



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht, 26. August 2011

Graue Energie von Sanitär- und Elektroanlagen

Sach- und Ökobilanzen von zwölf verschiedenen Gebäuden in den
Bereichen Wohnen und Büro

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie
Forschungsprogramm Energie in Gebäuden
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer:

Büro für Umweltchemie
Schaffhauserstrasse 21
8006 Zürich
www.umweltchemie.ch

Autoren:

Matthias Klingler, Büro für Umweltchemie, m.klingler@umweltchemie.ch
Ueli Kasser, Büro für Umweltchemie, u.kasser@umweltchemie.ch

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Charles Filleux

BFE-Vertrags- und Projektnummer: SI/500524-01, SI/500524

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Mitwirkende:

Fachplaner Elektroanlagen: Stefan Kälin
Kälin & Müller AG, Zürich

Fachplaner Sanitäranlagen: Andreas Strässle
Christian Hunziker,
Hunziker Partner AG, Winterthur

Projektbegleitgruppe: Hansruedi Preisig
Katrín Pfäffli, Architekturbüro H.R. Preisig
Alex Primas, Basler & Hofmann Ingenieure, Planer, Berater AG

Inhaltsverzeichnis

1	ABSTRACT	5
2	AUSGANGSLAGE	7
2.1	EINLEITUNG	7
2.2	SANITÄRANLAGEN	7
2.3	ELEKTROANLAGEN	7
2.4	ÖKOBILANZDATEN ZUR GEBÄUDETECHNIK	8
2.5	ZIEL DER STUDIE	9
3	VORGEHEN	9
3.1	ANALYSIERTE GEBÄUDE	9
3.1.1	<i>Auswahlkriterien</i>	9
3.1.2	<i>Gebäude für Sanitäranlagen</i>	10
3.1.3	<i>Gebäude für Elektroanlagen</i>	12
3.2	ERHEBUNG DER INVENTARDATEN	15
3.2.1	<i>Einleitung</i>	15
3.2.2	<i>Systemgrenzen Sanitäranlagen</i>	15
3.2.3	<i>Systemgrenzen Elektroanlagen</i>	16
3.2.4	<i>Mengen und Zusammensetzung der Systemkomponenten</i>	17
3.3	ÖKOBILANZIERUNG DER BAUTEILE UND SYSTEME	18
3.3.1	<i>Ökobilanzmethoden</i>	18
3.3.2	<i>Herstellung</i>	19
3.3.3	<i>Entsorgung</i>	20
3.3.4	<i>Datengrundlagen Ökobilanzen</i>	22
4	RESULTATE	34
4.1	SANITÄRANLAGEN	34
4.1.1	<i>Materialbilanzen</i>	34
4.1.2	<i>Ökobilanzen</i>	38
4.1.3	<i>Einflussgrößen</i>	46
4.1.4	<i>Vergleich mit den KBOB – Daten für Sanitäranlagen</i>	47
4.2	ELEKTROANLAGEN	49
4.2.1	<i>Materialbilanzen</i>	49
4.2.2	<i>Ökobilanzen</i>	52
4.2.3	<i>Einflussgrößen</i>	57
4.2.4	<i>Vergleich mit den KBOB-Daten</i>	59
5	FAZIT	61

6 EMPFEHLUNG	62
6.1 SANITÄRANLAGEN	62
6.2 ELEKTROANLAGEN	65
7 LITERATUR	67
ANHANG	67
MATERIALBILANZEN SANITÄRANLAGEN	67
ÖKOBILANZEN SANITÄRANLAGEN	73
<i>Sachbilanzen</i>	73
<i>Resultate</i>	81
MATERIALBILANZEN ELEKTROANLAGEN	84
ÖKOBILANZEN ELEKTROANLAGEN	89
<i>Sachbilanzen</i>	89
<i>Resultate</i>	98

1 Abstract

Es wurden die Materialbilanzen und Ökobilanzen von Sanitär- und Elektroanlagen in je sechs Gebäuden erstellt. Das Ziel der Studie war es einerseits die bereits verfügbaren Ökobilanzdaten zur Gebäudetechnik zu verifizieren und andererseits die planerischen Einflussgrössen zu bestimmen. Dazu wurden bei den Sanitäranlagen in den untersuchten Wohn- und Bürogebäuden verschiedene Ausbaustandards, Schacht- und Verteilungskonzepte sowie Wohnungen von unterschiedlicher Grösse mit einer unterschiedlichen Anzahl an Nasszellen berücksichtigt. Bei den Elektroanlagen unterscheiden sich die analysierten Gebäude bezüglich den Installationsgraden, der Kompaktheit der Gebäudehülle und der Wohnungsgrössen.

Zur Erstellung der Materialbilanzen wurden gemäss den Auszügen alle Systemkomponenten bis zu einem Total von 95 Massenprozent des Gesamtgewichts der Anlagen berücksichtigt. Dies entspricht bei den Sanitäranlagen etwa 40 – 50 Einzelkomponenten und bei den Elektroanlagen rund 100 Einzelkomponenten. Eine Analyse der Ergebnisse zeigte, dass Vergleiche der Gebäude untereinander stark von der Bezugsgrösse abhängig sind. Werden die Resultate auf die Energiebezugsfläche bezogen, lässt sich kein Zusammenhang mit dem Ausbaustandard bei den Sanitäranlagen oder dem Installationsgrad bei den Elektroanlagen erkennen. Bei Wohngebäuden mit einem hohen Ausbaustandard oder Installationsgrad sind die Wohnungen tendenziell grösser. Somit werden die absolut höheren Aufwendungen für die Installationen durch grössere Flächen teilweise kompensiert.

Bei der Untersuchung der planerischen Einflussgrössen wurde festgestellt, dass die Anzahl der analysierten Gebäude streng genommen nicht ausreicht um repräsentative Aussagen machen zu können. Dennoch lassen sich wichtige Zusammenhänge erkennen. Bei der Grauen Energie der Sanitäranlagen sind einerseits der Ausbaustandard und die damit verbundene durchschnittliche Anzahl von Apparaten pro Nasszelle ausschlaggebend. Aufgrund der höheren Nasszellendichte im Wohnungsbau variieren die Mengen an verlegten Rohrleitungen pro Nasszelle weniger stark als bei den Bürogebäuden, wo Gebäudegeometrie sowie Schacht- und Verteilungskonzepte einen bedeutenderen Einfluss auf die Graue Energie haben können. Bei den Elektroanlagen konnten keine eindeutigen Einflussgrössen bestimmt werden. Die Graue Energie wird zu einem grossen Teil von den Mengen an verlegten Kabeln, Installationsrohren und –Kanäle sowie Kabelbahnen bestimmt. Die materiellen Aufwendungen für diese Systemkomponenten sind jedoch nur teilweise vom Installationsgrad abhängig. Aufgrund von gesetzlichen Vorschriften muss für jede Wohnung eine Versorgungsleitung verlegt werden, so dass die Zonierung von Steigschächten in mehrgeschossigen Gebäuden keinen Einfluss auf die Leitungslänge hat. Zudem sind die Anschlüsse für die Kücheninstallationen als eine materiell wichtiger Teil der Anlagen mehr oder weniger konstant, unabhängig von der Wohnungsgrösse und dem Standard.

Les bilans des matériaux et les éco-bilans étaient réalisés pour les installations sanitaires et les installations électriques dans six bâtiments différents. L'objectif de l'étude était d'une part de vérifier les données d'éco-bilans existantes pour la technique du bâtiment et d'autre part de déduire par l'analyse des résultats les facteurs déterminants de la planification influençant l'éco-bilan des installations. À cette fin les installations sanitaires des bâtiments se distinguant par le degré d'aménagement, le concept de distribution, la surface des appartements ainsi que par le nombre de cellules sanitaires par appartement étaient étudiées.

L'analyse des résultats a montré que la comparaison des bâtiments entre eux est fortement dépendante de l'unité de référence. Si les résultats sont rapportés à la surface de référence énergétique, ils ne montrent aucune corrélation avec le degré d'aménagement des installations sanitaires ou le degré d'installation des installations électriques. Dans les immeubles

d'habitations avec un degré d'aménagement ou un degré d'installation élevé la surface moyenne des appartements est souvent plus grande. Ainsi des résultats plus élevés en absolu sont en partie compensés par une surface plus grande.

Dans la recherche des facteurs déterminants influençant l'éco-bilan des installations, il était constaté que le nombre des bâtiments analysés n'est pas suffisamment grand pour arriver à des conclusions représentatives. Les résultats d'éco-bilan des installations sanitaires dépendent du nombre d'appareils par cellule sanitaire qui varie en fonction du degré d'aménagement. La quantité moyenne des conduites par cellule sanitaire montre une variation beaucoup moins prononcée suite à une densité de cellules sanitaires plus élevée dans le cas des immeubles d'habitation que dans les immeubles de bureaux. En conséquence la géométrie du bâtiment ainsi que le concept de distribution ont une plus grande influence sur le bilan de matériaux et l'éco-bilan des installations dans les immeubles de bureaux. Pour les installations électriques il n'était pas possible de déterminer des facteurs évidents qui influencent l'éco-bilan des installations. Les résultats dépendent principalement de la quantité de câbles, de tuyaux et de conduites d'installation. Par contre ces quantités ne sont que partiellement dépendantes du degré d'installation. Suite à des directives légales chaque appartement nécessite un circuit d'alimentation. En conséquence le placement des gaines techniques dans des bâtiments à plusieurs étages n'a aucune influence sur la longueur de câble installée. Les raccordements pour les installations de cuisine qui sont importantes par rapport à la masse des matériaux installés sont de même indépendants de la surface des appartements et du degré d'installation.

For the sanitary and electric installations in six different buildings material balances were established and life cycle impact assessments (LCIA) were performed. The goal of the study was on the one hand to verify the existing LCIA data for building services and on the other hand to determine the design parameters influencing the results. For sanitary installations residential buildings and office buildings with different installation standards, concepts of distribution and apartment sizes with varying numbers of plumbing units were considered. For the assessment of electric installations the considered buildings differ with regards to the installation standard, the compactness of the building envelope and the apartment sizes.

The analysis of the results shows that the comparison of the installations in different buildings is very dependant on the reference unit used. If the results are evaluated per square metre of energy reference area, then no correlation could be found between the installation standard of the sanitary or electric installations and the LCIA results. In residential buildings with a high installation standard the average surface of the apartments tends to be larger. Therefore the higher results in terms of absolute numbers are partially compensated by larger surfaces.

During the assessment of the design parameters influencing the LCIA results it became evident that the number of assessed buildings is not sufficient in order to derive general statements. The results of the sanitary installations in residential buildings are mainly determined by the installation standard that influences the average number of components per plumbing unit. Due to the higher density of plumbing units in residential buildings the quantity of piping per plumbing unit varies a lot less than in office buildings. In office buildings differences in the concept of distribution as well as a building geometry can lead to important variations in the amount of pipes that have to be used. In the case of the electric installations no obvious design parameters influencing the LCIA results could be determined. The results depend mainly on the amount of cables and conduits. However the amounts that are used only depend to some extent on the installation standard. Due to legal requirements every apartment requires one feeder. Therefore the positioning of the shafts in buildings with several floors has no influence on the total length of cabling used. Also the connections for the kitchen installations that require important amounts of material are independent of the size of the apartment as well as of the installation standard.

2 Ausgangslage

2.1 Einleitung

Im Zeichen der 2000-Watt Gesellschaft gewinnt die ökologische Nachhaltigkeit von Gebäuden zunehmend an Bedeutung. Die Bilanzierungen von verschiedenen Gebäuden zeigen, dass der kumulierte nicht erneuerbare Primärenergieaufwand zur Herstellung und Entsorgung von gebäudetechnischen Systemen¹ knapp 25% der gesamten Grauen Energie eines Gebäudes ausmacht. Im SIA Merkblatt 2032 [1] wird darauf hingewiesen, dass die Daten für die Gebäudetechnik Lücken aufweisen. Im Gegensatz zu anderen Bauteilen und Systemen ist die Gebäudetechnik noch wenig untersucht. Vor allem im Bereich Sanitär- und Elektroanlagen gibt es Defizite.

Im Rahmen einer Studie zur ökologischen Bewertung von Gebäudetechnikanlagen [2] für das SIA Merkblatt 2032 wurden unter anderem auch Sanitär- und Elektroanlagen untersucht. Ebenso wurde die Umweltrelevanz der Haustechnik bereits in einer früheren vom BFE finanzierten Studie eingeschätzt [3]. Die darin untersuchten Gebäude sind teilweise als Datengrundlage in die Studie von Basler & Hofmann [2] eingeflossen.

Die folgenden Abschnitte geben einen Überblick über die bereits gewonnen Erkenntnisse, sowie auch über den noch vorhandenen Forschungsbedarf.

2.2 Sanitäranlagen

Bei den bereits erarbeiteten Ökobilanzdaten für Sanitäranlagen [2] bildeten 4 Inventare (2 Bürogebäuden und 2 Wohngebäude) unterschiedlicher Vollständigkeit die Datengrundlage. Nur in zwei Inventaren waren auch die Sanitärapparate erfasst. Die Kucheneinbauten wurden bei den untersuchten Gebäuden nicht erfasst. Die Massenbilanzen berücksichtigen 10% Verarbeitungsabfälle für Metalle und 5% für Kunststoffe oder Sanitärkeramik. Die Ökobilanzierung der verschiedenen Systembestandteile zeigte, dass die Leitungen den Hauptteil der Grauen Energie generieren. Die Autoren der Studie merken an, dass die verwendeten Materialien einen starken Einfluss auf die Resultate haben. Ebenso spielt das Schacht- und Verteilungskonzept eine wichtige Rolle. Da in der Studie nur vier Gebäude untersucht werden konnten, wird darauf hingewiesen, dass die Resultate mit Vorsicht zu bewerten seien. Die Werte für die Graue Energie der Sanitäranlagen pro Quadratmeter Energiebezugsfläche (EBF) werden bei Büros mit 159 MJ-Äq./m² und bei Wohngebäuden mit 230 MJ-Äq./m² beziffert (siehe Tabelle 1)

2.3 Elektroanlagen

In der Studie von Basler & Hoffmann [2] wurden die Elektroanlagen von vier verschiedenen Gebäuden (2 Bürogebäude, 1 Wohnüberbauung und 1 Mehrfamilienhaus) untersucht. Die Sachbilanzdaten stammen teilweise aus anderen Studien und sind nicht immer vollständig. Zwei

¹ Hier in Übereinstimmung mit SIA Merkblatt 2032 als Graue Energie bezeichnet.

Inventare beinhalten Kabel, Rohre, Fundamente aber keine Installationen. Bei den anderen beiden Inventaren wurden hingegen alle relevanten Positionen der Stark- und Schwachstromanlagen berücksichtigt. In einem Gebäude wurden zusätzlich die Leuchten berücksichtigt. Für Gebäude mit einer sehr hohen Installationsdichte (Banken, Versicherungen und IT) standen keine Daten zur Verfügung. Die Materialbilanzen wurden pro Quadratmeter Energiebezugsfläche ausgewertet. Aufgrund der Sachbilanzdaten wurde entschieden eine Klassierung nach Installationsgrad (tief, mittel, hoch) vorzunehmen. Der Installationsgrad war jedoch nur in einem der untersuchten Gebäude bekannt und musste in den anderen Fällen anhand der Sachbilanzdaten abgeschätzt werden. Die abgeleiteten Werte für die Graue Energie der Elektroanlagen pro Quadratmeter EBF variieren zwischen 151 MJ-Äq./m² bis knapp über 501 MJ-Äq./m² (siehe Tabelle 2). Die Ökobilanzdaten berücksichtigen die Herstellung und die Entsorgung der Systeme. Bei der Berechnung wurden für Metalle Verarbeitungsabfälle von 10% und 5% bei den Kunststoffen berücksichtigt. In Folge der unvollständigen Datengrundlagen weisen die Autoren der Studie darauf hin, dass die generierten Ökobilanzdaten mit Vorsicht zu bewerten sind und durch weitere Untersuchungen bestätigt werden müssten.

Die Daten von zwei der untersuchten Gebäude stammen aus einer Studie von Amstein und Walthert [3]. In dieser Untersuchung wurden bei den Elektroanlagen nur die Komponenten der Verteilung wie Kabel-, Kabelrohre und Kanäle sowie Fundamente berücksichtigt. Es wurden ein Bürogebäude (Bruttogeschossfläche 5'000 m² mit 8% Wohnanteil) und ein Wohngebäude (202 Wohnungen, Bruttogeschossfläche 35'000 m²) untersucht. Neben den Massen wurde nur die Herstellungsenergie bilanziert. Die abgeleiteten Werte für die Graue Energie der Elektroanlagen pro Quadratmeter EBF variieren zwischen ca. 80 MJ-Äq./m² bis knapp über 120 MJ-Äq./m².

2.4 Ökobilanzdaten zur Gebäudetechnik

Die Resultate der Studie [2] sind unter anderem im SIA Merkblatt 2032 [1] und in den KBOB – Daten [4] veröffentlicht worden und werden zur Berechnung der Grauen Energie von Gebäuden herangezogen. Tabelle 1 und Tabelle 2 zeigen die gegenwärtigen Ökobilanzdaten von Sanitär- und Elektroanlagen so wie sie in den Ökobilanzdaten im Baubereich der KBOB aufgeführt werden. Die Spannweite der Grauen Energiewerte von den verschiedenen Gebäudetechnikanlagen pro Quadratmeter EBF, sowie ihr durchschnittlicher prozentualer Anteil an der gesamten Grauen Energie der Gebäudetechnik ist in Tabelle 3 dargestellt. Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Graue Energie der Sanitäranlagen und der Elektroanlagen zusammen durchschnittlich rund 45% zur totalen Grauen Energie der Gebäudetechnik beitragen.

Tabelle 1: Ökobilanzdaten (Herstellung + Entsorgung) von Sanitäranlagen

Sanitäranlagen	Bezugsgrösse	Graue Energie [MJ]	Treibhausgasemissionen [kg CO ₂ -Äq]	Umweltbelastungspunkte [UBP]
Wohnen	m ² EBF	230	15.2	25'100
Büro	m ² EBF	159	10.1	19'300

Tabelle 2: Ökobilanzdaten (Herstellung + Entsorgung) von Elektroanlagen

Elektroanlagen	Bezugsgrösse	Graue Energie [MJ]	Treibhausgasemissionen [kg CO ₂ -Äq]	Umweltbelastungspunkte [UBP]
Tiefer Installationsgrad	m ² EBF	151	9.42	52'960
Mittlerer Installationsgrad	m ² EBF	252	15.7	88'230
Hoher Installationsgrad	m ² EBF	501	31.4	161'870

Tabelle 3: Graue Energie von Gebäudetechnikanlagen

	Graue Energie [MJ pro m ² EBF]	Anteil
Heizungsanlagen	40 - 590	27%
Lüftungsanlagen	130 - 550	29%
Sanitäranlagen	160 - 230	16%
Elektroanlagen	150 - 500	28%
Total Gebäudetechnik	480 - 1'900	100%

2.5 Ziel der Studie

In der vorliegenden Studie werden die Sanitär- und Elektroanlagen von je sechs Gebäuden untersucht. Die Bilanzierung der Systeme sollte die Lücken in den verfügbaren Daten schliessen. Einerseits sollen die aktuellen Daten überprüft werden und andererseits sollen basierend auf einer Analyse der Resultate die wichtigsten Einflussgrössen bestimmt werden.

3 Vorgehen

3.1 Analysierte Gebäude

3.1.1 Auswahlkriterien

In Zusammenarbeit mit Fachplanern sowie Architekten ist eine strategische Auswahl von je 6 Gebäuden (Wohngebäude und Bürogebäude) für Sanitär- und Elektroanlagen getroffen worden. Im Hinblick auf die Interpretierbarkeit der Resultate wurde beschlossen nur Neubauten zu berücksichtigen. Bei Sanierungen werden ohnehin meistens sämtliche Systeme erneuert. Ebenso wurde entschieden bei den Wohnbauten nur Mehrfamilienhäuser (MFH) zu untersuchen. Einfamilienhäuser sind im Hinblick auf die 2000 – Watt Gesellschaft und die angestrebten Nachhaltigkeitsziele wenig interessant. Aufgrund der schlechten Kompaktheit (grosses Verhältnis von Gebäudehülle zu Gebäudevolumen) generieren sie in der Erstellung sowie auch im Betrieb pro m² EBF deutlich höhere Werte für die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen als MFH.

3.1.2 Gebäude für Sanitäranlagen

Für die Beurteilung der Sanitäranlagen wurden vier Wohngebäude und zwei Bürogebäude untersucht. Die wichtigsten Merkmale der Objekte sind in Tabelle 4 und Tabelle 5 zusammengefasst. Die Gebäude weisen verschiedene Schacht- und Verteilungskonzepte sowie verschiedene Wohnungsgrößen mit einer unterschiedlichen Anzahl an Nasszellen auf.

MFH Obere Schöntalstrasse 20/22, Winterthur

Architekten: Architekten Kollektiv AG

Ausführung: 2009 – 2011

Das Mehrfamilienhaus an der Schöntalstrasse besteht aus zwei viergeschossigen Baukörpern mit je 19 Wohnungen und einem UG. Die EBF der zwei Gebäude beträgt insgesamt 2'092 m² so dass im Durchschnitt auf eine Wohnung etwa 110 m² der EBF entfallen. Der Ausbaustandard für die Sanitäranlagen ist einfach und umfasst insgesamt 70 Nasszellen. Die 2.5 – Zimmerwohnungen sind je mit einer Nasszelle mit Dusche und WC ausgestattet. Die 3.5 – Zimmerwohnungen haben zwei Nasszellen bestehend aus einem Bad und einem separaten WC. Die 4.5 – und 5.5 – Zimmerwohnungen verfügen über eine Nasszelle mit Bad/WC und einer zweiten Nasszelle mit Dusche/WC. Die Waschautomaten und Trockner befinden sich im UG. In den Obergeschossen sind je 4 Steigzonen vorhanden. Im EG sind es nur 2 Steigzonen. Aufgrund der thermischen Solaranlage die bei den Gebäuden eingebaut wurde, ist das Volumen der Warmwasserspeicher relativ gross.

MFH Tösstalstrasse 82, Winterthur

Architekten: Architekten Kollektiv AG

Ausführung: 2010 – 2011

Das Gebäude ist ein Mehrfamilienhaus mit 8 Wohnungen (3 – und 3.5 – Zimmerwohnungen) auf 4 Geschossen und mit einem UG. Die EBF beträgt 766 m². Somit ergeben sich daraus durchschnittlich 96 m² EBF pro Wohnung. Der Ausbaustandard ist mit einer Nasszelle Bad/WC pro Wohnung einfach. Die Waschautomaten und Trockner befinden sich im UG. Im Gebäude sind 2 Steigzonen vorhanden.

MFH Smaragd, Rychenbergstrasse 13, Winterthur

Architekten: Denkwerk Architekten GmbH

Ausführung: 2009

Das Mehrfamilienhaus mit 5 Wohnungen auf 4 Geschossen weist einen gehobenen Ausbaustandard auf. Die Wohnungen sind jeweils auf 2 Geschosse verteilt. Insgesamt sind 9 Nasszellen vorhanden. Die EBF des Gebäudes ist 766 m² so dass die Wohnungen mit durchschnittlich 220 m² EBF pro Wohnung deutlich grösser sind als bei den anderen untersuchten Mehrfamilienhäusern. Pro Wohnung sind 1 – 2 Nasszellen vorhanden. Für die 5 Wohnungen sind insgesamt 4 Waschautomaten und Trockner vorhanden. Das Gebäude weist je nach Geschoss 2 oder 3 Steigzonen auf.

MFH Fehlmann Areal, Palmstrasse 29, Winterthur

Architekten: Bob Gysin + Partner BGP

Ausführung: 2006 – 2007

Das Gebäude ist ein Mehrfamilienhaus mit 10 Wohnungen auf 3 Geschossen und einem UG. Insgesamt sind 17 Nasszellen vorhanden. Der Ausbaustandard ist gehoben. Die 2.5 – Zimmerwohnungen verfügen über eine Nasszelle mit Bad/WC während die 3.5 – und 4.5 – Zimmerwohnungen über zwei Nasszellen verfügen (3.5 – Zimmerwohnungen mit Bad/WC und Dusche/WC oder Bad und Dusche/WC, 4.5 – Zimmerwohnungen mit Bad/WC und Dusche/WC). Jede Wohnung verfügt über einen Waschautomaten und einen Wäschetrockner. Die EBF beträgt 1'548 m² so dass auf eine Wohnung im Durchschnitt 155 m² entfallen. Je nach Geschoss sind 3 bis zu 7 Steigzonen vorhanden.

Tabelle 4: Wohngebäude für Sanitäranlagen

Gebäude	Obere Schöntalstrasse 20/22, Winterthur	Tösstalstrasse 82, Winterthur	Rychenbergstrasse 13, Winterthur	Fehlmann Areal, Palmstrasse 29, Winterthur
Gebäudetyp	MFH	MFH	MFH	MFH
Beschrieb	2 Baukörper mit je 19 Wohnungen, 4 Geschosse und 1 UG	8 Wohnungen, 4 Geschosse und 1 UG	5 Wohnungen, 4 Geschosse und 1 UG	10 Wohnungen, 3 Geschosse und 1 UG
Anz. Nasszellen	70	8	9	17
Nasszellen pro Wohnung	2.5 Zi-Whg. mit einer Nasszelle, 3.5, 4.5 und 5.5 Zi-Whg. mit zwei Nasszellen pro Wohnung	3 und 3.5 Zi-Whg. mit je einer Nasszelle pro Wohnung	1 bis 2 Nasszellen pro Wohnung	2.5 Zi-Whg. mit einer Nasszelle, 3.5 und 4.5 Zi-Whg. mit je zwei Nasszellen pro Wohnung
Waschmaschine/Trockner	Im UG	Im UG	4 Waschmaschinen und Trockner	In jeder Wohnung
Ausbaustandard	einfach	einfach	gehoben	gehoben
EBF [m²]	2'092	766	1'100	1'548
EBF pro Wohnung [m²]	110	96	220	155
Nasszellen pro m² EBF	0.02	0.08	0.04	0.01
Anz. Steigzonen	4	2	2 - 3	3 - 7

Gewerbegebäude Acutronic, Rosengartenstrasse 25, Bubikon

Architekten: Thomas Fliri

Ausführung: 2009 – 2010

Das Gewerbegebäude Acutronic in Bubikon besteht aus einem Bürogebäude mit 4 Geschossen und einem UG und einer Fabrikationshalle. Die EBF des Gebäudes beträgt 5'131 m². Insgesamt sind 16 Nasszellen vorhanden. Bei den Sanitäranlagen handelt sich um einen normalen Ausbaustandard für Bürogebäude. Im Gebäude sind 3 Steigzonen vorhanden.

Geschäftshaus Zentrum Leue, Männedorf

Architekten: Stücheli Architekten

Ausführung: 2010

Das Geschäftshaus Zentrum Leue wird als Bürogebäude und Kirchgemeindehaus genutzt. Das Gebäude hat 3 Geschosse und ein UG. Es sind 8 Nasszellen (WC's) vorhanden. Es handelt sich um einen normalen Ausbaustandard für Bürogebäude.

Tabelle 5: Bürogebäude für Sanitäranlagen

Gebäude	Gewerbegebäude, Acutronic, Rosengartenstrasse 25, Bubikon	Geschäftshaus Zentrum Leue, 8708 Männedorf
Gebäudetyp	Gewerbegebäude	Bürogebäude und Kirchgemeindehaus
Beschrieb	Fabrikationshalle mit angeschlossenenem Bürogebäude mit 4 Geschossen und 1 UG	3 Geschosse und 1 UG
Anz. Nasszellen	16	8
EBF [m²]	5'131	2'048
Nasszellen pro m² EBF	0.003	0.004
Anz. Steigzonen	3	Keine klaren Steigzonen vorhanden

3.1.3 Gebäude für Elektroanlagen

Für die Elektroanlagen wurden 5 Wohngebäude und 1 Bürogebäude untersucht (siehe auch Tabelle 6 und Tabelle 7). Mit dem Elektroplaner und der Projektbegleitgruppe wurde diskutiert welche Einflussgrößen für die Graue Energie von Elektroanlagen in Gebäuden wichtig sein könnten. Es wurde entschieden bei der Auswahl der Wohngebäude verschiedene Installationsgrade, Gebäudegeometrien (Kompaktheiten der Gebäudehülle) und Wohnungsgrößen zu berücksichtigen. Die ausgewählten Wohngebäude weisen teilweise eine gemischte Nutzweise auf (Wohnen, Geschäfte, Büros). Um die Vergleichbarkeit der Resultate zu wahren, wurden bei diesen Gebäuden jedoch nur die Nutzung Wohnen berücksichtigt.

Bei der Diskussion der Auswahlkriterien für die Bürogebäude stellte heraus, dass vor allem die Anzahl der Arbeitsplätze im Bezug auf die Bürofläche sowie die je nach Betrieb notwendige Infrastruktur für IT und Telekommunikation entscheidend sein dürften. Die Beschaffung von Daten zu Elektroinstallationen in Bürogebäuden gestaltete sich aufwendiger, als ursprünglich angenommen. Deshalb konnte nur ein Bürogebäude untersucht werden.

Wohn- und Geschäftshaus A-Park, Zürich

Architekten: Baumann Roserens

Ausführung: 2005-2008

Die Überbauung besteht aus zwei länglichen, mehrfach gebrochenen Gebäudekörpern mit 5 Geschossen und 2 UG's. Die Gebäude können aufgrund ihrer Form als mittelkompakt eingestuft werden. In den Gebäuden befinden sich 59 Wohnungen, ein zweigeschossiger Supermarkt,

Ladenflächen und Dienstleistungseinrichtungen. Die EBF der Wohnungen beträgt 8'873 m². Somit ist der A-Park die grösste Überbauung unter den analysierten Gebäuden. Mit einer durchschnittlichen EBF von 150 m² pro Wohnung sind die Wohnungen eher gross. In Bezug auf die Elektroanlagen weisen die Wohnungen eine mittlere Installationsdichte auf (ca. 2 Steckdosen pro Raum).

Neubau Wohn- und Geschäftshaus Badenerstrasse 380, Zürich

Architekten: pool Architekten

Ausführung: 2008-2010

Das Gebäude an der Badenerstrasse weist ebenfalls eine gemischte Nutzweise auf. Der Bau ist Effizienzpfad-kompatibel gemäss den im SIA Merkblatt 2040 Effizienzpfad Energie formulierten Kriterien. Im Erdgeschoss befindet sich ein Supermarkt. In den Obergeschossen sind insgesamt 54 Wohnungen untergebracht. Der fünfgeschossige Bau mit einem UG ist als wenig kompakt einzustufen, da die Obergeschosse aus 6 versetzten Baukörpern bestehen. Die EBF des Wohn-teils beträgt 6'501 m². Im Durchschnitt ergibt sich daraus eine EBF von 121 m² pro Wohnung. Mit etwa 2 Steckdosen pro Raum liegt die Installationsdichte der Elektroanlagen in einem mittleren Bereich. Speziell ist an den Elektroinstallationen, dass die Verteilung in den einzelnen Räumen über Bodenkanäle erfolgt.

Ersatzbauten MFH, Goldbrunnenstrasse 139, 141, 145

Architekten: Kamm Architektur

Ausführung: 2010 – 2011

Das Gebäude an der Goldbrunnenstrasse besteht aus zwei kompakten Baukörpern mit 6 Geschossen und einem UG. Es handelt sich hierbei um einen reinen Wohnbau mit insgesamt 27 Wohnungen. Die EBF beträgt 3'200 m² und das Gebäude ist deutlich kleiner als die anderen untersuchten Wohnüberbauungen (A-Park, Badenerstrasse und Leonhard Ragaz Weg). Mit einer durchschnittlichen EBF von 119 m² pro Wohnung ist die Grösse der Wohnungen jedoch vergleichbar mit jenen in der Überbauung an der Badenerstrasse und am Leonhard Ragaz Weg. Die Installationsdichte der Elektroanlagen ist mit 2 Steckdosen pro Raum als mittel zu bewerten.

Mehrfamilienhaus Kolbenhofstrasse 29, Zürich

Architekten: Architekturbüro H.R. + F. Bommer

Ausführung: 2010

Beim Gebäude an der Kolbenhofstrasse handelt es sich um ein kleineres Mehrfamilienhaus mit 5 Wohnungen im Luxussegment. Das Haus hat 3 Geschosse und ein UG. Mit einer durchschnittlichen EBF pro Wohnung von 179 m² (EBF total: 839 m²) sind die Wohnungen deutlich grösser als bei den anderen untersuchten Gebäuden. Die Installationsdichte der Elektroanlagen ist hoch (3 – 4 Steckdosen pro Raum).

Überbauung Leonhard-Ragaz-Weg, Haus Ost, Zürich

Architekten: Harder Haas Partner AG

Ausführung: 2009 – 2010

Das Haus Ost der Überbauung Leonhard-Ragaz-Weg besteht aus zwei kompakten, sich berührenden Baukörpern mit je 6 und 7 Geschossen und einem UG. Es handelt sich um einen reinen Wohnbau mit insgesamt 47 Wohnungen und einer EBF von 5'665 m². Die durchschnittliche Wohnungsgrösse ist mit einer EBF von 121 m² pro Wohnung vergleichbar mit jenen der Gebäude an der Badenerstrasse und der Goldbrunnenstrasse und entspricht den Bestrebungen einer rationalen Bauweise. Das Gebäude ist nach den Anforderungen des Effizienzpfads Energie gebaut worden. Die Installationsdichte der Elektroanlagen ist als tief zu bewerten (ca. 1 Steckdose pro Raum).

Tabelle 6: Wohngebäude für Elektroanlagen

Gebäude	A-Park	Badenerstrasse	Goldbrunnenstrasse	Kolbenhofstrasse	Leonhard-Ragaz-Weg, Haus Ost
Gebäudetyp	MFH	MFH	MFH	MFH	MFH
Beschrieb	2 Baukörper, mittel kompakt, 5 Geschosse und 2 UG's, 59 Wohnungen in den 4 OG's	6 Baukörper, wenig kompakt, 7 Geschosse und 1 UG, Migros im EG, 54 Wohnungen	1 Baukörper, kompakt, (5) 6 Geschosse und 1 UG, 27 Wohnungen in den OG's	1 Baukörper, 3 Geschosse und 1 UG, 5 Wohnungen im Luxussegment	2 Baukörper, kompakt, mit je 6 und 7 Geschossen und insgesamt 47 Wohnungen
Standard	Mittel (2 Steckdosen pro Raum)	Mittel (2 Steckdosen pro Raum)	Mittel (2 Steckdosen pro Raum)	Hoch (3-4 Steckdosen pro Raum)	Tief (1 Steckdose pro Raum)
EBF [m²]	8'873	6'501	3'200	893	5'665
EBF pro Wohnung [m²]	150	121	119	179	121
Apparate in den Wohnungen					
Besonderes		Verteilung Elektro über Bodenkanäle, Effizienzpfad-kompatibler Bau			Effizienzpfad-kompatibler Bau

Geschäftshaus C, Esslinger Dreieck

Architekten: Stücheli Architekten

Ausführung: 2009 – 2010

Das Geschäftshaus C besteht aus einem länglichen, gebrochenen Baukörper mit 4 Geschossen und einem UG. In den Büros von Basler & Hofmann sind insgesamt 47 Arbeitsplätzen vorhanden, welche sich im ersten und zweiten OG befinden. Die Energiebezugsfläche des gesamten Gebäudes ist 2'602 m², wobei die der Büros 1405 m² ist. Die Arbeitsplatzdichte ist als durch-

schnittlich einzustufen Die Erschliessung erfolgt über 2 Steigschächte. Im UG befinden sich eine Hauptverteilung mit Energiemessung und ein Serverraum mit EDV Komponenten.

Tabelle 7: Bürogebäude für Elektroanlagen

Gebäude	Geschäftshaus C, Esslinger Dreieck
Gebäudetyp	Bürogebäude
Beschrieb	4 Geschosse mit 1 UG, Büros von Basler & Hofmann im 1. und 2. OG
EBF [m²]	2'602 m ² (Büros 1405 m ²)
Arbeitsplätze	47

3.2 Erhebung der Inventardaten

3.2.1 Einleitung

Aufgrund der ausgewählten Gebäude wurden vom Sanitär- und Elektroplaner die Auszüge erstellt. Der Auszug für die Elektroanlagen des Bürogebäudes stammt von Basler & Hofmann. Die dabei zu berücksichtigenden Systemgrenzen wurden im Vorherein festgelegt. Alle Auszüge basieren auf den effektiv erforderlichen Mengen. Verarbeitungsabfälle sind demnach darin enthalten.

