

Energiebedarf in Lieferketten

Ein Screening von exemplarischen Supply Chains zur
Bestimmung von Energieverbrauchswerten



Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autorinnen und Autoren: Mag. Jürgen Schrampf, Mag. Gerda Hartmann

(ECONSULT Betriebsberatungsges.m.b.H., econsult.at)

Fotonachweis Titelbild: stock.adobe.com - zlikovec

Wien, 2021. Stand: 11. März 2022

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des Bundesministeriums und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autorin/des Autors dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an logistik@bmk.gv.at.

Inhalt

Einleitende Erkenntnisse aus dem Screening	5
1 Bestandsaufnahme und Problembeschreibung	7
1.1 Lieferketten als Rückgrat wirtschaftlichen Handelns	7
1.2 Die Bedeutung der Energie für die Logistik	8
1.3 Woher kommt die Energie und wohin geht sie	13
1.3.1 Primär-, Sekundär- und Endenergie	13
1.3.2 Energie in Österreich	14
1.3.3 Die europäische Betrachtung	16
1.4 Steuerung des Energieverbrauchs	18
1.4.1 Energiekonsum anschaulich gemacht	18
1.4.2 Energieverbrauch an Logistikstandorten	19
1.4.3 Wie steuert man den Energieverbrauch in Logistikunternehmen?	20
1.5 Problembeschreibung und Datenlage	22
2 Studiendesign	24
2.1 Betrachtungsumfang	24
2.1.1 Betrachtungsumfang 1 – Gebäude	25
2.1.2 Betrachtungsumfang 2 – Prozesse	25
2.1.3 Betrachtungsumfang 3 – Transport	26
2.2 Methodischer Ansatz	28
2.2.1 Top-down Ansatz im Bereich Gebäude und Prozesse	29
2.2.2 Bottom-up Ansatz im Bereich Transport	30
2.2.3 Methodischer Ansatz zur Vergleichbarkeit von Ladeeinheiten	31
2.3 Exemplarische Supply Chains	32
3 Supply Chain 1 – Kommunale Versorgung	34
4 Supply Chain 2 – Handel Schnelldreher	38
5 Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel	42
6 Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher	46
7 Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe	50
8 Ergebnisse und Benchmarks	54
8.1 Darstellung der Ergebnisse im Überblick	54
8.2 Vergleichende Betrachtung der Supply Chains	58
8.3 Analyse des Energiebedarfs für Gebäude und Prozesse	59
8.4 Analyse des Energiebedarfs für den Transport	63

8.5 Abgeleitete Kennzahlen.....	65
9 Ausblick.....	66
9.1 Optimierungsansätze in Supply Chains	66
9.2 Die globale Perspektive	70
9.3 Treiber zur Verbesserung der Energieeffizienz	72
9.3.1 Europäische und nationale Vorgaben und Ziele.....	72
9.3.2 Wirkung exogener Faktoren und Trends auf den Umgang mit Energie.....	76
Tabellenverzeichnis.....	79
Abbildungsverzeichnis.....	80
Quellenverzeichnis.....	82
Abkürzungen.....	86

Einleitende Erkenntnisse aus dem Screening

Der gesamte Endenergieverbrauch in Österreich ist um etwa 20 % höher als noch vor 20 Jahren. Obwohl die Dynamik des Wachstums in den letzten 10 Jahren deutlich abgenommen hat, stieg der Verbrauch pro Einwohner:in seit 1998 insgesamt um etwa 14 %, während dieser in Deutschland um 7 % abgenommen hat.

Der Verkehr insgesamt, also Personen- und Güterverkehr, ist mit über einem Drittel Anteil der bedeutendste Energienachfragesektor in Österreich. Die Diskussion um globalisierte Supply Chain Netzwerke und die Gewährleistung der Versorgungssicherheit rücken auch die Lieferketten von Materialien und Produkten vermehrt ins Zentrum der Betrachtung. Supply Chains werden seitens der Unternehmen aus Effizienz- und Kostengründen regelmäßig evaluiert und optimiert. Wenn beispielsweise durch größere Bestellmengen der Transport gebündelt und konsolidiert durchgeführt werden kann, ergibt sich daraus ein erhöhter Lagerbedarf, wobei die Zielsetzung im Erreichen der maximalen Effizienz über die gesamte Lieferkette liegt.

Unterschiedliche Logistikketten sind in der Regel kaum vergleichbar. Betrachtet man jedoch die benötigte Endenergie, dann wird der wesentliche Teil der Energie in den Transportvorgängen benötigt, und ein in Relation kleiner Anteil an den Logistikstandorten und Hubs. An den Standorten sind vor allem Beleuchtung, Heizung oder Kühlung, technische Anlagen sowie interne Transportsysteme als wesentliche Energieverbraucher relevant. Logistikstandorte erfüllen jedoch unterschiedlichste Funktionen, von der langfristigen Lagerung bis hin zum getakteten Durchschleusen von Materialien und Produkten. Bei der Berechnung des Energiebedarfs in Logistikketten ist dies entsprechend zu berücksichtigen.

Transportentfernung und Energieverbrauch stehen in der Logistik über alle Verkehrsträger in direkter Abhängigkeit. Hier liegt demnach einer der größten Stellhebel für eine absolute Reduktion des Energiebedarfs durch kürzere Distanzen und effizientere Abwicklungsformen.

Der Anteil des Energieverbrauchs von Gebäuden und Prozessen liegt bei jenen untersuchten Lieferketten, welche Distanzen von etwa 1.000 km und ein bis zwei Lager- und Umschlagpunkte aufweisen, in einer Bandbreite von 10 % bis 25 %. Wenn also im Bereich der Gebäude und Prozesse Energieverbrauchseinsparungen von 20 % realisiert werden können, dann beträgt die Reduktion auf die gesamte Lieferkette betrachtet 2 % bis 5 %, sofern nicht auch gleichzeitig Maßnahmen im Transportbereich erfolgen.

Der Transport zeichnet demnach für 75 % bis 90 % des Energieverbrauchs in den Lieferketten verantwortlich. Auf Basis der exemplarischen Untersuchungen kann davon wiederum ein Anteil von 5 % bis 30 % für den letzten Transportabschnitt bzw. die letzte Meile abgeleitet werden. Im Vergleich zur Langstrecke wird hier ein entsprechend höherer Energieaufwand je Transporteinheit benötigt, weshalb Maßnahmen für mehr Effizienz in diesem Bereich jedenfalls sinnvoll sind. Inwieweit Einsparungen in der letzten Meile zu einer relevanten Reduktion insgesamt beitragen können, hängt stark von der jeweiligen Lieferkette ab.

Die Betrachtung über die sehr unterschiedlichen Lieferketten hinweg zeigt eine Bandbreite beim Energieverbrauch mit einem Faktor 1:4, der Verbrauch beim Transport einer Palette über einen Kilometer inklusive aller Lager- und Umschlagvorgänge kann im Vergleich um bis zu 4-mal höher sein, etwa, wenn man Lieferketten mit Bahntransporten den Lieferketten mit Einzelsendungen und Feinverteilung via LKW gegenüberstellt.

Die Ergebnisse des Screenings (Kapitel 8) zeigen transparent, dass in den Vergleichen und Analysen viele Parameter zu berücksichtigen sind, und jeweils eine Gesamtbetrachtung erforderlich ist. Nichtsdestotrotz wurde anhand dieser Studie auch der Versuch unternommen, auf Basis der Einzelbetrachtungen grobe Kennzahlen und Benchmarks zur Verfügung zu stellen, um damit die Relevanz der Energieaufbringung und -verteilung für die Bedarfsträger aus Logistik und Transport entsprechend aufzuzeigen.

1 Bestandsaufnahme und Problembeschreibung

Das Wissen um die spezifischen Anforderungen von Lieferketten und die daraus resultierende Höhe des Energieverbrauchs unterstützen dabei, den Energiebedarf und die potenzielle Wirksamkeit von Energieeffizienzmaßnahmen besser bewerten zu können. Einzelne Teilbereiche in der Logistik sind hierzu bereits gut analysiert, der Gesamtbetrachtung des Energieverbrauchs in Lieferketten wurde allerdings bislang nur wenig Augenmerk geschenkt.

1.1 Lieferketten als Rückgrat wirtschaftlichen Handelns

Durch die Kernfunktionen Transport, Umschlag und Lagerung gelangen Rohstoffe, halbfertige oder fertige Produkte in der benötigten Menge, zur richtigen Zeit und in der definierten Qualität an ihre Bestimmungsorte und ermöglichen damit das reibungslose Funktionieren unserer Wirtschaft und Gesellschaft. Die so aufgebauten Logistikketten oder -netzwerke sind in ihren jeweiligen Ausprägungen jedoch äußerst unterschiedlich: Die Supply Chain eines Biobauern mit regionalen Abnehmern ist nicht vergleichbar mit der eines internationalen Lebensmittelkonzerns. Kurier/Express/Paket-Lieferungen erfordern ein völlig anderes Handling als Schüttguttransporte. Ein Hochseeschiff mit mehreren tausend Containern kann kaum mit Lastenfahrrädern verglichen werden, welche innerstädtisch Ware verteilen, und die Just-in-time-Lieferungen der Automobilindustrie unterliegen anderen Vorgaben als Nachschubtransporte, die in überregionalen Lagerorten umgeschlagen werden.

So unterschiedlich diese Logistikketten auch sind, haben sie doch eines gemeinsam: Alle Aktivitäten benötigen in ihrer Durchführung Energie. Daher ist es zielführend, konkrete exemplarische Supply Chains zu untersuchen, um daraus Erkenntnisse möglichst auf Branchenebene abzuleiten. Diesem Ansatz folgend, wurden in diesem Projekt beispielhafte sich aber in wesentlichen Bereichen wie Transportmittel, Transportentfernung, Lagerdauer, transportiertes Material etc. unterscheidende Lieferketten aus den Bereichen „Kommunale Versorgung“, „Handel“ und „Technisches Gewerbe“ einem Screening unterzogen.

Die österreichische Logistik-Wirtschaft zeichnet für 160.000 Arbeitsplätze in 11.000 Unternehmen mit 33,6 Milliarden Euro Jahresumsatz verantwortlich¹. Der Anteil der Logistikkosten am Bruttoinlandsprodukt betrug im Jahr 2018 9,3 %.² Im Jahr 2020 summierte sich das Gesamttransportaufkommen aller Verkehrsträger in Österreich auf rund 725 Millionen Tonnen, was zu einer Gesamttransportleistung im Güterverkehr von 90,8 Mrd. Tonnenkilometer³ und einem entsprechenden Energieaufwand führte.

Allerdings könnten Transportleistung und Energiebedarf in Zukunft entkoppelt werden: Trotz einer prognostizierten Zunahme der LKW-Fahrleistungen in Deutschland um 39 % bis 2040 (Basisjahr: 2016), geht man aufgrund von Effizienzfortschritten von einer Senkung des Energiebedarfs aller Nutzfahrzeuge um bis zu 13 % aus.⁴ Unabhängig von den Entwicklungen der nächsten Jahrzehnte wird die Logistikwirtschaft aber trotzdem nicht nur ein wesentlicher Wirtschaftsfaktor, sondern auch ein wichtiger Energienachfrager bleiben.

1.2 Die Bedeutung der Energie für die Logistik

Der energetische Endverbrauch des Verkehrs beträgt rund 410 Petajoule (PJ). Damit ist dies jener wirtschaftliche Sektor, der in Österreich die meiste Energie benötigt, gefolgt vom produzierenden Bereich. Mit 36,1 % am energetischen Endverbrauch ist der Verkehrsanteil in Österreich höher als in der gesamteuropäischen Betrachtung (EU-28), wo dieser bei 30,9 % liegt.⁵

¹ bmk.gv.at/themen/mobilitaet/transport/gueterverkehrslogistik.html vom 22.11.2021

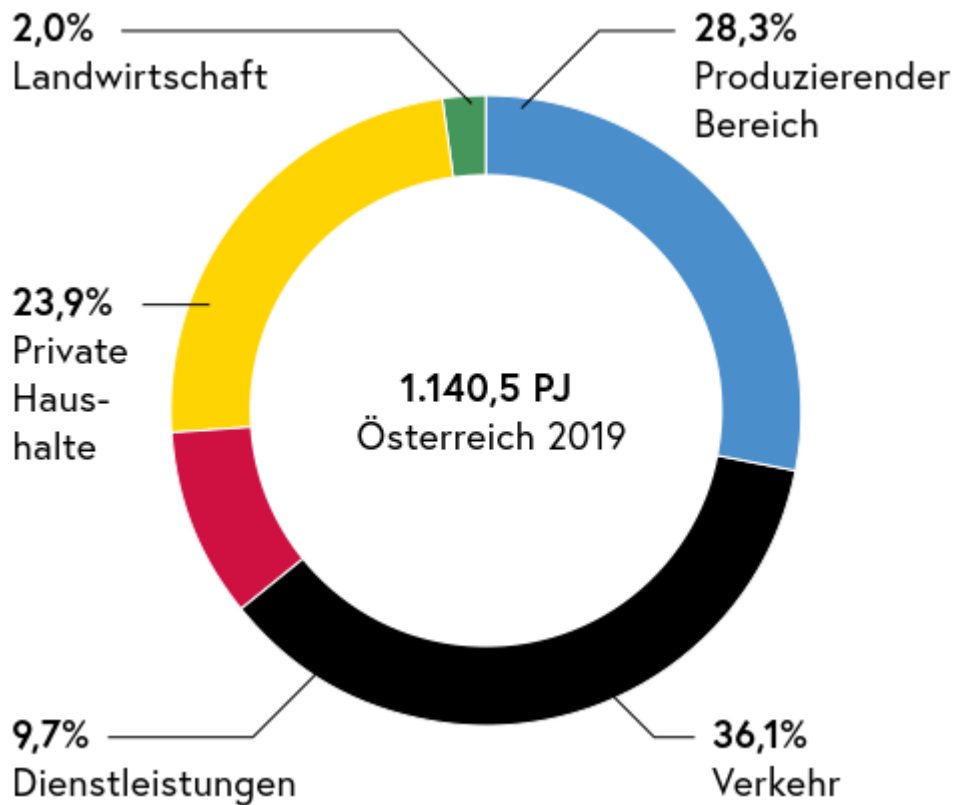
² de.statista.com/statistik/daten/studie/1066549/umfrage/logistikkosten-im-verhaeltnis-zum-bip-in-ausgewaehlten-laendern/ vom 25.11.2021

³ Statistik Austria, Verkehrsstatistik 2020, Wien 2021, S. 22

⁴ Shell Deutschland (Hrsg.): Diesel oder alternative Antriebe – Womit fahren LKW und Bus morgen? Fakten, Trends und Perspektiven bis 2040, Hamburg 2016, S. 2

⁵ BMK (Hrsg.): Energie in Österreich – Zahlen, Daten, Fakten, Wien 2020, S. 7 ff.

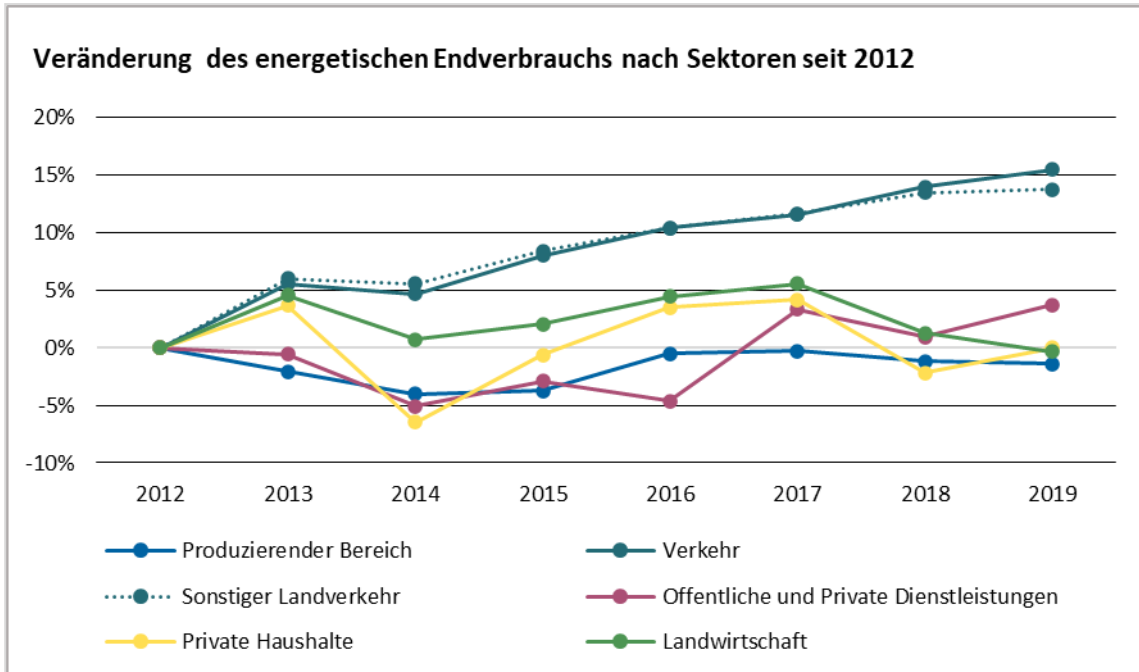
Abbildung 1: Struktur des energetischen Endverbrauchs nach Sektoren in Österreich 2019



Quelle: BMK, Energie in Österreich, Zahlen, Daten, Fakten 2020, S. 15

Betrachtet man die Entwicklung über die Jahre hinweg, ist der Endenergieverbrauch des Sektors Verkehr (dieser umfasst Eisenbahn, sonstigen Landverkehr, Transport mit Rohrfernleitungen, Binnenschifffahrt und Flugverkehr) sowohl absolut wie auch im Vergleich zu anderen Sektoren, stark gestiegen. Ab 2017 begann sich der Landverkehr aufgrund des starken Zuwachses, vor allem beim Flugverkehr und auch bei den Rohrfernleitungen, leicht von der Gesamtverkehrsentwicklung zu entkoppeln und stieg vergleichsweise weniger stark.

Abbildung 2: Veränderung des energetischen Endverbrauchs nach Sektoren seit 2012



Quelle: Statistik Austria, STATcube; eigene Darstellung

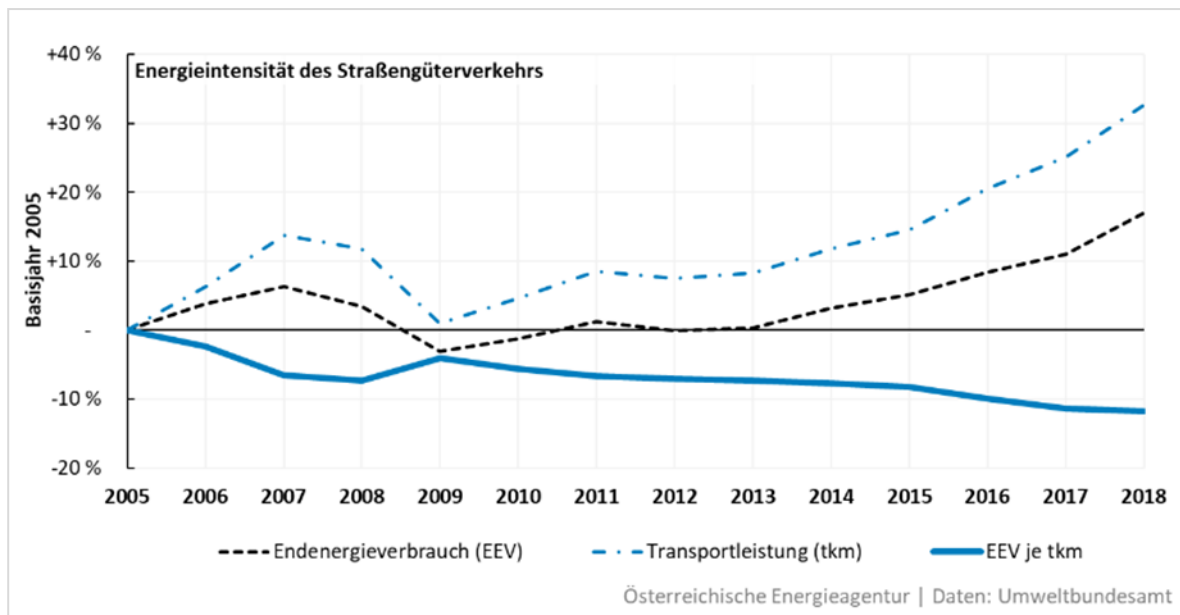
Bei einer Aufteilung des Energieeinsatzes im Verkehr auf die Transportmittel ergab sich im Jahr 2017 eine Verteilung von rund 50 % auf das PKW-Segment und etwas mehr als 30 % auf leichte und schwere Nutzfahrzeuge sowie Busse; der restliche Energieanteil wurde für den Betrieb von motorisierten Zweirädern, die Schifffahrt, den Schienenverkehr, sowie den nationalen und internationalen Flugverkehr aufgewandt.⁶

Auch im Straßengüterverkehr stieg der Energieverbrauch signifikant an, allerdings bei gleichzeitiger Zunahme der Transportleistung. Dies führte insgesamt zu einer Abnahme der Energieintensität, da der Energieverbrauch pro Leistungseinheit (Tonnenkilometer) in den letzten 10 Jahren gesunken ist.⁷ Diese positive Entwicklung kann vermutlich auf den technologischen Fortschritt bei Fahrzeugen sowie auf effiziente Logistik- und Transportabwicklung zurückgeführt werden.

⁶ Umweltbundesamt, Zwölfter Umweltkontrollbericht – Mobilitätswende, Wien 2019, S. 123

⁷ Austrian Energy Agency, Stand der Umsetzung des Bundes-Energieeffizienzgesetzes (EEffG) in Österreich, Berichtsjahr 2020, S. 11

Abbildung 3: Energieintensität im Straßengüterverkehr nach Transportleistung



Quelle: Austrian Energy Agency, Stand der Umsetzung des Bundes-Energieeffizienzgesetzes (EEffG) in Österreich, Berichtsjahr 2020, S. 11

Insgesamt kam die Energieintensität des Straßengüterverkehrs im Jahr 2018 mit 11,8 % unter dem Niveau von 2005 zu liegen.⁸

Weitere Energie wird in der Logistik vor allem in den Bereichen Gebäude und Prozesse benötigt: Rund 40 % des gesamten Energieverbrauchs eines Unternehmens entfallen auf den Betrieb von Gebäuden⁹, die Beleuchtung zeichnet in einer Logistikhalle für rund ein Drittel des Energieverbrauchs verantwortlich. Neben der Beleuchtung sind Gebäudehülle (Wärmedämmung, Sonnenschutz etc.), Heizung bzw. Kühlung, Klimatisierung und Druckluft wesentliche Verbraucher bei Gebäuden.¹⁰

⁸ Austrian Energy Agency, Stand der Umsetzung des Bundes-Energieeffizienzgesetzes (EEffG) in Österreich, Berichtsjahr 2020, S. 11

⁹ [wirtschaftswissen.de/einkauf-produktion-logistik/logistik/energiefresser-ausschalten-energiekosten-senken-energieeffizienz-steigern-in-der-logistik/](https://www.wirtschaftswissen.de/einkauf-produktion-logistik/logistik/energiefresser-ausschalten-energiekosten-senken-energieeffizienz-steigern-in-der-logistik/) vom 21.11.2021

¹⁰ Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart (Hrsg.): Energie und Energieeffizienz im Überblick, Leitfaden für Logistikbetriebe, Stuttgart 2019, S. 28

Doch nicht nur der Gebäudebestand, auch der Betrieb des Lagers benötigt Energie. Die Nutzung von Fahrzeugen oder technischen Geräten wie z.B. Flurförderfahrzeugen, automatisierter Lagertechnik oder Förder- und Sortieranlagen bis hin zur im Lager verwendeten EDV verursacht einen teils erheblichen Stromverbrauch.

Dass die Beschäftigung mit Energie, Energieverbrauch und Energieeffizienz in der Logistikbranche an Bedeutung gewinnt, hat zunächst vor allem ökonomische Gründe: Da Energie in der Logistik ein wesentlicher Kostenfaktor ist, ist Energieeffizienz eine wichtige Stellenschraube für Kostenersparnis.¹¹ Dort, wo Anlagen und Prozesse entsprechend kostenoptimal geplant, umgesetzt und betrieben werden, ergibt sich ein ökologisch positiver Effekt, da entweder weniger Energie verbraucht wird oder die Energie effizienter eingesetzt werden kann.

Neben den wirtschaftlichen sind auch umweltbezogene, politische oder gesellschaftliche Faktoren ausschlaggebend, weswegen sich die Logistik mit dem Thema Energie auseinandersetzt: Der durch Emissionen voranschreitende Klimawandel liegt bei den Österreichern und Österreicherinnen mit 47 % auf Platz 3 ihrer größten Zukunftssorgen¹², was teils auch zu einer kritischeren Einstellung gegenüber dem Güterverkehr (vor allem auf der Straße) führt.

Die Politik nimmt dies zusammen mit der allgegenwärtig wahrgenommenen Verkehrsbelastung zum Anlass, von der EU bis hin zu den Kommunen, Regelungen zu schaffen, die von den Unternehmen bei ihren Entscheidungen zu berücksichtigen sind.¹³ In vielen Fällen sind jedoch technologische und infrastrukturelle Entwicklungen noch nicht final abschätzbar, weshalb Investitionsentscheidungen in neue Technologien oftmals schwierig zu treffen sind. Förderungen und Anreizsysteme können hier positiv unterstützen, wobei die langfristige Investitionssicherheit aus Unternehmenssicht entscheidend ist.

¹¹ [aha.net/blog/details/energieeffizienz-fuer-logistik-unternehmen-kostenfaktor-energie.html](https://www.aha.net/blog/details/energieeffizienz-fuer-logistik-unternehmen-kostenfaktor-energie.html)
vom 21.11.2021

¹² [ots.at/presseaussendung/OTS_20211222_OTS0022/generali-zukunftsstudie-2021-oesterreicherinnen-lassen-sich-ihre-zuversicht-nicht-nehmen](https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20211222_OTS0022/generali-zukunftsstudie-2021-oesterreicherinnen-lassen-sich-ihre-zuversicht-nicht-nehmen) vom 24.12.2021

¹³ Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart (Hrsg.): Energie und Energieeffizienz im Überblick, Leitfaden für Logistikbetriebe, Stuttgart 2019, S. 6

1.3 Woher kommt die Energie und wohin geht sie

1.3.1 Primär-, Sekundär- und Endenergie

Der überwiegende Anteil der Energieträger, die durch die Endenergiesektoren nachgefragt werden, sind Sekundärenergieträger wie Strom, Heizöl und Benzin. Diese werden durch den Energiesektor bereitgestellt, indem Primärenergieträger wie Erdgas und Erdöl, Kohle, Wasserkraft, Windkraft, Sonnenenergie etc. in Sekundärenergieträger umgewandelt werden.

Bei der Umwandlung von Primärenergie zu den nachfolgenden Energiearten kommt es zu Umwandlungsverlusten, d.h. ein Teil der Energie, die in den Primärenergieträgern gespeichert ist, entweicht in Form von Abwärme, einen weiteren Teil verbraucht der Umwandlungssektor selbst oder er geht beim Transport (z.B. in Leitungsnetzen) verloren.

Die Verluste unterscheiden sich jedoch: In der Mineralölverarbeitung bleibt relativ viel der im Rohöl gespeicherten Energie erhalten, bei der Stromerzeugung geht vergleichsweise viel Energie in Form von ungenutzter Abwärme verloren. Wird ein Sekundärenergieträger mit hohen Umwandlungsverlusten vermehrt durch einen Endenergieträger nachgefragt, so steigt dementsprechend der Primärenergiebedarf dieses Endenergiesektors. Vor allem vor dem Hintergrund der angestrebten Sektorenkopplung und dem damit abzusehenden Bedeutungsgewinn des Energieträgers Strom ist dies von Bedeutung.¹⁴

In Betrachtungen im Rahmen dieser Studie wird der (End-)Energieverbrauch in der Logistikkette unabhängig von der Energiequelle untersucht, Umwandlungs- bzw. Leitungsverluste werden nicht berücksichtigt. Zwar lässt sich durch den Einsatz von alternativen Kraftstoffen oder Energiequellen die Energieeffizienz im Hinblick auf den Primärenergieeinsatz erhöhen, an der tatsächlich benötigten Energie zur Erbringung logistischer Leistungen ändert dies jedoch nichts.

