



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BfE



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU



Stadt Zürich
Amt für Hochbauten

Zielwert Gesamtumweltbelastung Gebäude

Machbarkeitsstudie

Autoren

Franziska Wyss¹, Rolf Frischknecht¹, Katrin Pfäffli², Viola John³

¹ treeze Ltd.

² Architekturbüro Preisig Pfäffli

³ Professur für Nachhaltiges Bauen, ETH Zürich

Auftraggeber

**Bundesamt für Energie BfE, Bundesamt für Umwelt BAFU, Amt
für Hochbauten der Stadt Zürich AHB**

Uster, 3. Dezember 2014

Impressum

Titel	Zielwert Gesamtumweltbelastung Gebäude
Autoren	Franziska Wyss, Rolf Frischknecht, Katrin Pfäffli, Viola John Treeze Ltd., fair life cycle thinking Kanzleistr. 4, CH-8610 Uster www.treeze.ch Phone +41 44 940 61 91, Fax +41 44 940 61 94 info@treeze.ch
Kunde	Bundesamt für Energie BfE, Bundesamt für Umwelt BAFU, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich AHB
Begleitgruppe	Norbert Egli (Bundesamt für Umwelt, BAFU) Peter Gerber (Bundesamt für Umwelt, BAFU) Heiri Gugerli Annick Lalive d'Epinay (Amt für Hochbauten der Stadt Zürich) Olivier Meile (Bundesamt für Energie, BFE) Martin Ménard (Lemon Consult, Vertretung Kommission SIA 2040)
Urheberrecht	Soweit nicht anders vermerkt bzw. direkt vereinbart sind sämtliche Inhalte in diesem Bericht urheberrechtlich geschützt.
Haftungsausschluss	Die Informationen und Schlussfolgerungen in diesem Bericht basieren auf Quellen, die als verlässlich eingeschätzt werden. Treeze Ltd. und die Autoren geben keine Garantie bezüglich Eignung, oder Vollständigkeit der im Bericht dargestellten Informationen. Treeze Ltd. und die Autoren lehnen jede rechtliche Haftung für jede Art von direkten, indirekten, zufälligen oder Folge-Schäden oder welche Schäden auch immer, ausdrücklich ab.
Inhaltliche Verantwortung	Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autorinnen und Autoren dieses Berichts verantwortlich.
Version	Richtwert Gesamtumweltbelastung Gebäude_v3.0.docx, 06.02.2015 08:03:00

Abkürzungen und Glossar

a	Jahr
CED	Kumulierter Energiebedarf, siehe KEA (engl. cumulative energy demand)
CH	Schweiz
EBF	Energiebezugsfläche
EKG	Elementkostengliederung
GLO	Globaler Durchschnitt
GWP	Treibhauspotential (engl. global warming potential)
KBOB	Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes
KEA	Kumulierter Energiebedarf
LCA	Ökobilanz (engl. life cycle assessment)
LCI	Sachbilanz (engl. life cycle inventory analysis)
LCIA	Wirkungsabschätzung (engl. life cycle impact assessment)
MJ	Megajoule
$Q_{h_{eff}}$	Effektiver Luftstrom
Q_{ww}	Wärmebedarf Warmwasser
RER	Europa
tkm	Tonnenkilometer, Einheit für Transport
UBP	Umweltbelastungspunkte

Zusammenfassung

Ausgangslage

Die hohe Bautätigkeit in der Schweiz trägt einen beachtlichen Anteil zu den Umweltauswirkungen bei. So werden gemäss einer aktuellen Studie rund ein Viertel der Treibhausgasemissionen und rund ein Fünftel der Gesamtumweltbelastung einer in der Schweiz wohnhaften Person durch die Wohntätigkeit verursacht. Der Gebäudesektor ist deshalb ein wichtiger Bereich, in welchem eine massgebende Reduktion der Umweltbelastung erzielt werden sollte und erzielt werden kann.

In der Schweiz bestehen mit dem SIA Merkblatt 2040 SIA-Effizienzpfad Energie, dem Label Minergie-P-Eco und dem Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) Instrumente, in denen Anforderungen (Ziel- und Grenzwerte) bezüglich Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf nicht erneuerbar von Gebäuden formuliert sind.

Im Sinne einer umfassenderen Beurteilung ist es nun von Interesse, ob neben der nicht erneuerbaren Primärenergie und den Treibhausgasemissionen die Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit für die Beurteilung der Umwelteffizienz von Bauten herangezogen werden kann und soll.

Ziel der Studie

Ziel des Projektes ist es, mögliche Zielwerte zur Umweltbelastung von Gebäuden vorzuschlagen sowie den möglichen Mehrwert der zusätzlichen Grösse „Gesamtumweltbelastung“ im Planungsprozess und in der Gebäudebeurteilung darzulegen.

Aus diesem Projekt werden, auf Basis detaillierter Ökobilanzen zu sanierten oder neu erstellten Gebäuden, Empfehlungen formuliert, ob und wie das SIA Merkblatt 2040 SIA-Effizienzpfad Energie und der Bereich „Umwelt“ des Standards Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) mit einem Indikator „Gesamtumweltbelastung“ ergänzt werden könnten.

Methodik

Die Modellierung der Gebäude folgt der Methodik des SIA Merkbblatts 2040 „SIA-Effizienzpfad Energie“. Somit wird die Gesamtumweltbelastung durch die Erstellung, den Betrieb (Energiebedarf für Heizen, Warmwasser, Lüftung, Beleuchtung und Betriebseinrichtungen) und die induzierte Mobilität quantifiziert. Die Aufwendungen und Emissionen der Erstellung werden mithilfe von standardisierten Amortisationszeiten der Bauteile, gemäss SIA Merkblatt 2032, auf eine Lebensdauer des Gebäudes von 60 Jahren umgerechnet. Die Bezugsgrösse ist definiert als ein Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr.

Die Gesamtumweltbelastung wird mithilfe der Methode der ökologischen Knappheit 2006 quantifiziert. Als Datengrundlage dient der ecoinvent Datenbestand v2.2 beziehungsweise die KBOB-Empfehlung 2009/1 (Stand Juli 2012). In einer Sensitivitätsanalyse werden einerseits aktualisierte Hintergrunddaten eingesetzt (KBOB-Empfehlung 2009/1:2014 beziehungsweise der ecoinvent Datenbestand v2.2+) und andererseits die Ökofaktoren der Methode der ökologischen Knappheit 2013 und die aktualisierten Treibhauspotentiale des IPCC 2013. In weiteren Sensitivitätsanalysen werden einerseits die Auswirkungen der Materialisierung der untersuchten Gebäude auf die Gesamtumweltbelastung analysiert (Phase Erstellung) und andererseits die im Betrieb eingesetzten Energieträger für Raumwärme und Warmwasser variiert.

Untersuchte Gebäude

Im Rahmen des Projektes werden 31 Gebäude hinsichtlich Gesamtumweltbelastung, Treibhausgasemissionen und nicht erneuerbarer Primärenergie analysiert. Dabei handelt es sich um 18 Wohngebäude (15 Neubauten und 3 Sanierungen), 8 Schulhäuser (3 Neubauten und 5 Sanierungen), 3 Altersheime (1 Neubau und 2 Sanierungen) und 2 Büro Neubauten. Die Informationen zur Materialisierung und zum Betriebsenergiebedarf stammen vom Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, vom Lehrstuhl für Nachhaltiges Bauen der ETH Zürich und vom Architekturbüro Preisig Pfäffli.

Zielwert Gesamtumweltbelastung

Die Zielwerte für die Gesamtumweltbelastung von Gebäuden werden einerseits aus den Istwerten der Gesamtumweltbelastung des Schweizer Gebäudeparks und andererseits einem Reduktionsbedarf abgeleitet. Im Gegensatz zu den Treibhausgasemissionen und der Primärenergie nicht erneuerbar, die auf den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft basieren, gibt es für einen Zielwert Gesamtumweltbelastung keine offizielle und eindeutige Basis. Als Orientierungshilfe dienen die in der Methode der ökologischen Knappheit verwendeten Ziele der Schweizerischen Umweltgesetzgebung. Daraus lässt sich für die benötigte Reduktion der Gesamtumweltbelastung eine Spannweite von 38 % bis 63 % ableiten. In dieser Machbarkeitsstudie wird mit einem Zielwert gerechnet, der einer Reduktion der heutigen Umweltbelastung von Gebäuden um 56 % entspricht und der damit nahe am oberen Rand des Reduktionsbedarfs liegt.

Ergebnisse

Die Gesamtumweltbelastung des heutigen Gebäudebestands, ermittelt gemäss der Methodik des SIA Merkblatt 2040 liegt bei 65'000, 57'000 beziehungsweise 109'000 UBP pro m² Energiebezugsfläche und Jahr für Wohngebäude, Schulhäuser beziehungsweise Bürogebäude. Darauf aufbauend werden die Zielwerte für die drei Gebäudetypen auf 29'000, 25'000 beziehungsweise 48'000 UBP pro m² EBF und Jahr festgelegt. Die Umweltbelastung der untersuchten Gebäude (Um- und Neubauten) variiert bei den Wohnbauten zwischen 25'000 und 43'000 UBP pro m² und Jahr, bei den Schulhäusern zwischen 21'000 und 36'000 UBP pro m² und Jahr und bei den Bürobauten zwischen 40'000 und 45'000 UBP pro m² und Jahr. Damit liegen 13 der 31

Gebäude unterhalb ihres jeweiligen Zielwerts (siehe Abb. Z. 1). Fünf dieser Gebäude erfüllen gleichzeitig auch die beiden Anforderungen an den Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar und an die Treibhausgasemissionen.

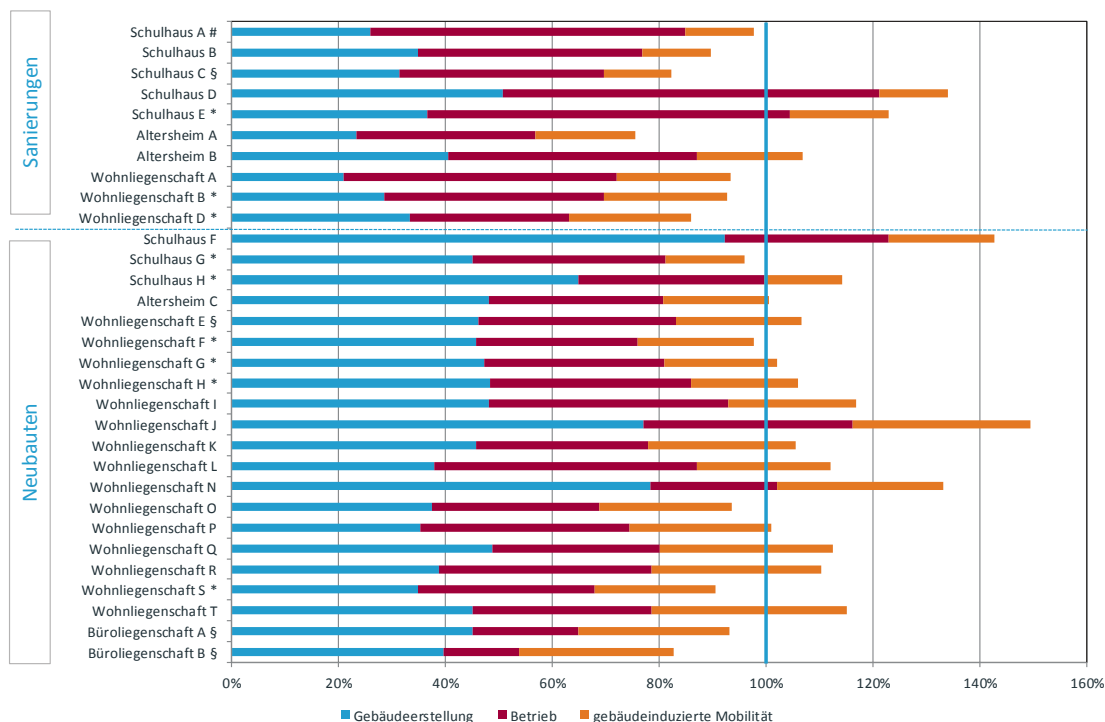


Abb. Z. 1 Gesamtumweltbelastung aller untersuchten Gebäude unterschieden in Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität; indexiert (Zielwert = 100 %)
 *: Gebäude unterhalb Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen
 §: Gebäude unterhalb Zielwert Primärenergie nicht erneuerbar
 #: Gebäude unterhalb Zielwert Treibhausgasemissionen

Umgekehrt ist bei vier Gebäuden (Schulhäuser E und H, Wohngebäude G und H), welche die Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen einhalten, die Umweltbelastung höher als deren Zielwert. Schulhaus E hat einen relativ hohen Heizenergiebedarf, der mit einer Pelletheizung gedeckt wird. Zudem sind die Lüftungskanäle in Blech ausgeführt. Bei Schulhaus H ist die Haustechnik verantwortlich für die Hälfte der Umweltbelastung. Neben der Elektrotechnik sind auch hier die Blechkanäle der Lüftung eine der wesentlichen Komponenten. Die Umweltbelastung der Wohngebäude G und H liegt jeweils nur wenig oberhalb des Zielwerts. Bei diesen beiden Bauten werden Holzbauteile eingesetzt, deren relativer Beitrag zur Gesamtumweltbelastung höher ist als bei einer Bilanzierung der Primärenergie nicht erneuerbar oder der Treibhausgasemissionen. Mit der Aktualisierung der Datengrundlage ist dieser Effekt aber nicht mehr so stark zu beobachten.

Der Wechsel der Datengrundlage und die Aktualisierung der Indikatoren hat wenig Einfluss auf die Höhe des Umweltzielwerts. Er kommt um wenige Prozente tiefer zu liegen. Die Gesamtumweltbelastung der bilanzierten Gebäude ist, gerechnet mit den neuen

Hintergrunddaten und Indikatoren im Durchschnitt ebenfalls nur wenige Prozent tiefer. Eine Ausnahme bilden Gebäude, die vornehmlich in Holz gebaut sind. Deren Umweltbelastung sinkt mit der neuen Datengrundlage merklich (um rund 8 %), wie am Beispiel des Schulhauses G gezeigt wird.

Während die Gesamtumweltbelastung recht stabil bleibt, verändern sich aber die Anteile der drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität. So kommt dem Bereich Mobilität mit den neuen Daten und Indikatoren 10 bis 15 % mehr Bedeutung zu während der Bereich Betrieb im ähnlichen Ausmass an Bedeutung verliert.

Im Vergleich mit der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen wird die Umweltbelastung der Gebäudeerstellung stärker durch die Elektroanlagen (und hier insbesondere die Kupferherstellung), durch in Metall ausgeführte Deckenbekleidungen und Lüftungsanlagen beeinflusst sowie – mit der Datengrundlage und den Indikatoren der KBOB-Empfehlung 2009/1, Stand Juli 2012 – durch die in Holzbau gefertigten Aussenwände, Dächer und Zwischendecken. Auf der anderen Seite sind Bauteile wie Wärmedämmstoffe und Fenster bezüglich Umweltbelastung weniger bedeutend als bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen.

Die Gesamtumweltbelastung der untersuchten Gebäude wird durch einen Wechsel der Energieträger für Heizen und Warmwasser nur wenig beeinflusst. Die Gesamtumweltbelastung der Gebäude, beheizt mit einer der drei Varianten (elektrische Sole-Wasser-Wärmepumpe, Holzpellet-Heizung und Erdgasheizung) variiert nur um wenige Prozent.

Folgerungen und Empfehlungen

Im Rahmen dieser Studie wurde die Umweltbelastung, verursacht durch Erstellung, Betrieb und Mobilität, von 31 Gebäuden analysiert. Die spezifische Umweltbelastung der analysierten Gebäude ist durchwegs und teilweise deutlich tiefer als die Umweltbelastung des heutigen Gebäudebestands.

Es ist grundsätzlich möglich, einen Zielwert für die Gesamtumweltbelastung von Gebäuden festzulegen, der von heutigen effizienten Neubauten oder sanierten Gebäuden eingehalten werden kann. Im Vergleich mit den Indikatoren Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen gewinnt die Herstellung der Haustechnik-Komponenten (Elektroanlagen und Lüftungsanlagen mit Blechkanälen) deutlich an Bedeutung. Damit kann das Berücksichtigen dieses Indikators zu Bauweisen mit einem zurückhaltenden Einsatz von Gebäudetechnik führen (Elektroanlagen, Lüftungsanlagen).

In der Erstellung sind bezüglich der Massenbaustoffe Beton, Baustahl und Holz zwischen den drei Indikatoren Primärenergie nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung nur wenig systematische Unterschiede auszumachen, insbesondere unter Berücksichtigung der aktuellsten Datengrundlage und der aktuellsten Indikatoren. Eine deutliche Änderung der Prioritäten ist beim Betriebsenergieverbrauch auszumachen. Während Gebäude mit einem relativ hohen Heizenergiebedarf die Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen mithilfe von Holzheizungen gut einhalten können, kann dies aufgrund der Stickoxid- und Partikelemissionen bezüglich Umweltbelastung zu einer Überschreitung des Zielwerts führen.

In vielen der untersuchten Gebäude stellt der Zielwert für die Treibhausgasemissionen den limitierenden Faktor dar. Für diese Gebäude erübrigt sich ein dritter Indikator. Es ist also nicht notwendig, das SIA Merkblatt 2040 SIA-Effizienzpfad Gebäude um den Indikator Gesamtumweltbelastung zu ergänzen. Ähnliches lässt sich sagen in Bezug auf den Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz. In vielen Fällen liegt die indexierte Gesamtumweltbelastung der Gebäude zwischen dem indexierten Verbrauch an Primärenergie nicht erneuerbar beziehungsweise den indexierten Treibhausgasemissionen. Deshalb kommt dem Indikator Gesamtumweltbelastung im Kriterienset des Standards keine richtungsweisende sondern eine eher konsolidierende Rolle zu.

Trotzdem können Ökobilanzen von Gebäuden mit dem Indikator Gesamtumweltbelastung wertvolle und zusätzliche Hinweise zur Umweltoptimierung liefern. Ein materialeffizienter Einbau von Elektro- und Lüftungsanlagen verhilft den Gebäuden zu einer deutlich verminderten Umweltbelastung. Beim Betrieb von Gebäuden mit relativ geringer Energieeffizienz zeigt sich, dass Heizen mit Holz zwar den Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie und die Treibhausgasemissionen tief hält, dass aber die Gesamtumweltbelastung doch (zu) hoch sein kann.

Es wird empfohlen, wie bisher die Gebäude in einem ersten Schritt bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen bei Erstellung, Betrieb und Mobilität zu analysieren. In einem zweiten Schritt kann die Gesamtumweltbelastung herangezogen werden, um innerhalb der Bereiche Erstellung und Betrieb eine weitergehende Optimierung anzustreben beziehungsweise um abzusichern, dass der Zielwert auch bezüglich Umweltbelastung eingehalten werden kann. Zudem sollte der Indikator Umweltbelastung in die heutigen Planungsinstrumente eingebaut werden, damit in den kommenden Jahren weitere Erfahrungen mit diesem Indikator gewonnen werden können.

Inhalt

1	Einführung und Ziel der Studie	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Ziel der Studie	1
1.3	Umweltindikatoren	2
1.4	Aufbau des Berichts	2
2	Modellierungsgrundsätze	4
2.1	Übersicht	4
2.2	Materialisierung und Erstellung	4
2.3	Betrieb	5
2.4	Gebäudeinduzierte Mobilität	5
2.5	Datenherkunft und Datenbasis	6
3	Charakterisierung der untersuchten Gebäude	8
4	Umweltbelastung der Gebäude	12
4.1	Einführung	12
4.2	Resultate der Gebäudeökobilanzen	12
4.2.1	Übersicht	12
4.2.2	Wohnbauten	13
4.2.3	Schulhäuser	14
4.2.4	Bürogebäude	16
4.3	Fazit der Gebäudeanalysen	17
5	Herleitung der Istwerte Umweltbelastung	18
5.1	Einführung	18
5.2	Istwert Umweltbelastung Wohngebäude	18
5.2.1	Istwert Umweltbelastung Erstellung von Wohnbauten	18
5.2.2	Istwert Umweltbelastung Betrieb von Wohnbauten	18
5.2.3	Istwert Umweltbelastung der privaten Alltagsmobilität	19
5.2.4	Zusammenfassung Istwert Gesamtumweltbelastung Wohngebäude	20

5.3	Istwert Umweltbelastung Schulgebäude	21
5.3.1	Istwert Umweltbelastung Erstellung von Schulen	21
5.3.2	Istwert Umweltbelastung Betrieb von Schulhäusern	21
5.3.3	Istwert Umweltbelastung der privaten Alltagsmobilität	22
5.3.4	Zusammenfassung Istwert Gesamtumweltbelastung Schulen	22
5.4	Istwert Umweltbelastung Bürogebäude	22
5.4.1	Istwert Umweltbelastung Erstellung von Bürogebäuden	22
5.4.2	Istwert Umweltbelastung Betrieb von Bürogebäuden	23
5.4.3	Istwert Umweltbelastung der privaten Alltagsmobilität	23
5.4.4	Zusammenfassung Istwert Gesamtumweltbelastung Büros	23
6	Herleitung der Zielwerte Umweltbelastung	24
6.1	Übersicht	24
6.2	Zielwerte Umweltbelastung von Wohngebäuden	24
6.2.1	Festlegen einer Bandbreite	24
6.2.2	Vergleich der Zielerreichung	26
6.3	Zielwerte Umweltbelastung von Schulhäusern	29
6.3.1	Festlegen einer Bandbreite	29
6.3.2	Vergleich der Zielerreichung	30
6.4	Zielwert Umweltbelastung von Bürogebäuden	33
6.4.1	Festlegen einer Bandbreite	33
6.4.2	Vergleich der Zielerreichung	34
6.5	Vergleich der Reduktionsziele der Umweltindikatoren	35
6.6	Fazit der Zielwertbestimmung	35
7	Kontrolle der Machbarkeit: Richtwerte	37
7.1	Einführung	37
7.2	Reduktionspotential Wohngebäude	37
7.3	Reduktionspotential Schulen	38
7.4	Reduktionspotential Bürogebäude	38
7.5	Orientierende Richtwerte pro Gebäudetyp	39

8	Sensitivitätsanalysen	41
8.1	Aktualisierung der Hintergrunddaten sowie der Umweltindikatoren Gesamtumweltbelastung und Treibhausgasemissionen	41
8.2	Übersicht	41
	8.2.1 Bedeutung der Umweltbelastung bei ausgewählten Datensätzen	41
	8.2.2 Die neue KBOB-Empfehlung 2009/1:2014	43
	8.2.3 Aktualisierung der Istwerte der Umweltbelastung von Wohnbauten	44
	8.2.4 Umweltauswirkungen der von Züger und Gutri bilanzierten Gebäude	46
	8.2.5 Fazit	51
8.3	Einfluss der Materialisierung sowie der Gebäudegestaltung	52
	8.3.1 Einbezug des Indikators Gesamtumweltbelastung in die SIA 2040	52
	8.3.2 Anteile der Bereiche Erstellung, Betrieb, Mobilität am Total	52
	8.3.3 Detaillierter Vergleich im Bereich Erstellung	54
8.4	Einfluss des verwendeten Energieträgers für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser	59
	8.4.1 Varianten in der Energiebereitstellung für Raumwärme und Warmwasser	60
	8.4.2 Resultate Gesamtumweltbelastung	63
	8.4.3 Vergleich der Resultate über die drei Umweltindikatoren Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen	63
	8.4.4 Fazit	64
8.5	Einfluss des verwendeten Strommixes auf die Ergebnisse im Gebäudebetrieb	68
8.6	Fazit der Sensitivitätsanalysen	70
9	Folgerungen und Ausblick	72
9.1	Ziel- und Anspruchsgruppen	72
9.2	Nutzen des Indikators Umweltbelastungspunkte	72
9.3	Umweltbelastung im SIA-Effizienzpfad Energie	73
9.4	Umweltbelastung im Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz	74
9.5	Materialisierung und Gebäudegestaltung	74
9.6	Fazit und Ausblick	75

Referenzen	77
Anhang	81
Bildnachweis Anhang	82
Abbildungsverzeichnis Anhang	84
Tabellenverzeichnis Anhang	86
A. Fallbeispiele Gebäude	92
A.1. Schulhaus A	93
A.2. Schulhäuser B und C	97
A.3. Schulhaus D	102
A.4. Schulhaus E	106
A.5. Schulhaus F	110
A.6. Schulhaus G	113
A.7. Schulhaus H	116
A.8. Altersheim A	121
A.9. Altersheim B	125
A.10. Altersheim C	129
A.11. Wohnliegenschaft A (Sanierung)	132
A.12. Wohnliegenschaft B	135
A.13. Wohnliegenschaft C (Wohnen / Umbau)	138
A.14. Wohnliegenschaft D (Wohnen / Umbau)	143
A.15. Wohnliegenschaft E	148
A.16. Wohnliegenschaft F (Wohnen / Neubau)	151
A.17. Wohnliegenschaft G (Wohnen / Neubau)	155
A.18. Wohnliegenschaft H (Wohnen / Neubau)	160
A.19. Wohnliegenschaft I	165
A.20. Wohnliegenschaft J	168
A.21. Wohnliegenschaft K	171
A.22. Wohnliegenschaft L	174
A.23. Wohnliegenschaft N	177
A.24. Wohnliegenschaft O	180

A.25.Wohnliegenschaft P	183
A.26.Wohnliegenschaft Q	186
A.27.Wohnliegenschaft R	189
A.28.Wohnliegenschaft S	192
A.29.Wohnliegenschaft T	195
A.30.Büroliegenschaft A (Büro / Neubau)	198
A.31.Büroliegenschaft B (Büro / Neubau)	203
B. Gebäudeinduzierte Mobilität	208

1 Einführung und Ziel der Studie

1.1 Ausgangslage

Die hohe Bautätigkeit in der Schweiz trägt einen beachtlichen Anteil zu den Umweltauswirkungen bei. So werden gemäss einer aktuellen Studie rund ein Viertel der Treibhausgas-Emissionen und rund ein Fünftel der Gesamtumweltbelastung einer in der Schweiz wohnhaften Person durch das Wohnen verursacht (Jungbluth et al. 2011). Wissenschaftliche Untersuchungen über die Umweltauswirkungen des Bausektors sind weltweit im Gange und die Erkenntnisse daraus sollen als Entscheidungsgrundlage für Planer, Architekten, Bauherren und Politik dienen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen helfen, die Umweltbelastungen des Gebäudeparks Schweiz kontinuierlich zu reduzieren.

Das Merkblatt SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie (SIA 2011b) gibt Zielwerte für den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen vor, welche durch die Erstellung und den Betrieb von Gebäuden und durch die standortabhängige Mobilität verursacht werden. Die Zielwerte werden für die drei Nutzungstypen Wohnen, Büro und Schulen sowie für Neubauten und Sanierungen definiert. Die Zielwerte sind auf das Etappenziel 2050 der 2000-Watt-Gesellschaft (EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014) ausgerichtet.

In der Diskussion rund um den SIA-Effizienzpfad Energie ist von Interesse, ob neben der nicht erneuerbaren Primärenergie und den Treibhausgasemissionen allenfalls umfassendere Indikatoren für die Beurteilung der Umwelteffizienz von Bauten herangezogen werden können und sollen.

Im Juni 2013 wurde das Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz gegründet und der Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz lanciert (NNBS 2013). Darin werden im Bereich Umwelt die Indikatoren nicht erneuerbare Primärenergie und Treibhausgasemissionen quantifiziert. Dieser Standard wurde in einer einjährigen Pilotphase getestet. Auch hier stellt sich die Frage, ob der Standard um einen umfassenden Umweltindikator ergänzt werden soll.

Informationen über die Gesamtumweltbelastung von Gebäuden sollen langfristig helfen, Fehlentscheide und einseitige Optimierungen zu vermeiden sowie die Richtungsicherheit der Bauweise gemäss dem Konzept der 2000-Watt-Gesellschaft zu gewährleisten.

1.2 Ziel der Studie

Ziel- und Richtwerte bezüglich nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen zu Erstellung, Betrieb und induzierter Mobilität von Gebäuden sind mittlerweile etabliert. Im Bereich der Gesamtumweltbelastung von Gebäuden gibt es jedoch noch kaum Erfahrungen mit derartigen Ziel- und Richtwerten.

Ziel des Projektes ist es, mögliche Zielwerte zur Umweltbelastung von Gebäuden vorzuschlagen sowie den möglichen Mehrwert der zusätzlichen Grösse „Gesamtumweltbelastung“ im Planungsprozess und in der Gebäudebeurteilung darzulegen.

Als Grundlage wurde die Umweltbelastung von 31 ausgewählten Gebäuden sowie vom heutigen Gebäudebestand in der Schweiz quantifiziert. Basierend auf Ökobilanz-ergebnissen der Gebäude (Neubauten und Sanierungen) wird ein Vorgehensvorschlag für das Ableiten von Zielwerten zur Gesamtumweltbelastung von Gebäuden formuliert. Zudem wird auf Basis der Ergebnisse abgeschätzt, welches Reduktionspotential bei Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierter Mobilität erwartet werden kann. Weiter werden Zusammenhänge und Unterschiede zwischen den Indikatoren Primärenergie nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der untersuchten Gebäude analysiert.

Aus diesem Projekt werden Empfehlungen abgeleitet, ob und wie das SIA Merkblatt 2040 SIA-Effizienzpfad Energie und der Bereich „Umwelt“ des Standards Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) mit einem Indikator „Gesamtumweltbelastung“ ergänzt werden könnten und welcher Stellenwert diesem Indikator zukünftig im Gebäudebereich zukommen soll.

1.3 Umweltindikatoren

Gemäss der KBOB-Empfehlung 2009/1 (KBOB et al. 2012) werden die folgenden Indikatoren zur Beurteilung der Umweltbelastung der Gebäude herangezogen:

- Gesamtumweltbelastung (UBP, Methode der ökologischen Knappheit 2013, Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013, und Methode der ökologischen Knappheit 2006, Frischknecht et al. 2008)
- Treibhausgasemissionen (in kg CO₂ eq, IPCC 2007, Tab. TS.2 und IPCC 2013)
- Kumulierter Energieaufwand, unterschieden in erneuerbare und nicht erneuerbare Energien (MJ Öl eq, Frischknecht et al. 2007)

Für die vorliegende Studie steht die Gesamtumweltbelastung im Zentrum der Analysen. Die beiden Indikatoren Treibhausgasemissionen und kumulierter Energieaufwand werden ebenfalls ausgewiesen. Damit können die Treibhausgasemissionen und der Primärenergieverbrauch der analysierten Gebäude mit den Ziel- und Richtwerten gemäss Merkblatt SIA 2040 verglichen und Unterschiede zwischen den drei Indikatoren identifiziert werden.

1.4 Aufbau des Berichts

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut. In Kapitel 2 werden die Modellierungsgrundsätze beschrieben, mit denen die Umweltbelastung der Gebäude quantifiziert wird. In Kapitel 3 werden die untersuchten Gebäude summarisch und in den Anhängen A und B detailliert charakterisiert. Die Ergebnisse der Analyse der Gesamtumweltbelastung der Gebäude werden in Kapitel 4 beschrieben. In den beiden folgenden Kapiteln werden Istwerte (Kapitel 5) und Zielwerte (Kapitel 6) für die Gesamtumweltbelastung der drei

Gebäudenutzungen Wohngebäude, Schulgebäude und Bürogebäude hergeleitet. Kapitel 7 enthält Ausführungen zur Machbarkeit, indem Richtwerte auf Basis der Erkenntnisse aus den Gebäudeanalysen vorgeschlagen werden. Um die Stabilität der Ergebnisse zu prüfen und vertiefte Erkenntnisse über die wichtigsten Treiber der Gesamtumweltbelastung zu gewinnen, sind in Kapitel 8 Sensitivitätsanalysen dokumentiert. Der Bericht schliesst mit Folgerungen und einem Ausblick in Kapitel 9.

