliche Zulässigkeit der Einbeziehung von Umweltschutzkriterien in das Vergabeverfahren, insbesondere der Bevorzugung von Unternehmen mit zertifiziertem Umweltmanagementsystem. Lexxion-Verlag, 2004, Berlin
- De-IPCC - Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle; BMUB - Bundesumweltministerium; BMBF - Bundesforschungsministerium; UBA - Umweltbundesamt: Fünfter Sachstandsbericht des IPCC - Synthesebericht, 2014
- Diekmann, B.; Rosenthal, E.: Energie - Physikalische Grundlagen ihrer Erzeugung, Umwandlung und Nutzung, 3. Auflage, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014
- Drees, G.; Kraus, S.: Baumaschinen und Bauverfahren, 3. Auflage, Expert Verlag, Renningen, 1993, 2002
- Dröge, S.; Geden, O.: Nach dem Pariser Klimaabkommen, Stiftung Wissenschaft und Politik, 2016, Berlin

- Dross, M.; Dageförde, A.; Acker, H.; Umweltbundesamt (Hrsg.): Rechtsgutachten, Nationale Umsetzung der neuen EU-Beschaffungs-Richtlinie, 2008, Dessau-Roßlau
- Drucker, P.: Managing for Business Effectiveness, In: Harvard Business Review, 41. Jg., Nr. 3, S. 53–60, 1963
- Europäische Gemeinschaft: NACE Rev. 2 - Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft, Luxemburg, 2008
- Europäische Kommission 445 final: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen zum effizienten Ressourceneinsatz im Gebäudesektor, Brüssel, 2014
- Fouad, N.; Zapke, W.: Bauwesen - Taschenbuch, Carl Hanser Verlag, München, 2013
- Graubner, C.-A.; Hüske, K.: Nachhaltigkeit im Bauwesen, Grundlagen - Instrumente - Beispiele, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2003
- Greil, F.: Baustellenbetrieb: Grüne Logistik, In: Wirtschaft&Umwelt - Zeitschrift für Umweltpolitik und Nachhaltigkeit, Schwerpunkt: Klima & Energie, Nummer 1/2014, Wien, 2014
- Greiner, P.; Mayer, P.; Stark, K.: Baubetriebslehre - Projektmanagement, 2. Auflage, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 2002
- Große, H.: Umweltmanagement in der Bauwirtschaft : Methodik und Arbeitshilfen; Renningen Expert-Verlag; 2000
- Hauff, Volker (Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft, Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Eggenkamp Verlag, Greven, 1987
- Hauser, M.: Umweltaspekte von Baustellen im Vergaberecht, Zürich, 2002
- Helmus, M.; Nisancioglu, S.; Randel, A. (Hrsg.): Entwicklung von Energiekonzepten zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes auf Baustellen, Abschlussbericht Az: 25780-24/2, Deutsche Bundesstiftung, 2011
- Helmus, M.; Nisancioglu, S.; Randel, A.: Energieeffizienz im Baubetrieb - Potentiale systematisch nutzen, In: Bauportal, Erich Schmidt Verlag, 2013
- Hochtief AG: Konzernbericht 2015, Kombiniertes Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht, Essen, 2016
- Holcim (Schweiz) AG: Ökobilanzen rezyklierter Gesteinskörnung für Beton, Zürich, 2010
- Holcim (Schweiz) AG: Für die Umwelt; Optimierte Baustoffe und Produktionsmethoden senken den CO₂-Ausstoß, Zürich, abgerufen am: 28.12.2017
- Holldorb, C.; Meisenzahl, M.: Ökopprofil für Asphalt- und Betonbauweisen von Fahrbahnen, im Auftrag des Deutschen Asphaltverbandes e.V. (DAV), Karlsruhe, 2003
- IG LEBENSZYKLUS BAU (Hrsg.): Der Weg zum lebenszyklusorientierten Hochbau. Leitfaden für öffentliche und private Bauherren sowie Vertreter der Bau- und Immobilienbranche, 2. Auflage, Donau Forum Druck, Wien, 2014
- IG LEBENSZYKLUS BAU (Hrsg.): Der Weg zum lebenszyklusorientierten Infrastrukturbau, Leitfaden für Bauherren und Projektbeteiligte von Infrastrukturbauten, 2. Auflage, Donau Forum Druck, Wien, 2017
- IG LEBENSZYKLUS BAU (Hrsg.): Leistungsbilder im Projektmanagement – Fachleitfaden, Wien, 2014
- Implenia AG (Hrsg.): Nachhaltigkeitsbericht Berichtsperiode 2014/2015; Zürich, 2016
- Irrek, W.; Thomas, S.; Böhler, S.; Spitzner, M.: Definition Energieeffizienz, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 2008
- Karlstedt, F.: Qualitätskennzahlen im Projektmanagement: Entwicklung eines Kennzahlensystems zur Quantifizierung der Effektivität und Effizienz im Großanlagenbau, Igel Verlag RWY, Hamburg, 2014