3.2.2 Systemgrenzen Sanitäranlagen

Die bei den Sanitäranlagen berücksichtigten Systemkomponenten sind in Tabelle 8 dargestellt. Dabei ist zu vermerken, dass bei der Wasseraufbereitung nur der Warmwasserspeicher berücksichtigt wurde. Die Warmwassererzeugung gehört gemäss den bereits vorhandenen Ökobilanzdaten für die Gebäudetechnik zu den Heizungsanlagen [4]. Bei den sanitären Einrichtungen wurden auch die Waschautomaten und Wäschetrockner berücksichtigt. Dies vor allem deshalb weil sich bei der Planung oft die Frage stellt, ob aus Komfortgründen jede Wohnung mit einer Waschmaschine und einem Trockner ausgestattet werden soll. Aus ökologischer Sicht wäre eine Waschküche zur gemeinschaftlichen Nutzung vorzuziehen, jedoch fehlen bis anhin die Ökobilanzdaten um den Mehraufwand an Grauer Energie für eine Waschmaschine und einen Wäschetrockner pro Wohnung zu quantifizieren. Bei den Küchen wurden aufgrund der vorhandenen Auszüge nur die Spültischgarnitur und die Ventile bilanziert. Also keine Spültische oder Armaturen, die vom Küchenbauer geliefert werden.

Tabelle 8: Berücksichtigte Systemkomponenten der Sanitäranlagen

Wasserversorgung	Wasseraufbereitung	Wasserverteilung	Sanitäre Einrichtungen	Abwasserentsorgung
Anschluss des Gebäudes an die Trinkwasserversorgung (ab Gebäudeperimeter)	Nur Warmwasserspeicher	Leitungen Befestigungen Dämmungen	Armaturen Waschtische WC Anlagen Badewannen Duschen Handbrausen Duschengleitstangen Schallschutz-Sets Waschautomaten Wäschetrockner Spiegelschränke Klosettbürstenhalter Papierhalter Seifenschalen Handtuchhalter	Anschlussleitungen Falleleitungen Lüftungsleitungen Regenfalleleitungen (nur bis Bodenplatte)

3.2.3 Systemgrenzen Elektroanlagen

Tabelle 9 zeigt die Installationen die bei der Bilanzierung der Elektroanlagen berücksichtigt wurden. Dazu gehören die Starkstrom- und Schwachstromanlagen. Es wurden die Anlagen innerhalb der Gebäude berücksichtigt. Da die Aufwendungen für den Anschluss des Gebäudes ans öffentliche Stromversorgungsnetz (Hausanschluss) je nach Grundstück sehr unterschiedlich sein können, wurden sie nicht bilanziert. Bei den Gebäuden Badenerstrasse und A-Park in denen sich auch Geschäfte befinden, wurden nur die Elektroanlagen für die Wohnungen bilanziert. Bei den anderen Gebäuden handelt es sich um reine Wohnbauten. Bei den Wohngebäuden wurde nur der Grundausbau berücksichtigt. Dies bedeutet, dass z.B. nur die Leuchten in den Treppenhäusern und im Keller in den Auszügen vorhanden waren.

In Büros mit vielen Arbeitsplätzen wird aufgrund der höheren Installationsdichte davon ausgegangen, dass die Graue Energie pro m² Energiebezugsfläche deutlich höher liegt als im Wohnbau [2]. Beim Bürogebäude wurde neben dem Grundausbau auch separat der Mieterausbau analysiert. Die Photovoltaikanlage wurde nicht berücksichtigt, da sie in den gängigen Berechnungsmethoden (wie z.B. SIA 2032) separat ausgewiesen wird.

Tabelle 9: Berücksichtigte Systemkomponenten der Elektroanlagen

Starkstromanlagen		Schwachstromanlagen
Nutzeinspeisung / Hausanschluss	Stromverteilung / Installation	
Ausserhalb der Systemgrenzen	Hauptverteilung und Unterverteilung Hauptleitungen zu den einzelnen Zählern Leiter zum Stromverteiler in den Wohnungen Kabelleitungen zu den Steckdosen, Beleuchtungsauslässe etc. Fundamenterder und Hauptpotentialausgleichsleiter Schalter Steckdosen Leuchten	Gegensprechanlagen Kommunikationsanlagen Rundfunk- und Fernsehempfangsanlagen Sonderanlagen (IT Installationen, Mess- und Regelanlagen)

3.2.4 Mengen und Zusammensetzung der Systemkomponenten

Es wäre ein verhältnismässig grosser Aufwand für alle Systemkomponenten das genaue Gewicht und die Zusammensetzung zu bestimmen. Deshalb wurde ein iteratives Verfahren zur Relevanzbeurteilung angewendet. Ausgehend von den Auszügen vom Sanitär- und Elektroplaner wurden die Materialbilanzen in einem iterativen Prozess generiert (siehe Abbildung 1). Die Auszüge umfassen bei den Sanitäranlagen ca. 100 Positionen und bei den Elektroanlagen ca. 300 pro Gebäude. Aufgrund der Vielzahl der Systemkomponenten wurden in einem ersten Schritt die Gewichte der einzelnen Bauteile anhand der Herstellerangaben in Katalogen bestimmt oder abgeschätzt. Anschliessend wurden das Gesamtgewicht der verbauten Materialien pro Gebäude und der Anteil der einzelnen Systemkomponenten am Total berechnet. Die Liste der Bauteile wurde nach dem jeweiligen prozentualen Anteil der Bauteile absteigend sortiert. Die Anteile wurden kumuliert und alle Bauteile bis zu 95% des Totalgewichts genauer auf ihre Zusammensetzung und Gewicht untersucht. Nach der genaueren Bestimmung der Gewichte wurde die Liste neu sortiert und der Prozess, falls notwendig, wiederholt. Da in den Auszügen zu den Sanitär- und Elektroanlagen viele Bauteile vorhanden sind, die nur einen geringen Anteil am Gesamtgewicht ausmachen, konnte durch diese Vorgehensweise die Anzahl der Bauteile, die genauer analysiert werden mussten, reduziert werden – bei den Elektroanlagen von rund 300 auf etwa 90 und bei den Sanitäranlagen von rund 100 Bauteilen auf etwa 40. Diese Vorgehensweise rechtfertigt sich insofern als dass die Gewichtsanteile der Bauteile recht gut mit den jeweiligen Anteilen an der Grauen Energie korrelieren (siehe Kapitel 4.2.2 und 4.1.2).

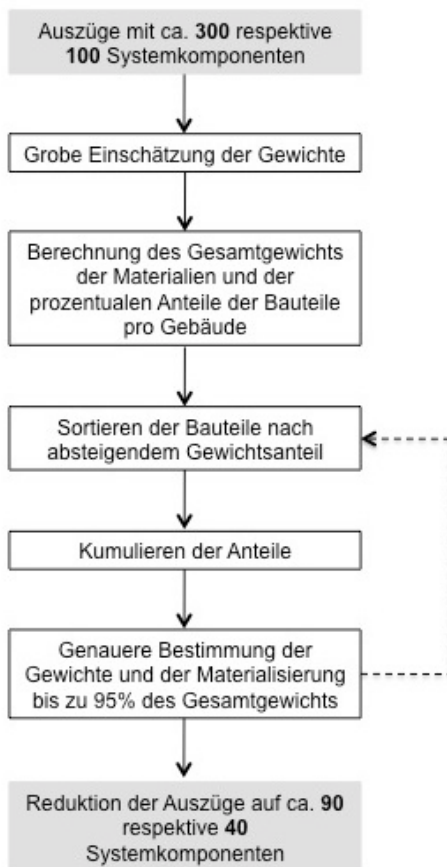


Abbildung 1: Verfahrensweise zur Relevanzbeurteilung

3.3 Ökobilanzierung der Bauteile und Systeme

3.3.1 Ökobilanzmethoden

3.3.1.1 Grundsätze

Die Bilanzierung umfasst die Herstellung und Entsorgung der Sanitär- und Elektroanlagen respektive deren Komponenten. Es werden grundsätzlich alle erforderlichen Ressourcen und Energieträger vom Rohstoffabbau bis zur Entsorgung in der Deponie oder in einer Verbrennungsanlage bilanziert. Auch die Stoffe die bei der Herstellung oder Entsorgung in die Luft, Gewässer oder in Deponien gelangen, fließen in Sachbilanzen ein. Solche Sachbilanzen der gebräuchlichsten Rohstoffe, Produkte und Dienstleistungen (Transporte) sind als Standardwerte in Datenbanken abgelegt².

² ecoinvent ist eine der international bekanntesten Datenbanken für Ökobilanzen, die von verschiedenen Forschungsinstituten in der Schweiz (EMPA, ETH, EPFL, PSI) verwaltet wird: ecoinvent Centre 2010, ecoinvent v2.2, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, www.ecoinvent.org

Die Bilanzierung bezieht sich auf eine physikalische Einheit (funktionelle Einheit). Die Elektro- und Sanitäranlagen wurden hier pro Gebäude ausgewertet und schliesslich in einem ersten Schritt auf 1 m² EBF bezogen. Eine Diskussion anderer möglichen Bezugsgrössen und deren Relevanz erfolgt im Kapitel 4

Aufgrund der gewählten Vorgehensweise bei der Erstellung der Materialbilanzen (siehe Kapitel 3.2.4) wurden die Komponenten der Sanitär – und Elektroinstallationen bis zu 95% des Gesamtgewichts bilanziert. Deshalb wurden die Resultate der Ökobilanz bei allen untersuchten Gebäuden mit einem Zuschlag von 5% versehen.

Die Sachbilanzen werden anhand der Grauen Energie sowie der Treibhauswirksamkeit und den Umweltbelastungspunkten bewertet.

3.3.1.2 Graue Energie

Bei der Grauen Energie handelt es sich um den kumulierten Aufwand an energetischen Rohstoffen, die erforderlich sind um ein Produkt oder eine Leistung an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt bereitzustellen. Dabei wird der Verbrauch an nicht erneuerbaren Energieträgern (fossile und nukleare Energieträger) beurteilt. Die Graue Energie wird in Energieeinheiten (MJ-Äquivalenten) ausgedrückt.

3.3.1.3 Treibhausgase

Analog zur Grauen Energie werden mittels des Treibhauspotentials die Emissionen an Treibhausgasen beziffert. Dabei wird die Wirksamkeit der Treibhausgase im Bezug auf 1 kg CO₂ bewertet.

3.3.1.4 Umweltbelastungspunkte

Mit der Methode der Ökologischen Knappheit werden neben dem Primärenergieaufwand und den Treibhausgasemissionen weitere umweltrelevante Aspekte beurteilt. So zum Beispiel Emissionen in Gewässer und in den Boden. Dabei werden sämtliche Umwelteinwirkungen im Bezug auf einen „kritischen Fluss“ gewichtet („Distance to target“ Methode). Bei den kritischen Flüssen handelt es sich um Zielwerte, die nicht überschritten werden sollten. Das Resultat dieser Methode ist eine aggregierte Bewertung die in Umweltbelastungspunkten (UBP) ausgedrückt wird.

3.3.2 Herstellung

Die Bilanzierung umfasst sämtliche Ressourcen welche zur Herstellung der in den Systemgrenzen (siehe Kapitel 3.2.2 und 3.2.3) erfassten Bauteile benötigt werden. Gemäss SIA Merkblatt 2032 [1] wurden die Aufwendungen für Transporte auf die Baustelle und für den Einbau auf der Baustelle vernachlässigt. Es wurden keine Zuschläge für Abfälle und Verschnitt gemacht, da diese bereits in den von den Planern gelieferten Auszügen berücksichtigt waren.

3.3.3 Entsorgung

3.3.3.1 Prozesskette

Die Entsorgung der Sanitär- und Elektroanlagen wurde nach der in Abbildung 2 dargestellten Prozesskette modelliert. Es wurde davon ausgegangen, dass vor dem Abbruch eines Gebäudes sämtliche Anlageteile welche nicht im Beton verlegt sind, ausgebaut werden. Der Ausbau der Anlageteile geschieht grösstenteils von Hand und es wurden deshalb für diese Arbeiten keine energetischen Aufwendungen bilanziert. Für jene Anlageteile welche im Beton verlegt sind wurde ein globaler Wert pro Kilogramm Baustoff für den Abbruch (D) mit Maschinen berechnet. Die ausgebauten Bauteile oder der Abbruch werden dann per Lastwagen zu einer Sortier- oder Brechanlage transportiert.

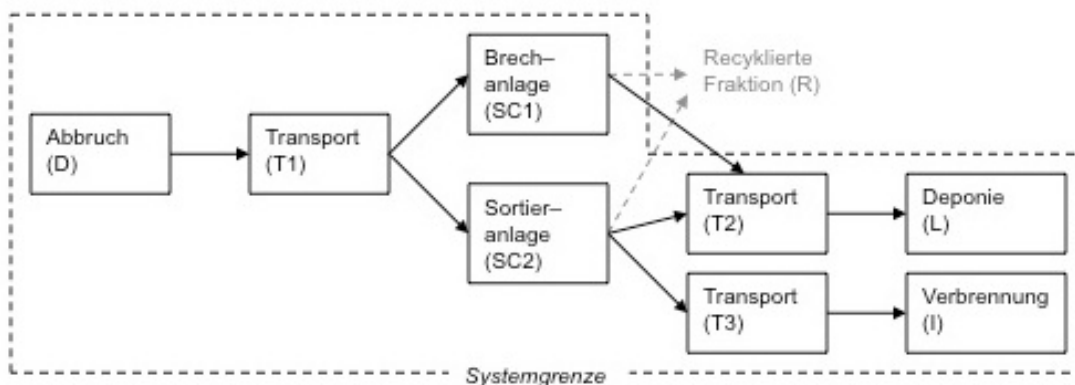


Abbildung 2: Prozesskette bei der Entsorgung

Für den Transport zur Sortieranlage/Betonbrechanlage (T1) wurde für alle Baustoffe eine Transportdistanz von 15 km angenommen.

In der Betonbrechanlage (SC1) wird der Beton gebrochen und der Bewehrungsstahl und andere Stoffe abgeschieden. Für das Brechen wurde aus den ecoinvent Daten ein durchschnittlicher Stromverbrauch und Aufwendungen für Maschinen abgeleitet. Die aufgetrennten Stoffe werden dann entweder recycelt (R), in eine Deponie (L) oder in die Verbrennung (I) transportiert. Ausgebauete Anlageteile werden in eine Sortieranlage (SC2) transportiert, wo sie zerkleinert (Shredder) und getrennt werden. Auch hier wurde für den Energieaufwand und die Emissionen ein globaler Wert pro Kilogramm Baustoff berechnet. Für die rezyklierte Fraktion (R) welche in der Produktion wieder als Rohstoff eingesetzt wird, wurde der Transport vom Recycler zum Produzenten nicht einberechnet. Es wird davon ausgegangen, dass dieser Transport bei der Herstellung berücksichtigt wird.

Die Entsorgung in einer Inertstoffdeponie (L) wurde je nach Baustoff mit dem entsprechenden ecoinvent Datensatz berücksichtigt. Für den Transport zur Deponie (T2) wurde für alle Stoffe 10 Kilometer eingesetzt.

Der Transport zur Verbrennungsanlage (T3) beträgt für alle Stoffe 25 Kilometer. Die Entsorgung in einer Verbrennungsanlage (I) wurde je nach Baustoff mit dem entsprechenden ecoinvent Datensatz berücksichtigt.

3.3.3.2 Sanitäranlagen

In Tabelle 10 sind die Entsorgungsszenarien für die verschiedenen Bauteile dargestellt. Dabei beziehen sich die Angaben in Prozent auf den jeweiligen Massenanteil des Bauteils der durch die oben beschriebenen Prozesse, entsorgt wird.

Tabelle 10: Entsorgungsszenarien Sanitäranlagen

Anlageteil	D	T1	SC1	SC2	T2	T3	R	L	I
Kunststoffrohre in Beton eingelegt	100%	100%	100%	-	-	100%	-	-	100%
Kunststoffrohre	-	100%	-	100%	-	50%	50%	-	50%
Metallrohre	-	100%	-	100%	-	-	100%	-	-
Rohrisolationen Kunststoff	-	100%	-	100%	-	-	-	-	100%
Rohrisolationen Mineralwolle	-	100%	-	100%	100%	-	-	100%	-
Sanitärkeramik	-	100%	-	100%	90%	-	10%	90%	-
Bade- und Duschwannen	-	100%	-	100%	-	-	100%	-	-
Armaturen	-	100%	-	100%	-	-	100%	-	-
Bauteile aus Metall	-	100%	-	100%	-	-	100%	-	-
Bauteile aus Kunststoff	-	100%	-	100%	-	50%	50%	-	50%
Bauteile aus Metallen/Kunststoffen	-	100%	-	100%	-	Kunststofffraktion	Metallfraktion	-	Kunststofffraktion
Waschmaschinen / Wäschetrockner (ca. 70% Metalle, 25% Kunststoffe, 5 % Glas)	-	100%	-	100%	5%	25%	70%	5%	25%

3.3.3.3 Elektroanlagen

Die Entsorgungsszenarien für die Bauteile sind in Tabelle 11 dargestellt. Die Angaben in Prozent beziehen sich auf den Massenanteil eines Bauteils, der jeweils durch die oben beschriebenen Prozesse entsorgt wird. Für das "Shreddern" von Kabeln wurde ein ecoinvent Datensatz verwendet, in dem die entsprechenden Transporte zur Shredderanlage bereits berücksichtigt sind. Deshalb entfällt in diesem Fall der Transport zur Sortieranlage (T1). Die Entsorgung der Leuchtmittel wurde gänzlich mit einem ecoinvent Datensatz bilanziert, der bereits alle Prozessschritte inklusive Transporte und Entsorgung in der Deponie beinhaltet.

Tabelle 11: Entsorgungsszenarien Elektroanlagen

Anlageteil	D	T1	SC1	SC2	T2	T3	R	L	I
Kabel / Elektronik	-	100% gemäss spez. ecoinvent Datensatz, in dem der Transport zum Shredder schon berücksichtigt ist		100%	-	Kunststoff- fraktion	Metall- fraktion	-	Kunststoff- fraktion
Kabelschutzrohre / Einlasskasten	100%	100%	100%	-	-	100%	-	-	100%
Metallkanäle	-	100%	-	100%	-	-	100%	-	-
Kunststoffkanäle	-	100%	-	100%	-	80%	20%	-	80%
Steckdosen /Schalter	-	100%	-	100%	-	Kunststoff- fraktion	Metall- fraktion	-	Kunststoff- fraktion
Bauteile aus Metall	-	100%	-	100%	-	-	100%	-	-
Bauteile aus Kunststoff	-	100%	-	100%	-	80%	20%	-	80%
Bauteile aus Metallen/Kunststoffen	-	100%	-	100%	-	Kunststoff- fraktion	Metall- fraktion	-	Kunststoff- fraktion
Leuchtmittel	Entsorgung gemäss ecoinvent (spezifischer Datensatz für Leuchtmittel)								

3.3.4 Datengrundlagen Ökobilanzen

3.3.4.1 ecoinvent

Die Bilanzierung der Sanitär- und Elektroanlagen basiert weitgehend auf Daten aus ecoinvent³. Die folgenden zwei Kapitel erläutern die Datengrundlagen für die Berechnung der im Bezug auf ihre Masse relevantesten Bauteile. In einigen Fällen musste aufgrund von fehlenden Daten in ecoinvent auf andere Datenquellen zurückgegriffen werden, welche hier ebenfalls spezifiziert werden.

3.3.4.2 Sanitäranlagen

Die Daten zur Sanitärkeramik stammen aus ecoinvent und wurden aufgrund der Umwelterklärung aus dem Jahr 2002 von einem österreichischen Produzenten erstellt⁴. Die Sachbilanzdaten in ecoinvent wurden mit jenen der Umwelterklärung von 2009⁵ desselben Produzenten

³ ecoinvent Centre 2010, ecoinvent v2.2, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, www.ecoinvent.org

⁴ ÖSPAG Umwelterklärung 2002 für die Standorte Gmunden und Wilhelmsburg

⁵ Laufen Austria AG Umwelterklärungen 2009 für die Standorte Gmunden und Wilhelmsburg

ten verglichen. Es ist anzumerken, dass der ausgewiesene Verbrauch an Erdgas zur Produktion von Keramik in den ecoinvent Daten in etwa jenem im Werk Gmunden entspricht. Vor allem jedoch ist aufgefallen, dass der Gasverbrauch pro Kilogramm Keramik von den Werken Wilhelmsburg und Gmunden stark voneinander abweichen (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Erdgas- und Stromverbrauch bei der Produktion von Sanitärkeramik

	Wilhelmsburg			Gmunden			ecoinvent
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	
Erdgas [MJ/kg Produkt]	15.66	13.75	15.41	24.12	21.71	23.44	24.1
Strom [kWh/kg Produkt]	0.88	0.81	0.89	0.80	0.76	0.86	0.878

Die Dusch- und Badewannen bestehen aus emailliertem Stahl. Sie wurden unter Zuhilfenahme einer Beschreibung des Herstellungsverfahrens in einer Umwelt-Produktdeklaration⁶ bilanziert. Die Rohwannen werden aus unlegierten bzw. niedriglegierten Stählen durch Tiefziehen hergestellt. Die Wannen werden anschliessend beidseitig mit Grundemail und auf der Vorderseite mit Deckemail beschichtet. Die Gewichte und Oberflächen von Dusch- und Badewannen mit unterschiedlichen Abmessungen wurden der Umwelt-Produktdeklaration entnommen (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Abmessung und Gewicht von Dusch- und Badewannen gemäss Umwelt-Produktdeklaration

Typ	Abmessungen (L x B x H) [mm]	Fläche [m ²]	Gewicht [kg]
Duschwanne	900 x 900 x 65	1.006	21.9
Duschwanne	900 x 900 x 140	1.151	24.4
Badewanne	1700 x 750 x 410	2.367	48.8
Badewanne	1800 x 800 x 430	2.640	53.8

Tabelle 14 zeigt die ecoinvent Datensätze welche für die Bilanzierung von Dusch – und Badewannen verwendet wurden. Da die Distanzen für den Transport der Rohstoffe in die Fabrik unbekannt waren, wurden hierfür die econvent-Standarddistanzen (100 km Transport per Lastwagen, 200 km Transport per Bahn) angenommen⁷.

⁶ Umwelt Produkt-Deklaration Bade- und Duschwannen aus Stahl-Email, Institut Bauen und Umwelt e.V., 2009

⁷ ecoinvent report No.1, Overview and Methodology, Dübendorf, December 2007

Tabelle 14: Datensätze für die Bilanzierung von Dusch- und Badewannen

Rohstoff/Prozess	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Stahl	Gemäss Bauteilgewicht	steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	Europäischer Produktionsmix für niedrig legierten Stahl, Recyclatanteil 37%
Tiefziehen	Gemäss Bauteilgewicht	Deep drawing, steel, 10000 kN press, auto-mode operation, RER [kg]	
Emaillieren	Gemäss Tabelle 13	enamelling, RER [m2]	
Transporte Strasse	100 km	transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz
Transporte Schiene	200 km	transport, freight rail, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz

In Tabelle 15 sind die Materialisierung und die Typen der Rohrleitungen dargestellt welche in den untersuchten Gebäuden vorhanden sind. Die Angaben zur stofflichen Zusammensetzung stammen aus den vom Büro für Umweltchemie durchgeführten Arbeiten für eco-devis⁸. Die Bilanzierung der Rohrleitungen erfolgte anhand der ecoinvent Datensätze in Tabelle 16.

Tabelle 15: Materielle Zusammensetzung der Rohrleitungen

Material	Typ	Zusammensetzung
Nichtrostender Stahl	Versorgungsleitung	70% Recyclatanteil
PE-X	Versorgungsleitung	98% HDPE, 2% Chemikalien (Pigmente, Zusatzmittel, Stabilisatoren etc.)
PB	Versorgungsleitung	98% Polybuten, 2% Chemikalien (Pigmente, Zusatzmittel, Stabilisatoren etc.)
PE schallgedämmt	Entsorgungsleitung	43% PE HDPE, 55% Bariumsulfat, 2% Chemikalien
PE	Entsorgungsleitung	98% HDPE, 2% Chemikalien (Pigmente, Zusatzmittel, Stabilisatoren etc.)

⁸ eco-devis, NPK 426 und 427

Tabelle 16: Datensätze für die Bilanzierung von Rohrleitungen

Rohstoff/Prozess	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Nichtrostender Stahl	gemäss Materialbilanz	steel, electric, chromium steel 18/8, at plant, RER [kg] steel, converter, chromium steel 18/8, at plant RER [kg]	Entsprechend dem Recyclatanteil wurden bei der Herstellung 70% Elektro Stahl berücksichtigt
Verarbeitung nichtrostender Stahl	gemäss Materialbilanz	hot rolling steel, RER [kg] drawing of pipes, steel, RER [kg]	
Kunststoffe	gemäss Materialbilanz	polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg] polybutadiene, at plant, RER [kg]	
Füllstoffe und Zusatzmittel	Anteil gemäss Tabelle 15	barite, at plant, RER [kg] chemicals inorganic, at plant, GLO [kg]	
Extrusion Kunststoffe	gemäss Materialbilanz	extrusion plastic pipes, RER, [kg]	
Transporte Strasse	100 km	transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz
Transporte Schiene	200 km	transport, freight rail, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz

Gemäss telefonischer Auskunft von V-Zug sind bei der Firma Ökobilanzdaten zu Waschmaschinen und Trockner vorhanden, jedoch wurden sie den Autoren dieses Berichts nicht zugänglich gemacht. Die entsprechenden Ökobilanzdaten wurden deshalb anhand der Präsentationsunterlagen zur Ökobilanz einer Waschmaschine von V-Zug abgeschätzt⁹. Darin sind die Resultate für die Herstellung der Waschmaschine in ecoindicator 99 und UBP 1997 angegeben. Die entsprechenden Belastungen für die Graue Energie, die Treibhausgasemissionen und die Umweltbelastungspunkte 2006 wurden anhand dieser Ergebnisse aufgrund der Korrelation zwischen diesen Indikatoren und ecoindicator 99 respektive UBP 1997 abgeschätzt (siehe. Tabelle 17). Für Trockner waren keine Ökobilanzdaten verfügbar. Es wurden deshalb für die Trockner dieselben Daten wie für Waschmaschinen, korrigiert auf das geringere Gewicht der Trockner, verwendet (siehe Tabelle 17).

⁹ Rolf Frischknecht, Ökobilanzen Waschautomat V-Zug, Kombi-Kühlschrank Electrolux. ESU-Services, 2005, http://www.energieeffizienz.ch/files/Workshop_Timely_Folien_Frischknecht.pdf

Tabelle 17: Ökobilanzdaten für Waschmaschinen

Waschmaschine	eco-indicator 99 (H/A) [Pkt]	UBP 1997	Graue Energie [MJ]	CO ₂ [kg]	UBP 2006 [UBP]
Adora, V-Zug [Stk] 63 kg/Stk	46.5	569'000	4'997 <i>abgeschätzt</i>	284 <i>abgeschätzt</i>	1'010'759 <i>abgeschätzt</i>
Trockner 47.5 kg/Stk			3'768 <i>abgeschätzt</i>	214 <i>abgeschätzt</i>	762'080 <i>abgeschätzt</i>

Angaben zu den Befestigungen von Rohrleitungen waren in den Auszügen nicht vorhanden. Aufgrund von Abklärungen mit dem Sanitärplaner kann mit ca. einer Aufhängung pro 1.5 Laufmeter Rohrleitung gerechnet werden. Es wurden Befestigungen bestehend aus einer Rohrschelle und einer Schraube aus verzinktem Stahl mit einem durchschnittlichen Gewicht von 100 g/Stk angenommen. Tabelle 18 zeigt die zur Bilanzierung verwendeten ecoinvent Datensätze sowie die Inputs pro Befestigung.

Tabelle 18: Datensätze für die Bilanzierung von Befestigungen

Rohstoff/Prozess	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Stahl	100 g/Stk	steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	Europäischer Produktionsmix für niedrig legierten Stahl, Recyclateanteil 37%
Verzinken	0.006 m ² /Stk	zinc coating, pieces, RER, [m ²]	durchschnittliche Fläche pro t Material 60 m ² /t
Transporte Strasse	100 km	transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz
Transporte Schiene	200 km	transport, freight rail, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz

In Tabelle 19 sind die Datensätze welche zur Berechnung der Entsorgung der Sanitäranlagen verwendet wurden, dargestellt. Die Entsorgungs-Prozesskette sowie die entsprechenden Entsorgungsszenarien für die einzelnen Bauteile sind in Kapitel 3.3.3 beschrieben.

Tabelle 19: Datensätze für die Entsorgung von Sanitäranlagen

Bauteile / Prozess	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Abbruch (D)	0.0502 MJ/kg	Diesel burned in building machine, GLO, [MJ]	Nur für Bauteile die nicht von Hand ausgebaut werden, globaler Wert pro kg Baustellenabfall, abgeschätzt aus der ecoinvent Dokumentation ¹⁰
Transport zur Betonbrech- oder Sortieranlage (T1)	15 km (0.015 tkm pro kg)	Transport lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	
Transport in die Deponie (T2)	10 km (0.010 tkm pro kg)	Transport lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	
Transport in die Verbrennung (T3)	25 km (0.025 tkm pro kg)	Transport lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	
Betonbrechanlage (SC1)	4.00E-03 kWh/kg	Electricity, low voltage, at grid, CH, [kWh]	Abgeschätzt aus der ecoinvent Dokumentation ¹⁰
	5.00E-04 m ³ /kg	Excavation, hydraulic digger, RER, [m3]	
Sortieranlage (SC2)	3.00E-03 kWh/kg	Electricity, low voltage, at grid, CH, [kWh]	Abgeschätzt aus der ecoinvent Dokumentation ¹⁰
	5.00E-04 m ³ /kg	Excavation, hydraulic digger, RER, [m3]	
Kabelschutzrohre in Verbrennung	gemäss Materialbilanz	Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration	
PIR-Dämmung in Verbrennung	gemäss Materialbilanz	Disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	
Mineralwolle-Dämmung in Deponie	gemäss Materialbilanz	Disposal, mineral wool, 0% water, to inert material landfill, CH, [kg]	
Sanitärkeramik in Deponie	gemäss Materialbilanz	Disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill, CH, [kg]	
Kunststoffe in Verbrennung	gemäss Materialbilanz	Disposal, plastics mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	

¹⁰ ecoinvent Reports, Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services, Part V „Building material disposal“, Gabor Doka, 2009

Bauteile / Prozess	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Waschmaschinen / Wäschetrockner in Sortieranlage (SC2)	gemäss Materialbilanz	Shredding, electrical and electronic scrap, GLO, [kg]	

3.3.4.3 Elektroanlagen

Die in ecoinvent¹¹ bereits vorhandenen Datensätze für Kabel beziehen sich auf Kabel für Computer. Die in den Auszügen vorhandenen Kabel mussten deshalb neu bilanziert werden. Der Bedarf an Strom und fossilen Brennstoffen für die Produktion der Kabel wurde gemäss den bereits vorhandenen Datensätzen in ecoinvent berücksichtigt. Analog verhält es sich mit der dazu notwendigen Infrastruktur, den Transporten und den Produktionsabfällen. Sämtliche Rohstoffe und Prozesse und die entsprechenden ecoinvent Datensätze, die für die Berechnungen verwendet wurden sind in Tabelle 20 dargestellt. Die Sachbilanzdaten zu Kabeln in ecoinvent beruhen unter anderem auf Daten aus zwei verschiedenen Umweltproduktdeklarationen¹². Die Bilanzierung der anderen Rohstoffe wie Kupfer und Kunststoffe erfolgte aufgrund der Herstellerangaben zur materiellen Zusammensetzung der Kabel.

Tabelle 20: Bilanzierung Kabel

Rohstoff/Prozess	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Kupfer	gemäss Materialbilanz	copper, at regional storage, RER, [kg]	Der Recyclatanteil des Kupfers beträgt 22%
Kupferdraht ziehen	gemäss Materialbilanz	wire drawing copper, RER, [kg]	
Kunststoffe	gemäss Materialbilanz	polyethylene, LDPE, granulate, at plant, RER, [kg] polyvinylchloride, at regional storage, RER, [kg]	produktspezifisch
Extrusion Kunststoffe	gemäss Materialbilanz	extrusion plastic pipes, RER, [kg]	
Transporte Strasse	100 km	transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz
Transporte Schiene	200 km	transport, freight rail, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz
Strom	0.0935 kWh/m	electricity medium voltage, production UCTE, at grid [kWh]	Stromverbrauch pro Meter Kabel gemäss ecoinvent

¹¹ Life Cycle Inventories of Electric and Electronic Equipment: Production, Use and Disposal, ecoinvent report No. 18, 2007

¹² Draka Environmental Report 2004 – Draka Norsk Kabel AS und Nichigoh Environmental Product Declaration for Wire and Cable World Wide Standard Cable ECO-FLEX Series, 2006

Rohstoff/Prozess	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Heizöl	0.629 MJ/kg	Heat, heavy fuel oil, at industrial furnace 1 MW, RER, [MJ]	Verbrauch pro kg Kabel gemäss ecoinvent
Propangas	1.855E-04 kg/kg	propane/butane, at refinery, RER, [kg]	Verbrauch pro kg Kabel gemäss ecoinvent
Wasser	20.2 kg/kg	Tap water at user, RER, [kg]	Verbrauch pro kg Kabel gemäss ecoinvent
Infrastruktur	2.083E-07 Stk./kg	Printed wiring board mounting plant, GLO, [unit]	Verbrauch pro kg Kabel gemäss ecoinvent, basiert auf einer Lebensdauer der Anlage von 25 Jahren mit einer jährlichen Produktion von 192 t. Es handelt sich um einen Proxy Datensatz, da für die Infrastruktur bei der Kabelherstellung keine Daten vorhanden sind.
Entsorgung	0.025 kg/kg	disposal plastics mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH [kg]	Plastikabfälle pro kg Kabel gemäss ecoinvent

Die Herstellung von Kabelschutzrohren und Kanälen aus Kunststoff wurde aufgrund der materiellen Zusammensetzung anhand der Datensätze für verschiedene Kunststoffe (meistens Polyethylen oder Polyvinylchlorid) und dem Datensatz für die Extrusion von Kunststoffrohren berechnet. Für die Transporte der Rohstoffe zum Produktionsort wurden die ecoinvent – Standarddistanzen verwendet (100 km Strassentransport und 200 km Transport per Schiene). Tabelle 21 zeigt die Rohstoffe und Prozesse sowie die entsprechenden Datensätze die für die Berechnung verwendet wurden.

Tabelle 21: Bilanzierung Kabelschutzrohre und -Kanäle

Rohstoff/Prozess	Menge	ecoinvent-Datensatz	Kommentar
Kunststoffe	gemäss Materialbilanz	polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg] polyvinylchloride, at regional storage, RER, [kg]	produktspezifisch
Extrusion	gemäss Materialbilanz	extrusion plastic pipes, RER, [kg]	
Transporte Strasse	100 km	transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz
Transporte Schiene	200 km	transport, freight rail, RER, [tkm]	ecoinvent Standarddistanz

Bauteile aus Stahl wie Gitterkabelbahnen, Erdbänder oder Verteilerschränke wurden mit dem Datensatz für niedrig legierten Stahl gemäss europäischem Produktionsmix bilanziert (siehe Tabelle 22). Die Werkstücke werden durch Walzen oder Ziehen hergestellt und sind in der Regel verzinkt. Diese Produktionsschritte wurden mit den entsprechenden Datensätzen in ecoinvent bilanziert. Für die Transporte der Rohstoffe wurden auch hier mit den ecoinvent – Standarddistanzen gerechnet (100 km Strassentransport, 200 km Transport per Bahn).

Tabelle 22: Datensätze für Metalle und deren Verarbeitung

Rohstoff/Prozess	Menge	ecoinvent-Datensatz	Kommentar
Stahl	gemäss Materialbilanz	steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	Europäischer Produktionsmix für niedrig legierten Stahl, Recyclanteil 37%
Profil walzen, Stahl	gemäss Materialbilanz	section bar rolling steel, RER, [kg]	
Blech walzen, Stahl	gemäss Materialbilanz	sheet rolling, steel, RER, [kg]	
Bandverzinken	gemäss Materialbilanz	zinc coating coils, RER, [m ²]	durchschnittliche Fläche pro t Material 64 m ² /f
Stückverzinkung	gemäss Materialbilanz	Zinc coating, pieces, RER, [m ²]	durchschnittliche Fläche pro t Material 60 m ² /f
Draht ziehen, Stahl	gemäss Materialbilanz	wire drawing steel, RER, [kg]	Output: Draht mit 1-2 mm Durchmesser

Für Leuchtstoffröhren, Leuchtstoffröhrenfassungen, Vorschaltgeräte und Kompaktleuchtstofflampen sind in ecoinvent keine Datensätze verfügbar. Die Ökobilanzdaten für diese Bauteile wurden deshalb aus der deutschen Baustoffdatenbank Ökobau.dat¹³ übernommen. Da die Umweltbelastungspunkte in Deutschland kein gebräuchlicher Ökobilanzindikator sind, mussten sie aus den Werten für die induzierten Treibhausgasemissionen abgeschätzt werden. Zu diesem Zweck wurde die Korrelation zwischen Umweltbelastungspunkten und den Treibhausgasemissionen in den ecoinvent – Datensätzen untersucht. Dabei wurden jene Datensätze berücksichtigt welche zur Bilanzierung der Elektroanlagen verwendet wurden. Die Werte für die Umweltbelastungspunkte wurden mittels linearer Regression ermittelt (siehe Abbildung 3).