2 Modellierungsgrundsätze

2.1 Übersicht

Die 31 untersuchten Gebäude sind alle nach denselben Grundsätzen erfasst. Einerseits wird die Umweltbelastung der Erstellung (inklusive Entsorgung) untersucht, andererseits auch die Umweltbelastung des Betriebs und der gebäudeinduzierten Mobilität. In den nachfolgenden Unterkapiteln wird das Vorgehen bei den einzelnen Phasen beschrieben.

2.2 Materialisierung und Erstellung

Die Erstellung umfasst neben der Bauphase, auch die Instandhaltung (Renovationen, Ersatz, Erneuerungen) und den Rückbau des Gebäudes. Die Amortisationszeit der Gebäude entspricht den Vorgaben des Merkblatts SIA 2032 (SIA 2010) und beträgt für sämtliche untersuchten Gebäude 60 Jahre. Die Amortisationszeiten der einzelnen Bauteile sind ebenfalls dem Merkblatt SIA 2032 entnommen. Nach Ablauf der Amortisationszeit eines Bauteils wird dieses durch ein identisches Bauteil ersetzt. Die Materialien und die Umweltauswirkungen der Ersatzbauteile werden in der Instandhaltung bilanziert. Transportleistungen vom Regionallager zum Gebäude sind berücksichtigt. Am Ende der Nutzungsdauer des Gebäudes wird dieses rückgebaut und die Materialien dem entsprechenden Entsorgungsweg zugeführt. Diese Aufwendungen werden unter „Rückbau“ verbucht. In den Rückbauprozessen sind die durchschnittlichen Standardtransportleistungen zur Entsorgungsstelle (KVA, Deponie etc.) berücksichtigt. Die Entsorgung schliesst sowohl die Materialien, die erstmalig eingebaut wurden mit ein, als auch sämtliche Materialien, welche in der Instandhaltung verbucht sind.

Die Gebäude wurden gemäss der Elementkostengliederung (EKG) gegliedert (SN508502 1995) und umfasst die folgenden EKG-Positionen:

- D Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte
 - D0 Baugrubenaushub
 - D1 Hinterfüllungen
 - D2 Fundamentplatte

- E Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte (E0 – E6)
 - E0 Decken
 - E1 Dächer
 - E2 Stützen
 - E3 Aussenwände UG
 - E4 Aussenwände EG+OG

- E5 Fenster
- E6 Innenwände Rohbau

- I Installationen und Transportanlagen (I)
Elektro, Heizung, Lüftung, Sanitär

- M Ausbau Gebäude (M1, M3 – M5)
 - M1 Trennwände/Innentüren
 - M3 Bodenbeläge
 - M4 Wandbekleidung
 - M5 Deckenbekleidung

Die Positionsnummer I „Installationen und Transportanlagen“ umfasst die technischen Installationen für Elektro, Sanitär, Heizung und Lüftung. Je nach Gebäude wird die entsprechende Infrastruktur für die gesamte Energiebezugsfläche oder nur für Teile davon benötigt (beispielsweise sind in einem Gebäude nicht alle Räume belüftet oder beheizt). Gemäss der Systemgrenze des SIA Merkbblatts 2032 sind Möbel und Inneneinrichtungen wie Küchen oder Einbauschränke in den Bilanzen nicht berücksichtigt.

Die Lebensdauer der einzelnen Bauelemente ist in Übereinstimmung mit den Vorgaben des Merkbblatts SIA 2032 in der Form von Amortisationszeiten berücksichtigt. Die für die Erstellung benötigten Materialien und Bauelemente werden in Bezug zur Energiebezugsfläche und zur Amortisationszeit bilanziert. Das heisst, es handelt sich um amortisierte Werte pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr.

2.3 Betrieb

Der Betrieb umfasst die Energieaufwendungen während der Nutzung der Liegenschaft. Unterschieden wird der Energiebedarf für die Raumwärme, für Warmwasser sowie für die Belüftung und die übrige Elektrizität. In der Berechnung wird der in den Planungsunterlagen dokumentierte Energiebedarf sowie der Deckungs- und Nutzungsgrad der verschiedenen Energie berücksichtigt. Die Berechnung der Umweltbelastung basiert also auf Planungsgrössen und nicht auf Messdaten.

2.4 Gebäudeinduzierte Mobilität

Der Betrieb der Gebäude beinhaltet weiter die gebäudeinduzierte Mobilität gemäss dem Merkbblatt SIA 2039 (SIA 2011a). Das bestehende Tool zur Berechnung des Primärenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen der gebäudeinduzierten Mobilität wurde für diese Projekt um die Berechnung der Umweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2006 und 2013 ergänzt.

Die Parameter zur Berechnung der gebäudeinduzierten Mobilität der Wohn- und Büroliegenschaften werden gemäss dem Merkblatt SIA 2039 (SIA 2011a) ermittelt. Die Ermittlung der induzierten Mobilität der Altersheime basieren auf der Berechnungsmethodik „Mobilität in Alterszentren“ von K. Pfäffli, Architekturbüro Preisig Pfäffli (2013), welche für eine Studie von Amstein und Walthert (2014, nicht publiziert) entwickelt wurde.

Beim Siedlungstyp wird unterschieden zwischen Kernstadt (Index 1), zentrale Lage (Index 0.46, Schweizer Durchschnitt) und ländlich (Index 0). Die öV-Güteklasse der untersuchten Gebäude wird standortgenau bestimmt und ist auf dem GIS-Portal der Bundesverwaltung abrufbar¹. Die Distanz zum nächsten Detailhandelsgeschäft wird als Luftliniendistanz objektiv ermittelt.

Die Anzahl vorhandener Auto- und Veloparkplätze (ohne Besucherparkplätze) wird auf Grund der Baudokumentation erfasst.

Die Personenwagenverfügbarkeit entspricht dem Durchschnittswert der entsprechenden Standortgemeinde (Anzahl Personenwagen pro 1000 Einwohner), resp. dem Schweizer Durchschnitt, falls keine Daten verfügbar sind. Für die Verfügbarkeit eines Dauerabonnements des öffentlichen Verkehrs wird der Schweizer Durchschnitt verwendet. In Übereinstimmung mit dem Vorgehen gemäss Merkblatt SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie werden die Pkw-Fahrten mit der durchschnittlichen Personenwagenflotte des Jahres 2050 (3-Liter-Auto) modelliert.

2.5 Datenherkunft und Datenbasis

Die Materialisierung der Wohnliegenschaften A, B, E, die Schulhäuser A bis G, die Altersheime A bis C wurden von Züger & Gutri (2012) aufgenommen und dokumentiert. Die Gebäude wurden in den Jahren 2005 bis 2013 erbaut oder erneuert beziehungsweise sind derzeit noch in Planung. Die renovierten Gebäude stammen aus den Jahren 1887 bis 1983. Die Daten wurden bereinigt, konsolidiert und durch Expertenschätzungen ergänzt. Die Daten zu den Wohnliegenschaften I bis T stammen aus der Dissertation von Viola John (John 2012) und betreffen Gebäude, die zwischen 2006 und 2012 erbaut wurden. Die Daten zu den Wohngebäuden C, D, F, G und H, und den Büroliegenschaften A und B sowie zum Schulhaus H stammen aus der Dokumentation SIA D 0236 SIA-Effizienzpfad Energie (SIA 2011c). Die Datengrundlagen wurden durch das Architekturbüro Preisig Pfäffli erarbeitet. Die Gebäude wurden in den Jahren 2008 bis 2012 errichtet beziehungsweise saniert.

Die Ökobilanzdaten für die Herstellung und Entsorgung der Baumaterialien, der Bauteile und der Gebäudetechnik (Heizung, Sanitärinstallationen, Beleuchtung, Betriebseinrichtungen und Lüftung), für die Energieträgerbereitstellung und für die Transportleistungen werden der KBOB Empfehlung 2009/1, Stand April 2012 (KBOB et al.

¹ <http://map.are.admin.ch>

2012) beziehungsweise direkt dem ecoinvent Datenbestand v2.2 (ecoinvent Centre 2010) entnommen. In den Sensitivitätsanalysen wird teilweise auf die KBOB-Empfehlung 2009/1:2014 (KBOB et al. 2014a) und dessen ecoinvent Datenbestand v2.2+ (KBOB et al. 2014b) zurückgegriffen.

Die Ökobilanzen wurden mit der Software Simapro 7.3.3 (PRé Consultants 2012) beziehungsweise mit der Software Grisli v1.1 gerechnet.

3 Charakterisierung der untersuchten Gebäude

Die analysierten Gebäude werden als Schulhäuser, Wohngebäude, Alters- und Pflegeheime sowie Bürogebäude genutzt. Unter den analysierten Gebäuden hat es sowohl Neubauten als auch Sanierungsobjekte. Die Gebäuden unterscheiden sich teilweise deutlich sowohl hinsichtlich ihrer Materialisierung als auch hinsichtlich des Energiestandards.

Tab. 3.1 gibt einen Überblick über die untersuchten Gebäude in Bezug auf Nutzung, Bauart, Energiebezugsfläche und Ausbaustandard. Die Gebäude Wohnhaus C und M wurden aus dem Gebäudesample entfernt und in den Analysen nicht berücksichtigt, da sie keine durchschnittlichen Gebäude darstellen. Im Anhang A sind die Gebäude detailliert beschrieben hinsichtlich der Materialisierung, der Energiebedarfe in der Nutzung, der Kennzahlen zur Ermittlung der gebäudeinduzierten Mobilität. Anhang A enthält auch die Detailergebnisse der Ökobilanz der Gebäude.

Tab. 3.1 Übersicht über die analysierten Gebäude mit Angaben zur Art der Nutzung und weiteren wesentlichen Charakteristika

Gebäudename	Schulhaus A	Schulhaus B	Schulhaus C	Schulhaus D	Schulhaus E	Schulhaus F	Schulhaus G
Art/Nutzung	Schulhaus	Schulhaus	Schulhaus	Schulhaus	Schulhaus	Schulhaus	Schulhaus
Bauliche Massnahmen	Sanierung	Sanierung	Sanierung	Sanierung	Sanierung	Neubau	Neubau
Energiestandard/Label	n. b.	Minergie	Minergie	Minergie	Minergie	n. b.	n. b.
Bauart	Massivbau	Massivbau	Massivbau	Massivbau	Massivbau	Massivbau, Stahl- und Glaskonstruktion	Modularer Mischbau
Energiebezugsfläche m ²	2'606	1'759	2'900	3'057	8'033	9'279	504
Baujahr / Sanierung	1907 / 2013	1877 / 2013	1889 / 2013	1954 / 2008	1930 / 2007	2009	-
Heizsystem	Erdsonden-Wärmepumpe	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Erdsonden-Wärmepumpe	Pelletheizung	Fernwärme	Luft-/Wasser Wärmepumpe
Wärmeverteilung	Radiatoren	Radiatoren	Radiatoren	Radiatoren	Radiatoren	Radiatoren	Radiatoren
Belüftung	Abluftanlage der Nasszellen	Automatische Fensterlüftung	Automatische Fensterlüftung	Abluftanlage der Nasszellen	Automatische Belüftung	Kontrollierte Lüftung	Automatische Belüftung
Gebäudename	Schulhaus H	Altersheim A	Altersheim B	Altersheim C	Büroliegenschaft A	Büroliegenschaft B	Wohnliegenschaft A
Art/Nutzung	Schulhaus	Altersheim	Pflegezentrum	Altersheim	Büro	Büro	Wohnsiedlung
Bauliche Massnahmen	Neubau	Sanierung	Sanierung und teils Neubau	Neubau	Neubau	Neubau	Sanierung
Energiestandard/Label	Minergie-P, SIA 2040	Minergie	n. b.	Minergie-P-eco	Minergie-P, SIA 2040	SIA 2040	n. b.
Bauart	Mischbau	Massivbau	Massivbau	Massivbau	Massivbau	Mischbau	Massivbau
Energiebezugsfläche m ²	8'119	9'843	11'186	8'745	7'492	2'582	4'097
Baujahr / Sanierung	2009	1976 / 2009	1983 / 2010	Noch offen	2009	2009	1972 / 2013
Heizsystem	Erdsonden-Wärmepumpe	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Erdsonden-Wärmepumpe und Gas	Erdsonden-Wärmepumpe	Grundwasser-Wärmepumpe	Erdsonden-Wärmepumpe gasbetrieben	Luft/Wasser-Wärmepumpe und Gas
Wärmeverteilung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Heizkühldecken	Fussbodenheizung	Radiatoren
Belüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Automatische Belüftung	Automatische Belüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung, teilweise

Tab. 3.1 Übersicht über die analysierten Gebäude mit Angaben zur Art der Nutzung und weiteren wesentlichen Charakteristika (Fortsetzung)

Gebäudename	Wohnliegenschaft B	Wohnliegenschaft C	Wohnliegenschaft D	Wohnliegenschaft E	Wohnliegenschaft F	Wohnliegenschaft G	Wohnliegenschaft H
Art/Nutzung	Wohnsiedlung	Mehrfamilienhaus	Wohnhochhaus	Wohnsiedlung	Wohnsiedlung	Wohnsiedlung	Wohnsiedlung
Bauliche Massnahmen	Sanierung	Sanierung	Sanierung	Neubau	Neubau	Neubau	Neubau
Energiestandard/Label	n. b.	Minergie-P, SIA 2040	SIA 2040	n. b.	SIA 2040	SIA 2040	SIA 2040
Bauart	Massivbau	Mischbau	Massivbau	Massivbau	Leichtbauweise	Mischbauweise	Mischbauweise
Energiebezugsfläche m ²	2'894	657	8'434	2'156	6'657	1'537	8'760
Baujahr	1970 / 2013	1954/2009	1978/2012	2014	2010	2010	2012
Heizsystem	Erdsonden- Wärmepumpe	Erdsonden- Wärmepumpe / Sonnenkollektoren	Pelletheizung	Erdsonden- Wärmepumpe	Grundwasser- Wärmepumpe	Pelletheizung / Sonnenkollektoren	Pelletheizung / Luft- Wasser WP
Wärmeverteilung	-	Fussbodenheizung	Radiatoren	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Radiatoren
Belüftung	Abluftanlage der Nasszellen	Kontrollierte Lüftung	Einzelraumlüfter	Kontrollierte Lüftung	Einzelraumlüfter	Kontrollierte Lüftung	Einzelraumlüfter
Gebäudename	Wohnliegenschaft I	Wohnliegenschaft J	Wohnliegenschaft K	Wohnliegenschaft L	Wohnliegenschaft N	Wohnliegenschaft O	Wohnliegenschaft P
Art/Nutzung	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus
Bauliche Massnahmen	Neubau	Neubau	Neubau	Neubau	Neubau	Neubau	Neubau
Energiestandard/Label	Minergie	Minergie-eco	Minergie-P	SIA 380/1	Minergie-P-eco	Minergie	Minergie-P-eco
Bauart	Massivbau	Mischbau	Leichtbau	Massivbau	Leichtbau	Massivbau	Mischbau
Energiebezugsfläche m ²	12'430	350	374	622	408	13'441	1'122
Baujahr	2012	2011	2011	2010	2006	2011	2011
Heizsystem	Erdsonden- Wärmepumpe	Fernwärme	Wärmepumpe und Solarthermie	Wärmepumpe und Solarthermie	Pellets und Solarthermie	Gasboiler und Solarthermie	Wärmepumpe
Wärmeverteilung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung
Belüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung

Tab. 3.1 Übersicht über die analysierten Gebäude mit Angaben zur Art der Nutzung und weiteren wesentlichen Charakteristika (Fortsetzung)

Gebäudename	Wohnliegenschaft Q	Wohnliegenschaft R	Wohnliegenschaft S	Wohnliegenschaft T
Art/Nutzung	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Mehrfamilienhaus
Bauliche Massnahmen	Neubau	Neubau	Neubau	Neubau
Energiestandard/Label	Minergie-P-eco	Minergie	Minergie-P-eco	Minergie-P-eco
Bauart	Mischbau	Massivbau	Massivbau	Mischbau
Energiebezugsfläche m ²	510	1'120	2'966	1'170
Baujahr	2008	2012	2012	2008
Heizsystem	Wärmepumpe und Solarthermie	Fernwärme und Solarthermie	Wärmepumpe	Wärmepumpe
Wärmeverteilung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung	Fussbodenheizung
Belüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung	Kontrollierte Lüftung

4 Umweltbelastung der Gebäude

4.1 Einführung

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Gebäudeökobilanzen beschrieben und diskutiert. Die Ergebnisse sind bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche und ein Jahr. In erster Linie werden pro Gebäudenutzungstyp die sanierten Gebäude im Vergleich zu den Neubauten verglichen. Im Unterkapitel 4.2.1 werden sämtliche untersuchten Gebäude miteinander verglichen. In den Abschnitten 4.2.2 bis 4.2.4 wird näher auf die einzelnen Nutzungstypen eingegangen. Detaillierte Ergebnisse zu den einzelnen Gebäuden sind im Anhang A dokumentiert. Dort sind auch die Ergebnisse zum Primärenergieverbrauch, nicht erneuerbar und zu den Treibhausgasemissionen enthalten.

4.2 Resultate der Gebäudeökobilanzen

4.2.1 Übersicht

Ein Vergleich der Gesamtumweltbelastung aller Gebäude zeigt, dass sich die Gebäude einerseits pro Nutzungstyp, aber auch pro Erstellungsart (Sanierung versus Neubau) unterscheiden (siehe Abb. 4.1).

Die Graphik zeigt, dass die sanierten Gebäude tendenziell tiefere Gesamtumweltbelastungen aufweisen als die Neubauten. Ebenso ist ersichtlich, dass die Renovationsobjekte relativ tiefe Belastungen im Bereich Erstellung, dafür jedoch relativ hohe Belastungen im Betrieb verursachen. Bei den Neubauten verhält es sich genau umgekehrt. Diese weisen erhöhte Belastungen in der Erstellung auf, während die Nutzungsphase verhältnismässig geringe Belastungen verursacht. Die Gesamtumweltbelastung verhält sich in der Tendenz demnach gleich wie die Primärenergie nicht erneuerbar und die Treibhausgasemissionen. Während bei den Sanierungen bereits ein Grossteil der Primärstruktur amortisiert ist, bleibt der Heizwärmebedarf auch nach der Sanierung in der Regel höher als bei Neubauten. Bei Neubauten ist der Bereich Erstellung dominant. Dank gut gedämmten Gebäudehüllen und moderner Gebäudetechnik zeigen sie tiefe Werte in der Betriebsphase. Auf eine detaillierte Analyse der Wohngebäude und die Unterschiede in den Resultaten wird in Abschnitt 4.2.2 sowie in Unterkapitel 4.3 eingegangen.

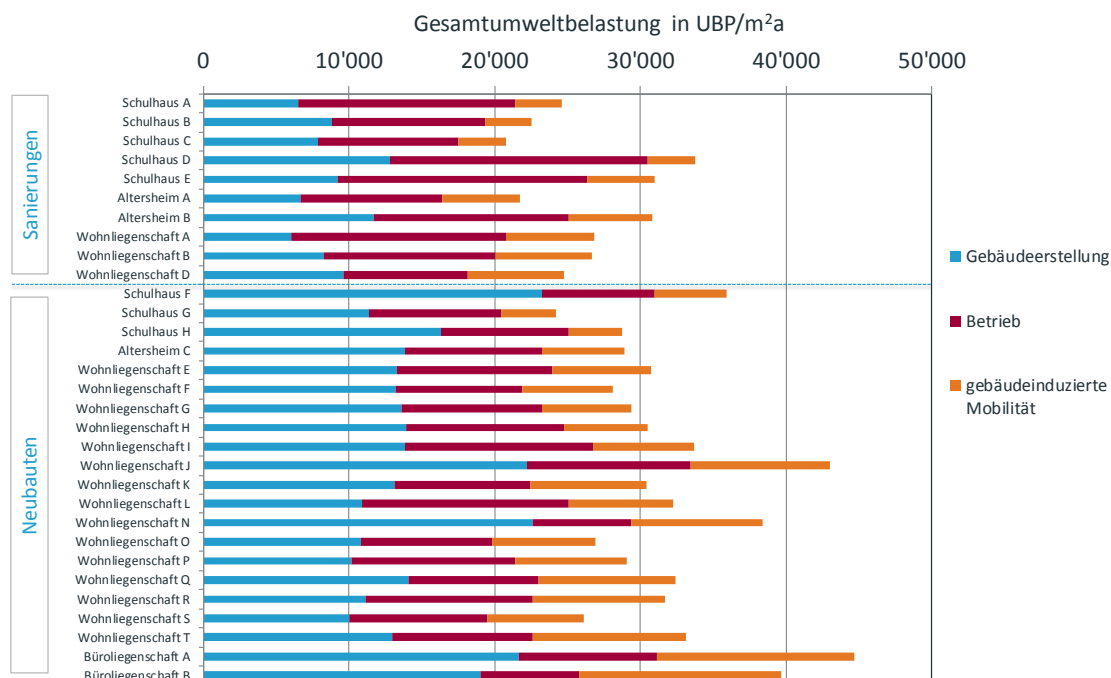


Abb. 4.1 Gesamtumweltbelastung aller untersuchten Gebäude unterschieden in Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität. Bei den Gebäuden oben handelt es sich um Sanierungen, die Gebäude unten sind Neubauten

4.2.2 Wohnbauten

Aus Abb. 4.2 (links) ist ersichtlich, dass die untersuchten sanierten Wohngebäude im Durchschnitt eine geringere Gesamtumweltbelastung verursachen als der Durchschnitt der analysierten Neubauten. Die sanierten Wohngebäude verursachen im Schnitt eine Gesamtumweltbelastung von ca. 26'000 UBP/m²/a während ein Neubau ca. 32'000 UBP/m²/a verursacht.

Für Sanierungsobjekte werden analog der Methodik des SIA-Effizienzpfad Energie ausschliesslich die neu zugeführten Bauteile in der Erstellung bilanziert. Daher erreichen die Sanierungen im Bereich Erstellung tiefere Werte als Neubauten. Die komplexere Materialisierung der Neubauten spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle. Dies gilt sowohl für die Umweltbelastungspunkte als auch für die Treibhausgasemissionen. Die Gesamtumweltbelastung verhält sich insofern sehr ähnlich wie die Treibhausgasemissionen: Auch bei dieser Messgrösse fällt auf den Bereich Erstellung bei Neubauten fast die Hälfte des gesamten Budgets (siehe Abb. 4.2 rechts). Bei den sanierten Gebäuden verursachen die Erstellung, das heisst die Sanierungsaufwendungen, ca. einen Drittel der Belastungen, während der Betrieb fast die Hälfte ausmacht. Bei den Neubauten verhält es sich genau umgekehrt, hier verursacht die Erstellung, verglichen mit dem Betrieb, den grösseren Anteil an den Belastungen. Die gebäudeinduzierte Mobilität verursacht bei den Sanierungen wie auch bei den Neubauten ca. ein Viertel der Belastungen.

Bezüglich gebäudeinduzierter Mobilität spielt es keine Rolle, ob ein Gebäude saniert oder neu gebaut wird. Die feststellbaren Unterschiede im untersuchten Gebäudepark lassen sich über die höhere Parkplazzahl bei Neubauten und über den Gebäudestandort erklären (die Neubauten verursachen durch Alltagsmobilität rund 20 % höhere Umweltbelastungen als die sanierten Wohnbauten).

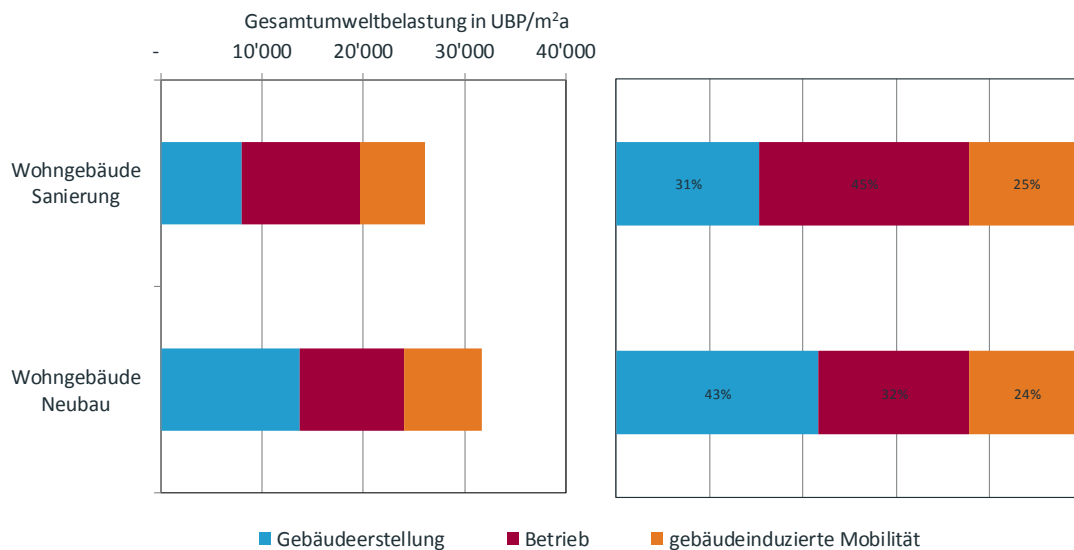


Abb. 4.2 Durchschnitt der Gesamtumweltbelastung der analysierten, sanierten beziehungsweise neu gebauten Wohnbauten (links) und die prozentualen Anteile der Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität an der totalen Belastung (rechts)

Das Wohngebäude C wird in dieser Auswertung nicht berücksichtigt, da es sich um ein untypisches Gebäude handelt. Das Wohngebäude C verfügt über eine grosse Fotovoltaikanlage, deren Überschussproduktion ins Netz eingespeist wird. Damit ist die Umweltbelastung im Betrieb, ermittelt gemäss den methodischen Vorgaben des Merkblatts SIA 2040, sehr gering. Damit würde die Durchschnittsbildung verzerrt (bei einer Stichprobe von insgesamt 4 sanierten Wohngebäuden).

4.2.3 Schulhäuser

Im Durchschnitt verursachen die sanierten Schulgebäude mit 27'000 UBP/m²/a eine leicht tiefere Umweltbelastung als der Durchschnitt der Neubauten (30'000 UBP/m²/a (siehe Abb. 4.3). Die Umweltbelastungsanteile von Erstellung und Betrieb sind bei den sanierten Gebäuden und den Neubauten zusammen etwa gleich gross. Die Anteile der Bereiche Erstellung und Betrieb an der totalen Belastung verhalten sich jedoch unterschiedlich. Bei sanierten Schulhäusern ist die Umweltbelastung aus dem Betrieb mit 53 % Anteil am wichtigsten, während bei den neu gebauten Schulhäusern die Erstellung mehr als die Hälfte der gesamten Belastung verursacht. Innerhalb der Erstellung ist insbesondere die Gebäudetechnik (Heizung, Wärmeverteilung, Lüftung, Elektroinstallationen und Sanitärsysteme) ausschlaggebend.

Im Vergleich mit den Wohnbauten ist der Unterschied im Heizenergiebedarf zwischen den sanierten und den neu gebauten Schulhäusern weitaus ausgeprägter. Zudem ist der Energiebedarf für Warmwasser deutlich geringer. Bei den Schulhäusern bestätigt sich somit die Erkenntnis, dass bei Neubauten eine deutlich tiefere Umweltbelastung im Betrieb erreicht werden kann, zulasten einer gegenüber Sanierungen erhöhten Umweltbelastung bei der Erstellung.

Die Umweltbelastung verursacht durch die gebäudeinduzierte Mobilität spielt mit 13 % bis 14 % eine untergeordnete Rolle. Ein Grossteil der Schülerinnen und Schüler ist zu Fuss, mit dem Fahrrad oder dem öffentlichen Verkehr unterwegs. Zudem liegen die untersuchten Schulhäuser alle sehr zentral und sind mit dem öffentlichen Verkehr gut erreichbar. Im Durchschnitt ist die mobilitätsbedingte Umweltbelastung bei den sanierten Schulhäusern tiefer als bei den Neubauten, da die Anzahl verfügbarer Parkplätze pro beschäftigte Lehrperson bei den sanierten Schulhäusern leicht tiefer ist.

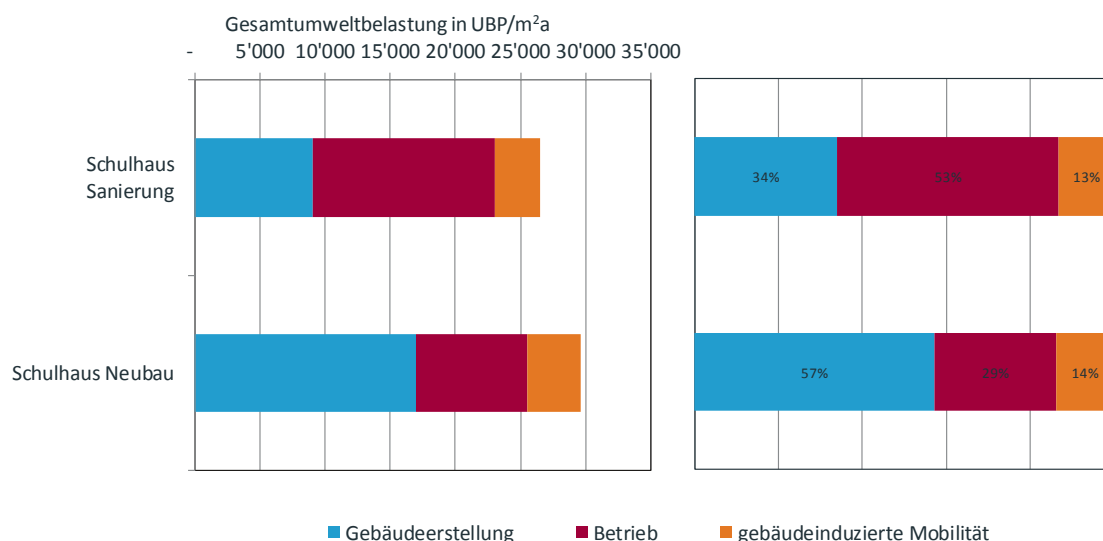


Abb. 4.3 Durchschnittliche Gesamtumweltbelastung der analysierten, sanierten beziehungsweise neu gebauten Schulhäuser (links) und die prozentualen Anteile der Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität an der totalen Belastung (rechts)

Betrachtet man den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf, so ist die Betriebsphase mit 69 % bei den Sanierungen und 49 % bei den Neubauten die dominierende Grösse, jeweils gefolgt von der Erstellung. Die gebäudeinduzierte Mobilität verursacht 13 %, resp. 16 % des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs der Sanierungen beziehungsweise der Neubauten. Die Treibhausgasemissionen der Sanierungen und der Neubauten sind ähnlich hoch, wobei jedoch auch hier die Verteilung der Belastungen unterschiedlich ausfällt. Die Treibhausgasemissionen der Neubauten werden durch die Erstellungsphase bestimmt, während bei den Sanierungen die höchsten Treibhausgasemissionen im Betrieb anfallen. Die gebäudeinduzierte Mobilität verursacht sowohl bei den Sanierungen als auch bei den Neubauten weniger als ein Fünftel der Treibhausgasemissionen.

4.2.4 Bürogebäude

In dieser Studie werden zwei neu erstellte Bürogebäude untersucht. Über die Umweltauswirkungen von sanierten Bürobauten können daher keine Aussagen gemacht werden. Die untersuchten Bürogebäude verursachen 40'000 beziehungsweise 45'000 UBP/m²a, wobei im Schnitt fast die Hälfte der Belastung der Erstellung des Gebäudes zuzuschreiben ist (siehe Abb. 4.4). 19 % der Gesamtumweltbelastung werden durch den Betrieb und 32 % durch die gebäudeinduzierte Mobilität verursacht. Die spezifische Umweltbelastung von Büroneubauten ist also gegenüber derjenigen von Wohngebäuden und Schulhäusern deutlich höher. Auch ist die Umweltbelastung der gebäudeinduzierten Mobilität absolut und prozentual höher als bei Schulhäusern und bei Wohngebäuden.