¹⁴ BM für Wirtschaft und Energie (Hrsg.): Energieeffizienz in Zahlen, Entwicklungen und Trends in Deutschland 2020, S. 48

1.3.2 Energie in Österreich

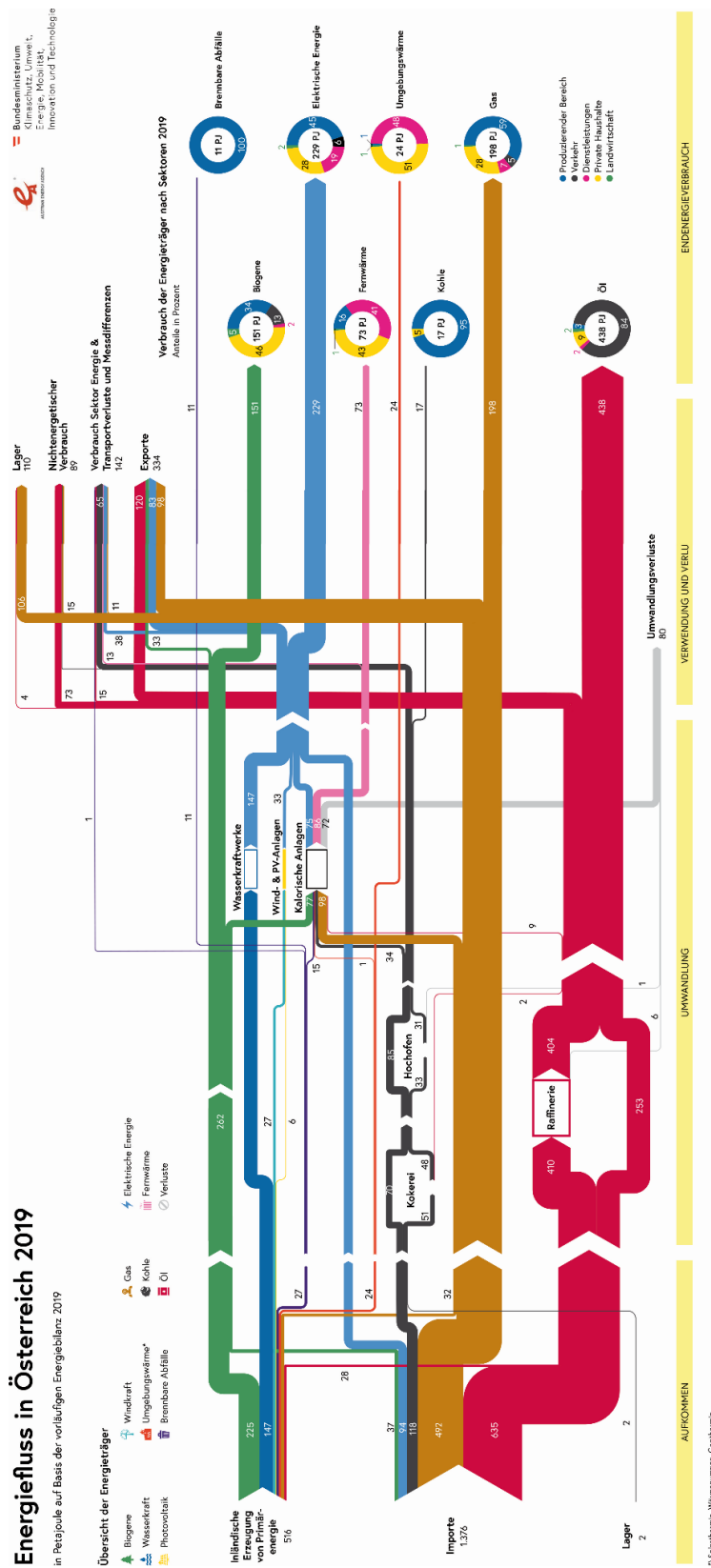
Der Primärenergieverbrauch in Österreich im Jahr 2019 beläuft sich auf 1.361,8 Petajoule, wovon 516,2 Petajoule im Inland erzeugt werden, der energetischen Endverbrauch liegt bei 1.140,5 Petajoule.

Im Bereich des energetischen Endverbrauchs ist Strom nach den Ölprodukten am zweitwichtigsten, gefolgt von Gas und erneuerbaren Energieträgern. Der Verkehr ist aufgrund der stetig steigenden Nachfrage nach Verkehrsleistungen sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr der bedeutendste Energienachfragesektor mit mehr als ein Drittel der gesamten Endnachfrage.¹⁵

Die Energiebilanz in Österreich für das Jahr 2019 stellt sich wie folgt dar:

¹⁵ BMK (Hrsg.): Energie in Österreich – Zahlen, Daten, Fakten, Wien 2020, S. 7 ff.

Abbildung 4: Energiefluss in Österreich 2019



Quelle: BMK (Hrsg.): Energie in Österreich – Zahlen, Daten, Fakten, Wien 2020, S. 2

Da Energiestatistiken und die dahinterliegenden Zahlen oft schwer greifbar sind, soll anhand von Beispielen eine Einordnung möglich gemacht werden:

Im Jahr 2018 betrug der Endenergieverbrauch in Österreich mit 8,9 Millionen Einwohnern und Einwohnerinnen 1.167,7 Petajoule, das ist circa gleich viel wie in Tschechien mit 10,7 Millionen Einwohnern und Einwohnerinnen und das Doppelte von Estland, Lettland und Litauen zusammen, mit gesamt knapp über 6 Millionen Einwohnern und Einwohnerinnen.

Der deutsche Verbrauch war im selben Jahr rund 8-mal so hoch bei etwa 9,3-mal größerer Bevölkerung. Der österreichische Anteil am Verbrauch der EU-27 lag damit bei ca. 2,7 %, mit einem Bevölkerungsanteil von rund 2 %.

Der Endenergieverbrauch in Österreich 2018 war um 20 % höher als im Jahr 1998. Der größte Teil dieses Anstiegs von 17 % entfiel dabei auf die ersten 10 Jahre von 1998 bis 2008. Pro Kopf stieg der Endenergieverbrauch in Österreich um 14 %, während er in Deutschland (pro Kopf) in diesem Zeitraum (1998-2018) um 7 % sank. Der Verbrauchsanstieg in Österreich, über die letzten 20 Jahren betrachtet, war vergleichsweise beinahe so hoch wie der Energieverbrauch von Slowenien im Jahr 2020.¹⁶

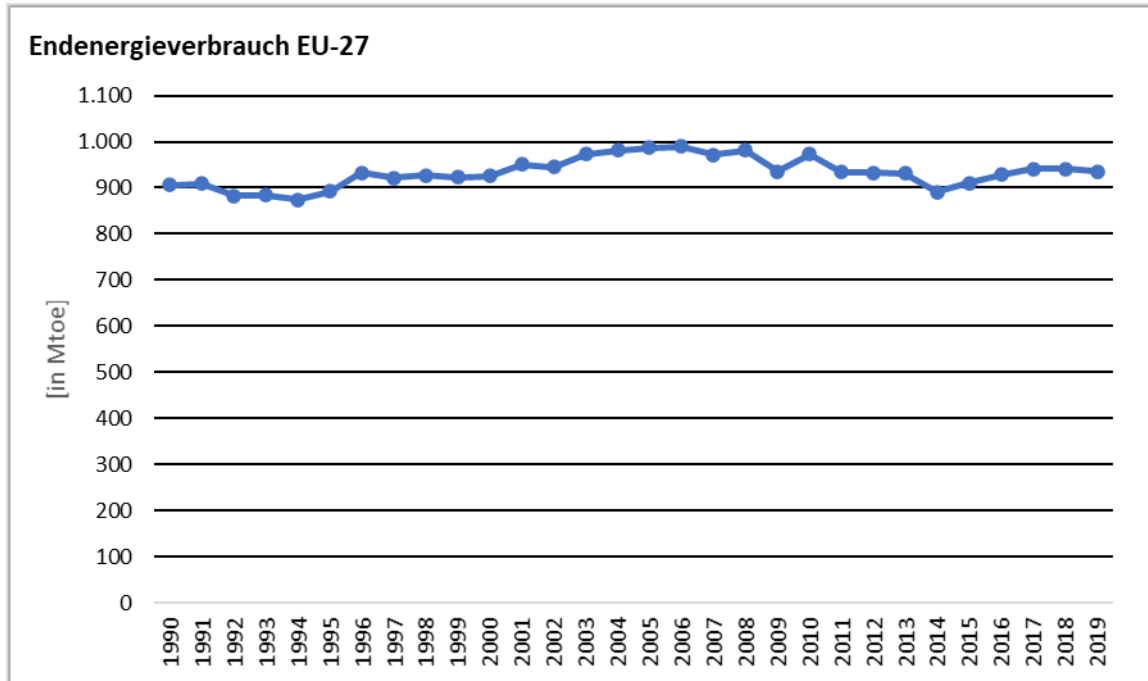
1.3.3 Die europäische Betrachtung

Der Endenergieverbrauch in der EU-27 lag 2019 bei 935,5 Millionen Tonnen Öleinheiten (Mtoe)¹⁷. Zwischen 1994 und 2006 stieg der Endenergieverbrauch mit nur kurzen Rücksetzern auf seinen höchsten Wert von 990 Mtoe an, um danach wieder zu sinken. Im Jahr 2019 lag der Endenergieverbrauch 5,5 % unter seinem Höchststand.

¹⁶ Zahlen aus: Eurostat, Energy statistical country datasheet, June 2021; eigene Berechnungen

¹⁷ Eine Megatonne Öleinheiten (Mtoe) ist die Energiemenge, die im Durchschnitt in einer Million Tonnen (Mt) Rohöl steckt, das sind 41,868 Petajoule (PJ) = 11,63 Terawattstunden (TWh)

Abbildung 5: Endenergieverbrauch EU-27



Quelle: EUROSTAT: Energy statistical country datasheets; eigene Darstellung

Seit 1990 sind die Menge und der Anteil der festen fossilen Brennstoffe deutlich zurückgegangen, von 9,6 % im Jahr 1990 auf 2,1 % im Jahr 2019. Auf der anderen Seite ist der Anteil der erneuerbaren Energiequellen von 4,3 % im Jahr 1990 auf 10,9 % im Jahr 2019 angestiegen, während der Anteil von Erdgas im selben Zeitraum mit geringen Schwankungen recht stabil blieb. Der größte Anteil am Endenergieverbrauch im Jahr 2019 entfiel auf Erdöl und Erdölzerzeugnisse (37 %), gefolgt von Elektrizität (22,8 %) und Erdgas (21,3 %). Eine Analyse des Endenergieverbrauchs in der EU im Jahr 2019 zeigt drei dominierende Kategorien: Verkehr (30,9 %), Haushalte (26,3 %) und Industrie (25,6 %).¹⁸ Heizung und Kühlung machen zusammen fast 50 % des Energiebedarfs der EU aus. Auf die Heizung entfällt dabei der Großteil, sowohl bei Wohngebäuden wie für industrielle Zwecke.¹⁹

¹⁸ EU Commission: Energy Statistics – Energy datasheets: EU countries vom 4. Juni 2021; eigene Berechnung

¹⁹ Heinrich Böll Stiftung (Hrsg.): Effizienz – Weniger soll mehr werden, in: Energieatlas, Daten und Fakten über die Erneuerbaren in Europa, Berlin 2019, S. 28

1.4 Steuerung des Energieverbrauchs

1.4.1 Energiekonsum anschaulich gemacht

Eine Kilowattstunde (kWh) entspricht der Menge an Energie, die ein Gerät oder eine Maschine mit der Leistung eines Kilowatts (1 kW = 1.000 Watt) innerhalb einer Stunde produziert oder benötigt (z.B. Betrieb einer 100 Watt Glühbirne für 10 Stunden). Sowohl Strom-, als auch Wärmekosten werden in dieser Maßeinheit abgerechnet. Eine Kilowattstunde entspricht 3.600.000 Joule = 3,6 Megajoule.

Ein durchschnittlicher österreichischer 4-Personen-Haushalt verbraucht jährlich zwischen 2.800 und 3.200 kWh Strom ohne elektrische Warmwasserbereitung bzw. 4.000 – 4.800 kWh mit elektrischer Warmwasserbereitung. In der Regel sind es die Haushaltsgeräte (22,4 %), Warmwasser (12,6 %) und Heizung (11,9 %), wofür am meisten Strom im Haushalt verbraucht wird.²⁰

Tabelle 1 Was man mit einer Kilowattstunde Strom machen kann.²¹

Was man mit einer Kilowattstunde Strom machen kann
1 Wäsche von 5 kg bei 60° (Kategorie A+)
1 Stunde staubsaugen
12 km mit dem Elektroroller
50 Tassen Kaffee
4 Stunden Plasma-TV schauen (8 Stunden bei einem LCD-Bildschirm)
50 Stunden Licht einer 20-Watt-Sparlampe
4-100 km mit einem Elektroauto
30 Minute – 2 Stunden heizen mit einem Elektroradiator
5 Stunden am Computer, 50 Stunden am Notebook
200 m im Lastwagen

²⁰ stromliste.at/nuetzliche-infos/stromverbrauch vom 25.11.2021

²¹ energieuster.ch/de/Home/Aktuelles/Wissen/Die-Leistung-von-1-kWh-Strom.116.html vom 01.03.2022

1.4.2 Energieverbrauch an Logistikstandorten

Als wichtige Dreh- und Angelpunkte in den Lieferketten sind Logistikstandorte jene Orte, an denen Waren gelagert und verarbeitet werden und an denen sich die verschiedenen Verkehrsträger begegnen.²² Die Gebäude selbst sowie die Lager- und Umschlagseinrichtungen sind, neben dem Transport, für einen Teil des Energieverbrauchs in der Logistikkette verantwortlich. Konkrete Beispiele wesentlicher Verbrauchskategorien sind:²³

- Stromverbrauch für Beleuchtung
- Stromverbrauch für Gebäudeeinrichtungen und Installationen (z.B. elektrische Tore, Sicherheitstechnik)
- Stromverbrauch in den Bereichen Heizung, Klima, Lüftung und Sanitär (HKLS)
- Stromverbrauch von Bereichen mit speziellen Anforderungen bzw. Ausstattungen (z.B. Kühl-/Tiefkühl-Lager)
- Stromverbrauch von Lager-, Förder-, Transport-, Sortier- und Umschlagseinrichtungen
- Stromverbrauch von IT-/EDV-Infrastrukturen, Rechnerzentren, Terminals und in Büros
- Wärmeenergieverbrauch in den Lager-, Umschlags- und Bürobereichen
- Verbrauch von Strom, Diesel, Benzin, Gas etc. für betriebliches Equipment wie beispielsweise Stapler, Hubwagen, Kommissionierfahrzeuge

Der effektive Energieverbrauch an Logistikstandorten ist von unterschiedlichen Faktoren wie Automatisierungsgrad, dem mengenmäßigen Durchsatz von Waren und Produkten, den Prozess- und Arbeitsanforderungen und dem Einsatz und der Steuerung der unterschiedlichen Energieverbraucher abhängig.

Zusätzlich zeigt sich bei Logistikstandorten eine enorme Bandbreite hinsichtlich der Größe, der Funktionen (z.B. Tiefkühlager, klimatisiertes Lager, Gefahrgutlager) und der technischen Ausstattungsmöglichkeiten (z.B. manueller Betrieb im Vergleich zu hochautomatisierten Anlagen)²⁴ und damit auch der Struktur des Energieverbrauchs.

²² Smart Freight Centre: GLEC Framework for Logistics Emissions Accounting Reporting, Version 2.0, 2019, S. 37

²³ DSLV, Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258, Bonn 2013, S. 56 ff.

²⁴ Rüdiger, D./Dobers, K.: Strommessungen an Logistikstandorten zur Ermittlung von Energietreibern und Einsparpotentialen, 2013, S. 2

Logistikstandorte wie z.B. Paketverteilzentren, Frischgemüselager, Tiefkühlager, Ersatzteillager, Möbellager haben völlig unterschiedliche Dimensionen und Anforderungen und auch im selben Tätigkeitsbereich können die Lager unterschiedlich ausgestattet sein.

In einer aktuellen Studie wurde im Lagerbereich in etwa nachfolgende Verteilung des Energieverbrauchs festgestellt²⁵:

- Beleuchtung 33,3 %
- Klimatisierung 5,4 %
- IKT 14,5 %
- Flurförderzeuge 7,0 %
- Fördertechnik automatisch 12,1 %
- Lagertechnik 2,0 %
- Restliche Verbraucher 18,9 %
- Verwaltung 3,5 %

In der Praxis ist die Messung des Energieverbrauchs in einem Lager ohne Zusatzaufwand meist nicht auf Ebene der Verbrauchsstelle möglich. Installierte Energiezähler sind zumeist an der Standort- bzw. Gebäudestruktur ausgerichtet und nicht an den darin abgewickelten Prozessen. So stellt es sich daher häufig als schwierig heraus, den Energieverbrauch an Logistikstandorten einzelnen operativen Logistikprozessen (wie z.B. Fördern, Lagern, Kommissionieren) oder übergeordneten Verbrauchergruppen zuzuordnen.

1.4.3 Wie steuert man den Energieverbrauch in Logistikunternehmen?

Für das Energiemanagement von Gebäuden, Produktionsprozessen oder sonstigen betrieblichen Abläufen ist der Einsatz von Kennzahlen von Bedeutung. Diese werden zur Überwachung und Messung der energiebezogenen Leistung herangezogen. Aus ihrer Beobachtung werden Maßnahmen abgeleitet, die zu einer Reduktion bzw. Optimierung des Ressourcenverbrauchs führen.

²⁵ Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart (Hrsg.): Energie und Energieeffizienz im Überblick, Leitfaden für Logistikbetriebe, Stuttgart 2019, S. 43

Der **Energy Performance Indicator (EnPI)** bricht den Energieverbrauch auf eine Leistungseinheit herunter. Diese Kennzahl kann sich in der Logistik auf eine Betriebsstunde, eine logistische Einheit (z.B. Palette) oder die Lagerfläche beziehen.

Die **Energiekennzahl** ist ein häufig verwendeter Wert zur Beurteilung von Gebäuden und gibt den Jahresheizwärmebedarf an. Er umfasst die über ein Jahr verbrauchte Endenergie in kWh (oder in Megajoule) und wird durch die Energiebezugsfläche (EBF) eines Gebäudes in m² dividiert, wodurch die Vergleichbarkeit von Gebäuden ermöglicht wird.

Die **Comprehensive Energy Consumption** ist die einzige normierte Kennzahl, mit der Unternehmen den Energieverbrauch nach ISO 50001 errechnen können – also die Energie in Joule oder Kilowatt pro hergestellte Produktionseinheit.²⁶ Die ISO 50001 beschäftigt sich u.a. mit dem Aufbau und Einsatz von Energiemanagement-Systemen (EMS). Ziel ist es, mithilfe geschlossener Regelkreise Energieeffizienz und -verbrauch zu optimieren. Die Kennzahl zur Comprehensive Energy Consumption kann dabei als Basis für die IT-gestützte Aufschlüsselung der Verbräuche pro Produkt und Menge dienen.²⁷

Energiekennzahlen zu erheben ist mit nicht unerheblichem Aufwand verbunden. Dementsprechend verfügen größere Unternehmen in der Regel eher über die Kapazitäten und Ressourcen, sich mit dem Thema Energiecontrolling auseinander zu setzen, entsprechende Aufzeichnungen zu führen und Verbräuche zu optimieren. Durch den hohen Energieverbrauch von Großunternehmen oder Großanlagen rechnen sich dort Investitionen wie z.B. die Errichtung von eigenen Energiegewinnungseinrichtungen eher und amortisieren sich nach kürzerer Zeit.

Fachliche Expertise ist in größeren Unternehmen häufiger vorhanden oder kann leichter aufgebaut werden, auch die Möglichkeit diese im Bedarf zuzukaufen ist dort eher gegeben. Nichtsdestotrotz setzen sich auch kleinere Unternehmen intensiv mit dem Thema Energie und Energieeinsparung auseinander und versuchen Energieeinsparungspotenziale in ihrem Bereich zu realisieren.

²⁶ komprenu.de/katmai/information/kennzahlen vom 25.11.2021

²⁷ it-production.com/allgemein/standardisierte-kennzahlenberechnungsverbrauchsanalyse-in-der-diskreten-fertigung/ vom 13.01.2022

1.5 Problembeschreibung und Datenlage

Aktuell beschränken sich die Möglichkeiten zur Erhebung und zum Monitoring von Energieverbräuchen meist auf die Betrachtungsebene des gesamten Unternehmens oder aber einzelne Standorte. Aus einer Prozesssicht über die gesamte Logistikkette hinweg, also für Transport und Umschlag einer Ware oder eines Produkts vom Erzeuger bis zum Verkauf oder der Nutzung liegen jedoch gegenwärtig kaum detaillierte Analysen vor. Komplex ist diese Betrachtung vor allem deshalb, weil in den Supply Chains unterschiedliche Akteure involviert sind und oftmals Lager- und Transportdienstleistungen von Dienstleistern und Outsourcing-Partnern erbracht werden. Daten betreffend den Energieverbrauch sind somit je Phase oder Prozessschritt innerhalb der Lieferketten separat zu erheben oder zu ermitteln, wofür eine durchgängige Systematik der Betrachtung erforderlich ist.

Was in der Supply Chain generell gilt, gilt auch für den Energieverbrauch: Optimierungen können nur zielgerichtet angesetzt werden, wenn die Energieeffizienz der gesamten Versorgungskette und die wesentlichen Verbraucher bekannt sind. Punktuelle Maßnahmen einzelner Akteure bringen unter Umständen nur ungenügende Effekte, führen zu unvorteilhaften individuellen Amortisationszeiten oder gar einer Steigerung des Energieverbrauchs in anderen Teilbereichen. Über die gesamte Supply Chain hinweg betrachtet, lassen sich jedoch die jeweils entscheidenden Stellhebel identifizieren. Damit können geeignete Maßnahmen für mehr Energieeffizienz in den richtigen Teilbereichen eingesetzt werden, und somit die gesamten Lieferketten bestmöglich optimiert werden. Augenscheinlich ist hier der steigende Anteil des Energieaufwands mit steigender Transportentfernung, wodurch bei längeren Distanzen der Anteil des Transports am Gesamtenergieverbrauch unweigerlich steigt. Interessant ist daraus abgeleitet die Fragestellung, wie sich dieser Anteil zwischen Transport und anderen Logistikprozessen wie Lagerung und Umschlag anteilmäßig in unterschiedlichen Supply Chains darstellt.

Welche Wirkung haben also Maßnahmen, die z.B. im Bereich der Fahrzeugtechnologien oder der Gebäudetechnologien gesetzt werden, auf den gesamten Energieverbrauch, der zur Beförderung einer Ware vom Produzenten bis zu den Verbrauchern notwendig ist?

Hierzu ist ein ganzheitlicher Betrachtungsansatz der komplexen Logistiksysteme erforderlich, der eine Bewertung ermöglicht, und anhand dessen die Wirkungsbeiträge von Maßnahmen zur Optimierung und Effizienzverbesserung des Energieverbrauchs in der gesamten Lieferkette abschätzbar und sichtbar werden. Für Entscheidungsträger:innen und die

öffentliche Diskussion bietet diese Betrachtung Ansatzpunkte für die Einordnung der wesentlichen energieverbrauchenden Bereiche innerhalb von Lieferketten und gibt so Hinweise auf die Effektivität möglicher Entwicklungen und Maßnahmen.

2 Studiendesign

Die gesamthafte Betrachtung einer Supply Chain umfasst alle Transport-, Umschlag- und Lageraktivitäten in der Logistikkette von der Produktionsstätte bis zum Ort des Verkaufs oder der Nutzung. Die Versorgung und Bereitstellung von unterschiedlichen Waren und Produkten ist selbstverständlich branchenabhängig in sehr unterschiedlichen und spezifisch ausgeprägten Liefer- und Transportketten organisiert.

2.1 Betrachtungsumfang

In unserem vernetzten und globalisierten Wirtschaftssystem gleicht kaum eine Lieferkette der anderen, wodurch Analyse und Bereitstellung von allgemeinen Kennwerten zum Energieverbrauch herausfordernd ist. Im gegenständlichen Projekt wurden daher exemplarische Analysen und Erhebung anhand von fünf Produkten in drei Wirtschaftsbereichen durchgeführt. Es wurden hierfür mit den Bereichen

- der kommunalen Versorgung,
- dem Handel und
- dem technischen Gewerbe

drei unterschiedliche Wirtschaftszweige ausgewählt, um eine möglichst breite Sichtweise erlangen zu können. Die Auswahl konkreter Güter und Produkte erfolgte gemeinsam mit den involvierten Unternehmen nach dem Stellvertreterprinzip, wonach das ausgewählte Produkt und die dahinterliegende Lieferkette möglichst den allgemeinen Durchschnitt, also einen Standardfall, repräsentieren soll.

Aus den gewonnenen Ergebnissen lassen sich nun sowohl absolute Energieverbrauchswerte für die Lieferkette eines exemplarischen Produkts als auch Kennzahlen und Benchmarks für die grobe Analyse von Supply Chains mit ähnlichen Ausprägungen ableiten.

Grundsätzlich entfallen die wesentlichen Energieverbräuche in einer Supply Chain auf den Betrieb von logistisch genutzten **Gebäuden** (Lager, Verteilzentren, Hubs etc.), auf die dort stattfindenden **Prozesse** zur Abwicklung (Förderung, Kommissionierung, Verpackung etc.)

und auf die **Transporte** zwischen den einzelnen Standorten (LKW, Bahn, Schiffstransport, Air Cargo etc.):

2.1.1 Betrachtungsumfang 1 – Gebäude

Betrachtet wird jener Energieverbrauch, der anfällt, um das Gebäude betreiben zu können. Dazu gehören Beheizung, Raumluftechnik, Kühlung, Beleuchtung, ggf. Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen etc.²⁸ Dies beinhaltet auch die Energieverbräuche für sonstige Verbraucher am Standort, z.B. Beleuchtung bei Außenflächen, welche allerdings in der Regel nur einen geringen Anteil am Verbrauch haben und daher nicht getrennt berücksichtigt werden.

2.1.2 Betrachtungsumfang 2 – Prozesse

Betrachtet wird jener Energieverbrauch, der direkt durch Logistiktätigkeiten verursacht wurde, wobei in der gegenständlichen Arbeit nur die wesentlichen bzw. für die Logistik typischen Verbraucher herangezogen werden. Beispielhaft fällt darunter die Energie zum Betrieb von Flurfördergeräten (wie z.B. Hubwagen, Stapler), automatisierten Lagereinrichtungen, Fördertechnik, Sortieranlagen etc.²⁹

Anmerkung: Mit branchenspezifischen Ausnahmen finden die betrachteten Prozesse in der Regel innerhalb von Gebäuden statt, wobei hier oftmals nur ein Verbrauchswert über alle Energieverbraucher insgesamt verfügbar ist (z.B. Stromverbrauch, Gasverbrauch etc.) und somit eine getrennte Erhebung für „Gebäude“ und „Prozesse“ nicht durchführbar ist. Ein praktikabler Ansatz besteht jedoch darin, anhand der Standortspezifikation eine grobe Abgrenzung durchzuführen. Beispielsweise ist der Stromverbrauch in einem ausschließlich manuell betriebenen Umschlags-Hub ohne technische Anlagen vorwiegend dem „Gebäude“ zuzurechnen. An einem hochautomatisierten Standort mit Lager-, Förder- und Sortieranlagen liegt demnach der Großteil des Verbrauchs im Bereich der „Prozesse“.