¹³ Ökobau.dat 2009, <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html>

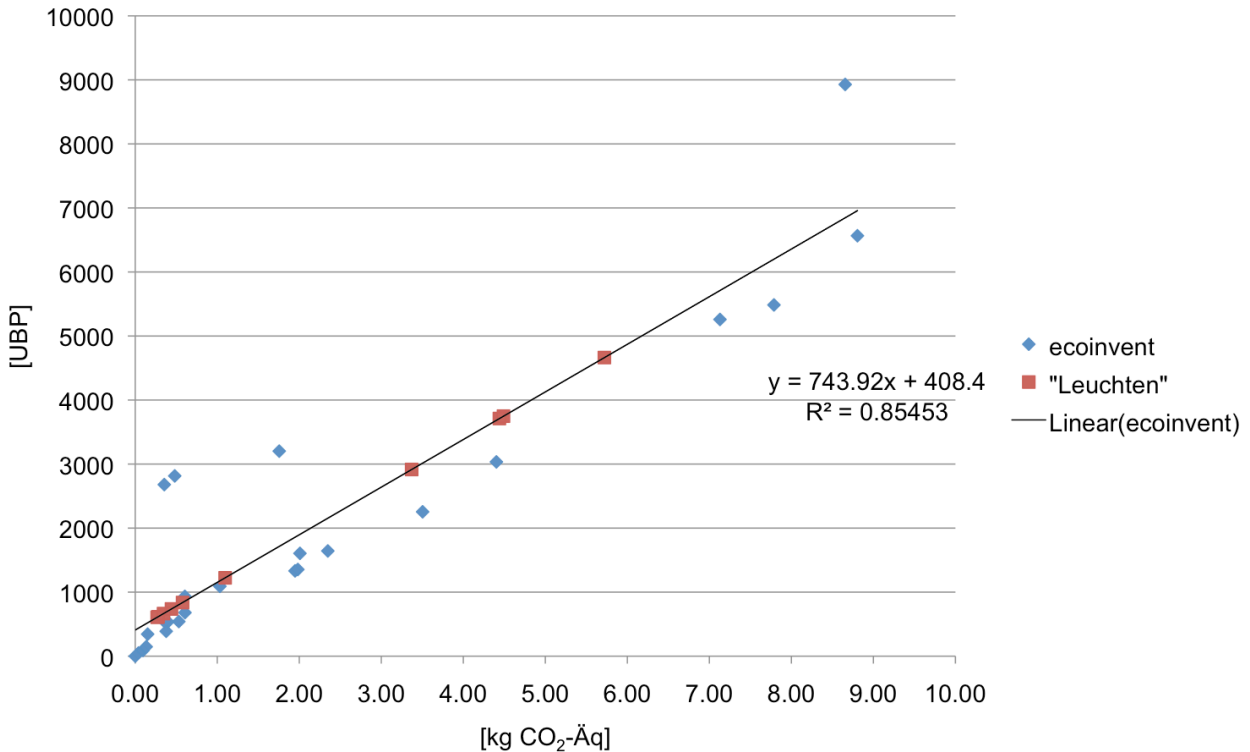


Abbildung 3: Abschätzung UBP Leuchten

Tabelle 23 zeigt die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen für die Herstellung von Leuchten aus Ökobau.dat sowie die abgeschätzten Umweltbelastungspunkte.

Tabelle 23: Ökobilanzdaten für Leuchten (Herstellung)

Datensatz Ökobau.dat	Bezugsgrösse	Masse [kg]	Graue Energie [MJ-Äq.]	CO ₂ [kg CO ₂ -Äq.]	UBP06 [UBP] (abgeschätzt)
Leuchtstoffröhre T8 18W	Stück	0.071	4.58	0.345	665
Leuchtstoffröhre T8 36W	Stück	0.140	7.60	0.577	838
Leuchtstoffröhre T5 14W	Stück	0.052	3.59	0.267	607
Leuchtstoffröhre T5 28W	Stück	0.105	5.87	0.442	737
Leuchtstoffröhrenfassung T8 18W	Stück	0.394	15.90	1.096	1'224
Leuchtstoffröhrenfassung T8 36W	Stück	1.66	56.40	4.44	3'711
Vorschaltgerät EVG	Stück	0.4	48.40	3.37	2'915
Wannenleuchte (Feuchtraum) T8 36W	Stück	3.149	438	23.40	17'816
Gehäuse Downlight 18W (CFL G24D)	Stück	0.703	69.5	5.72	4664
Kompaktleuchtstofflampe 18W	Stück	0.047	4.32	0.278	615

Wie bei den Leuchten gibt es in ecoinvent noch keine Daten zu Steckdosen und Schalter. Es wurden auch hier die Datensätze für die Herstellung dieser Bauteile aus Ökobau.dat verwendet. Die entsprechenden Werte für die Umweltbelastungspunkte wurden in gleicher Weise wie bei den Leuchten ermittelt.

Tabelle 24: Ökobilanzdaten Steckdosen und Schalter (Herstellung)

Datensatz Ökobau.dat	Bezugsgrösse	Masse [kg]	Graue Energie [MJ-Äq.]	CO ₂ [kg CO ₂ -Äq.]	UBP06 [UBP] (abgeschätzt)
Kippschalter (Lichtschalter)	Stück	0.079	9.94	0.597	853
Steckdose	Stück	0.077	7.88	0.517	793

Schutzschalter und Schützen deren materielle Zusammensetzung nicht im Detail untersucht werden konnte, wurden annäherungsweise anhand ihres Gewichtes mit einem Datensatz für die Elektronik von technischen Anlagen bilanziert (siehe Tabelle 25). Der Datensatz berücksichtigt eine durchschnittliche Zusammensetzung von Elektronik bestehend aus 46% Stahl (Gehäuse), 32% Kunststoffe, 14% Leiterplatten und 8% Kabel. Im Datensatz inbegriffen sind Transporte (100 km Strassentransport und 200 km Bahntransport) zur Bereitstellung der Halbfabrikate.

Tabelle 25: Datensatz für Schutzschalter und Schützen

Bauteile	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Fehlerstromschutzschalter Leitungsschutzschalter Schützen	Produktgewicht	electronics for control units, RER [kg]	Datensatz für Elektronik von technischen Anlagen (46% Stahl, 32% Kunststoffe, 14% Leiterplatten, 8% Kabel)

Tabelle 26 zeigt die Datensätze welche zur Berechnung der Entsorgung der Elektroanlagen verwendet wurden. Die Entsorgungs-Prozesskette sowie die entsprechenden Entsorgungsszenarien für die einzelnen Bauteile sind in Kapitel 3.3.3 beschrieben.

Tabelle 26: Datensätze für die Entsorgung von Elektroanlagen

Bauteile	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Abbruch (D)	0.0502 MJ/kg	Diesel burned in building machine, GLO, [MJ]	Nur für Bauteile die nicht von Hand ausgebaut werden, globaler Wert pro kg Baustellenabfall, abgeschätzt aus ecoinvent Dokumentation ¹⁴
Transport zur Betonbrech- oder Sortieranlage (T1)	15 km (0.015 tkm pro kg)	Transport lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	
Transport in die Deponie (T2)	10 km (0.010 tkm pro kg)	Transport lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	
Transport in die Verbrennung (T3)	25 km (0.025 tkm pro kg)	Transport lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	
Betonbrechanlage (SC1)	4.00E-03 kWh/kg	Electricity, low voltage, at grid, CH, [kWh]	Abgeschätzt aus ecoinvent Dokumentation ¹⁴
	5.00E-04 m ³ /kg	Excavation, hydraulic digger, RER, [m3]	
Sortieranlage (SC2)	3.00E-03 kWh/kg	Electricity, low voltage, at grid, CH, [kWh]	Abgeschätzt aus ecoinvent Dokumentation ¹⁴ ,
	5.00E-04 m ³ /kg	Excavation, hydraulic digger, RER, [m3]	
Shreddern von Kabeln und Elektronik (T1, SC2)	Gemäss Massenbilanz	Shredding, electrical and electronic scrap, GLO, [kg]	Strom für das Shreddern von Elektroabfällen, 0.066 kWh/kg ¹⁵
Verbrennung Kunststoffe	Gemäss Massenbilanz	Disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration	Für Polyethylen
		Disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	Für PVC
		Disposal, wire plastic, 3.55% water, to municipal incineration, CH, [kg]	Für Kabel-Ummantelung
		Disposal, plastics mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	Für Kunststoffe ausser PE und PVC

¹⁴ ecoinvent Reports, Life Cycle Inventories of Waste Treatment Services, Part V „Building material disposal“, Gabor Doka, 2009

¹⁵ ecoinvent Reports, Part V “Disposal of Electric and Electronic Equipment (e-Waste), Roland Hischier, 2007

Bauteile	Menge	ecoinvent Datensatz	Kommentar
Entsorgung Leuchtmittel	Gemäss Massenbilanz	disposal, fluorescent lamps, GLO, [kg]	

4 Resultate

4.1 Sanitäranlagen

4.1.1 Materialbilanzen

Das Gesamtgewicht der Installationen bewegt sich im Wohnungsbau zwischen 2 bis knapp 3 kg/m² EBF. Im Bürobau, wo der Gewichtsanteil der Rohrleitungen inklusive Dämmungen und Befestigungen beim Geschäftshaus Zentrum Leue deutlich höher liegt als beim Geschäftshaus Acutronic, sind die Gesamtgewichte der Installationen 3.21 respektive 1.26 kg/m² EBF (siehe Abbildung 4).

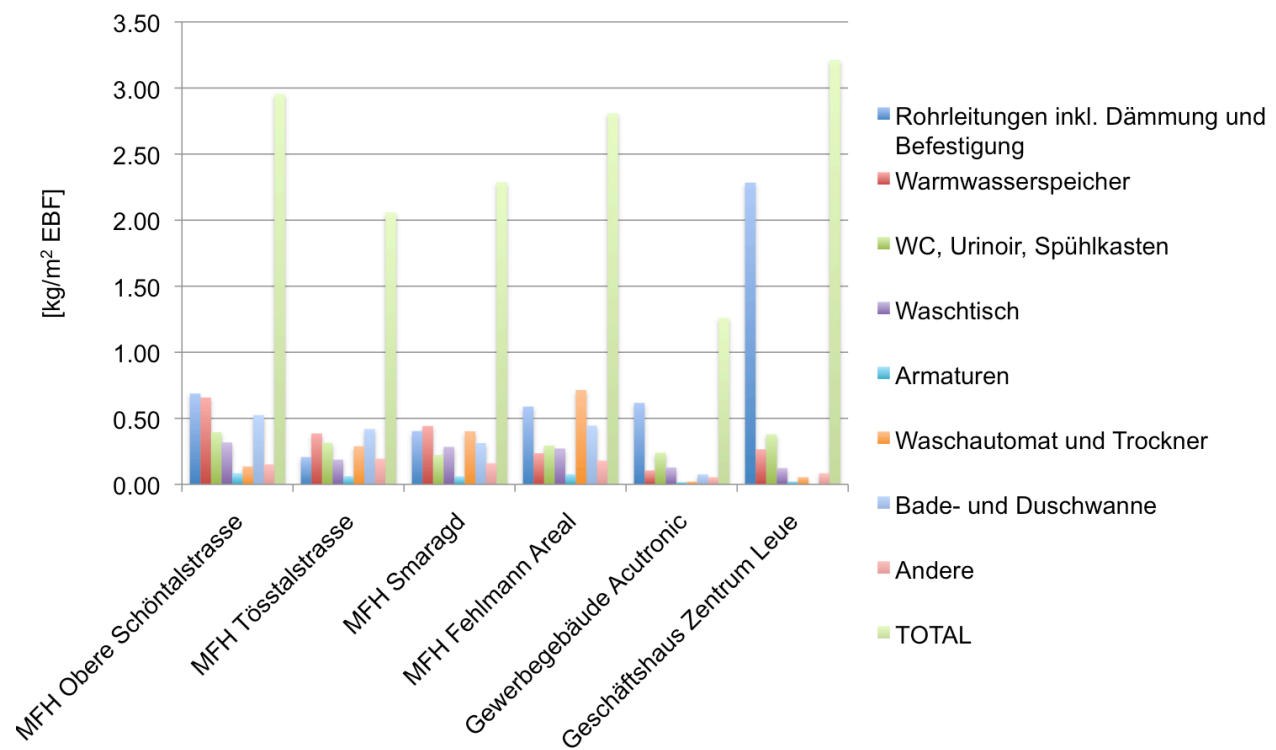


Abbildung 4: Gewichte der Sanitärinstallationen pro m² EBF

Bezogen auf die EBF zeigen die Gebäude mit gehobenem Ausbaustandard (MFH Smaragd und MFH Fehlmann Areal) keine höheren Gewichte der Sanitärinstallationen. In diesen Gebäuden sind in jeder Wohnung mindestens 2 Nasszellen inklusive Waschautomat und Trockner vorhanden. Da diese Wohnungen auch deutlich grösser sind, wird der erhöhte Standard in der EBF bezogenen Darstellung wieder kompensiert. Beim MFH Smaragd und dem MFH Fehlmann

Areal sind es im Durchschnitt jeweils 220 m² EBF und 155 m² EBF pro Wohnung. Hingegen sind es beim MFH Obere Schöntalstrasse 110 m² EBF/ Wohnung und beim MFH Tösstalstrasse 96 m² EBF/Wohnung. Werden die Gewichte der Sanitärinstallationen hingegen pro Wohnung ausgewertet, ist der höhere Ausbaustandard beim MFH Smaragd und MFH Fehlmann Areal erkennbar (vergl. Abbildung 5). Die Unterschiede der Gesamtgewichte pro Wohnung sind beim einfachen Ausbaustandard (Obere Schöntalstrasse und Tösstalstrasse) auf die Nasszellen zurückzuführen. Beim MFH Tösstalstrasse ist jeweils nur eine Nasszelle pro Wohnung vorhanden während es beim MFH Obere Schöntalstrasse oft zwei Nasszellen sind.

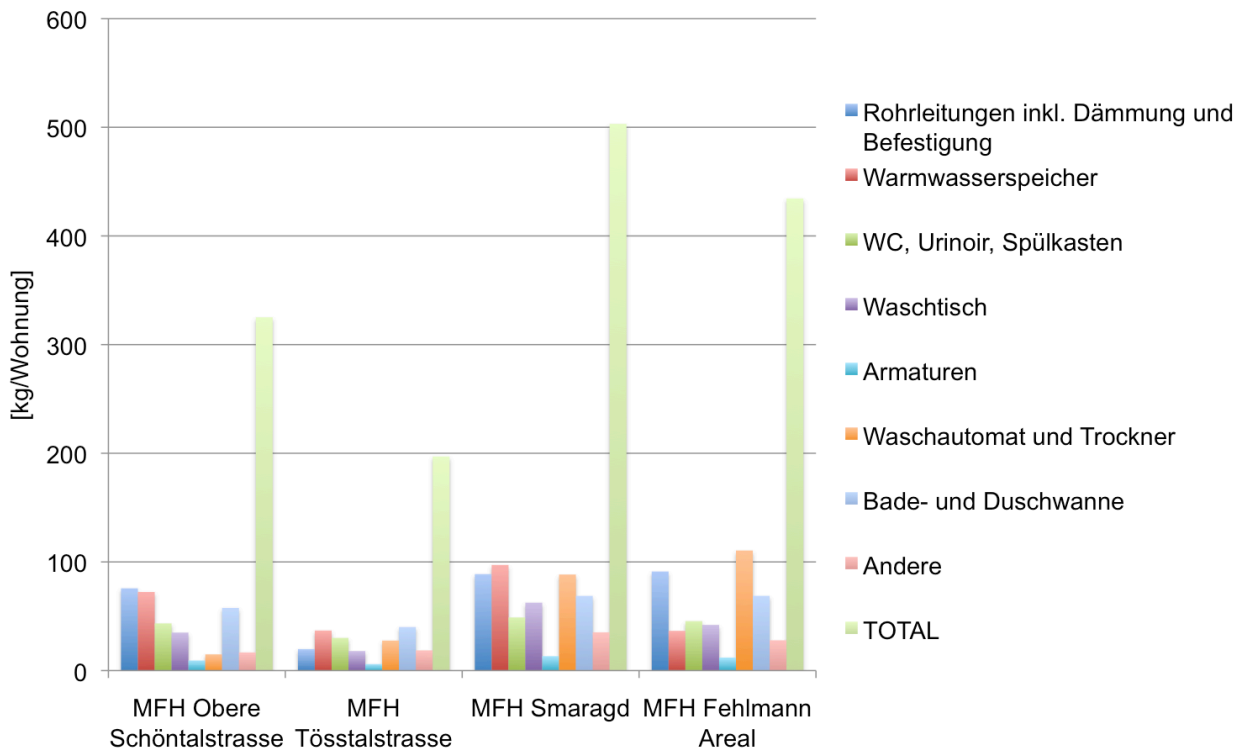


Abbildung 5: Gewichte der Sanitärinstallationen pro Wohnung

Die Unterschiede zwischen einfachen und gehobenen Ausbaustandard bei den Wohngebäuden sind auch ersichtlich wenn die Gewichte der Sanitärinstallationen pro Nasszelle ausgewertet werden (siehe Abbildung 6). Die Differenzen innerhalb der Kategorien "einfacher Ausbaustandard" und "gehobener Ausbaustandard" sind bei dieser Auswertung geringer. Die Gesamtgewichte der Sanitärinstallationen pro Nasszelle liegen bei den Gebäuden mit einfachem Ausbaustandard zwischen 176 – 197 kg/Nasszelle und bei den Gebäuden mit gehobenem Ausbaustandard zwischen 256 – 279 kg/Nasszelle. Bei den Bürogebäuden weichen die Gesamtgewichte der Installationen pro Nasszelle aufgrund der bedeutenden Unterschiede bei den Mengen an verlegten Rohrleitungen und Dämmungen, stark voneinander ab. Dieser Effekt ist auf die unterschiedlichen Grundrisse zurückzuführen.

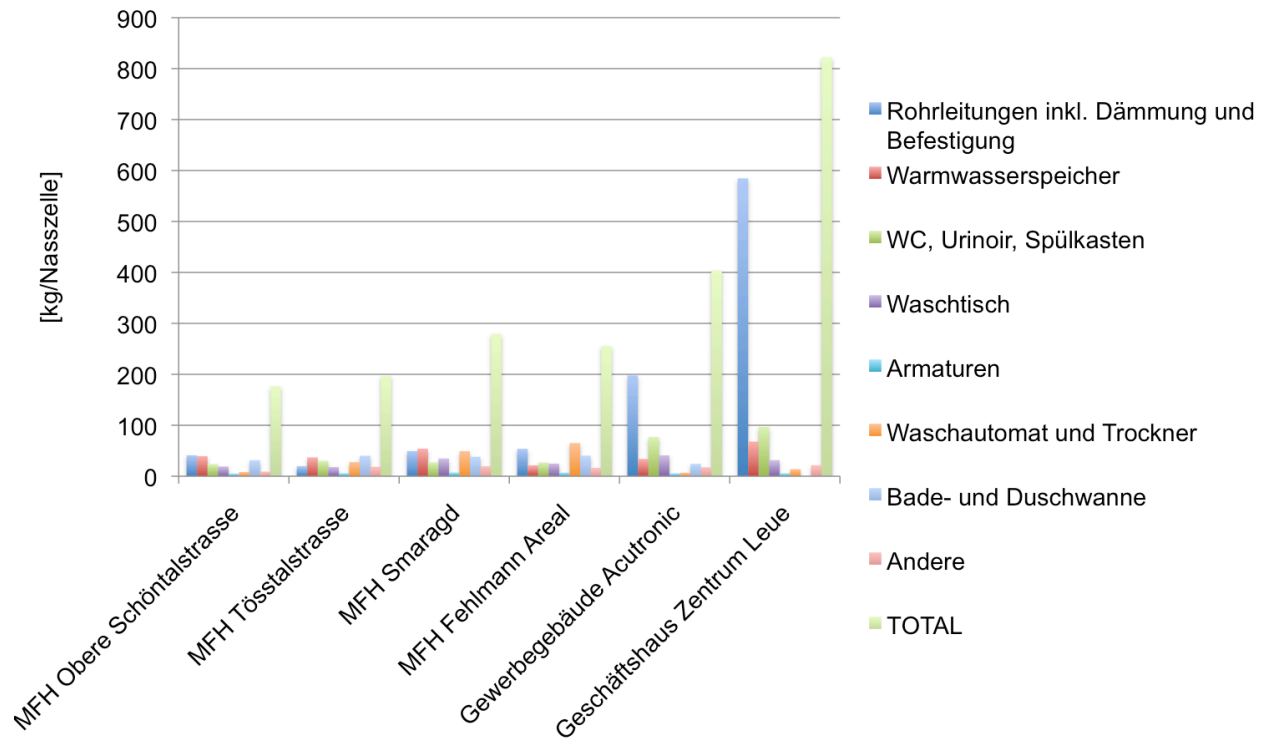


Abbildung 6: Gewichte der Sanitäranlagen pro Nasszelle

Bei den untersuchten Wohngebäuden sind die prozentualen Gewichtsanteile der Rohrleitungen mit Dämmung und Befestigung, der Warmwasserspeicher, der Bade- und Duschwannen sowie der Waschautomaten und Trockner oder der WC Anlagen inklusive Spülkasten am bedeutendsten (siehe Abbildung 7). Die grössten Abweichungen voneinander (bis zu 21%) zeigen die Anteile der Waschautomaten und Trockner. Bei den Gebäuden mit einfachen Ausbaustandard (Obere Schöntalstrasse und Tösstalstrasse) befinden sich die Waschmaschinen und Trockner zur gemeinschaftlichen Nutzung im Keller, während in den Mehrfamilienhäusern Smaragd und Fehlmann Areal Waschautomat und Trockner in den Wohnungen vorhanden sind. Im Vergleich unterscheiden sich bei den Gebäuden die Anteile der Rohrleitungen inkl. Dämmung und Befestigung sowie der Warmwasserspeicher bis zu maximal 14% und die der Bade- und Duschwannen bis zu knapp 7%.

Bei den Bürogebäuden sind die Gewichtsanteile der Rohrleitungen inkl. Dämmung und Befestigung, der Warmwasserspeicher, der WC Anlagen und der Waschtische am höchsten. Der Anteil der Rohrleitungen am Gesamtgewicht der Installationen ist dabei am bedeutendsten (vergl. Abbildung 7). Er beträgt beim Gebäude Acutronic 49% und beim Zentrum Leue 71%. Beim Zentrum Leue fallen insbesondere die Abwasser- und Regenabwasser Rohre (PE Silent) sowie deren Dämmung mit Geberit Isol ins Gewicht.

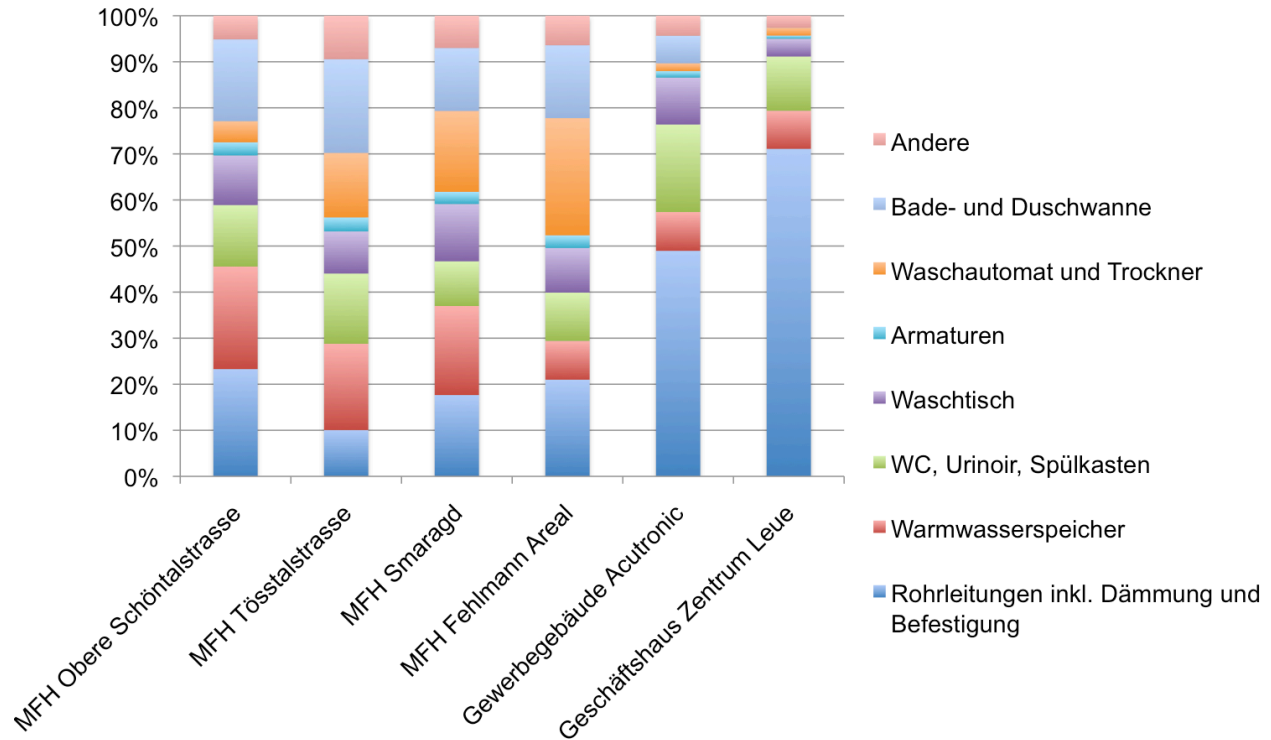


Abbildung 7: Anteile der Sanitärinstallationen am Gesamtgewicht

Der Stahlanteil der Sanitärbaustoffe ist bei den Wohngebäuden höher als bei den Bürogebäuden (siehe Abbildung 8). Dies ist auf die höheren Gewichtsanteile der Warmwasserspeicher und der Bade- und Duschwannen zurückzuführen. Bei den Bürogebäuden hingegen sind die Anteile an Chromstahl und Kunststoffen aufgrund der grösseren Anteile der Rohrleitungen höher. Die Rohrleitungen fallen bei den Bürogebäuden mehr ins Gewicht unter anderem weil der Anteil von Waschautomaten und Trockner sowie von Bade- und Duschwannen bedeutend kleiner ist, als bei den Wohnbauten (vergl. auch Abbildung 7). Da für die Ökobilanzierung bereits Daten zu Waschmaschinen vorhanden waren, wurde deren materielle Zusammensetzung nicht näher untersucht. Sie sind in Abbildung 8 unter "Andere" berücksichtigt.

Die detaillierten Materialbilanzen der Gebäude ausgewertet pro m² EBF, pro Wohnung und pro Nasszelle befinden sich im Anhang (siehe Tabelle 37 bis Tabelle 42)

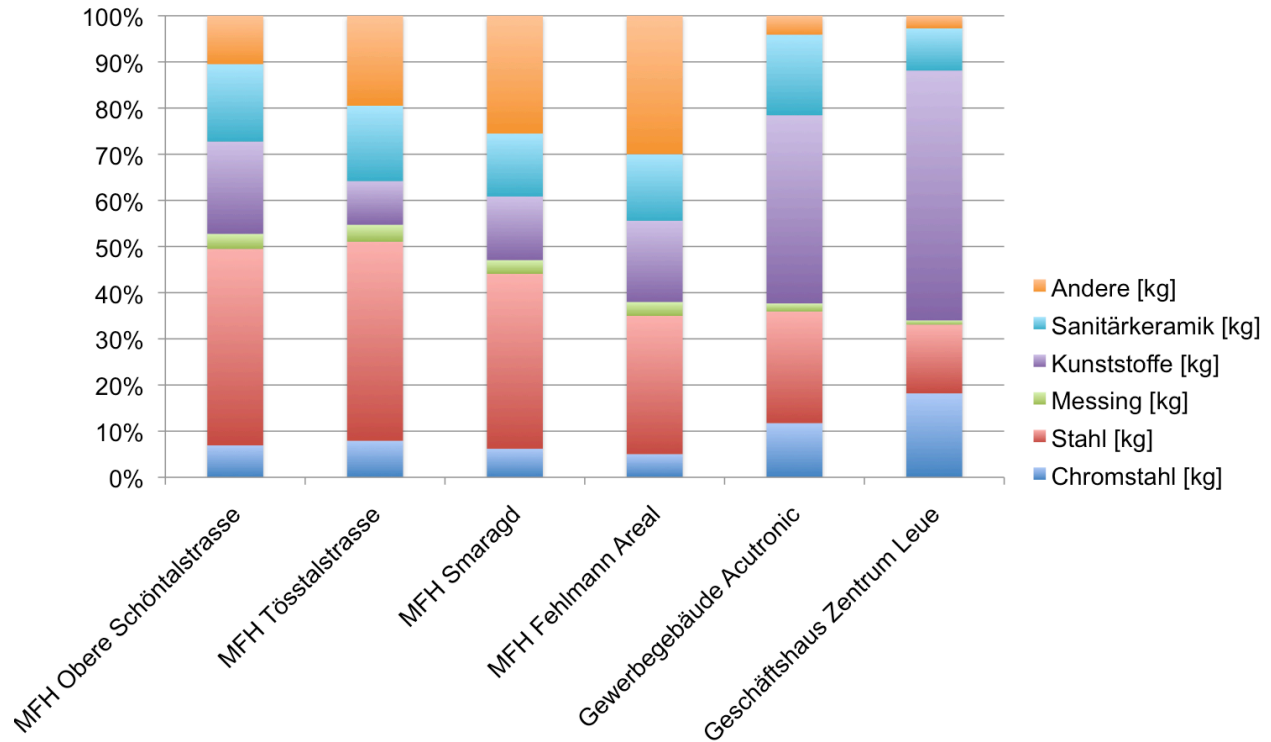


Abbildung 8: Materialanteile

4.1.2 Ökobilanzen

Gemäss der in den Kapiteln 3.2.4 und 3.3 beschriebenen Methodik umfassen die Sachbilanzen jeweils 95% der Anlagen im Bezug auf das Gesamtgewicht. Die Ökobilanzresultate für die Graue Energie, die Treibhausgasemissionen und die Umweltbelastungspunkte wurden demzufolge je mit einem Zuschlag von 5% versehen. Die kumulierten Sachbilanzen für die untersuchten Gebäude befinden sich im Anhang (siehe Tabelle 43 bis Tabelle 48).

Die Graue Energie der Sanitäranlagen liegt bei den Wohngebäuden zwischen 111 und 169 MJ/m² EBF und bei den Bürogebäuden bei 76 und 180 MJ/m² EBF. Die Ökobilanzindikatoren für die Herstellung und Entsorgung der Anlagen pro m² EBF sind in Tabelle 27 unten sowie in Abbildung 31 bis Abbildung 33 im Anhang dargestellt. Der Anteil der Entsorgung am Gesamtergebnis ist bei der Grauen Energie gering und bedeutender bei den Treibhausgasemissionen und den Umweltbelastungspunkten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Kunststoffe teilweise durch Verbrennung in einer Kehrichtverbrennungsanlage entsorgt werden.

Tabelle 27: Ökobilanzresultate ausgewertet pro m² EBF

Gebäude	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]
Wohngebäude									
Obere Schöntalstrasse	150	8.32	16'201	0.78	1.27	882	151	9.59	17'083
Tösstalstrasse	110	6.49	13'038	0.73	0.65	481	111	7.14	13'519
Smaragd	127	7.16	13'271	0.87	1.09	767	128	8.23	13'995
Fehlmann Areal	168	9.06	17'513	1.28	1.59	1'112	169	10.65	18'620
Bürogebäude									
Acutronic	75	3.53	5'664	0.41	1.18	787	76	4.71	6'451
Zentrum Leue	179	8.49	12'326	1.50	3.86	2'638	180	12.34	14'964

Wie schon bei den Materialbilanzen lässt sich zwischen den Ökobilanzindikatoren und dem Ausbaustandard kein Zusammenhang erkennen, wenn die Installationen pro m² EBF ausgewiesen werden. Die Ökobilanzresultate der Anlagen für die Gebäude Smaragd und Fehlmann Areal mit einem gehobenen Ausbaustandard sind pro m² EBF nicht deutlich höher als bei den Gebäuden Obere Schöntalstrasse und Tösstalstrasse, welche einen einfachen Ausbaustandard aufweisen. Bei den Bürogebäuden weichen die Resultate stärker voneinander ab, als bei den Wohngebäuden. Die Graue Energie der Sanitäreanlagen des Gewerbegebäudes Acutronic ist pro m² EBF deutlich tiefer als bei den Wohngebäuden. Beim Geschäftshaus Zentrum Leue hingegen liegt sie deutlich höher. Aus Abbildung 9 geht hervor, dass die Abweichung der Resultate bei den Bürogebäuden, in Analogie zu den Materialbilanzen, vor allem auf den unterschiedlichen Anteilen an Rohrleitungen, Dämmungen und Befestigungen beruht.

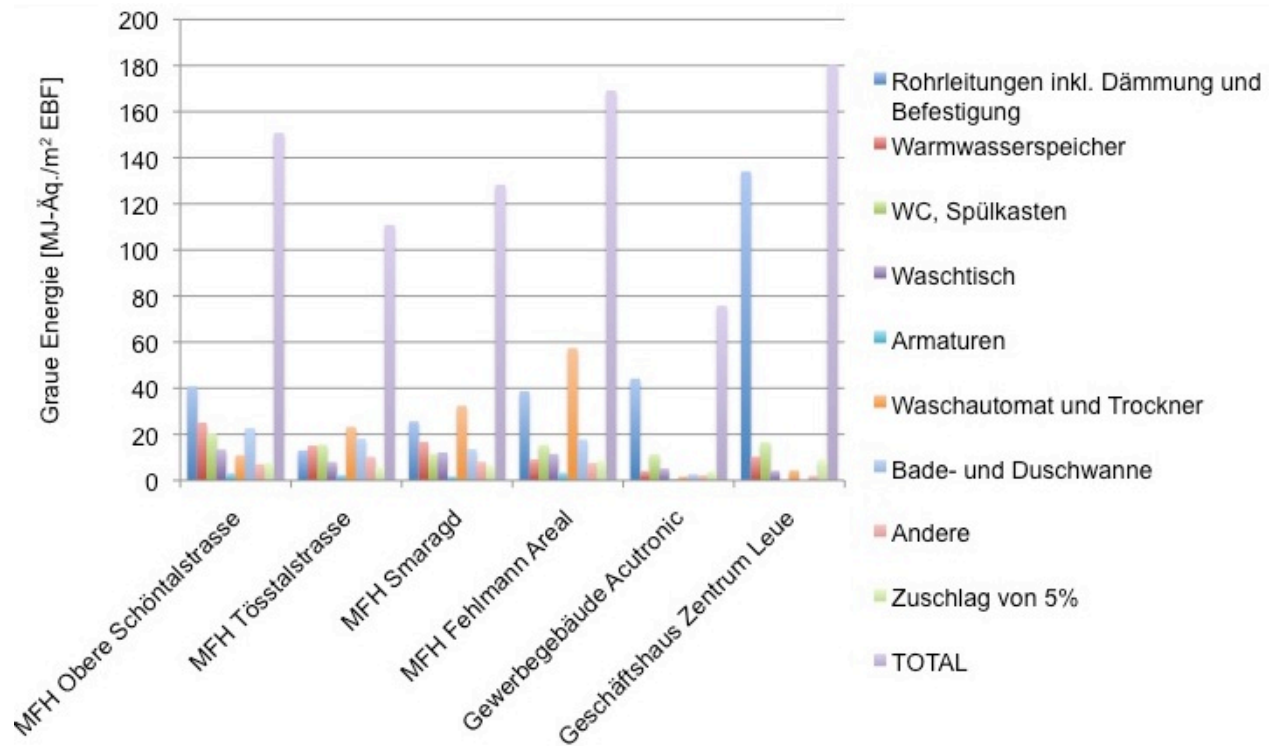


Abbildung 9: Graue Energie der Sanitärinstallationen pro m² EBF

Wenn die Sanitäranlagen pro Nasszelle ausgewertet werden, sind die Unterschiede zwischen einfachen und gehobenem Ausbaustandard bei den Wohngebäuden deutlich ersichtlich (siehe Abbildung 10). Bei den Gebäuden mit einfachem Ausbaustandard (Obere Schöntalstrasse und Tösstalstrasse) liegt die Graue Energie pro Nasszelle zwischen 9'013 – 10'613 MJ-Äq. und beim gehobenen Ausbaustandard bei 15'404 MJ-Äq. (Fehlmann Areal) und 15'680 MJ-Äq. (Smaragd). Bei den Bürogebäuden ist die Graue Energie pro Nasszelle höher. Da die Nasszellen im Bürogebäude weiter auseinander liegen als in Wohngebäuden, ist die Graue Energie der Rohrleitungen pro Nasszelle deutlich höher als im Wohnungsbau. Beim Gewerbegebäude Acutronic beträgt die Graue Energie pro Nasszelle 24'285 MJ-Äq. und beim Geschäftshaus Zentrum Leue ist sie mit 46'183 MJ-Äq. bedeutend höher.