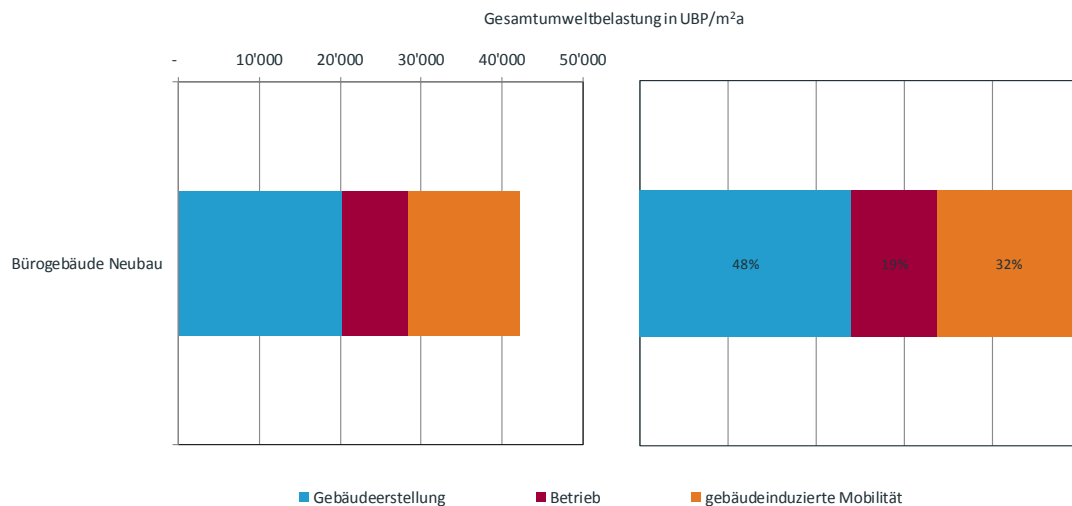


Abb. 4.4 Durchschnitt der Gesamtumweltbelastung der untersuchten, neu erstellten Bürogebäude (links) und die prozentualen Anteile der Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität an der totalen Belastung (rechts)

Bei beiden untersuchten Bürogebäuden schlägt insbesondere die Erstellung der Gebäudetechnik (Elektroanlagen, Wärmepumpe, etc.) zu Buche. Die Gesamtumweltbelastung verursacht durch den Betrieb ist, verglichen mit derjenigen der Erstellung, gering. Die Umweltbelastung der Mobilität fällt bei den Bürogebäuden stärker ins Gewicht als bei den Wohn- oder Schulgebäuden, da durch Bürogebäude deutlich mehr Autofahrten und damit deutlich höhere Fahrleistungen induziert werden als bei den Schulen und den Wohngebäuden.

Beim Primärenergiebedarf nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen akzentuiert sich die Bedeutung der gebäudeinduzierten Mobilität. So verursacht die gebäudeinduzierte Mobilität 40 % des gesamten Primärenergiebedarfs nicht erneuerbar. Die Treibhausgasemissionen werden zu gleichen Teilen (je 42 %) durch den Betrieb und die gebäudeinduzierte Mobilität verursacht.

4.3 Fazit der Gebäudeanalysen

Sowohl bei den Wohnbauten als auch bei den Schulhäusern ist die Umweltbelastung der Erstellung bei den Sanierungen tiefer als bei den Neubauten. Gemäss der Methodik der Merkblätter SIA 2032 Graue Energie von Gebäuden und SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie werden nur die neu zugeführten Bauteile im Bereich Erstellung angerechnet. Es ist deshalb logisch, dass Sanierungen im Bereich Erstellung teilweise deutlich tiefere Werte erreichen als Neubauten.

Die Umweltbelastung der Erstellung von Neubauten variiert nicht allzu stark. Ausnahmen sind Gebäude mit einer grossen Geschossfläche im Vergleich zur Energiebezugsfläche (Wohnliegenschaften J und N). Bezüglich Bauweise (Leicht- versus Massivbau) lassen sich keine eindeutigen Trends ableiten.

Bezüglich der Umweltbelastung im Betrieb sind bei den Wohnbauten nur geringe Unterschiede zwischen sanierten und neu erstellten Gebäuden erkennbar. Hier spielt der Energiebedarf für Warmwasser und der Strombedarf für Lüftung, Hilfsenergie, Beleuchtung und Betriebseinrichtung eine wichtige Rolle. Dieser unterscheidet sich kaum zwischen Sanierungen und Neubauten. Bei Schulhäusern hingegen sind die Unterschiede im Betriebsenergiebedarf deutlich grösser, was sich auch in einem deutlichen Unterschied der Umweltbelastung zwischen sanierten und neu gebauten Schulhäusern äussert.

Der Unterschied in der durch die gebäudeinduzierte Mobilität verursachten Umweltbelastung zwischen Sanierungen und Neubauten ist gering. Alle Parameter, welche die Mobilitätsbedürfnisse bestimmen, sind unabhängig vom Kriterium Sanierung oder Neubau.

5 Herleitung der Istwerte Umweltbelastung

5.1 Einführung

Der Istwert der Gesamtumweltbelastung von Gebäuden setzt sich zusammen aus der Umweltbelastung durch die Erstellung, durch den Betrieb und durch die gebäudeinduzierte Mobilität. Die Istwerte werden aus gesamtschweizerischen Werten zu diesen drei Teilbereichen abgeleitet. Das Vorgehen und die Berechnungen für die Ermittlung der Istwerte der drei Nutzungstypen Wohnen, Schulen und Büro sind in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben.

5.2 Istwert Umweltbelastung Wohngebäude

5.2.1 Istwert Umweltbelastung Erstellung von Wohnbauten

Für die Bestimmung des Istwerts der Umweltbelastung aus der Erstellung von Gebäuden stehen zwei Quellen zur Verfügung. In der BAFU-Studie über die Gesamtumweltbelastung von Produktion und Konsum der Schweiz wird die Umweltbelastung durch die Erstellung der Wohnbauten in der Schweiz mit rund 1.0 Millionen UBP pro Person und Jahr angegeben (Jungbluth et al. 2011, S.92).

In Schneider (2009) sind Stoffflüsse des Gebäudebestands der Schweiz und der damit verbundene Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen dokumentiert. Die darin quantifizierten Stoffflüsse werden mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006 bewertet. Um der heutigen Bauweise, welche komplexer ausgeführt wird als früher, gerecht zu werden, wird die Umweltbelastung mit einem Zuschlag von 20 % versehen (Lenzlinger 2010). Die Gesamtumweltbelastung, verursacht durch die Erstellung aller Schweizer Wohngebäude, liegt bei rund 8'000 Mia. UBP pro Jahr. Die Energiebezugsfläche der Wohnbauten der Schweiz betrug im Jahr 2005 gemäss Schneider (2009) 444'000'000 m². Im selben Jahr wohnten in der Schweiz rund 7.5 Millionen Menschen. Daraus resultiert durch das Erstellen von Wohngebäuden eine Umweltbelastung von rund 1.1 Millionen UBP pro Person und Jahr beziehungsweise 18'000 UBP pro m² EBF und Jahr. Im Folgenden rechnen wir mit diesem auf die Energiebezugsfläche bezogenen Istwert.

5.2.2 Istwert Umweltbelastung Betrieb von Wohnbauten

Der Istwert für den Betrieb von Wohnbauten wird aus der vorgenannten BAFU-Studie abgeleitet. Der Energieverbrauch der Haushalte verursacht rund 1.86 Millionen UBP pro Person und Jahr (Jungbluth et al. 2012, S. 34), was bei einer Energiebezugsfläche von 60 m² pro Person einem Istwert von rund 31'000 UBP pro m² EBF und Jahr entspricht.

5.2.3 Istwert Umweltbelastung der privaten Alltagsmobilität

Die Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zu den mit verschiedenen Verkehrsmitteln zurückgelegten Distanzen (basierend auf BFS/ARE (2007b) und BFS/ARE (2007a)) bilden die Basis zur Bestimmung der Umweltbelastung der gebäudeinduzierten privaten Mobilität (siehe Tab. 5.1). Daraus geht hervor, dass die im Zusammenhang mit Wohngebäuden im Alltag zurückgelegten Distanzen insgesamt 6'196 km betragen, wovon am meisten mit dem Auto (4'226 km) und dem Regionalzug (896 km) zurückgelegt wird. Der Anteil der Alltagsmobilität an den gesamten Jahresdistanzen beträgt zwischen 46 % (Auto, Andere) und 49 % (Velo, zu Fuss).

Tab. 5.1 Durchschnittlich gefahrene Distanzen in km pro Person je Verkehrsmittel gemäss Mikrozensus 2005 und deren Aufteilung in Total Mikrozensus, Wohnen, Arbeit und Total Gebäude für Alltagsmobilität, nicht-alltägliche Mobilität und dessen Summe (Total Mobilität) basierend auf Mikrozensus 2005 (BFS/ARE 2007b und BFS/ARE 2007a)

Jahresdistanzen in km pro Person	Total Mikrozensus in km	Wohngebäude in km	Anteil Wohngebäude	Arbeit, Büro, Schule in km	Anteil Arbeit, Büro, Schulen	Total Gebäude (Wohnen und Arbeit) in km	Anteil Gebäude (Wohnen und Arbeit)
je Verkehrsmittel für Alltagsmobilität							
Personenwagen	9'115	4'226	46%	1'763	19%	5'988	66%
Motorrad, Mofa	234	113	49%	41	17%	154	66%
Bus	402	194	48%	76	19%	270	67%
Regionalzug	1'890	896	47%	436	23%	1'331	70%
Tram	96	46	48%	17	18%	64	66%
Velo	296	145	49%	35	12%	180	61%
zu Fuss	793	391	49%	53	7%	444	56%
Andere	408	186	46%	102	25%	288	71%
Summe	13'233	6'196	47%	2'522	19%	8'719	66%
je Verkehrsmittel für nicht alltägliche Mobilität							
Personenwagen	1'896	977	52%	184	10%	1'161	61%
Bus	121	62	51%	12	10%	74	62%
Fernreise Zug	504	259	51%	50	10%	310	61%
Flugzeug	3'155	1'640	52%	267	8%	1'906	60%
Andere	201	104	52%	19	9%	123	61%
Summe	5'876	3'042	52%	532	9%	3'574	61%
je Verkehrsmittel für das Total Mobilität (alltäglich und nicht-alltäglich)							
Personenwagen	11'010	5'203	47%	1'947	18%	7'149	65%
Motorrad, Mofa	234	113	49%	41	17%	154	66%
Bus	523	256	49%	89	17%	345	66%
Regionalzug	1'890	896	47%	436	23%	1'331	70%
Fernreise Zug	504	259	51%	50	10%	310	61%
Tram	96	46	48%	17	18%	64	66%
Flugzeug	3'155	1'640	52%	267	8%	1'906	60%
Velo	296	145	49%	35	12%	180	61%
zu Fuss	793	391	49%	53	7%	444	56%
Andere	609	290	48%	121	20%	410	67%
Summe	19'109	9'238	48%	3'054	16%	12'292	64%

Daraus werden die damit verbundenen Primärenergieverbräuche, Treibhausgasemissionen und Umweltbelastungen berechnet (siehe Tab. 5.2). Bei Wohnbauten beträgt die Umweltbelastung der Alltagsmobilität knapp 0.97 Millionen UBP pro Person und Jahr oder umgerechnet 16'000 UBP pro m² EBF und Jahr.

Tab. 5.2 Umweltbelastung, Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbrauch, nicht erneuerbar pro Person und Jahr, Aufteilung in Total Mikrozensus, Total Gebäude, Wohnen, sowie Arbeit, Büro, Schule und für Alltagsmobilität, nicht-alltägliche Mobilität und dessen Summe (Total Mobilität), basierend auf den Angaben aus Tab. 5.1

Umweltauswirkungen pro Person und Jahr		Alltagsmobilität	nicht alltägliche Mobilität	Total Mobilität (alltäglich und nicht-alltäglich)
Umweltbelastung nach Methode der ökologischen Knappheit 2006 (in UBP)	Total Mikrozensus	2'074'532	686'063	2'760'516
	Total Gebäude (Wohnen und Arbeit)	1'368'607	417'897	1'786'505
	Wohnen	966'557	354'791	1'321'355
	Arbeit, Büro, Schule	402'050	63'117	465'156
Treibhausgasemission nach IPCC 2007 (in kg CO ₂ -eq)	Total Mikrozensus	1'893	787	2'681
	Total Gebäude (Wohnen und Arbeit)	1'246	479	1'725
	Wohnen	880	408	1'287
	Arbeit, Büro, Schule	366	72	438
Primärenergieverbrauch (in MJ oil-eq)	Total Mikrozensus	34'051	12'800	46'849
	Total Gebäude (Wohnen und Arbeit)	22'498	7'792	30'290
	Wohnen	15'834	6'622	22'456
	Arbeit, Büro, Schule	6'664	1'170	7'833

5.2.4 Zusammenfassung Istwert Gesamtumweltbelastung Wohngebäude

Die Gesamtumweltbelastung von Wohngebäuden verursacht durch Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität beträgt rund 3.9 Millionen UBP pro Person und Jahr beziehungsweise (auf zwei Stellen gerundet) 65'000 UBP pro m² EBF und Jahr unter der Annahme, dass eine Person über 60 m² EBF verfügt (SIA 2011b). Der Betrieb der Wohngebäude verursacht knapp die Hälfte dieser Umweltbelastung, Erstellung und gebäudeinduzierte Mobilität teilen sich die andere Hälfte (siehe Tab. 5.3).

Tab. 5.3 Istwerte Gesamtumweltbelastung in UBP (2006) der Wohngebäude (pro Person und Jahr beziehungsweise pro m² EBF und Jahr), unterteilt in die Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität

Bereich	Istwert Gesamtumweltbelastung Wohngebäude		Anteil %
	UBP/Person	UBP/m ² /a	
Erstellung	1'059'000	18'000	27 %
Betrieb	1'860'000	31'000	48 %
Gebäudeinduzierte Mobilität	970'000	16'000	25 %
Summe	3'886'000	65'000	100 %

Zum Vergleich sind in Tab. 5.4 die Istwerte des Primärenergieverbrauchs nicht erneuerbar sowie der Treibhausgasemissionen verursacht durch die Wohngebäude gemäss SIA Dokumentation D 0236 (SIA 2011c) festgehalten. Der Betrieb ist bezüglich Primärenergie und Treibhausgasemissionen deutlich wichtiger als in Bezug auf den Indikator Gesamtumweltbelastung.

Tab. 5.4 Istwerte Primärenergiebedarf nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen von Wohngebäuden, sowie deren Anteil Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität

Bereich	Primärenergie nicht erneuerbar MJ/m ² /a	Anteil %	Treibhausgas- emissionen kg/m ² /a	Anteil %
Erstellung	139	11 %	11.2	17 %
Betrieb	890	69 %	39.9	59 %
Gebäudeinduzierte Mobilität	265	20 %	16	24 %
Istwert	1'294	100%	67.1	100%

5.3 Istwert Umweltbelastung Schulgebäude

5.3.1 Istwert Umweltbelastung Erstellung von Schulen

Schneider (2009) beschreibt die Stoffflüsse des Gebäudebestands der Schweiz und den damit verbundenen Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen. Die darin quantifizierten Stoffflüsse werden mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006 bewertet, um die Umweltbelastung der Erstellung von Gebäuden abschätzen zu können. Schneider (2009) unterscheidet zwischen Wohn- und Dienstleistungsgebäuden. Schulgebäude sind nicht berücksichtigt und auch nicht Teil der Dienstleistungsgebäude. Die Gesamtumweltbelastung der Erstellung der Schweizer Schulhäuser muss deshalb abgeschätzt werden. Lenzlinger (2010) geht davon aus, dass der Belastungswert pro Quadratmeter Energiebezugsfläche einer Schule gleich hoch ist wie für die Dienstleistungsgebäude. Weiter nimmt Lenzlinger an, dass der Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar und die Treibhausgasemissionen pro Energiebezugsfläche bei der heutigen Bauweise höher sind als im Durchschnitt des Bestandes (mehr Beton, mehr Haustechnik). Daher werden die in Schneider (2009) publizierten Werte gemäss Lenzlinger mit einem Zuschlagsfaktor von 1.1 versehen. Die Gesamtumweltbelastung, verursacht durch die Erstellung der Schweizer Schulhäuser, liegt somit bei gerundeten 17'000 UBP pro m² EBF und Jahr.

5.3.2 Istwert Umweltbelastung Betrieb von Schulhäusern

In Heeren et al. (2009, Figur 41, 43, 47 und Figur 49) sind die Energiebezugsfläche für die Volksschulen sowie der Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasserbereitstellung, und der Strombedarf für Betriebseinrichtungen und Gebäudetechnik von Schulgebäuden beschrieben. Heeren et al. schätzen die Betriebsaufwendungen in Fünfjahresschritten von 2005 bis 2050 ab. Die Betriebsaufwendungen des Jahres 2005 werden mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006 bewertet, um die Umweltbelastung des Betriebs von Schulgebäuden abzuschätzen.

Die jährliche Gesamtumweltbelastung des heutigen Betriebs von Schulhäusern beträgt 34'000 UBP pro m² EBF und Jahr.

5.3.3 Istwert Umweltbelastung der privaten Alltagsmobilität

Die Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zu den mit verschiedenen Verkehrsmitteln zurückgelegten Distanzen (basierend auf BFS/ARE (2007b) und BFS/ARE (2007a)) bilden die Basis zur Bestimmung der Umweltbelastung der gebäudeinduzierten privaten Mobilität (siehe Tab. 5.1). Daraus geht hervor, dass die im Zusammenhang mit Arbeit/Büro/Schulen im Alltag zurückgelegten Distanzen insgesamt 2'522 km betragen. Die daraus resultierenden Primärenergieverbräuche, Treibhausgasemissionen und Umweltbelastungen sind in Tab. 5.2 aufgeführt. Für den Bereich Arbeit/Büro/Schulen beträgt die Umweltbelastung der Alltagsmobilität knapp 0.40 Millionen UBP pro Person (Einwohnerinnen und Einwohner der Schweiz) und Jahr.

Gemäss Lenzlinger (2010) beträgt der Anteil der Beschäftigten in Schulen 2.7 %. Zudem liegt die Energiebezugsfläche der Schulen bei 2.5 m² pro Person (Einwohnerinnen und Einwohner der Schweiz). Wie in Lenzlinger (2010) wird die Mobilität der Schülerinnen und Schüler mit einem Zuschlag von 46 % pauschal berücksichtigt. Somit liegt die Gesamtumweltbelastung durch die gebäudeinduzierte Mobilität für Schulen bei rund 6'000 pro m² EBF und Jahr.

5.3.4 Zusammenfassung Istwert Gesamtumweltbelastung Schulen

Die Gesamtumweltbelastung der Schulgebäude heute, verursacht durch Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität, beträgt somit rund 57'000 UBP pro Quadratmeter EBF und Jahr. Der Betrieb der Schulgebäude verursacht 60 % dieser Umweltbelastung, die Erstellung verursacht 29 % und die gebäudeinduzierte Mobilität die restlichen 11 % (siehe Tab. 5.5).

Tab. 5.5 Istwerte Gesamtumweltbelastung der Schulgebäude (pro m² EBF und Jahr) sowie der Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität, in UBP (2006)

Bereich	Istwert Gesamtumweltbelastung Schulen UBP pro m ² EBF	Anteil %
Erstellung	17'000	29 %
Betrieb	34'000	60 %
Gebäudeinduzierte Mobilität	6'000	11 %
Summe	57'000	100 %

5.4 Istwert Umweltbelastung Bürogebäude

5.4.1 Istwert Umweltbelastung Erstellung von Bürogebäuden

Schneider (2009) beschreibt die Stoffflüsse des Gebäudebestands der Schweiz, darunter auch diejenigen der Bürogebäude und den damit verbundenen Primärenergiebedarf und

die Treibhausgasemissionen. Die darin quantifizierten Stoffflüsse werden mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006 bewertet, um die Umweltbelastung der Erstellung von Bürogebäuden abschätzen zu können. Bei den Bürogebäuden geht Lenzlinger (2010) von einem Korrekturfaktor von 1.3 aus, um dem höheren Primärenergieverbrauch und den höheren Treibhausgasemissionen der heutigen Bauweise Rechnung zu tragen. Die Gesamtumweltbelastung, verursacht durch die Erstellung der Schweizer Büroliegenschaften, liegt bei 20'000 UBP pro m² EBF und Jahr.

5.4.2 Istwert Umweltbelastung Betrieb von Bürogebäuden

In Heeren et al. (2009, Figur 41, 43, 47 und Figur 49) sind die Aufwendungen für den Betrieb von Bürogebäuden beschrieben. Es sind einerseits der Energiebedarf für den Betrieb und andererseits die Energieträger zur Erzeugung der Raumwärme und des Warmwassers aufgeführt. Diese Betriebsaufwendungen des Jahres 2005 werden mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006 bewertet, um die Umweltbelastung des Betriebs von Bürogebäuden ermitteln zu können. Die jährliche Gesamtumweltbelastung des Betriebs von Bürogebäuden beträgt rund 59'000 UBP pro m² EBF und Jahr. Der Unterschied zu den Wohn- und den Schulhäusern liegt insbesondere in der Klimatisierung sowie im höheren Technologisierungsgrad der Bürobauten. Nur ein geringer Teil der Schul- und Wohnhäuser verfügt über eine Belüftung, während die Büroliegenschaften verhältnismässig häufiger mit Lüftungsanlagen ausgestattet sind. Zudem verfügen Bürogebäude über mehr Elektroinstallationen. Dies führt ebenfalls zu höheren Betriebsaufwendungen.

5.4.3 Istwert Umweltbelastung der privaten Alltagsmobilität

Die Ergebnisse des Mikrozensus 2005 zu den mit verschiedenen Verkehrsmitteln zurückgelegten Distanzen (basierend auf BFS/ARE (2007b) und BFS/ARE (2007a)) bilden die Basis zur Bestimmung der Umweltbelastung der gebäudeinduzierten privaten Mobilität (siehe Tab. 5.1 und Tab. 5.2). Für den Bereich Arbeit/Büro/Schulen beträgt die Umweltbelastung der Alltagsmobilität knapp 0.40 Millionen UBP pro Person (Einwohnerinnen und Einwohner der Schweiz) und Jahr (Lenzlinger 2010). In Bürogebäuden sind rund 36 % der Beschäftigten tätig. Die Energiebezugsfläche der Büros (Einwohnerinnen und Einwohner der Schweiz) beträgt 4.88 m² pro Person. Daraus errechnet sich eine Gesamtumweltbelastung von knapp 30'000 UBP pro m² EBF und Jahr.

5.4.4 Zusammenfassung Istwert Gesamtumweltbelastung Büros

Die Gesamtumweltbelastung der heutigen Bürogebäude, verursacht durch Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität, beträgt somit rund 109'000 UBP pro Quadratmeter EBF und Jahr. Der Betrieb der Büros verursacht mehr als die Hälfte dieser Umweltbelastung, gebäudeinduzierte Mobilität verursacht 27 % und die Erstellung die restlichen 18 % (siehe Tab. 5.6).

Tab. 5.6 Istwerte Gesamtumweltbelastung der Bürogebäude (pro m² EBF und Jahr) sowie der Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität, in UBP (2006)

Bereich	Istwert Gesamtumweltbelastung Bürogebäude UBP pro m ² EBF	Anteil %
Erstellung	20'000	18 %
Betrieb	59'000	55 %
Gebäudeinduzierte Mobilität	30'000	27 %
Summe	109'000	100 %

6 Herleitung der Zielwerte Umweltbelastung

6.1 Übersicht

In diesem Kapitel wird ein möglicher Zielwert Gesamtumweltbelastung für die drei Nutzungstypen Wohnen, Schule und Büro hergeleitet. Anhand des Bereichs Wohnen wird zunächst eine Bandbreite eingeführt (Abschnitt 6.2.1) und danach ein provisorischer Zielwert basierend auf einem Reduktionsziel zur Gesamtumweltbelastung Schweiz festgelegt (Abschnitt 6.2.2). In den darauf folgenden Unterkapiteln 6.3 und 6.4 werden dieselben Betrachtungen für die Bereiche Schulen und Büro beschrieben.

6.2 Zielwerte Umweltbelastung von Wohngebäuden

6.2.1 Festlegen einer Bandbreite

Die Zielwerte bezüglich Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen sind im Merkblatt SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie festgelegt und aus den Reduktionszielen der 2000-Watt-Gesellschaft hergeleitet. Für die Zielwerte und insbesondere den Reduktionsbedarf bezüglich Gesamtumweltbelastung können die Grundlagen der Methode der ökologischen Knappheit 2006 (Frischknecht et al. 2008) verwendet werden. Darin werden die Zielsetzungen der schweizerischen Umweltpolitik in quantitative Vorgaben übersetzt. Die Methode der ökologischen Knappheit umfasst diverse Schadstoffe und Umweltwirkungen. Sie richtet sich jedoch explizit nach den gesetzlich verankerten und somit demokratisch untermauerten Umweltqualitätszielen. Die ökologische Tragbarkeit wird durch legitimierte Experten beurteilt und nicht durch die beteiligten Akteure. Damit ist die Bewertung unabhängig von Einzelinteressen (Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013, S. 40). Diese Zielvorgaben wurden auch angewendet auf die durch Konsum und Produktion der Schweiz verursachten Gesamtumweltbelastung. Die Gesamtumweltbelastung der Schweiz soll gemäss den für die Schweiz geltenden politischen Zielen um zwischen 38 % und 63 % reduziert werden (Jungbluth et al. 2011, S. 99).

Dieses Reduktionsziel bezüglich Umweltbelastungspunkten von 38 % bis 63 % insgesamt resultiert aus der Kombination unterschiedlicher Reduktionsziele für einzelne Schadstoffe beziehungsweise Umweltwirkungen. So sollen gemäss der Methode der ökologischen Knappheit beispielsweise die Treibhausgasemissionen um 80 % gegenüber 1990 reduziert werden währenddem die Stickoxidemissionen in die Luft um rund 50 % gegenüber 2005 reduziert werden sollen. Die Stickstoffeinträge der Schweiz in die Nordsee sollen gegenüber 1995 ebenfalls um rund 50 % reduziert werden. Andererseits liegen beispielsweise die aktuellen Jahresfrachten von SO₂ in die Luft und einzelner Schwermetalle in die Luft beziehungsweise ins Wasser bereits heute deutlich unterhalb des Ziels, weshalb hier die tolerierten Jahresfrachten höher liegen könnten.

Ein von den Behörden autorisiertes Reduktionsziel der Gesamtumweltbelastung Schweiz gemessen in Umweltbelastungspunkten liegt zum jetzigen Zeitpunkt nicht vor. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird deshalb einerseits die vorgenannte Bandbreite verwendet. Andererseits wird beispielhaft ein Reduktionsbedarf der Umweltbelastung von 56 % angesetzt, an denen die Umweltbelastung der hier bilanzierten Gebäude gemessen werden können.

Wendet man die vorgenannte Bandbreite des Reduktionsziels auch auf den Gebäudesektor an, so liegt der Zielwert für Erstellung und Betrieb von Wohngebäuden sowie für deren gebäudeinduzierte Mobilität zwischen rund 24'000 und 40'000 UBP pro m² EBF und Jahr. Abb. 6.1 illustriert diese Bandbreite mit einer hellgrau hinterlegten Fläche angewendet auf die in dieser Studie analysierten Wohngebäude.

In Abb. 6.1 ist ersichtlich, dass keines der untersuchten Wohngebäude unterhalb der unteren Grenze des Zielwerts liegt. Auf der anderen Seite verursacht ein Gebäude (Wohnliegenschaft J) Gesamtumweltbelastungen, die höher sind als die obere Grenze eines provisorischen Zielwerts. Die Gesamtumweltbelastung der restlichen Wohngebäude liegt innerhalb der genannten Bandbreite.

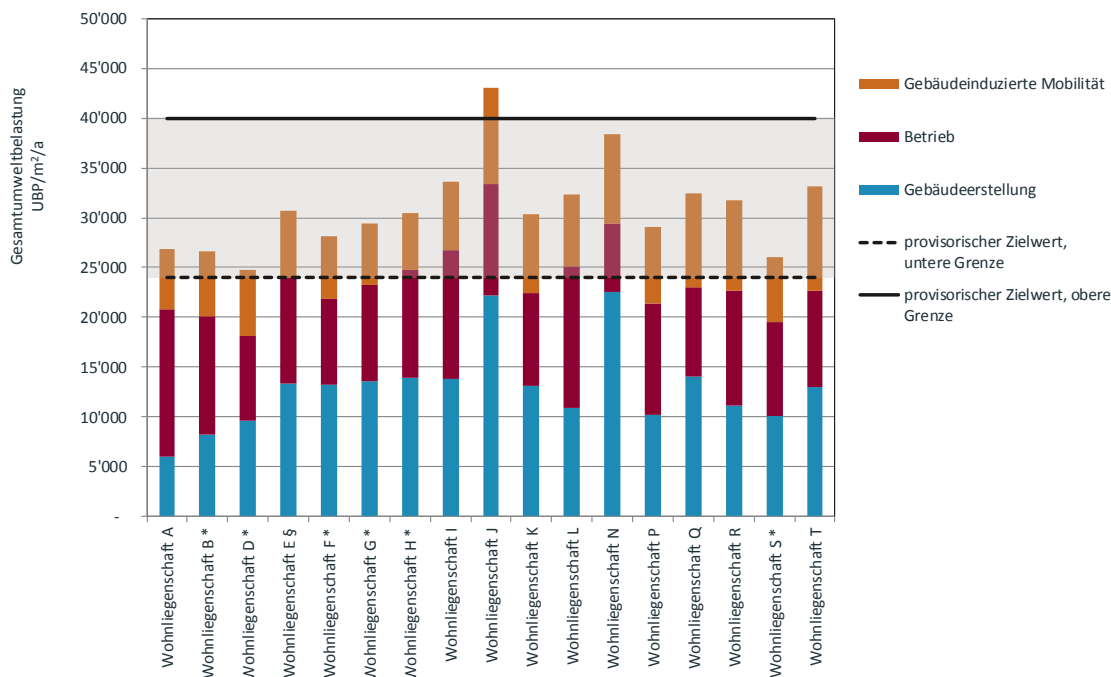


Abb. 6.1 Gesamtumweltbelastung der Wohngebäude sowie der Zielwertbereich gemäss einem Reduktionsbedarf der Gesamtumweltbelastung von 38 % bis 63 %.
 *: Gebäude unterhalb Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen
 §: Gebäude unterhalb Zielwert Primärenergie nicht erneuerbar

Von den Gebäuden, welche innerhalb der Bandbreite zu liegen kommen, erfüllen sechs Gebäude (Gebäude B und D sowie F bis H und S) ebenfalls die Anforderungen an den nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauch sowie die Treibhausgasemissionen. Alle übrigen Gebäude, auch dasjenige mit einer Umweltbelastung, die höher ist als die obere Grenze des Zielwerts, übersteigen auch die Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen. Einzige Ausnahme bildet das Gebäude E, welches den Zielwert Primärenergie nicht erneuerbar einhält, nicht aber denjenigen für die Treibhausgasemissionen.

6.2.2 Vergleich der Zielerreichung

Im Folgenden sollen die wesentlichen Unterschiede der Ergebnisse zwischen Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen einerseits und Gesamtumweltbelastung andererseits aufgezeigt und diskutiert werden.