²⁸ Siehe Bundes-Energieeffizienzgesetz – EEffG, Anhang III, lit c., aa)

²⁹ Siehe Bundes-Energieeffizienzgesetz – EEffG, Anhang III, lit d., aa) – eingeschränkt auf wesentliche, logistikrelevante Verbraucher

2.1.3 Betrachtungsumfang 3 – Transport

Betrachtet wird jener Energieaufwand, der nötig ist, um Material, Waren oder Produkte vom Ort der Herstellung oder Gewinnung über einen oder mehrere Lager- oder Umschlagorte bis zum Verbrauchsort zu transportieren. Der Energieverbrauch der im jeweiligen Transportabschnitt verwendeten Transportmittel sowie die Effizienz Ihrer Nutzung stehen dabei im Zentrum der Betrachtung.

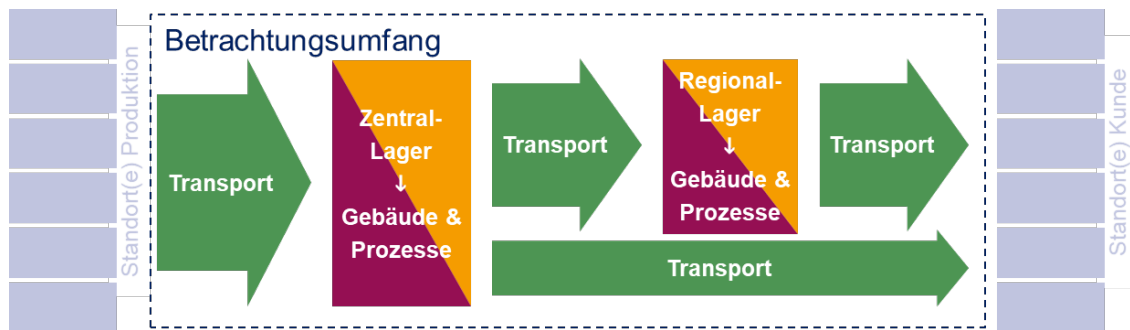
Abbildung 6: Die drei betrachteten Energieverbrauchsbereiche der Logistikkette



Alle Transporte von Materialien, Waren und Produkten sowie die dazwischenliegenden Lager- oder Umschlagpunkte bilden gemeinsam das gesamte Betrachtungsfeld einer Logistikkette bzw. Supply Chain. Für den Betrachtungsumfang der vorliegenden Studie wurden die Energieverbräuche von Roh- und Vormaterialien, Halbfertigerzeugnissen u.dgl. nicht einbezogen, der Betrachtungsumfang liegt demnach auf den Lieferketten von Fertigerzeugnissen beginnend ab der finalen Produktionsstufe. Die Analyse beinhaltet den Transport ab der Übernahme der Ware bzw. des Produkts beim Finalproduzenten und endet bei der Übergabe am Endbestimmungsort des Verkaufs oder Verbrauchs (wie z.B. Einzelhandelsgeschäft, Baustelle). Während des Durchlaufs durch die Logistikkette finden in den hier betrachteten Supply Chains gegebenenfalls Zusammenführungen oder Vereinzelungen von Waren oder Produkten, oder auch Value Added Services (z.B. Ettikettierung, Verpackung) statt, jedoch keine weiteren Produktionsschritte. Da sich Logistikketten in vielen Aspekten voneinander unterscheiden, müssen sie für die vergleichende Betrachtung in einer standardisierten Struktur erfasst und dargestellt werden. Hierfür wurde ein vereinfachtes Modell mit zwei oder drei Transportabschnitten und ein oder zwei Lager- und Umschlagpunkten

definiert, in welchem die untersuchten Lieferketten abgebildet werden können. Zur Vereinfachung der Bezeichnung wurden für die Lager- und Umschlagpunkte die Begriffe „Zentrallager“ und „Regionallager“ gewählt, wobei in beiden teilweise auch lediglich Umschlagaktivitäten (ohne Lagerung) stattfinden. Dieser Umstand wurde in der Analyse der Supply Chains entsprechend berücksichtigt, für die Darstellung wird jedoch einheitlich der gebräuchliche Begriff des „Lagers“ verwendet.

Abbildung 7: Übersicht über den Betrachtungsumfang



In den im Rahmen der Studie durchgeführten Erhebungen und Berechnungen wird der Energieverbrauch in Form von **Endenergie** dargestellt. Nicht berücksichtigt werden beispielsweise Energieverbräuche, die aus der Herstellung, Instandhaltung und Entsorgung von Fahrzeugen, Verkehrsinfrastrukturen, Gebäuden oder Lagerhilfsmitteln resultieren.

Im Transportwesen wird die Erfassung der Endenergie, also aller direkten Energieverbräuche des Fahrzeugbetriebs, als **Tank-to-Wheel** Betrachtung bezeichnet. Diese kommt in der vorliegenden Arbeit zur Anwendung.

Davon unterschieden werden die Well-to-Tank und die Well-to-Wheel Betrachtungen:

- Well-to-Tank: Erfassung von Energieverbrauch der Kraftstoffbereitstellung (inkl. Verluste bei der Herstellung der Energieträger) von der Quelle bis zum Fahrzeugtank.
- Well-to-Wheel: Summe aus Well-to-Tank und Tank-to-Wheel. Beim Verbrauch wird von Primärenergieverbrauch gesprochen, der neben dem Endenergieverbrauch alle Verluste aus der Vorkette miteinschließt.³⁰

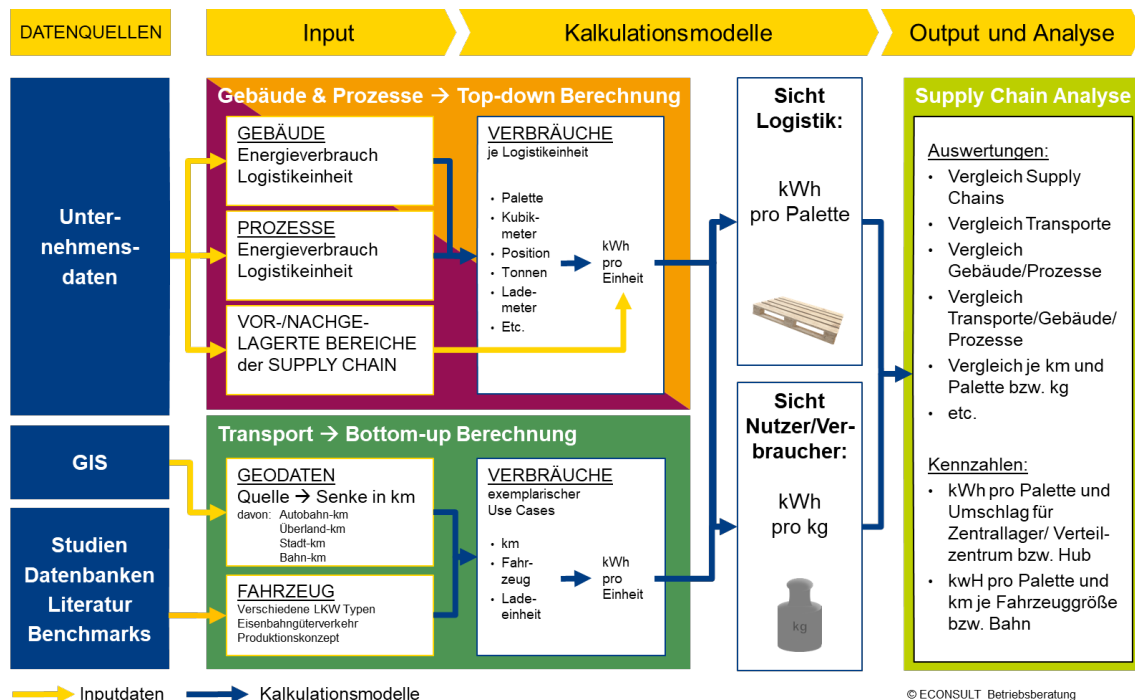
³⁰ DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (Hrsg): Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258, Bonn 2013, S. 18

2.2 Methodischer Ansatz

Um den Energiebedarf von Supply Chains analysieren zu können, wurden exemplarisch fünf Logistikketten von drei Praxispartnern herangezogen und der jeweilige individuelle Energiebedarf berechnet. Zielsetzung hierbei war es, praxisorientierte und vergleichbare Erkenntnisse über die Verteilung des tatsächlichen Energiebedarfs innerhalb einer Supply Chain zu gewinnen, das Verhältnis des Energiebedarfs der einzelnen Logistikabschnitte zu untersuchen und mögliche Ansatzpunkte für Energieeinsparungen zu identifizieren.

Die Erhebungen und Berechnungen wurden nach einem einheitlich definierten Vorgehensmodell durchgeführt, durch die Unterschiedlichkeit der Supply Chains waren jeweils individuelle Adaptierungen in den Detailbetrachtungen erforderlich. Die hierfür entwickelte Systematik sowie die Darstellungsmethode von Referenz-Logistikketten kann und soll als allgemeine Vorlage für weitere Analysen sowie als Ausgangspunkt für eine Weiterentwicklung des methodischen Ansatzes dienen. Das nachfolgend dargestellte Vorgehensmodell hat sich im Rahmen des Projektes bei der Analyse und Berechnung der Referenz-Logistikketten bewährt.

Abbildung 8: Vorgehen Supply Chain Analyse



2.2.1 Top-down Ansatz im Bereich Gebäude und Prozesse

Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit drei Unternehmen aus der operativen Praxis durchgeführt, mit welchen die zu betrachtenden Referenzprodukte sowie die dahinterliegenden Lieferketten definiert und evaluiert wurden. Die erforderlichen Energieverbrauchsdaten betreffend Gebäude und Prozesse wurden von den Praxispartnern erhoben und bereitgestellt. Dabei wurden in den Unternehmen jeweils unterschiedliche Quellen herangezogen, wie Abrechnungen des Energieversorgers oder intern kalkulierte Verbräuche pro Einheit, teils unter Einbindung der Expertise des verantwortlichen Facility Managements in den Unternehmen.

Zur Erfassung der Energieverbräuche wurden bevorzugt Jahresabrechnungen der Energieversorger verwendet, bei Monatsabrechnungen wurden diese unter Berücksichtigung von saisonalen Schwankungen auf das Jahr hochgerechnet. Die Abgrenzung der Verbräuche zwischen Gebäuden und Prozessen erfolgte auf Basis von Abschätzungen seitens der Unternehmen abhängig von der jeweiligen Standortspezifikation. Der Energieverbrauch von Lagern, Verteilzentren und Hubs, die beispielsweise von Dienstleistern betrieben und von mehreren Unternehmen als Kunden genutzt werden, wurde anteilmäßig, bezogen auf die Fläche, abgegrenzt. Bei Logistikdienstleistern, wo eine Erhebung und Abgrenzung der absoluten Verbräuche im Rahmen des Projekts nicht durchführbar war, wurde ein intern selbst ermittelter Energieverbrauch je Einheit (z.B. pro Palette) zur Verfügung gestellt. Alle Energieverbräuche wurden einheitlich in kWh angegeben.

Stammdaten und Bewegungsdaten der untersuchten Waren und Produkte lagen in den Unternehmen aufgrund der Unterschiedlichkeit der Abwicklungsformen teilweise auch in unterschiedlichen Einheiten vor, wie z.B. m³, kg, Paletten, Stück, Positionen.

In der Betrachtung wurde auch die jeweilige durchschnittliche Lagerdauer berücksichtigt (Schnelldreher und Cross-Docking Artikel, normale Lagerartikel, Langsamdreher), da bei längerer Verweildauer auch ein höherer Anteil an der im Lager verbrauchten Energie diesen Waren oder Produkten zuzurechnen ist. Aus diesem Grund wurde die Dauer der Einlagerung in die Berechnung mit einbezogen und der Anteil des Energieverbrauchs, der auf die jeweilige Lagereinheit entfällt, entsprechend berücksichtigt.

2.2.2 Bottom-up Ansatz im Bereich Transport

Zur Berechnung des Energiebedarfs von Transporten, wurden entweder konkrete Standorte (z.B. von Lieferanten) ausgewählt, oder die für die jeweils betrachtete Supply Chain branchenüblichen Transportentfernungen innerhalb Europas herangezogen. Generell erfolgte die Abgrenzung derart, dass die Ergebnisse sich auf durchschnittliche innereuropäische Lieferketten für Fertigprodukte beziehen.

Die Transportweitenberechnung erfolgte anhand von Routenplanungssystemen, wobei neben den Gesamtkilometern auch die Wegegliederung nach Teilstrecken auf Autobahnen, Überlandstraßen und im Stadtverkehr berücksichtigt wurden. Für die Referenztransporte wurden die konkreten Strecken zwischen Produktionsstätte und Zentrallager, zwischen Zentrallager und Regionallager oder zwischen Lager und Empfangsort modelliert. Das Ergebnis ist ein Kalkulationsmodell, in dem streckenspezifisch die unterschiedlichen Auswirkungen der Fahrsituationen (z.B. Fließverkehr Autobahn, Stop-and-go-Verkehr Stadtgebiet) auf den Treibstoffverbrauch mitberücksichtigt werden können.

Die Fahrzeugkategorien (z.B. LKW mit max. 7,5 t höchst zulässigem Gesamtgewicht) wurden entsprechend der untersuchten Referenzfälle direkt durch die Praxispartner bekanntgegeben oder hinsichtlich branchenüblicher Transportspezifikationen definiert (z.B. FTL, Full-Truck-Load oder LTL, Less-Than-Truckload). Die Verbrauchswerte der Fahrzeuge in der jeweiligen Fahrsituation stammen teilweise aus Analysen, denen das Handbuch der Emissionsfaktoren (HBEFA 2019) zugrunde liegt, teilweise aus Erfahrungswerten aus anderen Untersuchungen mit ähnlichen Themenstellungen.

Anhand der Modelldaten für Strecken und Entfernungen und mit den verfügbaren Fahrzeugverbrauchsdaten wurde der Gesamtenergieverbrauch des Fahrzeugs für die jeweiligen Strecken berechnet. Um eine durchgängige Betrachtungseinheit verfügbar zu haben, wurde der Treibstoffverbrauch in Litern in Kilowattstunden umgerechnet. Bei der Kalkulation von Energieverbrauchswerten im Eisenbahngüterverkehr konnten Referenzwerte aus entsprechenden Studien³¹ herangezogen werden. Durch dieses Vorgehen liegen alle Daten zum Endenergieverbrauch im Transport und damit zu den Tank-to-Wheel Energieverbräuchen durchgängig in der Einheit kWh vor.

³¹ Wie z.B.: forschungsinformationssystem.de/servlet/is/342234 vom 01.02.2022 oder DSLV, Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258, 2013, S. 47

2.2.3 Methodischer Ansatz zur Vergleichbarkeit von Ladeinheiten

Um Supply Chains miteinander vergleichbar zu machen und die Ergebnisse sowohl der einzelnen Abschnitte als auch insgesamt interpretieren zu können, empfiehlt der „Product Life Cycle Accountig and Reporting Standard“ des GHG Protocol³², dass der ermittelte Energieverbrauch auf einheitliche Allokationsparameter (in Form von physikalischen Einheiten wie z.B. Gewicht oder Paletten) verteilt wird. Verschiedene Parameter sind nur sinnvoll, wenn der Energieverbrauch von anderen Größen bestimmt wird, wie bspw. das Gewicht bei der Kühlung - in den hier untersuchten Supply Chains spielt dies jedoch keine Rolle.

Um diese Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurden die unterschiedlichen und lieferketten-spezifischen Einheiten in Abstimmung mit den Praxispartnern auf die in der Logistikbranche übliche Einheit einer „standardisierten Euro-Palette“ umgerechnet. Zur weiteren Veranschaulichung der Ergebnisse auch für Endkonsumenten und Endkonsumentinnen, sind die Ergebnisse ebenso jeweils in der Einheit „Kilogramm“ dargestellt. Die Umrechnung erfolgt dabei aufgrund der unterschiedlichen Volumina und Gewichte der Waren und Produkte jeweils spezifisch. Die jeweilige Betrachtung auf Ebene einer logistischen Einheit (Palette oder Kilogramm) ermöglicht die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Teile der Logistikkette sowie die Ableitung von Benchmarks für branchenübergreifende Analysen.

Tabelle 2: Beispielhafte Umrechnungstabelle für leichte Volumsware

Beispiel Umrechnungstabelle	Volumen in m ³	Anzahl der Paletten	Gewicht in kg
Volumen in m ³	1	0,60	108,98
Anzahl der Paletten	1,66	1	181,00
Gewicht in kg	0,009	0,006	1

Die Energieverbräuche bei Gebäuden, Prozessen und im Transport (hier abhängig von der Nutzlast und dem Ladevolumen des Fahrzeugs) können somit in kWh pro Palette und kWh pro Kilogramm ausgewiesen und gegenübergestellt werden.

³² World Resources Institute: Product Life Cycle Accountig and Reporting Standard, GHG Protocol, 2011

2.3 Exemplarische Supply Chains

Logistikketten werden in erster Linie durch das zu transportierende Gut, dessen Verpackungs- und Versandeinheit sowie die Menge und die Frequenz der Transporte bestimmt. Größe, Gewicht und Wert, sowie Vorgaben bezüglich Qualität und Zeit schließen manche Transportarten aus. Oftmals setzt die Beschaffenheit der Waren und Produkte besondere Lieferbedingungen voraus oder Ladehilfsmittel und Überverpackung werden für spezielle Gutarten eingesetzt oder vorgegeben. Weiters verändern die Sortimentspolitik, Beschaffungs- und Verteilnetzwerke von Unternehmen, die Lieferanten- und Kundenstruktur und die daraus resultierenden Transportentfernungen die Ausrichtung und Planung von Supply Chains. Zusätzlich wirken rechtliche Rahmenbedingungen, Vereinbarungen, Risikoüberlegungen, strategische Ausrichtungen u.a.m. auf die Strukturen von Lieferketten, weshalb für Analysen und Untersuchungen, die auch allgemeine verwertbare Erkenntnisse liefern sollen, die Auswahl von geeigneten exemplarischen Supply Chains entscheidend ist.

Demnach wurde in der gegenständlichen Studie bei der Selektion von exemplarischen Anwendungsfällen versucht, mit den fünf Einzelbetrachtungen ein möglichst breites Spektrum abzudecken, um hier unterschiedliche Anforderungen darzustellen. Basierend auf der Abgrenzung des Betrachtungsumfangs unter Berücksichtigung der verfügbaren Daten und der beteiligten Praxispartner fokussiert die Studie auf Lieferketten von Fertigprodukten mit Transportketten innerhalb Europas auf dem Landweg und einem Ziel-, Absatz- bzw. Verbrauchsort der Waren und Produkte in Österreich liegt.

Die fünf untersuchten Supply Chains sind wie folgt spezifiziert:

- Supply Chain 1 – Kommunale Versorgung
 - Akteure: Intermodaler Terminal & Städtische Serviceeinrichtung
 - Material: Schüttgut lose
 - Transport: Hauptlauf per Bahn, Verteilung im städtischen Raum mittels Silo-LKW
- Supply Chain 2 – Handel Schnelldreher
 - Akteure: Österreichweit agierendes Handelsunternehmen & Logistikdienstleister Filialeinzelhandel
 - Material: Palettenware
 - Transport per LKW, 2-maliger Umschlag, Verteilung im städtischen Raum mittels LKW
- Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel
 - Akteure: Österreichweit agierendes Handelsunternehmen & Logistikdienstleister

- Material: Palettenware
- Transport per LKW, 2-maliger Umschlag, Verteilung im ländlichen Raum mittels LKW
- Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher
 - Akteure: Österreichweit agierendes Handelsunternehmen & Logistikdienstleister
 - Material: Palettenware
 - Transport per LKW, 1-maliger Umschlag, Verteilung im ländlichen Raum mittels LKW
- Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe
 - Akteure: Unternehmen zur Errichtung und Instandhaltung technischer Anlagen & Logistikdienstleister
 - Material: Stückgut
 - Transport per LKW, 2-maliger Umschlag, Verteilung im städtischen Raum mittels LKW

3 Supply Chain 1 – Kommunale Versorgung

In Supply Chain 1 wurden Transport, Lagerung und Verteilung von losem Schüttgut (Beispiel: Streusalz) im Rahmen der Funktionen der kommunalen Versorgung analysiert.

Ausgangspunkt der betrachteten Lieferkette ist ein Produktionsstandort im Zentralraum von Oberösterreich, von dem aus der Transport in großen Volumina per Bahn in Wagen- gruppen nach Ostösterreich durchgeführt wird. Der zentrale Lagerstandort in Wien verfügt hierfür über einen Bahnanschluss, das Material kann somit direkt aus den Waggons in die Lagerhalle umgeschlagen werden. Die Lagerung kann über lange Zeit erfolgen, die Abholung und Verteilung zu mehreren kleinen lokalen Depots (Last Mile) in Wien erfolgt bedarfsge- steuert mittels Silo-LKW.

Die Verfügbarkeit von Streusalz ist eine wichtige Voraussetzung für einen reibungslosen Winterdienst, Wien hat hierfür beispielsweise eine Salzlagerhalle mit rund 45.000 Tonnen Kapazität zur Verfügung. Diese Menge übersteigt den üblichen Winterbedarf, denn in dieser Supply Chain ist die rechtzeitige Verfüg- barkeit einer ausreichenden Menge nahe am Verbrauchsort ausschlaggebend. Etwaige Engpässe auf dem internationalen Salzmarkt können somit die Verkehrs- sicherheit nicht gefährden.³³

Der Transport wird bis auf die letzte Meile mit der Bahn durchgeführt. Da der einzige Um- schlags- bzw. Lagerort dieser Supply Chain über einen Bahnanschluß verfügt, wird das Ma- terial direkt vom Waggon in die Lagerhalle umgeschlagen. Der Anteil der letzten Meile am gesamten Transportweg von 300 km beträgt rund 10 %, rund 90 % der Strecke entfallen somit auf die Bahn.

³³ wien.gv.at/umwelt/ma48/sauberestadt/winterdienst/salzlager.html vom 01.02.2022

Abbildung 9: Transportketten Supply Chain 1 - Kommunale Versorgung

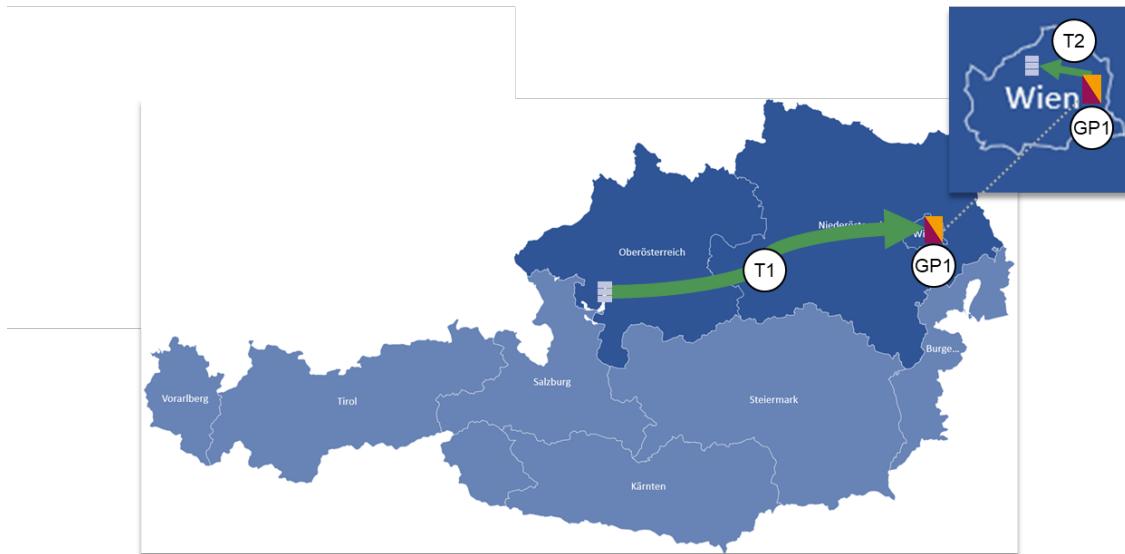
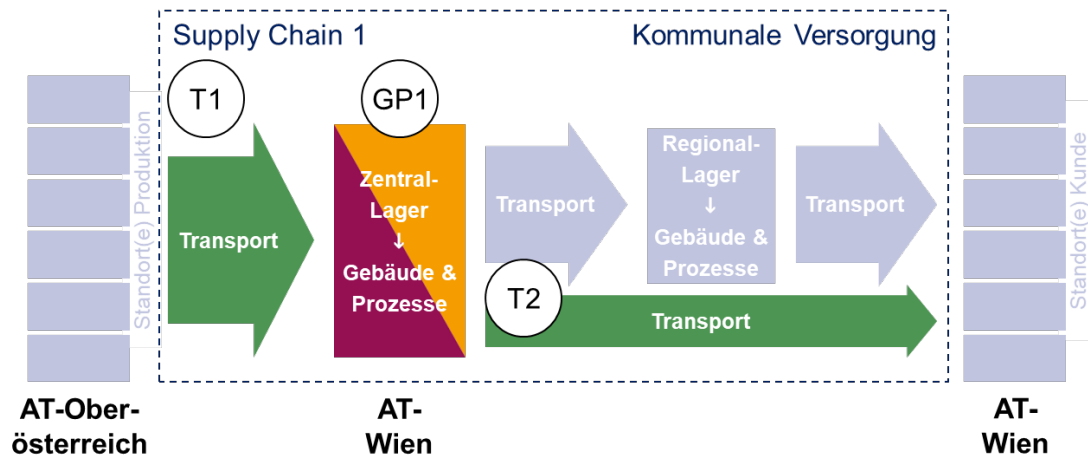


Abbildung 10: Darstellung der Supply Chain 1 - Kommunale Versorgung



Transport T1: Das Material wird in Wagenruppen zu 8 Waggons mit ca. 500 Tonnen Nettoladung mittels Bahntransport zum zentralen Lagerstandort in Wien befördert.

Gebäude & Prozesse GP1: Mittels Fördertechnik erfolgt der Umschlag des Materials, das in der Lagerhalle aufgeschüttet wird. Das Gebäude selbst erfüllt die produktspezifischen Anforderungen, Beleuchtung etc., darüber hinaus sind keine Automatisierungs- oder Handlinglösungen oder sonstige wesentliche Energieverbraucher erforderlich.

Transport T2: Für die Bereitstellung im Bedarfsfall vor Ort wird das Schüttgut in Silo-LKW mit 25 Tonnen Nutzlast vom zentralen Lager zu einem von 13 Depots in Wien verbracht.