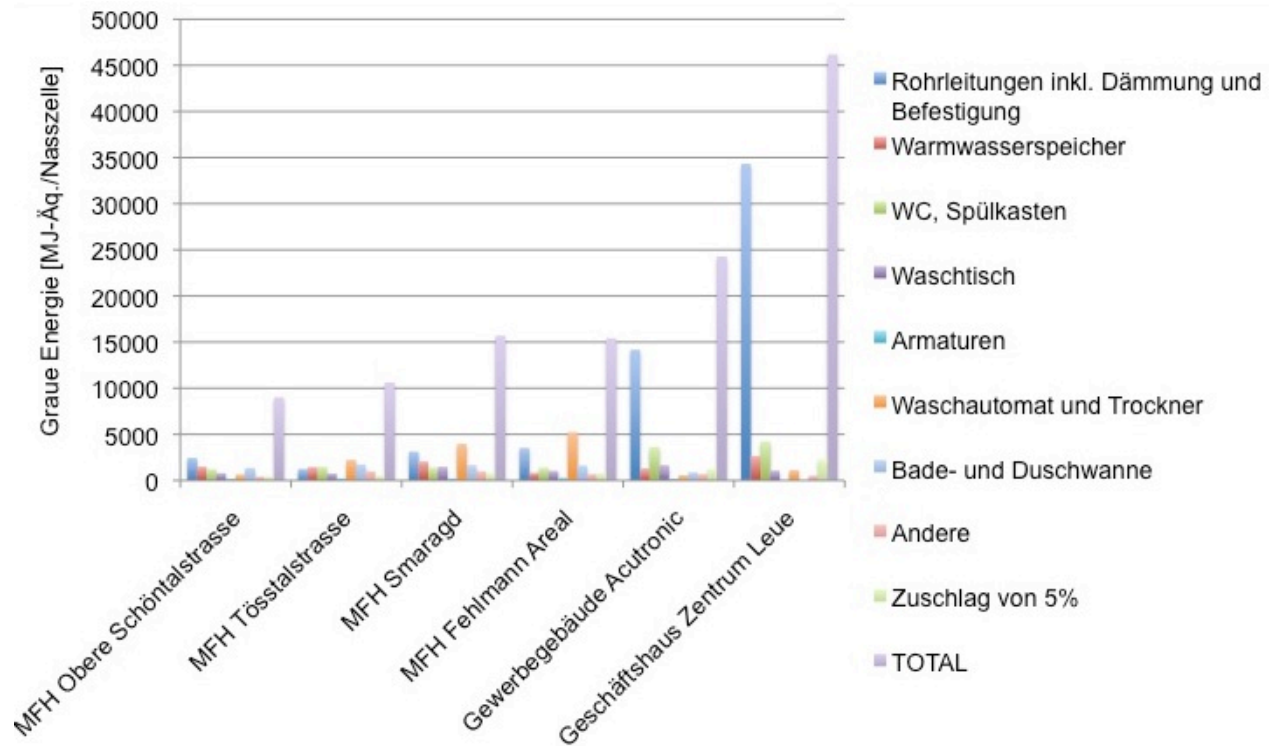


Abbildung 10: Graue Energie der Sanitärinstalltionen pro Nasszelle

Eine Überprüfung der Material- und Ökobilanzen der Gebäude zeigt eine Korrelation zwischen den Anteilen der einzelnen Systemkomponenten wie Apparate, Rohre etc. am Gesamtgewicht und den jeweiligen Anteilen an der Grauen Energie der Gebäude. Generell sind jene Systemkomponenten mit den höchsten Gewichtsanteilen auch jene welche die grössten Anteile an Grauer Energie (Herstellung und Entsorgung) induzieren. Abbildung 11 zeigt diese Korrelation am Beispiel des MFH Fehlmann Areal. Ähnlich sind die Zusammenhänge zwischen den Gewichtsanteilen und den Anteilen an den Treibhausgasemissionen. Die induzierten CO₂-Emissionen sind in der Regel stark vom Verbrauch an fossilen Energieträgern abhängig.

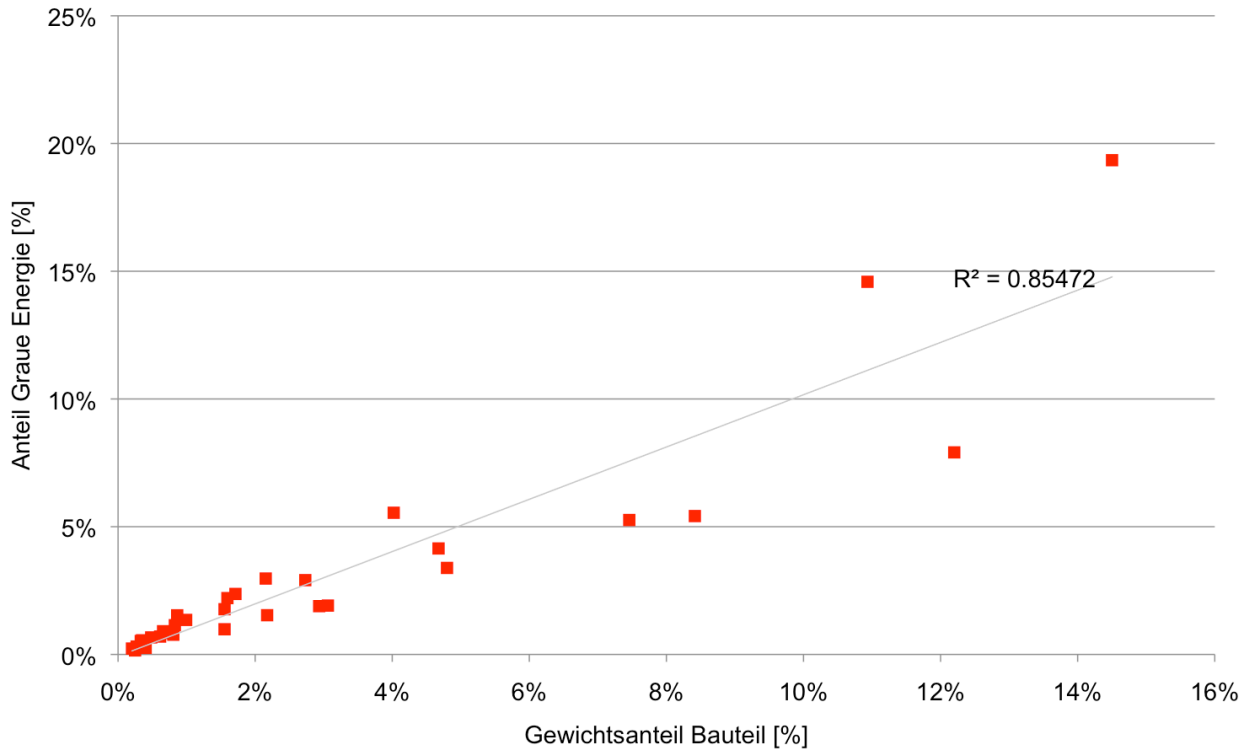


Abbildung 11: Fehlmann Areal, Korrelation zwischen Massenanteilen und Grauer Energie von Systemkomponenten

Die Korrelation zwischen Anteilen am Gesamtgewicht und Anteilen an den Umweltbelastungspunkten ist weniger eindeutig (siehe Abbildung 12). Vor allem Systemkomponenten aus Messing, deren Anteil am Gesamtgewicht der Installationen bei einigen Prozent liegt, weisen bei den Umweltbelastungspunkten einen deutlich höheren Anteil auf. Da für die vernachlässigten fünf Massenprozent ein pauschaler Zuschlag bei den Bilanzbewertungen gemacht wurde (vergl. oben) bedeutet dies, dass die Resultate bei den UBP's mit einer leicht höheren Unsicherheit behaftet sind, als die Resultate für die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen.

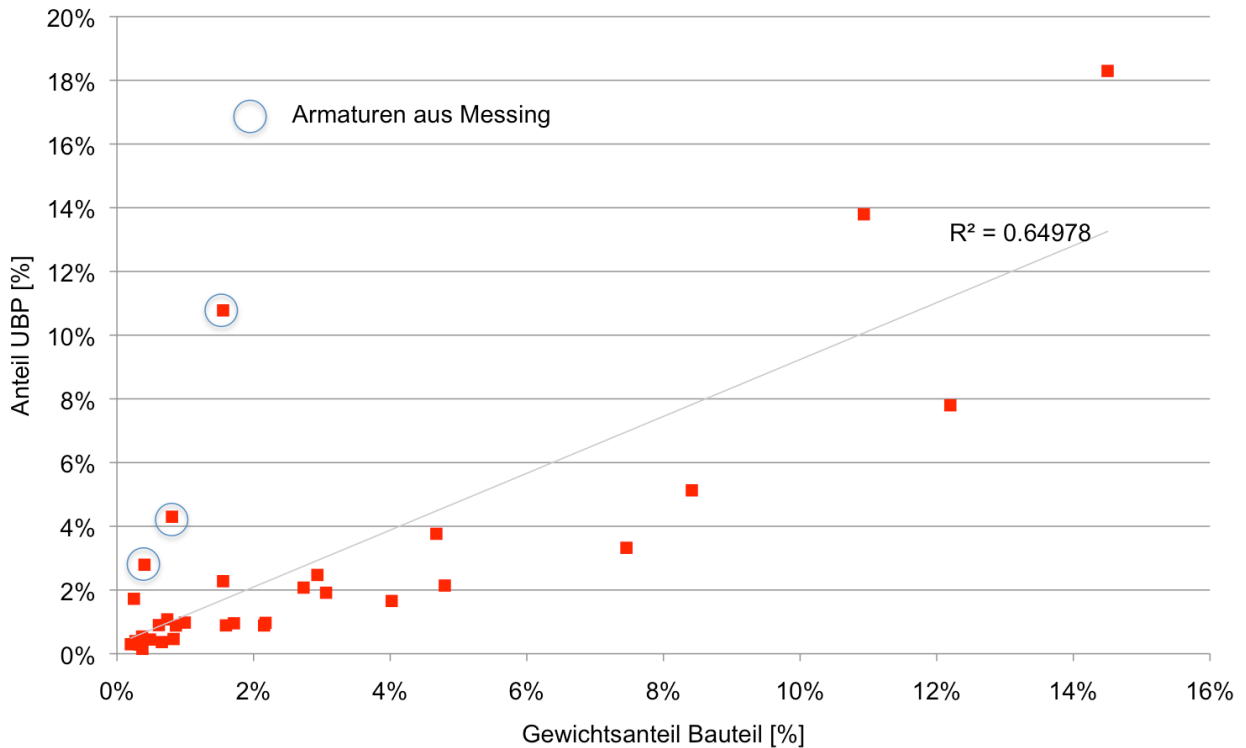


Abbildung 12: Fehlmann Areal, Korrelation zwischen Massenanteilen und Umweltbelastungspunkten von Systemkomponenten

Die Graue Energie (Herstellung und Entsorgung) der Sanitäranlagen korreliert auch gut mit den entsprechenden Gesamtgewichten der Sanitärbaustoffe (siehe Abbildung 13). Generell führt ein höheres Materialgewicht pro m² EBF auch zu mehr Grauer Energie der Sanitärinstallationen. Eine Ausnahme ist hier das Gebäude Fehlmann Areal, das obwohl das Gewicht der Materialien pro Flächeneinheit geringer ist als bei der Schöntalstrasse, ein höhere Graue Energie aufweist. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass beim Fehlmann Areal der Gewichtsanteil der Waschautomaten und Trockner, welche energieintensiv in der Herstellung sind, höher liegt. Die Korrelation zwischen den Treibhausgasemissionen mit den entsprechenden Gesamtgewichten der Installationen zeigt ein ähnliches Ergebnis wie bei der Grauen Energie.

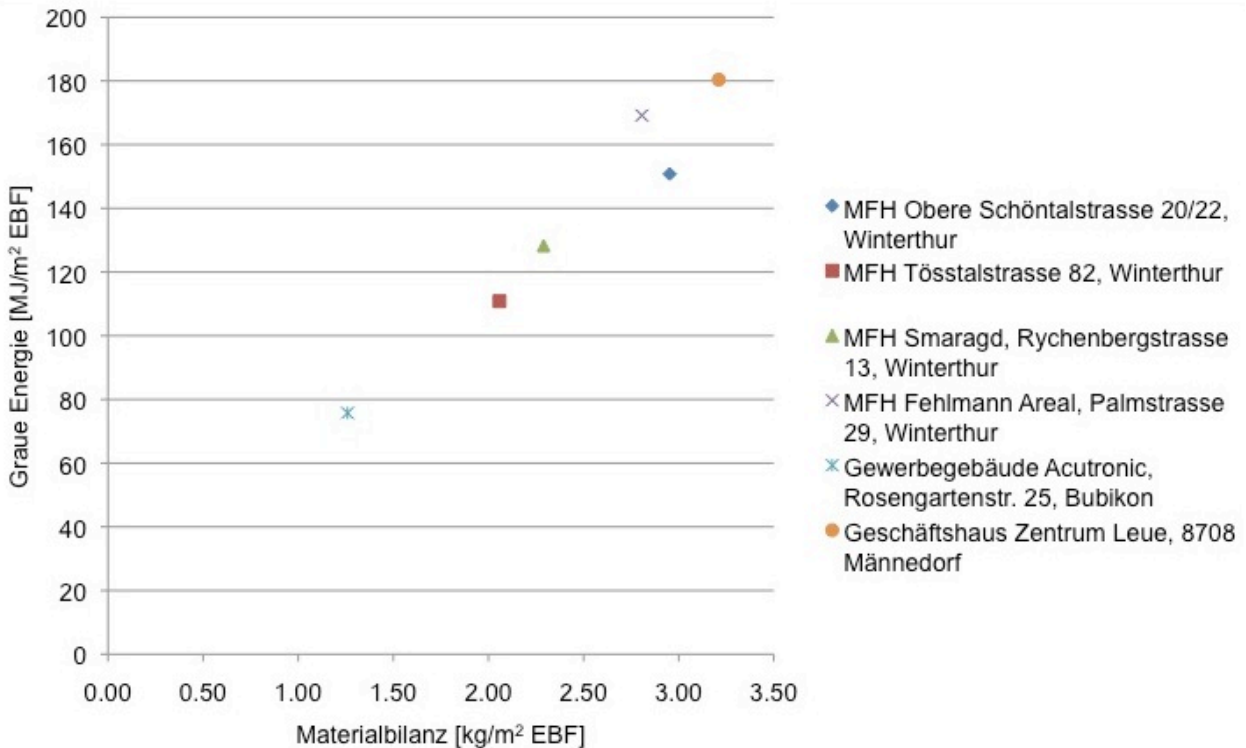


Abbildung 13: Graue Energie und Gesamtgewicht der Bauteile pro m² EBF

Eine analoge Grafik für die Umweltbelastungspunkte zeigt, dass das Ergebnis für das Geschäftshaus Zentrum Leue deutlich von den anderen Gebäuden abweicht (siehe Abbildung 14). Obwohl das Materialgewicht pro m² EBF beim Zentrum Leue höher liegt als bei den anderen Gebäuden, ist das Ergebnis für die Umweltbelastungspunkte tiefer als bei den Gebäuden Fehlmann Areal und Obere Schöntalstrasse, welche rund 0.2 – 0.3 kg/m² EBF weniger Installationen aufweisen. Ausschlaggebend hierfür ist der hohe Gewichtsanteil an PE-Rohren und schalldämmten PE-Rohren im Geschäftshaus deren Anteil am Gesamtergebnis bei den Umweltbelastungspunkten geringer ist als bei der Grauen Energie oder bei den Treibhausgasemissionen. Zudem fallen aufgrund des hohen Gewichtsanteil der Rohre, die Armaturen aus Messing welche bei den anderen Gebäuden 10 – 20% der UBP ausmachen beim Zentrum Leue nicht unter die kumulierten 95% der schwersten Bauteile und wurden deshalb in der Bilanzierung nicht berücksichtigt (siehe auch Abbildung 15).

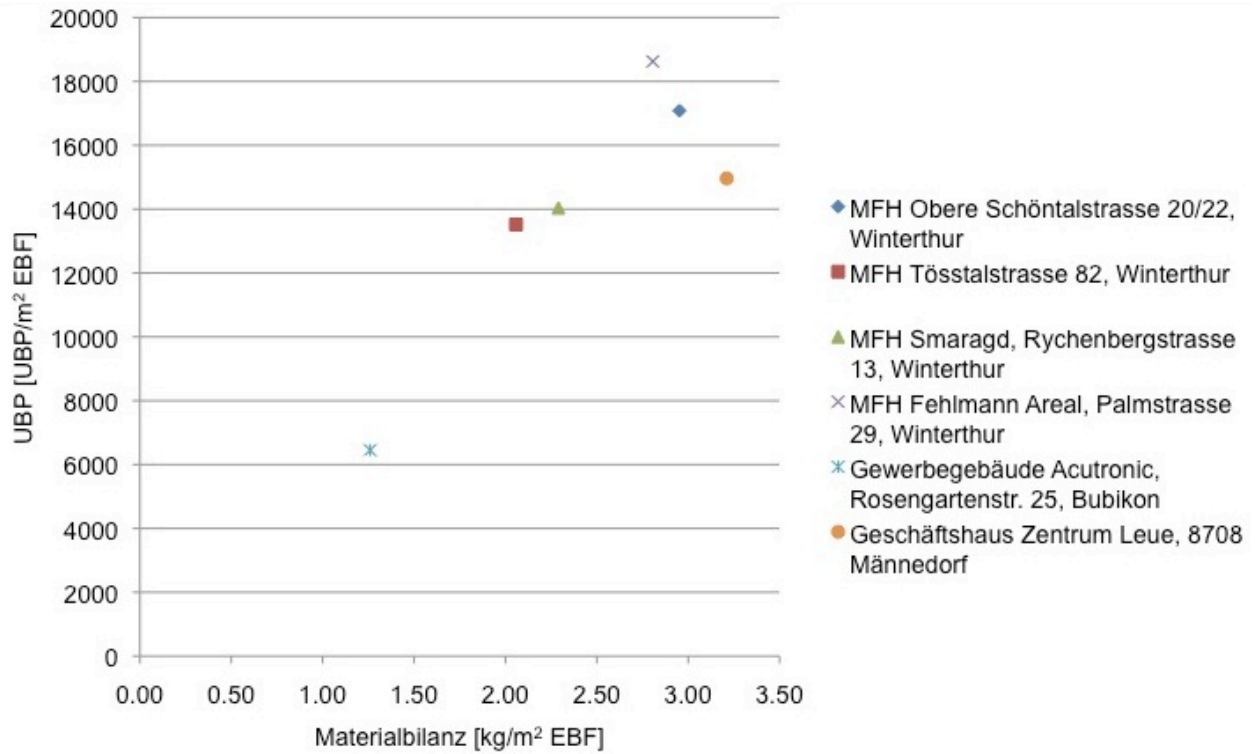


Abbildung 14: Umweltbelastungspunkte und Gesamtgewicht der Installationen pro m² EBF

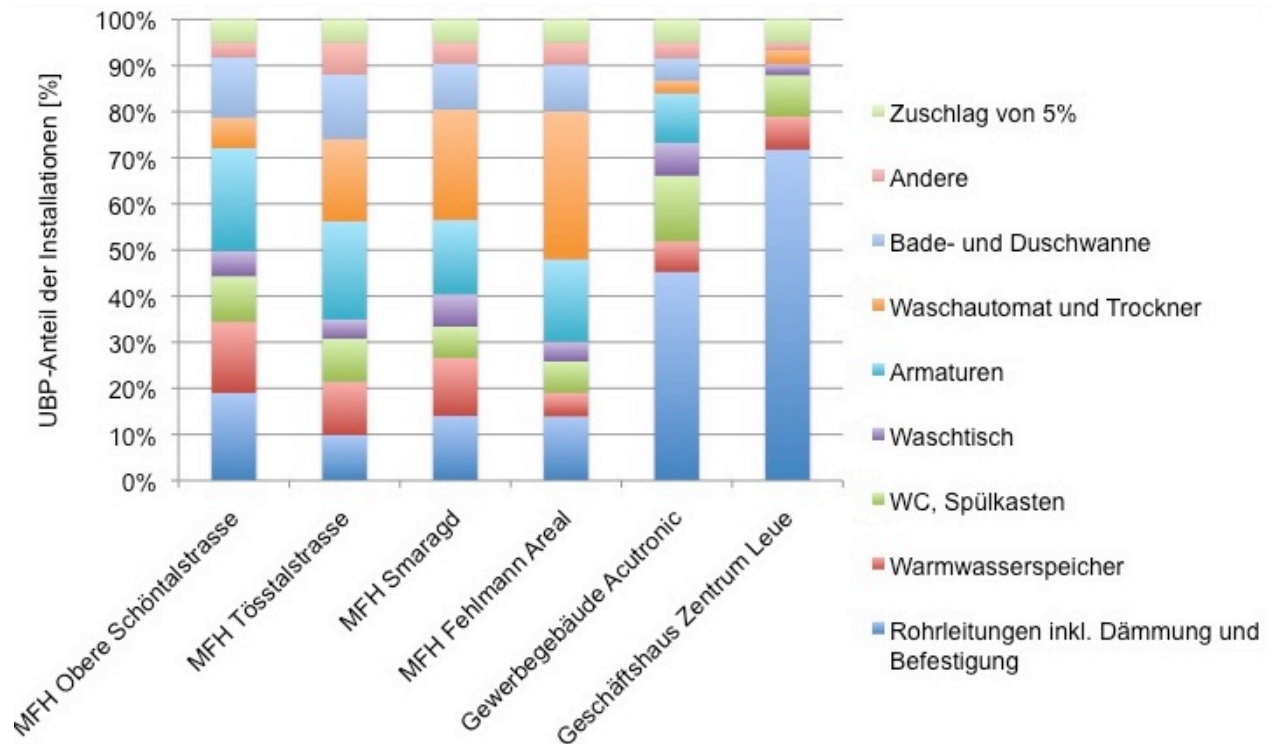


Abbildung 15: Sanitäranlagen, Anteil Umweltbelastungspunkte am Gesamtergebnis

4.1.3 Einflussgrössen

Der Vergleich der Wohngebäude untereinander zeigt eine starke Abhängigkeit von der Bezugsgrösse. Eine Auswertung der Ökobilanzresultate pro Nasszelle zeigt höhere Werte für die Sanitäranlagen in Gebäuden mit hohem Ausbaustandard. Bei einer Auswertung pro m² EBF werden die höheren Materialaufwendungen beim gehobenen Ausbaustandard teilweise durch eine grössere EBF pro Wohnung kompensiert. Bei den Gebäuden mit einfachem Ausbaustandard liegt die durchschnittliche EBF pro Wohnung zwischen 96 – 110 m² während sie bei den Gebäuden mit gehobenem Ausbaustandard bei 155 – 220 m² liegt (siehe Tabelle 28). Dies lässt sich vermutlich verallgemeinern. In Ausnahmefällen sind jedoch ein hoher Ausbaustandard in kleinen und ein niedriger Ausbaustandard in grossen Wohnungen denkbar.

Tabelle 28: Wohnungsgrösse und Graue Energie von Sanitäranlagen

Gebäude	Ausbaustandard	EBF/Wohnung [m ²]	Graue Energie [MJ-Äq./m ² EBF]
Obere Schöntalstrasse	einfach	110	151
Tösstalstrasse	einfach	96	111
Smaragd	gehoben	220	128
Fehlmann Areal	gehoben	155	169

Bei den Bürogebäuden hingegen sind die Zusammenhänge etwas komplexer. Für das Geschäftshaus Zentrum Leue und das Gewerbegebäude Acutronic sind die Belastungen welche durch die Rohrleitungen, Dämmungen und Befestigungen generiert werden deutlich höher und variieren viel stärker als bei den Wohngebäuden. Sonderapparate, Grundriss und Gebäudekonzept spielen hierbei eine grosse Rolle. Beim Zentrum Leue fällt die Menge der verlegten Rohrleitungen besonders auf. Dies ist zum einen durch die komplexe Anordnung der Nasszellen bedingt. Die Nasszellen auf den verschiedenen Stockwerken liegen nicht übereinander. Zudem sind sie auf einer relativ grossen Fläche verteilt. Zum anderen sind beim Zentrum Leue eine Vielzahl von Feuerlöschleitungen und Anschlüsse für den Mieterausbau vorhanden. Bedingt durch die Gebäudegeometrie ist die Dachentwässerung relativ komplex und erfordert eine grössere Menge an Rohrleitungen. Zudem ist beim Gebäude eine hoch liegende Kanalisation vorhanden. Dies bedeutet dass das Abwasser in Rohren der Kellerdecke entlang nach aussen in die Kanalisation geleitet werden muss. Normalerweise werden jedoch Gebäude über die Fundamentplatte im UG entwässert. Diese Leistung wird vom Baumeister erbracht und ist nicht in den Sanitäranlagen inbegriffen (Problematik der Systemgrenzen). Das Gewerbegebäude Acutronic besteht aus einem kompakteren Baukörper. Die Nasszellen sind grösstenteils um das Treppenhaus herum und übereinander angeordnet. Auch die Dachentwässerung gestaltet sich bei diesem Gebäude einfacher. Dementsprechend ist die Graue Energie der Rohrleitungen, Dämmungen und Befestigungen pro m² EBF sowie pro Nasszelle deutlich niedriger als beim Zentrum Leue. Bei den Wohngebäuden ist der Einfluss des Grundriss und Konzeptes auf den Aufwand für Rohrleitungen weniger markant als bei den Bürogebäuden. Das hängt hauptsächlich mit der höheren Dichte von Apparaten zusammen. Jedoch lässt sich auch hier ein gewisser Zusammenhang zwischen den Resultaten ausgewertet pro Nasszelle und der Komplexität der Verteilung erkennen. Das Gebäude Tösstalstrasse bei dem alle Nasszellen verteilt auf zwei Steigzonen übereinander liegen, weist bei der Grauen Energie für die Rohrleitungen deutlich

niedrigere Werte auf als die Gebäude Smaragd und Fehlmann Areal bei denen die Anordnung der Nasszellen auf den Grundriss verteilt ist (siehe Abbildung 10).

Da bei den untersuchten Wohngebäuden die Graue Energie der Rohrleitungen pro Nasszelle weniger stark variiert, lässt sich ein gewisser Zusammenhang zwischen dem Ausbaustandard, der Anzahl Apparate und der Grauen Energie pro Nasszelle herstellen (siehe Tabelle 29). Zu den Apparaten zählen WC Anlagen, Urinoirs, Waschtische, Bade- und Duschwannen, Waschautomaten und Trockner. Beim gehobenen Ausbaustandard sind die Anzahl der Apparate und die Graue Energie pro Nasszelle tendenziell höher. Jedoch ist der Ausbaustandard auch von den Kosten pro Nasszelle abhängig. Die beiden untersuchten Bürogebäude weisen eine beinahe identische Anzahl Apparate pro Nasszelle auf. Sie unterscheiden sich vor allem durch die vom Verteilungskonzept und von der Gebäudegeometrie abhängige Menge an Rohrleitungen pro Nasszelle.

Tabelle 29: Anzahl Apparate und Graue Energie pro Nasszelle

Gebäude	Ausbaustandard	Apparate pro Nasszelle [Stk.] ¹⁶	Graue Energie pro Nasszelle [MJ-Äq.]
Obere Schöntalstrasse	einfach	2.69	9'013
Tösstalstrasse	einfach	3.50	10'613
Smaragd	gehoben	4.56	15'680
Fehlmann Areal	gehoben	4.65	15'404
Gewerbegebäude Acutronic	Normaler Büroausbaustandard mit einfacher Verteilung	4.81	24'285
Geschäftshaus Zentrum Leue	Normaler Büroausbaustandard mit komplexer Verteilung	4.63	46'183

4.1.4 Vergleich mit den KBOB – Daten für Sanitäranlagen

Ein Vergleich zeigt, dass die Ökobilanzresultate der untersuchten Wohngebäude niedriger sind als die Werte für Sanitäranlagen im Wohnbereich der KBOB – Liste [4] (siehe Abbildung 16 bis Abbildung 18). Die Graue Energie (Herstellung und Entsorgung) für Sanitäranlagen in den KBOB – Daten beträgt bei Wohnungen 230 MJ-Äq./m² EBF. Bei den untersuchten Gebäuden hingegen liegen die Werte für die Graue Energie zwischen 111 – 169 MJ-Äq./m² EBF. Bei den Bürogebäuden liegt die Graue Energie der Sanitäranlagen vom Gewerbegebäude Acutronic mit 76 MJ-Äq./m² EBF deutlich unter dem Wert von 159 MJ-Äq./m² EBF der KBOB – Ökobilanzdaten. Beim Geschäftshaus Zentrum Leue hingegen, ist die Graue Energie mit 180 MJ-Äq./m² EBF höher. Der Vergleich der Treibhausgasemissionen und der Umweltbelastungspunkten der Anlagen mit den KBOB – Daten zeigen eine ähnliche Tendenz. Ausser bei den Umweltbelastungspunkten liegen beide untersuchten Bürogebäude unter dem Richtwert der KBOB für Bürogebäude.

¹⁶ Berücksichtigt wurden WC Anlagen, Waschtische, Bade- und Duschwannen, Waschautomaten und Trockner

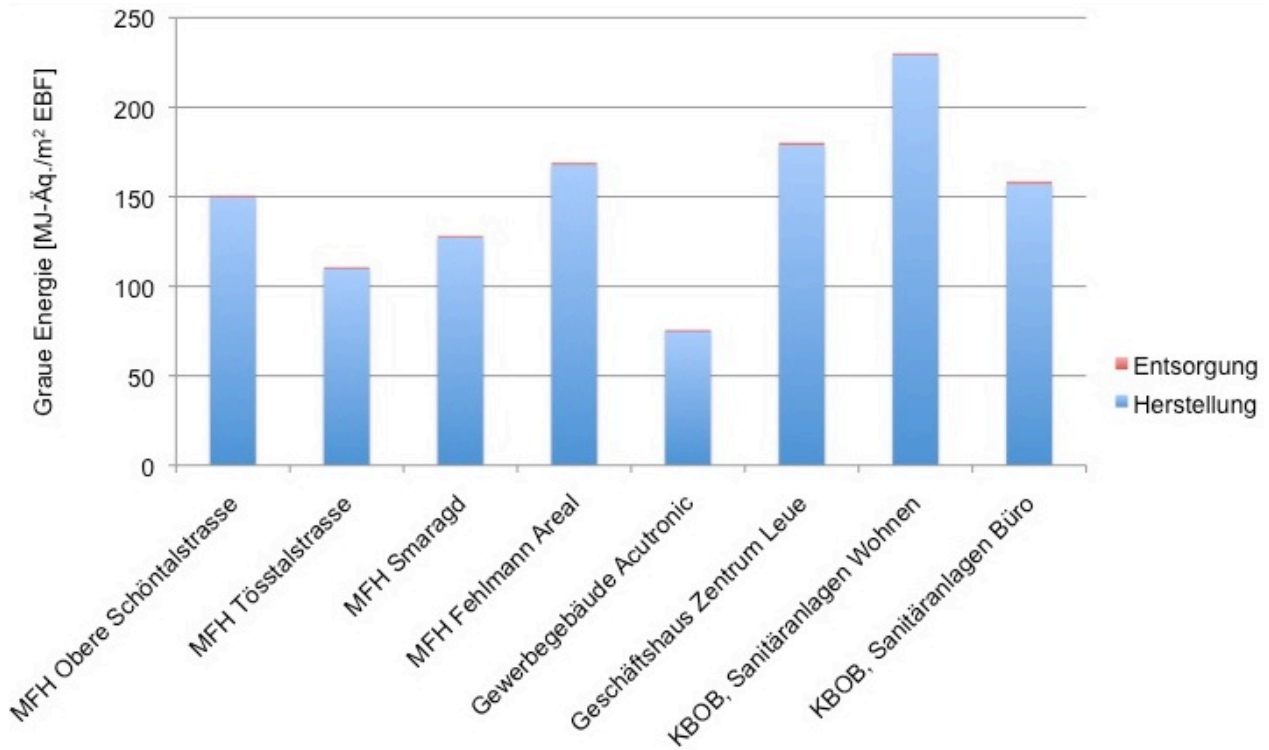


Abbildung 16: Graue Energie, Vergleich mit den KBOB-Daten für Sanitäranlagen

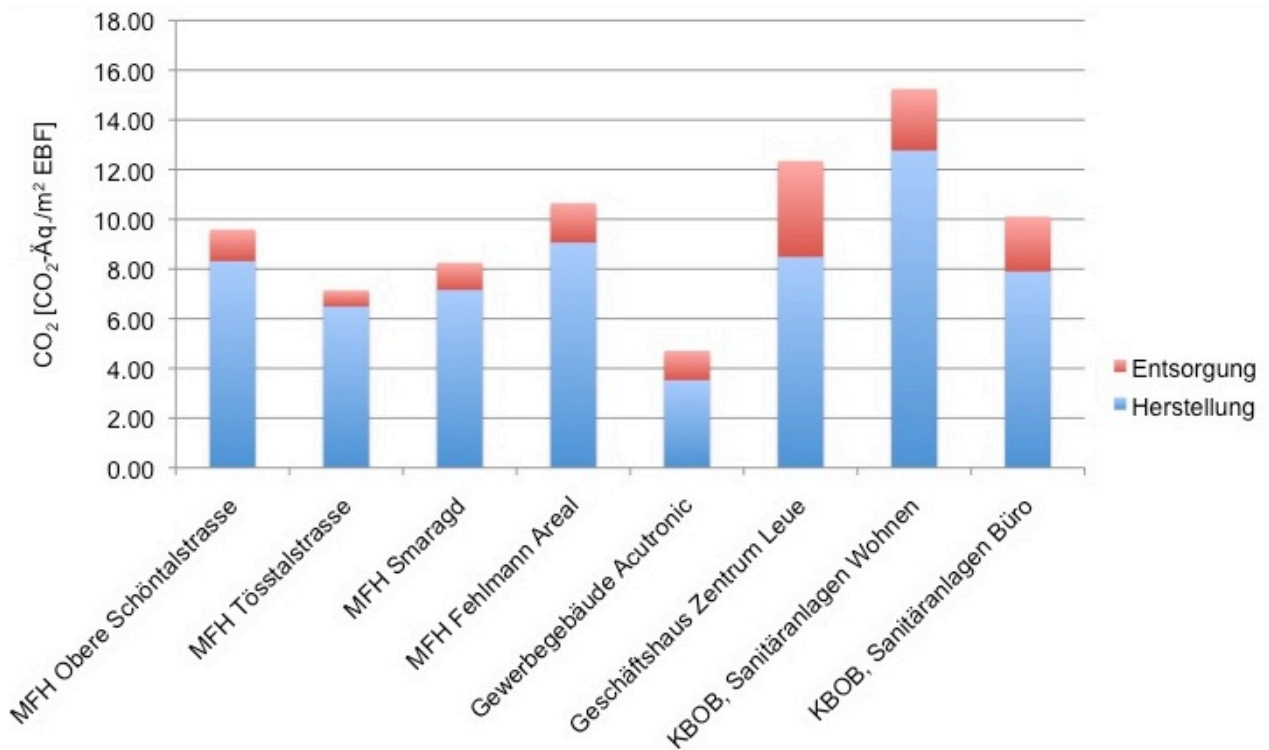


Abbildung 17: Treibhausgasemissionen, Vergleich mit den KBOB-Daten für Sanitäranlagen

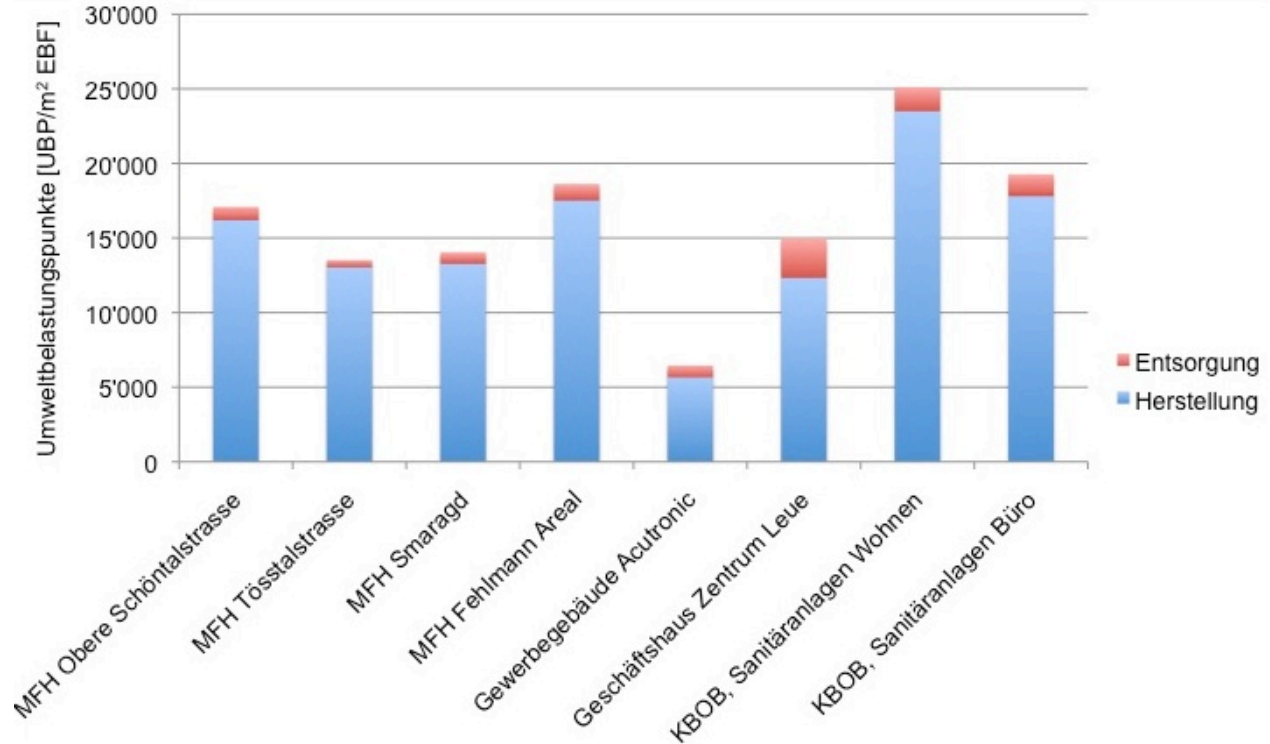


Abbildung 18: Umweltbelastungspunkte, Vergleich mit den KBOB-Daten für Sanitäranlagen

4.2 Elektroanlagen

4.2.1 Materialbilanzen

Die Gesamtgewichte der Elektroanlagen bewegen sich im Wohnbau zwischen 2.07 bis 2.57 kg/m² EBF. Im Bürobau wo der Grundausbau sowie der Mieterausbau berücksichtigt wurden, ist das Gesamtgewicht der Anlagen mit 5.60 kg/m² EBF deutlich höher, wobei 2.23 kg/m² EBF auf den Grundausbau und 3.38 kg/m² EBF auf den Mieterausbau entfallen. Gemäss dem Auszug des Bürogebäudes wurde der Grundausbau auf die gesamte EBF bezogen und der Mieterausbau nur auf die EBF der Büros. Abbildung 19 zeigt die Gewichte pro m² EBF der in Bezug auf die Masse relevantesten Installationen. Die detaillierten Materialbilanzen für die untersuchten Gebäude befinden sich im Anhang (siehe Tabelle 50 bis Tabelle 55).