Zu diesem Zweck wird der Zielwert Gesamtumweltbelastung Wohngebäude bei 29'000 UBp pro m² EBF und Jahr festgelegt. Dies entspricht einem Reduktionsbedarf von 56 % gegenüber heute. Er ist etwas höher als der von einer Studie des BAFU als minimal bezeichnete Reduktionsbedarf der konsumbedingten Umweltbelastung von 50 % (Frisknecht et al. 2014). Die Festlegung des Reduktionsbedarfs stützt sich nicht auf eine offizielle Vorgabe und hat daher nur beispielhaften Charakter. Die Erarbeitung

von nationalen Reduktionsvorgaben der Gesamtumweltbelastung sind derzeit bei den zuständigen Behörden in Diskussion.

Die Ökobilanzergebnisse der Wohngebäude werden indexiert, indem der für das jeweilige Gebäude geltende Zielwert zu 100 % gesetzt wird und die Umweltbelastung der drei Anteile Erstellung, Betrieb und Mobilität der bilanzierten Wohngebäude in Bezug zu diesen 100 % gesetzt werden. Die Sanierungen und die Neubauten werden separat diskutiert.

Bei den Sanierungen (siehe Abb. 6.2) liegen die Ergebnisse relativ nahe beieinander. Mit Ausnahme des Wohngebäudes A erfüllen alle Gebäude alle drei Zielwerte. Wohngebäude A erfüllt zwar den Zielwert Umweltbelastung, nicht aber die beiden anderen Zielwerte. Der Grund dafür liegt in der relativ tiefen Umweltbelastung während des Betriebs, was auf den teilweisen Einsatz einer Erdgasheizung zurückgeführt werden kann. Diese ist bezüglich nicht erneuerbarer Primärenergie und Treibhausgasemissionen deutlich weniger günstig als in Bezug auf die Umweltbelastung. Beim Gebäude A sind die Beiträge der Erstellung und der gebäudeinduzierten Mobilität zu den Treibhausgasemissionen deutlich wichtiger als diejenigen zum Primärenergieverbrauch.

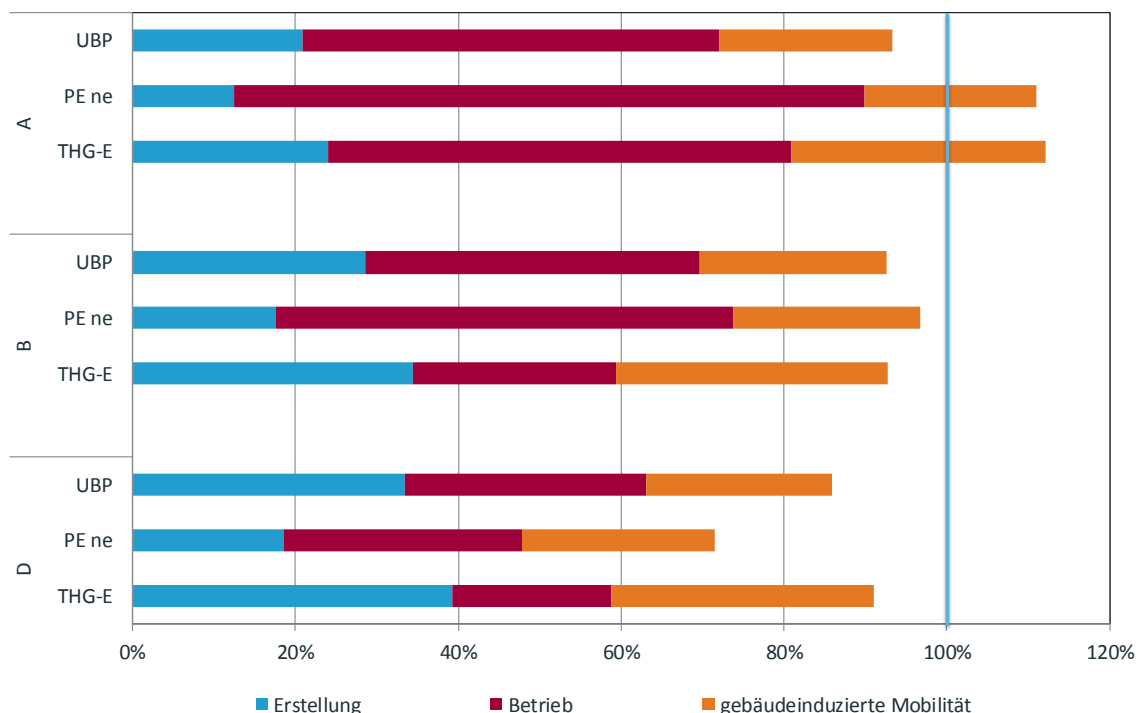


Abb. 6.2 Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen der Wohngebäude (Sanierungen), indexiert (Zielwert = 100 %)

Bei den Neubauten sind bei den Wohngebäuden J, N, O, R und T die grössten Unterschiede zu beobachten. Bei den Wohngebäuden J, N und R fallen die hohen relativen Treibhausgasemissionen bei Erstellung und Mobilität auf. Das Gebäude J wurde ins Grundwasser gestellt, was aufwändige Aussenwände im Erdreich zur Folge hatte. Beim

Gebäude N ist das Dach begrünt, weshalb dieses Bauteil aufgrund der stärkeren Dimensionierung einen höheren Beitrag zur Umweltbelastung beisteuert. Zudem weist dieses Gebäude eine relativ hohe Hüllziffer auf und verfügt über eine Nutzfläche, die dreimal so gross ist wie die Energiebezugsfläche. Das Wohngebäude J ist mit ÖV schlecht erschlossen und das Gebäude N weist mehr als 3 Parkplätze pro Wohnung auf.

Die Wohngebäude G und H sind diejenigen Gebäude, bei welchen der Zielwert der Gesamtumweltbelastung limitierend wirkt, während die Zielwerte zu den Treibhausgasemissionen und der Primärenergie nicht erneuerbar eingehalten werden. Bei beiden Gebäuden handelt es sich um Mischbauweisen mit Holz-/Pellets-Heizung. Der Beitrag „Erstellung“ ist bezüglich Treibhausgasemissionen und Umweltbelastung deutlich höher als bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar. Der Beitrag „Betrieb“ ist hingegen bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar und Umweltbelastung deutlich höher als bezüglich Treibhausgasemissionen. In der Summe führt dies dazu, dass die Gebäude die Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen erfüllen, den Zielwert Umweltbelastung aber nicht.

Das Wohngebäude O wird mit einem Brennwert-Erdgaskessel beheizt (Raumwärme und Warmwasser). Deshalb sind Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen (indexiert) deutlich höher als die indexierte Umweltbelastung. Wie bei Wohngebäude A erfüllt auch dieses Wohngebäude den Umweltzielwert, nicht aber die Zielwerte für Treibhausgasemissionen und Primärenergie, nicht erneuerbar.

Beim Wohngebäude R sind der Primärenergieverbrauch und die Treibhausgasemissionen des Betriebs auffallend hoch. Diese Liegenschaft beheizt ihre Räume mit Fernwärme, die mit Erdgas erzeugt wird. Der Heizenergiebedarf liegt bei 115 MJ/m² und Jahr. Trotzdem ist die Umweltbelastung im Betrieb nur unwesentlich höher als diejenige der Gebäude S und T, deren Heizenergiebedarf bei weniger als 30 MJ/m² und Jahr liegt. Einerseits ist die Umweltbelastung der Fernwärme aus Erdgas relativ tief. Andererseits wird im Wohngebäude R das Warmwasser zu 80 % mit Vakuum-Röhrenkollektoren erzeugt (keine Umweltbelastung im Betrieb), wogegen bei den Wohngebäuden S und T Wärmepumpen zum Einsatz kommen.

Gleichzeitig ist die Umweltbelastung der Erstellung des Wohngebäudes R tendenziell hoch aufgrund der intensiven Materialisierung und der Materialwahl (Schrägdach mit Titanzinkverkleidung).

Die indexierte Umweltbelastung und der indexierte Primärenergieverbrauch sind beim Wohngebäude T zwar ähnlich und nahe dem jeweiligen Zielwert. Die Treibhausgasemissionen liegen bei diesem Gebäude aber deutlich über dem Zielwert. In diesem Gebäude kommen Strom betriebene Wärmepumpen zum Einsatz (für Raumwärme und Warmwasser). Deshalb sind die Treibhausgasemissionen aus dem Betrieb deutlich geringer als der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf.

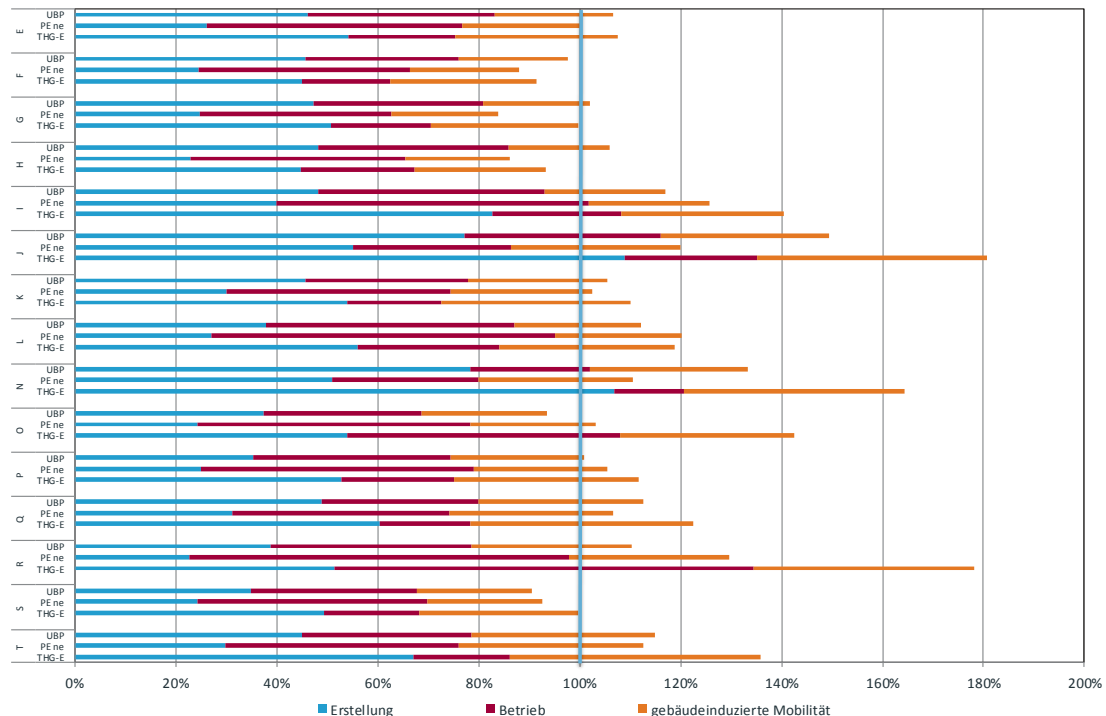


Abb. 6.3 Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen der Wohngebäude (Neubauten), indexiert (Zielwert = 100 %)

6.3 Zielwerte Umweltbelastung von Schulhäusern

6.3.1 Festlegen einer Bandbreite

Der Reduktionsbedarf bezüglich Schulhäuser beträgt analog zu den Wohngebäuden zwischen 38 – 63 % (Jungbluth et al. 2011, S. 99). Angewendet auf die Schulhäuser führt dies zu einer Bandbreite für Schulgebäude zwischen rund 21‘000 und 35‘000 UBP pro m² EBF und Jahr. Abb. 6.4 illustriert diese Bandbreite mit einer grau hinterlegten Fläche angewendet auf die in dieser Studie analysierten Schulgebäude.

Die Umweltbelastung von sechs der acht untersuchten Schulhäusern liegt innerhalb der Bandbreite. Schulhaus C verursacht eine Gesamtumweltbelastung, welche geringer ist als der untere vorgeschlagene Grenzwert, während Schulhaus F zu Belastungen führt, die höher ist als die obere Grenze des Zielwerts. Das Gebäude F ist materialintensiv in der Erstellung (Stahl-Glasbau), was zu der hohen Gesamtumweltbelastung in der Erstellung führt.

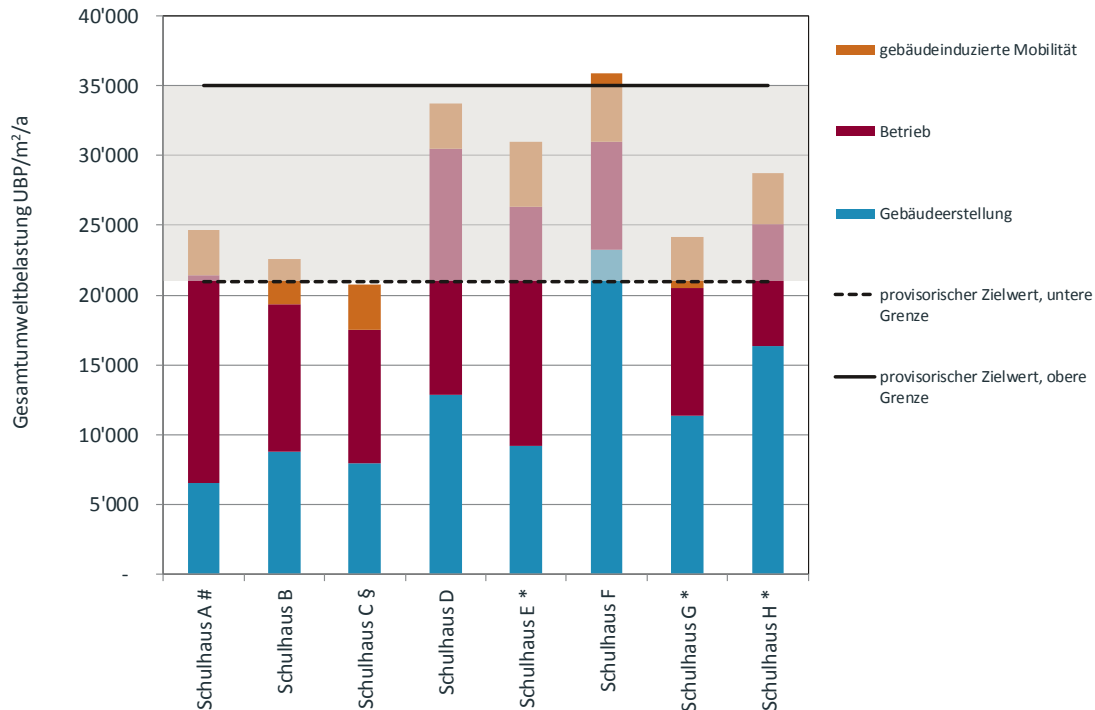


Abb. 6.4 Gesamtumweltbelastung der Schulhäuser sowie der Zielwertbereich gemäss einem Reduktionsbedarf der Gesamtumweltbelastung von 38 % bis 63 %.
 *: Gebäude unterhalb Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen
 §: Gebäude unterhalb Zielwert Primärenergie nicht erneuerbar
 #: Gebäude unterhalb Zielwert Treibhausgasemissionen

Drei der Schulgebäude halten sowohl den Zielwert für die Treibhausgasemissionen als auch diejenigen für die nicht erneuerbare Primärenergie ein, nämlich Schulhaus E, G und H. Schulhaus A erfüllt den Zielwert für die Treibhausgasemissionen, nicht aber den Zielwert für die Primärenergie nicht erneuerbar. Beim Schulhaus C, welches unterhalb der vorgeschlagenen Grenze für die Gesamtumweltbelastung liegt, ist es genau umgekehrt. Die Treibhausgasemissionen des Gebäudes übersteigen den Zielwert, währenddem dessen Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar tiefer liegt als der entsprechende Zielwert. Schulhäuser B, D und F erfüllen weder den Zielwert für Treibhausgasemissionen noch für Primärenergie nicht erneuerbar.

6.3.2 Vergleich der Zielerreichung

Um die Ergebnisse des Primärenergiebedarfs nicht erneuerbar, der Treibhausgasemissionen sowie der Gesamtumweltbelastung der Schulhäuser vergleichbar zu machen, wird der Zielwert bei 25'000 UBP pro m² EBF und Jahr festgelegt, was einem Reduktionsbedarf von 56 % entspricht.

Bei den sanierten Schulhäusern erfüllt keines alle drei Zielwerte (siehe Abb. 6.5). Jedoch erfüllen drei der fünf sanierten Schulhäuser die Zielwerte der Gesamtumweltbelastung (Schulhäuser A bis C). Bei einem davon, Schulhaus A, wird zudem der Ziel-

wert für Treibhausgasemissionen, nicht jedoch der Zielwert für Primärenergie nicht erneuerbar eingehalten.

Die Zielwerte für Primärenergie nicht erneuerbar für Sanierungen werden, abgesehen vom Schulhaus E, von keinem der Gebäude eingehalten. Die Schulhäuser weisen auch nach der Sanierung noch einen hohen Heizwärmebedarf auf, was den hohen Primärenergiebedarf begründet. Schulhaus E deckt den Wärmebedarf mittels Holzpellets. Deshalb ist der Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie tiefer, obwohl der effektive Wärmebedarf nicht geringer ist als bei den übrigen sanierten Schulhäusern. Die Schulhäuser A bis D decken ihren Wärmebedarf mittels Fernwärme und Wärmepumpen, was zu einem Primärenergiebedarf nicht erneuerbar führt, welcher über dem Zielwert für sanierte Schulhäuser liegt.

Bei den Sanierungen halten einzig die Schulhäuser A und E den Zielwert der Treibhausgasemissionen ein. Verglichen mit den anderen Schulhäusern verursacht Schulhaus A besonders in der Erstellung aber auch im Betrieb tiefe Treibhausgasemissionen. Die übrigen Schulhäuser überschreiten den Zielwert um bis zu 40 %. Die Schulhäuser B und C decken ihren Wärmebedarf mittels Fernwärme. Dies führt zu deutlich höheren Treibhausgasemissionen im Betrieb, verglichen mit den übrigen Schulhäusern. Die Treibhausgasemissionen für die Erstellung von Schulhaus D sind verhältnismässig hoch. Eine Dachabdeckung aus verzinktem Chromstahlblech und eine darunter liegende dicke Strukturmatte aus Kunststoff tragen massgeblich zu den hohen Treibhausgasemissionen der Erstellung bei.

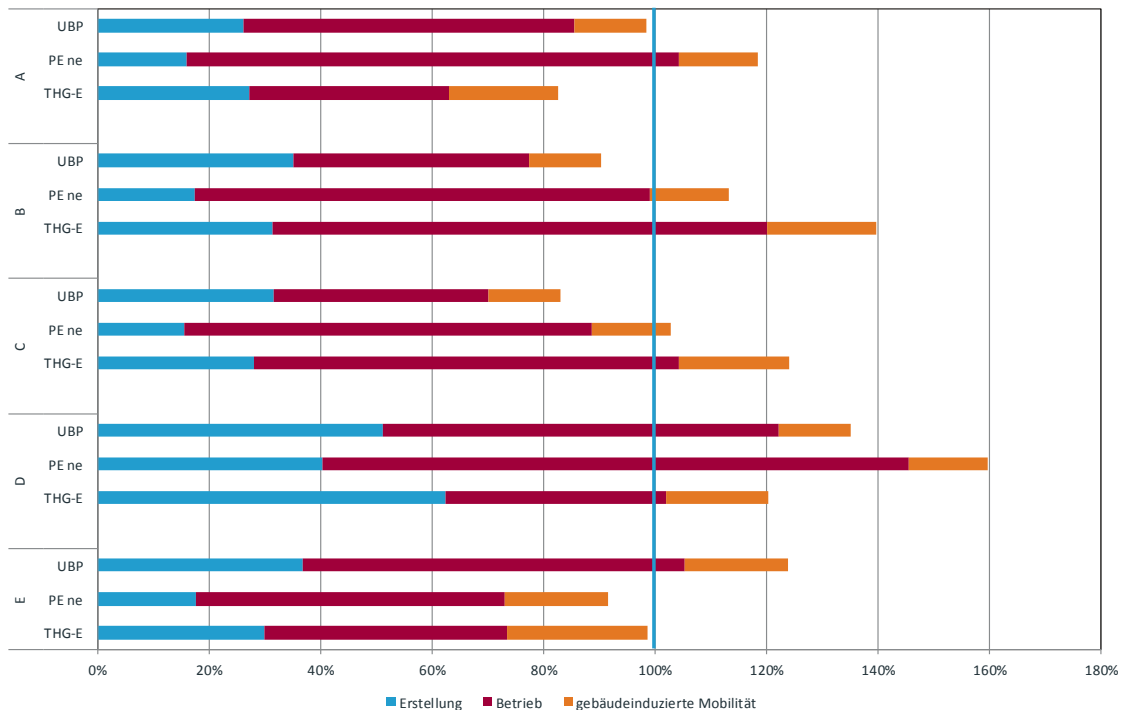


Abb. 6.5 Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen der Schulhäuser (Sanierungen), indexiert (Zielwert = 100 %)

Einer der drei untersuchten Neubauten hält den Zielwert der Gesamtumweltbelastung ein, während Schulhaus F und H, höhere Umweltbelastungen verursachen (siehe Abb. 6.6). Beim Schulhaus F führt insbesondere die Erstellung zu einer hohen Gesamtumweltbelastung (hoher Beton- und Armierungsstahlbedarf im Deckenbereich sowie Lüftungskanäle aus Stahlblech). Zudem benötigte das Dach eine grosse Menge an Profil- und Trägerstahl, welche zu einem hohen Primärenergiebedarf beitragen. Schulhaus H ist in einer Mischbauweise in Holz ausgeführt. Die Gebäudetechnik (Elektro- und Sanitärinstallationen, Wärmepumpe und Erdsonde) verursachen den Hauptanteil des Bereichs Erstellung.

Der Zielwert der Treibhausgasemissionen wird vom Schulhaus G und H eingehalten, während Schulhaus F ihn überschreitet. Dies ist insbesondere durch die Treibhausgasemissionen der Erstellung bedingt.

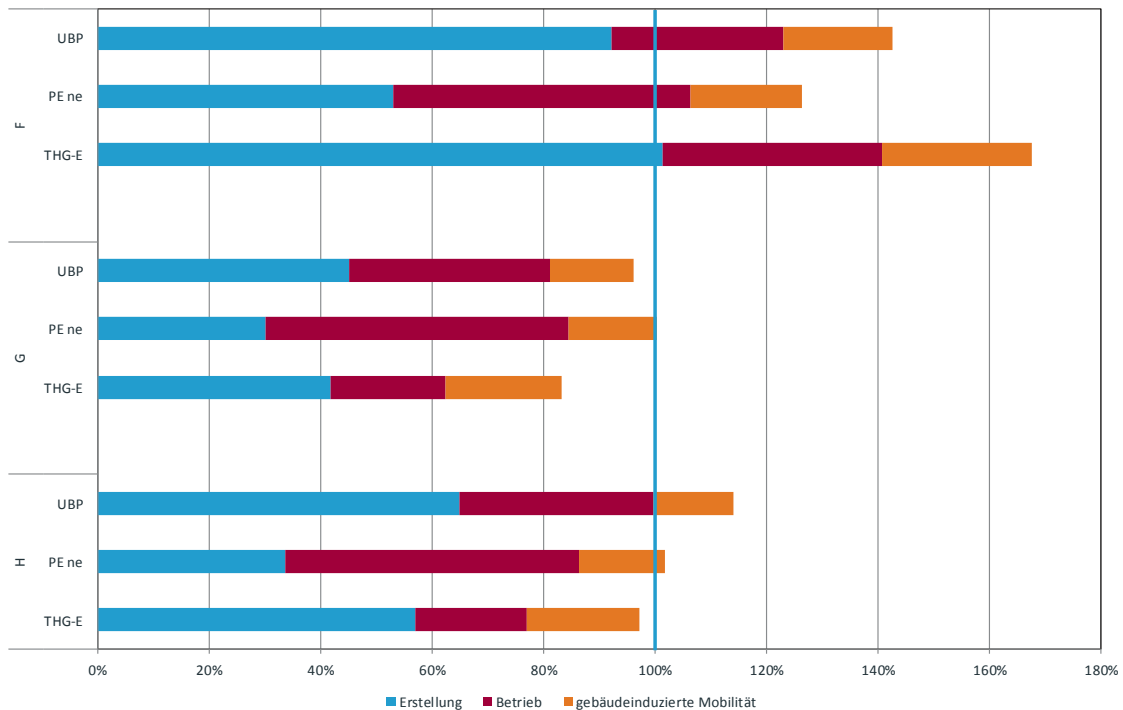


Abb. 6.6 Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen der Schulhäuser (Neubauten), indexiert (Zielwert = 100 %)

6.4 Zielwert Umweltbelastung von Bürogebäuden

6.4.1 Festlegen einer Bandbreite

Der Reduktionsbedarf bezüglich Bürogebäude wird analog zu den Wohngebäuden und Schulhäusern festgelegt und beträgt zwischen 38 – 63 % der Gesamtumweltbelastung (Jungbluth et al. 2011, S. 99). Angewendet auf die Bürogebäude führt dies zu einer Bandbreite der Umweltbelastung zwischen rund 40'000 und 67'000 UBP pro m² EBF und Jahr. Abb. 6.7 illustriert diese Bandbreite mit einer grau hinterlegten Fläche angewendet auf die in dieser Studie analysierten Bürogebäude.

In Abb. 6.7 ist ersichtlich, dass die Umweltbelastung des Bürogebäudes A innerhalb der Bandbreite liegt, während diejenige des Bürogebäudes B auf der unteren Grenze zu liegen kommt.

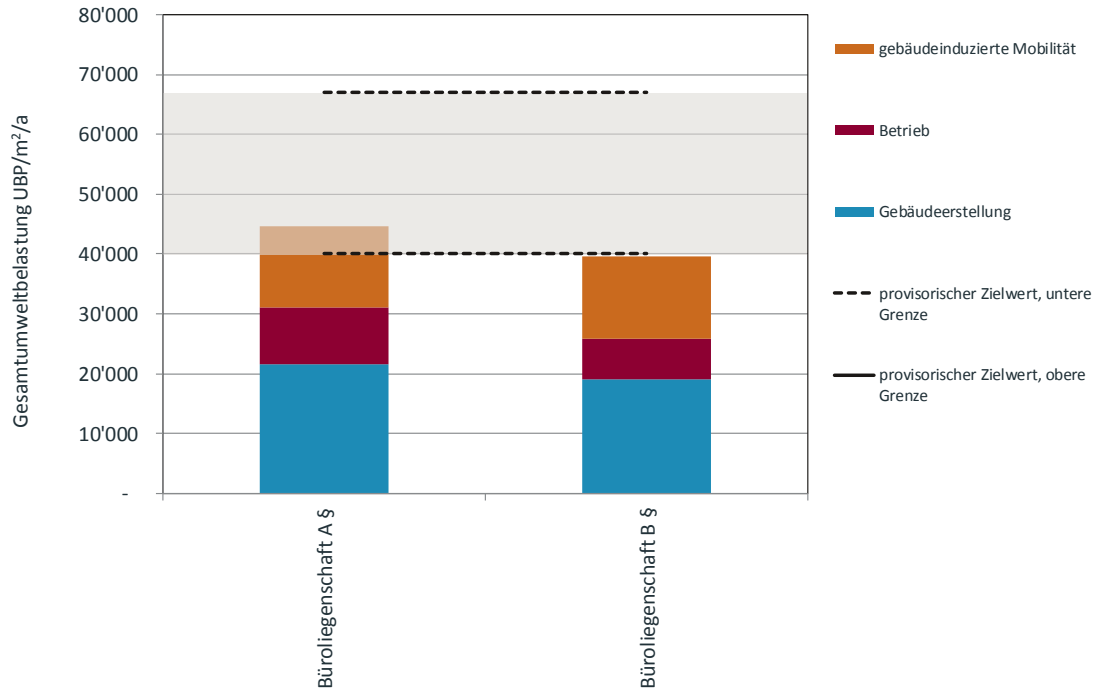


Abb. 6.7 Gesamtumweltbelastung der Bürobauten sowie der Zielwertbereich gemäss einem Reduktionsbedarf der Gesamtumweltbelastung von 38 % bis 63 %.
§: Gebäude unterhalb Zielwert Primärenergie nicht erneuerbar

Beide Bürogebäude halten den Zielwert für die nicht erneuerbare Primärenergie und für Treibhausgasemissionen ein.

6.4.2 Vergleich der Zielerreichung

Um die Ergebnisse des Primärenergiebedarfs nicht erneuerbar, der Treibhausgasemissionen sowie der Gesamtumweltbelastung der beiden Büroliedenschaften vergleichbar zu machen, wurde der Zielwert der Gesamtumweltbelastung bei 48'000 UBP pro m² EBF und Jahr festgelegt, was einem Reduktionsbedarf von 56 % entspricht.

Beide Gebäude liegen sowohl bezüglich Gesamtumweltbelastung, als auch bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar unterhalb des Zielwerts. Die Treibhausgasemissionen der beiden analysierten Gebäude entsprechen dem Zielwert.

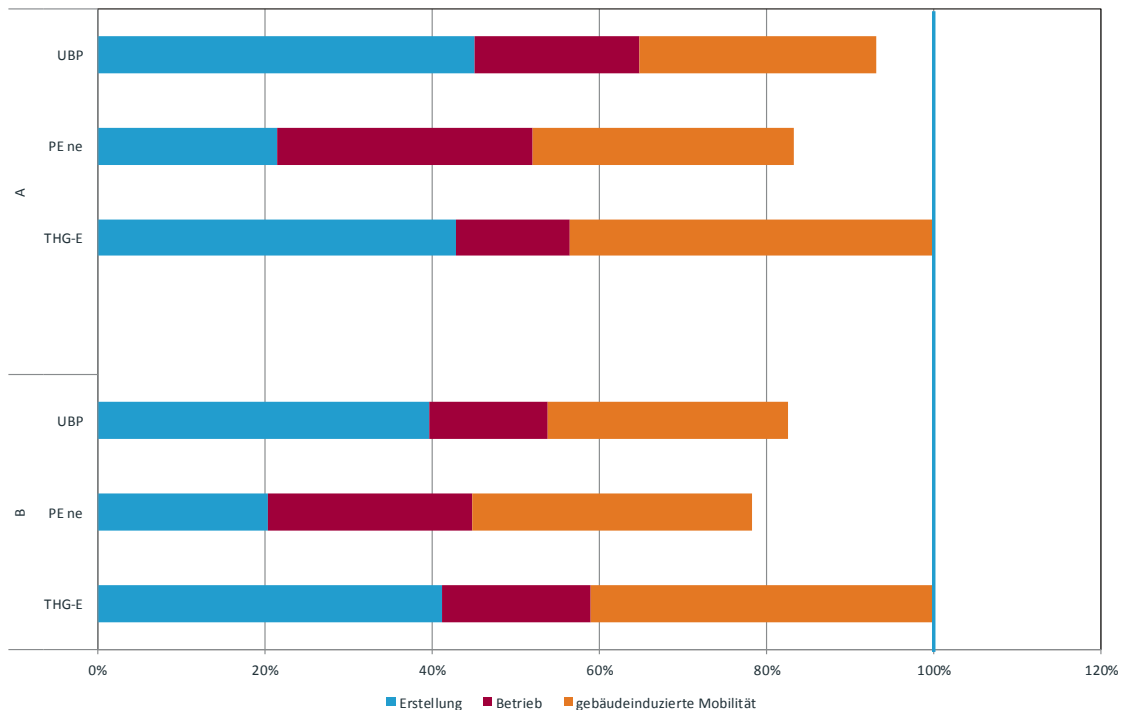


Abb. 6.8 Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen der Bürogebäude (Neubauten), indexiert (Zielwert = 100 %)

6.5 Vergleich der Reduktionsziele der Umweltindikatoren

Die Reduktionsziele für die Primärenergie nicht erneuerbar und die Treibhausgasemissionen gemäss dem SIA Merkblatt 2040 sind unterschiedlich. Ausgehend vom Jahr 2005 wurde für die Primärenergie nicht erneuerbar ein Reduktionsbedarf von 66 % bis hin zum Etappenziel im Jahr 2050 definiert. Für die Treibhausgasemissionen ist der Reduktionsbedarf mit rund 77 % deutlich grösser. Ausgehend von der aktuellen durchschnittlichen Gesamtumweltbelastung von 65'000 UBP/m²/a von Wohngebäuden entspräche ein provisorischer Zielwert von 29'000 UBP/m²/a einem Reduktionsbedarf von 56 %. Der Reduktionsbedarf ist also weniger gross als derjenige in Bezug auf die Primärenergie nicht erneuerbar und die Treibhausgasemissionen. Selbst der maximale Reduktionsbedarf gemäss Jungbluth et al. (2011, S. 99) liegt mit 63 % etwas tiefer als derjenige in Bezug auf die Primärenergie nicht erneuerbar.