Nachfolgende Analyseergebnisse ergeben sich bei der Untersuchung des Energieverbrauchs der Supply Chain 1 – „Kommunale Versorgung“ mit 2 Transportstrecken und 1 Lager-/Umschlagpunkt:

Abbildung 11: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 1 - Kommunale Versorgung

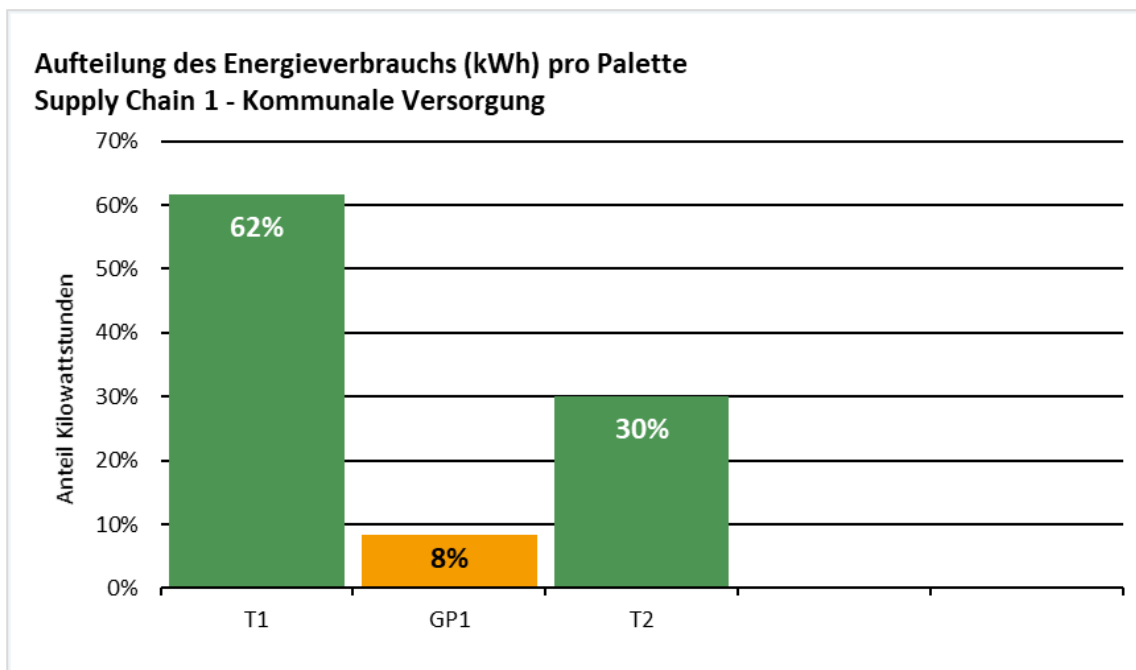
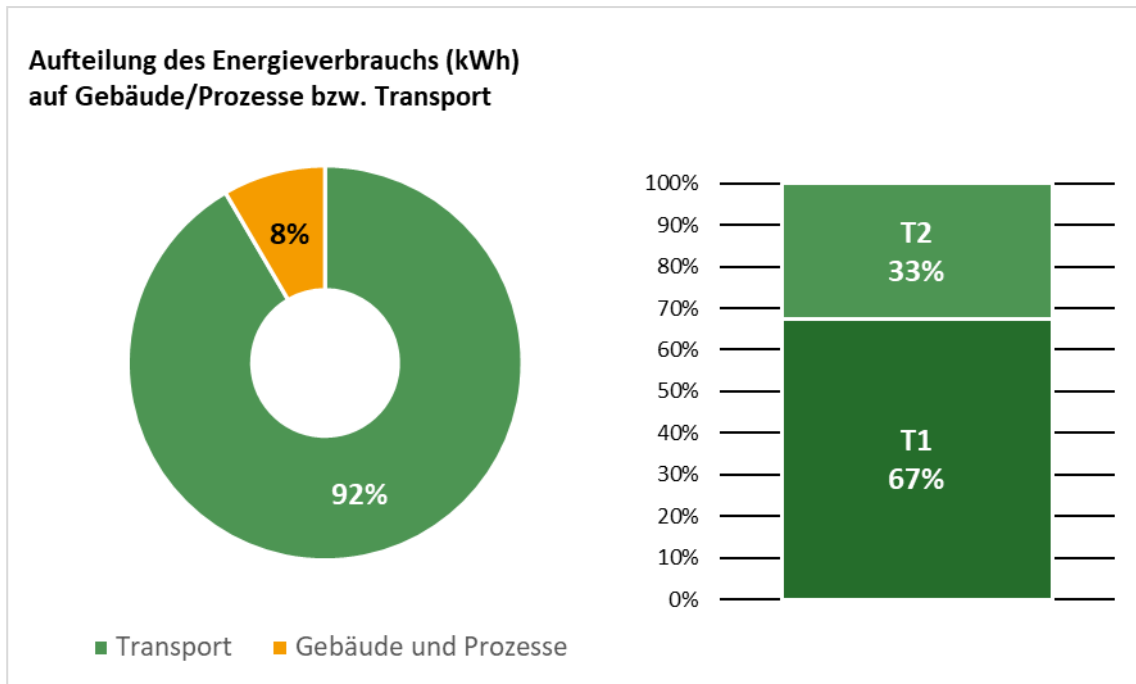


Abbildung 12: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport



Der Anteil an benötigter Energie für die Transporte beträgt 92 %, nur ein relativ geringer Anteil von 8 % entfällt auf den Bereich Gebäude/Prozesse. Die Energie, die für den Transport benötigt wird, teilt sich zu 65 % auf den Beschaffungstransport auf der Langstrecke mittels Bahn und zu 35 % auf die lokalen Verteiltransporte mit LKW auf.

4 Supply Chain 2 – Handel

Schnelldreher

In Supply Chain 2 wurde die Lieferkette eines schnelldrehenden, großvolumigen und leichten Handelsprodukts (Beispiel Hygienepapier) im Netzwerk eines Filialeinzelhandesunternehmens analysiert.

Die Beschaffungstransporte haben Ihre Ausgangspunkte an den internationalen Verteil- und Produktionsstandorten großer Hersteller, bspw. in Polen. Die Anlieferung erfolgt an ein Zentrallager in Oberösterreich, dort werden schnelldrehende Artikel meist mittels Cross-Docking³⁴ direkt weitergeleitet. Die Aufenthaltsdauer im Zentrallager ist demnach sehr kurz, es erfolgt ein gebündelter Transport der Waren zu einem Regionallager bzw. Feinverteilungs-Hub im Raum Wien. Auch dort ist die Aufenthaltsdauer sehr kurz, es folgen der Umschlag und die Zuteilung der Sendungen zu den einzelnen Touren in der Region (Last Mile) und die Auslieferung an die Filiale in der Wiener Innenstadt.

Die Zentrallagerstandorte von Einzelhandelsunternehmen haben eine wesentliche Funktion innerhalb der Supply Chains, um die flächendeckende und tägliche Versorgung der Filialen und somit der Bevölkerung sicherzustellen. Um die enorme Menge an Waren lagern, bearbeiten und durchschleusen zu können, sind große Standorte und Gebäude erforderlich, wobei hier meist durch einen hohen Grad an Automatisierung die größtmögliche Höhe genutzt und somit Flächenversiegelung reduziert werden kann.

Die gesamte Transportstrecke einer Palette vom Produktionswerk bis in die Filiale beträgt knapp 900 km, 94 % der Strecke wird auf Autobahnen zurückgelegt, der restliche Anteil von 6 % verteilt sich etwa gleich auf Freilandstraßen und Stadtstraßen.

³⁴ Vorkommissionierte Einheiten werden nicht eingelagert sondern direkt weiter versendet.

Abbildung 13: Transportketten Supply Chain 2 – Handel Schnelldreher

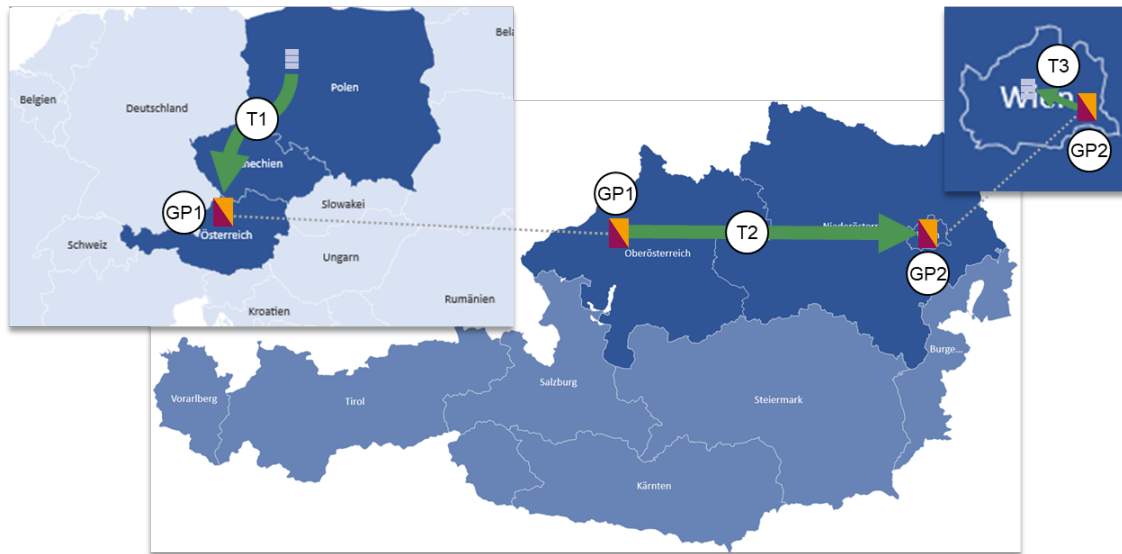
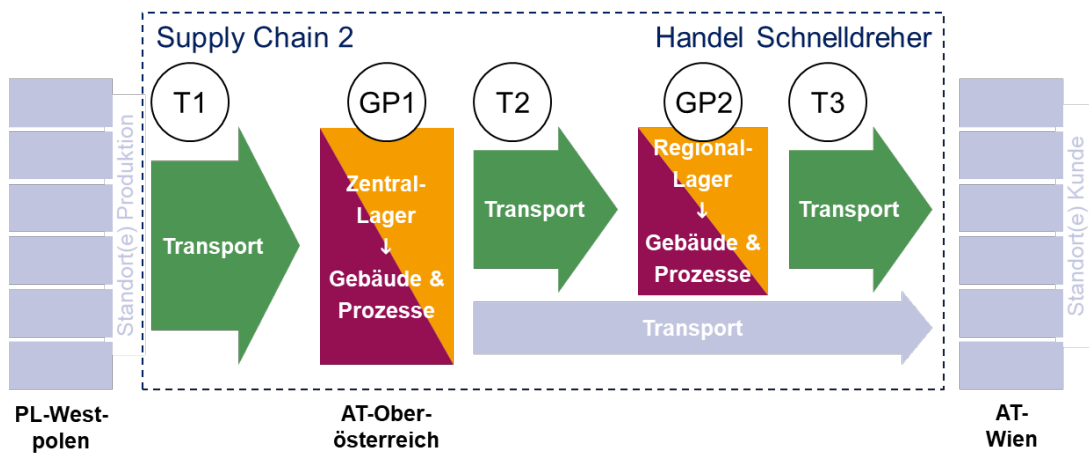


Abbildung 14: Darstellung der Supply Chain 2 - Handel Schnelldreher



Transport T1: Das leichte aber großvolumige Hygienepapier wird auf Paletten mit einem LKW (40 t Sattelzug) vom Produktionsstandort in Polen in das Zentrallager bzw. Verteilzentrum des Handelsunternehmens in Oberösterreich gebracht.

Gebäude & Prozesse GP1: Am hochautomatisierten Zentrallagerstandort erfolgt ein rascher Umschlag der Ware, meist als Cross-Docking. Schnelldreher liegen in der Regel kurz oder gar nicht auf Lager, weshalb ihnen nur ein niedriger Energieverbrauch zuzuschreiben ist.

Transport T2: Ein Logistikdienstleister transportiert die Ware mit Hängerzügen zum vorgesehenen Regionallager bzw. Hub im Raum Wien.

Gebäude & Prozesse GP2: Im Hub erfolgt der Umschlag der Sendungen und die Zuteilung zu den regionalen Touren, diese werden mit anderen Sendungen gebündelt und konsolidiert.

Transport T3: Vom Hub aus wird die Einzelhandelsfiliale in der Wiener Innenstadt mit einem mittelgroßen LKW (z.B. 26 t) beliefert.

Analyseergebnisse des Energieverbrauchs in Supply Chain 2 – „Handel Schnelldreher“ mit 3 Transportstrecken und 2 Lager-/Umschlagpunkten:

Abbildung 15: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 2 – Handel Schnelldreher

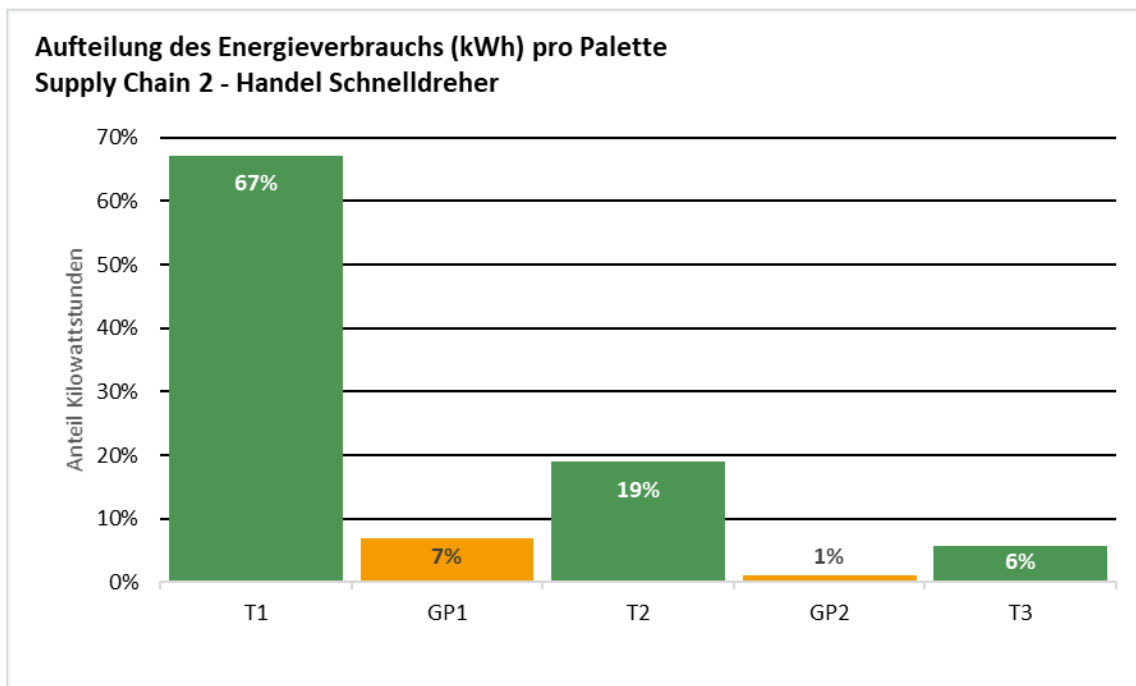
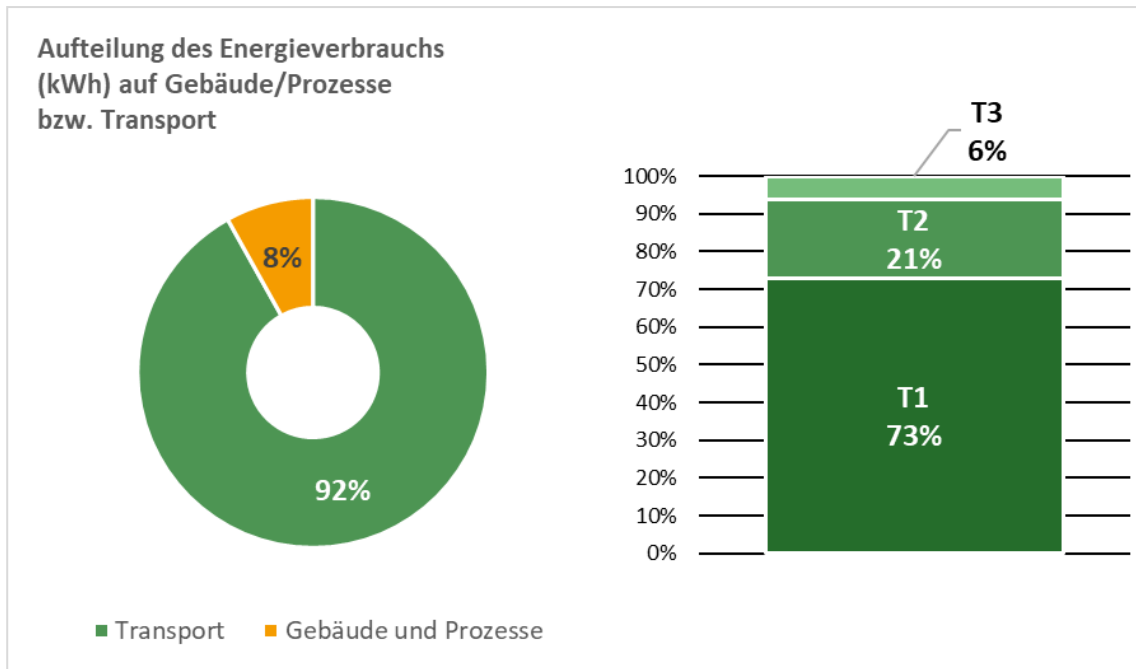


Abbildung 16: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport



Der Anteil an benötigter Energie seitens des Transports beträgt 92 %, 8 % wird vom Bereich Gebäude/Prozesse beansprucht. Knapp 75% der Energie für den Transport entfällt auf den internationalen Importverkehr, die nachfolgende Strecke im nationalen Binnentransport zeichnet für gut 20 % verantwortlich, der letzte Teil weist den geringsten Energiebedarf mit etwa 5 % auf.

5 Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel

In Supply Chain 3 wurde die Lieferkette eines durchschnittlichen/normalen Lagerartikels (Beispiel Körperpflegeprodukt) im Netzwerk eines Filialeinzelhandelsunternehmens analysiert.

Die Beschaffungstransporte haben ihre Ausgangspunkte an den internationalen Verteil-/Produktionsstandorten großer Hersteller, bspw. in Deutschland. Die Anlieferung erfolgt an ein Zentrallager in Oberösterreich, dort werden die Lagerartikel übernommen, großteils automatisiert befördert, eingelagert und für die Auslieferung kommissioniert. Der Transport der Waren zu einem Regionallager bzw. Feinverteilungs-Hub im Raum Kärnten wird gebündelt durchgeführt. Dort finden der Umschlag und die Zuteilung der Waren zu den einzelnen Touren in der Region (Last Mile) und die Auslieferung an die Filiale im ländlichen Raum statt.

Mehrstufige Logistikketten sind im Handel notwendig, um ein Optimum an Verfügbarkeit und Effizienz zu gewährleisten. Aufgrund der durch die Kundinnen und Kunden nachgefragten Vielfalt arbeiten Handelsunternehmen mit Sortimenten von 10.000, 20.000 und mehr Produkten. Durch hohe Losgrößen bei der Lieferantenbestellung sinken die Einkaufskosten und es steigt die Effizienz in der Beschaffungslogistik sowie beim Transport. Gleichzeitig müssen entsprechende Lager-, Steuerungs- und Allokationsprozesse zur Verteilung der Produkte stattfinden, hierzu sind leistungsfähige Lager- und Hubstandorte erforderlich.

Die gesamte Transportstrecke der Palette vom Produktionswerk bis in die Filiale beträgt knapp 900 km, rund 90 % der Strecke wird auf Autobahnen zurückgelegt, da die exemplarische Filiale in einem Gewerbegebiet liegt, fällt der restliche Anteil auf Freilandstraßen an.

Abbildung 17: Transportketten Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel

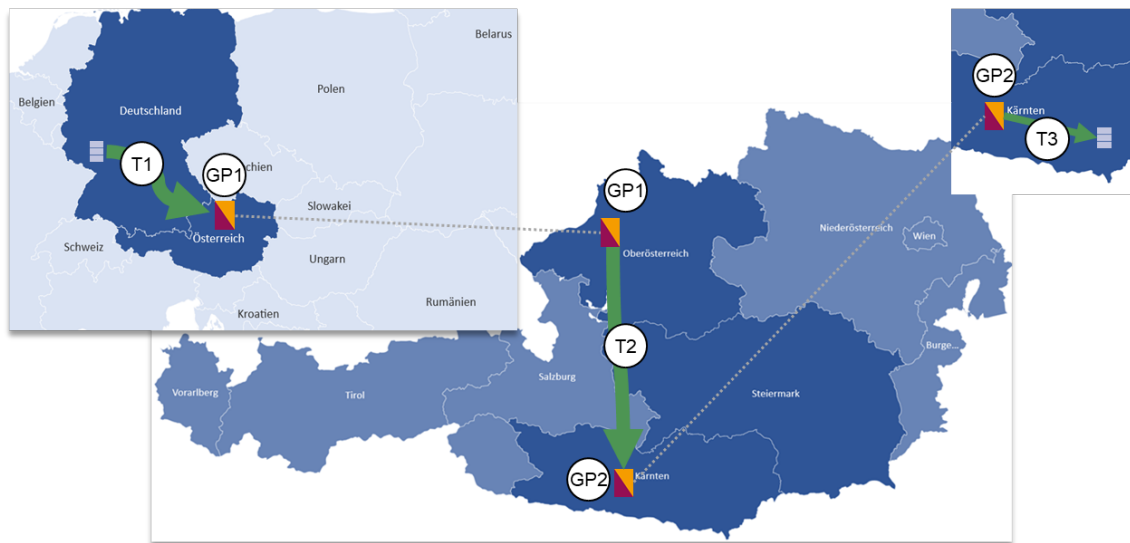
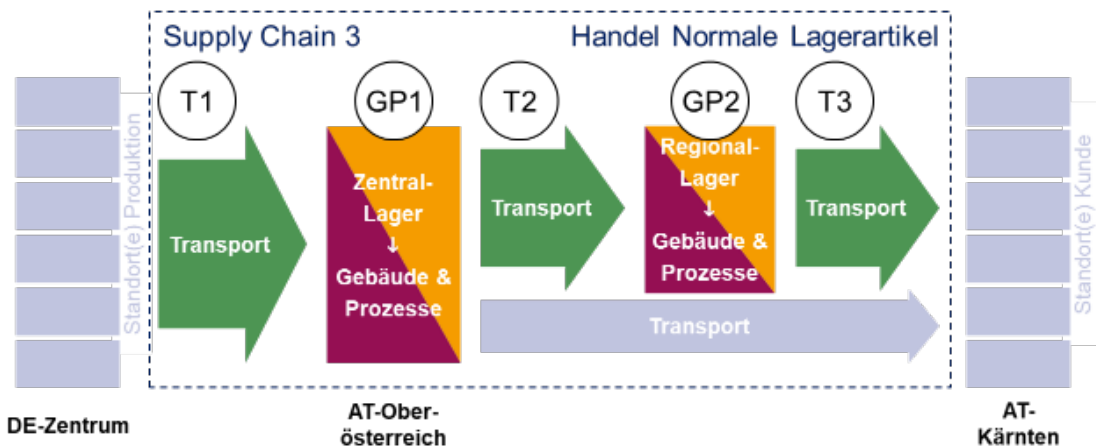


Abbildung 18: Darstellung der Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel



Transport T1: Das auf Paletten gepackte Körperpflegeprodukt wird vom deutschen Produktionsstandort bzw. einem Verteilzentrum des Herstellers mit einem LKW (40 t Sattelzug) im Direktverkehr (FTL=Full-Truck-Load) in das Zentrallager bzw. Verteilzentrum des Handelsunternehmens in Oberösterreich gebracht.

Gebäude & Prozesse GP1: Am hochautomatisierten Zentrallagerstandort erfolgt die Übernahme und Einlagerung der Ware bis zur Kommissionierung und Bereitstellung.

Transport T2: Ein Logistikdienstleister transportiert die Ware mit Hängerzügen zum vorgesehenen Regionallager bzw. Hub im Raum Kärnten.

Gebäude & Prozesse GP2: Im Hub erfolgt der Umschlag der Sendungen und die Zuteilung zu den regionalen Touren, diese werden mit anderen Sendungen gebündelt und konsolidiert.

Transport T3: Vom Hub aus wird die Einzelhandelsfiliale in Kärnten mit einem mittelgroßen LKW (z.B. 26 t) beliefert.

Analyseergebnisse des Energieverbrauchs in Supply Chain 3 – „Handel Normale Lagerartikel“ mit 3 Transportstrecken und 2 Lager-/Umschlagpunkten:

Abbildung 19: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 3 – Handel Normaler Lagerartikel

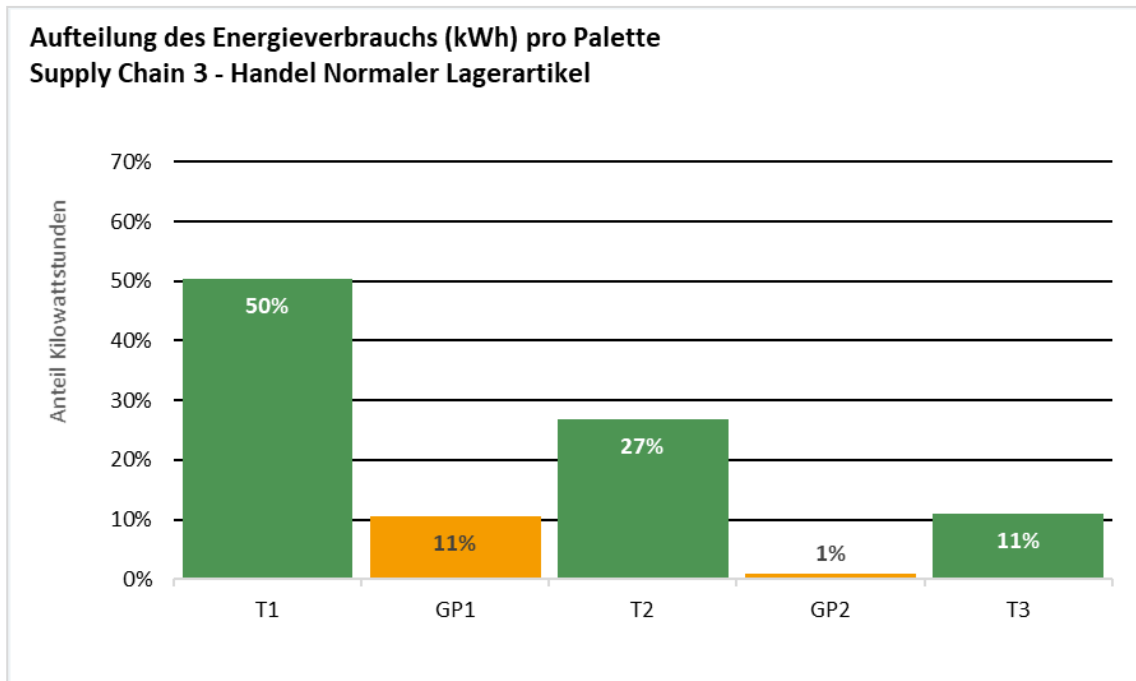
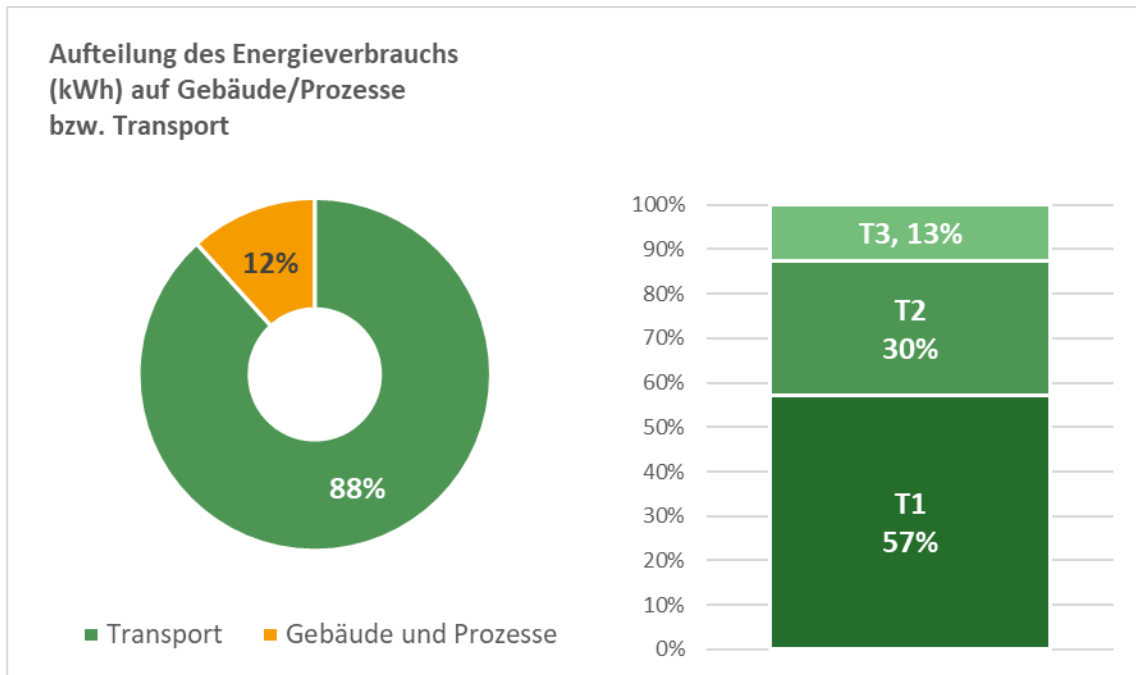


Abbildung 20: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport



Der Anteil an benötigter Energie seitens des Transports beträgt 88 %, die restlichen 12 % werden im Bereich Gebäude/Prozesse verbraucht. Die erste Teilstrecke ist für beinahe 60 % des Transport-Energieaufwands verantwortlich, der Rest teilt sich auf 30 % auf die Teilstrecke 2 und etwas mehr als 10 % für die letzte Meile auf.