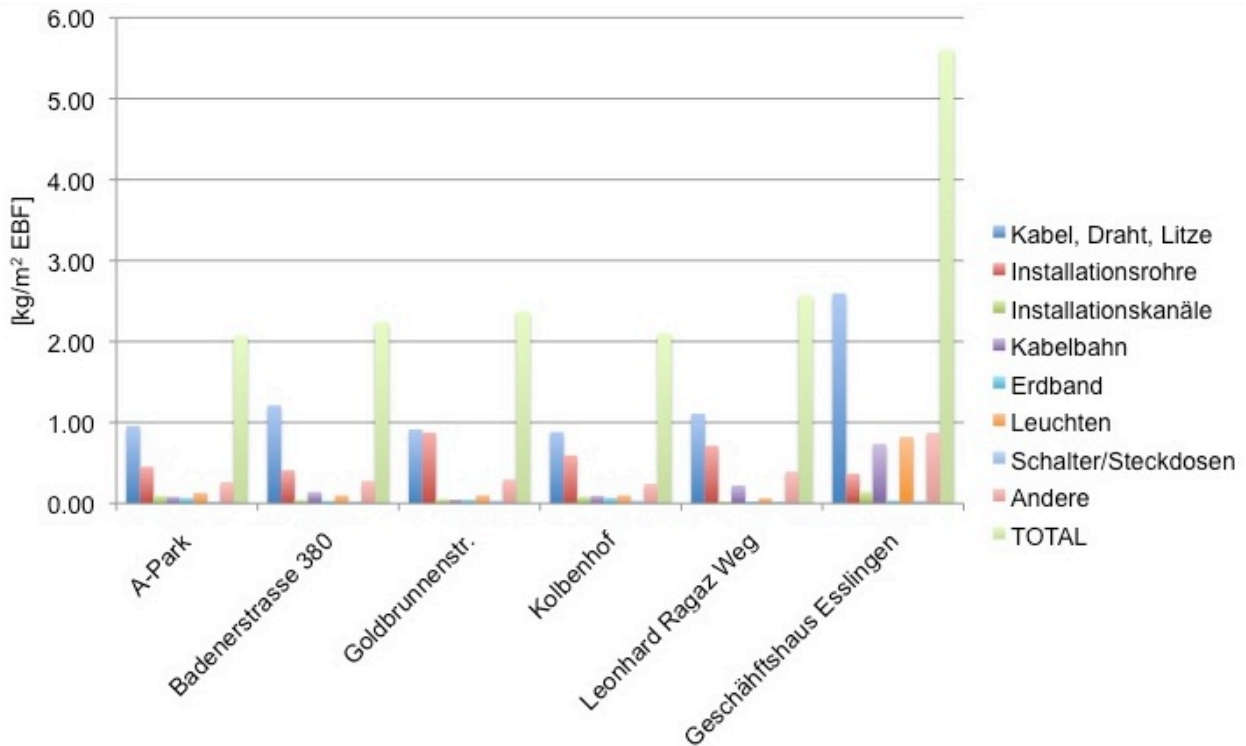


Abbildung 19: Gewichte der Installationen pro m² EBF

In allen Gebäuden entfällt mehr als 70% des Gesamtgewichts der Anlagen auf Kabel und die Bauteile die zu deren Verlegung verwendet werden (Installationsrohre, Installationskanäle und Kabelbahnen, siehe Abbildung 20). Im Bürogebäude ist die Masse der Kabel und der Leuchten pro m² EBF deutlich höher als beim Wohnbau, unter anderem deshalb weil neben dem Grundausbau auch der Mieterausbau berücksichtigt wurde. Bei den verbauten Materialien handelt es sich vorwiegend um Kupfer, Stahl, Polyethylen und PVC, deren Anteile insgesamt zwischen 85 – 90% des Gesamtgewichts ausmachen (siehe Abbildung 21). Die Variation der Kupferanteile stimmt gut mit derjenigen der Anteile an Kabeln überein (Abbildung 20). Im untersuchten Bürogebäude liegt der Kunststoffanteil deutlich niedriger als bei den Wohnbauten, da zur Verlegung der Kabel vergleichsweise viel mehr Kabelbahnen und Kanäle aus verzinktem Stahl verwendet wurden (siehe auch Abbildung 19).

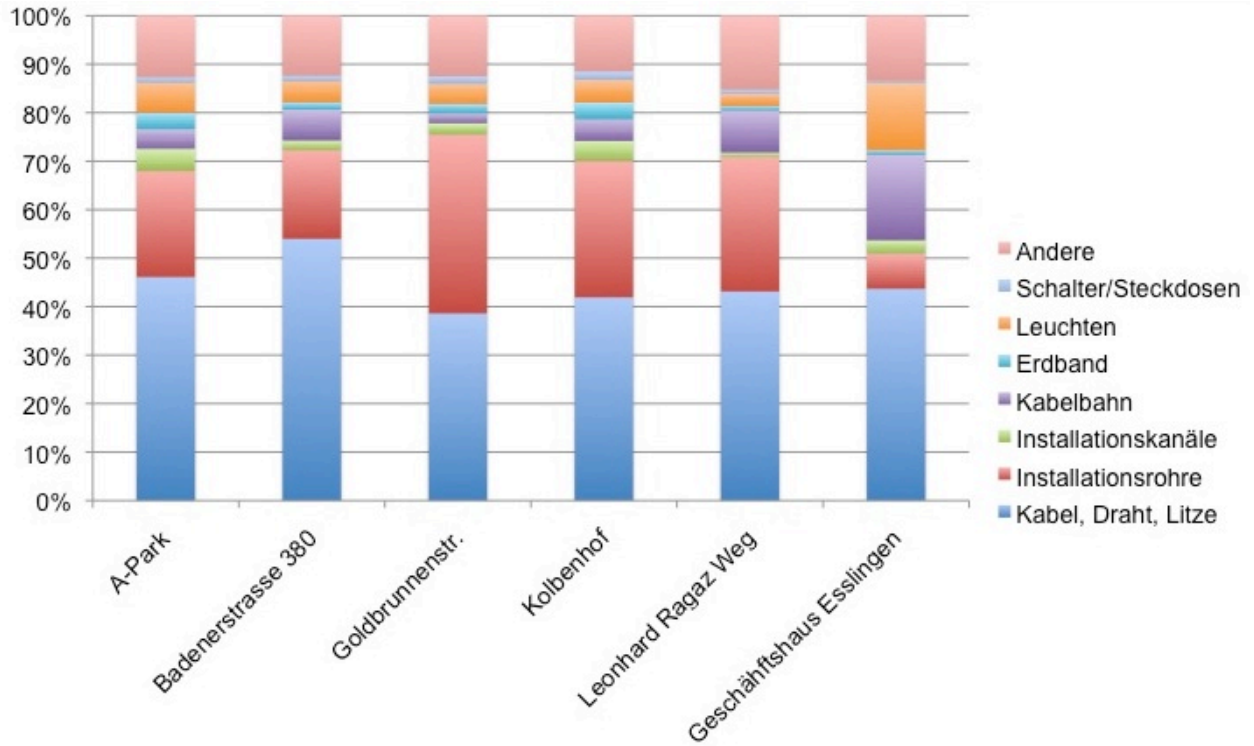


Abbildung 20: Anteile der Komponenten am Gesamtgewicht

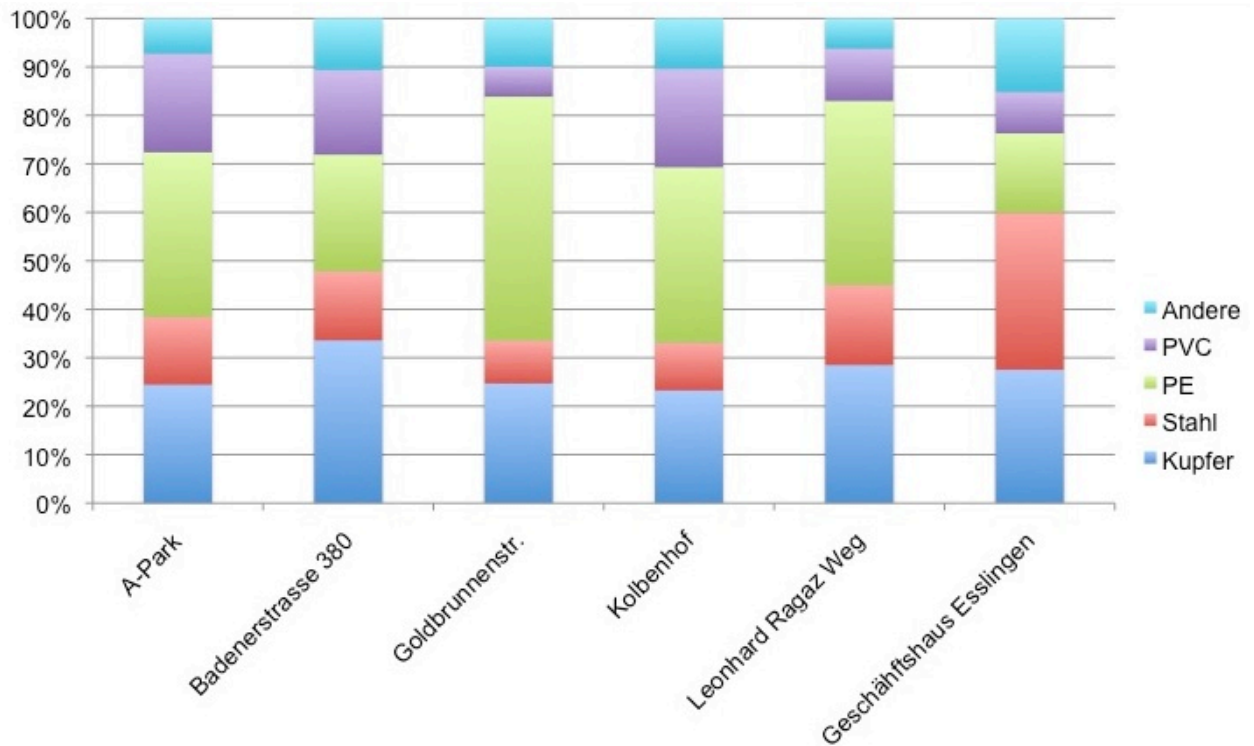


Abbildung 21: Materialanteile

Wenn die Materialbilanzen der untersuchten Wohngebäude pro m² EBF ausgewiesen werden, lässt sich kein Zusammenhang zwischen dem Installationsgrad und der Materialintensität feststellen (vergl. Tabelle 6 und Abbildung 19). Das Gebäude Leonhard Ragaz Weg mit einem niedrigen Installationsgrad weist pro m² EBF ein höheres Materialgewicht auf als alle anderen Wohngebäude. Hingegen weist der Kolbenhof mit einem hohen Installationsgrad nur einen mittleren Wert bei der Materialbilanz auf (ein niedriger Installationsgrad bedeutet etwa eine Steckdose pro Raum, beim hohen Installationsgrad sind 3 – 4 Steckdosen pro Raum vorhanden). Der Kolbenhof ist ein vergleichsweise kleines Gebäude mit den grössten Wohnungen. Im Durchschnitt entfallen auf eine Wohnung im Kolbenhof rund 179 m² EBF (inkl. Erschliessung und Nebenflächen), während bei den anderen Gebäuden die EBF auf die Wohnungen verteilt rund 120 – 150 m² ergibt. Wenn die Materialbilanzen hingegen pro Wohnung ausgewertet werden, dann weist der Kolbenhof von allen untersuchten Wohngebäuden die höchsten Werte auf (vergl. Abbildung 22). Der Einfluss des niedrigen Installationsgrades beim Leonhard Ragaz Weg ist nicht erkennbar. Das Gesamtgewicht der Anlagen pro Wohnung beim Leonhard Ragaz Weg ist nicht geringer als beim A-Park, bei der Badenerstrasse oder bei der Goldbrunnenstrasse, welche einen mittleren Installationsgrad aufweisen.

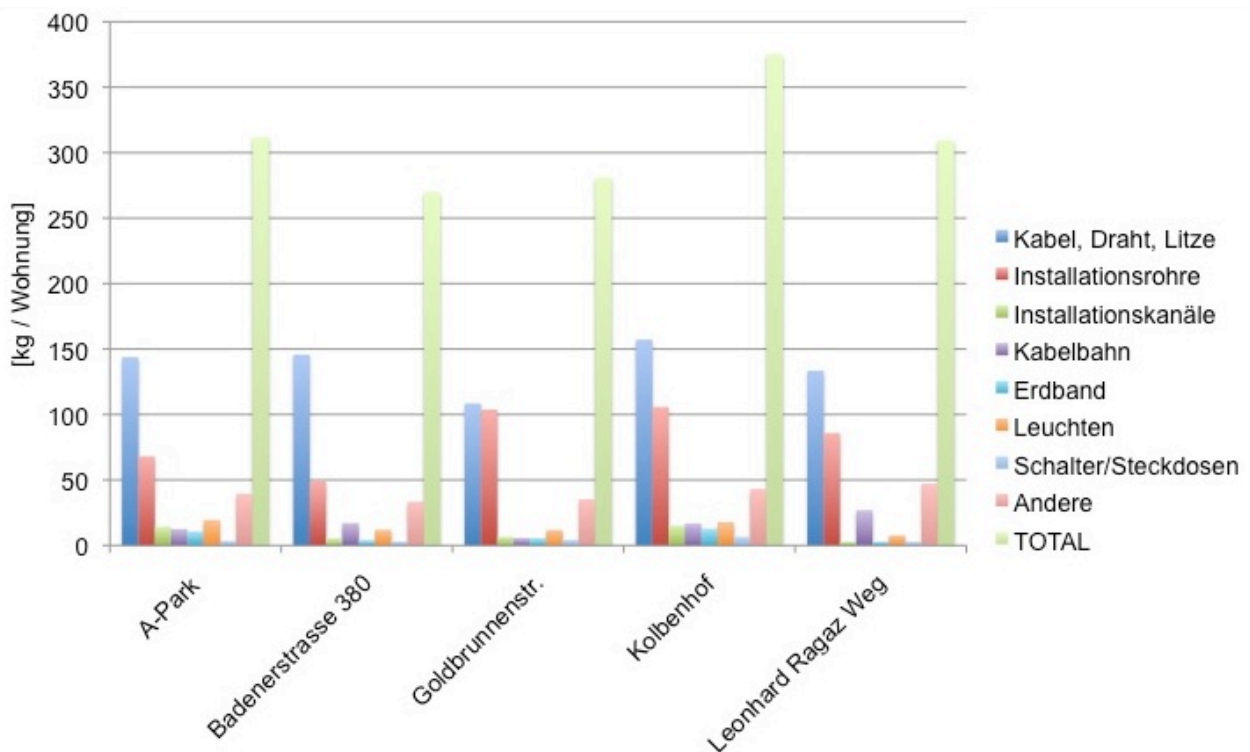


Abbildung 22: Gewichte der Komponenten pro Wohnung

4.2.2 Ökobilanzen

Gemäss der in den Kapiteln 3.2.4 und 3.3 beschriebenen Methodik umfassen die Sachbilanzen jeweils 95% der Anlagen im Bezug auf das Gesamtgewicht. Die Ökobilanzresultate für die

Graue Energie, die Treibhausgasemissionen und die Umweltbelastungspunkte wurden demzufolge je mit einem Zuschlag von 5% versehen. Die kumulierten Sachbilanzen für die untersuchten Gebäude befinden sich im Anhang (siehe Tabelle 56 bis Tabelle 61).

Die Graue Energie für die Herstellung und Entsorgung der Elektroinstallationen liegt bei den Wohngebäuden zwischen 179 und 218 MJ/m² EBF und beim Bürogebäude bei 436 MJ/m² EBF. In Tabelle 30 sind die Resultate der Ökobilanzindikatoren im Bezug auf 1 m² EBF aufgeschlüsselt nach Herstellung und Entsorgung dargestellt. Wie schon bei den Materialbilanzen lässt sich auch bei den Ökobilanzen für die Wohngebäude kein Zusammenhang zwischen den in 3.1.3 definierten Installationsgraden und den Resultaten pro m² EBF herstellen. Der Leonhard Ragaz Weg mit einem tiefen Installationsgrad weist unter den Wohngebäuden mit 218 MJ-Äq/m² EBF den höchsten Wert für die Graue Energie auf. Währenddessen liegt die Graue Energie der Anlagen beim Kolbenhof mit einem hohen Installationsgrad mit 199 MJ-Äq./m² EBF nicht höher als bei den Gebäuden mit einem mittleren Installationsgrad.

Tabelle 30: Ökobilanz der Wohngebäude, Resultate pro m² EBF

Gebäude	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]
Wohngebäude									
A-Park	173	8.06	37'166	5.71	3.30	2'405	179	11.36	39'572
Badenerstrasse	177	8.91	52'271	5.44	2.92	2'168	183	11.83	54'439
Goldbrunnenstrasse	213	9.31	42'237	4.79	4.33	3'010	217	13.64	45'248
Kolbenhof	193	9.01	37'900	6.03	3.65	2'652	199	12.66	40'552
Leonhard Ragaz Weg	212	10.10	53'241	5.83	3.74	2'690	218	13.84	55'931
Bürogebäude									
Grundausbau	158	9.14	38'274	4.53	1.52	1'218	162	10.65	39'492
Mieterausbau	278	16.56	79'225	8.98	2.35	2'012	287	18.92	81'237
Total GH Esslingen	436	25.70	117'499	13.51	3.87	3'230	450	29.57	120'729

Eine Analyse der Material- und Ökobilanzen der Gebäude zeigt eine Korrelation zwischen den Anteilen der Bauteile am Gesamtgewicht der Elektroanlagen und den jeweiligen Anteilen an der Grauen Energie. Es lässt sich die Tendenz beobachten, dass je höher das Gewicht eines Bauteils ist, desto grösser ist sein Anteil an der Grauen Energie (Herstellung und Entsorgung). Abbildung 23 zeigt diese Korrelation am Beispiel des untersuchten Gebäudes an der Badenerstrasse. Die Korrelation zwischen den Gewichtsanteilen und den Anteilen an den Treibhausgasemissionen ist bei allen Gebäuden ähnlich wie bei der Grauen Energie. Dies ist deshalb der Fall weil die induzierten CO₂-Emissionen in der Regel stark vom Verbrauch an fossilen Energieträgern abhängen. Anders verhält es sich bei den Umweltbelastungspunkten (siehe Abbildung 24). Die Korrelation zwischen den Gewichtsanteilen der Bauteile und den jeweiligen Anteilen am Resultat der Umweltbelastungspunkte ist weniger eindeutig. Allgemein ist der Anteil am Total von Bauteilen aus Kupfer wie Kabel oder Drähte bei den Umweltbelastungspunkten deutlich

höher als die jeweiligen Massenanteile. Hingegen sind die Gewichtsanteile der Bauteile aus Kunststoff und Stahl in der Regel höher als die dazugehörigen Anteile bei den Umweltbelastungspunkten. Aufgrund der mangelnden Korrelation zwischen den Gewichtsanteilen und den Anteilen an den Umweltbelastungspunkten, ist der Zuschlag von 5% auf die Ökobilanzresultate bei den UBP's mit einer höheren Unsicherheit behaftet, als bei der Graue Energie und den Treibhausgasemissionen.

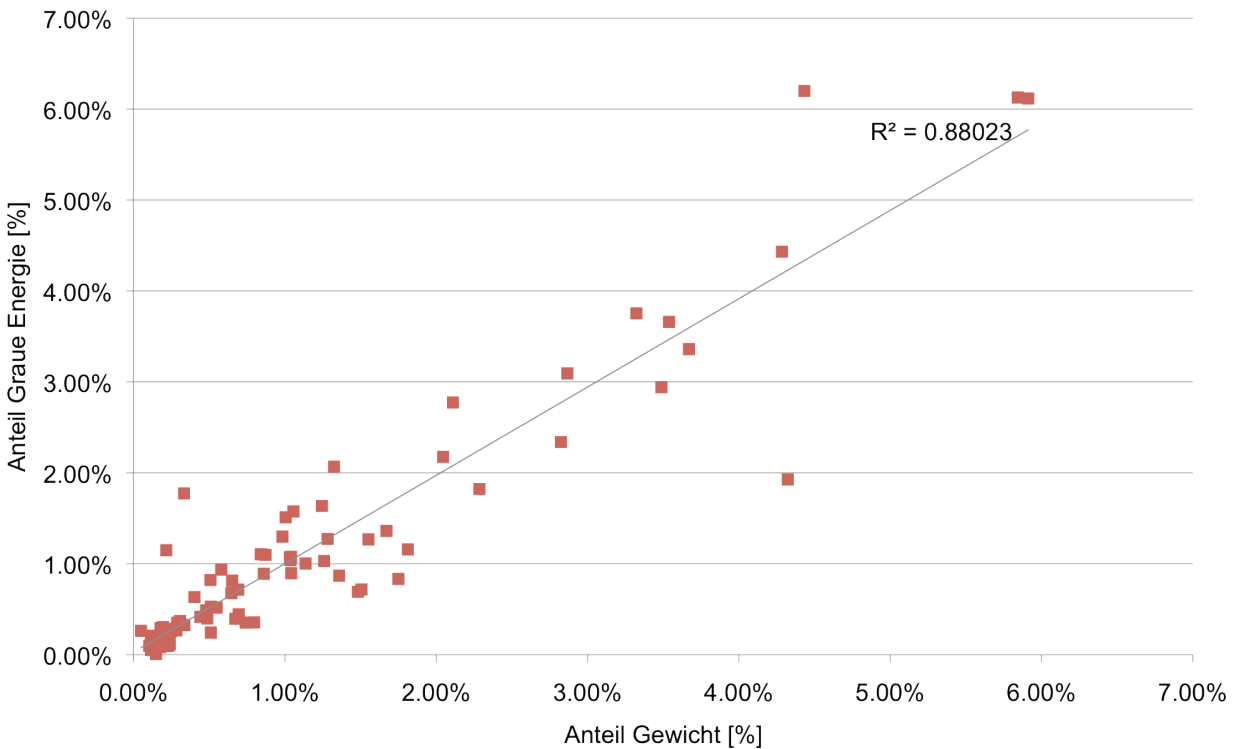


Abbildung 23: Badenerstrasse, Korrelation Massen und Graue Energie der Systemkomponenten

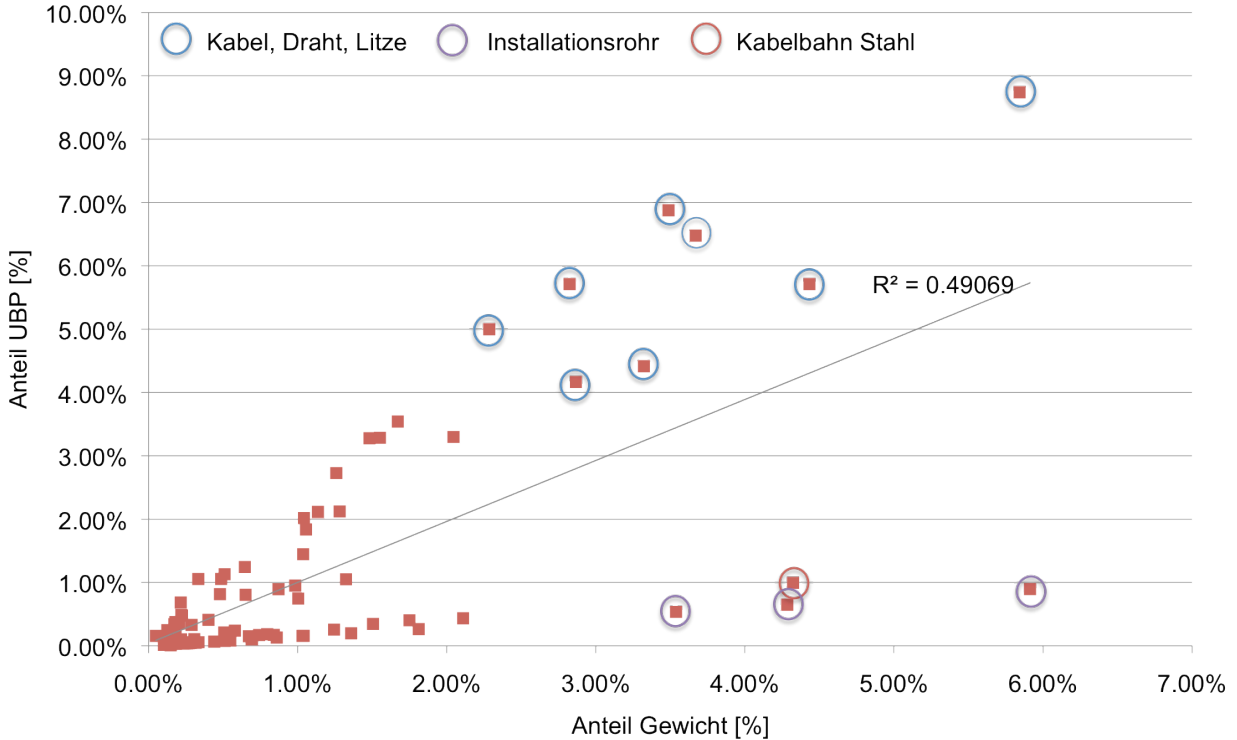


Abbildung 24: Badenerstrasse, Korrelation Massen und Umweltbelastungspunkte der Systemkomponenten

Analog zu den Bauteilen korreliert auch die Graue Energie der gesamten Elektroanlagen mit den entsprechenden Gesamtgewichten der verbauten Materialien (siehe Abbildung 25). Generell führt ein höheres Materialgewicht pro m² EBF auch zu mehr Grauer Energie der Anlagen. Eine Ausnahme ist hier das Gebäude Kolbenhof, das obwohl das Gewicht der Anlagen pro Flächeneinheit geringer ist als bei der Badenerstrasse ein höheres Ergebnis für die Graue Energie aufweist. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass bei der Badenerstrasse der Kunststoffanteil mit 47% deutlich tiefer liegt als beim Kolbenhof, wo er hingegen bei 62% liegt (siehe auch Abbildung 21).

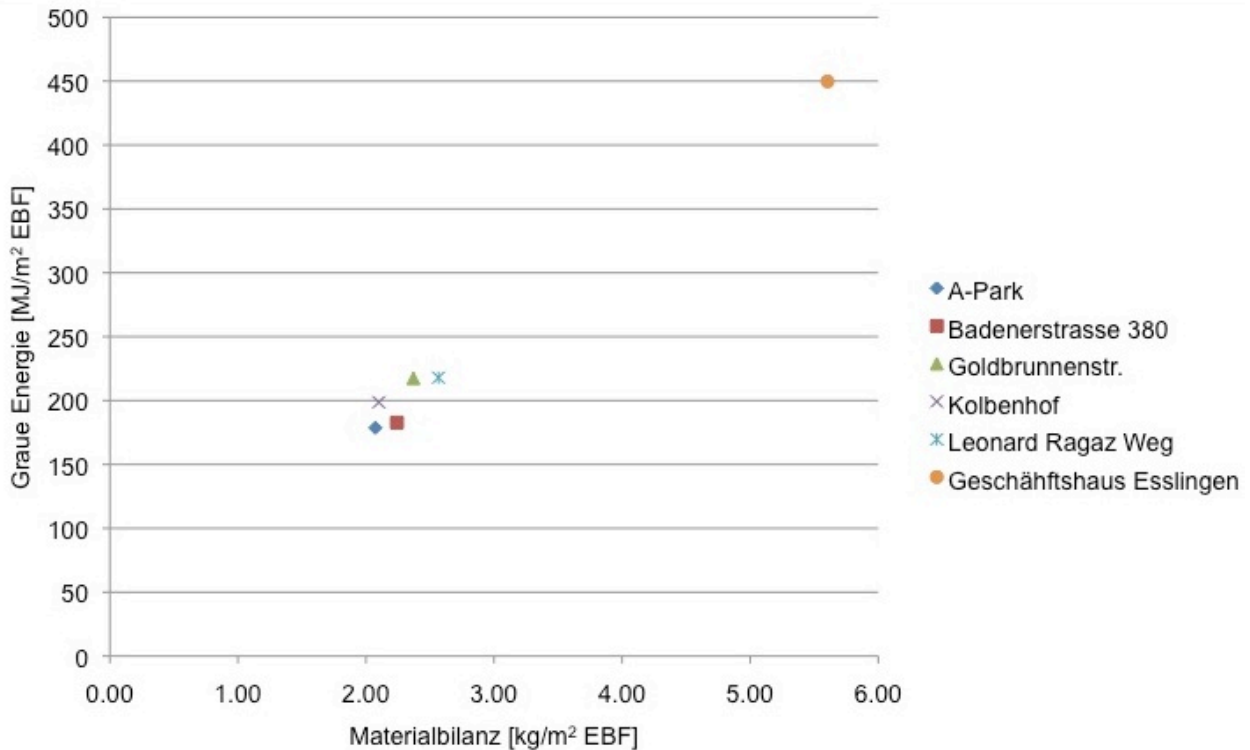


Abbildung 25: Graue Energie und Gesamtgewicht der Materialien pro m² EBF

Analog zu den Ergebnissen der Materialbilanzanalyse sind in den Ökobilanzresultaten die Anteile der Kabel und der Bauteile die zu deren Verlegung verwendet werden am bedeutendsten (siehe Abbildung 26). Im Anhang zeigen Abbildung 34 bis Abbildung 36, dass die Belastungen, die bei der Entsorgung generiert werden im Vergleich zu jenen der Herstellung vor allem bei den Treibhausgasemissionen relevant sind. Dies ist auf den Anteil der Kunststoffe die teilweise durch Verbrennung entsorgt werden müssen, zurückzuführen. Bei der Grauen Energie und den Umweltbelastungspunkten entfällt nur ein geringer Anteil des Gesamtergebnisses auf die Entsorgung. Die Resultate für die Umweltbelastungspunkte werden relativ stark von der Masse an Kupfer pro m² EBF beeinflusst (vergl. Tabelle 50 bis Tabelle 55 mit Abbildung 36 im Anhang). Aufgrund des hohen Kupferanteils (vergl. Abbildung 21) sind zum Beispiel die Resultate für das Gebäude an der Badenerstrasse im Vergleich zu den anderen Gebäuden bei den Umweltbelastungspunkten höher, als bei der Grauen Energie oder den Treibhausgasemissionen.

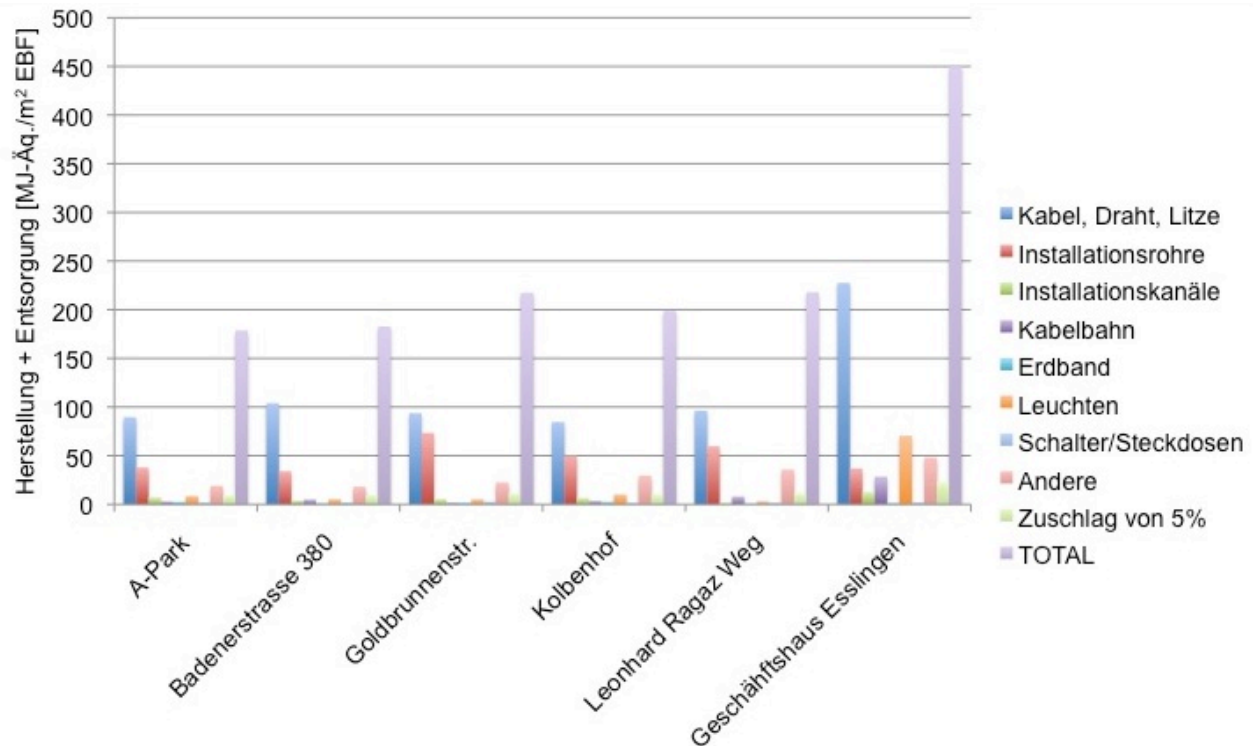


Abbildung 26: Graue Energie der Installationen pro m² EBF

4.2.3 Einflussgrössen

Obwohl sich die untersuchten Wohngebäude von den Installationsgraden und vom Gebäudegrundriss her unterscheiden, variieren die Ökobilanzresultate pro m² EBF nur geringfügig. Der Leonhard Ragaz Weg mit einem niedrigen Installationsgrad weist die höchste Graue Energie auf, während die Graue Energie vom Kolbenhof mit einem hohen Installationsgrad im Vergleich mit den anderen Gebäuden im mittleren Bereich liegt. Wenn für jedes Gebäude aus der Energiebezugsfläche und der Anzahl Wohnungen eine durchschnittliche Wohnungsgrösse ermittelt wird, zeigt sich dass die Gebäude mit den grösseren Wohnungen tendenziell tiefere Werte für die Graue Energie der Elektroanlagen pro m² aufweisen (siehe Tabelle 31).