Inwiefern eine Reduktion um 56 % bei der Gesamtumweltbelastung von Gebäuden machbar und mit der heutigen Technik realisierbar ist, wird im nachfolgenden Kapitel 7 diskutiert.

6.6 Fazit der Zielwertbestimmung

Die Auswertungen der Wohn-, Schul- und Bürogebäude in Bezug auf einen möglichen Zielwert Gesamtumweltbelastung zeigen folgendes:

- Die spezifische Umweltbelastung der analysierten Gebäude ist durchwegs und teilweise deutlich tiefer als die Umweltbelastung des heutigen Gebäudebestands.
- In der Erstellung sind bezüglich der Massenbaustoffe Beton, Baustahl und Holz zwischen den drei Indikatoren Primärenergie nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung nur wenig systematische Unterschiede auszumachen, insbesondere unter Berücksichtigung der aktuellsten Datengrundlage und der aktuellsten Indikatoren.
- Im Vergleich mit den Indikatoren Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen gewinnt die Herstellung der Haustechnik-Komponenten (Elektroanlagen und Lüftungsanlagen mit Blechkanälen) deutlich an Bedeutung. Damit kann das Berücksichtigen dieses Indikators zu Bauweisen führen mit einem zurückhaltenden Einsatz von Gebäudetechnik (Elektroanlagen, Lüftungsanlagen).
- Eine deutliche Änderung der Prioritäten ist beim Betriebsenergieverbrauch auszumachen. Während Gebäude mit einem relativ hohen Heizenergiebedarf die Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen mithilfe von Holzheizungen gut einhalten können, kann dies aufgrund der Stickoxid- und Partikelemissionen bezüglich Umweltbelastung zu einer Überschreitung des Zielwerts führen.
- Es lässt sich ein Zielwert „Umweltbelastung“ aus der Gesamtbilanz Schweiz ableiten (Top-Down), der von heutigen, energieeffizienten Gebäuden eingehalten werden kann. Dieser basiert auf einem Reduktionsbedarf, welcher geringer ist als derjenige bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen.
- Ein „offizielles“ und eindeutiges Reduktionsziel, wie dies bei den Treibhausgasemissionen und der Primärenergie mit den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft vorliegt, ist beim Indikator Gesamtumweltbelastung (noch) nicht verfügbar.

7 Kontrolle der Machbarkeit: Richtwerte

7.1 Einführung

Die Erreichung der Zielwerte wird mit Hilfe von Richtwerten unterstützt. Die Richtwerte haben keinen verbindlichen Charakter sondern sollen eine Orientierungshilfe für die Anwender darstellen. Sie widerspiegeln die Machbarkeit innerhalb der einzelnen Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität. Die Summe der drei Richtwerte Erstellung, Betrieb und Mobilität entspricht den Zielwerten (Kapitel 6).

Die Umweltbelastung der Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität der analysierten Gebäude geben Hinweise darauf, welche Umweltbelastungsreduktion heute möglich ist und wie die Richtwerte pro Gebäudetyp festgelegt werden können. Die Richtwerte verteilen sich typischerweise zwischen Neubauten und Sanierungen unterschiedlich.

In den folgenden Unterkapiteln 7.2 bis 7.4 wird näher auf die Unterschiede zwischen der aktuellen Umweltbelastung pro Gebäudetyp und der heute technisch erreichbaren Niveaus der Umweltbelastung bei Neubauten eingegangen. Dabei wird die Differenz diskutiert und die Richtwerte für die Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität pro Gebäudetyp festgelegt.

7.2 Reduktionspotential Wohngebäude

Der Zielwert von Wohngebäuden liegt bei 29'000 UBP pro m² EBF und Jahr (Kapitel 6.2). Vergleicht man die Projektwerte der analysierten Gebäude mit dem Zielwert scheint das Reduktionsziel realisierbar, wobei die untersuchten Neubauten ein etwas kleineres Potential zur Zielwerterreichung haben als Umbauten (siehe Tab. 7.1).

Im Vergleich zu den Istwerten kann im Bereich Mobilität die postulierte Reduktion von 56% umgesetzt werden – anteilmässig nimmt dieser Bereich sowohl bei den Istwerten als auch bei den Projektwerten rund einen Viertel des Budgets in Anspruch. Allerdings wird hier ein Teil des Reduktionspotentials durch den in Zukunft zu erwartenden, deutlich tieferen Flottenverbrauch im Modell vorausgesetzt.

Bei der Erstellung kann die postulierte Reduktion, insbesondere bei Neubauten, nicht vollständig umgesetzt werden – anteilmässig wird der Bereich Erstellung bedeutender im Vergleich zu den Istwerten. Den Löwenanteil der notwendigen Reduktion leisten die Neubauten eindeutig im Betrieb.

Die vorgeschlagene Aufteilung der drei Richtwerte am für Neu- und Umbauten identischen Zielwert berücksichtigt die prozentualen Anteile Erstellung, Betrieb, Mobilität der analysierten Neubauten und Sanierungen. Die Unterschiede zwischen Neu- und Umbauten im Bereich Mobilität liegen in einer Eigenheit der analysierten Gebäude (die Sanierungen liegen an mobilitätsmässig besseren Standorten) und werden in der Richtwertansatzung ausgeglichen.

Tab. 7.1 Übersicht über die Istwerte der Gesamtumweltbelastung der Schweizer Wohnbauten, der durchschnittlichen Gesamtumweltbelastung der analysierten Wohngebäude (Neubauten und Sanierungen) sowie der daraus abgeleiteten Richtwerte Wohnen

Bereich	Istwerte Wohnen	Anteil	Projektwerte analysierte Neubauten	Anteil	Projektwerte analysierte Sanierungen	Anteil	Vorschlag Richtwerte Neubauten	Vorschlag Richtwerte Umbauten
Einheit	UBP/m ² /a	%	UBP/m ² /a	%	UBP/m ² /a	%	UBP/m ² /a	UBP/m ² /a
Erstellung	18'000	28%	14'000	44%	8'000	30%	13'000	9'000
Betrieb	31'000	48%	10'000	31%	13'000	48%	9'000	13'000
Mobilität	16'000	24%	8'000	25%	6'000	22%	7'000	7'000
Summe	65'000	100%	32'000	100%	27'000	100%	29'000	29'000

7.3 Reduktionspotential Schulen

Beim Gebäudetyp Schulen zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Wohngebäuden (siehe Tab. 7.2). Auffällig ist hier, dass der Zielwert 25'000 UB pro m² EBF und Jahr (Kapitel 6.3) doch deutlich unter den durchschnittlichen Projektwerten aller Schulgebäude liegt. Die Zielerreichung dürfte also bei Schulen äusserst anspruchsvoll sein. Das effektive Reduktionspotential scheint – nimmt man die untersuchten Gebäude als Massstab – eher kleiner zu sein als die angestrebte Reduktion von 56 %.

Bei der Erstellung kann die postulierte Reduktion im Vergleich zu den Istwerten nicht realisiert werden. Dafür wird diese im Bereich Betrieb übertroffen. Im Bereich Mobilität ist das Reduktionspotential knapp weniger gross als es das Reduktionsziel vorgeben würde.

Tab. 7.2 Übersicht über die Istwerte der Gesamtumweltbelastung der Schulen, der durchschnittlichen Gesamtumweltbelastung der analysierten Schulgebäude sowie der daraus abgeleiteten Richtwerte Schulen

Bereich	Istwerte Schulen	Anteil	Projektwerte analysierte Neubauten	Anteil	Projektwerte analysierte Sanierungen	Anteil	Vorschlag Richtwerte Neubauten	Vorschlag Richtwerte Umbauten
Einheit	UBP/m ² /a	%	UBP/m ² /a	%	UBP/m ² /a	%	UBP/m ² /a	UBP/m ² /a
Erstellung	17'000	30%	17'000	57%	9'000	33%	13'000	8'000
Betrieb	34'000	60%	9'000	30%	14'000	52%	8'000	13'000
Mobilität	6'000	10%	4'000	13%	4'000	15%	4'000	4'000
Summe	57'000	100%	30'000	100%	27'000	100%	25'000	25'000

7.4 Reduktionspotential Bürogebäude

Das Bild bei den Bürogebäuden unterscheidet sich grundsätzlich nicht von jenem bei Wohn- und Schulbauten (vgl. Tab. 7.3). Die Ableitung von Richtwerten ist bei den Bürogebäuden schwierig, da nur zwei Neubauten untersucht wurden. Die Projektwerte beider analysierten Bürobauten liegt unter dem ermittelten Zielwert von 48'000 UB

pro m² EBF und Jahr (Kapitel 6.4). Das effektive Reduktionspotential liegt damit über den postulierten 56 %. Bei den Sanierungen wird angenommen, dass sich die Verteilung im Verhältnis zum Neubau ähnlich verhält wie bei den vorgängig untersuchten beiden Gebäudekategorien Wohnen und Schulen. Dadurch kann hier trotzdem ein Vorschlag für die Richtwerte von sanierten Bürogebäuden gemacht werden.

Im Vergleich zu den Istwerten zeigt sich das bekannte Bild: Der Bereich Erstellung trägt kaum zum postulierten Reduktionsziel bei. Das fehlende Reduktionspotential im Bereich Erstellung wird durch ein umso grösseres Potential im Betrieb kompensiert. Auch bei Bürogebäuden kann im Bereich Mobilität das postulierte Reduktionsziel fast umgesetzt werden. Allerdings wird ein Teil des Reduktionspotentials durch den in Zukunft zu erwartenden, deutlich tieferen Flottenverbrauch im Modell vorausgesetzt.

Tab. 7.3 Übersicht über die Istwerte der Gesamtumweltbelastung der Schweizer Bürobauten, der durchschnittliche Gesamtumweltbelastung der Büro-Neubauten der untersuchten Fallstudien sowie der daraus abgeleiteten Richtwerte Büros

Bereich	Istwerte Büro	Anteil	Neubauten	Anteil	Projektwerte analysierte Sanierungen	Vorschlag Richtwerte Neubauten	Vorschlag Richtwerte Umbauten
Einheit	UBP/m ² /a	%	UBP/m ² /a	%	UBP/m ² /a	UBP/m ² /a	UBP/m ² /a
Erstellung	20'000	18%	20'000	48%	-	23'000	14'000
Betrieb	59'000	54%	8'000	19%	-	9'000	18'000
Mobilität	30'000	28%	14'000	33%	-	16'000	16'000
Summe	109'000	100%	42'000	100%	-	48'000	48'000

7.5 Orientierende Richtwerte pro Gebäudetyp

Durch den Vergleich der Istwerte und der in der Fallstudie ermittelten Umweltbelastung wird das Potential ersichtlich, welches durch eine umwelteffiziente Bauweise heute möglich ist. Die Richtwerte orientieren sich an den ermittelten Reduktionspotentialen für Neubauten und Sanierungen und werden pro Gebäudetyp festgelegt (siehe Tab. 7.4).

Verglichen mit dem heute Erreichbaren ist der Zielwert Gesamtumweltbelastung für Schulhaus-Neubauten am anforderungsreichsten. Die analysierten Bürobauten dagegen erreichen den Zielwert Gesamtumweltbelastung problemlos. Dies könnte allenfalls bedeuten, dass die entsprechenden Zielwerte noch etwas feinjustiert werden müssten und aufgrund von Machbarkeitsüberlegungen eine Kompensation zwischen den Gebäudekategorien Büro und Schulen denkbar wäre. Da die gesamten Energiebezugsflächen der Bürogebäude massiv höher liegen als die Flächen der Schulgebäude, würde eine bereits geringe Reduktion der Zielwerte Büro zu einer spürbaren Erhöhung der Zielwerte Schulen führen und damit die Zielwerterreichung erleichtert.

Tab. 7.4 Zielwerte und orientierende Richtwerte der Gesamtumweltbelastung für Wohn- Schul- und Bürogebäude, pro Quadratmeter Energiebezugsfläche und Jahr

	Wohngebäude UBP/m ² /a		Schulgebäude UBP/m ² /a		Bürogebäude UBP/m ² /a	
	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau	Neubau	Umbau
Richtwert Erstellung	13'000	9'000	13'000	8'000	23'000	14'000
Richtwert Betrieb	9'000	13'000	8'000	13'000	9'000	18'000
Richtwert Mobilität	7'000	7'000	4'000	4'000	16'000	16'000
Zielwert	29'000	29'000	25'000	25'000	48'000	48'000

8 Sensitivitätsanalysen

8.1 Aktualisierung der Hintergrunddaten sowie der Umweltindikatoren Gesamtumweltbelastung und Treibhausgasemissionen

8.2 Übersicht

Um die Stabilität der Resultate zu prüfen, werden von den drei Projektpartnern unterschiedliche Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Einerseits werden die Hintergrunddaten sowie die Ökofaktoren von zwei der drei Umweltindikatoren aktualisiert, andererseits der Einfluss einzelner Materialien und Bauweisen auf die Umweltbelastung untersucht und drittens die Energieträger für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser variiert. Die durchgeführten Sensitivitätsanalysen sind in den folgenden Abschnitten detailliert aufgeführt.

8.2.1 Bedeutung der Umweltbelastung bei ausgewählten Datensätzen

Anhand ausgewählter Baumaterialien, Energiebereitstellungsformen und Transportleistungen (Frachttransport) werden die Umweltkennwerte der aktualisierten KBOB / eco-bau / IPB Empfehlung 2009/1:2014 diskutiert. In Abb. 8.1 werden die Umweltkennwerte Umweltbelastung, Primärenergie gesamt, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen der Baumaterialien, Energieträger und Transportleistungen relativ zu den Kennwerten des Schweizer Verbrauchermix (= 100 %) dargestellt. Zusätzlich sind die Kennwerte der gezeigten Energieträger, Transporte, Gebäudetechnik und Baumaterialien, relativ zum jeweiligen Primärenergiebedarf nicht erneuerbar dargestellt. Deshalb ist der Kennwert Primärenergie, nicht erneuerbar bei jedem gezeigten Datensatz = 100 %. Mit dieser Darstellung lässt sich zeigen, inwiefern ein Energieträger oder Baumaterial bei einem Wechsel des Indikators an Bedeutung gewinnt oder verliert.

In Abb. 8.1 ist erkennbar, dass beispielsweise die Treibhausgasemissionen des ENTSO-E Strommix deutlich höher sind (280 %) und die Umweltbelastung ebenfalls merklich höher liegt (43 %) im Vergleich zur nicht erneuerbaren Primärenergie. Bei mit Wärmepumpen bereitgestellter Nutzwärme sind die relativen Unterschiede zur Primärenergie nicht erneuerbar relativ gering, während bei der mit einer Erdgas- oder Ölheizung bereitgestellten Nutzwärme einzig die Treibhausgasemissionen deutlich von den anderen Indikatoren abweichen. Nutzwärme, die mit Holzpellets und mit Wärmepumpen bereitgestellt wird, zeigt einen im Verhältnis zum Bedarf an nicht erneuerbarer Primärenergie erhöhten Bedarf an gesamter Primärenergie.

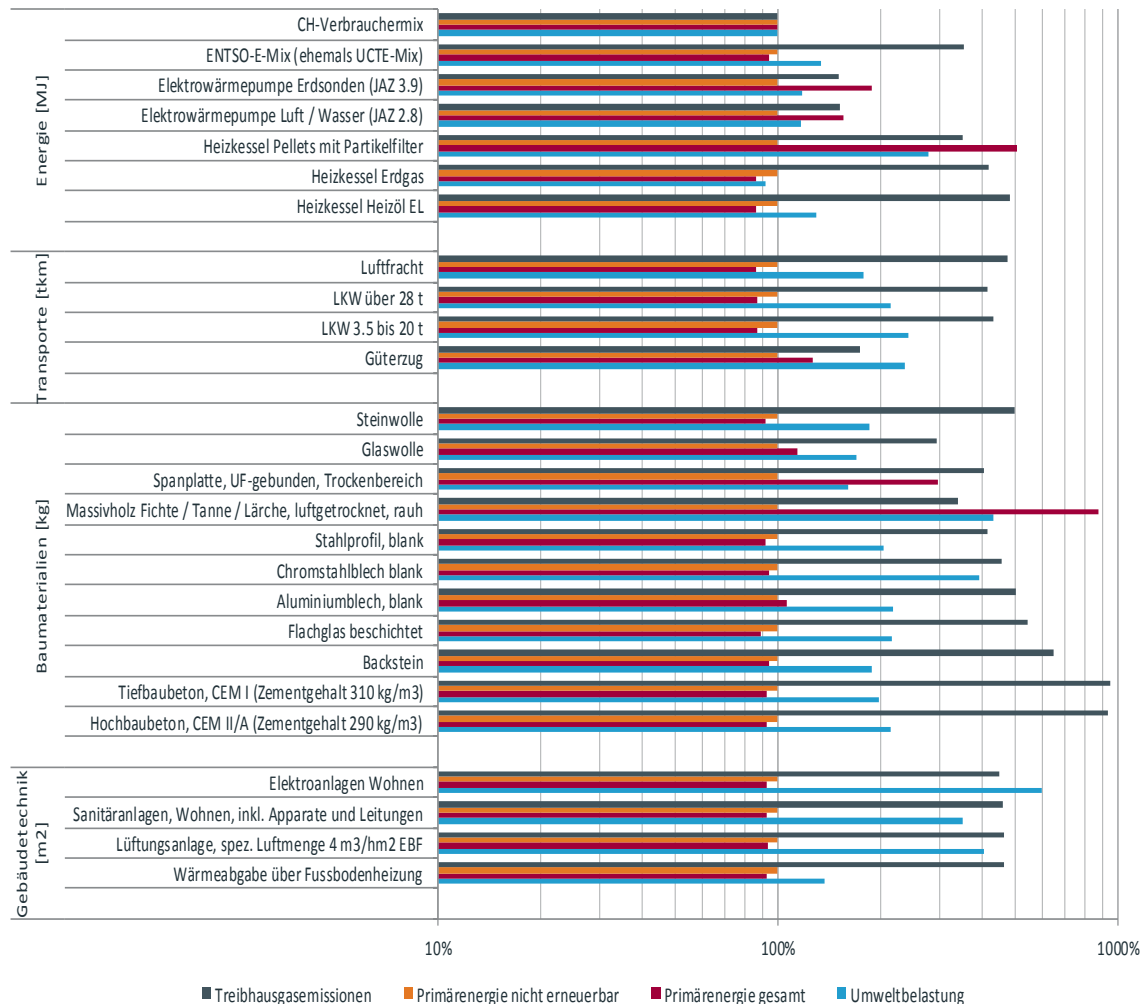


Abb. 8.1 Relative Höhe der Umweltkennwerte Umweltbelastung, Primärenergie gesamt, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen ausgewählter Baumaterialien, Gebäudetechnik, Energiebereitstellungsformen und Transportleistungen (Fracht). Die Werte sind relativ zu den Kennwerten des Schweizer Verbrauchermix und relativ zum individuellen Primärenergiebedarf nicht erneuerbar jedes Datensatzes dargestellt. Dieser Kennwert ist jeweils zu 100 % gesetzt. Logarithmische Darstellung.

Bei den Baumaterialien ist erkennbar, dass ebenfalls die Treibhausgas-Emissionen und die Umweltbelastung jeweils grössere Abweichungen gegenüber dem jeweiligen Referenzwert „Primärenergie nicht erneuerbar“ aufweisen als der Indikator Primärenergie gesamt. Dies ist bei allen Baumaterialien ausser bei Massivholz und Spanplatte erkennbar (wenn auch in unterschiedlichem Ausmass). Bei den holzbasierten Bauprodukten weicht der gesamte Primärenergieverbrauch von diesem Muster deutlich ab.

Bei der Gebäudetechnik lässt sich erkennen, dass die Umweltbelastung ähnlich hohe Abweichungen zeigt wie die Treibhausgasemissionen (bei den Baumaterialien sind die Abweichungen bezüglich Umweltbelastung geringer als bezüglich Treibhaus-

gasemissionen). Bei den Elektroanlagen ist die Abweichung bei der Umweltbelastung sogar noch höher als bei den Treibhausgasemissionen. Dies liegt vor allem an der hohen Umweltbelastung bei der Kupfergewinnung. Elektroanlagen tragen somit relativ betrachtet mehr zur Umweltbelastung eines Gebäudes bei als zu dessen Treibhausgasemissionen. Bei der Wärmeabgabe über Fussbodenheizungen ist es umgekehrt.

Bei den Frachttransporten lässt sich ein ähnliches Muster erkennen wie bei den meisten Baumaterialien: Treibhausgasemissionen und – etwas weniger ausgeprägt – die Umweltbelastung ist im Verhältnis zum Primärenergieverbrauch nicht erneuerbar erhöht. Einzig bei dem mit Strom betriebenen Gütertransport auf Schweizer Schienen ist die Umweltbelastung relativ zum nicht erneuerbaren Primärenergieverbrauch höher als die Treibhausgasemissionen.

Aus dieser Betrachtung lassen sich folgende Schlüsse ableiten:

- Im Vergleich zu einer Betrachtung über den Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie bei Errichtung, Betrieb und Rückbau von Gebäuden gewinnen die Baustoffe (und damit die Errichtung und der Rückbau) bei der Bilanzierung der Umweltbelastung an Bedeutung. Auch bei den Treibhausgasemissionen ist diese Verschiebung von Betrieb zu Erstellung erkennbar, ausser die Energiebereitstellung im Betrieb erfolgt mit fossilen Brennstoffen (Erdgas, Heizöl EL).
- Es ist also zu erwarten, dass der Anteil Erstellung und Rückbau von Gebäuden mit tiefem Betriebsenergiebedarf und mit Nutzung erneuerbarer Energien (wie Holz und Umweltwärme) bezüglich Treibhausgasemissionen und, etwas weniger ausgeprägt, bezüglich Umweltbelastung grösser ist als bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar.
- Die Elektroinstallationen sind in Bezug auf die Umweltbelastung von grösserer Bedeutung als in Bezug auf Treibhausgasemissionen und von deutlich grösserer Bedeutung als in einer Primärenergie-Betrachtung.
- Gütertransporte haben bei einer Betrachtung der Umweltbelastung eine insgesamt höhere Bedeutung als bei einer Betrachtung der Primärenergie oder der Treibhausgasemissionen. Diese Schlüsse werden im nachfolgenden Abschnitt anhand der von Züger und Gutri bilanzierten Gebäude überprüft.

8.2.2 Die neue KBOB-Empfehlung 2009/1:2014

Die in den Kapiteln 4 und 5 dokumentierten Berechnungen der Umweltbelastungen basieren auf dem ecoinvent Datenbestand v2.2 beziehungsweise der KBOB-Empfehlung 2009/1, Stand Juli 2012 (siehe auch Unterkapitel 2.5). Die Ökobilanzen der dreizehn Zürcher Gebäude (Wohngebäude A, B, E, Schulhäuser A bis G sowie die Altersheime A bis C) werden nachfolgend mit einer aktualisierten Datengrundlage gemäss der KBOB-Empfehlung 2009/1:2014 neu gerechnet (KBOB et al. 2014a). Damit werden die Gesamtumweltbelastung mit den aktualisierten Bewertungsfaktoren gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht

& Büsser Knöpfel 2013) und die Treibhausgasemissionen mit den neusten Treibhauspotentialen (IPCC 2013) berechnet.

Die überarbeitete, aktualisierte Methode der ökologischen Knappheit 2013 ist an die sich laufend ändernde Emissionssituation, neu gesetzliche und politische Rahmenbedingungen sowie neu Erkenntnisse angepasst. Es wurden die Datengrundlagen der bestehenden Ökofaktoren aktualisiert, neue Ökofaktoren für Verkehrslärm, für persistente organische Schadstoffe und für metallische und mineralische Ressourcen eingeführt, die Herleitung der Ökofaktoren für Landnutzung und radioaktive Abfälle an neue wissenschaftliche Erkenntnisse angepasst sowie die Methode entsprechend der Ausweisung von themenorientierten Zwischenergebnissen weiterentwickelt.

Mit der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013) wird ausschliesslich der dissipativ genutzte Anteil der entnommenen Ressource bewertet. Bei der stofflichen Nutzung von Ressourcen ist nicht die entnommene Menge entscheidend, sondern die Tatsache, wieviel der entnommenen und verarbeiteten Ressource verloren geht und damit für eine künftige Nutzung nicht mehr zur Verfügung steht (siehe auch Frischknecht & Büsser Knöpfel 2014; Vadenbo et al. 2014). Der restliche Anteil, welcher stofflich verwertet beziehungsweise wiederverwendet werden kann, wird lediglich «ausgeliehen» und steht damit zukünftigen Nutzern wieder zur Verfügung. Für detailliertere Informationen wird auf Wyss et al. (2014) verwiesen. Die Indikatoren Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen sind davon nicht betroffen.

Die aktualisierten Treibhauspotentiale der Treibhausgase wurden im 5. Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change im Jahr 2013 publiziert (IPCC 2013). Insbesondere das Treibhauspotential von Methan ist gegenüber den Treibhauspotentialen des 4. Sachstandsberichts des IPCC deutlich höher.

8.2.3 Aktualisierung der Istwerte der Umweltbelastung von Wohnbauten

Die Daten, welche für die Bestimmung des Istwerts der Umweltbelastung aus der Erstellung von Gebäuden herangezogen werden (Schneider 2009), werden mit der Methode der ökologischen Knappheit 2013 neu bewertet, um die aktualisierte Umweltbelastung der Erstellung von Gebäuden abschätzen zu können. Die Gesamtumweltbelastung, verursacht durch die Erstellung der Schweizer Wohngebäude, liegt bei 313'500 Mia. UBP. Die Energiebezugsfläche der Wohnbauten der Schweiz sowie die Anzahl in der Schweiz wohnhaften Personen beziehen sich unverändert auf das Jahr 2005. Daraus resultiert durch das Erstellen von Wohngebäuden eine Umweltbelastung von rund 0.98 Millionen UBP pro Person und Jahr beziehungsweise 17'000 UBP pro m² EBF und Jahr.

Die Gebäudeuntersuchungen mit den aktualisierten Hintergrunddaten und Indikatoren haben gezeigt, dass die durchschnittliche Gesamtumweltbelastung des Betriebs eines Wohngebäudes pro Person und m² EBF um 13 % geringer ist. Diese Reduktion wird nun auf den Istwert für das Betreiben von Wohnbauten aus der BAFU-Studie über die Gesamtumweltbelastung von Produktion und Konsum der Schweiz

angewendet (siehe auch Abschnitt 5.2.2). Der Energieverbrauch der Haushalte verursacht somit rund 1.61 Millionen UBP pro Person und Jahr.

Auch die gebäudeinduzierte Mobilität wird mit den aktualisierten Hintergrunddaten und den neuesten Ökofaktoren bewertet, siehe Tab. 8.1. Die zu Grunde liegenden Annahmen werden nicht verändert und die Daten des Mikrozensus basieren weiterhin auf dem Jahr 2005 (siehe Abschnitt 5.2.2). Bei Wohnbauten beträgt die Umweltbelastung der Alltagsmobilität knapp 1.01 Millionen UBP pro Person und Jahr.

Tab. 8.1 Umweltbelastung, Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbrauch, nicht erneuerbar pro Person und Jahr, Aufteilung in Total Mikrozensus, Total Gebäude, Wohnen, sowie Arbeit, Büro, Schule und für Alltagsmobilität, nicht-alltägliche Mobilität und dessen Summe (Total Mobilität), basierend auf den Angaben aus Tab. 5.1

<i>Umweltauswirkungen pro Person und Jahr</i>		<i>Alltagsmobilität</i>	<i>nicht alltägliche Mobilität</i>	<i>Total Mobilität (alltäglich und nicht-alltäglich)</i>
Umweltbelastung nach Methode der ökologischen Knappheit 2013 (in UBP)	Total Mikrozensus	2'179'633	904'579	3'084'126
	Total Gebäude (Wohnen und Arbeit)	1'437'728	550'270	1'987'999
	Wohnen	1'014'083	468'202	1'482'292
	Arbeit, Büro, Schule	423'645	82'084	505'715
Treibhausgasemission nach IPCC 2013 (in kg CO ₂ -eq)	Total Mikrozensus	1'885	841	2'726
	Total Gebäude (Wohnen und Arbeit)	1'240	511	1'751
	Wohnen	876	435	1'311
	Arbeit, Büro, Schule	365	76	440
Primärenergieverbrauch (in MJ oil-eq)	Total Mikrozensus	33'947	13'705	47'651
	Total Gebäude (Wohnen und Arbeit)	22'431	8'339	30'770
	Wohnen	15'786	7'093	22'879
	Arbeit, Büro, Schule	6'645	1'246	7'891

In der Summe beläuft sich die Gesamtumweltbelastung, verursacht durch die Wohngebäude inkl. gebäudeinduzierter Mobilität, auf rund 3.44 Millionen UBP pro Person und Jahr. Dies entspricht 58'000 UBP pro m² EBF und Jahr unter der Annahme, dass eine Person über 60 m² EBF verfügt (SIA 2011b). Der Bereich Betrieb dominiert nach wie vor die Belastungen mit einem Anteil von 47 %. Die Belastungen der Gebäudeerstellung haben leicht abgenommen und diejenigen der gebäudeinduzierten Mobilität haben sich etwas erhöht (siehe Tab. 8.2).

Tab. 8.2 Istwerte Gesamtumweltbelastung der Wohngebäude (pro Person und pro m² EBF) sowie der Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität, in UBP (2013)

Bereich	Istwert Gesamtumweltbelastung Wohngebäude		Anteil %
	pro Person	pro m ² EBF	
Erstellung	818'000	14'000	24 %
Betrieb	1'610'000	27'000	47 %
Gebäudeinduzierte Mobilität	1'014'000	17'000	29 %
Summe	3'442'000	58'000	100 %

Die Bandbreite des daraus ableitbaren Zielwerts (gemäss Reduktionspotentialen von 38 % bis 63 %, siehe Abschnitt 6.2.1) liegt zwischen 22'000 UBP/m²/a und 37'000 UBP/m²/a. Der neue Zielwert kommt auf 27'000 UBP/m²/a zu liegen und ist damit etwa 2'000 Umweltbelastungspunkte unterhalb des ursprünglich ermittelten Zielwerts.

8.2.4 Umweltauswirkungen der von Züger und Gutri bilanzierten Gebäude

Der Vergleich der Gesamtumweltbelastungen mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006 (MoeK 2006) und 2013 (MoeK 2013) zeigt, dass zwölf der dreizehn Gebäude neu eine tiefere Gesamtumweltbelastung aufweisen (siehe Abb. 8.2). Der Neubau, welcher eine höhere Gesamtumweltbelastung aufweist (Altersheim B), liegt in seiner Umweltbelastung jedoch nur marginal höher (1 %) als ursprünglich berechnet.

Die reduzierten Gesamtumweltbelastungen zeigen in den untersuchten Gebäuden ein homogenes Bild. Im Schnitt haben die Umbauten eine um 3 % reduzierte Belastung, während die Neubauten eine um 4 % reduzierte Belastung aufweisen.

Die *Gebäudeerstellung* führt mit den aktualisierten Hintergrunddaten und der Bewertungsmethode MoeK13 in acht der dreizehn untersuchten Gebäuden zu höheren Belastungen. Zwei davon (Wohngebäude E sowie Altersheim B) sind Neubauten, bei den restlichen Gebäuden, die eine erhöhte Belastung in der Erstellung aufweisen, handelt es sich um Sanierungen. Im Durchschnitt hat die Gesamtumweltbelastung der Erstellung der Sanierungen um 3 % zugenommen, während diejenige der Neubauten um 2 % abgenommen hat.