- Köpf, H.: Bildwörterbuch der Architektur, 5. durchgesehene und ergänzte Auflage, Alfred Kröner Verlag, Stuttgart, 2016
- Kropik, A.: Bauwirtschaft und Bauprojektmanagement 1, Skriptum zur Vorlesung, WS 2017/2018, TU Wien, Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement
- Kuhnhenne, M.; Döring, B.; Pyschny, D.: Ökobilanzierung von Typenhallen; Institut und Lehrstuhl für Stahlbau und Leichtmetallbau, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen, 2010
- Kummer, S.; Grün, O.; Jammernegg, W.: Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik, 2. aktualisierte Auflage, Pearson Studium, München, 2009
- Kytzia: Ökobilanzen zum Einsatz rezyklierter Gesteinskörnung in Betonen, Hochschule für Technik Rapperswil, 2009
- Lechner, H. (Hrsg.): LM.VM 2014: ein Vorschlag für Leistungsmodelle + Vergütungsmodelle für Planerleistungen (Gesamtausgabe), Verlag der technischen Universität Graz, Graz, 2014
- Lehni, M.: Eco-efficiency-Creating More Value with Less Impact, World Business Council for Sustainable Development, WBCSD, North Yorkshire, 2000
- Lhotzky, R. et al.: RUMBA - Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung, Kurzbericht, Wien, 2004
- Lhotzky, R. et al.: RUMBA - Richtlinien für eine umweltfreundliche Baustellenabwicklung, Leitfaden Teil 1: Allgemeine Einführung, Wien, 2004
- Lunk, P.: Beton und Nachhaltigkeit in der Praxis; Betonsuisse Marketing AG, 2. Schweizer Betonforum, 2008
- Wiener Umweltschutzabteilung (Hrsg.): Wirkungsanalyse der ökologischen öffentlichen Beschaffung in der Stadt Wien, Wien, 2014
- Nisancioglu, S.; Osterfeld, T.; Randel, A.: Energienutzung im Hochbau, In: Entwicklung von Energiekonzepten zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes auf Baustellen, Abschlussbericht Az: 25780-24/2, Deutsche Bundesstiftung, 2011, S. 65 - 83
- Nisancioglu, S.; Osterfeld, T.; Randel, A.: Grundlagen der Energienutzung in der Bauwirtschaft, In: Entwicklung von Energiekonzepten zur Steigerung der Energieeffizienz und Reduzierung des CO₂-Ausstoßes auf Baustellen, Abschlussbericht Az: 25780-24/2, Deutsche Bundesstiftung, 2011, S. 21 - 32
- Oberndorfer, W.; Jodl, G.: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, 3. Auflage, Wien, 2010
- Ökobaudat: Erläuterungsdokument ÖKOBAU.DAT; <http://www.oekobaudat.de/>; 2013
- Osebold, R.; Schmidt, J.-S.; Grün, E.; Strux H.-P.: Ökologisch nachhaltige Abwicklung großer Tiefbauprojekte - Vorteile für Auftraggeber und Bauunternehmen, In: Bauingenieur 4-2015, Seite 168-175, 2015
- Pehnt, M.: Energieeffizienz - Definitionen, Indikatoren, Wirkungen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010
- Porr AG: Werthaltigkeitsbericht 2014, Wien, 2015
- Proporowitz, A. (Hrsg.); Unruh, H.-P.; Steinhoff, J.: Baubetrieb - Bauverfahren, Carl Hanser Verlag, München, 2008
- Quack, D.: Einfluss von Energiestandard und konstruktiven Faktoren auf die Umweltauswirkung von Wohngebäuden – eine Ökobilanz; Freiburg; 2001
- rené schmid architekten ag, René Schmid, Gøran Keuchel: Umwelt Arena Spreitenbach, Raum für die Nachhaltigkeit, Spreitenbach, 2012
- Rieger, H.: Untersuchung zur Einführung und Umsetzung von Umweltmanagementsystemen in kleinen Bauunternehmen; Essen: Mainz, 1999