6 Supply Chain 4 – Handel

Langsamdreher

In Supply Chain 4 wurde die Lieferkette eines langsamdrehenden Artikels (Beispiel Beauty-Produkt Haarfärbemittel) im Netzwerk eines Filialeinzelhandelsunternehmens analysiert.

Die Beschaffungstransporte haben Ihre Ausgangspunkte an den internationalen Verteil- und Produktionsstandorten großer Hersteller, beispielsweise in Tschechien. Die Anlieferung erfolgt in der Regel mit speditionellen Stückgutverkehrslinien an ein Zentrallager in Oberösterreich, dort werden die Lagerartikel übernommen und größtenteils automatisiert befördert, eingelagert und bei einer Filialbestellung für die Auslieferung kommissioniert. Definierte Filialen im Umkreis des Zentrallagers werden direkt vom Zentrallager aus versorgt, die Tourzusammenstellung erfolgt bereits dort und es erfolgt kein weiterer Umschlag der Ware.

Sogenannte Langsamdreher befinden sich über längere Zeiträume im Lager, etwa weil durch Bestellrestriktionen oder Mindestabnahmemengen höhere Volumina beschafft werden müssen, als kurzfristig abgesetzt werden können. Auch saisonale Gründe oder preispolitische Entscheidungen können Ursachen darstellen. Eine längere Lagerdauer verursacht höhere Aufwände im Lager und durch das gebundene Kapital, deshalb werden hierfür meist besonders effiziente und kompakte Lagertechnologien eingesetzt.

Die gesamte Transportstrecke vom Produktionswerk bis in die Filiale beträgt knapp 500 km, rund 60 % der Strecke wird auf Autobahnen zurückgelegt, der überwiegende Rest entfällt auf Freilandstraßen zur Versorgung der regionalen Filialen.

Abbildung 21: Transportketten Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher

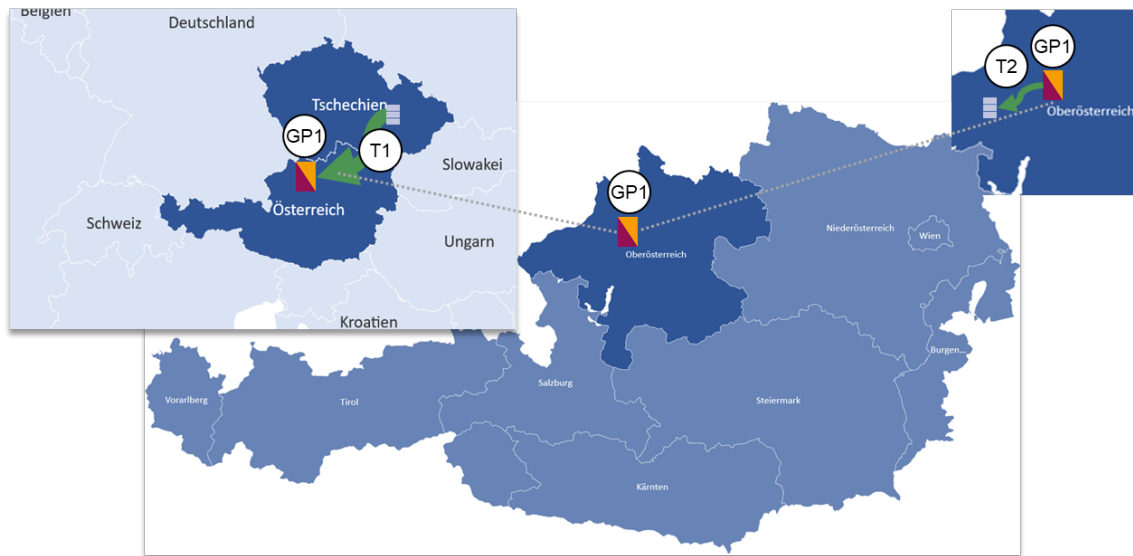
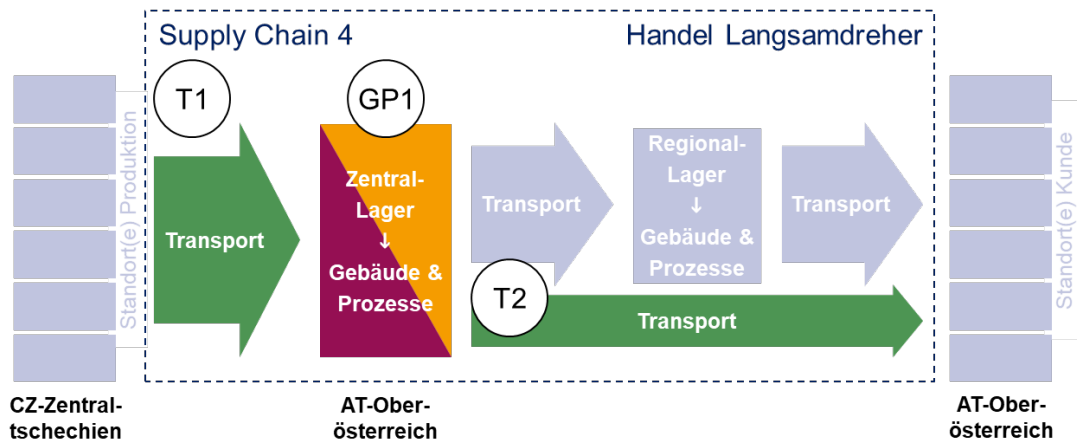


Abbildung 22: Darstellung der Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher



Transport T1: Das auf Paletten und in Kartons gepackte Beauty-Produkt wird vom tschechischen Produktionsstandort bzw. einem Verteilzentrum des Herstellers im speditionellem Stückgutverkehr in das Zentrallager bzw. Verteilzentrum des Handelsunternehmens in Oberösterreich geliefert.

Gebäude & Prozesse GP1: Am hochautomatisierten Zentrallagerstandort erfolgt die Übernahme und Einlagerung der Ware bis zur Kommissionierung und Bereitstellung. Langsamdreher liegen in der Regel länger auf Lager, weshalb ihnen in Relation ein höherer Energieverbrauch zuzuschreiben ist.

Transport T2: Vom Zentrallager aus wird die Einzelhandelsfiliale im regionalen Umfeld mit einem mittelgroßen LKW (z.B. 26 t) beliefert.

Analyseergebnisse des Energieverbrauchs in Supply Chain 4 – „Handel Langsamdreher“ mit 2 Transportstrecken und 1 Lager-/Umschlagpunkten:

Abbildung 23: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher

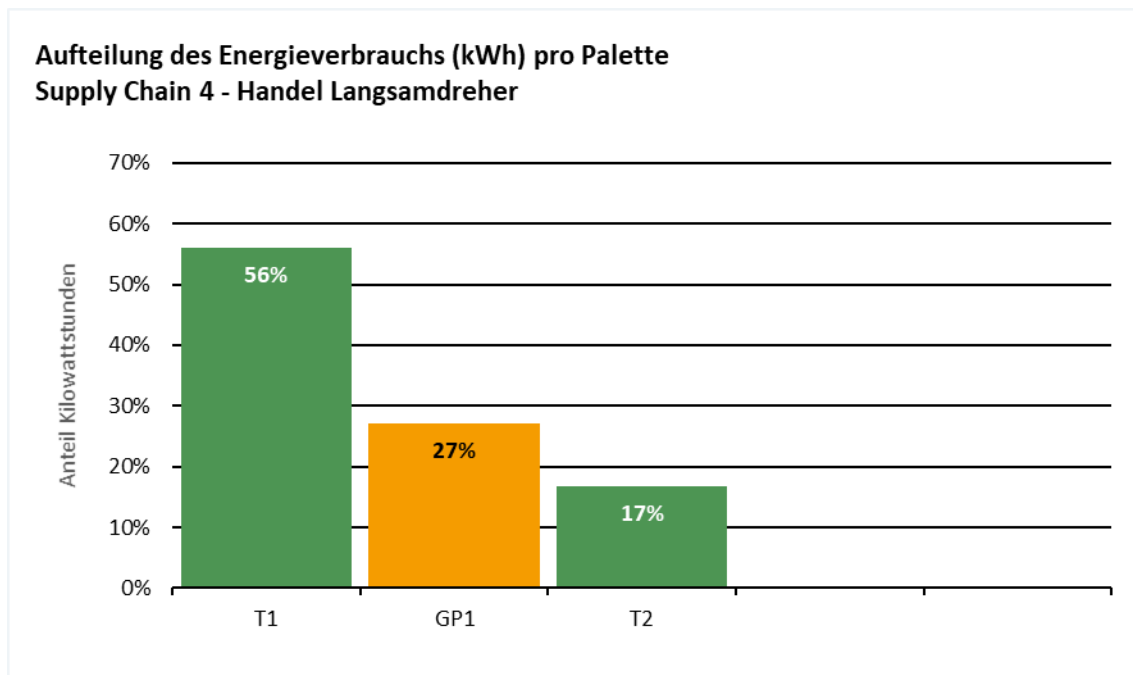
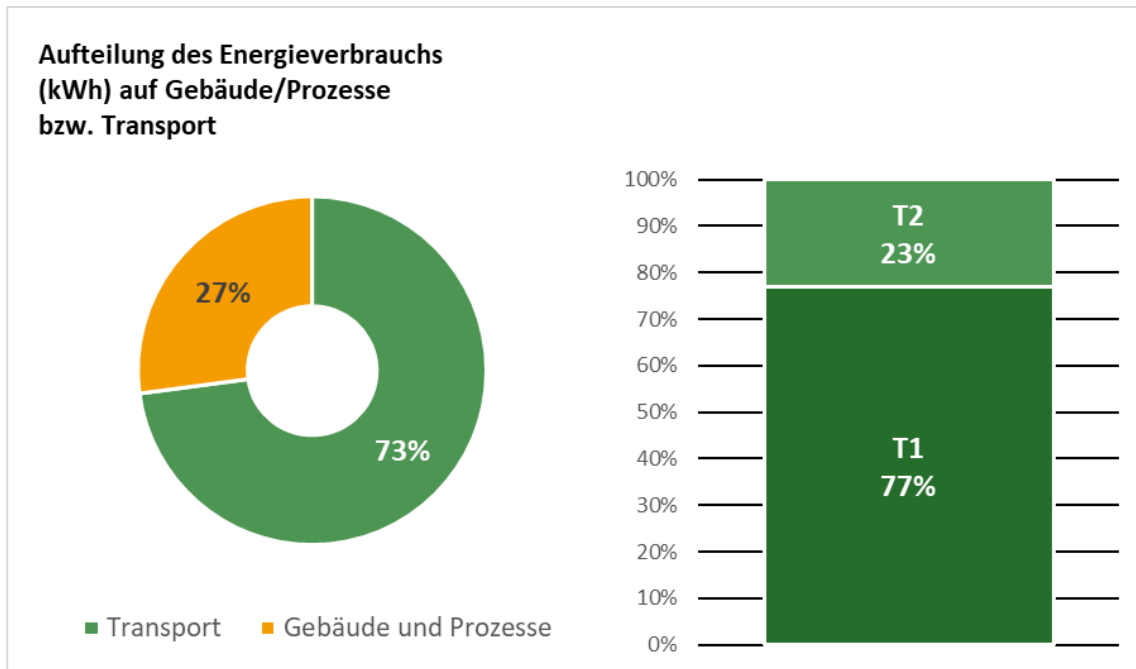


Abbildung 24: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport



Der Anteil an benötigter Energie von Seiten des Bereichs Gebäude/Prozesse beläuft sich auf etwas mehr als ein Viertel (27 %). Der internationale Importverkehr verbraucht mit 80 % Gesamtanteil am Transport 4-mal so viel Energie wie der Transport für die regionale Zustellung.

7 Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe

In Supply Chain 5 wurden Transport, Lagerung und Zustellung von technischen Materialien (Bsp.: Wartung von Liften) an Servicetechnikern und Servicetechnikerinnen analysiert.

Ausgangspunkt der exemplarischen Betrachtung ist der Produktionsstandort eines Lieferanten im Raum Berlin, von dort erfolgt die Anlieferung von Materialien in das europäische Zentrallager im Raum Hannover, wo die täglichen Bestellungen der Servicetechniker:innen der angebotenen Länder und Regionen kommissioniert und gebündelt versendet werden. Die Lieferung der Waren nach Österreich erfolgt in ein Regionallager bzw. Verteilzentrum im Süden von Wien. Regelmäßig benötigte Materialien werden dort auf Lager gehalten, auftragspezifische Bestellungen werden als Cross-Docking-Artikel durchgeschleust und unmittelbar an die Servicetechniker:innen oder die jeweilige Baustelle geliefert.

In der Ersatzteillogistik werden Materialien selten abgerufen, und diese sind oftmals für große Regionen, wie Gesamteuropa, zentral gelagert und bewirtschaftet. Kooperationen mit Speditionen und KEP-Dienstleistern garantieren stabile Transportnetzwerke und die erforderlichen Lieferzeiten. Die Logistikunternehmen sind aus ökonomischen Gründen bestrebt, die Transporte zu optimieren, wobei eine bessere Auslastung und geringere Leerfahrten ökologisch positiv wirken. Industrie und Gewerbe können im Eigenfuhrpark aktiv werden, etwa mit alternativen Antrieben sowie neuen Fahrzeug- und Logistikkonzepten.

Die gesamte Transportstrecke vom Produktionswerk bis zur Baustelle oder Anlage beträgt ca. 1.600 km. Da sämtliche Lager- und Umschlagpunkte in unmittelbarer Nähe zu Autobahnen liegen, werden über 90 % der Strecke auf Autobahnen zurückgelegt und nur ein kleiner Teil auf Freilandstraßen bzw. im Stadtverkehr.

Abbildung 25: Transportketten Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe

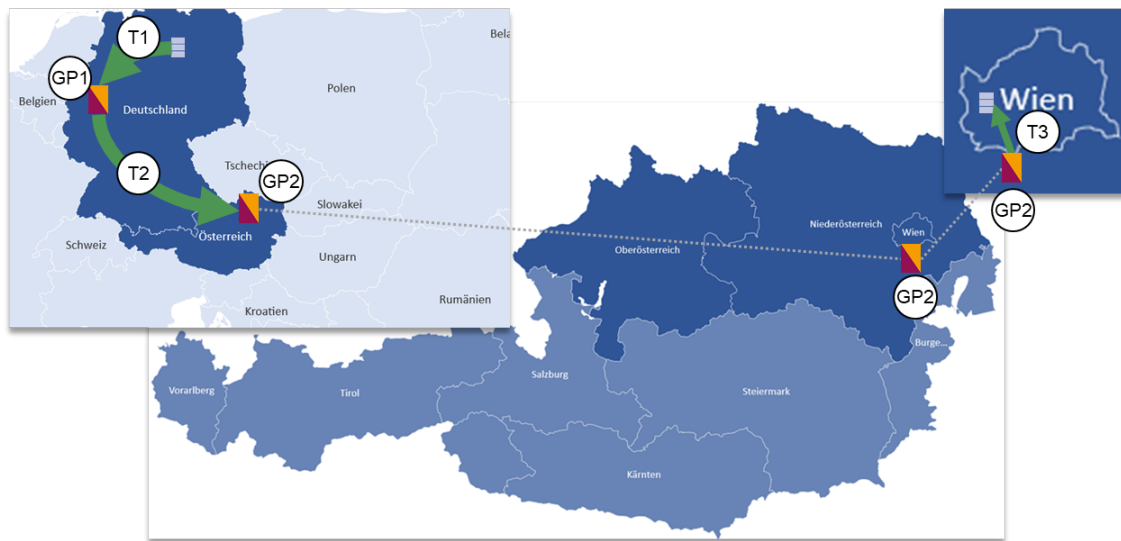
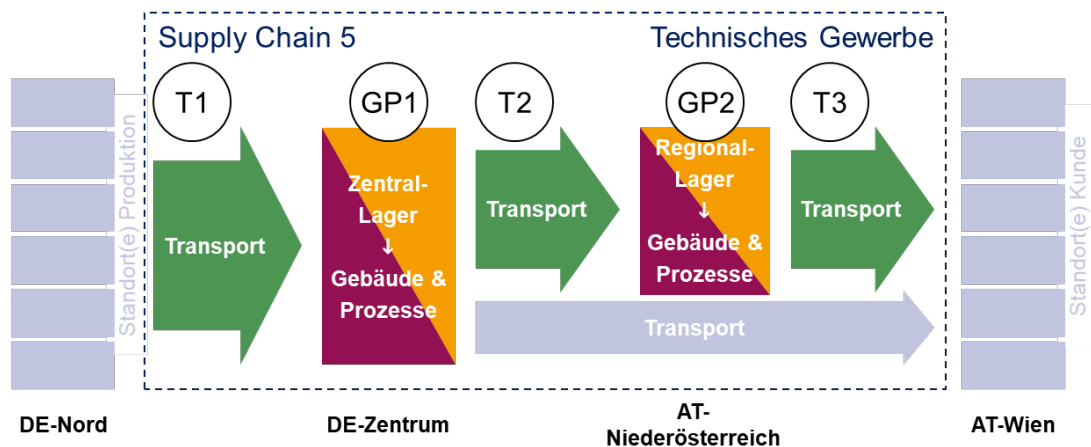


Abbildung 26: Darstellung der Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe



Transport T1: Vom Produktionsstandort wird das Material gemeinsam mit anderen Materialien gebündelt mit einem LKW (40 t) vom Raum Berlin in das rund 500 km entfernte Zentrallager gebracht.

Gebäude & Prozesse GP1: Hier erfolgt die ggf. längerfristige Einlagerung und bei Bestellabruf die Kommissionierung, die Bereitstellung und der Versand. Die Prozesse sind teils manuell und teils automatisiert unterstützt.

Transport T2: Mittels Speditionsverkehr oder Paketdienst erfolgt die Lieferung von Deutschland in das nationale Regionallager bzw. Verteilzentrum im Süden von Wien.

Gebäude & Prozesse GP2: Die Materialien werden übernommen und im Cross-Docking-Bereich für die Zustelltouren bereitgestellt. Der Betrieb im Verteilzentrum erfolgt manuell.

Transport T3: In der Feinverteilung erfolgt die Zustellung mit kleinen LKW zu den Baustellen und Anlagen. Diese Transporte dienen auch der Lieferung von Werkzeugen, Verpackungsmaterialien und Retouren, welche im Energieverbrauch anteilig berücksichtigt sind.

Analyseergebnisse des Energieverbrauchs in Supply Chain 5 – „Technisches Gewerbe“ mit 3 Transportstrecken und 2 Lager-/Umschlagpunkten:

Abbildung 27: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe

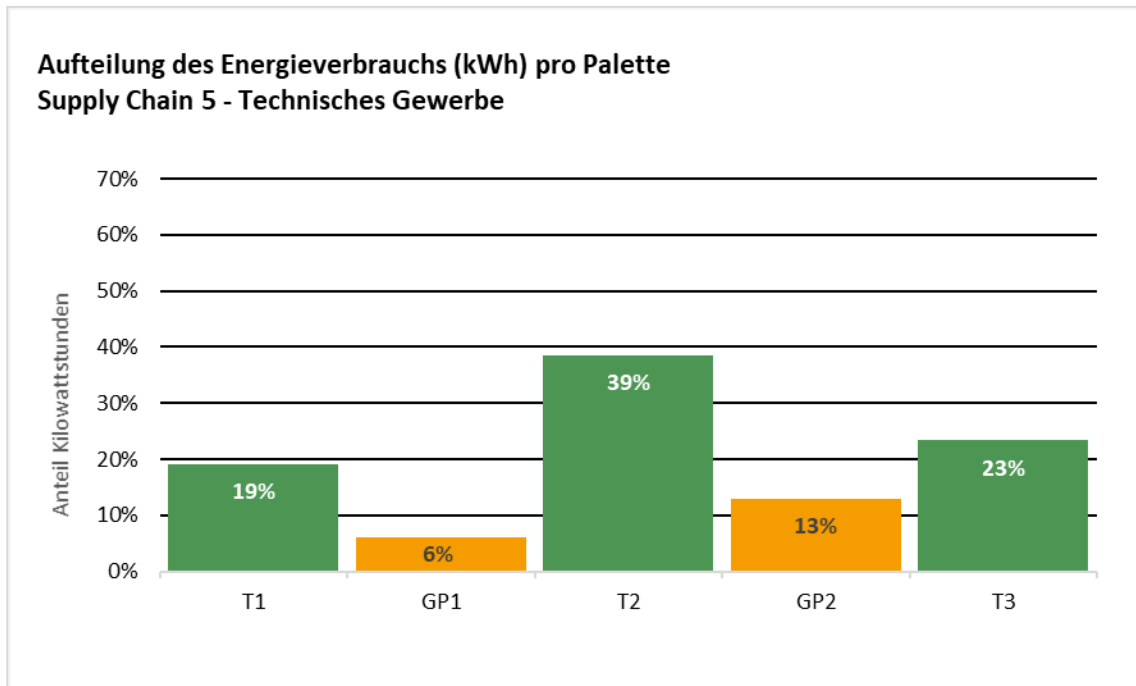
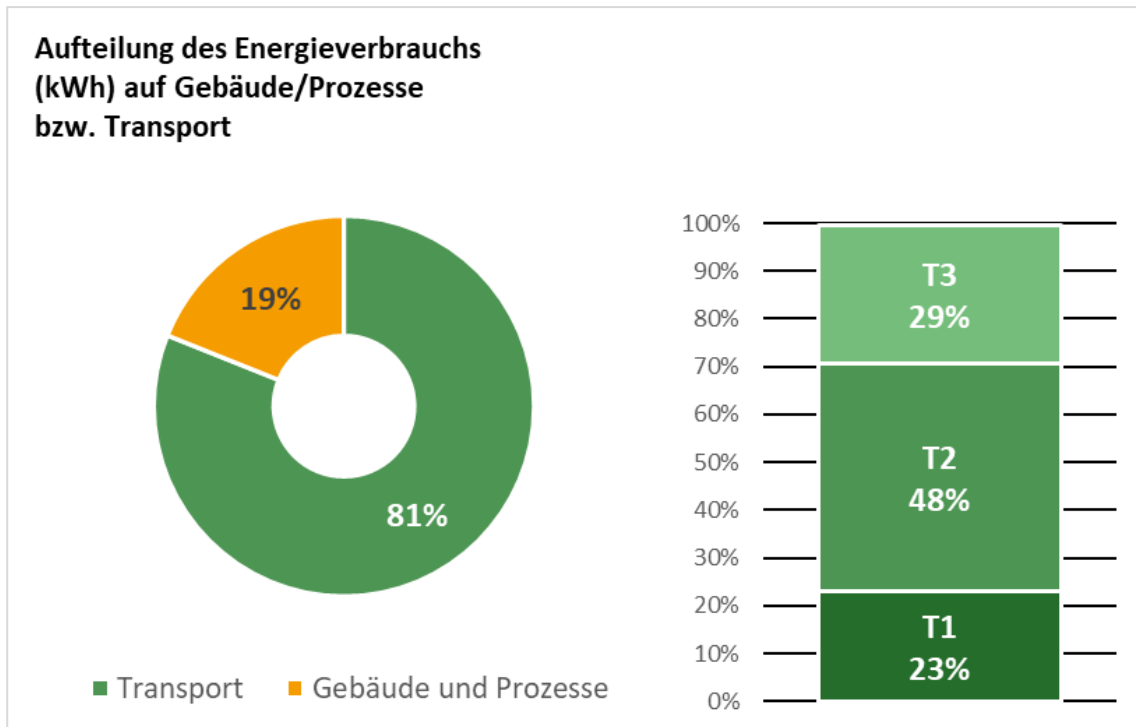


Abbildung 28: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport



Etwa 20 % des Energieverbrauchs entfällt auf Gebäude, der überwiegende Teil, und zwar knapp über 80 %, auf den Transport. Die Energie, die für den Transport benötigt wird, entfällt zur Hälfte auf den internationalen Lieferverkehr zwischen den Verteilzentren, etwas weniger als ein Viertel auf die Beschaffungstransporte im Zentrallager, etwas mehr als ein Viertel auf die letzte Teilstrecke der Feinverteilung.

8 Ergebnisse und Benchmarks

8.1 Darstellung der Ergebnisse im Überblick

Die fünf untersuchten und dargestellten Supply Chains unterscheiden sich nicht nur durch die transportierten Güter, sondern auch hinsichtlich anderer relevanter Faktoren und Parameter, welche Einfluss auf den Energieverbrauch haben.

Wie die Einzelbetrachtungen zeigen, ist der Anteil des Energieverbrauchs von Gebäuden und Prozessen am Gesamtverbrauch in einer Bandbreite zwischen rund 10 % und 25 %, weshalb Veränderungen in diesem Bereich auf den Gesamtenergieverbrauch auch einen Einfluss in dieser entsprechenden Größenordnung haben. Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch bei Gebäuden und Prozessen sind beispielsweise die Anzahl der umgeschlagenen und durchgeschleusten Güter und deren Aufenthaltsdauer bzw. Lagerdauer am Standort.

Höhere Bedeutung hat die Lagerdauer dort, wo eine lange Lagerung zu einem deutlichen Anstieg des Energieverbrauchs führt, bzw. über die längere Lagerdauer dem einzelnen Produkt ein höherer Anteil des Energieverbrauchs zuzurechnen ist. Dies wäre beispielsweise in einem Lager für Langsamdreher der Fall, in dem die Produkte teilweise länger lagern und somit anteilig mehr Energie für Beleuchtung, Heizung, Klimatisierung etc. benötigen. Umgekehrt ist der anteilige Verbrauch von lediglich kurz durchgeschleusten Produkten geringer. Generell gilt natürlich, dass eine hohe Anzahl kurzer Umschläge, also eine hohe Standortleistung wie etwa in einem Hub für Cross-Docking, den zurechenbaren Energieverbrauch je Einheit reduziert.

Die zurückgelegte Transportentfernung kann auf Basis der untersuchten Beispiele als der wesentliche Einflussfaktor für den Gesamtenergieverbrauch innerhalb von Lieferketten betrachtet werden. Mit der Entfernung steigt annähernd proportional der Gesamtverbrauch, basierend auf dem großen Anteil des Transports mit 75 % bis 90 % am Gesamtenergieverbrauch je Logistikkette.