Innerhalb der Gebäudeerstellung haben die Gesamtumweltbelastungen eine Verschiebung erfahren: die Belastungen der Erstellung und der Instandhaltung haben zugenommen, während die Belastungen des Rückbaus nun geringer sind. Der Rückbau verursacht bei vielen Baustoffen (und bei sämtlichen Gebäuden) die geringeren Gesamtumweltbelastungen wegen den in den Hintergrunddaten neu angepassten, spezifischen Umweltbelastungen der Kehrlichtverbrennung und der Abfalldeponierung. Die Zunahme der Belastungen der Erstellung und der Instandhaltung sind insbesondere durch die erhöhten Ökofaktoren (bspw. Treibhausgase, Bewertung

von mineralischen Primärressourcen etc.) von MoeK 2013 verglichen mit MoeK 2006 zu begründen. Die teils bei Gebäuden geringere Gesamtumweltbelastung der Erstellung resultiert aus dem intensiven Einsatz von Beton-, Baustahl- und Holzwerkstoffen. Zu den genannten Baumaterialien stehen aktualisierte Ökobilanzdaten zur Verfügung, die zu tieferen Umweltkennwerten geführt haben. Die geringeren Belastungen des Rückbaus vermögen die vermehrten Belastungen der Erstellung und der Instandhaltung bei den meisten Gebäuden jedoch nicht vollständig aufzuwiegen.

Bei den einzelnen Komponenten der Erstellung hat insbesondere diejenige der Wärmepumpe in den Sachbilanzdaten Neuerungen erfahren und führt zusammen mit der aktualisierten Methode der ökologischen Knappheit zu deutlich höheren Gesamtumweltbelastungen. Dies beeinflusst die Erstellung sämtlicher Gebäude, die mit einer Wärmepumpe ausgerüstet sind (Schulhäuser A und D, Wohngebäude A, B und E, sowie Altersheim B).

Die Gesamtumweltbelastung der *Betriebsphase* wird durch die Aktualisierung der Hintergrunddaten und der Methode der ökologischen Knappheit reduziert. Die Sanierungen, resp. Neubauten verursachen neu eine im Durchschnitt um 11 %, resp. 14 % tiefere Gesamtumweltbelastung. Dies ist insbesondere durch die Aktualisierung des Strommixes (neu Entso-e Strommix anstelle von UCTE-Mix für den Anteil „nicht überprüfbarer Energieträger“) zurückzuführen. Durch die Erweiterung des Stromverbundes mit den skandinavischen Ländern sind die Gesamtumweltbelastungen pro Kilowattstunde gesunken.

Durch die Aktualisierung der Bewertungsmethoden erhöht sich die Umweltbelastung der *gebäudeinduzierten Mobilität* bei sämtlichen Gebäuden um 8 bis 14 %. Die gebäudeinduzierte Mobilität, verursacht durch die Wohngebäude und Altersheime, liegt im Vergleich zu den Referenzberechnungen um 8 % höher. Die gebäudeinduzierte Mobilität der Primarschulhäuser verursacht eine 10 % höhere Gesamtumweltbelastung, während die Sekundarschulhäuser eine Erhöhung um 14 % aufweisen. Die Sekundarschulhäuser verursachen eine höhere Umweltbelastung, da die Sekundarschüler und -lehrer die grössere Distanz mit motorisierten Fahrzeugen zurücklegen (Faktor von ca. 2.6).

Insgesamt vermögen die verringerten Gesamtumweltbelastungen in der Nutzungsphase die jeweiligen erhöhten Belastungen der Erstellungsphase und der Mobilität zu kompensieren und die Gebäude verursachen neu mit den aktualisierten Hintergrunddaten und Methode geringere Gesamtumweltbelastungen. Die folgende Abb. 8.2 zeigt die Gesamtumweltbelastung der dreizehn Gebäude unterteilt in Gebäudeerstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität. Dasjenige Gebäude, welches neu über eine höhere Gesamtumweltbelastung verfügt, ist mit einem roten Plus markiert.

Die Verschärfung des Zielwerts für Wohnbauten führt bei keinem der Wohngebäude zu einer Änderung des Verhaltens gegenüber diesem Zielwert. Obwohl die Reduktion der Belastung der Wohnbauten geringer ausfällt, als dass sich der Zielwert verschärft, findet keine neue Überschreitung des Zielwerts statt.

Es wird davon ausgegangen, dass sich die Zielwerte der Schulhäuser und Büros durch die Aktualisierung ebenfalls leicht verschärfen und dass jedoch keine Verschiebung des Verhältnisses der einzelnen Gebäudebelastungen zum Grenzwert stattfindet.

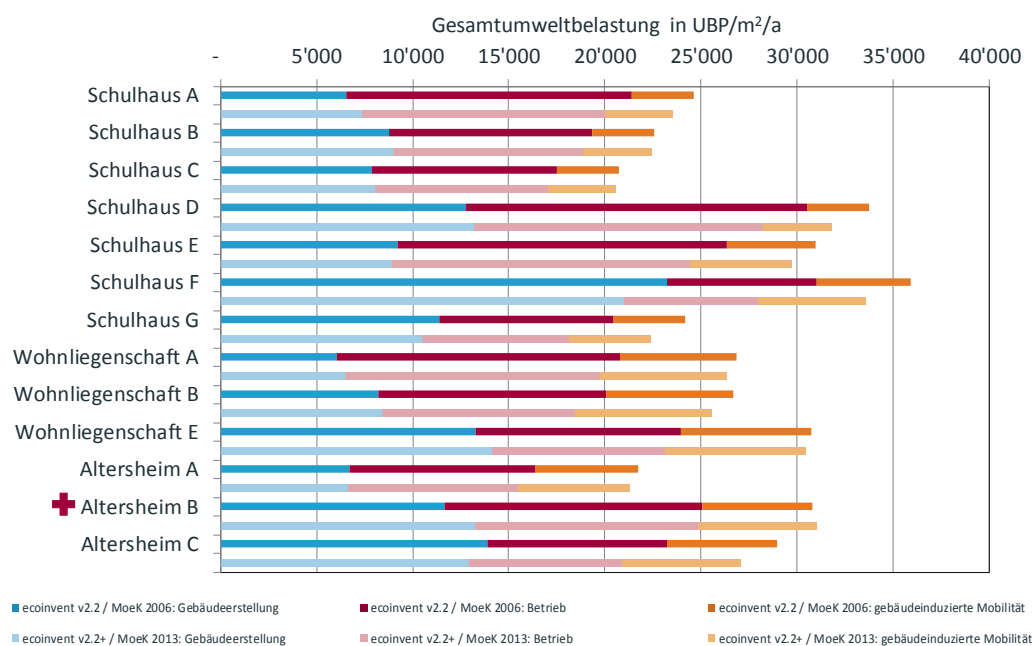


Abb. 8.2 Die Gesamtumweltbelastung der 13 Gebäude von Züger und Gutri, basierend auf den Hintergrunddaten des ecoinvent Datenbestands v2.2 (KBOB-Empfehlung 2009/1, Stand Juli 2012) und bewertet mit der Methode der ökologischen Knappheit 2006 (dunkle Schattierungen) und basierend auf den aktualisierten Hintergrunddaten und der Methode der ökologischen Knappheit 2013 (KBOB-Empfehlung 2009/1:2014, helle Schattierungen).
+ : Die Gesamtumweltbelastung ist höher als in den ursprünglichen Berechnungen

Betrachtet man die Indikatoren nicht erneuerbarer Primärenergieaufwand und Treibhausgasemissionen so zeigt sich ein leicht anderes Bild. Beim Primärenergieaufwand nicht erneuerbar wurden keine Ökofaktoren angepasst, daher sind hier ausschliesslich die Einflüsse der Aktualisierung der Sachbilanzdaten zu sehen. Die Aktualisierung der Daten führt bei sechs Gebäuden zu einem tieferen Primärenergieverbrauch, in einem Fall zu keiner Nettoänderung und in sechs der dreizehn Fällen zu höheren Verbräuchen. Bei letzteren handelt es sich um die Wohnliegenschaften A, B und E und das Altersheim B sowie um die Schulhäuser A und D. Die Zunahmen des Primärenergiebedarfs liegen bei wenigen Prozent (rund 4 %) während die Abnahme bis zu 15 % beträgt.

Der nicht erneuerbare durchschnittliche Primärenergiebedarf der Gebäudeerstellung hat sich um 2 % reduziert (Sanierungen), resp. um 1 % erhöht (Neubauten), während die Belastungen des Betriebs der sanierten Gebäude um 5 % tiefer sind, resp. sich im Durchschnitt der Neubauten nicht verändert haben. Abb. 8.3 zeigt den neu

ermittelten Primärenergieaufwand, nicht erneuerbar der dreizehn Gebäude verglichen mit den ursprünglichen Berechnungen.

Sämtliche Gebäude, welche nun eine höhere Belastung in der *Erstellung* aufweisen, verfügen über eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden. Der zusätzliche nicht erneuerbare Primärenergiebedarf ist auf die Erstellung der Wärmepumpe, resp. Der Erdsondenbohrung zurückzuführen, welche mit den aktualisierten Daten zu deutlich höheren Belastungen führt, da dessen nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf bis anhin deutlich unterschätzt war. Bei denjenigen Gebäuden, welche über eine Wärmepumpe verfügen, jedoch keine Zunahme in der Umweltbelastungen erfahren haben, werden die zusätzlichen Umweltbelastungen der Wärmepumpe durch eine Reduktion der Umweltbelastungen in der Erstellung der Baustoffe kompensiert.

Im *Betrieb* haben diejenigen Gebäude die grösste Reduktion erfahren, welche ihren Wärmebedarf über Fernwärme decken (Reduktion von 10 bis zu 19 %, Schulhäuser B, D und F und Altersheim A). Diejenigen Gebäude, welche ihren Wärmebedarf über eine Wärmepumpe decken, weisen einen um 2 % erhöhten nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf auf. Dies hängt mit den aktualisierten Sachbilanzdaten des Schweizer Verbraucher-Strommix zusammen, in welchem der fossile und nukleare Anteil zugenommen hat. Dasjenige Gebäude, welches über eine Holzpelletsheizung verfügt, weist eine Reduktion des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs um 2 % auf.

Die Berechnungsweise und die Ökofaktoren des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die *gebäudeinduzierte Mobilität* bleiben unverändert. Daher verändern sich die Primärenergieverbräuche der gebäudeinduzierte Mobilität nicht.

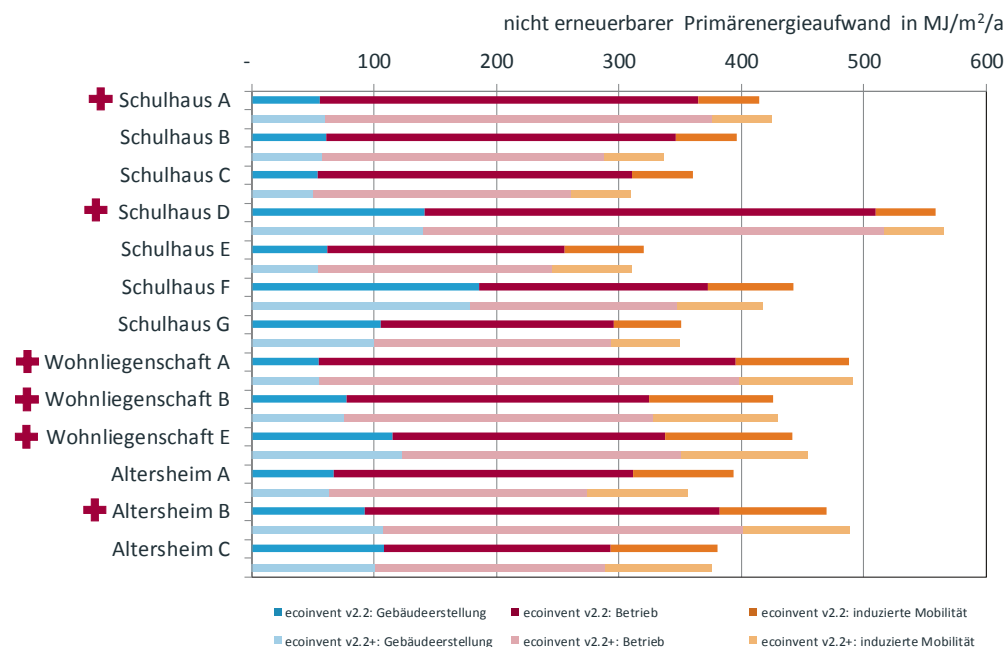


Abb. 8.3 Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf der 13 Gebäude von Züger und Gutri, basierend auf den Hintergrunddaten der Original ecoinvent Datenbank v2.2 (dunkle Schattierungen) und den aktualisierten Hintergrunddaten (helle Schattierungen).

+: Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf ist höher als in den ursprünglichen Berechnungen

Die Treibhausgasemissionen berechnet basierend auf den aktualisierten Hintergrunddaten und den aktualisierten Treibhauspotentialen gemäss IPCC (2013) zeigt ein ähnliches Bild wie die Gesamtumweltbelastung (siehe Abb. 8.4). Gesamthaft betrachtet weisen die Sanierungen um 8 % geringere Treibhausgasemissionen auf als ursprünglich berechnet. Die Treibhausgasemissionen der Neubauten sind neu um 5 % tiefer. Die Belastungen durch die Erstellung haben bei den Umbauten und den Neubauten tendenziell leicht abgenommen (1 % resp. 2 %). Der Betrieb der sanierten Gebäude verursacht im Schnitt deutlich geringere Treibhausgasemissionen (-17 %), während die Neubauten eine Reduktion der Emissionen im Betrieb von 11 % aufweisen. Die Mobilität wurde nicht aktualisiert und weist daher keine Änderung auf.

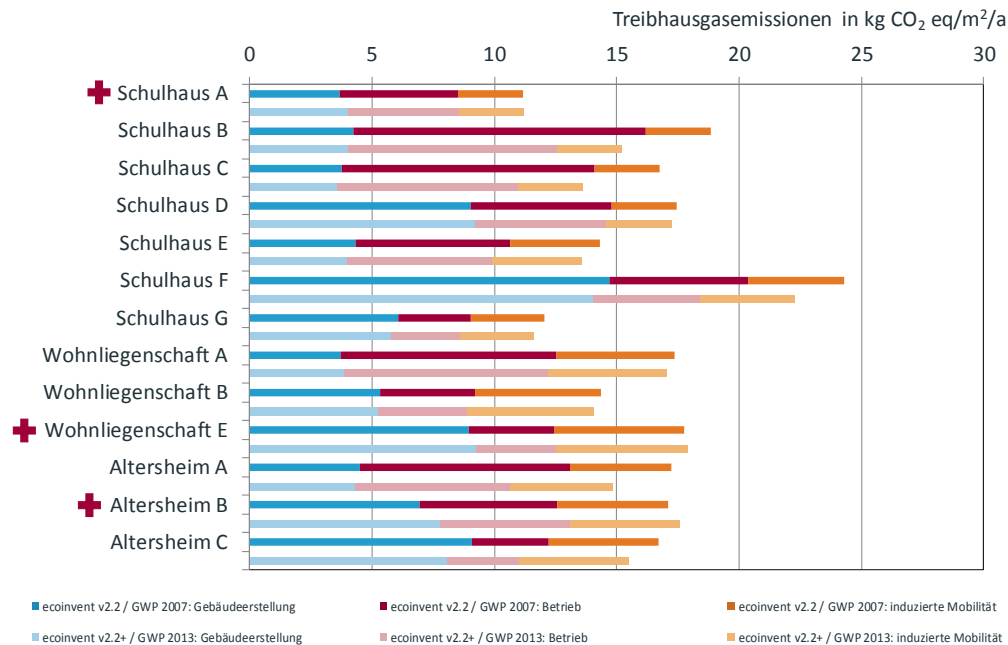


Abb. 8.4 Die Treibhausgasemissionen der 13 Gebäude von Züger und Gutri, basierend auf den Hintergrunddaten der Original ecoinvent Datenbank v2.2 (dunkle Schattierungen) und den aktualisierten Hintergrunddaten (helle Schattierungen).
+: Treibhausgasemissionen sind höher als in den ursprünglichen Berechnungen

8.2.5 Fazit

Die Bewertung der Gebäude mit aktualisierten Hintergrunddaten sowie aktualisierten Bewertungsmethoden führt generell zu tieferen Umweltbelastungen der Gebäude. Im Detail lässt sich folgendes feststellen:

- Die Gesamtumweltbelastungen der Erstellung sind durch die Aktualisierungen im Durchschnitt unverändert (Zunahmen von bis zu 13 % und Abnahmen von bis zu 9 % heben sich im Schnitt auf), während diejenige des Betriebs nun 12 % geringer ausfallen. Die gebäudeinduzierte Mobilität hingegen hat um 9 % zugenommen. Insgesamt resultiert eine durchschnittliche Abnahme der Gesamtumweltbelastung von rund 4 %.
- Die Aktualisierungen führen auch zu neuen Zielwerten. Für Wohngebäude ist der Zielwert neu rund 6 % tiefer. Es findet jedoch keine Neuüberschreitung des Zielwerts statt. Tatsächlich verändert sich das Verhältnis der Umweltbelastung der Gebäude zum Zielwert nicht, obwohl die Verschärfung des Zielwerts grösser ist als die Abnahme der Umweltbelastung der Gebäude.
- Insbesondere die Baumaterialien haben bei einer Bewertung mit der Methode der ökologischen Knappheit 2013 eine grössere Bedeutung als bei der nicht erneuerbaren Primärenergie.

- Holzbaustoffe und damit auch die holzintensiven Gebäude resultieren in deutlich geringeren Belastungen als ursprünglich berechnet. Dasselbe gilt für Bauten mit Holzheizungen.
- Auch mit den aktualisierten Indikatoren und Hintergrunddaten zeigt sich die Wichtigkeit der Haustechnikinfrastruktur (insb. Elektroinstallationen, Lüftungskanäle) und der Gütertransporte bezüglich der Gesamtumweltbelastung.

8.3 Einfluss der Materialisierung sowie der Gebäudegestaltung

8.3.1 Einbezug des Indikators Gesamtumweltbelastung in die SIA 2040

Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob der Einbezug von Umweltbelastungspunkten, resp. des Indikators Gesamtumweltbelastung in SIA 2040 zusätzliche Hinweise für Architekten und Planer generiert. Nur wenn dem so ist, wird der Einbezug dieser zusätzlichen, dritten Zielgrösse neben der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen Sinn machen.

Die Sensitivitätsanalyse in diesem Kapitel analysiert die Resultate für die Projektwerte in allen drei Bereichen Erstellung, Betrieb und Mobilität zuerst summarisch in Abschnitt 8.3.2 und konzentriert sich in Abschnitt 8.3.3 insbesondere auf den Bereich Erstellung.

Die Analysen werden an den folgenden acht Fallbeispielen detailliert durchgeführt:

- 3 Neubauten, Wohnen (Wohnsiedlung F; Wohngebäude G; Wohnsiedlung H)
- 2 Umbauten, Wohnen (Wohngebäude C; Wohngebäude D)
- 2 Neubauten, Büro (Bürogebäude A; Bürogebäude B)
- 1 Neubau, Schule (Schulhaus H)

Anschliessend wird jeweils in Stichproben untersucht, ob die Erkenntnisse sich auch im ganzen Sempel der untersuchten Fallbeispiele bestätigen lassen.

8.3.2 Anteile der Bereiche Erstellung, Betrieb, Mobilität am Total

Vorgehend sei hier noch einmal erwähnt, dass für die Anteile der drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität gemäss SIA-Effizienzpfad Energie lediglich orientierende Richtwerte existieren. Entscheidend für die Zielerreichung ist einzig die Summe aus den drei Bereichen (hier jeweils 100 %, entspricht Projektwert).

Die Richtwerte zu den drei Bereichen im SIA-Effizienzpfad Energie sind also nicht verbindlich. Sie zeigen aber typische Verteilmuster. Diese unterscheiden sich sowohl zwischen den beiden Grössen Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen als auch zwischen Neu- und Umbauten und auch deutlich bei den drei Gebäudetypen Wohnen, Büro und Schulen.

Tab. 8.3 Prozentuale Aufteilung der Richtwerte der Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität am Zielwert für die Gebäudekategorien Wohnen, Büro und Schulen sowie für Neu- und Umbauten

	Wohnen				Büro				Schulen			
	Neubau		Umbau		Neubau		Umbau		Neubau		Umbau	
	PE	GW P	PE	GW P	PE	GW P	PE	GW P	PE	GW P	PE	GW P
Richtwert Erstellung	25%	50%	15%	32%	20%	40%	12%	25%	30%	60%	20%	40%
Richtwert Betrieb	45%	15%	55%	32%	45%	15%	53%	30%	50%	20%	60%	40%
Richtwert Mobilität	30%	35%	30%	35%	35%	45%	35%	45%	20%	20%	20%	20%
Zielwert	100%				100%				100%			

Resultate

Stellt man nun die entsprechenden Resultate aus den Fallbeispielen einander gegenüber, so zeigen sich interessante Korrelationen. Wie erwartet unterscheidet sich die prozentuale Zusammensetzung der Projektwerte je nach Betrachtungsgrösse erheblich. Die beiden Extrempositionen werden dabei von der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen abgedeckt. Die neue Grösse Umweltbelastungspunkte pendelt sich in der prozentualen Verteilung über die drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität zwischen den beiden anderen Betrachtungsgrössen ein.

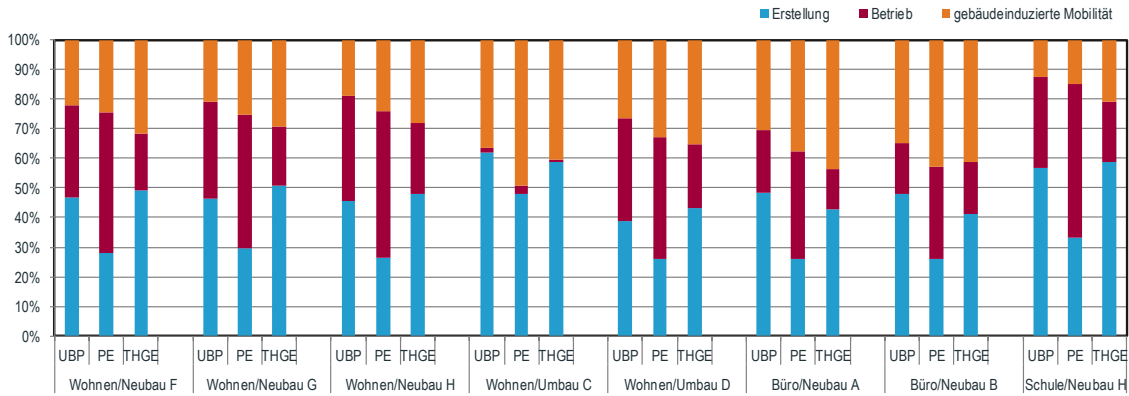


Abb. 8.5 Prozentuale Anteile der Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität pro Indikator Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen

Es lassen sich über alle Fallbeispiele, egal welcher Gebäudekategorie und egal ob Umbau oder Neubau einheitliche Muster erkennen:

- Der **Bereich Erstellung** verhält sich bei der Gesamtumweltbelastung prozentual sehr ähnlich wie die Treibhausgasemissionen: Rund 50 % der Projektwerte gehen auf das Budget der Erstellung. Die Primärenergie nicht erneuerbar zeigt ein

deutlich abweichendes Bild im Vergleich zu den beiden anderen Grössen: Die Erstellung steht in der Einheit Primärenergie nicht erneuerbar für nur knapp 30 % der Projektwerte.

- Der **Bereich Betrieb** verhält sich bei der Gesamtumweltbelastung prozentual im Mittel zwischen den entsprechenden Anteilen bei der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen. Rund 30 % der Projektwerte UBP geht auf das Budget des Betriebs. Bei der Primärenergie nicht erneuerbar stellt der Betrieb in den Fallbeispielen rund 40 %, bei den Treibhausgasemissionen rund 20 % des Projektwertes.
- Der **Bereich Mobilität** verhält sich bei der Gesamtumweltbelastung prozentual ähnlich wie die entsprechenden Anteile bei der Primärenergie nicht erneuerbar, ist jedoch durchgehend etwas geringer. Rund 20 % der Projektwerte UBP geht auf das Budget der Mobilität, bei den Bürobauten sind es rund 30 %. Bei der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen stellt die Mobilität in den Fallbeispielen rund ein Drittel des Projektwertes.

Fazit

Die prozentualen Anteile der drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität an der Gesamtsumme sind je nach Betrachtungsgrösse verschieden. Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen zeigen dabei deutlich unterschiedliche Verteilungen. Die Verteilung bei der Gesamtumweltbelastung mittelt sich zwischen den beiden Extrempositionen ein.

Grundsätzlich bedeutet dies, dass bei einer Optimierung nach Umweltbelastungspunkten das Hauptaugenmerk auf dem dominierenden Bereich Erstellung liegen muss. Dem Bereich Mobilität kommt im Vergleich eine eher untergeordnete Bedeutung zu. Es wäre also tendenziell auch an mobilitätsmässig schlechter erschlossenen Standorten möglich, den Zielwert der Gesamtumweltbelastung zu erreichen.

Eine Kontrolle der Erkenntnisse am ganzen Sempel der untersuchten Fallbeispiele bestätigt diese Feststellungen.

8.3.3 Detaillierter Vergleich im Bereich Erstellung

Im Folgenden soll der bedeutende Bereich Erstellung genauer analysiert werden. Auch hier muss vorausgeschickt werden, dass im SIA-Effizienzpfad Energie zur Verteilung der Anteile der verschiedenen Bauteile im Bereich Erstellung keine Vorgaben bestehen, es bestehen auch keine orientierenden Richtwerte.

Aus Erfahrung kann aber festgestellt werden, dass bei den beiden bekannten Grössen Primärenergie und Treibhausgasemissionen die Gebäudetechnik rund 25 % des Budgets im Bereich Erstellung stellt und damit die grösste Einzelkomponente darstellt. Weitere bedeutende Anteile stellen in der Regel die Fenster, die Aussenwände über Terrain und die Bauteile unter Terrain (Fundamentplatte, Aussenwände UG, teilw. Innenwände) dar.

Da bei Umbauten nur die neu zugeführten Bauteile eingerechnet werden, ist bei Umbauten ein deutlich anderes Bild zu erwarten als bei Neubauten.

Zwischen den Gebäudekategorien wird grundsätzlich kein sehr grosser Unterschied in der Verteilung erwartet. Allenfalls ist ein etwas höherer Anteil Gebäudetechnik bei Büro- und Schulbauten im Vergleich zu Wohnbauten zu erwarten.

Resultate

Stellt man nun die entsprechenden Resultate aus den Fallbeispielen einander gegenüber, so zeigen sich Unterschiede in der Verteilung je nach Betrachtungsgrösse.

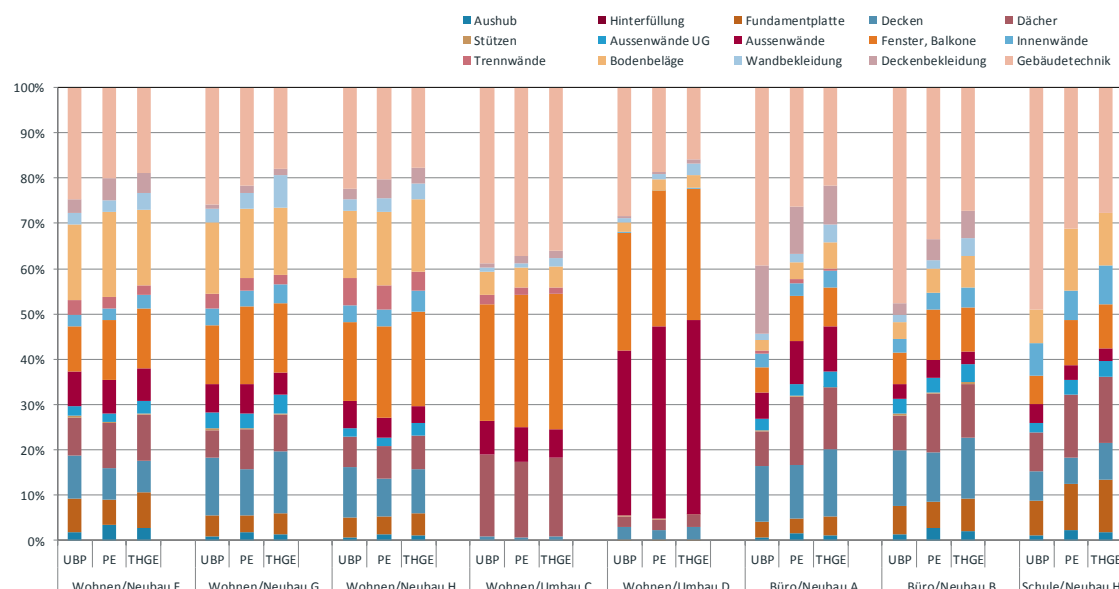


Abb. 8.6 Prozentuale Anteile der Bauelemente nach Elementkostengliederung pro Gebäude, bewertet mit den Indikatoren Gesamtumweltbelastung, Primärenergiebedarf nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen

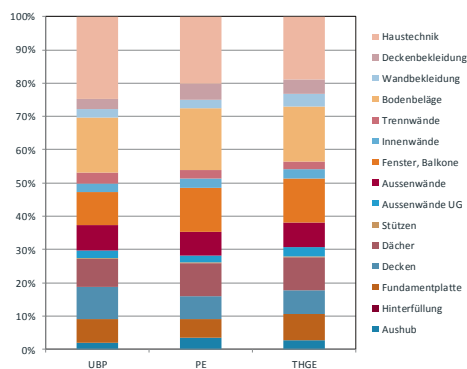
Bei drei Bauteilen lässt sich über alle Fallbeispiele ein einheitliches Muster erkennen:

- Die **Gebäudetechnik** nimmt bei der Gesamtumweltbelastung im Vergleich zu den anderen beiden Betrachtungsgrössen einen noch grösseren Anteil der Gesamtsumme ein. Besonders markant sind die Unterschiede bei den Büro- und Schulbauten.
- Die **Fenster** (bei den Wohnbauten inklusive Balkone) sind bei der Gesamtumweltbelastung dagegen etwas weniger bedeutend für das Gesamtergebnis im Vergleich zu den beiden anderen Betrachtungsgrössen.
- Die **Dächer** sind bei der Gesamtumweltbelastung ebenfalls etwas weniger bedeutend für das Gesamtergebnis im Vergleich zu den beiden anderen Betrachtungsgrössen.

tungsgrößen. In diesen Bauteilen enthalten sind sowohl die oberste Deckenkonstruktion als auch der gesamte Dachaufbau mit Dämmung, Dichtungs- und Schutzschichten sowie die Eindeckung im Falle eines Schrägdachs. Die Unterschiede zeigen sich beim Dachaufbau und nicht bei der Deckenkonstruktion.

Bei allen anderen Bauteilen müssen die Unterschiede an den einzelnen Fallbeispielen erklärt werden. Entscheidend für relevante Unterschiede ist immer die Materialisierung der einzelnen Bauteile.

Genannt werden nur prozentuale Abweichungen von mindestens 20 % zur nächstliegenden Bezugsgrösse. Um den dominierenden Effekt der Gebäudetechnik aus dem Vergleich zu nehmen, wurden die prozentualen Abweichungen auch ohne deren Anteil gerechnet. Genannt wird in der folgenden Darstellung auch, welche Komponente des Bauteils für die Abweichungen hauptsächlich verantwortlich ist.