- Rolf Jenny; Ammann Schweiz AG: CO₂-Reduktion bei der Asphalt-Produktion; Gestrata Journal 126, 2009
- Schabbach, T.; Wesselak, V.: Energie - Die Zukunft wird erneuerbar, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012
- Schach, R.; Schubert, N.: Logistik im Bauwesen, In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, Band 58, Heft 1-2, 2009
- Schmidt, J.-S.: Perspektiven des Umweltmanagements für die deutsche Bauwirtschaft: Ein Strategiemodell für öffentliche Auftraggeber des Tiefbaus, Shaker Verlag, Aachen, 2016
- Schoberberger, T.: Das Bundesenergieeffizienzgesetz und die Auswirkung auf die Baubranche, Bachelorarbeit, TU Wien, 2016
- Schuh, T.; Harant, A.; ÖBB-Infrastruktur AG (Hrsg.): Nachhaltige Beschaffung - Ein Wegweiser, Graz, 2010
- Seemanns Lexikon der Architektur, E.A. Seemann Verlag, Sonderausgabe by Tosa Verlag, Wien, 1994, 2004
- Seidel, S.; Uhlenbrock, K.: Infoblatt Treibhauseffekt; Ernst Klett Verlag; 2017
- Selih, Jana: Environmental management systems and construction SMES: A case study for Slovenia; Journal of civil engineering and management: 3; S.217-226; 2007
- Stahlmann, V.: Lernziel: Ökonomie der Nachhaltigkeit, Eine anwendungsorientierte Übersicht. Oekom Verlag, München, 2008
- Stierstadt, K.: Energie - das Problem und die Wende in Physik, Technik und Umwelt, 1. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten, 2015
- Strabag SE: Geschäftsbericht 2015 der Strabag SE, Wien, 2016
- Tiwari, P.: Energy efficiency and building construction in India, In: Building and Environment 36 (2001), Seite 1127-1135, Japan, 2000
- TÜV Rheinland AG: Managementsysteme – Die Unterschiede zwischen EMAS und ISO 14001
- U.S. Environmental Protection Agency-EPA (Hrsg.): Potential for Reducing Greenhouse Gas Emissions in the Construction Sector, Washington DC, 2009
- UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change: Adoption of the Paris Agreement, Report No. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1, UNFCCC, 2015
- UniCredit Bank Austria AG (Hrsg.): Branchenbericht, Bauwirtschaft mit Detailberichten: Wohnbau, Tiefbau, Wien, 2015
- von Hauff, M.: Nachhaltige Entwicklung: Grundlagen und Umsetzung, De Gruyter Oldenbourg Verlag, München, 2014
- Wall, J.et al.: Auswirkung der Energiepolitik auf die Bauwirtschaft, Implementierung von Nachhaltigkeitsanforderungen in die Ausschreibung und Vergabe von Bauleistungen; 2014
- Wegner, G. ; Informationsdienst Holz (Hrsg.): Kultureller, ökologischer und energetischer Nutzen des Bauens mit Holz; abgerufen am: 18.06.2017
- Wetzlmaier, C. : Ökologische Bewertung von konventionellen bzw. maschinellen Tunnelvortriebsmethoden verbunden mit dem Einsatz von Ökobeton am Brenner Basistunnel; Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, 2015
- WIFI Unternehmensservice der Wirtschaftskammer Österreich: Umweltmanagementsystem nach ISO 14001:2015, Tipps für die Umsetzung, 2016