Die Reihung der untersuchten Lieferketten nach ihrer Gesamtdistanz veranschaulicht die Bandbreite zwischen 300 km und 1.600 km:

Tabelle 3: Reihung der Supply Chains nach Entfernung

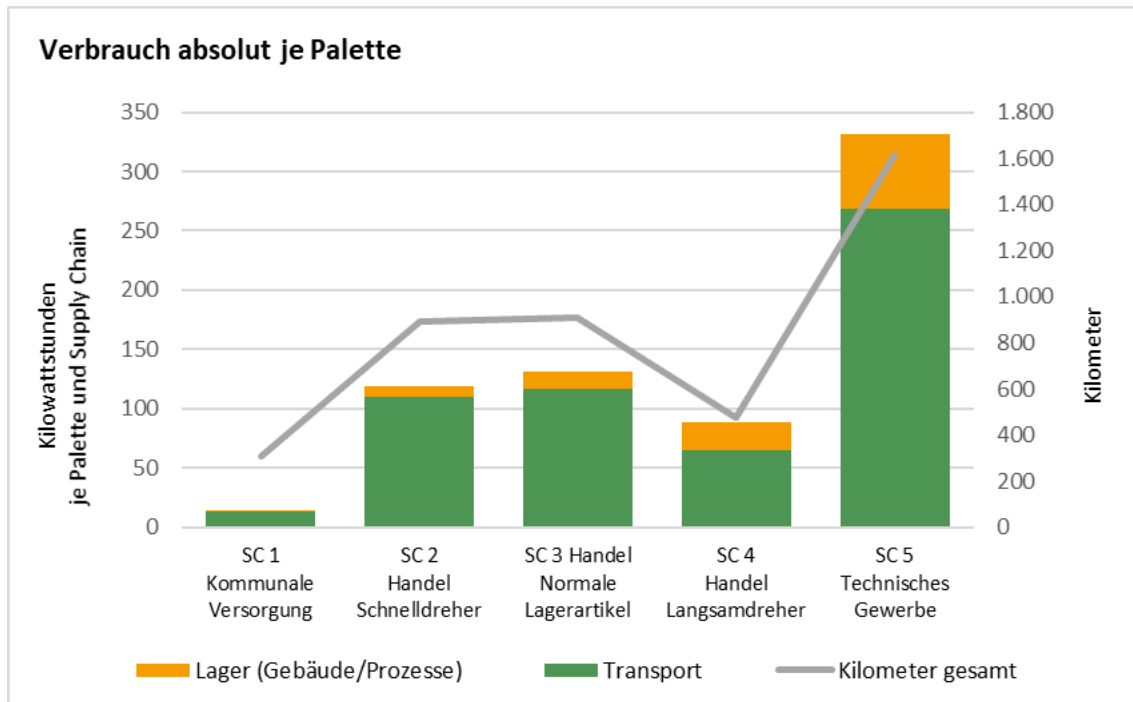
Reihenfolge	Supply Chain	Entfernung in km
1	SC 1 Kommunale Versorgung	306
2	SC 4 Handel Langsamdreher	474
3	SC2 Handel Schnelldreher	890
4	SC 3 Handel Normale Lagerartikel	908
5	SC 5 Technisches Gewerbe	1.616

Während lange Strecken im Normalfall mit großen LKW bzw. mit der Bahn (wie in Supply Chain 1) bewältigt werden, erfolgt die Feinverteilung meist mit mittleren und kleineren Fahrzeugen. Ein Vergleich zwischen den Transportsegmenten muss demnach auf Basis effektiver Leistungskennwerte erfolgen, wie z.B. Tonnenkilometer, Sendungen/km, Paletten/km oder dgl.

Die Tatsache, dass Langstrecken, die mit großen LKW gefahren werden, anteilig den höchsten Energieverbrauch verursachen, ist der meist großen Transportentfernung zuzuschreiben. Es ist anhand der Beispiele erkennbar, dass hier die Letzte Meile absolut gesehen mit einem Energieverbrauchsanteil von 5 % bis 30 % in einer sehr großen Bandbreite liegt.

Die Darstellung der absoluten Ergebnisse zeigt deutlich die große Bandbreite an möglichem Energieverbrauch auf und bewegt sich zwischen 15 kWh und 330 kWh für eine Palette vom Produktionsort entlang der Lieferkette.

Abbildung 29: Verbrauch absolut je Palette



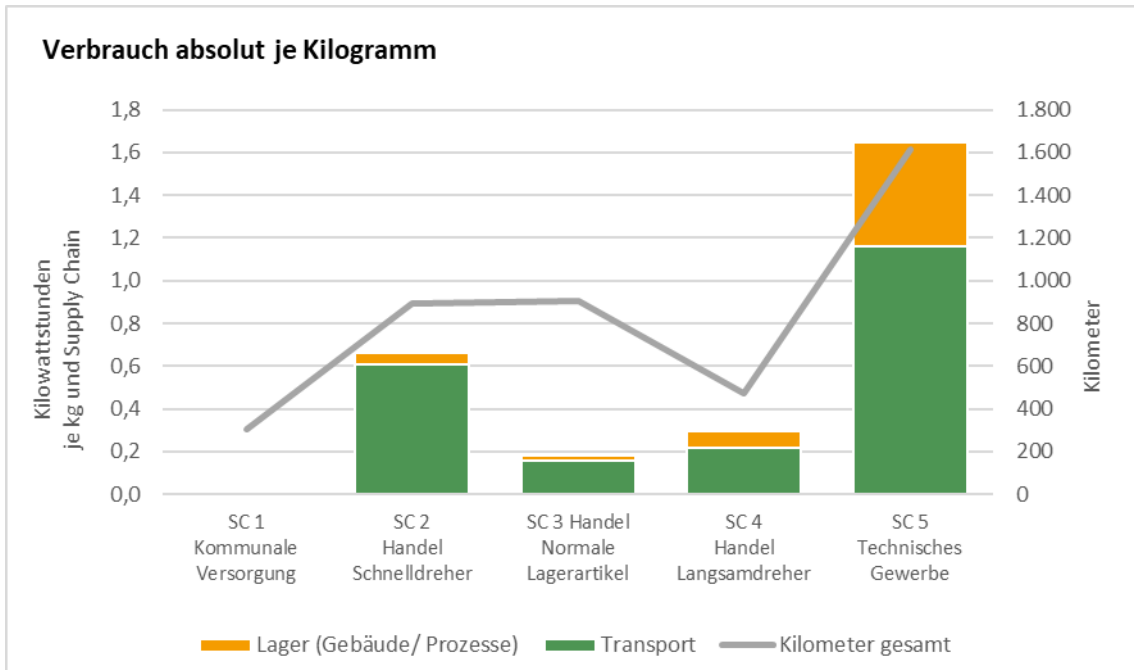
Mit dem Energieaufwand, den es benötigt, eine Palette in der Supply Chain 1 zu transportieren kann man einen Kühlschrank 1,5 Monate betreiben, bei Supply Chain 5 wären dies im Vergleich 2,5 Jahre. Umgelegt auf einen 4-Personen Haushalt entspricht die Energie für den Transport von 23 Paletten in der Supply Chain 3 einem durchschnittlichen Jahresverbrauch (ohne elektrische Warmwasserbereitung).³⁵ Anhand dieser Zahlen und Vergleiche wird deutlich, welche wesentliche Aufgabe der Transportsektor in unserem Wirtschafts- und Gesellschaftssystem einnimmt, und wie essentiell eine effiziente Energieaufbringung und -verteilung in Zukunft sein wird, vor allem im Hinblick auf alternative Antriebsformen und deren Wirkungsgrade.

Während beim Transport der Energieaufwand je Palette bei gleichen Fahrzeugen in einer Durchschnittsbetrachtung ident ist, so verändert sich dieser bei einer Analyse je Gewichtseinheit (z.B. kg). **Dementsprechend ist der Energieanteil bei einer schwer beladenen Palette je Kilogramm geringer, als wenn diese weniger schwer beladen ist.** Dies führt zu großen Unterschieden nicht nur beim Branchenvergleich, sondern auch innerhalb von Branchen, und zeigt die Komplexität in der Analyse, die jeweils stark von der Betrachtungsebene

³⁵ Referenzwerte aus: e-wie-einfach.de/faq/faqs/was-bedeutet-kilowattstunde-kwh vom 01.02.2022

abhängig ist. In den Supply Chains des Handels (Supply Chain 2 - 4) schwanken die Paletten-
gewichte beispielsweise zwischen 200 und 700 kg.

Abbildung 30: Verbrauch absolut je Kilogramm



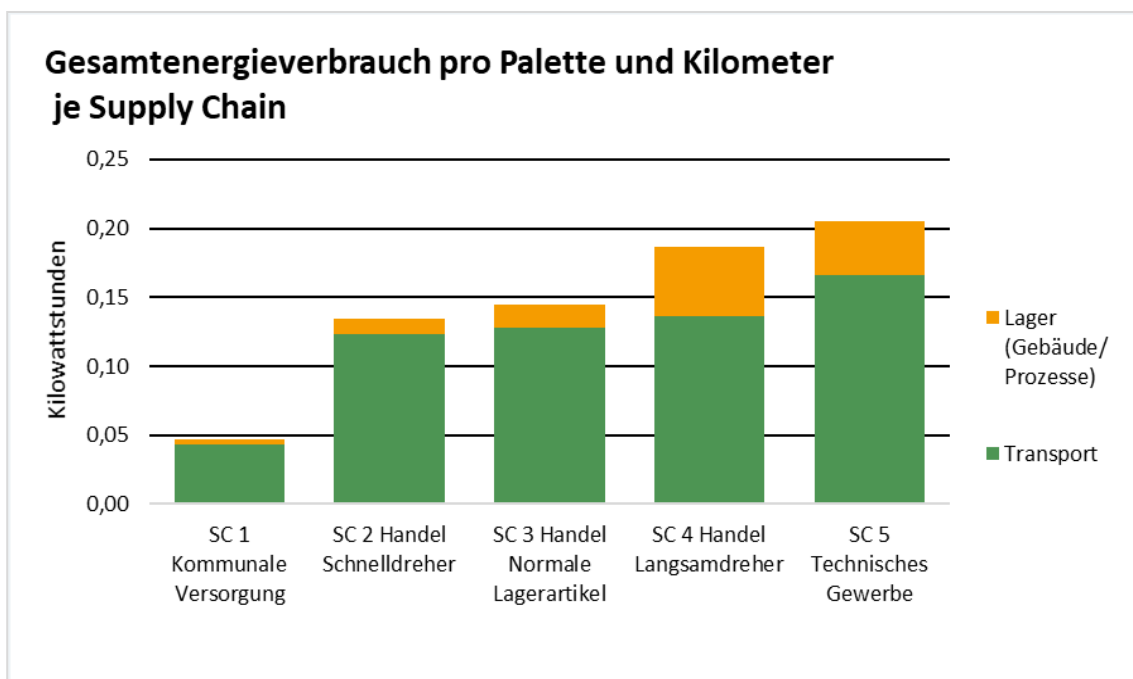
Neben dem Produktgewicht ist das Volumen entscheidend, da dieses ein limitierender Faktor beim Transport sein kann. Ist bei der Palette der limitierende Faktor für die Beladung ihr Füllvolumen oder ihre Tragfähigkeit, ist dies bei der Analyse des LKW-Transports die Nutzlast oder das Ladevolumen des LKW. Der Vergleich von Schüttgut-, Paletten-, Stückgut- oder KEP-Transporten kann demnach nur mit durchschnittlichen Umrechnungswerten durchgeführt werden und wird zusätzlich durch jeweils spezifische (Transport-)Eigenschaft wie Stapelbarkeit, Verpackung u.a. geprägt, weshalb die Werte vorrangig als grobe Parameter für eine quantitative Einordnung dienen können.

8.2 Vergleichende Betrachtung der Supply Chains

Die Betrachtung einzelner Lieferketten hat für exemplarisch ausgewählte Standort- und Liefernetzwerke absolute Energieverbrauchsdaten geliefert. Dem methodischen Ansatz folgend, können daraus grobe Benchmarks für den Energieverbrauch einer Einheit (Palette oder Kilogramm) berechnet werden, welche zur besseren Vergleichbarkeit je zurückgelegtem Kilometer in der Lieferkette herangezogen werden (unter Berücksichtigung der anteiligen Energieverbräuche durch Gebäude und Prozesse and den Lager- und Umschlagpunkten).

Der gesamte Energieverbrauch für Gebäude, Prozesse und Transporte einer Palette pro Kilometer in der Supply Chain reicht von knapp 0,05 kWh bis etwas über 0,2 kWh, der Energiebedarf unterscheidet sich somit zwischen der Supply Chain 1 (Schüttgut mit Bahn-Hauptlauf) und der Supply Chain 5 (Stückgut mit städtischer Feinverteilung) um den Faktor 4.

Abbildung 31: Gesamtenergieverbrauch pro Palette und Kilometer je Supply Chain



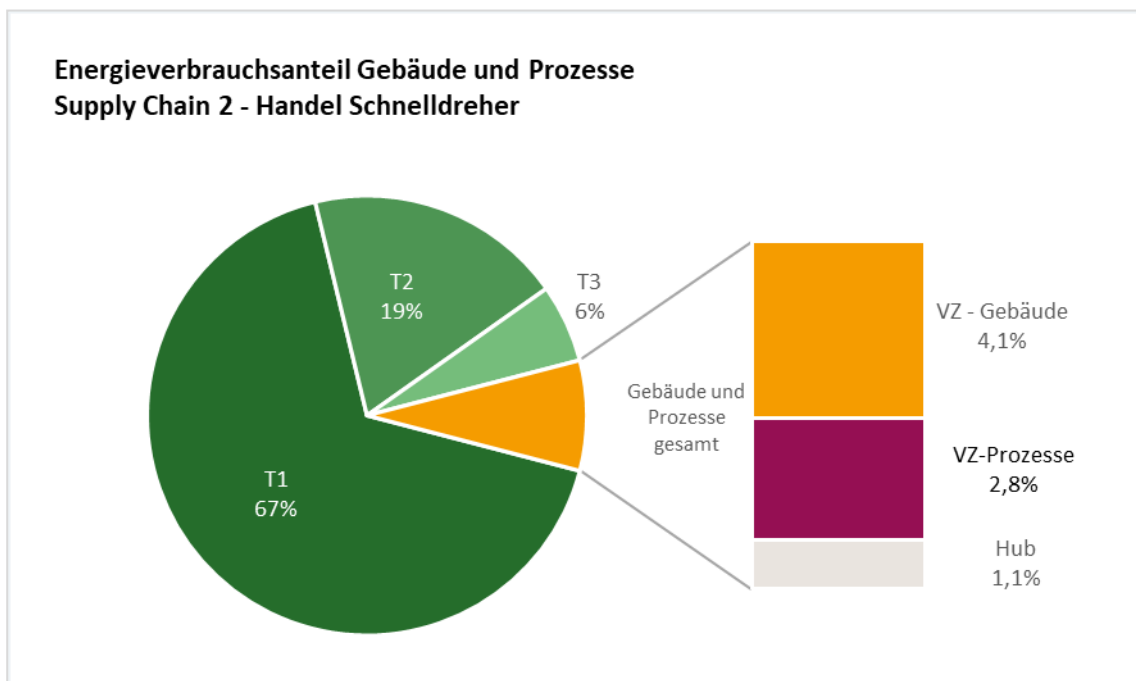
8.3 Analyse des Energiebedarfs für Gebäude und Prozesse

Bei den Supply Chains im Handelsbereich (SC 2, SC 3 und SC 4) ist eine grobe Differenzierung des Energiebedarfs im Verteilzentrum (VZ) in Gebäude und Prozesse möglich.

Als Energieträger werden Gas und Strom eingesetzt. Der Gasverbrauch fließt vollständig in den Bereich Gebäude ein (Heizung), beim Strom verbleibt ein kleinerer Anteil ebenso beim Gebäude (Gebäudetechnik), der größere Teil wird jedoch für den Betrieb der automatischen Anlagen (Lagertechnik) und des sonstigen Lagerbetriebs (Förder- und Sortiertechnik) aufgewendet. Im regionalen Hub, wo lediglich der Umschlag auf die Touren zur Feinverteilung erfolgt, war diese Differenzierung nicht möglich, hier ist aber auch der Energieverbrauchsanteil an der gesamten Lieferkette mit etwa 1 % eher marginal.

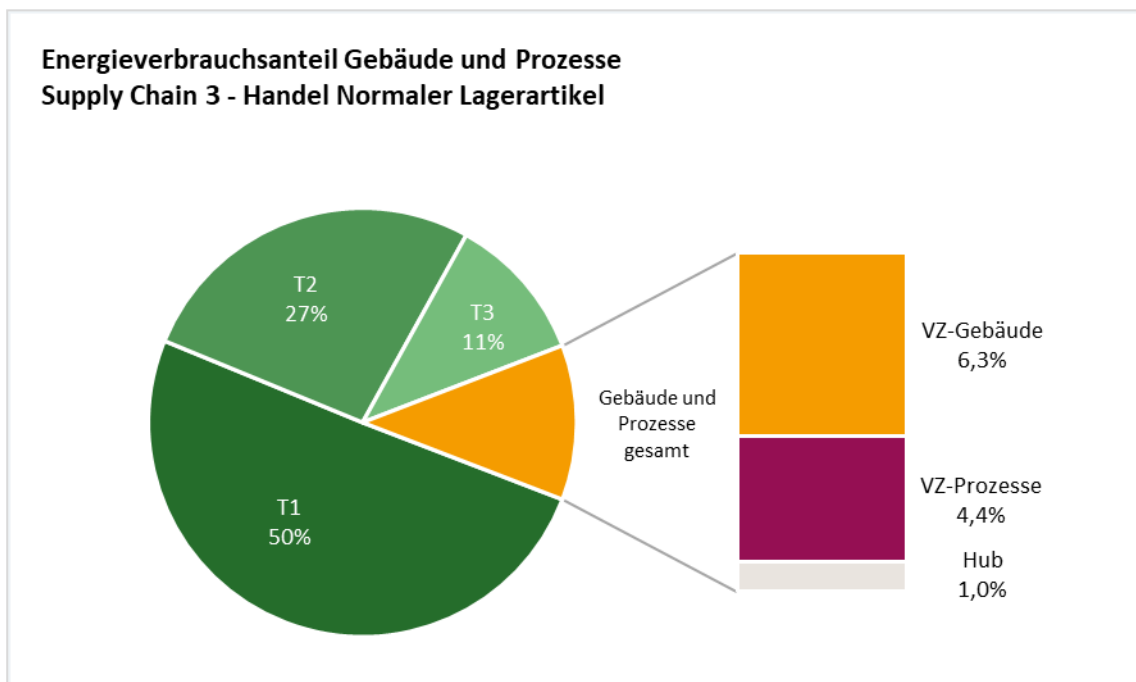
Bei Supply Chain 2 (Handel Schnelldreher) verteilen sich die 8 % der Energie, die den Gebäuden und Prozessen zurechenbar sind, knapp über die Hälfte auf die Gebäude (4 %), etwa ein Drittel (3 %) auf Prozesse und der Rest auf den Hub (1 %), wo keine dementsprechende Differenzierung im Energieverbrauch möglich war.

Abbildung 32: Energieverbrauchsanteil Gebäude und Prozesse in Supply Chain 2 - Handel Schnelldreher



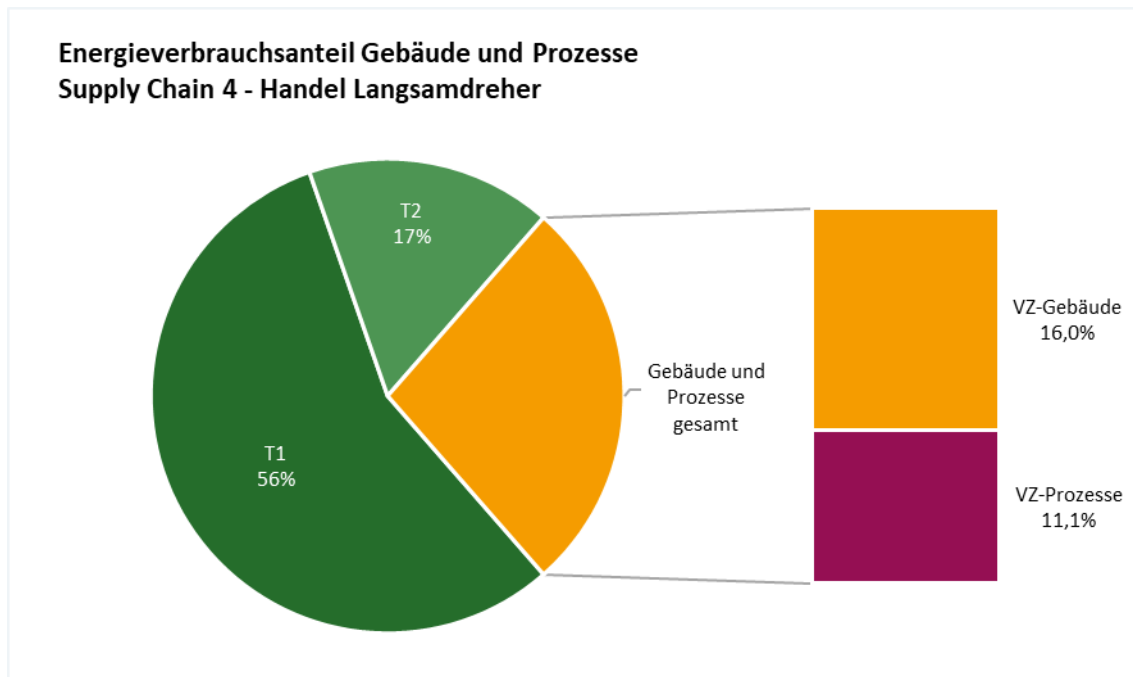
Bei Supply Chain 3 (Handel Normale Lagerartikel) entfällt mit 12 % ein etwas größerer Teil der Gesamtenergie als bei SC 2 auf den Bereich Gebäude und Prozesse. Auch hier wird davon gut die Hälfte der Energie für die Gebäude (6,5 %) benötigt, knapp 40 % für die Prozesse (4,5 %), und die verbleibenden Anteile für den Hub (1 %).

Abbildung 33: Energieverbrauchsanteil Gebäude und Prozesse in Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel



Bei Supply Chain 4 (Handel Langsamdreher) liegt der betrachtete Endpunkt der Lieferkette in der Nähe des Zentrallagers, daher erfolgt die Lieferung ohne weiteren Umschlag über einen Hub, zusätzlich ist die Transportdistanz der gesamten Lieferkette vergleichsweise kurz. Aus diesen Gründen ist der Energieverbrauchsanteil beim Gebäude (16 %) und bei den Prozessen (11 %) auch etwas höher.

Abbildung 34: Energieverbrauchsanteil Gebäude und Prozesse in Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher

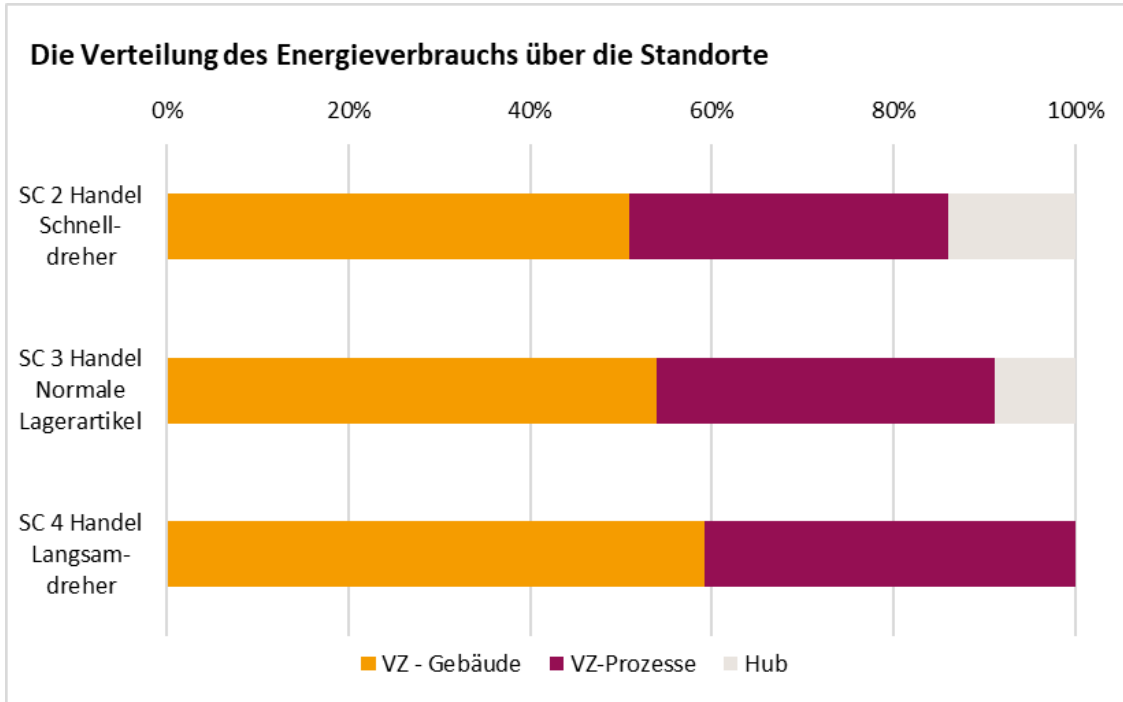


Die Darstellungen basierend auf den praxisorientierten Referenzbeispielen zeigt selbst innerhalb eines Netzwerkes die große Produkt-, Lieferanten- und Lieferketten-spezifische Bandbreite bei der Bemessung des Energieverbrauchs. Je kürzer die Lieferkette, desto geringer der transportinduzierte Energieverbrauch, desto höher ist aber gleichzeitig der anteilige Energieverbrauch an den Lager- und Umschlagpunkten.

Richtet man den Fokus auf die anteilmäßige Verteilung des Energieverbrauchs an den Standorten, dann ergibt sich als Schätzung bzw. Referenz für einen hochautomatisierten Lagerstandort eine Verteilung von etwa 40 % für Prozesse (Lager-, Förder-, Sortiertechnik etc.) und etwa 60 % für das Gebäude selbst (Heizung, Beleuchtung etc.). Der Betrieb von Standorten und Hubs, an denen lediglich manuell umgeschlagen wird, wurde mit relativ geringem Energieaufwand je Einheit ausgewiesen. Dies kann auf die hohen Umschlags- und Durchsatzleistungen solcher Standorte und den geringen Automatisierungsgrad zurückgeführt werden, weshalb dort auch weniger Energieverbraucher vorhanden sind.