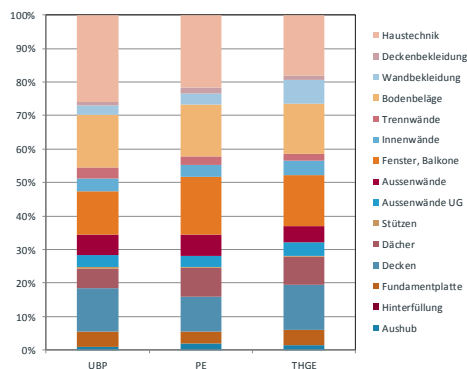
Wohnen, Neubau F

UBP höher als PE oder THGE:

- Decken +50%. Hohldecken in Holz
- Stützen +50%. Betonstützen
- Trennwände +25%. Leichtbauwände, Metallständer
- Gebäudetechnik +20%. Elektro und Lüftung

UBP tiefer als PE oder THGE:

- Dächer -10%. nur Dachaufbau
- Fenster -20%. Holzmetallfenster, hoher Glasanteil
- Deckenbekleidung -30%. Akustikdecke gipsbeplankt



Wohnen, Neubau G

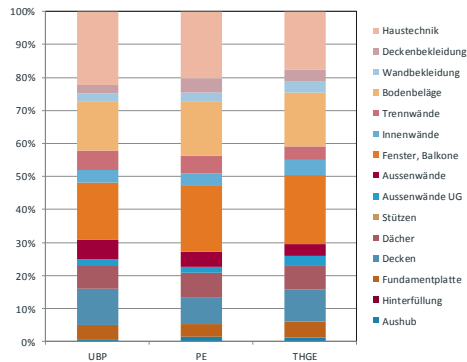
UBP höher als PE oder THGE:

- Stützen +50%. Betonstützen
- Aussenwände +10%, nur Bekleidung +30%. Holz
- Trennwände +30%. Leichtbauwände, Metallständer
- Gebäudetechnik +20%. Elektro und Lüftung

UBP tiefer als PE oder THGE:

- Dächer -20%. Dachaufbau, Decke ist neutral
- Fenster -25%. Holzfenster
- Innenwände -40%. Backsteinmauerwerk
- Deckenbekleidung -25%. Dämmung gegen unbeheizt

Sensitivitätsanalysen



Wohnen, Neubau H

UBP höher als PE oder THGE:

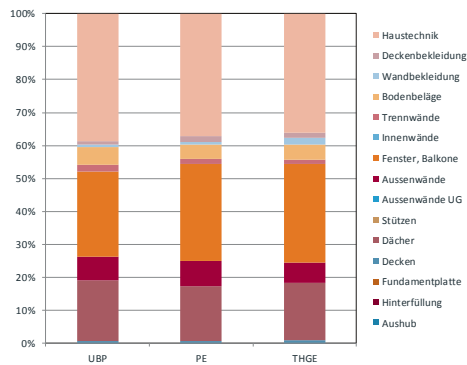
- Decken +20%. Holzbetonverbund und Brettstapel
- Aussenwände +30%. Massivholzwand,

Keramikbekleidung

- Gebäudetechnik +20%. Elektro und Lüftung.

UBP tiefer als PE oder THGE:

- Aushub -40%. Ohne Grundwasser
- Fenster -20%. Holzmetallfenster (ohne Balkone)
- Deckenbekleidung -30%. Akustikdecken + Dämmung



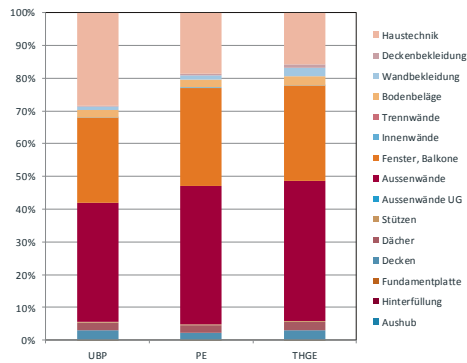
Wohnen, Umbau C

UBP höher als PE oder THGE:

- Decken +20%. Brettstapeldecken in Holz
- Trennwände +40%. Leichtbauwände, Metallständer
- Gebäudetechnik +10%. Elektro und Lüftung (Wärmeerzeugung und -verteilung gleichen aus)

UBP tiefer als PE oder THGE:

- Deckenbekleidung -30%. Dämmung gegen unbeheizt



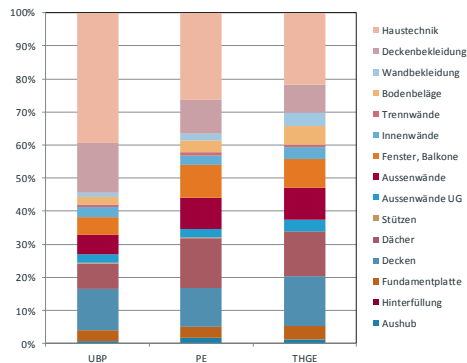
Wohnen, Umbau D

UBP höher als PE oder THGE:

- Stützen +70%. Betonstützen
- Gebäudetechnik +50%. Elektro und Lüftung (keine Heizverteilung neu, welche ausgleicht)

UBP tiefer als PE oder THGE:

- Fenster -10%. Holzmetallfenster (Balkone gleichen aus)



Büro, Neubau A

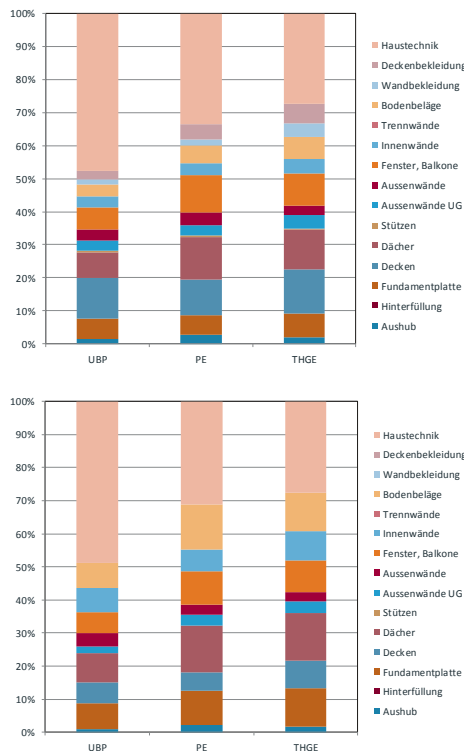
UBP höher als PE oder THGE:

- Trennwände +25%. Leichtbauwände, Metallständer
- Deckenbekleidung +70%. Heiz/Kühldecke Metall
- Gebäudetechnik +50%. Elektro und Lüftung

UBP tiefer als PE oder THGE:

- Dächer -25%. Dachaufbau (XPS und Schaumglas)
- Aussenwände -25%. Dämmung und Glasbekleidung
- Fenster -20%. Holzmetallfenster

Sensitivitätsanalysen



Büro, Neubau B

UBP höher als PE oder THGE:

- Decken +20%. Betondecken
- Stützen +60%. Betonstützen.
- Gebäudetechnik +40%. Elektro und Lüftung

UBP tiefer als PE oder THGE:

- Fenster -20%. Holzmetallfenster
- Deckenbekleidung -25%. Dämmung gegen unbeheizt.

Schule, Neubau H

UBP höher als PE oder THGE:

- Aussenwände +50%. Holzmassivbau, Holzschalung
- Gebäudetechnik +50%. Elektro und Lüftung

UBP tiefer als PE oder THGE:

- Fundamentplatte -20%. Gedämmt
- Dächer -20%. Dachaufbau (EPS)
- Fenster -20%. Holzmetallfenster

Abb. 8.7 Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen der Wohngebäude C, D, F-H, des Schulhauses H sowie der Büros A und B, indexiert (Zielwert = 100 %)

Fazit

Die prozentualen Anteile der Bauteile an der Gesamtsumme des Bereichs Erstellung zeigen je nach Betrachtungsgrösse eine unterschiedliche Bedeutung. Während sich die Anteile bei der Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen nicht sehr stark unterscheiden, zeigt die Betrachtung nach Umweltbelastungspunkten zum Teil doch ein recht abweichendes Bild.

Allgemein lassen sich folgende Beobachtungen feststellen:

- Die **Gebäudetechnik** ist bei einer Betrachtung nach der Gesamtumweltbelastung von noch grösserer Bedeutung als bei den Indikatoren Primärenergie und Treibhausgasemissionen. Insbesondere die Elektroanlagen und die Lüftungsanlagen fallen bedeutend stärker ins Gewicht. Die Heizungsverteilung hingegen ist bei der Gesamtumweltbelastung von geringerer Bedeutung und gleicht den Mehraufwand bei Elektro und Lüftung etwas aus.
- **Fenster** sind bei einer Betrachtung nach der Gesamtumweltbelastung von geringerer Bedeutung als bei den bisherigen Vergleichsgrössen. Die Unterschiede zeigen sich bei der Verglasung, nicht beim Rahmenanteil.

- **Dachaufbau / Dämmungen:** Der Dachaufbau bestehend aus diversen Dicht- und Trennfolien sowie der Dämmung sind bei einer Betrachtung nach der Gesamtumweltbelastung von geringerer Bedeutung als bei den bisherigen Vergleichsgrössen.
- **Konstruktionen in Holz** sind bei einer Betrachtung nach Umweltbelastung von grösserer Bedeutung als bei den anderen Indikatoren. Dies ist vor allem durch die Dioxinmissionen bei der Entsorgung (Verbrennung) von Holz zu begründen. Diese haben in den letzten Jahren jedoch deutlich abgenommen, weshalb die Umweltkennwerte der Holzwerkstoffe in der neuen Version der KBOB-Empfehlung 2009/1:2014 deutlich tiefer sind.

Im Hinblick auf eine Optimierung von Gebäuden liefert die zusätzliche Betrachtungsgrösse Gesamtumweltbelastung für die Planung die folgenden konkreten Hinweise:

- **Bauliche Massnahmen sind gebäudetechnischen Massnahmen vorzuziehen** (beispielsweise mehr dämmen und dafür eine kleinere Heizung oder natürliche Querlüftung ermöglichen statt mechanische Lüftungsanlage einbauen, einfache Elektroinstallationen).
- **Verglasungen sowie Mauerwerk sind als Baumaterialien unproblematisch** (Fenster und hinterlüftete Glasfassaden schliessen vergleichsweise gut ab).

Wenn die aktualisierten Umweltkennwerte der Holzwerkstoffe nach KBOB-Empfehlung 2009/1:2014 eingesetzt werden, ist die bei der Gesamtumweltbelastung gegenüber Primärenergie und Treibhausgasemissionen erhöhte Bedeutung der Holzwerkstoffe nicht mehr zu beobachten. Eine Analyse des Schulhauses G (modulare Konstruktionsweise aus Holz) zeigt, dass die Umweltkennwerte der Erstellung des Holzgebäudes, ermittelt mit der Methode der ökologischen Knappheit 2013 und den aktualisierten Hintergrunddaten, deutlich tiefer sind als diejenigen ermittelt mit den Kennwerten der KBOB-Empfehlung 2009/1:2012. Der Beitrag der Erstellung der Holzbaustoffe an der Gesamtumweltbelastung dieses Schulhauses ist mit den aktualisierten Daten deutlich zurückgegangen (14 % Reduktion). Damit liegt er etwas tiefer als beim Indikator Treibhausgasemissionen und höher als beim Indikator Primärenergie, nicht erneuerbar.

8.4 Einfluss des verwendeten Energieträgers für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser

Bei der Optimierung der Umweltwirkung von Gebäuden über ihren gesamten Lebenszyklus ist der Bereitstellung von Energie für Raumwärme und Warmwasser im Gebäudebetrieb besondere Beachtung zu schenken. Daher soll an dieser Stelle mittels einer Sensitivitätsanalyse untersucht werden, welchen Einfluss eine Variation des Energieträgers auf das Gesamtergebnis der Gebäudeökobilanzen hat. Betrachtet werden hierzu exemplarisch die Wohnliegenschaften I bis T, welche im Original über sehr individuelle Konzepte zur Energiebereitstellung von Raumwärme und Warmwasser verfügen. Demgegenüber wird in den untersuchten Varianten

jeweils nur ein spezieller Energieträger (basierend auf Brennstoffen bzw. Strommix) über alle betrachteten Gebäude abgebildet. Die Verwendung anderer Energieträger bedingt in der Regel auch eine andere Gebäudetechnik (Heizkessel, Erdsonden, etc.). Deshalb werden bei der Bilanzierung der Gebäudeerstellung jeweils auch die entsprechend veränderten Installationen der Wärmeherzeugungsanlage berücksichtigt.

8.4.1 Varianten in der Energiebereitstellung für Raumwärme und Warmwasser

Folgende Varianten werden systematisch miteinander verglichen und dem Original gegenübergestellt:

- Variante 1: Pelletheizung
- Variante 2: Erdgasheizung
- Variante 3: elektrische Wärmepumpe mit Erdsonden

In den Varianten 1 bis 3 sind als Heiztechnikkomponenten jeweils ein Heizkessel (Wärmeerzeuger, spez. Leistungsbedarf 30 W/m^2) sowie eine Fussbodenheizung vorgesehen. In Variante 3 werden ergänzend die erforderlichen Erdsonden (Erdsonden, spez. Leistungsbedarf 30 W/m^2) berücksichtigt.

Eine Übersicht der Energieträger-Varianten ist der Tab. 8.4 zu entnehmen. Tab. 8.5 zeigt ergänzend dazu die Umweltkennwerte der verwendeten Energiesysteme. Die entsprechenden Anpassungen an die Installationen des Heizsystems für die drei Varianten sind in Tab. 8.6 dargestellt.

Tab. 8.4 Varianten zur Bereitstellung der Energie für Raumwärme und Warmwasser der Wohnliegenschaften I-T

Original			Variante 1 Holz- pellet- heizung	Variante 2 Erdgas- heizung	Variante 3 Strom WP Sole/ Wasser mit Erdsonden
Gebäude	Nutzungsgrad, resp. Arbeitszahl				
Wohnliegen- schaft I	Strom WP Sole/Wasser	Raumwärme 3.90	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 2.00	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft J	Fernwärme (Holzschnitzel)	Raumwärme 0.95	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 0.65	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft K	Strom WP Sole/Wasser + Röhrenkollektor	Raumwärme 3.90	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 2.00	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft L	Strom WP Sole/Wasser + Flachkollektor für Warmwasser	Raumwärme 3.90	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 2.00	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft N	Holzpelletheizung + Röhrenkollektor	Raumwärme 0.75	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 0.50	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft O	Gasheizung + Röhrenkollektor	Raumwärme 0.90	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 0.65	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft P	Strom WP Sole/Wasser	Raumwärme 3.90	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 2.00	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft Q	Strom WP Luft/Wasser + Flachkollektor für Warmwasser	Raumwärme 3.30	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 1.80	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft R	Fernwärmeanschluss (Erdgas)	Raumwärme 0.95	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 0.65	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft S	Strom WP Sole/Wasser	Raumwärme 3.90	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 2.00	0.50	0.65	2.00
Wohnliegen- schaft T	Strom WP Sole/Wasser	Raumwärme 3.90	0.75	0.90	3.90
		Warmwasser 2.00	0.50	0.65	2.00

Tab. 8.5 Umweltkennwerte der verwendeten Energiesysteme, bezogen auf 1 MJ Endenergie, (KBOB et al. 2014a)

	Umweltbelastung UBP/MJ	Primärenergie nicht erneuerbar MJ/MJ	Treibhausgasemissionen kg CO ₂ eq./MJ
Pellets	27.8	0.21	0.010
Brennstoffe Pellets			
Erdgas	31.5	1.11	0.066
Brennstoffe Erdgas			
Strom für Wärmepumpe	125.0	2.64	0.041
CH Verbrauchermix			
Fernwärme Holzschnitzel	29.7	0.102	0.013
Fernwärme Heizzentrale Holz			
Fernwärme Gas	42.9	1.55	0.087
Fernwärme Heizzentrale Gas			

Tab. 8.6 Anpassungen in der Haustechnik für die verschiedenen Varianten

Gebäude	Original	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Wohnliegenschaft I	Wärmeerzeuger, Fussbodenheizung	Wärmeerzeuger, Fussboden- heizung	Wärmeerzeuger, Fussboden- heizung	Wärmeerzeuger, Erdsonde, Fussboden- heizung
Wohnliegenschaft J	Fussbodenheizung			
Wohnliegenschaft K	Wärmeerzeuger, Fussbodenheizung, Kollektorfläche 10 m ²			
Wohnliegenschaft L	Wärmeerzeuger, Fussbodenheizung, Kollektorfläche 8 m ²			
Wohnliegenschaft N	Wärmeerzeuger Fussbodenheizung, Kollektorfläche 18 m ²			
Wohnliegenschaft O	Wärmeerzeuger, Fussbodenheizung, Kollektorfläche 345 m ²			
Wohnliegenschaft P	Wärmeerzeuger, Fussbodenheizung			
Wohnliegenschaft Q	Wärmeerzeuger, Fussbodenheizung, Kollektorfläche 10 m ²			
Wohnliegenschaft R	Fussbodenheizung Kollektorfläche 39.5 m ²			
Wohnliegenschaft S	Wärmeerzeuger, Fussbodenheizung			
Wohnliegenschaft T	Wärmeerzeuger, Fussbodenheizung			

8.4.2 Resultate Gesamtumweltbelastung

- Die Gegenüberstellung der vorgestellten Varianten für die Wohnliegenschaften I bis T zeigt, über den gesamten Gebäudelebenszyklus betrachtet, für den Indikator der Gesamtumweltbelastung bei den Varianten 1 bis 3 **jeweils nur minimale Abweichungen vom Original** (siehe Abb. 8.8)
- Der **Zielwert Gesamtumweltbelastung** (29'000 UBP/m²a) wird im Original ebenso wie in den Varianten nur von den Gebäuden O und S eingehalten.
- Die **Variante 1** (Pelletheizung) sorgt bei allen Gebäuden, ausser bei der Wohnliegenschaft J, welche im Original den Wärmebedarf mittels Fernwärme deckt, für eine Reduktion der Aufwendungen für die Gebäudetechnik gegenüber dem Original. Gleichzeitig erhöhen sich bei dieser Variante die Umweltwirkungen zur Energiebereitstellung für Raumwärme bei den Gebäuden I, J, K, L, O, P, S und T, während die Umweltbelastungen zur Bereitstellung von Warmwasser gegenüber dem Original bei den Gebäuden I, K, L, P, Q, R, S und T reduziert werden.
- Die **Variante 2** (Erdgasheizung) sorgt, ebenso wie Variante 1, bei allen Gebäuden ausser der Wohnliegenschaft J für niedrigere Umweltbelastungen bei der Gebäudetechnik. Die Mehrbelastungen in der Bereitstellung von Raumwärme sind in dieser Variante geringer als in Variante 1, aber auch hier werden für die Gebäude I, J, K, L, P, S und T höhere Werte erreicht als im Original. Bezüglich der Bereitstellung von Warmwasser ist diese Variante dagegen für die Gebäude I, K, L, N, P, Q, R, S und T vorteilhafter als das Originalheizsystem.
- Die **Variante 3** (Wärmepumpe mit Erdsonden) führt bei den Wohnliegenschaften J, Q und R zu einer Erhöhung der Umweltwirkungen für die Gebäudetechnik im Vergleich zum Original. Für die Bereitstellung von Raumwärme ist diese Variante bei den Gebäuden N, O, Q und R vorteilhafter und für Gebäude J nachteiliger als das Originalheizsystem. Nachteilig wirkt sich dieses System auch auf die Bereitstellung von Warmwasser bei den Gebäuden J, N und O aus, während es für die Gebäude Q und R vorteilhafter als das Original ist.

8.4.3 Vergleich der Resultate über die drei Umweltindikatoren Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen

- Ein Vergleich der Resultate über die verschiedenen Indikatoren Gesamtumweltbelastung, Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen (siehe Abb. 8.8, Abb. 8.9 und Abb. 8.10) zeigt, dass während für Gesamtumweltbelastung die Ergebnisse der Varianten 1 bis 3 sehr ähnlich ausfallen, sowohl Primärenergie nicht erneuerbar als auch Treibhausgasemissionen deutlich stärkere Unterschiede in den verschiedenen Varianten aufweisen.
- Die Richtwerte für den Gebäudebetrieb nach SIA 2040 (Wohnen/Neubau für Primärenergie nicht erneuerbar 200 MJ/m²a und für Treibhausgasemissionen 2.5 kg CO₂ eq./m²a) werden dabei von keinem der Gebäude vollständig erreicht.

Lediglich bei Gebäude N wird im Original sowie in der Variante 1 der Richtwert für Primärenergie nicht erneuerbar eingehalten.

- Der **Zielwert nach SIA 2040** für Wohngebäude/Neubau für **Primärenergie nicht erneuerbar** ($440 \text{ MJ/m}^2\text{a}$) wird einzig von den Gebäuden O und S erreicht, und zwar in der Variante 1 (Pelletheizung). Der Zielwert für **Treibhausgasemissionen** ($16.5 \text{ kg CO}_2 \text{ eq./m}^2\text{a}$) wird von keinem der Gebäude erreicht.
- **Variante 1** (Pelletheizung) liefert bei den beiden Indikatoren Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen für den Gebäudebetrieb im Schnitt über den gesamten Gebäudelebenszyklus niedrigere Ergebnisse als das Original. Eine Ausnahme bildet auch hier die Wohnliegenschaft J. Bei den Treibhausgasemissionen schneiden die Gebäude O und R mit Variante 1 besonders gut ab, da sie im Original mit Erdgas bzw. Fernwärme aus Erdgasfeuerung beheizt werden.
- **Variante 2** (Erdgasheizung) verzeichnet für diese beiden Indikatoren im Betrieb deutlich höhere Aufwendungen als das Original Heizsystem.
- **Variante 3** (Wärmepumpe mit Erdsonden) liefert über alle drei Indikatoren ähnliche Ergebnisse wie das Original. Dies liegt daran, dass in vielen der Original Heizsysteme ebenfalls dieselbe Wärmepumpe zum Einsatz kommt.

8.4.4 Fazit

Für die in dieser Sensitivitätsanalyse verwendete Auswahl an Wohnliegenschaften kann die Nutzung eines alternativen Heizsystems auf Basis von Brennstoffen (Erdgas, Pellets) bzw. Strommix, betrachtet über den gesamten Gebäudelebenszyklus, je nach verwendetem Indikator sowohl vorteilhaft / nachteilig als auch nahezu irrelevant sein. Der Indikator Gesamtumweltbelastung liefert in diesem Zusammenhang die homogensten Vergleichsergebnisse, während mittels Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen eine stärkere Abstufung je nach Heizsystem zu erkennen ist. Von den hier vorgestellten Gebäuden erreichen nur die Wohnliegenschaften O und S den Zielwert Gesamtumweltbelastung von $29'000 \text{ UBP/m}^2\text{a}$. Gebäude O und S erreichen zudem auch den Zielwert Primärenergie nicht erneuerbar, allerdings nur in Variante 1 (Pelletheizung). Der Zielwert Treibhausgasemissionen wird hingegen in allen betrachteten Varianten von keinem der Gebäude erreicht.

Sensitivitätsanalysen

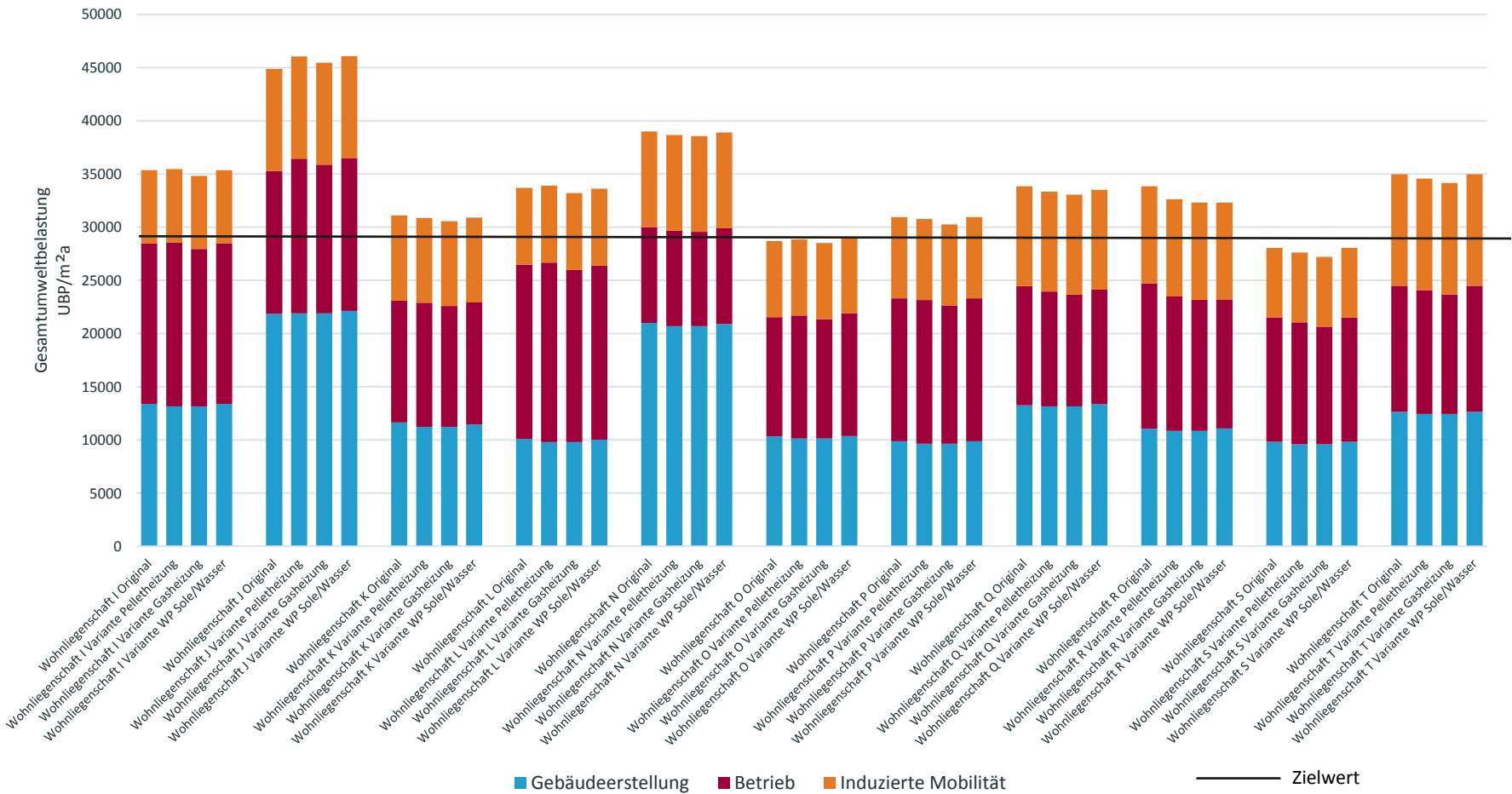


Abb. 8.8 Variantenvergleich: Ergebnisse der Umweltbelastungen der Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität für den Indikator Gesamtumweltbelastung

Sensitivitätsanalysen

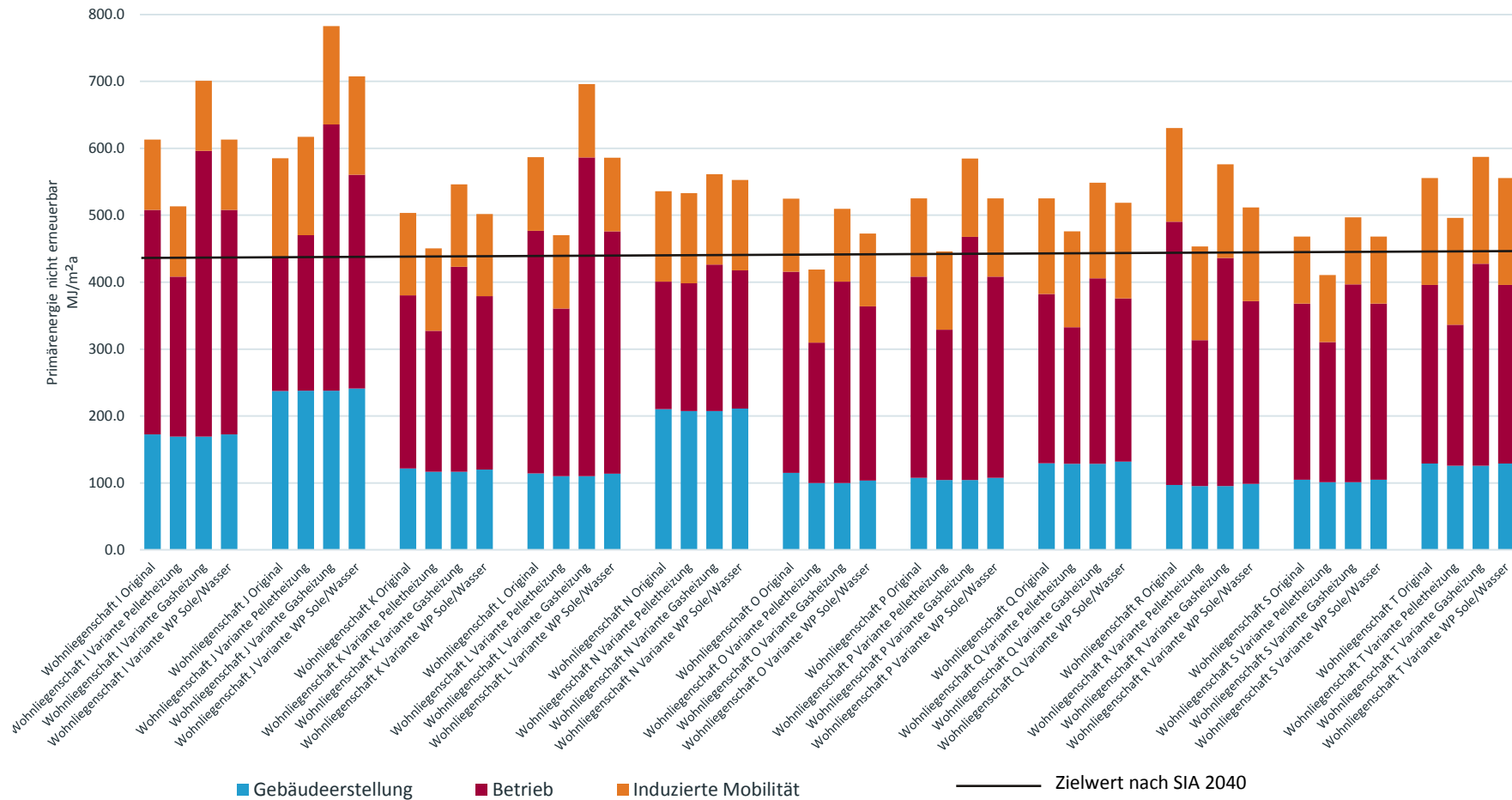


Abb. 8.9 Variantenvergleich: Ergebnisse der Umweltbelastungen der Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität für den Indikator Primärenergie nicht erneuerbar

Sensitivitätsanalysen

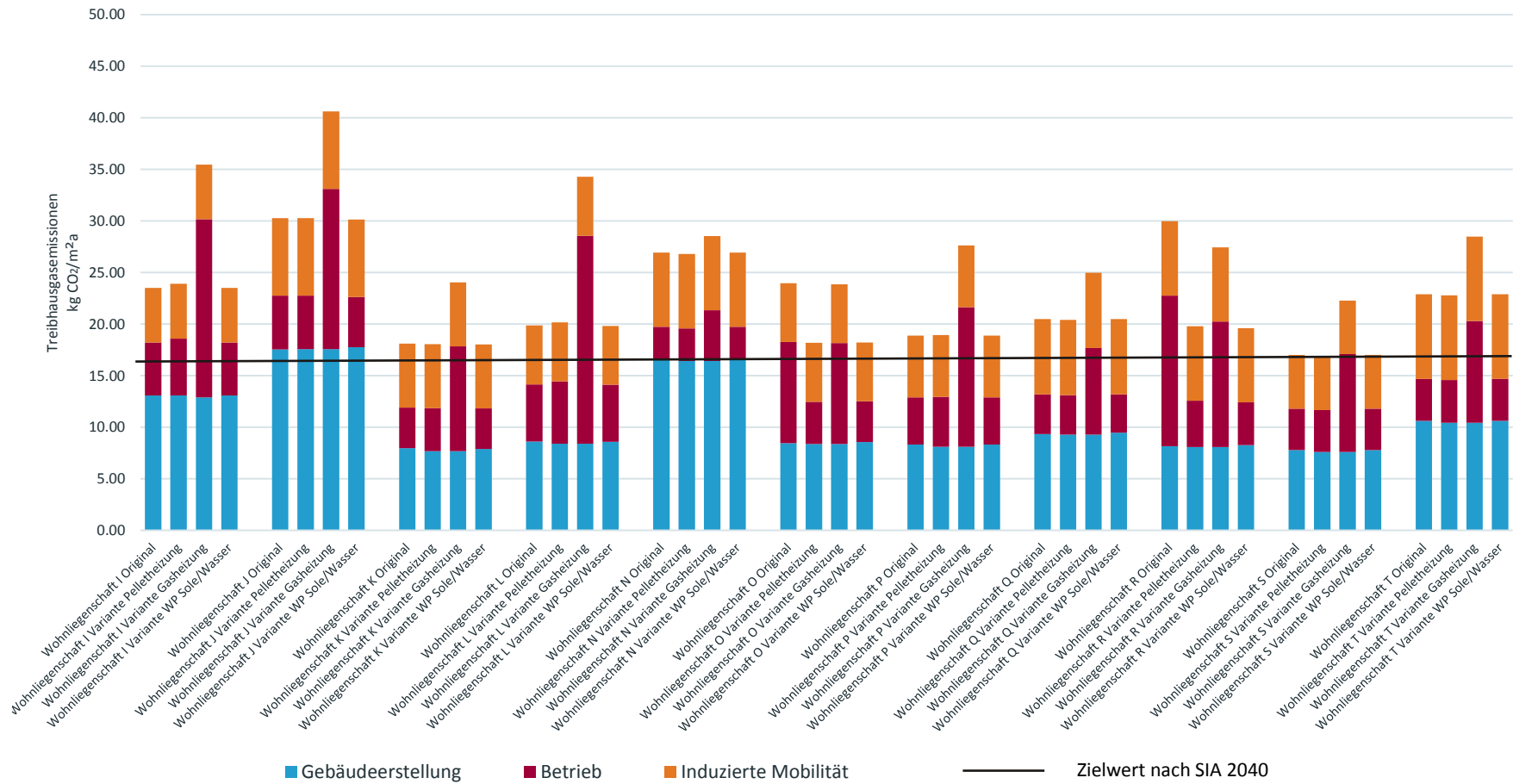


Abb. 8.10 Variantenvergleich: Ergebnisse der Umweltbelastungen der Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität für den Indikator Treibhausgasemissionen

8.5 Einfluss des verwendeten Strommixes auf die Ergebnisse im Gebäudebetrieb

In einer weiteren Sensitivitätsanalyse wird für die gesamte Betriebsphase der Gebäude I bis T anstelle des Schweizer Verbrauchermixes der zertifizierte Strommix der Schweiz angesetzt (unter Verwendung der aktualisierten KBOB-Liste von 2014 für die UBP-Werte des zertifizierten Strommixes). Dieser Strommix besteht zu 100% aus erneuerbaren Energiequellen.