Tabelle 31: Wohnungsgrösse und Graue Energie von Elektroanlagen

Gebäude	Wohnungsgrösse [m ² EBF/Whg.]	Graue Energie [MJ-Äq./m ²]
A-Park	150	179
Badenerstrasse	120	183
Goldbrunnenstrasse	119	217
Kolbenhof	179	199
Leonhard Ragaz Weg	121	218

Einerseits kann ein höherer Installationsgrad wie beim Kolbenhof, der ein absoluter Mehraufwand an Material erfordert, bei den Resultaten pro m² EBF durch relativ grosse Wohnflächen teilweise kompensiert werden. Andererseits gibt es auch Anlageteile, die unabhängig vom Installationsgrad sind und die bei kleineren Wohnungen deshalb mehr ins Gewicht fallen. So muss zum Beispiel aufgrund der gesetzlichen Vorschriften für jede Wohnung eine eigene Versorgungsleitung verlegt werden. Die Zonierung von Steigschächten in mehrgeschossigen Gebäuden hat aus diesem Grund keinen Einfluss auf die Leitungslänge. Die Wahl der Bezugsgrösse ist entscheidend für den Vergleich der untersuchten Gebäude. Eine Auswertung der Resultate pro Wohnung (siehe Abbildung 22) zeigt vor allem den Einfluss der Wohnungsgrösse und vermag nicht die unterschiedlichen Installationsgrade abzubilden. Offensichtlich wird die Installationsdichte vor allem durch Raum- und Wohnungsgrösse, und nicht durch die Anzahl Steckdosen und Schalter bestimmt. Zudem sind die Kücheninstallationen als ein materiell wichtiger Teil der Installationen mehr oder weniger konstant, unabhängig von der Wohnungsgrösse und dem Standard. Die Graue Energie der Elektroanlagen ist beim Leonhard Ragaz Weg mit einem niedrigen Installationsgrad auch pro Wohnung höher als bei der Badenerstrasse und der Goldbrunnenstrasse, welche einen mittleren Installationsgrad aufweisen. Dies obwohl bei allen drei Gebäuden die Wohnungen im Durchschnitt etwa gleich gross sind. Die Resultate für das Geschäftshaus Esslingen zeigen jedoch klar, dass die Graue Energie der Elektroanlagen bei Bürogebäuden pro m² EBF höher liegt als bei Wohngebäuden. Einerseits wurde beim Bürogebäude neben dem Grundausbau auch der Mieterausbau berücksichtigt. Andererseits sind im Bürobau, je nach Anzahl der Arbeitsplätze pro Flächeneinheit auch eine höhere Anzahl an Anschlüssen vorhanden als im Wohnbau. Zusätzlich sind die Aufwendungen für die IT- und Kommunikations-Infrastruktur bedeutender.

Bei den untersuchten Gebäuden lässt sich kein Zusammenhang zwischen der Kompaktheit der Gebäude und den Aufwendungen für die Elektroanlagen ableiten. Die Graue Energie des Gebäudes an der Baderstrasse welches mit seinen 6 Baukörpern die schlechteste Kompaktheit aufweist, ist tiefer als jene von den Gebäuden an der Goldbrunnenstrasse und dem Leonhard Ragaz Weg mit identischen Wohnungsgrössen.

Aufgrund der Anzahl der untersuchten Gebäude und der Resultate lassen sich die planerischen Einflussgrössen nicht ableiten. Die Gebäude Badenerstrasse und Leonhard Ragaz Weg, welche nach den Kriterien der 2000 – Watt Gesellschaft geplant wurden, unterscheiden sich im Bezug auf die Ökobilanzresultate der Elektroanlagen nicht von den anderen untersuchten Bauten. Gemäss der Auskunft vom Elektroplaner haben Effizienzpfad kompatible Gebäude weitgehend die gleichen elektrischen Anlagen wie andere Gebäude. Schon aus ökonomischen Gründen werden in die Kabel normalerweise auf möglichst kurzem Weg verlegt, um Material zu sparen. Nicht nur die Anzahl der Steckdosen pro Raum ist ausschlaggebend, sondern auch deren Anordnung hat einen Einfluss auf die Mengen an verlegten Kabeln und Installationsrohren. Im Bezug auf die planerischen Einflussgrössen können nur allgemeine Aussagen gemacht werden. Generell kann die Graue Energie der Elektroanlagen reduziert werden, wenn die Anzahl der Anschlüsse und der Aufwand für die Ausrüstung des Gebäudes mit Elektronik wie Kommunikationsanlagen und Bildschirmen minimiert wird. Die Umverteilung in den Wohnungen sollte von Vorteil in der Nähe der Küche, wo die dicksten Kabel benötigt werden, installiert sein. Dadurch verringert sich auch die installierte Masse an verlegten Kabeln und Installationsrohren.

4.2.4 Vergleich mit den KBOB-Daten

Ein Vergleich der Ergebnisse mit den aktuellen Ökobilanzdaten für Elektroanlagen der KBOB [4] (siehe Abbildung 27 bis Abbildung 29) zeigt, dass die Resultate der Wohngebäude im Bezug auf die Graue Energie und die Treibhausgasemissionen zwischen dem niedrigen und mittleren Installationsgrad der KBOB-Daten liegen. Bei den Umweltbelastungspunkten sind die Resultate näher beim niedrigen Installationsgrad. Die Ergebnisse der Ökobilanz für das Geschäftshaus Esslingen heben sich deutlich von den untersuchten Wohngebäuden ab und liegen nahe bei den Ökobilanzdaten für Elektroanlagen mit einem hohen Installationsgrad der KBOB.

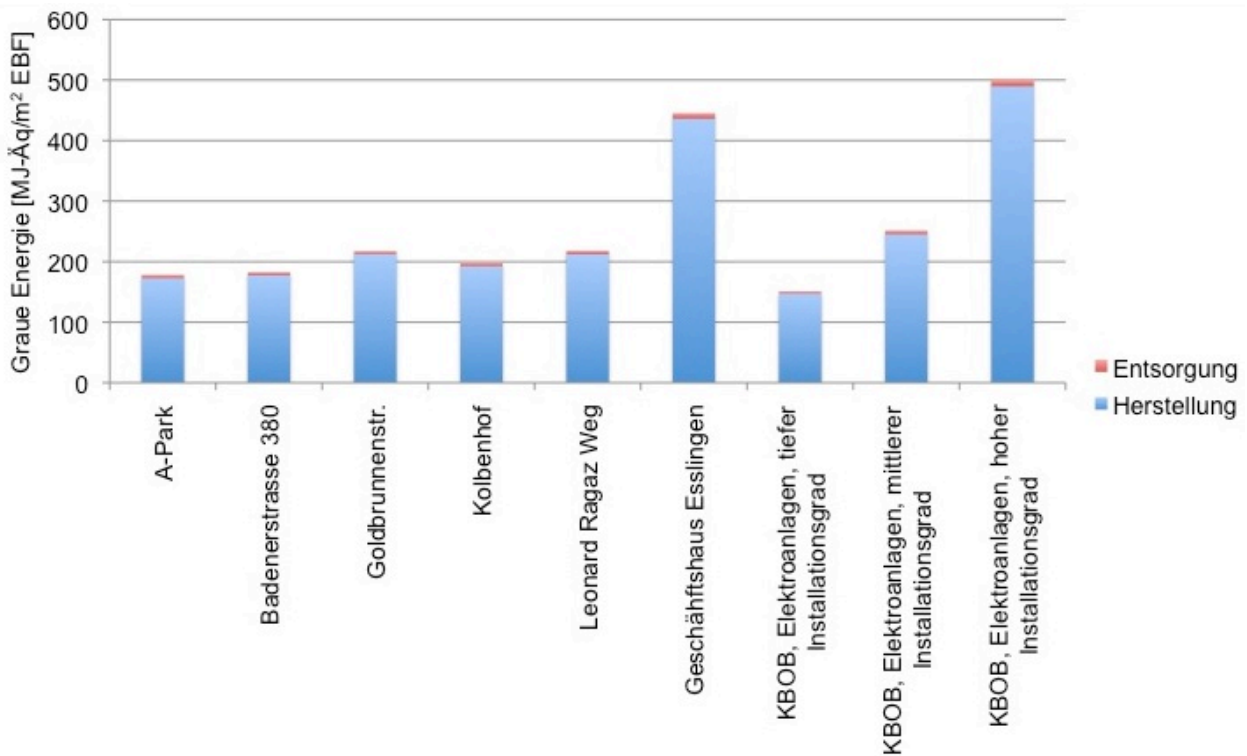


Abbildung 27: Graue Energie, Vergleich mit KBOB-Daten für Elektroinstallationen

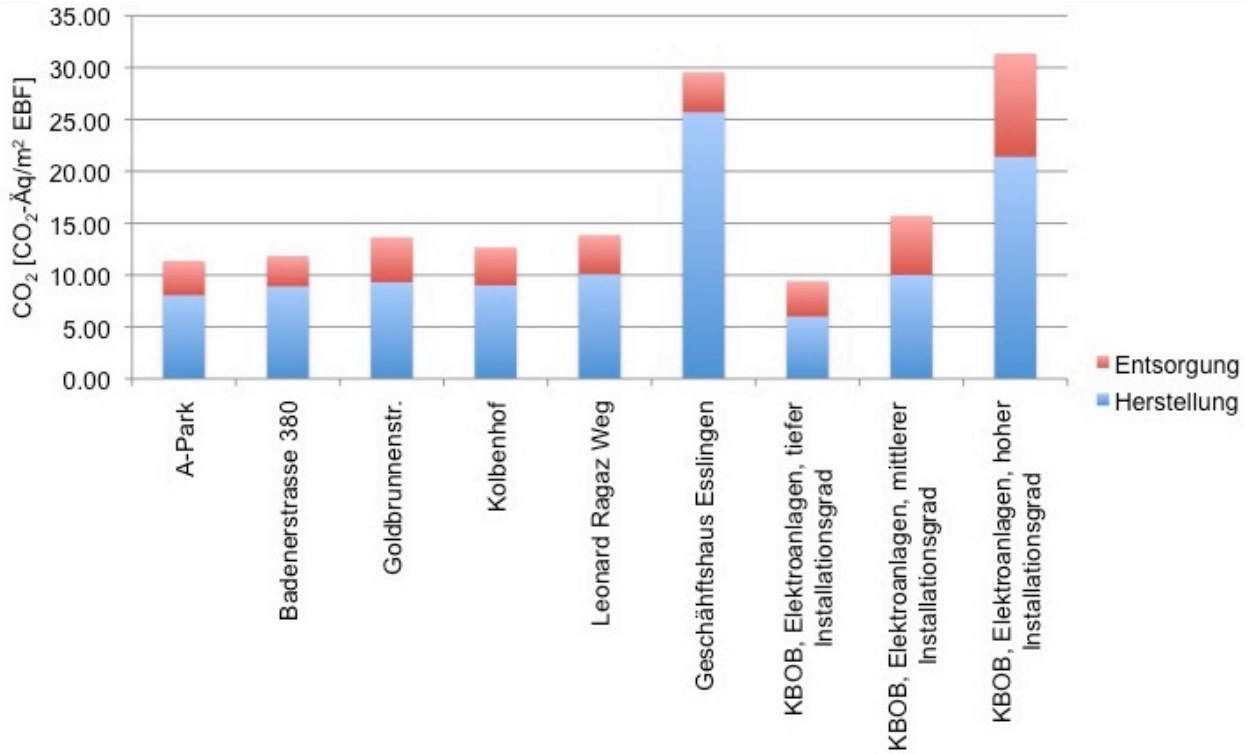


Abbildung 28: Treibhausgasemissionen, Vergleich mit KBOB-Daten für Elektroinstallationen

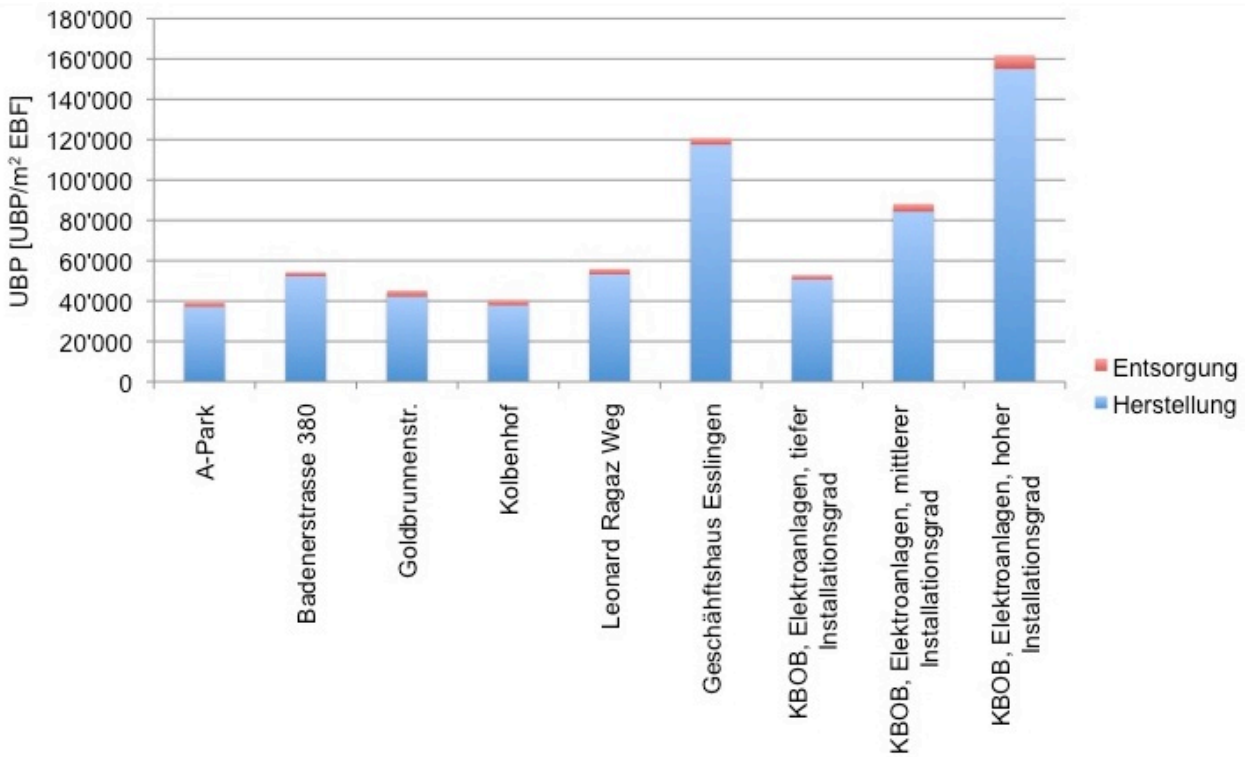


Abbildung 29: Umweltbelastungspunkte, Vergleich mit KBOB-Daten für Elektroinstallationen

5 Fazit

Die Untersuchung der Grauen Energie von Sanitäranlagen zeigt, dass alle Resultate pro m² EBF bei den analysierten Wohngebäuden deutlich niedriger liegen als der Wert für Sanitäranlagen in Wohnungen aus den Ökobilanzdaten im Baubereich der KBOB [4]. Bei den Gebäuden mit hohem Ausbaustandard sind die Wohnungen tendenziell grösser, so dass die absolut höheren Aufwendungen für die Sanitäranlagen durch eine grössere Anzahl an m² EBF kompensiert werden. Die Unterschiede im Ausbaustandard lassen sich nur erkennen wenn die Ökobilanzresultate pro Nasszelle ausgewertet werden. Beim gehobenen Ausbaustandard ist die durchschnittliche Anzahl an Apparaten pro Nasszelle definitionsgemäss grösser als beim einfachen Ausbaustandard. Bei den untersuchten Bürogebäuden hingegen zeigt sich aufgrund unterschiedlicher Gebäudegeometrien und Verteilungskonzepten eine grosse Varianz der Mengen an verlegten Rohrleitungen, Dämmungen und Befestigungen. Die Anzahl der Apparate pro Nasszelle weichen in den untersuchten Objekten wenig voneinander ab. Die Ökobilanzresultate der Anlagen pro m² EBF liegen sowohl über als auch unter den Werten für Sanitäranlagen in Bürogebäuden aus den KBOB – Daten.

Bei den Elektroanlagen sind die Ökobilanzresultate der untersuchten Wohngebäude vergleichbar mit den KBOB – Daten für Elektroanlagen mit tiefem und mittlerem Installationsgrad. Allerdings lässt sich aufgrund der durchgeführten Analysen kein Zusammenhang zwischen dem Installationsgrad und den Resultaten herstellen. Beim untersuchten Gebäude mit einem hohen Installationsgrad sind die einzelnen Wohnungen deutlich grösser. Analog zu den Resultaten bei den Sanitäranlagen werden bei einer Auswertung der Anlagen pro m² EBF die absolut höheren Aufwendungen pro Wohnung durch eine vergleichsweise grössere Fläche kompensiert. Eine Auswertung der Resultate pro Wohnung hingegen vermag zwar den höheren Installationsgrad abzubilden, jedoch nicht die Unterschiede zwischen den Gebäuden mit tiefem und mittlerem Installationsgrad. Beim untersuchten Bürogebäude wo sowohl der Grundausbau als auch der Mieterausbau berücksichtigt wurden, liegen die Ökobilanzresultate deutlich höher als bei den Wohngebäuden und nahe beim Wert der KBOB – Daten für Elektroanlagen mit hohem Installationsgrad. Die aus einer früheren Studie [2] gewonnene Erkenntnis, dass der Aufwand für Elektroanlagen in Bürogebäuden höher liegt als bei Wohngebäuden, konnte bestätigt werden. Jedoch ist dies vor allem auf die Berücksichtigung des Mieterausbaus in der Bilanzierung zurückzuführen. Die materiellen Aufwendungen für den Grundausbau sind beim untersuchten Bürogebäude nicht höher als bei den Wohngebäuden. Aufgrund der Resultate und der Anzahl der untersuchten Gebäude lassen sich die planerischen Einflussgrössen nur mit Vorbehalten ableiten. Die Resultate werden vor allem von der Menge der verlegten Kabel sowie den davon abhängigen Mengen an Installationsrohren, Installationskanälen und Kabelbahnen beeinflusst. Einen Zusammenhang zwischen der Kompaktheit der Gebäudehülle und der Menge an verlegten Kabeln ist nicht erkennbar. Ebenso unterscheidet sich der Aufwand für die Elektroinstallationen bei den Gebäuden welche gemäss den Kriterien der 2000 – Gesellschaft geplant wurden nicht wesentlich von den anderen untersuchten Gebäuden, da die elektrischen Anlagen weitgehend ähnlich sind.

Sowohl bei den Sanitär- als auch bei den Elektroanlagen lassen sich die Einflussgrössen aufgrund der Anzahl der untersuchten Gebäude und den festgestellten Variablen nur ansatzweise eruieren:

1. Bei der EBF bezogenen Darstellung der Daten ist die **Wohnungsgrösse** eine dominante Einflussgrösse. Da beide Haustechniksysteme für die Erschliessung und Grundinfrastruktur eine Wohnungsgrösse unabhängiger Aufwand erfordern, ist der EBF bezogene Aufwand bei grösseren Wohnungen tendenziell kleiner als bei kleineren.
2. Der **Grundriss, Gebäudeform und die Zonierung** sind von untergeordneter Bedeutung für die Graue Energie von Sanitär- und Elektroinstallationen. Dies gilt insbesondere bei den Elektroanlagen, bei denen die Wohnungen unabhängig vom Gebäudekonzept gemäss Vorschriften einzeln separat erschlossen werden. Bei den Sanitäranlagen können ungünstig angeordnete Nasszellen und Apparate eine Erhöhung der Indikatoren zur Folge haben.
3. Der **Ausbaustandard** hat bei den **Sanitäranlagen** einen signifikanten Einfluss auf die Höhe der Belastungsindikatoren. Die Dichte der Nasszellen pro Grundrisseinheit und die Höhe der Anzahl Apparate pro Nasszelle wirken sich belastend aus. Deshalb können in diesem Bereich auch klare Empfehlungen für die Planung abgegeben werden.
4. Der **Ausbaustandard** bei den **Elektroanlagen** ist zumindest bei Wohngebäuden von untergeordneter Bedeutung. Die Anzahl Steckdosen pro Raum konnte nicht als massgebender Faktor identifiziert werden.
5. Der Einfluss von **Spezialanlagen** wie Feuerlösch- oder Alarmanlagen ist zwar in den Resultaten erkennbar, kann aber nur durch eine grössere Anzahl von untersuchten Gebäuden quantifiziert werden. Auch komplizierte Dachentwässerungen oder Sprinkleranlagen, auch aufwändige Lösungen im Bereich MRS (Messen, Regeln, Steuern) können zu einer signifikanten Erhöhung der EBF bezogenen Belastungsindikatoren führen.
6. Die **Materialisierung** einzelner Komponenten hat kaum einen Einfluss auf die Höhe der Bilanzergebnisse. Dort wo Optionen bestehen sind die Unterschiede gering (vergl. auch Tabellen im Kap. 6). Zudem sind für die Kabel bei den Elektroanlagen und für Sanitärapparate wenig Materialoptionen vorhanden.
7. Die Unterschiede zwischen **Grauer Energie, Treibhausgasen und der ökologischen Knappheit** (Umweltbelastungspunkte) sind bei den untersuchten Haustechniksystemen von marginaler Bedeutung. Dort wo die drei Indikatoren nicht korrelieren, sind vor allem die Anteile an Kupfer und Messing der Komponenten ausschlaggebend.

6 Empfehlung

6.1 Sanitäranlagen

Die EBF ist als Bezugsgrösse wenig geeignet, um verschiedene Ausbaustandards der Sanitäranlagen im Wohnungsbau voneinander zu unterscheiden. Hingegen ist ein Zusammenhang zwischen dem Ausbaustandard, der Anzahl Apparate pro Nasszelle und der Grauen Energie erkennbar (siehe Tabelle 29). Beim hohen Ausbaustandard ist in der Regel pro Wohnung eine Nasszelle mit einem Waschturm vorhanden. Beim niedrigen respektive mittleren Ausbaustandard befinden sich die Waschautomaten und die Trockner meistens im Keller. Zudem sind beim hohen Ausbaustandard auch tendenziell mehr andre Apparate pro Nasszelle vorhanden. Aus den Ökobilanzresultaten der Sanitäranlagen in den untersuchten Gebäuden wurden deshalb

Werte für die Graue Energie, die Treibhausgasemissionen und die Umweltbelastungspunkte in Funktion der Anzahl Apparate (ohne Waschautomat und Trockner) pro Nasszelle abgeleitet. Diese Werte beziehen sich auf Sanitäranlagen in Wohngebäuden. Es wurde zwischen den Konfigurationen “Waschautomat und Trockner im Keller” und “Waschautomat und Trockner pro Wohnung” unterschieden. Die Werte für die Graue Energie der Sanitäranlagen pro Nasszelle in Funktion der Anzahl Apparate beziehen sich deshalb auf die Anzahl Apparate pro Nasszelle exklusive der Waschautomaten und Trockner (siehe Abbildung 30). Die Ökobilanzdaten für die Sanitäranlagen pro Nasszelle werden in Tabelle 32 und Tabelle 33 ausgewiesen. Zur Ableitung der Daten wurde einerseits ein durchschnittlicher Wert pro Apparat ohne Waschautomaten und Trockner berechnet. Andererseits wurde anhand der berechneten Gebäude ein durchschnittlicher Anteil der Waschautomaten und Trockner pro Nasszelle abgeleitet. Dabei ist dieser Anteil bei einem Waschautomaten und Trockner pro Wohnung höher als wenn diese Installationen in der Waschküche untergebracht sind.

Bei den Bürogebäuden wurden keine Richtwerte berechnet. Aufgrund der geringeren Nasszellendichte werden die Ökobilanzresultate pro Nasszelle oder pro m² EBF hauptsächlich von den Mengen an verlegten Rohrleitungen beeinflusst. Es lässt sich deshalb kein Zusammenhang zwischen der Grauen Energie und den Anzahl Apparaten pro Nasszelle ableiten. Zudem sind Abweichungen in den Resultaten zu gross und die Anzahl der untersuchten Bürogebäude zu gering, um daraus irgendwelche Gesetzmässigkeiten ableiten zu können. Da die Grösse der Nasszellen in Bürogebäuden stark variieren kann, scheint es sinnvoller die Ökobilanzdaten pro m² EBF als pro Nasszelle auszuweisen.

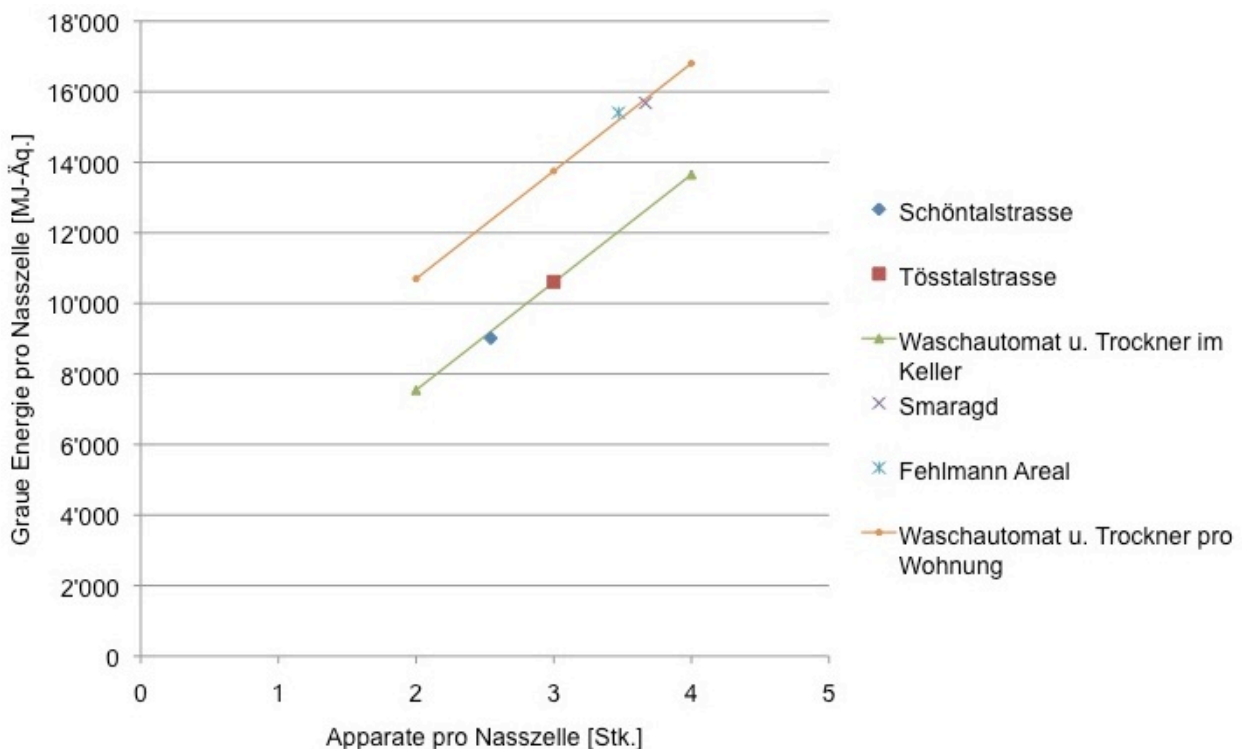


Abbildung 30: Graue Energie von Sanitärinstallationen pro Nasszelle

Tabelle 32: Ökobilanzdaten für Sanitäranlagen in Wohngebäuden, pro Nasszelle mit Waschautomat u. Trockner im Keller

Anz. Apparate exkl. Wasch- automat u. Trockner	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]
2	7'497	420	815'067	47	61	42'962	7'544	481	858'028
3	10'537	589	1'152'853	61	85	59'406	10'598	674	1'212'259
4	13'577	759	1'490'640	75	109	75'851	13'652	868	1'566'490

Tabelle 33: Ökobilanzdaten für Sanitäranlagen in Wohngebäuden, pro Nasszelle mit Waschautomat u. Trockner in der Wohnung

Anz. Apparate exkl. Wasch- automat u. Trockner	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]
2	7'497	420	815'067	47	61	42'962	7'544	481	858'028
3	10'537	589	1'152'853	61	85	59'406	10'598	674	1'212'259
4	13'577	759	1'490'640	75	109	75'851	13'652	868	1'566'490

In Tabelle 34 sind die berechneten Ökobilanzdaten für einige in Bezug auf die Masse relevantesten Systemkomponenten dargestellt.

Tabelle 34: Ökobilanzdaten für Sanitärapparate, Rohrleitungen u. Dämmungen

Systemkomponente	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]
Badewanne [Stk.]	1'943	125.35	209'504	3.96	0.18	241	1'947	125.53	209'745
Duschwanne [Stk.]	744	48.72	82'445	1.62	0.07	99	746	48.79	82'544
Wandklosett [Stk.]	587	32.83	40'874	4.12	0.17	249	591	33.00	41'123
Urinoir [Stk.]	887	49.60	61'753	13.76	0.71	876	591	33.00	41'123
Einbauspühlkasten [Stk.]	720	36.22	64'756	4.51	10.80	7'596	724	47.02	72'352
Waschtisch einfach [Stk.]	788	44.09	54'891	3.44	0.15	210	792	44.24	55'101
Doppelwaschtisch [Stk.]	1'368	76.53	95'276	9.61	0.39	579	1'378	76.93	95'855
Einlochmischer [Stk.]	95	6.36	115'033	0.20	0.01	12	96	6.37	115'045
Bademischer [Stk.]	134	8.91	161'046	0.28	0.01	17	134	8.92	161'063
Waschautomat [Stk.]	4'997	284.05	491'789	67.67	46.51	35'513	5'065	330.56	527'302
Wäschetrockner [Stk.]	3'768	214.16	370'793	51.02	35.07	26'776	3'819	249.23	397'569
PE Rohr 90 mm [m]	86	2.44	1'837	0.24	1.57	1'005	86	4.01	2'842

Systemkomponente	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ-Äq]	[CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	[CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	[CO ₂ -Äq]	[UBP]
PE Rohr 125 mm [m]	167	4.74	3'568	0.47	3.05	1'952	168	7.79	5'520
PE Rohr 150 mm [m]	271	7.67	5'777	0.76	4.94	3'160.0	272	12.61	8'937
PE Rohr 220 mm [m]	341	9.64	7'260	0.95	6.21	3'971.7	342	15.85	11'232
PE Rohr schallgedämmt 90 mm [m]	103	3.32	2'776	0.56	3.64	2'329	104	6.96	5'105
PE-X Rohr 16 mm [m]	7	0.21	159	0.04	0.27	174.1	7	0.48	333
PE-X Rohr 20 mm [m]	12	0.33	247	0.06	0.42	270.8	12	0.75	518
V4A Press 18 mm [m]	29	2.01	4'081	0.03	0.002	2	29	2.01	4'083
V4A Press 22 mm [m]	43	2.97	6'024	0.05	0.002	3	43	2.97	6'027
V4A Press 28 mm [m]	55	3.83	7'773	0.06	0.003	4	55	3.83	7'777
V4A Press 35 mm [m]	86	5.98	12'145	0.10	0.005	6	86	5.99	12'151
V4A Press 90 mm [m]	152	10.64	21'597	0.18	0.01	11	153	10.65	21'608
PIR- Schalen, PVC Umhül. DN 10-32 [m]	43	1.80	1'754	0.63	1.19	858	44	2.99	2'612
PIR- Schalen, PVC Umhül. Ø35-42 [m]	54	2.28	2'228	0.77	1.45	1'050	55	3.73	3'278
PIR- Schalen, PVC Umhül. DN 40-50 [m]	58	2.44	2'386	0.83	1.55	1'121	59	3.99	3'507
Armaflex Ø56-125mm [m]	29	0.90	839	0.29	0.82	577	29	1.73	1'416
Mineralwollschalen, PVC Umhül. DN25-32 [m]	27	1.41	2'342	0.43	0.31	230	28	1.73	2'572
Mineralwollschalen, PVC Umhül. DN40-50	33	1.70	2'837	0.52	0.36	263	33	2.06	3'100

6.2 Elektroanlagen

Die Ökobilanzresultate pro m² EBF in den untersuchten Wohngebäuden weichen nur wenig voneinander ab. Der Installationsgrad scheint nur einen geringfügigen Einfluss auf die Ergebnisse zu haben. Deshalb wurde aus den Resultaten der untersuchten Gebäude ein Mittelwert für Elektroanlagen in Wohngebäuden gebildet (siehe Tabelle 35). Da nur ein Bürogebäude untersucht wurde, können hier keine allgemeinen Werte für Elektroanlagen in Büros abgeleitet wer-

den. Die Resultate liegen jedoch nahe bei den KBOB-Daten für Elektroanlagen mit einem hohen Installationsgrad.

Tabelle 35: Ökobilanzdaten für Elektroanlagen in Wohngebäuden

	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]
[m ² EBF]	194	9.08	44'563	6	3.59	2'585	199	12.67	47'148

In Tabelle 36 sind die berechneten Ökobilanzdaten von den wichtigsten Systemkomponenten der Elektroanlagen zusammengefasst.