Internetquellenverzeichnis

Austrian Energy Agency: Monitoringstelle Energieeffizienz; Unternehmen;
<https://www.monitoringstelle.at/index.php?id=585>; abgerufen am 28.12.2017

Austrian Energy Agency: Monitoringstelle Energieeffizienz; Energie- oder Umweltmanagementsystem samt internem oder externem Energieaudit;
<https://www.monitoringstelle.at/index.php?id=700>; abgerufen am: 28.12.2017

Baubook: PENRT + PERT;
http://www.baubook.at/BTR/PHP/Win_Fragezeichen.php?SF=PENRT_PERT&SW=2; abgerufen am: 28.12.2017

Bauinnovationen.ch Nana Pernod: Solarzellen liefern Strom für Baucontainer;
<http://www.bauinnovationen.ch/solarzellen-liefern-strom-fuer-baucontainer/>; abgerufen am: 28.12.2017

BBC: Deep ice tells long climate story; <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/5314592.stm>;
 abgerufen am: 28.12.2017

Deutscher Asphaltverband (DAV) e.V.: 5. Asphalt herstellen und liefern;
<https://www.asphalt.de/themen/qualitaet/ii-organisieren-der-qualitaet/5-asphalt-herstellen-und-liefern/>; abgerufen am: 28.12.2017

Deutscher Asphaltverband (DAV) e.V.: Asphalt-schichten und ihre Aufgaben;
<https://www.asphalt.de/themen/technik/5-asphaltschichten-und-ihre-aufgaben/>; abgerufen am: 28.12.2017

DGNB GmbH; <http://www.dgnb-system.de/de/system/zertifizierungssystem/>; abgerufen am: 28.11.2017.

E-genius: Wie können Ressourcen beim Bauen effizient genutzt werden?;
http://www.egenius.at/fileadmin/user_upload/nachhaltiges_bauen/05_wie_knnen_ressourcen_beim_bauen_effizient_genutzt_werden.html; abgerufen am 28.12.2017

Erneuerbare Energie Österreich: Biomasse; <http://www.erneuerbare-energie.at/biomasse>;
 abgerufen am: 28.12.2017

Erneuerbare Energie Österreich: Erneuerbare Energie; <http://www.erneuerbare-energie.at/erneuerbare-energie/>; abgerufen am: 28.12.2017

Erneuerbare Energie Österreich: Sonne; <http://www.erneuerbare-energie.at/sonne>; abgerufen am: 28.12.2017

Erneuerbare Energie Österreich: Wasser; <http://www.erneuerbare-energie.at/wasser>; abgerufen am: 28.12.2017

Erneuerbare Energie Österreich: Wind; <http://www.erneuerbare-energie.at/wind>; abgerufen am: 28.12.2017

Europäische Union: Klima- und Energiepaket 2020;
http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020/index_de.htm; abgerufen am: 27.12.2017

Europäische Union: Emissionshandelssystem der EU;
https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_de; abgerufen am: 28.12.2017

Gecotec e.V.: Herstellung von Baustoffen mit geringem Energiebedarf;
<http://gecotec.org/de/baustoffe>; abgerufen am: 28.12.2017

Holcim (Schweiz) AG: Für die Umwelt, Optimierte Baustoffe und Produktionsmethoden senken den CO₂-Ausstoß;
http://www.holcim.co.at/fileadmin/templates/CH/doc/Unternehmensinfo_DE/100921_HO_Umweltbroschuere_d.pdf; abgerufen am: 28.12.2017

IHK Nürnberg für Mittelfranken: Lexikon der Nachhaltigkeit, Drei Säulen Modell,
https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/1_3_a_drei_saeulen_modell_1531.htm; abgerufen am: 28.12.2017