Der Vergleich der drei Supply Chains im Handelsbereich zeigt nachfolgendes Bild:

Abbildung 35: Die Verteilung des Energieverbrauchs über die Standorte

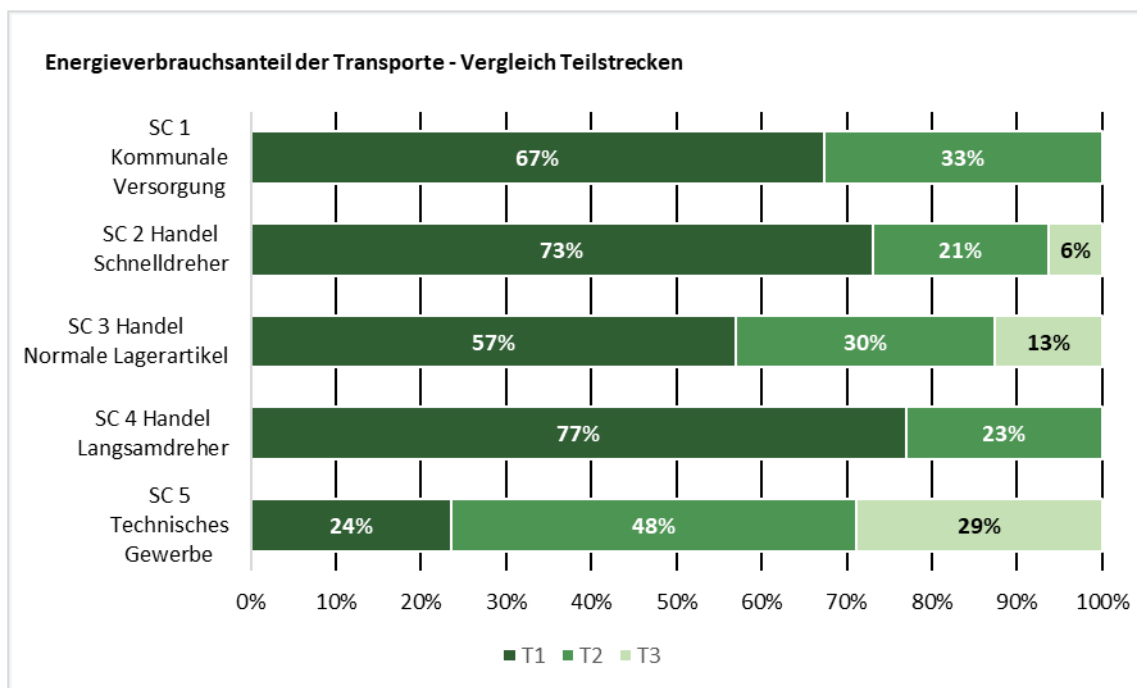


8.4 Analyse des Energiebedarfs für den Transport

Bei der Betrachtung des Energieaufwands für den Transport je Teilstrecke und Supply Chain ist zu erkennen, dass die letzte Teilstrecke (Last Mile) mit ca. 5 % - 30 % einen sehr unterschiedlichen Anteil vom Gesamtaufwand haben kann. Im Berechnungsmodell wurden die Spezifika der letzten Meile mit teilweise kleineren Fahrzeugen, geringeren Konsolidierungs- und Bündelungsmöglichkeiten und ungünstigeren Fahrsituationen mit höherem Kraftstoffverbrauch (Stop-and-Go-Verkehre) in Stadtgebieten berücksichtigt. Dadurch ergibt sich bezogen auf die Kilometer ein in Relation höherer Anteil, aufgrund der langen internationalen Transportketten insgesamt, mit 500 km bis 1.000 km bleibt der Anteil der Last Mile in der Gesamtbetrachtung jedoch beim Beispiel einer mehrstufigen Transportkette im Non-Food-Bereich bei 6 % (SC 1) bis 13 % (SC 2).

Sehr deutlich zeigt sich in der Darstellung von SC 1 – Kommunale Versorgung, dass bei der Lieferkette mit dem absolut geringsten Energieverbrauch durch eine kurze nationale Transportdistanz und dem Einsatz von Schienengüterverkehr, die Feinverteilung per LKW mit 33 % einen in Relation höheren Anteil einnimmt, obwohl es sich auch dabei um voll ausgelastete Schüttgut-LKW handelt.

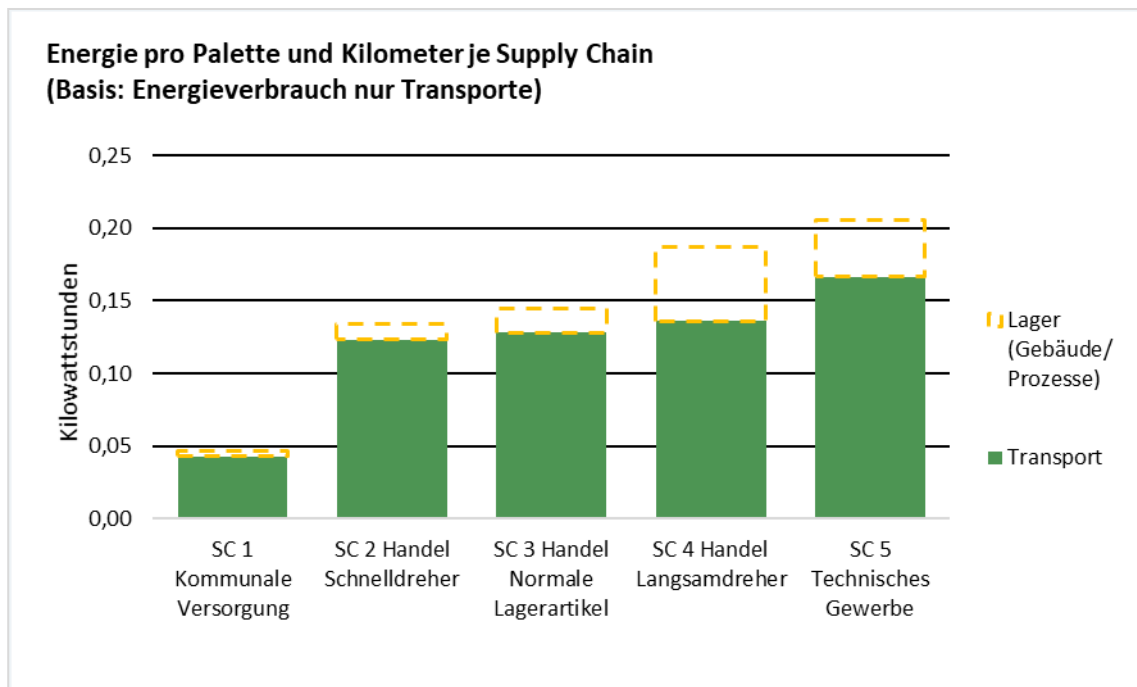
Abbildung 36: Energieverbrauchsanteil der Transporte - Vergleich Teilstrecken



Die exemplarische Analyse zeigt deutlich, dass die jeweiligen Langstrecken, die mit großen LKW gefahren werden, anteilig den höchsten Energieverbrauch verursachen. Dies liegt jedoch nicht an den Fahrzeugen oder der Organisation, denn diese Transporte werden zum Großteil mit modernen Fahrzeugen durchgeführt und sind in der Langstrecke hinsichtlich Ladevolumen oder Ladegewicht bestmöglich optimiert, es liegt vor allem an den großen Transportstrecken im internationalen Warenverkehr.

Durch die unterschiedlichen Streckenlängen können die Lieferketten auch nicht direkt miteinander verglichen werden, weshalb die nivellierte Betrachtung in „kWh pro Palette pro Kilometer“ sinnvoll ist. Der Energieverbrauch für den Transport (ohne Energieverbräuche für Gebäude und Prozesse an Lager- und Umschlagpunkten) einer Palette pro Kilometer reicht von knapp unter 0,05 kWh bis etwas über 0,15 kWh, der Energiebedarf unterscheidet sich somit zwischen der der Supply Chain 1 (Schüttgut mit dem Hauptlauf auf der Bahn) und der Supply Chain 5 (Stückgut mit städtischer Feinverteilung) um den Faktor 3.

Abbildung 37: Energieverbrauch pro Palette und Kilometer je Supply Chain (Energieverbrauch Transport)



Deutlich gemacht wird hier nochmals der geringere Energieverbrauch je Einheit in Supply Chain 1, der darauf zurückzuführen ist, dass der Transport überwiegend mit der Bahn durchgeführt wird.

8.5 Abgeleitete Kennzahlen

Die Studie zeigt, dass jede Lieferkette andere Charakteristika und Ausprägungen aufweist und sogar innerhalb eines Unternehmens- und Liefernetzwerks jeder Artikel abhängig von Transportweg, Lagerdauer, Gewicht, Transportmittel, Umschlagshäufigkeit etc. individuell betrachtet werden muss. Da dies in der Praxis nicht möglich ist, wurden auf Basis der fünf untersuchten Supply Chains grobe Kennzahlen abgeleitet, die es ermöglichen sollen, den Energieverbrauch von Supply Chains mit ähnlichen Parametern näherungsweise abschätzen zu können:

Tabelle 4: Kennzahlen für den Umschlag

Art des Umschlags	Wert	Einheit
Lagerung & Umschlag in einem Zentrallager/Verteilzentrum	15,4	kWh/Palette
Umschlag in einem Hub	1,4	kWh/Palette

Tabelle 5: Kennzahlen für den Transport

Art des Transports	Wert	Einheit
Transport leichter LKW (Feinverteilung)	1,25	kWh/Palette/km
Transport mittlerer LKW (Feinverteilung optimiert)	0,18	kWh/Palette/km
Transport schwerer LKW (Mittel-/Langstrecke)	0,12	kWh/Palette/km
Transport Bahn (Elektro-Traktion)	0,03	kWh/Palette/km
Transport Containerschiff	0,01	kWh/Palette/km

9 Ausblick

Logistik setzt den Einsatz von Energie voraus. Diese bestmöglich zu nutzen ist das Ziel von energieeffizienten Lieferketten. Energieeffizienz wird verbessert, indem die Leistung, welche durch eine gleichbleibende Menge an Energie ermöglicht wird, erhöht (z.B. Transportbündelung, effiziente Flächennutzung), oder bei gleichbleibender Leistung der Energieverbrauch reduziert (z.B. alternative Verkehrsträger, neue Technologien) wird.

9.1 Optimierungsansätze in Supply Chains

Energieeffizienz ist eine teils noch nicht erschlossene Ressource, über die beinahe jedes Unternehmen in größerem oder kleinem Ausmaß verfügt. Sie zu nutzen ist sowohl im Lager als auch beim Transport auf vielfältige Weise möglich.

Die Energieeffizienz eines Gebäudes kann durch Maßnahmen wie Dämmung, Doppelglasfenster, natürliche, kontrollierte Belüftung, Wärmerückgewinnung, die Verwendung von Schattenquellen, hitzereflektierende Farben etc. verbessert werden. In der architektonischen Gestaltung und der technischen Ausführung liegen hier viele Möglichkeiten, denn diese Maßnahmen beeinflussen Heizung und Kühlung eines Gebäudes positiv und reduzieren Energieverluste auf ein Minimum.

Die Eigenerzeugung von Endenergie mithilfe von Sonnenkollektoren zur Gewinnung von Strom und Wärme bietet einen weiteren Ansatzpunkt zur Steigerung der Effizienz. Im Gegensatz dazu wandeln Photovoltaikanlagen Sonnenlicht direkt in Elektrizität um. Sonnenlicht kann auch dazu verwendet werden, Kühlsysteme für Gebäude zu betreiben.³⁶

Maßnahmen wie die regelmäßige Messung der Energieverbräuche und ihre Beobachtung im Zeitverlauf ermöglichen eine bessere Steuerung des Verbrauchs und erhöhen die Trans-

³⁶ Heinrich Böll Stiftung (Hrsg.): Effizienz – Weniger soll mehr werden, in: Energieatlas, Daten und Fakten über die Erneuerbaren in Europa, Berlin 2019, S. 28

parenz. Die ISO Richtlinie 50001 unterstützt dabei durch einheitliche Bedingungen an Energiemanagementsystemen und Energieaudits³⁷ (siehe dazu auch Kapitel 1.4.3). Im Rahmen eines Umweltmanagementsystems wie z.B. EMAS übernehmen Umweltschutzbeauftragte die Steuerung von betrieblichen Umweltschutzmaßnahmen und begleiten den EMAS-Validierungsprozess.³⁸ Eine unterstützende Energiemanagementsoftware hilft bei der systematischen Erfassung, Analyse und Dokumentation. Darüber hinaus kann Sensorentechnik (Luftqualitätsfühler, Präsenzmelder u.ä.) im Rahmen von digitalen Regelungssystemen eingesetzt werden. Auch ist darauf zu achten, dass bei Änderungen von Rahmenbedingungen oder betrieblichen Nutzungsänderungen (z.B. Verschiebung der Arbeitszeiten etc.) der Energieeinsatz und die Steuerungen entsprechend angepasst werden.³⁹

Im Lager geht in der Regel die meiste Energie bei der Anlieferung und Versendung von Waren verloren, Maßnahmen sind demnach die Beachtung der Öffnungsdauer der Tore, dichtes und richtiges Schließen der Rolltore, sonstige Abdichtungen, Ablauf des Andockvorgangs, Verbesserung bei der Gebäudedämmung etc.⁴⁰ Aber auch durch ein besseres Einstellen von Motoren oder das Schmieren schwergängiger Räder bei Flurförderfahrzeugen kann der Energiebedarf gesenkt werden.

Neben technischen Mängeln zeichnen oft organisatorische Probleme für erhöhten Energiebedarf verantwortlich: Schlecht oder nicht abgestimmte Prozesse in der Produktion führen zu Leerläufen und Wartezeiten, nicht optimierte Lagerbestände ziehen erhöhten Platzbedarf nach sich. Die Sensibilisierung der Belegschaft, die Optimierung von Prozessen, die Planung und Nutzung möglichst kurzer Wege bzw. die Koordination des innerbetrieblichen Verkehrs bringen oftmals einen ebenso positiven ökologischen Effekt wie die bedarfsgerechte Ansteuerung von Anlagen, das heißt das Abschalten von (Teil-)Anlagen der Förder-technik, wenn diese nicht genutzt wird, sowie das Vermeiden von Lastspitzen, etwa durch zeitversetztes Schalten der Anlagen oder zeitversetztes Laden der Batterien für Flurförderzeuge.⁴¹

³⁷ eha.net/blog/details/energiemanagement-norm-iso-50001.html vom 20.02.2022

³⁸ emas.de/was-ist-emas vom 20.02.2022

³⁹ Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart (Hrsg.): Energie und Energieeffizienz im Überblick, Leitfaden für Logistikbetriebe, Stuttgart 2019, S. 28

⁴⁰ wirtschaftswissen.de/einkauf-produktion-logistik/logistik/energiefresser-ausschalten-energiekosten-senken-energieeffizienz-steigern-in-der-logistik/ vom 21.11.2021

⁴¹ eha.net/blog/details/energieeffizienz-fuer-logistik-unternehmen-kostenfaktor-energie.html vom 21.11.2021

In der Intralogistik sowie im Lagerbereich finden sich weitere Ansatzpunkte für Einsparmöglichkeiten, wie beispielsweise der Einsatz von Bremsenergie-Rückgewinnungsanlagen bei Staplern. In vielen Unternehmen arbeitet die Fördertechnik allerdings heute bereits so effizient, dass sich weitere Energiesparmaßnahmen in der Intralogistik nur schwer wirtschaftlich darstellen lassen. Große Einsparpotenziale liegen vielmehr in anderen Bereichen wie der Tiefkühltechnik oder der Beleuchtung.⁴²

Die Informations- und Kommunikationstechnologie gewinnt in der Logistik ständig an Bedeutung, ihre Rolle als wesentlicher Energieverbraucher darf nicht außer Acht gelassen werden. Neben der Beschaffung von energiesparenden Geräten, spielen auch ihre optimale Nutzung und die benötigte Kühlung eine Rolle. Beim Stromverbrauch eines Rechenzentrums entfallen 31 % auf den Server, 22 % auf Speichersysteme und weitere 22 % auf die Klimatisierung.⁴³

Im Transport ermöglichen logistische Maßnahmen wie die Bündelung von Sendungen, Routenoptimierung durch den Einsatz von Telematiksystemen, die Vermeidung von Leerfahrten, die optimale Ausnutzung des Laderaums, Stauoptimierung, Kooperationen und Allianzen u.v.m. eine bessere Ressourcennutzung und sorgen somit für geringeren Energiebedarf. Weiters unterstützen Fuhrparkmodernisierung, technische Verbesserungen an den Fahrzeugen und die Optimierung der Fahrweise, die u.a. mittels Fahrerschulungen erreicht werden kann, die Reduktion der einzusetzenden Energie. Dort, wo dies möglich ist, ist selbstverständlich der Umstieg auf weniger energieintensive Transportmittel wie Bahn oder Schiff bzw. der Aufbau von Transportketten im Kombinierten Verkehr als vorrangige Lösungsmöglichkeit für eine bessere Energienutzung zu sehen.

Auch die Standortwahl spielt eine Rolle: Handelsunternehmen positionieren ihre Verteilzentren verkehrstechnisch optimiert, Paketdienste platzieren ihre Zustelldepots vermehrt innerstädtisch oder stadtnahe, um Wege zu kürzen und die letzte Meile näher an den Kun-

⁴²

miebach.com/fileadmin/user_upload/DynamicContent/Publication/Downloads/2015/Energiesparen_in_der_Intra-Logistik/2015-12-Logistra-Energiesparen-in-der-Intralogistik-Miebach-Consulting-Felix-Wersich.pdf
vom 10.01.2022

⁴³ blog.vorest-ag.com/energiemanagement/energieeffizienz-in-der-informations-und-kommunikationstechnik/ vom 10.01.2022

den zu rücken. Der Einsatz alternativer Antriebsformen wie Elektromobilität oder Wasserstoff muss im Logistik- und Transportbereich gemeinsam mit neuen Supply Chain Konzepten und effizienten Energienutzungskonzepten geplant werden.

Ganz wesentlich wirken auch strategische Entscheidungen der Unternehmen auf den Energiebedarf. Vor allem im Bereich des Sourcing, also der Beschaffung, liegt ein großer Hebel, denn unabhängig vom eingesetzten Energieträger, ist der Energiebedarf auch weiterhin direkt abhängig von der Transportentfernung. Demnach ist im Regelfall die benötigte Energie umso niedriger, je regionaler das Sourcing stattfindet.

Eine andere wesentliche Maßnahme liegt neben der Reduktion der Transportleistung in der direkten Vermeidung von Transporten. Nachlieferung wegen mangelnder Qualität oder unzureichender Planung oder Sonder- bzw. Expresslieferungen wegen Fehlbeständen aufgrund unzureichender Daten sind hier nur einige Beispiele für Transporte, die durch bessere Steuerungssysteme und durch Digitalisierung vermeidbar sind.

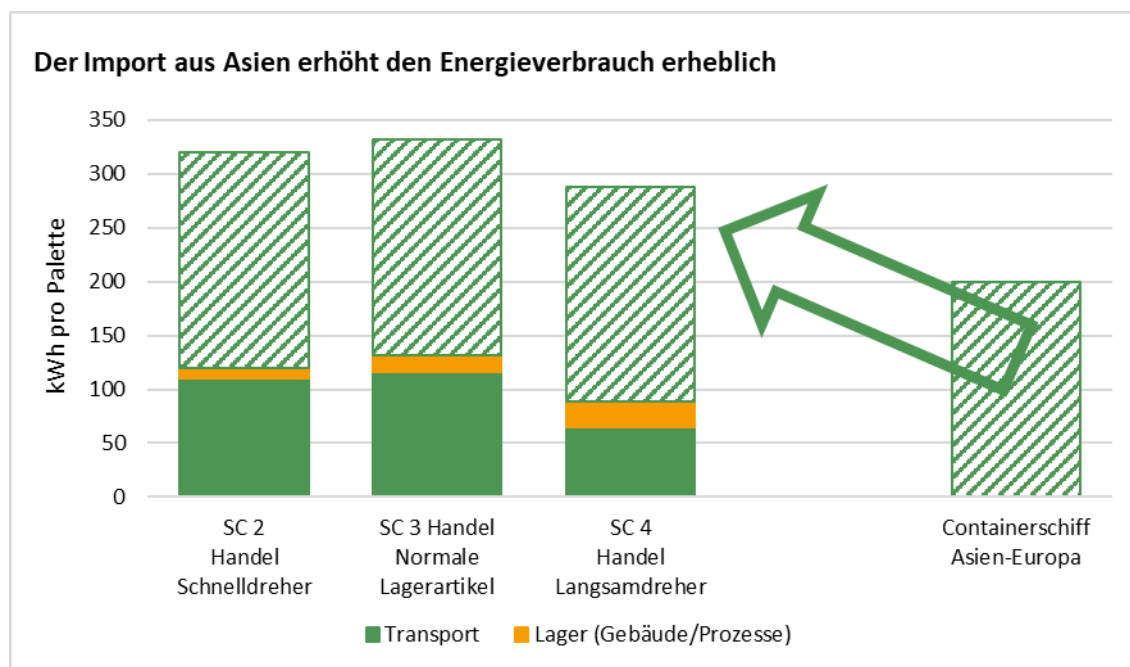
Bei allen Überlegungen zu Energieeinsatz und Energieeinsparung bzw. Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Logistikketten darf das Phänomen von Rebound-Effekten nicht außer Acht gelassen werden. Dies ist dann der Fall, wenn es nach einer Effizienzsteigerungsmaßnahme zu einer höheren Gesamtnachfrage nach Energie als vor der Maßnahme kommt und so die erwartete Einsparung in Summe gemindert oder kompensiert wird.

9.2 Die globale Perspektive

In den betrachteten Supply Chains dieser Studie wurde der Fokus auf innereuropäische Lieferketten gelegt, in den globalisierten Wirtschaftssystemen ist natürlich ein Blick auf die globale Perspektive interessant, und hier speziell auf die Transporte Richtung Asien.

Eine Palette aus dem Konsumgüterbereich, welche aus einem Teil Europas den Weg in ein österreichisches Supermarktregal findet, benötigt dafür rund 100 kWh Energie. Kommt die Ware jedoch zuvor mit einem Containerschiff aus China nach Europa, verändert sich dieses Bild massiv. Zwar ist das Schiff bei der Analyse des Energieverbrauchs je Kilometer effizienter als die Bahn, aufgrund der großen Distanz entsteht jedoch auf dem Seeweg ein zusätzlicher Energieaufwand von gut 200 kWh pro Palette⁴⁴. Der Energiebedarf der gesamten Supply Chain für eine Palette im Handel verdreifacht sich also von 100 kWh auf 300 kWh je Palette, wenn der Transport von Asien nach Europa ergänzend kalkuliert wird.

Abbildung 38: Der Import aus Asien erhöht den Energieverbrauch erheblich

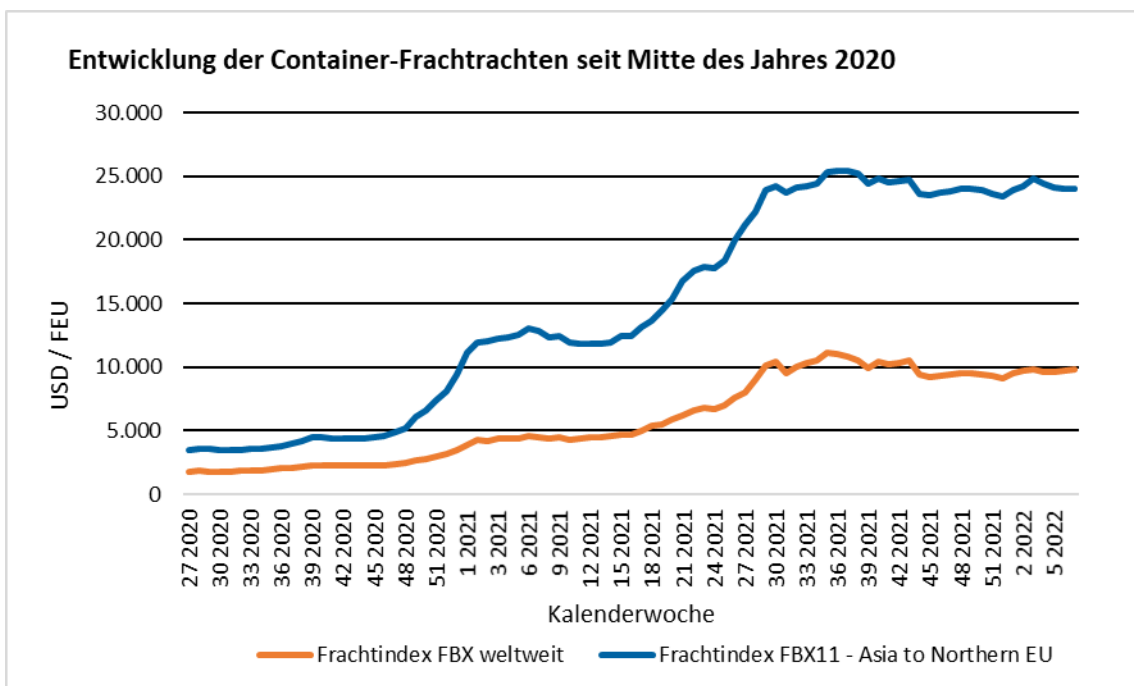


Der zusätzliche Energieaufwand und die damit einhergehenden Energiekosten treten jedoch bei der Betrachtung der aktuellen Entwicklung der Frachtpreise in den Hintergrund.

⁴⁴ Berechnungsgrundlagen aus: ecotransit.org/de/emissionsrechner/ vom 03.02.2022

Bei einem Schwerölpreis von 1 € pro Liter⁴⁵ fallen pro TEU (twenty foot equivalent unit) für die Strecke aus Asien rund 500 € an Treibstoffkosten an. War dies bis vor kurzer Zeit noch ein wesentlicher Anteil an den Frachtkosten, so schlägt dieser Wert aktuell nur noch mit 5 % – 10 % zu Buche, wodurch die Bedeutung des Energiepreises und der damit zu erzielende Lenkungseffekt bei den aktuellen Frachtraten, die durch die unerwartet hohe Nachfrage nach Waren und somit in weiterer Folge nach Containerschiffen stark gestiegen sind, in den Hintergrund tritt.

Abbildung 39: Entwicklung der Container-Frachtraten seit Mitte des Jahres 2020



Quelle: Daten aus: en.macromicro.me/collections/4356/freight/35164/fbx11-china-east-asia-to-north-europe vom 03.03.2022

⁴⁵ rickmers-online.de/bunkerstation-binnenhafen/ vom 07.02.2022

9.3 Treiber zur Verbesserung der Energieeffizienz

9.3.1 Europäische und nationale Vorgaben und Ziele

Zu den Problemen und Aufgaben der EU im Bereich Energie zählen die zunehmende Einfuhrabhängigkeit, der Mangel an Diversifizierung, hohe und volatile Energiepreise, die weltweit wachsende Energienachfrage, Sicherheitsrisiken für Erzeuger- und Transitländer, die zunehmende Gefährdung durch den Klimawandel, Dekarbonisierung, zu langsame Fortschritte bei der Steigerung der Energieeffizienz, Herausforderungen im Zusammenhang mit dem zunehmenden Anteil erneuerbarer Energieträger, der Bedarf nach mehr Transparenz sowie die weitere Vernetzung der Energiemärkte. Im Mittelpunkt der EU-Energiepolitik steht daher eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verwirklichung eines integrierten Energiemarktes, einer sicheren Energieversorgung und einer nachhaltigen Energiewirtschaft.⁴⁶

Vor allem die Senkung des Energieverbrauchs und die Eindämmung der Energieverschwendung sind für die EU von zunehmender Bedeutung. Laut dem europäischen Green Deal will Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent der Welt werden.