Tabelle 36: Ökobilanzdaten für Elektroanlagen

Systemkomponente	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]	[MJ- Äq]	[CO ₂ - Äq]	[UBP]
KRF-Rohr hf 20 [m]	9	0.25	183	0.05	0.32	203	9	0.56	386
KRF-Rohr hf 25 [m]	14	0.38	283	0.07	0.49	313	14	0.87	596
KRF-Rohr hf 50 [m]	48	1.35	1'005	0.27	1.74	1'114	49	3.09	2'119
KRFW-Rohr fw 20 [m]	10	0.29	213	0.06	0.37	236	10	0.66	449
KRS-Rohr ws 92/80 [m]	135	3.78	2'810	0.74	4.86	3'114	136	8.64	5'924
KRS-Rohr ws 112/100 [m]	166	4.65	3'456	0.91	5.98	3'829	167	10.63	7'285
Draht einzel T 1,5 [m]	3	0.13	869	0.08	0.02	17	3	0.15	885
Litze T hf fw 6 [m]	6	0.33	3'240	0.07	0.05	38	6	0.38	3'278
Kabel TT 3x1,5 [m]	9	0.46	2'741	0.55	0.15	126	9	0.61	2'867
Kabel TT 5x1,5 [m]	12	0.62	4'375	0.70	0.19	158	12	0.81	4'533
Kabel TT 5x6 [m]	33	1.85	16'604	1.76	0.45	385	35	2.31	16'988
Kabel TT 5x35 [m]	154	9.10	94'365	7.13	1.74	1'499	161	10.84	95'864
Installationskabel 4x1.5 mm ² 2LNPE FE0 [m]	8	0.46	3'430	0.45	0.12	100	9	0.57	3'530
Installationskabel 5x1.5 mm ² , 3 LNPE FE0 [m]	10	0.54	4'244	0.52	0.14	115	10	0.67	4'359
Installationskabel 5x6 mm ² , 3 LNPE FE0 [m]	27	1.61	16'237	1.25	0.31	263	29	1.92	16'501
Installationskabel 5x35 mm ² , 3 LNPE FE0 [m]	130	7.99	92'671	4.76	1.06	937	134	9.05	93'608
Gitter-Kabelbahn 300x55 [m]	67	4.71	10'340	0.15	0.01	9	67	4.72	10'349
Gitterbahn A4 200x60 [m]	53	3.69	8'104	0.12	0.01	7	53	3.70	8'111
Installationskanal LF 90x60 [m]	73	2.59	2'174	10.1 0	1.96	1'746	83	4.55	3'921
Installationskanal LF 150x60 [m]	139	4.94	4'145	19.2 6	3.74	3'329	158	8.68	7'473
Rohrstütze H=210 [Stk]	11	0.31	229	0.06	0.40	253	11	0.70	482

Systemkomponente	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ-Äq]	[CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	[CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	[CO ₂ -Äq]	[UBP]
Erdband f-verz 25x3 [m]	23	1.47	3'269	0.05	0.00	3	23	1.47	3'272
Kabel U72-M hf fw 1x4x0,6 [m]	6	0.27	900	0.40	0.11	93	7	0.38	993
UP Einlasskasten NIS Gr 1 [Stk]	8	0.22	166	0.04	0.29	184	8	0.51	350
Verteilerschrank 800x2000x500 [Stk]	3'29 2	213.3 6	474'99 9	6.88	0.31	419	3'29 9	213.6 7	475'41 8
Steckdose [Stk.]	8	0.52	793	0.04	0.11	75	8	0.62	868
Druckschalter [Stk.]	10	0.60	853	0.04	0.11	77	10	0.71	930
Gehäuse Rasterleuchte 2x T8-36W [Stk]	492	37.02	27'948	0.73	0.83	596	493	37.85	28'544
Leuchtstoffröhrenfas- sung T8-36W [Stk]	56	4.44	3'711	0.40	0.02	24	57	4.46	3'736
Vorschaltgerät EVG [Stk]	48	3.37	2'915	1.89	0.32	300	50	3.69	3'215
Leuchtstoffröhre T5-28W [Stk]	6	0.44	737	0.15	0.01	15	6	0.45	753
Leuchtstoffröhre T8 36 W [Stk]	8	0.58	838	0.20	0.01	20	8	0.59	858

7 Literatur

[1] SIA Merkblatt 2032, Graue Energie von Gebäuden, 2010

[2] Ökologische Bewertung von Gebäudetechnikanlagen für SIA 2032, Schlussbericht, Basler und Hoffmann Ingenieure und Planer AG im Auftrag vom Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, 2008

[3] Umweltrelevanz der Haustechnik, Amstein + Walthert Ingenieure AG, 1998

[4] Ökobilanzdaten im Baubereich, KBOB, 2009/1, Stand Januar 2011

ANHANG

Materialbilanzen Sanitäranlagen

Tabelle 37: MFH Obere Schöntalstrasse, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
Rohrleitungen inkl. Dämmung und Befesti- gung	2876.45	0.69	75.70	41.09	23.28%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
Warmwasserspeicher	2750.07	0.66	72.37	39.29	22.26%
WC, Urinoir, Spülkasten	1650.35	0.39	43.43	23.58	13.36%
Waschtisch	1329.40	0.32	34.98	18.99	10.76%
Armaturen	353.00	0.08	9.29	5.04	2.86%
Waschautomat und Trockner	568.00	0.14	14.95	8.11	4.60%
Bade- und Duschwanne	2192.07	0.52	57.69	31.32	17.74%
Andere	635.24	0.15	16.72	9.07	5.14%
TOTAL	12354.57	2.95	325.12	176.49	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
CrNi-Stahl	854.39	0.20	22.48	12.21	6.92%
Stahl	5258.84	1.26	138.39	75.13	42.57%
Alu	161.11	0.04	4.24	2.30	1.30%
Zink	14.80	0.00	0.39	0.21	0.12%
Messing	403.85	0.10	10.63	5.77	3.27%
PE-HD	1181.08	0.28	31.08	16.87	9.56%
PE-LD	67.96	0.02	1.79	0.97	0.55%
PP	24.32	0.01	0.64	0.35	0.20%
PB	92.56	0.02	2.44	1.32	0.75%
PUR	143.37	0.03	3.77	2.05	1.16%
PIR	287.81	0.07	7.57	4.11	2.33%
PVC	153.45	0.04	4.04	2.19	1.24%
ABS	230.83	0.06	6.07	3.30	1.87%
Synthesekautschuk	151.63	0.04	3.99	2.17	1.23%
Polyamid	16.00	0.00	0.42	0.23	0.13%
EPS	119.36	0.03	3.14	1.71	0.97%
Sanitärkeramik	2074.60	0.50	54.59	29.64	16.79%
Polycarbonat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
Glas	159.48	0.04	4.20	2.28	1.29%
Steinwolle	330.66	0.08	8.70	4.72	2.68%
Unbestimmt (inkl. Waschmaschinen u. Trockner)	628.48	0.15	16.54	8.98	5.09%
TOTAL	12354.57	2.95	325.12	176.49	100.00%

Tabelle 38: MFH Tösstalstrasse, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
Rohrleitungen inkl. Dämmung und Befestigung	158.37	0.21	19.80	19.80	10.05%
Warmwasserspeicher	295.25	0.39	36.91	36.91	18.73%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
WC, Urinoir, Spülkasten	240.50	0.31	30.06	30.06	15.26%
Waschtisch	144.00	0.19	18.00	18.00	9.13%
Armaturen	48.00	0.06	6.00	6.00	3.04%
Waschautomat und Trockner	221.00	0.29	27.63	27.63	14.02%
Bade- und Duschwanne	320.44	0.42	40.06	40.06	20.33%
Andere	148.85	0.19	18.61	18.61	9.44%
TOTAL	1576.41	2.06	197.05	197.05	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
CrNi-Stahl	124.80	0.16	15.60	15.60	7.92%
Stahl	679.83	0.89	84.98	84.98	43.12%
Alu	25.98	0.03	3.25	3.25	1.65%
Zink	2.19	0.00	0.27	0.27	0.14%
Messing	58.01	0.08	7.25	7.25	3.68%
PE-HD	28.80	0.04	3.60	3.60	1.83%
PE-LD	1.76	0.00	0.22	0.22	0.11%
PP	22.40	0.03	2.80	2.80	1.42%
PB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
PUR	17.19	0.02	2.15	2.15	1.09%
PIR	35.22	0.05	4.40	4.40	2.23%
PVC	17.72	0.02	2.22	2.22	1.12%
ABS	17.26	0.02	2.16	2.16	1.10%
Synthesekautschuk	6.70	0.01	0.84	0.84	0.42%
Polyamid	0.48	0.00	0.06	0.06	0.03%
EPS	0.98	0.00	0.12	0.12	0.06%
Sanitärkeramik	257.60	0.34	32.20	32.20	16.34%
Polycarbonat	0.24	0.00	0.03	0.03	0.02%
Glas	53.28	0.07	6.66	6.66	3.38%
Steinwolle	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
Unbestimmt (inkl. Waschmaschinen u. Trockner)	225.96	0.29	28.25	28.25	14.33%
TOTAL	1576.41	2.06	197.05	197.05	100.00%

Tabelle 39: MFH Smaragd, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
Rohrleitungen inkl. Dämmung und Befestigung	443.93	0.40	88.79	49.33	17.65%
Warmwasserspeicher	486.05	0.44	97.21	54.01	19.32%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
WC, Urinoir, Spülkasten	244.50	0.22	48.90	27.17	9.72%
Waschtisch	312.65	0.28	62.53	34.74	12.43%
Armaturen	66.50	0.06	13.30	7.39	2.64%
Waschautomat und Trockner	442.00	0.40	88.40	49.11	17.57%
Bade- und Duschwanne	343.60	0.31	68.72	38.18	13.66%
Andere	176.13	0.16	35.23	19.57	7.00%
TOTAL	2515.36	2.29	503.07	279.48	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
CrNi-Stahl	155.56	0.14	31.11	17.28	6.18%
Stahl	953.30	0.87	190.66	105.92	37.90%
Alu	48.13	0.04	9.63	5.35	1.91%
Zink	4.43	0.00	0.89	0.49	0.18%
Messing	74.91	0.07	14.98	8.32	2.98%
PE-HD	211.61	0.19	42.32	23.51	8.41%
PE-LD	6.68	0.01	1.34	0.74	0.27%
PP	3.76	0.00	0.75	0.42	0.15%
PB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
PUR	24.65	0.02	4.93	2.74	0.98%
PIR	21.73	0.02	4.35	2.41	0.86%
PVC	23.61	0.02	4.72	2.62	0.94%
ABS	34.26	0.03	6.85	3.81	1.36%
Synthesekautschuk	13.65	0.01	2.73	1.52	0.54%
Polyamid	5.45	0.00	1.09	0.61	0.22%
EPS	0.98	0.00	0.20	0.11	0.04%
Sanitärkeramik	343.20	0.31	68.64	38.13	13.64%
Polycarbonat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
Glas	76.59	0.07	15.32	8.51	3.04%
Steinwolle	56.30	0.05	11.26	6.26	2.24%
Unbestimmt (inkl. Waschmaschinen u. Trockner)	456.56	0.42	91.31	50.73	18.15%
TOTAL	2515.36	2.29	503.07	279.48	100.00%

Tabelle 40: MFH Fehlmann Areal, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
Rohrleitungen inkl. Dämmung und Befestigung	911.75	0.59	91.17	53.63	20.99%
Warmwasserspeicher	365.58	0.24	36.56	21.50	8.42%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
WC, Urinoir, Spülkasten	455.43	0.29	45.54	26.79	10.48%
Waschtisch	420.53	0.27	42.05	24.74	9.68%
Armaturen	120.00	0.08	12.00	7.06	2.76%
Waschautomat und Trockner	1105.00	0.71	110.50	65.00	25.44%
Bade- und Duschwanne	687.50	0.44	68.75	40.44	15.83%
Andere	278.60	0.18	27.86	16.39	6.41%
TOTAL	4344.38	2.81	434.44	255.55	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
CrNi-Stahl	218.32	0.14	21.83	12.84	5.03%
Stahl	1301.24	0.84	130.12	76.54	29.95%
Alu	50.07	0.03	5.01	2.95	1.15%
Zink	4.11	0.00	0.41	0.24	0.09%
Messing	130.88	0.08	13.09	7.70	3.01%
PE-HD	520.51	0.34	52.05	30.62	11.98%
PE-LD	10.45	0.01	1.05	0.61	0.24%
PP	7.40	0.00	0.74	0.44	0.17%
PB	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
PUR	20.85	0.01	2.09	1.23	0.48%
PIR	81.08	0.05	8.11	4.77	1.87%
PVC	24.11	0.02	2.41	1.42	0.55%
ABS	66.65	0.04	6.67	3.92	1.53%
Synthesekautschuk	29.92	0.02	2.99	1.76	0.69%
Polyamid	1.27	0.00	0.13	0.07	0.03%
EPS	1.85	0.00	0.18	0.11	0.04%
Sanitärkeramik	627.00	0.41	62.70	36.88	14.43%
Polycarbonat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
Glas	117.48	0.08	11.75	6.91	2.70%
Steinwolle	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%
Unbestimmt (inkl. Waschmaschinen u. Trockner)	1131.20	0.73	113.12	66.54	26.04%
TOTAL	4344.38	2.81	434.44	255.55	100.00%

Tabelle 41: Gewerbegebäude Acutronic, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
Rohrleitungen inkl. Dämmung und Befestigung	3164.15	0.62		197.76	48.96%
Warmwasserspeicher	543.87	0.11		33.99	8.42%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
WC, Urinoir, Spülkasten	1228.456	0.24		76.78	19.01%
Waschtisch	657.2	0.13		41.08	10.17%
Armaturen	92	0.02		5.75	1.42%
Waschautomat und Trockner	110.5	0.02		6.91	1.71%
Bade- und Duschwanne	385.4423	0.08		24.09	5.96%
Andere	280.78	0.05		17.55	4.34%
TOTAL	6462.39	1.26		403.90	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
CrNi-Stahl	758.73	0.15		47.42	11.74%
Stahl	1563.41	0.30		97.71	24.19%
Alu	21.49	0.00		1.34	0.33%
Zink	17.19	0.00		1.07	0.27%
Messing	112.66	0.02		7.04	1.74%
PE-HD	1896.64	0.37		118.54	29.35%
PE-LD	82.26	0.02		5.14	1.27%
PP	10.75	0.00		0.67	0.17%
PB					
PUR	29.98	0.01		1.87	0.46%
PIR	290.26	0.06		18.14	4.49%
PVC	76.27	0.01		4.77	1.18%
ABS	128.43	0.03		8.03	1.99%
Synthesekautschuk	104.24	0.02		6.51	1.61%
Polyamid	0.00	0.00		0.00	0.00%
EPS	15.19	0.00		0.95	0.23%
Sanitärkeramik	1128.90	0.22		70.56	17.47%
Polycarbonat					
Glas	59.84	0.01		3.74	0.93%
Steinwolle					
Unbestimmt (inkl. Waschmaschinen u. Trockner)	166.16	0.03		10.39	2.57%
TOTAL	6462.39	1.26		403.90	100.00%

Tabelle 42: Geschäftshaus Zentrum Leue, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
Rohrleitungen inkl. Dämmung und Befestigung	4675.58	2.28		584.45	71.10%
Warmwasserspeicher	543.87	0.27		67.98	8.27%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
WC, Urinoir, Spülkasten	774.95	0.38		96.87	11.78%
Waschtisch	252.37	0.12		31.55	3.84%
Armaturen	46.50	0.02		5.81	0.71%
Waschautomat und Trockner	110.50	0.05		13.81	1.68%
Bade- und Duschwanne					
Andere	172.49	0.08		21.56	2.62%
TOTAL	6576.26	3.21		822.03	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	[kg/Nasszelle]	Gewichtsanteil
CrNi-Stahl	1196.18	0.58		149.52	18.19%
Stahl	980.07	0.48		122.51	14.90%
Alu	0.00	0.00		0.00	0.00%
Zink	6.90	0.00		0.86	0.10%
Messing	59.67	0.03		7.46	0.91%
PE-HD	1919.69	0.94		239.96	29.19%
PE-LD	938.25	0.46		117.28	14.27%
PP	6.55	0.00		0.82	0.10%
PB	0.00	0.00		0.00	0.00%
PUR	29.98	0.01		3.75	0.46%
PIR	465.83	0.23		58.23	7.08%
PVC	139.69	0.07		17.46	2.12%
ABS	45.57	0.02		5.70	0.69%
Synthesekautschuk	11.15	0.01		1.39	0.17%
Polyamid	0.00	0.00		0.00	0.00%
EPS	2.09	0.00		0.26	0.03%
Sanitärkeramik	601.20	0.29		75.15	9.14%
Polycarbonat	0.00	0.00		0.00	0.00%
Glas	0.00	0.00		0.00	0.00%
Steinwolle	0.00	0.00		0.00	0.00%
Unbestimmt (inkl. Waschmaschinen u. Trockner)	173.44	0.08		21.68	2.64%
TOTAL	6576.26	3.21		822.03	100.00%

Ökobilanzen Sanitäranlagen

Sachbilanzen

Tabelle 43: Obere Schöntalstrasse, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
-----------	--------	--------

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.80E+01
steel, electric, chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	5.14E+02
steel, converter, chromium steel 18/8, at plant RER [kg]	ecoinvent	2.20E+02
chromium steel product manufacturing, average metal working, RER [kg]	ecoinvent	2.80E+01
hot rolling steel, RER [kg]	ecoinvent	7.34E+02
drawing of pipes, steel, RER [kg]	ecoinvent	7.34E+02
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	5.21E+03
deep drawing, steel, 10000 kN press, automode operation, RER [kg]	ecoinvent	4.54E+03
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	6.72E+02
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	1.60E+01
powder coating, steel, RER, [m2]	ecoinvent	1.08E+01
zinc, primary, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	1.48E+01
brass, at plant, CH [kg]	ecoinvent	3.58E+02
casting, brass, CH [kg]	ecoinvent	3.58E+02
enamelling, RER [m2]	ecoinvent	1.40E+02
sanitary ceramics, at regional storage, CH [kg]	ecoinvent	2.07E+03
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	8.59E+02
polyethylene, LDPE, garnulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	5.72E+00
polypropylene, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polybutadiene, at plant, RER [kg]	ecoinvent	5.57E+01
polyurethane, rigid foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	3.85E+02
polyurethane, flexible foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyvinylchloride, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	1.53E+02
acrylonitrile-butadiene-syrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.91E+02
synthetic rubber, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.11E+02
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polystyrene foam slab, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.02E+02
chemicals inorganic, at plant, GLO [kg]	ecoinvent	2.29E+01
barite, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.84E+02
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	1.53E+03
extrusion, plastic film, RER [kg]	ecoinvent	1.48E+02
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.52E+02
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	1.52E+02
anodising, aluminium sheet, RER [m2]	ecoinvent	1.09E+02
section bar extrusion, aluminium, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
flat glass, coated, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.47E+02
rock wool, at plant, CH [kg]	ecoinvent	3.31E+02
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	1.12E+03
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	2.24E+03
Waschautomat/Wäschetrockner [kg]	Präsentation ESU- Services	5.68E+02
Entsorgung		

Datensatz	Quelle	Inputs
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	2.85E+00
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	2.36E+02
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	3.37E+01
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	5.61E+00
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	5.47E+02
disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	3.86E+02
disposal, mineral wool, 0% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	3.31E+02
disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	1.03E+03
disposal, expanded polystyrene, 5% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.01E+02
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	8.75E+02
disposal, polystyrene, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	5.68E+02

Tabelle 44: Tösstalstrasse, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.61E+01
steel, electric, chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	5.33E+01
steel, converter, chromium steel 18/8, at plant RER [kg]	ecoinvent	2.29E+01
chromium steel product manufacturing, average metal working, RER [kg]	ecoinvent	2.61E+01
hot rolling steel, RER [kg]	ecoinvent	7.62E+01
drawing of pipes, steel, RER [kg]	ecoinvent	7.62E+01
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	6.72E+02
deep drawing, steel, 10000 kN press, automode operation, RER [kg]	ecoinvent	5.90E+02
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	8.18E+01
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	1.32E+00
powder coating, steel, RER, [m2]	ecoinvent	1.60E+00
zinc, primary, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	2.19E+00
brass, at plant, CH [kg]	ecoinvent	4.96E+01
casting, brass, CH [kg]	ecoinvent	4.96E+01
enamelling, RER [m2]	ecoinvent	2.91E+01
sanitary ceramics, at regional storage, CH [kg]	ecoinvent	2.55E+02
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	2.17E+01
polyethylene, LDPE, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	8.48E-01
polypropylene, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.60E+01
polybutadiene, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyurethane, rigid foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.62E+01
polyvinylchloride, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	1.61E+01
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.24E+01
synthetic rubber, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.90E+00
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polystyrene foam slab, at plant, RER [kg]	ecoinvent	9.84E-01
chemicals inorganic, at plant, GLO [kg]	ecoinvent	2.18E-01

Datensatz	Quelle	Inputs
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	5.69E+01
extrusion, plastic film, RER [kg]	ecoinvent	1.52E+01
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.41E+01
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	2.41E+01
anodising, aluminium sheet, RER [m2]	ecoinvent	1.72E+01
section bar extrusion, aluminium, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
flat glass, coated, at plant, RER [kg]	ecoinvent	5.33E+01
rock wool, at plant, CH [kg]	ecoinvent	0.00E+00
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	1.28E+02
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	2.56E+02
Waschmaschine/Wäschetrockner [kg]	Präsentation ESU- Services	2.21E+02
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	0.00E+00
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	2.63E+01
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	3.83E+00
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	6.39E-01
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	5.48E+00
disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	4.63E+01
disposal, mineral wool, 0% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	3.09E+02
disposal, expanded polystyrene, 5% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.39E+02
disposal, polystyrene, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	2.21E+02

Tabelle 45: Smaragd, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	9.00E+00
steel, electric, chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	7.42E+01
steel, converter, chromium steel 18/8, at plant RER [kg]	ecoinvent	3.18E+01
chromium steel product manufacturing, average metal working, RER [kg]	ecoinvent	9.00E+00
hot rolling steel, RER [kg]	ecoinvent	1.06E+02
drawing of pipes, steel, RER [kg]	ecoinvent	1.06E+02
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	9.49E+02
deep drawing, steel, 10000 kN press, automode operation, RER [kg]	ecoinvent	7.65E+02
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	1.84E+02
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	4.53E+00
powder coating, steel, RER, [m2]	ecoinvent	5.60E+00
zinc, primary, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	4.43E+00

Datensatz	Quelle	Inputs
brass, at plant, CH [kg]	ecoinvent	5.56E+01
casting, brass, CH [kg]	ecoinvent	5.56E+01
enamelling, RER [m2]	ecoinvent	2.36E+01
sanitary ceramics, at regional storage, CH [kg]	ecoinvent	3.43E+02
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	2.03E+02
polyethylene, LDPE, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	8.48E-01
polypropylene, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyurethane, rigid foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.42E+01
polyvinylchloride, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	2.24E+01
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	2.84E+01
synthetic rubber, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.90E+00
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER [kg]	ecoinvent	5.00E+00
polystyrene foam slab, at plant, RER [kg]	ecoinvent	9.84E-01
chemicals inorganic, at plant, GLO [kg]	ecoinvent	3.73E+00
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	2.41E+02
extrusion, plastic film, RER [kg]	ecoinvent	2.16E+01
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.81E+01
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	3.81E+01
anodising, aluminium sheet, RER [m2]	ecoinvent	3.99E+01
section bar extrusion, aluminium, RER [kg]	ecoinvent	1.00E+01
flat glass, coated, at plant, RER [kg]	ecoinvent	7.58E+01
rock wool, at plant, CH [kg]	ecoinvent	5.15E+01
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	2.15E+02
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	4.29E+02
Waschmaschine/Wäschetrockner [kg]	Präsentation ESU- Services	4.42E+02
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	6.23E+00
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	4.35E+01
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	5.99E+00
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	9.78E-01
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.65E+02
disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	4.43E+01
disposal, mineral wool, 0% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	4.59E+02
disposal, expanded polystyrene, 5% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.17E+02
disposal, polystyrene, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	4.42E+02

Tabelle 46: Fehlmann Areal, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
-----------	--------	--------

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.65E+01
steel, electric, chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.14E+02
steel, converter, chromium steel 18/8, at plant RER [kg]	ecoinvent	4.88E+01
chromium steel product manufacturing, average metal working, RER [kg]	ecoinvent	1.65E+01
hot rolling steel, RER [kg]	ecoinvent	1.63E+02
drawing of pipes, steel, RER [kg]	ecoinvent	1.63E+02
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.27E+03
deep drawing, steel, 10000 kN press, automode operation, RER [kg]	ecoinvent	9.98E+02
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	2.71E+02
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	9.19E+00
powder coating, steel, RER, [m2]	ecoinvent	3.00E+00
zinc, primary, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	4.11E+00
brass, at plant, CH [kg]	ecoinvent	1.24E+02
casting, brass, CH [kg]	ecoinvent	1.24E+02
enamelling, RER [m2]	ecoinvent	3.86E+01
sanitary ceramics, at regional storage, CH [kg]	ecoinvent	6.27E+02
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	5.04E+02
polyethylene, LDPE, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.59E+00
polypropylene, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyurethane, rigid foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.44E+01
polyvinylchloride, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	1.74E+01
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	5.82E+01
synthetic rubber, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.92E+01
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.00E+00
polystyrene foam slab, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.85E+00
chemicals inorganic, at plant, GLO [kg]	ecoinvent	9.86E+00
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	5.94E+02
extrusion, plastic film, RER [kg]	ecoinvent	1.58E+01
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	5.01E+01
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	5.01E+01
anodising, aluminium sheet, RER [m2]	ecoinvent	4.36E+01
flat glass, coated, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.12E+02
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	3.02E+02
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	6.04E+02
Waschautomat/Wäschetrockner [kg]	Präsentation ESU- Services	1.11E+03
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	1.05E+01
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	7.13E+01
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	9.28E+00
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	1.51E+00
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	3.52E+02

Datensatz	Quelle	Inputs
disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	4.45E+01
disposal, mineral wool, 0% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	7.70E+02
disposal, expanded polystyrene, 5% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	4.68E+02
disposal, polystyrene, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	1.11E+03

Tabelle 47: GH Acutronic, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	7.82E+01
steel, electric, chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.59E+02
steel, converter, chromium steel 18/8, at plant RER [kg]	ecoinvent	1.97E+02
chromium steel product manufacturing, average metal working, RER [kg]	ecoinvent	7.82E+01
hot rolling steel, RER [kg]	ecoinvent	6.55E+02
drawing of pipes, steel, RER [kg]	ecoinvent	6.55E+02
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.54E+03
deep drawing, steel, 10000 kN press, automode operation, RER [kg]	ecoinvent	7.68E+02
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	7.76E+02
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	1.74E+01
powder coating, steel, RER, [m2]	ecoinvent	2.43E+01
zinc, primary, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	1.69E+01
brass, at plant, CH [kg]	ecoinvent	8.31E+01
casting, brass, CH [kg]	ecoinvent	8.31E+01
enamelling, RER [m2]	ecoinvent	2.27E+01
sanitary ceramics, at regional storage, CH [kg]	ecoinvent	1.08E+03
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.67E+03
polyethylene, LDPE, garnulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.21E+01
polypropylene, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polybutadiene, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyurethane, rigid foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.88E+02
polyurethane, flexible foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyvinylchloride, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	7.29E+01
acrylonitrile-butadiene-syrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.01E+02
synthetic rubber, at plant, RER [kg]	ecoinvent	6.57E+01
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polystyrene foam slab, at plant, RER [kg]	ecoinvent	3.44E+00
chemicals inorganic, at plant, GLO [kg]	ecoinvent	3.70E+01
barite, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.43E+02
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	1.80E+03
extrusion, plastic film, RER [kg]	ecoinvent	6.99E+01
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.94E+01

Datensatz	Quelle	Inputs
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	1.94E+01
anodising, aluminium sheet, RER [m2]	ecoinvent	1.38E+01
section bar extrusion, aluminium, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
flat glass, coated, at plant, RER [kg]	ecoinvent	5.93E+01
rock wool, at plant, CH [kg]	ecoinvent	0.00E+00
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	6.04E+02
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	1.21E+03
Waschmaschine/Wäschetrockner [kg]	Präsentation ESU- Services	1.11E+02
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	3.86E+01
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	1.50E+02
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	1.89E+01
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	3.02E+00
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.31E+03
disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.88E+02
disposal, mineral wool, 0% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	1.03E+03
disposal, expanded polystyrene, 5% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	4.59E+02
disposal, polystyrene, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	1.11E+02

Tabelle 48: GH Zentrum Leue, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.37E+01
steel, electric, chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	7.50E+02
steel, converter, chromium steel 18/8, at plant RER [kg]	ecoinvent	3.21E+02
chromium steel product manufacturing, average metal working, RER [kg]	ecoinvent	4.37E+01
hot rolling steel, RER [kg]	ecoinvent	1.07E+03
drawing of pipes, steel, RER [kg]	ecoinvent	1.07E+03
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	9.52E+02
deep drawing, steel, 10000 kN press, automode operation, RER [kg]	ecoinvent	5.00E+02
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	4.52E+02
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	1.49E+01
powder coating, steel, RER, [m2]	ecoinvent	8.20E+00
zinc, primary, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	6.90E+00
brass, at plant, CH [kg]	ecoinvent	3.42E+00
casting, brass, CH [kg]	ecoinvent	3.42E+00
enamelling, RER [m2]	ecoinvent	1.01E+01
sanitary ceramics, at regional storage, CH [kg]	ecoinvent	5.48E+02
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.24E+03

Datensatz	Quelle	Inputs
polyethylene, LDPE, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.36E+02
polypropylene, granulate, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polybutadiene, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyurethane, rigid foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	4.87E+02
polyurethane, flexible foam, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyvinylchloride, at regional storage, RER [kg]	ecoinvent	1.38E+02
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	4.43E+01
synthetic rubber, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.04E+01
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polystyrene foam slab, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.09E+00
chemicals inorganic, at plant, GLO [kg]	ecoinvent	3.76E+01
barite, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.33E+03
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	2.90E+03
extrusion, plastic film, RER [kg]	ecoinvent	2.11E+01
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
anodising, aluminium sheet, RER [m2]	ecoinvent	0.00E+00
section bar extrusion, aluminium, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
flat glass, coated, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
rock wool, at plant, CH [kg]	ecoinvent	0.00E+00
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	6.15E+02
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	1.23E+03
Waschmaschine/Wäschetrockner [kg]	ESU- Services Präsentation	1.11E+02
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	3.91E+00
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	2.24E+02
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	1.85E+01
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	3.08E+00
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	9.88E+02
disposal, polyurethane, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	4.88E+02
disposal, mineral wool, 0% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	5.25E+02
disposal, expanded polystyrene, 5% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.40E+03
disposal, polystyrene, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	1.11E+02

Resultate

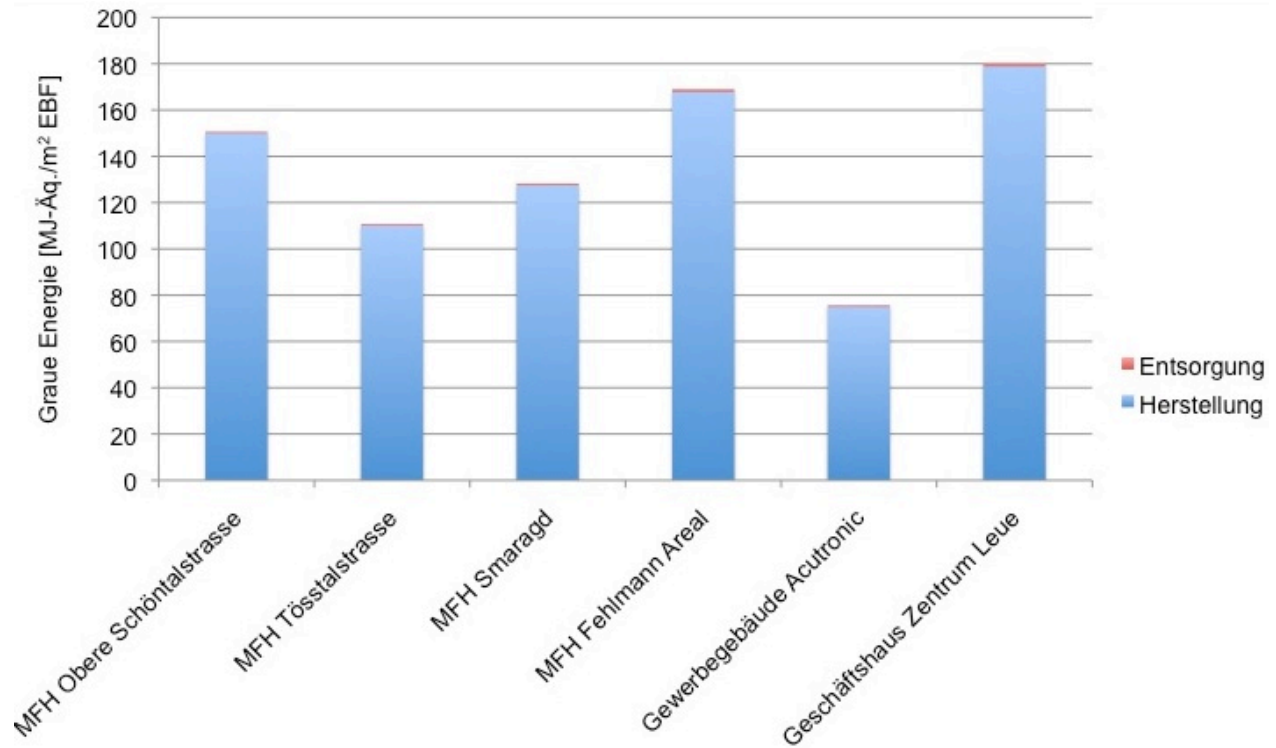


Abbildung 31: Graue Energie der Sanitärinstallationen, Herstellung und Entsorgung pro m² EBF

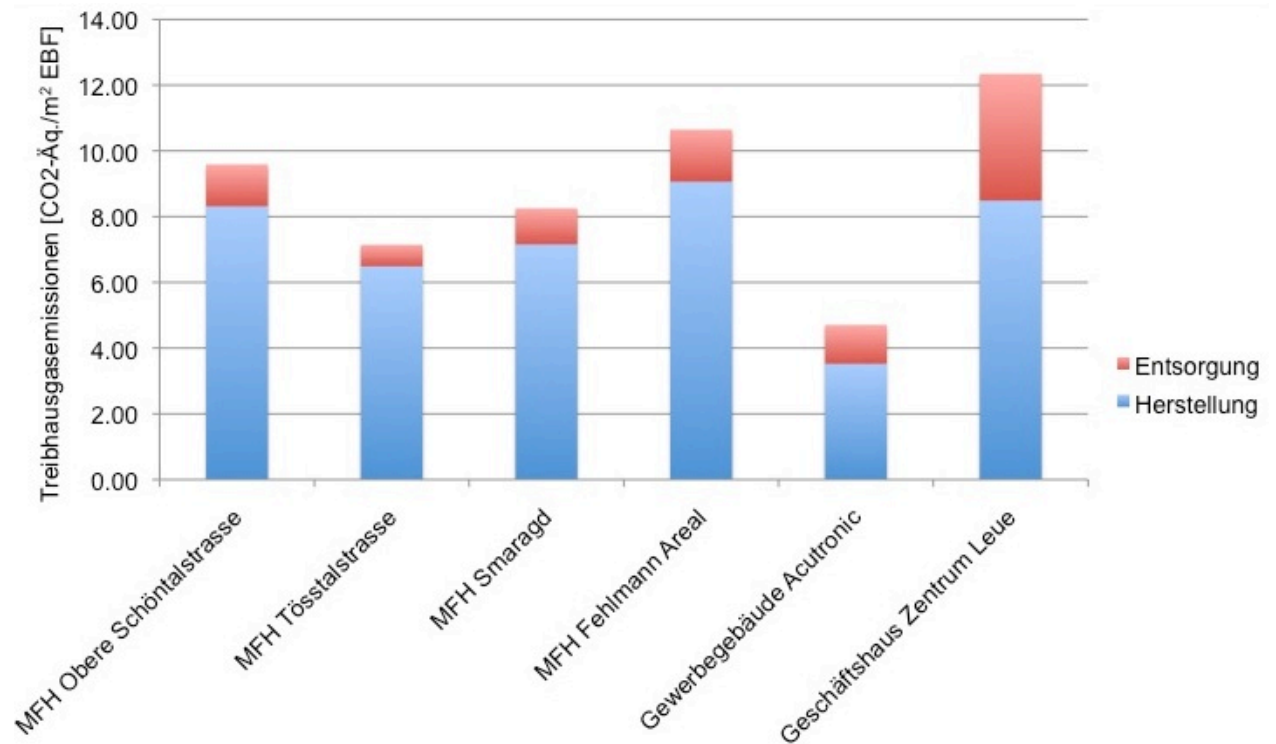


Abbildung 32: Treibhausgasemissionen der Sanitärinstallationen, Herstellung und Entsorgung pro m² EBF

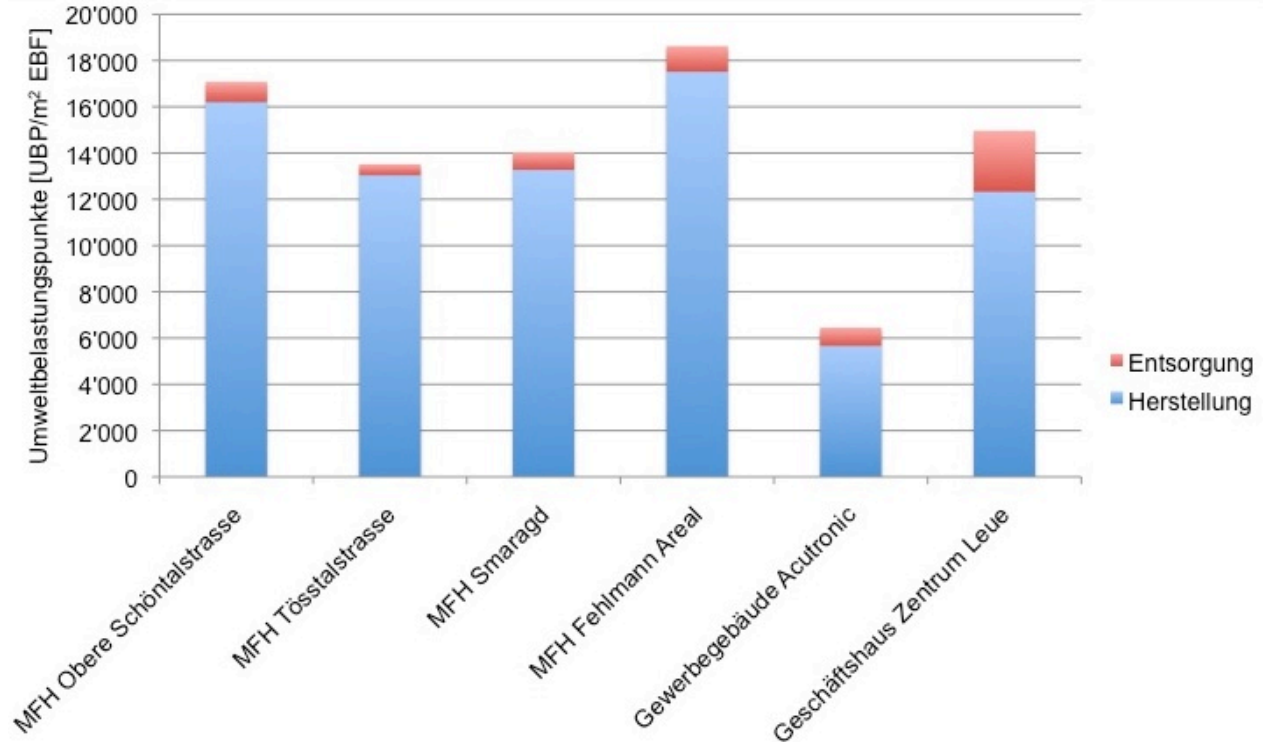


Abbildung 33: Umweltbelastungspunkte der Sanitäranlagen, Herstellung und Entsorgung pro m² EBF

Tabelle 49: Ökobilanzresultate ausgewertet pro m² EBF und pro Nasszelle

Gebäude	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]
MFH Obere Schöntalstrasse									
Pro m ² EBF	150	8.32	16'201	0.78	1.27	882	151	9.59	17'083
Pro Nasszelle	8'967	497.17	968'441	47	75.99	52'722	9'013	573.16	1'021'163
MFH Tösstalstrasse									
Pro m ² EBF	110	6.49	13'038	0.73	0.65	481	111	7.14	13'519
Pro Nasszelle	10'543	621.56	1'248'395	70	62.41	46'023	10'613	683.97	1'294'418
MFH Smaragd									
Pro m ² EBF	127	7.16	13'271	0.87	1.09	767	128	8.23	13'995
Pro Nasszelle	15'573	874.56	1'621'972	107	133.69	93'748	15'629	1'005.41	1'710'445
MFH Fehlmann Areal									
Pro m ² EBF	168	9.06	17'513	1.28	1.59	1'112	169	10.65	18'620
Pro Nasszelle	15'288	825.29	1'594'734	116	144.41	101'250	15'399	969.44	1'695'481

Gebäude	Herstellung			Entsorgung			Total		
	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]	[MJ-Äq]	CO ₂ -Äq]	[UBP]
Gewerbegebäude Acutronic									
Pro m ² EBF	75	3.53	5'664	0.41	1.18	787	76	4.71	6'451
Pro Nasszelle	24'153	1'130.76	1'816'411	132	378.53	252'238	24'285	1'509.28	2'068'650
Geschäftshaus Zentrum Leue									
Pro m ² EBF	179	8.49	12'326	1.50	3.86	2'638	180	12.34	14'964
Pro Nasszelle	45'799	2'172.79	3'155'449	384	987.26	675'220	46'183	3'160.05	3'830'670