IHK Nürnberg für Mittelfranken: Lexikon der Nachhaltigkeit, Nachhaltigkeit Definition;
https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/definitionen_1382.htm?sid=p0iul87t4m5i09m1itmqhvidp5
 ; abgerufen am: 28.12.2017

Magistrat der Stadt Wien:

<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/oekokauf/ergebnisse.html#logistik>, abgerufen am:
 10.04.2018

Ökobaudat: Prozess-Datensatz: Beton der Druckfestigkeitsklasse C 25/30;
http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=3a854482-aafc-4887-ae9e-14aa1b5e938d&stock=OBD_150820&lang=de; abgerufen am: 28.12.2017

Ökobaudat: Prozess-Datensatz: Asphalttragschicht;
http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=85de02e5-2782-4050-9c01-c5de3849fbce&stock=OBD_2017_I&lang=de; abgerufen am: 28.12.2017

Ökobaudat: Quellen-Datensatz: Construction_DE_Asphalt supporting layer.jpg;
<http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/source.xhtml?uuid=f99ed60f-d42a-40ee-9c0e-6af2550e4bed&version=27.00.000>; abgerufen am: 28.12.2017

Projektmagazin: Projektabwicklung;

<https://www.projektmagazin.de/glossarterm/projektabwicklung>; abgerufen am: 28.12.2017

Solidbau: Der ökologische Fußabdruck; <https://solidbau.at/a/der-oekologische-fussabdruck>;
 abgerufen am: 28.12.2017

Stahlpromotion Schweiz: Der CO2-neutrale Baustellenbetrieb ist Alltag;
http://www.stahlpromotion.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=289:der-co2-neutrale-baustellenbetrieb-ist-alltag&Itemid=302&lang=de; abgerufen am: 28.12.2017

Starmühler Content Marketing: Umweltarena Spreitenbach; <http://www.energie-bau.at/83-fachkongress/objekte-2013/1802-umweltarena-spreitenbach>; abgerufen am: 28.12.2017

Umwelt Arena AG: Gebäude; <http://www.umweltarena.ch/uber-uns/gebäude/>; abgerufen am:
 28.12.2017

Umwelt Arena AG: Daten und Fakten; http://www.umweltarena.ch/wp-content/uploads/2014/06/Daten-und-Fakten_-UWA.pdf; abgerufen am: 20.02.2018

Umweltbundesamt: Ressourcennutzung und ihre Folgen;

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen>;
 abgerufen am 28.12.2017

United Nations, Treaty Section: 7. D Paris Agreement;

https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en; abgerufen am: 08.11.2017

Verein Deutscher Zementwerke: Zementherstellung; <https://www.vdz-online.de/zementindustrie/zement/herstellung/>; abgerufen am: 28.12.2017

W.Schmid AG: Kompogas; <http://www.wschmidag.ch/de/glossar/kompogas>; abgerufen am:
 28.12.2017

WeltN24 GmbH: So viel Treibhausgas wie nie in der Atmosphäre;

<https://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article140631683/So-viel-Treibhausgas-wie-nie-in-der-Atmosphaere.html>; abgerufen am: 28.12.2017

Wirtschaftskammer Österreich: Arten der Vergabeverfahren;

<https://www.wko.at/service/wirtschaftsrecht-gewerberecht/Arten-der-Vergabeverfahren.html>;
 abgerufen am: 28.12.2017

Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.: Betonherstellung;