2007 legten die Staats- und Regierungschefs der EU die 3 wichtigsten Ziele für 2020 fest:

- Senkung der Treibhausgasemissionen um 20 % (gegenüber dem Stand von 1990)
- 20 % der Energie in der EU aus erneuerbaren Quellen
- Verbesserung der Energieeffizienz um 20 %

Das 20 %-Ziel für die Energieeffizienz wurde mit der Verabschiedung der Energieeffizienz-Richtlinie 2012/27/EU im Jahr 2012 in Kraft gesetzt. Konkret bedeutete dies, den Endenergieverbrauch der EU auf höchstens 1.086 Millionen Tonnen Öläquivalent (Mtoe) und den Primärenergieverbrauch auf höchstens 1.483 Mtoe zu senken. Dies entspricht grob der Abschaltung von 400 Kraftwerken. Um dieses Ziel zu erreichen, mussten die EU-Länder ihre eigenen indikativen nationalen Energieeffizienzziele festlegen und dreijährige Energieeffizienz-Aktionspläne (NEEAPs) sowie jährliche Fortschrittsberichte veröffentlichen.⁴⁷

⁴⁶ europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/68/energiepolitik-allgemeine-grundsatz vom 03.01.2022

⁴⁷ energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-targets_en vom 10.1.2022

Die nationale Umsetzung der EU-Energieeffizienzrichtlinie (EED; 012/27/EU) zur Energieeffizienz erfolgte mit dem Energieeffizienzgesetz (EEffG; BGBl. I Nr. 72/2014), welches im Juli 2014 vom Nationalrat beschlossen wurde. Dieses sieht u.a. eine Stabilisierung des Endenergieverbrauchs auf 1.050 PJ (Petajoule) bis 2020 vor. Im Jahr 2019 lag der energetische Endverbrauch in Österreich bei 1.139 PJ. Vorläufige Daten für 2020 gehen von einem Rückgang auf 1.055 PJ aus, wobei es sich nicht um einen nachhaltigen Rückgang aufgrund von systemischen Änderungen, sondern vor allem aufgrund der COVID-19-Krise handelt.⁴⁸

Die Kerninhalte des Bundes-Energieeffizienzgesetzes sind weiters⁴⁹:

- Die Verpflichtung der Energielieferanten zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen
- Die Verpflichtung des Bundes zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen
- Die Einhaltung von Qualitätsstandards bei der Durchführung von Energiedienstleistungen
- Die Verpflichtung der großen Unternehmen zur Durchführung eines externen Energieaudits oder Einführung eines Energie- oder Umweltmanagementsystems

Für das Jahr 2020 waren 2.059 Unternehmen unabhängig von etwaigen Konzernverbindungen als verpflichtete große Unternehmen gemäß § 9 EEffG gemeldet, insgesamt wurden für 1.889 Unternehmen Energieaudits (1.207 externe, 682 interne) durchgeführt. 8 % davon waren dem Bereich Verkehr zuordenbar, 2 % dem Bereich Handel.

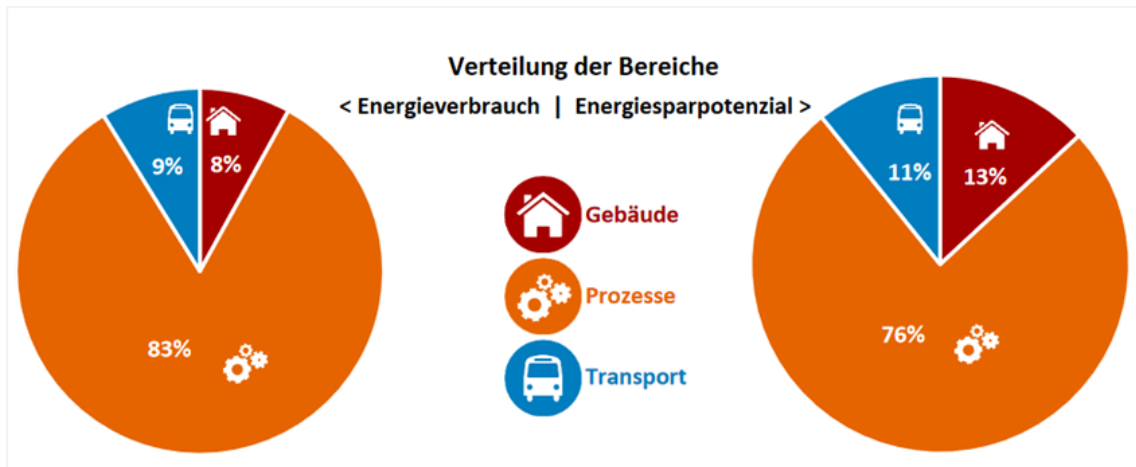
Der Großteil des in den Energieaudits untersuchten Energieverbrauchs ist dem Bereich Prozesse zuzurechnen. Hauptgrund dafür ist, dass 28 % der verpflichteten großen Unternehmen aus dem produzierenden Bereich (Industriesektor) stammen. Außerdem ist der Bereich Prozesse in der zugrundeliegenden ÖNORM (ÖNORM EN 16247) nicht exakt abgegrenzt.⁵⁰

⁴⁸ Umweltbundesamt Österreich (Hrsg.), Klimaschutzbericht 2021, Seite 39

⁴⁹ Austrian Energy Agency: Stand der Umsetzung des Bundes-Energieeffizienzgesetzes (EEffG) in Österreich, Berichtsjahr 2020, S. 52

⁵⁰ Austrian Energy Agency: Stand der Umsetzung des Bundes-Energieeffizienzgesetzes (EEffG) in Österreich, Berichtsjahr 2020, S. 25 ff.

Abbildung 40: Ergebnisse der Energieaudits 2020 (alle Branchen)



Quelle: Austrian Energy Agency, Stand der Umsetzung des Bundes-Energieeffizienzgesetzes (EEffG) in Österreich, Berichtsjahr 2020, S. 28

Weitere bestehende Maßnahmen neben dem EEffG sind u. a. Förderinstrumente, etwa für die thermische Gebäudesanierung und die Erneuerung der Heizsysteme (Sektor Gebäude – Haushalte und Dienstleistungen), bautechnische Standards, europäische CO₂-Standards für PKW, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, die Umsetzung des Ökostromgesetzes 2012 (Sektor Energie) und Änderungen im EU-Emissionshandel (Sektor Industrie)⁵¹

Im Jahr 2018 wurde im Rahmen des Pakets „Saubere Energie für alle Europäer“ (Clean Energy-Package) als neues Ziel festgelegt, den Energieverbrauch bis 2030 um mindestens 32,5 % zu senken. Unter anderem wurde vereinbart, dass jedes EU-Land seine Strategie für den Energieverbrauch von Gebäuden für den Zeitraum 2021 bis 2030 in seinen integrierten nationalen Energie- und Klimaplänen darlegen muss.⁵² Daher kommt der Energieeffizienz aus strategischer Sicht besondere Bedeutung in der Energieunion zu, und die EU fördert den Grundsatz „Energieeffizienz an erster Stelle“.⁵³ Die im Paket „Saubere Energie für alle Europäer“ beschlossenen europäischen Gesetze beinhalten unter anderem auch zwei Richtlinien, die innerstaatlich umgesetzt werden müssen: die Erneuerbare Energierichtlinie – EE-

⁵¹ Umweltbundesamt Österreich (Hrsg.), Klimaschutzbericht 2021, Seite 55

⁵² ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-feb-17_de vom 6.12.2021

⁵³ europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/69/energieeffizienz vom 03.01.2022

RL (RL (EU) 2018/2001) – und die Elektrizitätsbinnenmarkttrichtlinie – EB-RL (RL (EU) 2019/944).⁵⁴

In der Ausgabe des Eurostat-Jahrbuchs „Energy, Transport und Environment Statistics“, Ausgabe 2020, wurden die Zahlen aus dem Jahr 2018 und somit ein Zwischenstand am Entwicklungspfad präsentiert. Der Endenergieverbrauch 2018 war das vierte Jahr in Folge gestiegen und um 5,5 % höher als bei seinem Zwischentief von 2014.⁵⁵ Der Anstieg könnte teilweise auf die gute Wirtschaftsleistung seit 2014 mit niedrigen Ölpreisen und kälteren Wintern zurückzuführen sein.⁵⁶ Während der Endenergieverbrauch im Jahr 2014 um 2,2 % unter dem Zielwert für 2020 lag, lag er 2018 um 3,2 % darüber.

Der Abstand zum Ziel für 2030 betrug 2018 gesamt 17,0 %. Der Endenergieverbrauch hatte 2006 einen Höchststand erreicht und lag 2018 um 5,4 % unter diesem Höchststand.⁵⁷ Im Vergleich zu 2017 stieg der Endenergieverbrauch 2018 in 15 der 27 Mitgliedstaaten, blieb in sechs stabil und ging in sechs anderen zurück. Der größte Rückgang war in Griechenland (-5 %) gefolgt von Österreich (-3 %) und Deutschland (-1 %) zu verzeichnen.⁵⁸

⁵⁴ kommunal.at/energiegemeinschaften-und-die-energiewende-auf-kommunaler-ebene vom 06.12.2021

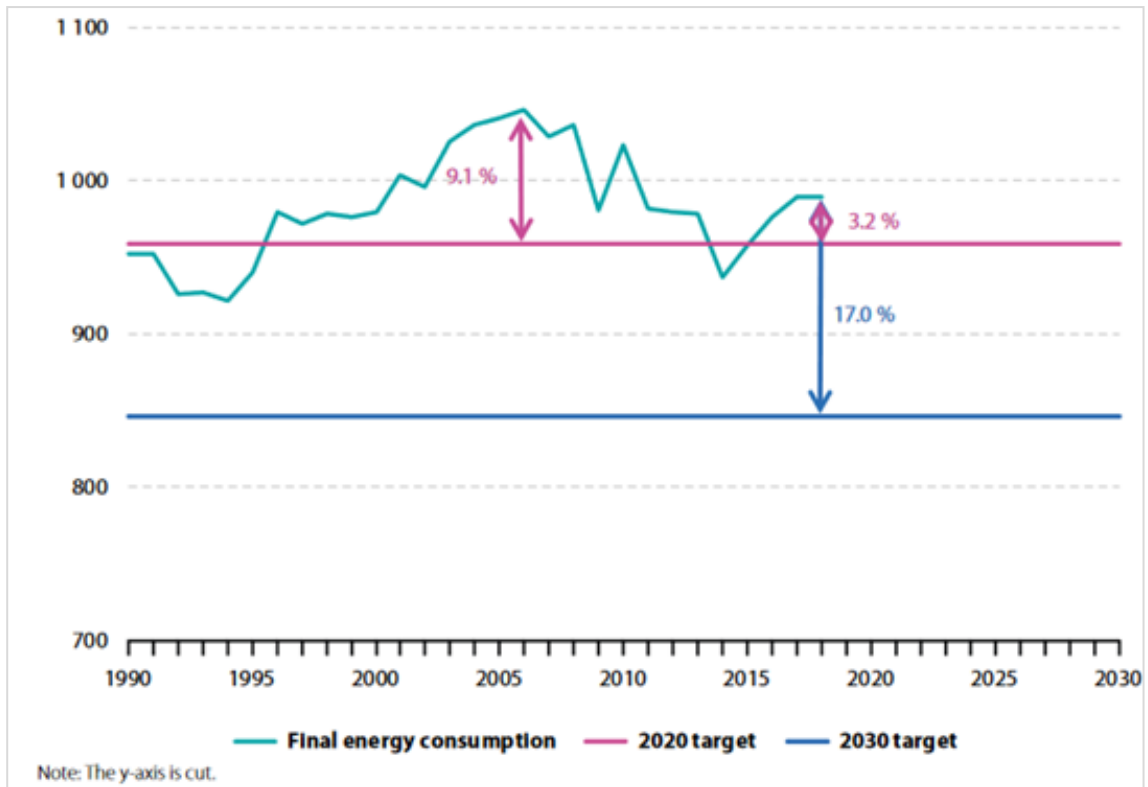
⁵⁵ EUROSTAT Pressemitteilung 26/2020, Energieverbrauch im Jahr 2018, 4. Februar 2020

⁵⁶ energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-targets_en vom 10.1.2022

⁵⁷ EUROSTAT: Energy, transport and environment statistics, 2020 edition, S. 25

⁵⁸ EUROSTAT Pressemitteilung 26/2020, Energieverbrauch im Jahr 2018, 4. Februar 2020

Abbildung 41: Abstand zu den EU-Endenergieverbrauchszielen (EU-27) in Mtoe



Quelle: EUROSTAT Pressemitteilung 26/2020, Energieverbrauch im Jahr 2018, 4. Februar 2020

Mitte Juli 2021 hat die Kommission mit dem „Fit for 55“ Paket einen Vorschlag für eine Aktualisierung der bisherigen Klimagesetzgebung vorgelegt. Dabei sollen u.a. die Ziele für die erneuerbare Energie und die Energieeffizienz verschärft werden.⁵⁹

9.3.2 Wirkung exogener Faktoren und Trends auf den Umgang mit Energie

Logistikverantwortliche beobachten relevante Trends, um rechtzeitig auf Veränderungen reagieren zu können. Viele dieser Trends wirken unmittelbar auf den Umgang der Logistikunternehmen mit Energie.

Kostendruck, bedingt durch höhere Preistransparenz und -sensitivität gepaart mit steigendem internationalem Wettbewerb, ist die treibende Kraft der Logistik. Die Notwendigkeit,

⁵⁹ Umweltbundesamt Österreich (Hrsg.), Klimaschutzbericht 2021, Seite 42

bestehendes Sparpotenzial zu nutzen, führt auch zu einer intensiveren Beschäftigung mit der benötigten und eingesetzten Energie.

Die Volatilität der Kundennachfrage, Trends wie Individualisierung oder Dezentralisierung nehmen zu, und das Kundenverhalten ändert sich. Unternehmen versuchen durch die Anpassung von Logistikprozessen bzw. flexiblere Logistikstrukturen – unter Berücksichtigung des sich dabei ändernden Energieaufwands – darauf zu reagieren.

Politische Vorgaben und Ziele gestalten den Spielraum für Logistiker mit. Unternehmen müssen sich auf energiepolitische Veränderungen einstellen und sie bestenfalls antizipieren.

Risiken wie Naturkatastrophen, Cyberattacken etc. gefährden die Stabilität von Logistikketten. Beim Aufbau von alternativen Logistikkänen ist auch die dafür benötigte Energie mitzudenken.

Die Komplexität in der Logistik wird durch eine steigende Anzahl von Produkten, Teilen, Lieferanten, Services etc. erhöht, und so wird es zunehmend schwieriger, Energieeffizienzmaßnahmen im Kontext der gesamten Supply Chains bzw. Supply Networks zu bewerten. Andererseits werden Logistikketten durch das Voranschreiten der Digitalisierung und der damit einhergehenden verbesserten Information und Kommunikation besser abgebildet. Die Digitalisierung bringt neue Instrumente hervor, erhöht die Transparenz und ermöglicht Geschäftsanalysen, die ohne informationstechnische Unterstützung nicht durchführbar sind.⁶⁰

Zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen kommt dem Energiesektor eine zentrale Rolle zu. Um die Pariser Klimaziele zu erreichen ist die Transformation des Energiesystems essentiell. Dies betrifft allerdings nicht nur den Mix an Energieträgern, die Technologien, die Infrastrukturen für Bereitstellung und den Transport, sondern auch den Konsum von Energie.⁶¹

Netzwerke und Zusammenarbeit gewinnen an Bedeutung, nicht nur innerhalb der Logistikbranche, sondern auch mit anderen Sektoren der Wirtschaft. Im Bereich Energie und Logistik könnte die Sektorenkoppelung mit der Speicherung von Energie in Fahrzeugbatterien

⁶⁰ BVL (Hrsg.): Trends and Strategies in logistics and supply chain management, Berlin 2017, S. 16 f.

⁶¹ [swp-berlin.org/themen/dossiers/energiepolitik/transformation-des-energiesystems](https://www.swp-berlin.org/themen/dossiers/energiepolitik/transformation-des-energiesystems) vom 10.01.2022

oder im Wasserstoff in Zukunft eine Rolle spielen. Aktuell bestehen im Sektor Verkehr jedoch noch einige Herausforderungen, die mit den heutigen Technologien noch nicht gelöst werden können.⁶²

Wie die aktuelle Analyse zeigt, liegt der wesentliche Anteil des Energieverbrauchs in den Lieferketten bei den grenzüberschreitenden internationalen Transporttätigkeiten. Österreich plant die Klimaneutralität im Verkehrssektor bis 2040 zu erreichen⁶³, der aktuelle politische, öffentliche und wissenschaftliche Diskurs ist von der Frage geprägt, wie diese Zielsetzung erreicht werden kann. Mit dem Umstieg auf alternative Energieformen rückt natürlich die Frage der Energieaufbringung und Energieverteilung in den Fokus, und natürlich, welche Energieformen welchen Anteil einnehmen können. Für den Straßengüterverkehr wurden hierzu bereits Studien durchgeführt und mögliche Szenarien skizziert. Eine effektive Reduktion des Endenergiebedarfs kann demnach nicht durch technologische Entwicklungen allein erreicht werden, sondern es bedarf auch flankierender und ergänzender Maßnahmen zur Abschwächung des Anstiegs der Fahrleistungen und zur Erhöhung der Effizienz.⁶⁴

⁶² next-kraftwerke.at/wissen/sectorenkopplung vom 10.01.2022

⁶³ bmvit.gv.at/dam/bmvitgvat/content/themen/moblitaet/mobilitaetsmasterplan2030/BMK_Mobilitaetsmasterplan2030_DE_UA.pdf vom 02.02.2022

⁶⁴ klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/CLEARER-FInal-Report.pdf vom 02.02.2022

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Was man mit einer Kilowattstunde Strom machen kann.	18
Tabelle 2: Beispielhafte Umrechnungstabelle für leichte Volumsware.....	31
Tabelle 3: Reihung der Supply Chains nach Entfernung	55
Tabelle 4: Kennzahlen für den Umschlag	65
Tabelle 5: Kennzahlen für den Transport	65

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Struktur des energetischen Endverbrauchs nach Sektoren in Österreich 2019	9
Abbildung 2: Veränderung des energetischen Endverbrauchs nach Sektoren seit 2012....	10
Abbildung 3: Energieintensität im Straßengüterverkehr nach Transportleistung.....	11
Abbildung 4: Energiefluss in Österreich 2019	15
Abbildung 5: Endenergieverbrauch EU-27	17
Abbildung 6: Die drei betrachteten Energieverbrauchsbereiche der Logistikkette	26
Abbildung 7: Übersicht über den Betrachtungsumfang	27
Abbildung 8: Vorgehen Supply Chain Analyse	28
Abbildung 9: Transportketten Supply Chain 1 - Kommunale Versorgung	35
Abbildung 10: Darstellung der Supply Chain 1 - Kommunale Versorgung.....	35
Abbildung 11: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 1 - Kommunale Versorgung.....	36
Abbildung 12: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport.	37
Abbildung 13: Transportketten Supply Chain 2 – Handel Schnelldreher.....	39
Abbildung 14: Darstellung der Supply Chain 2 - Handel Schnelldreher.....	39
Abbildung 15: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 2 – Handel Schnelldreher	40
Abbildung 16: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport.	41
Abbildung 17: Transportketten Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel.....	43
Abbildung 18: Darstellung der Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel	43
Abbildung 19: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 3 – Handel Normaler Lagerartikel	44
Abbildung 20: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport.	45
Abbildung 21: Transportketten Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher	47
Abbildung 22: Darstellung der Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher	47
Abbildung 23: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher	48
Abbildung 24: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport.	49
Abbildung 25: Transportketten Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe	51
Abbildung 26: Darstellung der Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe.....	51
Abbildung 27: Aufteilung des Energieverbrauchs (kWh) pro Palette, Supply Chain 5 – Technisches Gewerbe.....	52
Abbildung 28: Aufteilung des Energieverbrauchs auf Gebäude/Prozesse bzw. Transport.	53
Abbildung 29: Verbrauch absolut je Palette	56

Abbildung 30: Verbrauch absolut je Kilogramm	57
Abbildung 31: Gesamtenergieverbrauch pro Palette und Kilometer je Supply Chain.....	58
Abbildung 32: Energieverbrauchsanteil Gebäude und Prozesse in Supply Chain 2 - Handel Schnelldreher	59
Abbildung 33: Energieverbrauchsanteil Gebäude und Prozesse in Supply Chain 3 – Handel Normale Lagerartikel.....	60
Abbildung 34: Energieverbrauchsanteil Gebäude und Prozesse in Supply Chain 4 – Handel Langsamdreher.....	61
Abbildung 35: Die Verteilung des Energieverbrauchs über die Standorte	62
Abbildung 36: Energieverbrauchsanteil der Transporte - Vergleich Teilstrecken	63
Abbildung 37: Energieverbrauch pro Palette und Kilometer je Supply Chain (Energieverbrauch Transport)	64
Abbildung 38: Der Import aus Asien erhöht den Energieverbrauch erheblich.....	70
Abbildung 39: Entwicklung der Container-Frachtraten seit Mitte des Jahres 2020	71
Abbildung 40: Ergebnisse der Energieaudits 2020 (alle Branchen)	74
Abbildung 41: Abstand zu den EU-Endenergieverbrauchszielen (EU-27) in Mtoe.....	76

Literaturverzeichnis

Austrian Energy Agency: Stand der Umsetzung des Bundes-Energieeffizienzgesetzes (EEffG) in Österreich, Berichtsjahr 2020

Bundesamt für Wirtschafts und Ausfuhrkontrolle (Hg.): Merkblatt zur Ermittlung des Gesamtenergieverbrauchs, Informationen für zum Energieaudit verpflichtete Unternehmen unterhalb/oberhalb der Bagatellschwelle und für Energieauditoren, Eschborn: eigene Publikation 2020, S. 6

Bundes-Energieeffizienzgesetz – EEffG, Anhang III, lit c., aa)

BM für Wirtschaft und Energie - bmwi (Hrsg.): Energieeffizienz in Zahlen, Entwicklungen und Trends in Deutschland 2020, Berlin 2020, S. 48 / S. 33

BMK (Hrsg.): Energie in Österreich – Zahlen, Daten, Fakten, Wien 2020, S. 2 ff.

BVL (Hrsg.): Trends and Strategies in logistics and supply chain management, Berlin 2017, S. 16 f.

DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (Hrsg.): Berechnung von Treibhausgasemissionen in Spedition und Logistik gemäß DIN EN 16258, Bonn 2013, S. 56 ff.

EU Commission: Energy Statistics – Energy datasheets: EU countries vom 4. Juni 2021

EUROSTAT: Energy statistical country datasheet, June 2021

EUROSTAT: Energy, transport and environment statistics, 2020 edition, S. 18 ff.

EUROSTAT: Pressemitteilung 26/2020, Energieverbrauch im Jahr 2018, 4. Februar 2020

Green, S./Lewis, A.: Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting, Version 2.0., Smart Freight Centre 2019,

Heinrich Böll Stiftung (Hrsg.): Effizienz – Weniger soll mehr werden, in: Energieatlas, Daten und Fakten über die Erneuerbaren in Europa, Berlin 2019, S. 28 ff.

IHK Stuttgart (Hrsg.): Energie und Energieeffizienz im Überblick, Stuttgart 2019, S. 15 ff.

Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart (Hrsg.): Energie und Energieeffizienz im Überblick, Leitfaden für Logistikbetriebe, Stuttgart 2019, S. 6 ff.

Marchi, B./Zanoni, S.: Supply Chain Management for Improved Energy Efficiency: Review and Opportunities, Brescia 2017, S. 3

Republik Österreich: Bundes-Energieeffizienzgesetz – EEffG, Anhang III, lit c., aa)

Rüdiger, D./Dobers, K.: Strommessungen an Logistikstandorten zur Ermittlung von Energietreiberun und Einsparpotentialen, 2013, S. 2

Shell Deutschland (Hrsg.): Diesel oder alternative Antriebe – Womit fahren LKW und Bus morgen? Fakten, Trends und Perspektiven bis 2040, Hamburg 2016, S. 2

Smart Freight Centre: GLEC Framework for Logistics Emissions Accounting Reporting, Version 2.0, 2019, S. 37

Statistik Austria: STATcube

Statistik Austria (Hrsg.): Verkehrsstatistik 2020, Wien 2021, S. 22

Umweltbundesamt Österreich (Hrsg.): Klimaschutzbericht 2021, S. 39ff

Umweltbundesamt: Zwölfter Umweltkontrollbericht – Mobilitätswende, Wien 2019, S. 123

VCÖ (Hrsg.): Energiewende im Verkehr – erneuerbar und elektrisch, Wien 2019, S. 11

VDI Zentrum Ressourceneffizienz: Ressourceneffizienz im Handel und in der Logistik, Berlin 2020

World Resources Institute: Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, GHG Protocol, 2011

Linkverzeichnis

appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_eff&lang=en vom 02.02.2022

blog.vorest-ag.com/energiemanagement/energieeffizienz-in-der-informations-und-kommunikationstechnik vom 10.01.2022

de.statista.com/statistik/daten/studie/1066549/umfrage/logistikkosten-im-verhaeltnis-zum-bip-in-ausgewaehlten-laendern vom 25.11.2021

ec.europa.eu/info/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-feb-17_de vom 6.12.2021

en.macromicro.me/collections/4356/freight/35164/fbx11-china-east-asia-to-north-europe vom 03.03.2022

kommunal.at/energiegemeinschaften-und-die-energiehende-auf-kommunaler-ebene vom 06.12.2021

komprenu.de/katmai/information/kennzahlen vom 25.11.2021

stromliste.at/nuetzliche-infos/stromverbrauch vom 25.11.2021

agenda21-treffpunkt.de/lexikon/Megatonne-%C3%96leinheiten.htm vom 03.01.2022

bmk.gv.at/themen/mobilitaet/transport/gueterverkehrslogistik.html vom 22.11.2021

bmk.gv.at/dam/jcr:6318aa6f-f02b-4eb0-9eb9-1ffabf369432/BMK_Mobilitaetsmasterplan2030_DE_UA.pdf vom 02.02.2022

ecotransit.org/de/emissionsrechner vom 03.02.2022

eha.net/blog/details/energieeffizienz-fuer-logistik-unternehmen-kostenfaktor-energie.html vom 21.11.2021

eha.net/blog/details/energiemanagement-norm-iso-50001.html vom 20.02.2022

emas.de/was-ist-emas vom 20.02.2022

energieuster.ch/de/Home/Aktuelles/Wissen/Die-Leistung-von-1-kWh-Strom.116.html
vom 03.02.2022

energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-targets_en vom 10.1.2022

europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/69/energieeffizienz vom 03.01.2022

europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/68/energiepolitik-allgemeine-grundsatz vom 03.01.2022

e-wie-einfach.de/faq/faqs/was-bedeutet-kilowattstunde-kwh vom 01.02.2022

forschungsinformationssystem.de/servlet/is/342234/ vom 01.02.2022

it-production.com/allgemein/standardisierte-kennzahlenberechnungsverbrauchsanalyse-in-der-diskreten-fertigung vom 13.01.2022

klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/16/CLEARER-FInal-Report.pdf vom 02.02.2022

miebach.com/fileadmin/user_upload/DynamicContent/Publication/Downloads/2015/Energiesparen_in_der_Intra-Logistik/2015-12-Logistra-Energiesparen-in-der-Intralogistik-Miebach-Consulting-Felix-Wersich.pdf vom 10.01.2022

next-kraftwerke.at/wissen/sektorenkopplung vom 10.01.2022

ots.at/presseaussendung/OTS_20211222_OTS0022/generali-zukunftsstudie-2021-oesterreicherinnen-lassen-sich-ihre-zuversicht-nicht-nehmen vom 24.12.2021

rickmers-online.de/bunkerstation-binnenhafen/ vom 07.02.2022

swp-berlin.org/themen/dossiers/energiepolitik/transformation-des-energiesystems vom 10.01.2022

wien.gv.at/umwelt/ma48/sauberestadt/winterdienst/salzlager.htm vom 01.02.2022

wirtschaftswissen.de/einkauf-produktion-logistik/logistik/energiefresser-ausschalten-energiekosten-senken-energieeffizienz-steigern-in-der-logistik/ vom 21.11.2021

Abkürzungen

EBF	Energiebezugsfläche
EMS	Energiemanagementsystem
EnPi	Energy Performance Indicator
FTL	Full-Truck-Load
ggf.	gegebenenfalls
GHG	Greenhouse Gas
HBEFA	Handbuch der Emissionsfaktoren
HKLS	Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
KEP	Kurier, Express, Paket
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
LTL	Less-Than-Truckload
MJ	Megajoule
MTOE	Megatonne bzw. Million Tonnen Öleinheiten
NEEAPs	Nationale Energieeffizienz-Aktionspläne
Pal	Paletten
PJ	Petajoule
SC	Supply Chain
t	Tonnen
TEU	Twenty Feet Equivalent Unit
TTW	Tank-to-Wheel
u.a.m.	und anderes mehr
u.dgl.	und dergleichen
VZ	Verteilzentrum
WTT	Well-to-Tank
WTW	Well-to-Wheel
ZL	Zentrallager

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 1 711 62 65-0

logistik@bmk.gv.at

bmk.gv.at