Materialbilanzen Elektroanlagen

Tabelle 50: A-Park, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kabel, Draht, Litze	8483.80	0.96	143.79	46.12%
Installationsrohre	4018.39	0.45	68.11	21.84%
Installationskanäle	848.84	0.10	14.39	4.61%
Kabelbahn	742.29	0.08	12.58	4.03%
Erdband	625.05	0.07	10.59	3.40%
Leuchten	1149.67	0.13	19.49	6.25%
Schalter/Steckdosen	202.93	0.02	3.44	1.10%
Andere	2325.75	0.26	39.42	12.64%
TOTAL	18396.73	2.07	311.81	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kupfer	4498.36	0.51	76.24	24.45%
Stahl	2572.10	0.29	43.59	13.98%
Chromstahl	0.00	0.00	0.00	0.00%
Aluminium	334.22	0.04	5.66	1.82%
Messing	1.80	0.00	0.03	0.01%
PE	6247.71	0.70	105.89	33.96%
PVC	3743.82	0.42	63.45	20.35%
PP	51.79	0.01	0.88	0.28%
Polystyrol	192.71	0.02	3.27	1.05%
Polyamid	93.74	0.01	1.59	0.51%
ABS	0.00	0.00	0.00	0.00%
PMMA	91.32	0.01	1.55	0.50%
Polycarbonat	219.54	0.02	3.72	1.19%
Glas	126.27	0.01	2.14	0.69%
Holz	28.43	0.00	0.48	0.15%
Unbestimmt	194.92	0.02	3.30	1.06%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
TOTAL	18396.73	2.07	311.81	100.00%

Tabelle 51: Badenerstrasse, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kabel, Draht, Litze	7869.28	1.21	145.73	54.00%
Installationsrohre	2662.44	0.41	49.30	18.27%
Installationskanäle	294.34	0.05	5.45	2.02%
Kabelbahn	922.13	0.14	17.08	6.33%
Erdband	219.38	0.03	4.06	1.51%
Leuchten	647.02	0.10	11.98	4.44%
Schalter/Steckdosen	158.44	0.02	2.93	1.09%
Andere	1799.59	0.28	33.33	12.35%
TOTAL	14572.62	2.24	269.86	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kupfer	4894.29	0.75	90.63	33.59%
Stahl	2075.43	0.32	38.43	14.24%
Chromstahl	0.00	0.00	0.00	0.00%
Aluminium	278.81	0.04	5.16	1.91%
Messing	2.77	0.00	0.05	0.02%
PE	3508.46	0.54	64.97	24.08%
PVC	2546.46	0.39	47.16	17.47%
PP	42.15	0.01	0.78	0.29%
Polystyrol	105.14	0.02	1.95	0.72%
Polyamid	7.16	0.00	0.13	0.05%
ABS	611.35	0.09	11.32	4.20%
PMMA	11.02	0.00	0.20	0.08%
Polycarbonat	85.52	0.01	1.58	0.59%
Glas	88.15	0.01	1.63	0.60%
Holz	21.60	0.00	0.40	0.15%
Unbestimmt	294.32	0.05	5.45	2.02%
TOTAL	14572.62	2.24	269.86	100.00%

Tabelle 52: Goldbrunnenstrasse, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kabel, Draht, Litze	2927.46	0.91	108.42	38.60%
Installationsrohre	2798.70	0.87	103.66	36.90%
Installationskanäle	177.91	0.06	6.59	2.35%
Kabelbahn	152.05	0.05	5.63	2.00%
Erdband	148.69	0.05	5.51	1.96%
Leuchten	316.80	0.10	11.73	4.18%
Schalter/Steckdosen	113.45	0.04	4.20	1.50%
Andere	949.62	0.30	35.17	12.52%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
TOTAL	7584.68	2.37	280.91	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kupfer	1872.76	0.59	69.36	24.69%
Stahl	672.98	0.21	24.93	8.87%
Chromstahl				
Aluminium	141.45	0.04	5.24	1.86%
Messing	1.17	0.00	0.04	0.02%
PE	3815.06	1.19	141.30	50.30%
PVC	468.95	0.15	17.37	6.18%
PP	145.53	0.05	5.39	1.92%
Polystyrol	55.96	0.02	2.07	0.74%
Polyamid	2.72	0.00	0.10	0.04%
ABS	182.51	0.06	6.76	2.41%
PMMA	0.00	0.00	0.00	0.00%
Polycarbonat	50.28	0.02	1.86	0.66%
Glas	19.15	0.01	0.71	0.25%
Holz	0.00	0.00	0.00	0.00%
Unbestimmt	156.15	0.05	5.78	2.06%
TOTAL	7584.68	2.37	280.91	100.00%

Tabelle 53: Kolbenhof, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kabel, Draht, Litze	786.18	0.88	157.24	41.91%
Installationsrohre	528.58	0.59	105.72	28.18%
Installationskanäle	76.60	0.09	15.32	4.08%
Kabelbahn	83.88	0.09	16.78	4.47%
Erdband	64.35	0.07	12.87	3.43%
Leuchten	88.54	0.10	17.71	4.72%
Schalter/Steckdosen	32.46	0.04	6.49	1.73%
Anderer	215.12	0.24	43.02	11.47%
TOTAL	1875.71	2.10	375.14	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kupfer	436.22	0.49	87.24	23.26%
Stahl	184.98	0.21	37.00	9.86%
Chromstahl	0.00	0.00	0.00	0.00%
Aluminium	36.78	0.04	7.36	1.96%
Messing	0.57	0.00	0.11	0.03%
PE	678.75	0.76	135.75	36.19%
PVC	380.88	0.43	76.18	20.31%
PP	3.35	0.00	0.67	0.18%
Polystyrol	27.55	0.03	5.51	1.47%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Polyamid	14.78	0.02	2.96	0.79%
ABS	0.00	0.00	0.00	0.00%
PMMA	27.52	0.03	5.50	1.47%
Polycarbonat	33.27	0.04	6.65	1.77%
Glas	17.33	0.02	3.47	0.92%
Holz	1.60	0.00	0.32	0.09%
Unbestimmt	32.13	0.04	6.43	1.71%
TOTAL	1875.71	2.10	375.14	100.00%

Tabelle 54: Leonhard Ragaz Weg, Gewichte der Komponenten und Materialien

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kabel, Draht, Litze	6272.41	1.11	133.46	43.14%
Installationsrohre	4030.16	0.71	85.75	27.72%
Installationskanäle	135.17	0.02	2.88	0.93%
Kabelbahn	1261.27	0.22	26.84	8.67%
Erdband	135.13	0.02	2.88	0.93%
Leuchten	361.28	0.06	7.69	2.48%
Schalter/Steckdosen	132.87	0.02	2.83	0.91%
Andere	2212.08	0.39	47.07	15.21%
TOTAL	14540.36	2.57	309.37	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m ² EBF]	[kg/Wohnung]	Gewichtsanteil
Kupfer	4143.33	0.73	88.16	28.50%
Stahl	2400.21	0.42	51.07	16.51%
Chromstahl				
Aluminium	237.81	0.04	5.06	1.64%
Messing	0.94	0.00	0.02	0.01%
PE	5524.43	0.98	117.54	37.99%
PVC	1570.57	0.28	33.42	10.80%
PP	0.00	0.00	0.00	0.00%
Polystyrol	185.50	0.03	3.95	1.28%
Polyamid	5.19	0.00	0.11	0.04%
ABS	2.28	0.00	0.05	0.02%
PMMA	0.00	0.00	0.00	0.00%
Polycarbonat	51.51	0.01	1.10	0.35%
Glas	39.37	0.01	0.84	0.27%
Holz	0.00	0.00	0.00	0.00%
Unbestimmt	379.22	0.07	8.07	2.61%
TOTAL	14540.36	2.57	309.37	100.00%

Tabelle 55: GH Esslingen, Gewichte der Komponenten und Materialien, Grundausbau und Mieterausbau

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	Gewichtsanteil
Grundausbau			

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	Gewichtsanteil
Kabel, Draht, Litze	2087.92	0.80	36.04%
Installationsrohre	542.56	0.21	9.36%
Installationskanäle	181.93	0.07	3.14%
Kabelbahn	1797.68	0.69	31.03%
Erdband	99.92	0.04	1.72%
Leuchten	655.47	0.25	11.31%
Schalter/Steckdosen	9.52	0.00	0.16%
Andere	418.74	0.16	7.23%
TOTAL	5793.74	2.23	100.00%
Mieterausbau			
Kabel, Draht, Litze	2516.66	1.79	53.03%
Installationsrohre	220.96	0.16	4.66%
Installationskanäle	108.89	0.08	2.29%
Kabelbahn	60.00	0.04	1.26%
Erdband	0.00	0.00	0.00%
Leuchten	800.16	0.57	16.86%
Schalter/Steckdosen	44.58	0.03	0.94%
Andere	994.61	0.71	20.96%
TOTAL	4745.86	3.38	100.00%
Grundausbau + Mieterausbau	10539.61	5.60	100.00%
Materialien	[kg]	[kg/m² EBF]	Gewichtsanteil
Grundausbau			
Kupfer	1323.91	0.51	22.85%
Stahl	2270.75	0.87	39.19%
Chromstahl	9.13	0.00	0.16%
Aluminium	425.22	0.16	7.34%
Messing	1.04	0.00	0.02%
PE	1006.12	0.39	17.37%
PVC	370.06	0.14	6.39%
PP	64.12	0.02	1.11%
Polystyrol	37.38	0.01	0.65%
Polyamid	6.50	0.00	0.11%
ABS	43.50	0.02	0.75%
PMMA	25.02	0.01	0.43%
Polycarbonat	60.24	0.02	1.04%
Glas	132.91	0.05	2.29%
Holz	0.00	0.00	0.00%
Unbestimmt	17.84	0.01	0.31%
TOTAL	5793.74	2.23	100.00%
Mieterausbau			
Kupfer	1574.87	1.12	33.18%
Stahl	1148.34	0.82	24.20%
Chromstahl	7.20	0.01	0.15%

Komponenten	[kg]	[kg/m ² EBF]	Gewichtsanteil
Aluminium	584.06	0.42	12.31%
Messing	0.15	0.00	0.00%
PE	716.19	0.51	15.09%
PVC	529.58	0.38	11.16%
PP	0.00	0.00	0.00%
Polystyrol	45.92	0.03	0.97%
Polyamid	3.13	0.00	0.07%
ABS	6.57	0.00	0.14%
PMMA	34.10	0.02	0.72%
Polycarbonat	28.45	0.02	0.60%
Glas	23.34	0.02	0.49%
Holz	30.84	0.02	0.65%
Unbestimmt	13.13	0.01	0.28%
TOTAL	4745.86	3.38	100.00%
Grundausbau + Mieterausbau	10539.61	5.60	100.00%

Ökobilanzen Elektroanlagen

Sachbilanzen

Tabelle 56: A-Park, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
copper, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	4.28E+03
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.71E+03
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.85E+02
brass, at plant, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	6.21E+03
polyvinylchloride, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	3.57E+03
polypropylene, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	3.77E+01
polystyrene, high impact, HIPS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	7.32E+01
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polymethyl methacrylate, beads, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polycarbonate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
sawn timber, softwood, raw, kiln dried, u=10%, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.84E+01
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	9.89E+03

Datensatz	Quelle	Inputs
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	1.61E+03
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	3.22E+03
wire drawing, copper, RER, [kg]	ecoinvent	4.04E+03
electricity, medium voltage, production UCTE, at grid, [kWh]	ecoinvent	1.13E+04
heat, heavy fuel, oil, at industrial furnace 1 MW, RER, [MJ]	ecoinvent	4.73E+03
propane/butane, at refinery, RER, [kg]	ecoinvent	1.40E+00
tap water, at user, RER, [kg]	ecoinvent	1.52E+05
printed wiring board mounting plant, GLO, [unit]	ecoinvent	1.57E-03
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.88E+02
wire drawing, steel, RER, [kg]	ecoinvent	6.05E+02
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	1.02E+02
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	1.10E+03
sheet rolling, copper, RER, [kg]	ecoinvent	2.34E+02
section bar extrusion, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	1.85E+02
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	1.94E+01
Leuchtstoffröhre T8 18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 36 W [Stk]	oekobau.dat	6.18E+02
Leuchtstoffröhre T5-14W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T5-28W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-36W [Stk]	oekobau.dat	3.99E+02
Wannenleuchte (Feuchtraum) T8-36W	oekobau.dat	5.80E+01
Vorschaltgerät EVG [Stk]	oekobau.dat	3.50E+02
Vorschaltgerät VVG [Stk]	oekobau.dat	5.80E+01
Gehäuse Downlight 18 W (CFL G24D) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kompaktleuchtstofflampe 18W (Vorschaltgerät extern) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kippschalter (Lichtschalter) [Stk]	oekobau.dat	9.11E+02
Steckdose [Stk]	oekobau.dat	9.59E+02
electronics for control units, RER [kg]	ecoinvent	1.35E+02
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	2.71E+02
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	3.94E+02
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	3.42E+01
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	4.80E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	7.82E+03
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	5.26E+03
disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	9.53E+02
disposal, wire plastic, 3.55% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	3.61E+03
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	3.92E+02
disposal, fluorescent lamps, GLO, [kg]	ecoinvent	9.85E+01
disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	3.55E+01

Tabelle 57: Badenerstrasse, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
copper, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	4.76E+03
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.52E+03
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.77E+02
brass, at plant, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	3.40E+03
polyvinylchloride, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	2.47E+03
polypropylene, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	4.00E+01
polystyrene, high impact, HIPS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	3.76E+01
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	6.11E+02
polymethyl methacrylate, beads, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polycarbonate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
sawn timber, softwood, raw, kiln dried, u=10%, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.16E+01
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	6.56E+03
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	1.30E+03
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	2.61E+03
wire drawing, copper, RER, [kg]	ecoinvent	4.73E+03
electricity, medium voltage, production UCTE, at grid, [kWh]	ecoinvent	6.45E+03
heat, heavy fuel, oil, at industrial furnace 1 MW, RER, [MJ]	ecoinvent	4.54E+03
propane/butane, at refinery, RER, [kg]	ecoinvent	1.34E+00
tap water, at user, RER, [kg]	ecoinvent	1.46E+05
printed wiring board mounting plant, GLO, [unit]	ecoinvent	1.50E-03
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.80E+02
wire drawing, steel, RER, [kg]	ecoinvent	7.97E+02
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	9.13E+01
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	7.25E+02
sheet rolling, copper, RER, [kg]	ecoinvent	3.20E+01
section bar extrusion, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	1.77E+02
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 36 W [Stk]	oekobau.dat	4.13E+02
Leuchtstoffröhre T5-14W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T5-28W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-36W [Stk]	oekobau.dat	2.56E+02
Wannenleuchte (Feuchtraum) T8-36W	oekobau.dat	7.00E+00
Vorschaltgerät EVG [Stk]	oekobau.dat	2.63E+02
Vorschaltgerät VVG [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Gehäuse Downlight 18 W (CFL G24D) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kompaktleuchtstofflampe 18W (Vorschaltgerät extern) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kippschalter (Lichtschalter) [Stk]	oekobau.dat	5.82E+02

Datensatz	Quelle	Inputs
Steckdose [Stk]	oekobau.dat	8.97E+02
electronics for control units, RER [kg]	ecoinvent	8.73E+01
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	1.46E+02
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	2.58E+02
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	1.84E+01
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	3.17E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	7.48E+03
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.82E+03
disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	3.15E+02
disposal, wire plastic, 3.55% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.83E+03
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	7.87E+02
disposal, fluorescent lamps, GLO, [kg]	ecoinvent	5.78E+01
disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.70E+01

Tabelle 58: Goldbrunnenstrasse, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
copper, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	1.79E+03
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	3.69E+02
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	6.67E+01
brass, at plant, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	3.77E+03
polyvinylchloride, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	4.32E+02
polypropylene, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.42E+02
polystyrene, high impact, HIPS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	2.47E+01
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.66E+02
polymethyl methacrylate, beads, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polycarbonate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
sawn timber, softwood, raw, kiln dried, u=10%, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	4.54E+03
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	6.76E+02
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	1.35E+03
wire drawing, copper, RER, [kg]	ecoinvent	1.79E+03
electricity, medium voltage, production UCTE, at grid, [kWh]	ecoinvent	6.48E+03
heat, heavy fuel, oil, at industrial furnace 1 MW, RER, [MJ]	ecoinvent	1.82E+03
propane/butane, at refinery, RER, [kg]	ecoinvent	5.37E-01
tap water, at user, RER, [kg]	ecoinvent	5.85E+04
printed wiring board mounting plant, GLO, [unit]	ecoinvent	6.03E-04
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	7.24E+01
wire drawing, steel, RER, [kg]	ecoinvent	1.32E+02
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	2.15E+01

Datensatz	Quelle	Inputs
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	2.37E+02
sheet rolling, copper, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
section bar extrusion, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	6.67E+01
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
chromium steel 18/8, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.11E+01
Leuchtstoffröhre T8 18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 36 W [Stk]	oekobau.dat	1.44E+02
Leuchtstoffröhre T5-14W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T5-28W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-36W [Stk]	oekobau.dat	1.44E+02
Wannenleuchte (Feuchtraum) T8-36W	oekobau.dat	0.00E+00
Vorschaltgerät EVG [Stk]	oekobau.dat	1.44E+02
Vorschaltgerät VVG [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Gehäuse Downlight 18 W (CFL G24D) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kompaktleuchtstofflampe 18W (Vorschaltgerät extern) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kippschalter (Lichtschalter) [Stk]	oekobau.dat	3.79E+02
Steckdose [Stk]	oekobau.dat	6.77E+02
electronics for control units, RER [kg]	ecoinvent	4.65E+01
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	1.58E+02
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	1.76E+02
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	1.56E+01
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	2.07E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	3.06E+03
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	3.11E+03
disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	9.58E+01
disposal, wire plastic, 3.55% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.21E+03
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.54E+02
disposal, fluorescent lamps, GLO, [kg]	ecoinvent	2.02E+01
disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00

Tabelle 59: Kolbenhof, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
copper, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	4.09E+02
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.59E+02
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.49E+01
brass, at plant, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	6.70E+02
polyvinylchloride, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	3.68E+02
polypropylene, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	2.46E+00
polystyrene, high impact, HIPS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	6.58E+00

Datensatz	Quelle	Inputs
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.27E+01
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polymethyl methacrylate, beads, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polycarbonate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
sawn timber, softwood, raw, kiln dried, u=10%, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	1.06E+03
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	1.65E+02
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	3.31E+02
wire drawing, copper, RER, [kg]	ecoinvent	4.09E+02
electricity, medium voltage, production UCTE, at grid, [kWh]	ecoinvent	1.25E+03
heat, heavy fuel, oil, at industrial furnace 1 MW, RER, [MJ]	ecoinvent	4.86E+02
propane/butane, at refinery, RER, [kg]	ecoinvent	1.43E-01
tap water, at user, RER, [kg]	ecoinvent	1.56E+04
printed wiring board mounting plant, GLO, [unit]	ecoinvent	1.61E-04
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.93E+01
wire drawing, steel, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
zinc coating, pieces, RER, [m ²]	ecoinvent	9.54E+00
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	1.59E+02
sheet rolling, copper, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
section bar extrusion, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	2.49E+01
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
chromium steel 18/8, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 36 W [Stk]	oekobau.dat	6.20E+01
Leuchtstoffröhre T5-14W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T5-28W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-36W [Stk]	oekobau.dat	7.00E+00
Wannenleuchte (Feuchtraum) T8-36W	oekobau.dat	1.40E+01
Vorschaltgerät EVG [Stk]	oekobau.dat	2.10E+01
Vorschaltgerät VVG [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Gehäuse Downlight 18 W (CFL G24D) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kompaktleuchtstofflampe 18W (Vorschaltgerät extern) [Stk]	oekobau.dat	2.33E+02
Kippschalter (Lichtschalter) [Stk]	oekobau.dat	8.00E+01
Steckdose [Stk]	oekobau.dat	8.60E+01
electronics for control units, RER [kg]	ecoinvent	3.22E+01
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	2.96E+01
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	4.02E+01
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	3.39E+00
Excavation, hydraulic digger, RER [m ³]	ecoinvent	4.68E-01
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	8.32E+02
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	5.71E+02
disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.01E+02

Datensatz	Quelle	Inputs
disposal, wire plastic, 3.55% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	3.77E+02
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	9.56E+01
disposal, fluorescent lamps, GLO, [kg]	ecoinvent	1.96E+01
disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00

Tabelle 60: Leonhard Ragaz Weg, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs
Herstellung		
copper, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	3.94E+03
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	2.03E+03
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	1.34E+02
brass, at plant, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	5.45E+03
polyvinylchloride, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	1.48E+03
polypropylene, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polystyrene, high impact, HIPS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	9.04E+01
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polymethyl methacrylate, beads, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
polycarbonate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
sawn timber, softwood, raw, kiln dried, u=10%, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	7.02E+03
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	1.31E+03
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	2.62E+03
wire drawing, copper, RER, [kg]	ecoinvent	3.91E+03
electricity, medium voltage, production UCTE, at grid, [kWh]	ecoinvent	6.27E+03
heat, heavy fuel, oil, at industrial furnace 1 MW, RER, [MJ]	ecoinvent	3.87E+03
propane/butane, at refinery, RER, [kg]	ecoinvent	1.14E+00
tap water, at user, RER, [kg]	ecoinvent	1.24E+05
printed wiring board mounting plant, GLO, [unit]	ecoinvent	1.28E-03
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.54E+02
wire drawing, steel, RER, [kg]	ecoinvent	1.10E+03
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	1.22E+02
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	9.35E+02
sheet rolling, copper, RER, [kg]	ecoinvent	3.20E+01
section bar extrusion, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	1.34E+02
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 36 W [Stk]	oekobau.dat	2.96E+02
Leuchtstoffröhre T5-14W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T5-28W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-36W [Stk]	oekobau.dat	1.48E+02

Datensatz	Quelle	Inputs
Wannenleuchte (Feuchtraum) T8-36W	oekobau.dat	0.00E+00
Vorschaltgerät EVG [Stk]	oekobau.dat	1.48E+02
Vorschaltgerät VVG [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Gehäuse Downlight 18 W (CFL G24D) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kompaktleuchtstofflampe 18W (Vorschaltgerät extern) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00
Kippschalter (Lichtschalter) [Stk]	oekobau.dat	3.55E+02
Steckdose [Stk]	oekobau.dat	7.89E+02
electronics for control units, RER [kg]	ecoinvent	2.41E+02
Entsorgung		
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	2.26E+02
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	2.87E+02
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	2.66E+01
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	3.68E+00
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	6.40E+03
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	4.20E+03
disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	5.13E+02
disposal, wire plastic, 3.55% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.33E+03
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.31E+02
disposal, fluorescent lamps, GLO, [kg]	ecoinvent	4.14E+01
disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00

Tabelle 61: Geschäftshaus Esslingen, Sachbilanz kumuliert

Datensatz	Quelle	Inputs Grundausbau	Inputs Mie- terausbau
Herstellung			
copper, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	1.21E+03	1.49E+03
steel, low-alloyed, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	1.92E+03	7.52E+02
aluminium, production mix, at plant, RER [kg]	ecoinvent	2.87E+02	2.44E+02
brass, at plant, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00	0.00E+00
polyethylene, HDPE, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	9.63E+02	6.51E+02
polyvinylchloride, at regional storage, RER, [kg]	ecoinvent	3.00E+02	4.90E+02
polypropylene, granulate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	6.05E+01	0.00E+00
polystyrene, high impact, HIPS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00	0.00E+00
glass fibre reinforced plastic, polyamide, injection moulding, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00	0.00E+00
acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, ABS, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	4.21E+01	5.82E+00
polymethyl methacrylate, beads, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00	0.00E+00
polycarbonate, at plant, RER, [kg]	ecoinvent	4.61E+01	5.82E+00
sawn timber, softwood, raw, kiln dried, u=10%, at plant, RER [kg]	ecoinvent	0.00E+00	3.08E+01
extrusion, plastic pipes, RER, [kg]	ecoinvent	1.41E+03	1.15E+03
transport, lorry > 16t, fleet average, RER, [tkm]	ecoinvent	4.84E+02	3.69E+02
transport, freight, rail, RER, [tkm]	ecoinvent	9.67E+02	7.37E+02
wire drawing, copper, RER, [kg]	ecoinvent	1.21E+03	1.49E+03

Datensatz	Quelle	Inputs Grundausbau	Inputs Mie- terausbau
electricity, medium voltage, production UCTE, at grid, [kWh]	ecoinvent	1.16E+03	2.28E+03
heat, heavy fuel, oil, at industrial furnace 1 MW, RER, [MJ]	ecoinvent	1.27E+03	1.56E+03
propane/butane, at refinery, RER, [kg]	ecoinvent	3.74E-01	4.59E-01
tap water, at user, RER, [kg]	ecoinvent	4.08E+04	5.00E+04
printed wiring board mounting plant, GLO, [unit]	ecoinvent	4.20E-04	5.16E-04
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	5.04E+01	6.19E+01
wire drawing, steel, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00	0.00E+00
zinc coating, pieces, RER, [m2]	ecoinvent	1.15E+02	3.60E+00
sheet rolling, steel, RER, [kg]	ecoinvent	1.92E+03	7.52E+02
sheet rolling, copper, RER, [kg]	ecoinvent	0.00E+00	0.00E+00
section bar extrusion, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	2.46E+02	1.62E+02
sheet rolling, aluminium, RER, [kg]	ecoinvent	4.08E+01	8.27E+01
Leuchtstoffröhre T8 18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T8 36 W [Stk]	oekobau.dat	5.00E+00	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T5-14W [Stk]	oekobau.dat	1.76E+02	0.00E+00
Leuchtstoffröhre T5-28W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00	2.34E+02
Leuchtstoffröhrenfassung T8-18W [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00	0.00E+00
Leuchtstoffröhrenfassung T8-36W [Stk]	oekobau.dat	4.77E+02	0.00E+00
Wannenleuchte (Feuchtraum) T8-36W	oekobau.dat	5.00E+00	0.00E+00
Vorschaltgerät EVG [Stk]	oekobau.dat	2.50E+02	2.34E+02
Vorschaltgerät VVG [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00	0.00E+00
Gehäuse Downlight 18 W (CFL G24D) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00	0.00E+00
Kompaktleuchtstofflampe 18W (Vorschaltgerät extern) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00	0.00E+00
Kippschalter (Lichtschalter) [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00	0.00E+00
Steckdose [Stk]	oekobau.dat	0.00E+00	3.59E+02
electronics for control units, RER [kg]	ecoinvent	8.00E+00	2.03E+01
Rasterleuchte 2x T8-36W [Stk]	oekobau.dat	2.50E+01	1.17E+02
powder coating, aluminium sheet, RER, [m2]	ecoinvent	2.63E+01	5.90E+01
chromium steel 18/8, at plant, RER [kg]	ecoinvent	9.04E+00	0.00E+00
chromium steel product manufacturing, average metal working, RER [kg]	ecoinvent	9.04E+00	0.00E+00
powder coating, steel, RER, [m2]	ecoinvent	0.00E+00	6.14E+01
Entsorgung			
Diesel burned in building machine, GLO [MJ]	ecoinvent	1.30E+01	7.16E-01
Transport, lorry 20-28t, fleet average, CH, [tkm]	ecoinvent	8.62E+01	6.00E+01
Electricity, low voltage, at grid, CH [kWh]	ecoinvent	1.01E+01	3.31E+00
Excavation, hydraulic digger, RER [m3]	ecoinvent	1.65E+00	9.39E-01
shredding, electrical and electronic scrap, GLO [kg]	ecoinvent	2.13E+03	2.63E+03
disposal, polyethylene, 0.4% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	2.01E+02	1.43E+01
disposal, polyvinylchloride, 0.2% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.18E+02	1.57E+02

Datensatz	Quelle	Inputs Grundausbau	Inputs Mie- terausbau
disposal, wire plastic, 3.55% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	9.93E+02	1.02E+03
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	1.86E+02	9.16E+01
disposal, fluorescent lamps, GLO, [kg]	ecoinvent	1.92E+01	2.46E+01
disposal, wood untreated, 20% water, to municipal incineration, CH, [kg]	ecoinvent	0.00E+00	3.86E+01
disposal, inert waste, 5% water, to inert material landfill, CH, [kg]	ecoinvent	1.03E+02	0.00E+00

Resultate

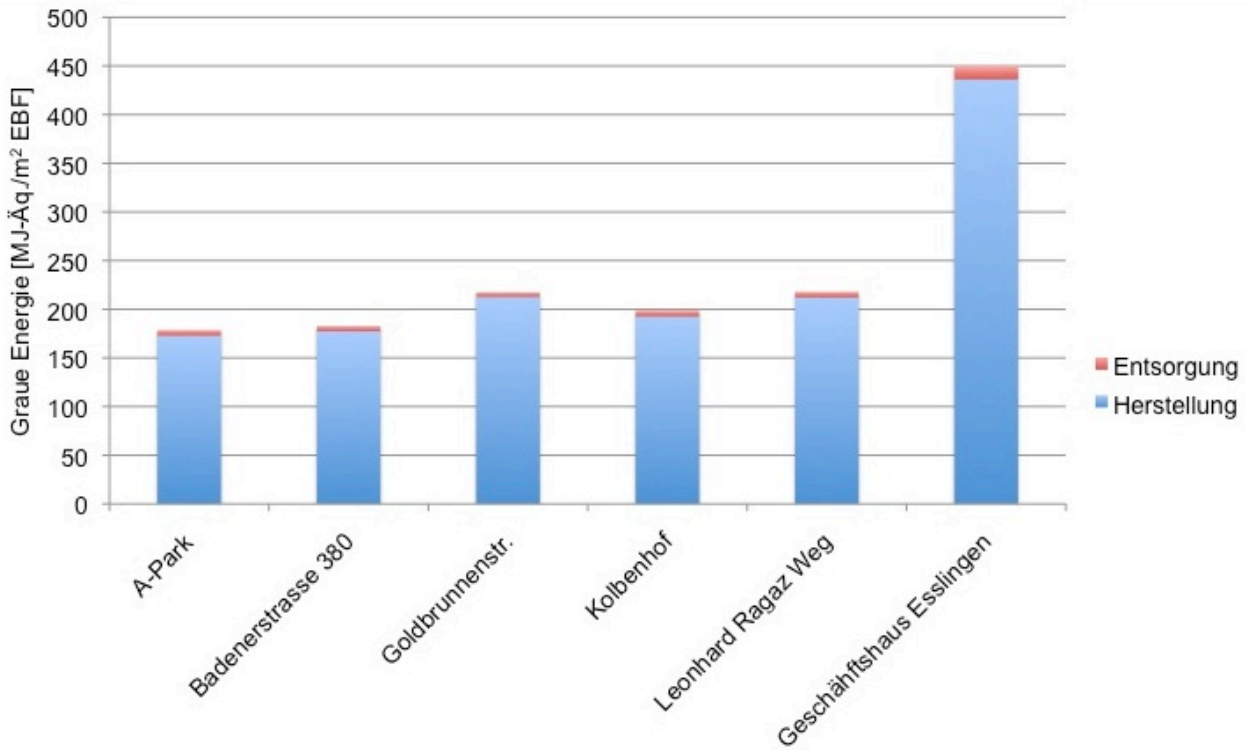


Abbildung 34: Graue Energie Elektroinstallationen pro m² EBF, Herstellung und Entsorgung

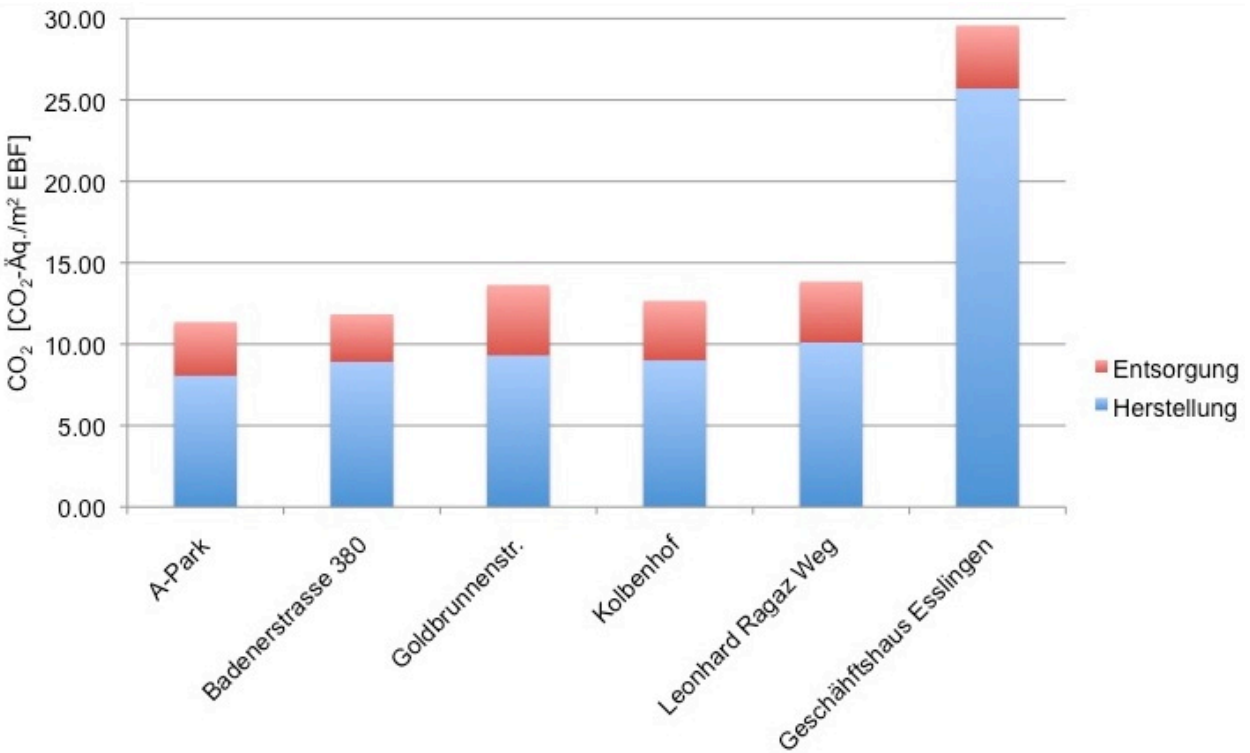


Abbildung 35: Treibhausgasemissionen Elektroinstallationen pro m² EBF, Herstellung und Entsorgung

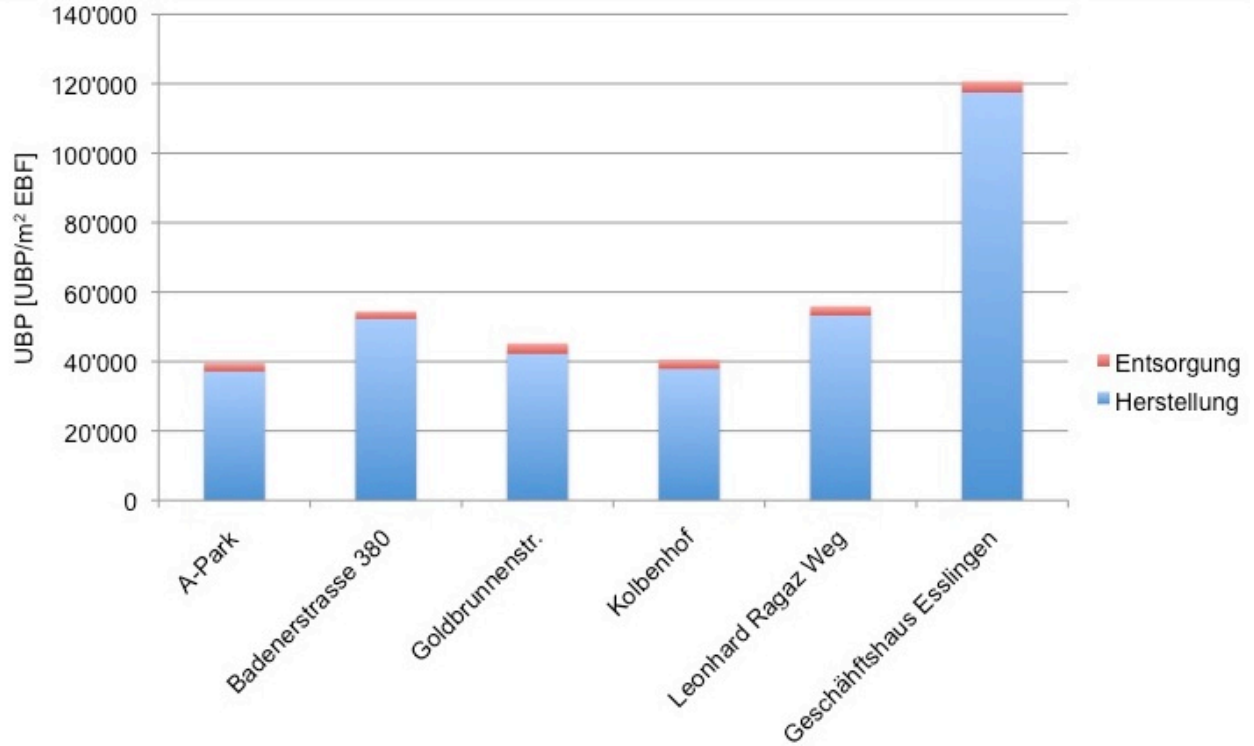


Abbildung 36: Umweltbelastungspunkte Elektroinstallationen pro m² EBF, Herstellung und Entsorgung