<http://www.zement.at/zement-2/beton/betonherstellung>; abgerufen am: 28.12.2017

Abbildungsverzeichnis

Abb.2.1: Definition der Unternehmensgröße	13
Abb.3.1: Entwicklung des Verbraucherpreis- und Energiepreisindex	16
Abb.3.2: Drei-Säulen-Modell – „schwache“ Nachhaltigkeit	25
Abb.3.3: Erweitertes Säulenmodell – „starke“ Nachhaltigkeit	25
Abb.3.4: Das "magische Projektdreieck"	30
Abb.3.5: Klassischer Produktionsprozess.....	31
Abb.3.6: Prozessschritte der sechs Phasen in einem lebenszyklusorientierten Bauprojekt	33
Abb.3.7: Leistungsmodelle 2014.....	35
Abb.3.8: Phasen des Beschaffungsprozesses	41
Abb.3.9: Arbeitsschritte einer Ökobilanz.....	48
Abb.3.10: Gesamtprimärenergiebedarf für Herstellung und Entsorgung der Typenhallenkonstruktion in verschiedenen Ausführungen	51
Abb.4.1: Impulse durch umweltfreundliche öffentliche Beschaffung.....	55
Abb.4.2: Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	77
Abb.4.3: Umweltarena Spreitenbach	83
Abb.5.1: Prozesskette - Einbau Konstruktionsbeton.....	87
Abb.5.2: Auswertung der Wirkungskategorien für die Prozessschritte A1-A5 vom Einbau von 1 m ³ Konstruktionsbeton C25/30	89
Abb.5.3: CO ₂ -Emissionen bei der Zementherstellung und Optimierungsmaßnahmen	91
Abb.5.4: Prozesskette – Einbau Asphalttragschicht	94
Abb.5.5: Auswertung der Wirkungskategorien für die Prozessschritte A1-A5 vom Einbau von 1 to Asphalttragschicht	97

Tabellenverzeichnis

Tab.2.1: Emissionszuweisungen an Österreich.....	9
Tab.3.1: Relevante Umweltaspekte bei der Bauprojektentwicklung	46
Tab.4.1: Beispiele umweltbezogener Zuschlagskriterien.....	66
Tab.4.2: Umweltwirkungen beim Baustellenverkehr in RUMBA	72
Tab.4.3: Unterschiede zwischen EMAS und ISO 14001.....	79
Tab.5.1: Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und der Umweltwirkung vom Einbau von 1 m ³ Konstruktionsbeton C25/30	89
Tab.5.2: Parameter zur Beschreibung des Ressourceneinsatzes und der Umweltwirkung vom Einbau von 1 to Asphalttragschicht	97

9 Richtlinien und Normen

Beschluss der Kommission vom 26. März 2013 zur Festlegung der jährlichen Emissionszuweisungen an die Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2013 bis 2020 gemäß der Entscheidung Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, (2013/162/EU)

Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen (Bundesvergabegesetz 2006 – BVergG 2006) StF: BGBl. I Nr. 17/2006

Bundesgesetz über die Steigerung der Energieeffizienz bei Unternehmen und dem Bund (Bundes-Energieeffizienzgesetz – EEEffG) StF: BGBl. I Nr. 72/2014

Bundesverfassungsgesetz über die Nachhaltigkeit, den Tierschutz, den umfassenden Umweltschutz, die Sicherstellung der Wasser- und Lebensmittelversorgung und die Forschung StF: BGBl. I Nr. 111/2013 (NR: GP XXIV IA 2316/A AB 2383 S. 207. BR: AB 9027 S. 822.)

DIN EN ISO 14040:2006 Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen, 2006

Durchführungsbeschluss der Kommission vom 31. Oktober 2013 über die Anpassungen der jährlichen Emissionszuweisungen an die Mitgliedstaaten für den Zeitraum 2013 bis 2020 gemäß der Entscheidung Nr. 406/2009/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, (2013/634/EU)

Richtlinie 2003/87/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates

Richtlinie 2004/18/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 31. März 2004 über die Koordinierung der Verfahren zur Vergabe öffentlicher Bauaufträge, Lieferaufträge und Dienstleistungsaufträge.

Richtlinie 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG

Richtlinie 2012/27/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. Oktober 2012 zur Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG (ABl. EU Nr. L 315, 1 bis 56)

Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 25. November 2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001, sowie der Beschlüsse der Kommission 2001/681/EG und 2006/193/EG

10 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die hier vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt sowie der Literatur wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Wien, am 17.04.2018

Maria Trauntschnig