Tab. 8.7 Umweltkennwerte der verwendeten Strommixe, bezogen auf 1 MJ Endenergie, KBOB et al. (2014a)

	Umweltbelastung UBP/MJ
CH Verbrauchermix (2012)	125
Zertifizierter Strommix (2014)	13

Eine Anpassung in der Modellierung der Betriebsphase erfolgt entsprechend für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser (bei all jenen Gebäuden, bei denen eine elektrische Wärmepumpe zum Einsatz kommt), sowie insgesamt bei allen Gebäuden für die Bereitstellung von Strom für den Betrieb der Lüftung- und der übrigen Betriebseinrichtungen.

Abb. 8.11 zeigt die Resultate dieses Vergleichs. Es ist zu erkennen, dass die Auswahl des Strommixes in der Bilanzierung einen hohen Einfluss auf das Erreichen des Zielwertes haben kann. Bei der Berechnung mit dem Schweizer Verbrauchermix unterschreiten nur drei der untersuchten Gebäude diesen Zielwert, während es bei der Berechnung mit dem zertifizierten Strommix acht Gebäude sind. Besonders positiv wirkt sich die Verwendung des zertifizierten Strommixes auf die Betriebsphase jener Gebäude aus, deren Raumwärme und Warmwasser mit Hilfe einer elektrischen Wärmepumpe bereitgestellt wird. Folglich hat die Wahl des Strommixes bei einer Betrachtung des gesamten Gebäudelebenszyklus einen hohen Einfluss auf die Höhe der Gesamtumweltbelastung.

Sensitivitätsanalysen

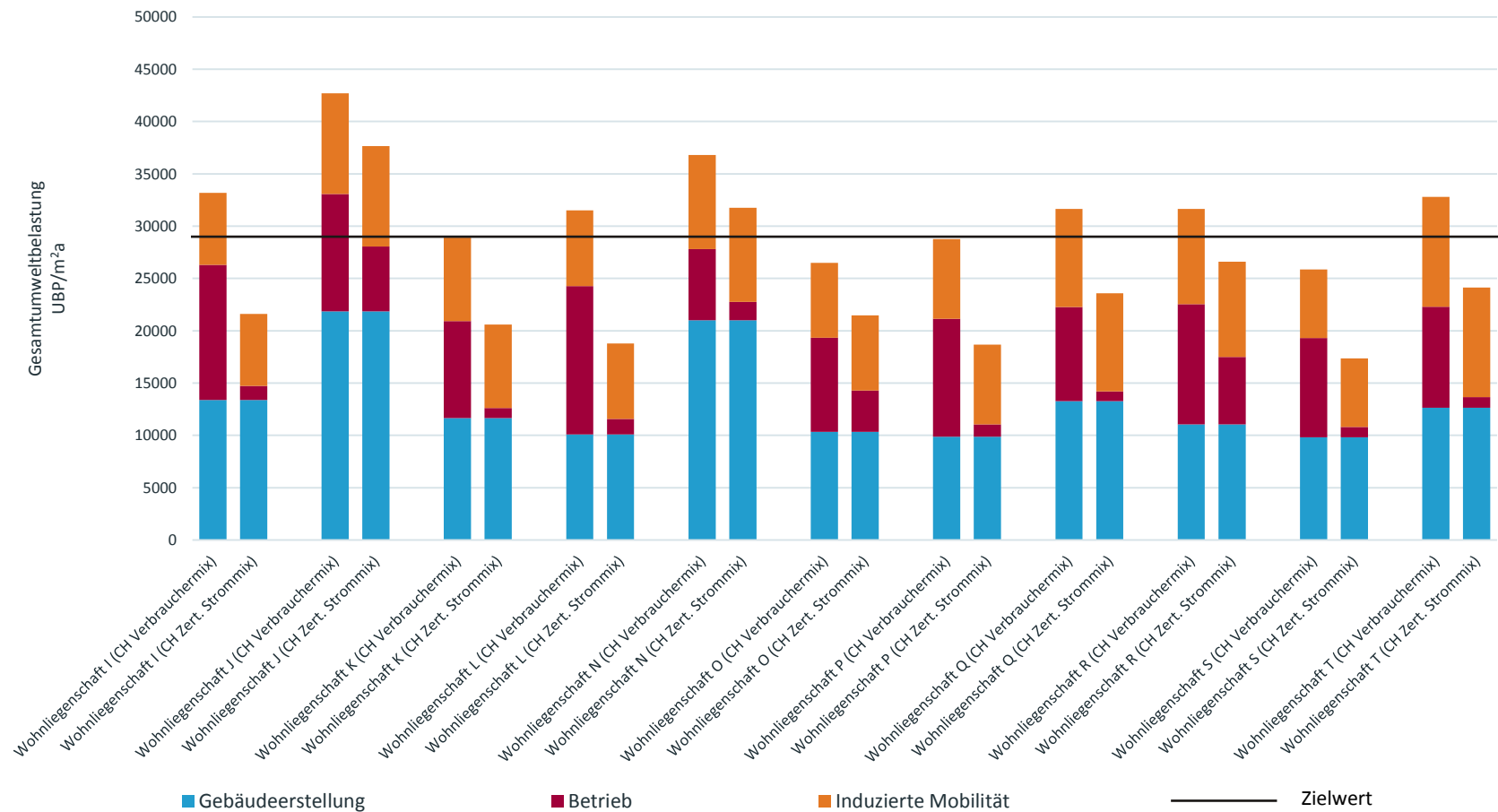


Abb. 8.11 Vergleich der Gesamtumweltbelastung der Gebäude unter Verwendung des herkömmlichen Schweizer-Strommixes und eines Strommixes aus erneuerbaren Energiequellen (zertifizierter Strommix)

8.6 Fazit der Sensitivitätsanalysen

Mit den Sensitivitätsanalysen konnten die Fallstudien und die grundlegenden Überlegungen auf ihre Stabilität hin überprüft werden. Es konnte gezeigt werden, dass durch die Aktualisierung der Hintergrunddaten sowie der Indikatoren die Wichtigkeit einzelner Baustoffe verändert wird.

Die von Züger und Gutri bilanzierten Gebäude, welche neu bewertet wurden, zeigen in zwölf der dreizehn Fälle eine verringerte Belastung. Das 13. Gebäude (Altersheim B, ein Neubau), liegt in seiner Umweltbelastung jedoch nur marginal höher (1 %) als ursprünglich berechnet. Die Veränderungen in der Gesamtumweltbelastung der untersuchten Gebäude zeigen insgesamt ein homogenes Bild. Im Schnitt haben die Umbauten mit den aktualisierten Daten eine um 3 % reduzierte Umweltbelastung, während die Umweltbelastung der Neubauten um 4 % tiefer liegen.

Innerhalb der einzelnen Gebäude zeigt sich jedoch, dass die Erstellung bei mehr als der Hälfte der Gebäude neu eine höhere Gesamtumweltbelastung aufweist, während die Betriebsphase neu durchgehend tiefere Belastungen verursacht. Die gebäudeinduzierte Mobilität führt neu zu höheren Belastungen. Insgesamt vermögen die verringerten Gesamtumweltbelastungen in der Nutzungsphase die jeweiligen erhöhten Belastungen der Erstellungsphase und der Mobilität zu kompensieren und die Gebäude verursachen neu mit den aktualisierten Hintergrunddaten und der aktualisierten Methode geringere Gesamtumweltbelastungen.

Die Aktualisierungen haben auch zu einer Reduktion des Zielwerts für Wohnbauten geführt. Es wird angenommen, dass dies bei den Schulen und Büros analog ausfallen wird. Obwohl die Reduktion der Umweltbelastung der Wohnbauten durch die Aktualisierung der Daten geringer ausfällt, als dass sich der Zielwert verschärft, findet bei keinem der Gebäude eine neue Überschreitung des Zielwerts statt.

In den Detailanalysen der Gebäudeerstellung wurde deutlich, dass die Gebäudetechnik (Heizung, Sanitär, Lüftung und Elektroinstallationen) ein grosses Gewicht hat, welches durch die Datenaktualisierung noch erhöht wird. Insbesondere die Elektroinstallationen, aber auch Lüftungskanäle aus Blech verursachen einen Grossteil der Gesamtumweltbelastung. Andererseits verlieren Holzbaustoffe und somit Konstruktionen in Holz durch die Datenaktualisierung an Bedeutung.

Die Analyse der Gebäudematerialisierung und der Anteile der Bereiche Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität hat gezeigt, dass sich die prozentuale Zusammensetzung der Projektwerte je nach Betrachtungsgrösse erheblich unterscheidet. Die beiden Extrempositionen werden dabei von der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen eingenommen. Die Grösse Umweltbelastungspunkte pendelt sich in der prozentualen Verteilung über die drei Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität meist zwischen den beiden anderen Betrachtungsgrössen ein.

Die Umweltbelastung der Erstellung zeigt je nach Betrachtungsgrösse eine unterschiedliche Bedeutung an der Gesamtumweltbelastung der Gebäude. Während

sich die Anteile bei der Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen nicht sehr stark unterscheiden, zeigt die Betrachtung nach Umweltbelastungspunkten zum Teil doch ein recht abweichendes Bild. Die Gebäudetechnik ist bei einer Betrachtung nach der Gesamtumweltbelastung von noch grösserer Bedeutung als bei den Indikatoren Primärenergie und Treibhausgasemissionen. Insbesondere die Elektroanlagen und die Lüftungsanlagen fallen bedeutend stärker ins Gewicht. Der Dachaufbau, bestehend aus diversen Dichtungs- und Trennfolien sowie der Dämmung, ist bezüglich Gesamtumweltbelastung von geringerer Bedeutung als bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen. Zudem hat sich gezeigt, dass bauliche Massnahmen (Wärmeschutz) gebäudetechnischen Massnahmen vorzuziehen sind.

Die Umweltbelastungen Bei einer Variation des Heizsystems liefert der Indikator Gesamtumweltbelastung die homogensten Vergleichsergebnisse, während die Wahl des Heizsystems einen beachtlichen Einfluss auf den Verbrauch an nicht erneuerbarer Primärenergie und die Treibhausgasemissionen des Gebäudebetriebs haben kann. Von den untersuchten Gebäuden erreichen nur zwei Gebäude den Zielwert Gesamtumweltbelastung. Dieselben Gebäude erreichen zudem auch den Zielwert Primärenergie nicht erneuerbar, allerdings nur in Variante 1 (Pelletheizung). Der Zielwert Treibhausgasemissionen wird von keinem der Gebäude je erreicht. Es zeigt sich, dass die Wahl des Heizsystems einen beachtlichen Einfluss auf die Umweltbelastungen der Nutzungsphase haben kann.

Durch die Verwendung eines zertifizierten Strommixes anstelle des Schweizer Verbrauchermixes kann die Gesamtumweltbelastung in der Betriebsphase deutlich reduziert werden. Dies zeigt sich insbesondere bei jenen Gebäuden, bei denen für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser elektrische Wärmepumpen zum Einsatz kommen.

9 Folgerungen und Ausblick

9.1 Ziel- und Anspruchsgruppen

Die nachstehenden Folgerungen und der Ausblick richten sich an teilweise unterschiedliche Zielgruppen. Tab. 9.1 zeigt die Ziel- und Anspruchsgruppen sowie die ihnen zugedachten Folgerungen auf.

Tab. 9.1 Ziel- und Anspruchsgruppen und ihnen zugedachte Folgerungen

Ziel- und Anspruchsgruppe	Kapitel	Titel	Interessen
Institutionelle Bauherren	9.2	Nutzen des Indikators Umweltbelastung	Umweltoptimierung von Gebäuden mit UBP
Planer und Architekten	9.6	Fazit und Ausblick	Berücksichtigung des Indikators UBP bei der Projektentwicklung
Produzenten von Baustoffen	9.5	Materialisierung und Gebäudegestaltung	Erkenntnisse über die Bedeutung von Baustoffen und Bauteilen bezüglich Gesamtumweltbelastung
Kommission SIA 2040	9.3	Umweltbelastung im SIA-Effizienzpfad Energie	Empfehlung über die Verwendung des Indikators UBP
Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz	9.4	Umweltbelastung im Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz	Empfehlung über die Verwendung des Indikators UBP
Hersteller von Planungstools	9.6	Fazit und Ausblick	Implementierung des Indikators Gesamtumweltbelastung (UBP) in Planungstools
Ökobilanz-Consulting	9.6	Fazit und Ausblick	Auswertungen von Gebäude- und Baumaterialbilanzen mit dem Indikator UBP

9.2 Nutzen des Indikators Umweltbelastungspunkte

Die Methode der ökologischen Knappheit ermöglicht im Rahmen einer Ökobilanzierung die Bewertung der Wirkung von Schadstoffemissionen und der Entnahme von Ressourcen auf die Umwelt (Wirkungsabschätzung). Zentrale Grösse der Methode sind die Ökofaktoren, welche die Umweltbelastung einer Schadstoffemission respektive Ressourcenentnahme in der Einheit Umweltbelastungspunkte pro Mengeneinheit angeben (Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013). Bei der Methode der ökologischen Knappheit erfolgt die Wirkungsabschätzung von Sachbilanzen nach dem Prinzip ‚Differenz zur Toleranzmenge‘.

Die Methode der ökologischen Knappheit richtet sich explizit nach den gesetzlich verankerten und (in der Schweiz) demokratisch legitimierten Umweltzielen. Da die Methode eine breite Palette von Umweltwirkungen abdeckt, ist die Gefahr einer Einzeloptimierung deutlich geringer als dies bei den Einzelindikatoren Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf nicht erneuerbar der Fall ist. Ein Beispiel dafür stellen die Elektroanlagen und deren Kupferbedarf dar. Bei einer Bewertung mit der

Methode der ökologischen Knappheit sind Elektroanlagen eine wichtige Komponente des Gebäudes. Die Umweltbelastungen der Kupfergewinnung werden aber von den vorgenannten Indikatoren nicht bewertet.

Andererseits umfasst der Indikator Umweltbelastungspunkte auch Schadstoffemissionen, welche heute nicht mehr als allzu kritisch beurteilt werden. Dadurch ist das erforderliche Reduktionspotential geringer als dasjenige bezüglich Treibhausgasemissionen und es können Kompensationseffekte auftreten.

9.3 Umweltbelastung im SIA-Effizienzpfad Energie

Einer Einführung der Gesamtumweltbelastung als neuer Indikator im SIA-Effizienzpfad Energie steht theoretisch nichts im Wege. Aus der Sicht der Anwender (Architekten und Planer) wäre der Gewinn dieser neuen Zielgrösse neben der Primärenergie nicht erneuerbar und den Treibhausgasemissionen nur in Einzelfällen ersichtlich.

Von den untersuchten Gebäuden erfüllen drei Gebäude die Zielwerte des SIA-Effizienzpfad Energie, würden aber den neuen, hier vorgeschlagenen Zielwert zur Umweltbelastung überschreiten (vgl. Abb. 6.3 und Abb. 6.5). Es handelt sich um Gebäude mit einer Pelletsheizung. Werden die drei Gebäude nach der aktualisierten Methode der ökologischen Knappheit 2013 und mit den neuen Hintergrunddaten bewertet, dürfte deren Gesamtumweltbelastung sinken. Vermutlich werden die Gebäude aber den Zielwert nicht unterschreiten. Bei fünf Gebäuden ist die Gesamtumweltbelastung bezogen auf den Zielwert (indexierte Umweltbelastung) höher als deren Primärenergiebedarf nicht erneuerbar und deren Treibhausgasemissionen bezogen auf den jeweiligen Zielwert.

Konkret heisst dies, dass sich im untersuchten Sample nur in diesen wenigen Fällen eine Optimierung eines Projektes aufgrund des neuen Zielwerts beziehungsweise des neuen Indikators aufdrängen würde. Die Betrachtung nach der Gesamtumweltbelastung mittelt sich meist zwischen den beiden Extrempositionen Primärenergie nicht erneuerbar (welche vor allem Strom stark bewertet) und den Treibhausgasemissionen (bei welchen vor allem die fossilen Energieträger ausschlaggebend sind) ein. Wenn ein Projekt die Zielwerte dieser beiden Indikatoren unterschreitet, erfüllt es somit meist auch den neuen Zielwert zur Umweltbelastung. Die Berechnung der Umweltbelastung aggregiert verschiedene Indikatoren und tendiert dazu, unterschiedlich strenge Ziele auszumitteln. So wird in der Methode der ökologischen Knappheit zur Bestimmung des Ökofaktors der Treibhausgase eine deutliche Reduktion der Emissionen zugrunde gelegt. Bei gewissen Luft- und Wasserschadstoffen oder auch bei den Primärressourcen wie Eisenerz oder Kies sind die Reduktionsziele aber deutlich weniger ambitioniert.

Für die Planung von Bauprojekten, die die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft erfüllen, bleiben die Primärenergie nicht erneuerbar und die Treibhausgasemissionen die beiden entscheidenden Indikatoren.

9.4 Umweltbelastung im Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz

Der Standard SNBS ist ein Hilfsmittel, um die Nachhaltigkeit eines Gebäudes in seiner Gesamtheit zu beurteilen. Es ist für neue und bestehende Gebäude anwendbar. Der Standard zielt darauf ab, die drei Dimensionen des nachhaltigen Bauens (Gesellschaft, Wirtschaft, Umwelt) gleichermassen und möglichst umfassend in Planung, Bau und Betrieb mit einzubeziehen und damit den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie phasengerecht und objektspezifisch zu berücksichtigen (NNBS 2013).

Der Bereich Umwelt wird durch sieben Indikatoren bewertet, darunter auch die Treibhausgasemissionen sowie der Primärenergiebedarf nicht erneuerbar. Die Kriterien sind in Tab. 9.2 aufgelistet.

Die Erweiterung um den Indikator Gesamtumweltbelastung würde zwar eine wertvolle weitere Information bieten. Er hätte bei der Gebäudebewertung jedoch in der Regel keine richtungsweisende Rolle. Wie die Auswertung der untersuchten Gebäude gezeigt hat, liegt die auf einen Zielwert (oder eine Notenskala) bezogene Umweltbelastung meist zwischen den ebenso indexierten Werten der Treibhausgasemissionen und des Primärenergieverbrauchs nicht erneuerbar. Der Mehrwert durch das Einbringen dieses Indikators wäre daher auf einzelne Gebäude mit spezifischen Charakteristika wie einem hohen Heizenergiebedarf oder aufwändigen Elektro- und Lüftungsanlagen begrenzt.

Tab. 9.2 Kriterien im Bereich Umwelt des Standards für nachhaltiges Bauen Schweiz (NNBS 2013)

Themen	Nr.	Kriterien	Kurzbeschriebe
Umwelt	 Energie	301 Primärenergie nicht erneuerbar	Das Kriterium zeigt den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf eines Gebäudes für Erstellung, Betrieb und Mobilität auf.
	 Klima	302 Treibhausgasemissionen	Das Kriterium bezweckt die Ermittlung der Treibhausgasemissionen eines Gebäudes für Erstellung, Betrieb und Mobilität.
	 Ressourcen- und Umweltschonung	303 Umweltschonende Erstellung	Ob ein Gebäude ressourcen- und umweltschonend erstellt wurde, wird mit diesem Kriterium beschrieben.
		304 Umweltschonender Betrieb	Mit dem Kriterium wird überprüft, ob die Voraussetzungen für einen ressourcen- und umweltschonenden Betrieb einer Immobilie vorhanden sind.
		305 Umweltschonende Mobilität	Das Kriterium zeigt auf, welche konkreten Massnahmen zu einer umweltschonenden Mobilität beitragen.
	 Natur und Landschaft	306 Artenvielfalt	Mit diesem Kriterium wird beurteilt, ob das vorhandene natürliche Potential im Bereich Flora und Fauna am Standort ausgeschöpft wird.
		307 Landschaftszersiedelung	Die Landschaftszersiedelung und der Verbrauch an natürlichem Boden werden mittels geeigneter Indikatoren beurteilt.

9.5 Materialisierung und Gebäudegestaltung

Bei einer Optimierung nach Umweltbelastungspunkten soll das Hauptaugenmerk auf dem Bereich Erstellung liegen, da dieser Bereich bezüglich Gesamtumweltbelastung dominiert. Innerhalb der Erstellung lässt die Analyse der Fallbeispiele bei den folgenden Bauteilen ein einheitliches Muster erkennen:

- Die **Gebäudetechnik** ist bezüglich Gesamtumweltbelastung von grosser Bedeutung. Insbesondere die Elektroanlagen und die Lüftungsanlagen (Blechkanäle) fallen stark

ins Gewicht. Die Heizungsverteilung spielt hingegen keine bedeutende Rolle und gleicht den Mehraufwand bei Elektroinstallationen und Lüftung etwas aus.

- **Fenster** sind bezüglich Gesamtumweltbelastung von geringerer Bedeutung als bei den bisherigen Vergleichsgrössen Treibhausgasemissionen und Primärenergie, nicht erneuerbar. Die Unterschiede zeigen sich vor allem bei der Verglasung, nicht beim Rahmenanteil.
- **Dachaufbau / Dämmungen:** Der Dachaufbau, bestehend aus diversen Dicht- und Trennfolien sowie der Dämmung, ist bezüglich Gesamtumweltbelastung ebenfalls von geringerer Bedeutung als bei den bisherigen Vergleichsgrössen.
- **Konstruktionen in Holz** sind gemäss den aktualisierten Umweltkennwerten der KBOB-Empfehlung 2009/1:2014 bezüglich Gesamtumweltbelastung von ähnlicher Bedeutung wie bezüglich Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen.

Daraus lassen sich auf Basis des Indikators Gesamtumweltbelastung die folgenden allgemeinen Folgerungen ableiten:

- **Bauliche Massnahmen sind gebäudetechnischen Massnahmen vorzuziehen:**
Das bedeutet beispielsweise mehr dämmen und dafür eine kleinere Heizung einbauen oder eine natürliche Querlüftung ermöglichen statt eine mechanische Lüftungsanlage einbauen, und generell einfache Elektroinstallationen planen.
- **Verglasungen sowie Mauerwerk sind als Baumaterialien unproblematisch:**
Fenster und hinterlüftete Glasfassaden verursachen vergleichsweise geringe Umweltbelastungen in der Herstellung. Natürlich ist dabei, gerade bei Glasfassaden, dem Energiehaushalt im Betrieb gebührend Rechnung zu tragen.

9.6 Fazit und Ausblick

Die Gebäudeanalysen haben gezeigt, dass für Gebäude noch viel Spielraum besteht zur Minderung der Umweltbelastung und dass diese Minderung auf unterschiedliche Weise erreicht werden kann. Die in dieser Studie bilanzierten neu gebauten oder sanierten Gebäude weisen im Schnitt deutlich geringere Umweltbelastungen auf, als der heutige Schweizer Gebäudepark.

Die Gebäude-Bewertung mit der Methode der ökologischen Knappheit hat sich neben den Treibhausgasemissionen und dem Primärenergiebedarf nicht erneuerbar nur in wenigen Fällen als limitierend erwiesen. Eine Aufnahme dieses Indikators in das Merkblatt SIA 2040 SIA-Effizienzpfad Energie und den Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz drängt sich deshalb aus heutiger Sicht nicht auf.

Es wird aber empfohlen, den Indikator Gesamtumweltbelastung ergänzend zur weitergehenden Optimierung der Erstellung, des Betriebs und der Mobilität von Gebäuden anzuwenden beziehungsweise zu überprüfen, dass die Zielwerte Gesamtumweltbelastung ebenfalls eingehalten sind.

Für eine weiterführende Zielwertdiskussion bedarf es eines autorisierten nationalen Reduktionsziels, wie dies bei den Indikatoren Treibhausgasemissionen und Primärenergiebedarf nicht erneuerbar der Fall ist (Stichwort „2000-Watt-Gesellschaft“). Diskussionen im Hinblick auf ein derartiges Reduktionsziel werden zurzeit bei den zuständigen Bundesbehörden geführt.

Die vorgeschlagenen Ziel- und Richtwerte basieren auf der Analyse einer begrenzten Anzahl von Gebäuden. Es wird empfohlen, weitere Gebäude und insbesondere weitere Bürobauten hinsichtlich ihrer Gesamtumweltbelastung zu analysieren. So können die Ziel- und Richtwerte auf eine breitere Basis abgestützt werden. Auch lassen sich so diejenigen Bauteile oder Eigenschaften von Gebäuden verlässlicher benennen, bei denen die Gesamtumweltbelastung den Zielwert überschreitet. Zu diesem Zweck sollte der Indikator Umweltbelastung in die heutigen Planungsinstrumente eingebaut werden.

Konnten weitere Erfahrungen mit der Bilanzierung der Gesamtumweltbelastung von Gebäuden gewonnen werden und liegt ein offizielles Umweltbelastungs-Reduktionsziel vor, sollte die Frage der Anwendung eines gebäudebezogenen Umweltbelastungszielwerts neu diskutiert und beantwortet werden.

Referenzen

- | | |
|--|--|
| Amt-für-Hochbauten 2011a | Amt-für-Hochbauten (2011a) Baudokumentation Zentrum Dorflinde. Amt für Hochbauten Stadt Zürich, Zürich, retrieved from: http://www.stadt-zuerich.ch/content/hbd/de/index/hochbau/realisierte_bauten/archiv_e_ab2004/realisiert_2011/dorflinde.html . |
| Amt-für-Hochbauten 2011b | Amt-für-Hochbauten (2011b) Baudokumentation Schulhauspavillon Holderbach. Amt für Hochbauten Stadt Zürich, Zürich, retrieved from: http://www.stadt-zuerich.ch/content/hbd/de/index/hochbau/realisierte_bauten/archiv_e_ab2004/realisiert_2010/sh_holderbach_2010.html . |
| Baumgartner et al. 2014 | Baumgartner A., Nufer M., Vogel U., Kärcher M., Müller R., Jakob M. and Berleth H. (2014) Alterszentren auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft. Fachstelle nachhaltiges Bauen, Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Zurich. |
| BFS/ARE 2007a | BFS/ARE (2007a) Reiseverhalten der Schweizerischen Wohnbevölkerung 2005 - Modul des Mikrozensus zum Verkehrsverhalten 2005. Bundesamt für Statistik (BFS) und Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Neuchâtel/Bern. |
| BFS/ARE 2007b | BFS/ARE (2007b) Fact Sheet - Mobilität in der Schweiz - Ergebnisse des Mikrozensus zum Verkehrsverhalten. Bundesamt für Statistik (BFS) und Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Neuchâtel/Bern. |
| ecoinvent Centre 2010 | ecoinvent Centre (2010) ecoinvent data v2.2, ecoinvent reports No. 1-25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland, retrieved from: www.ecoinvent.org . |
| EnergieSchweiz für Gemeinden et al. 2014 | EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich and Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2014) Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft, 3. Überarbeitete Fassung. EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Ettenhausen. |
| Frischknecht et al. 2007 | Frischknecht R., Jungbluth N., Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Hellweg S., Hirschler R., Humbert S., Margni M. and Nemecek T. (2007) Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. ecoinvent report No. 3, v2.0. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.org . |
| Frischknecht et al. 2008 | Frischknecht R., Steiner R. and Jungbluth N. (2008) Methode der ökologischen Knappheit - Ökofaktoren 2006. Umwelt-Wissen Nr. 0906. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, retrieved from: www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01031/index.html?lang=de . |

Referenzen

- Frischknecht & Büsser Knöpfel 2013 Frischknecht R. and Büsser Knöpfel S. (2013) Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz. Umwelt-Wissen Nr. 1330. Bundesamt für Umwelt, Bern, retrieved from: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01750/index.html?lang=de>.
- Frischknecht & Büsser Knöpfel 2014 Frischknecht R. and Büsser Knöpfel S. (2014) Ecological scarcity 2013—new features and its application in industry and administration—54th LCA forum, Ittigen/Berne, Switzerland, December 5, 2013. In: *Int J LCA*, **19**(6), pp. 1361-1366, 10.1007/s11367-014-0744-z, retrieved from: <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01750/index.html?lang=de>.
- Frischknecht et al. 2014 Frischknecht R., Nathani C., Büsser Knöpfel S., Itten R., Wyss F. and Hellmüller P. (2014) Entwicklung der weltweiten Umweltauswirkungen der Schweiz; Umweltauswirkungen von Konsum und Produktion von 1996 bis 2011. treeze Ltd / Rütter Sococo AG, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Uster / Rüschlikon.
- Heeren et al. 2009 Heeren N., Gabathuler M. and Wallbaum H. (2009) Gebäudeparkmodell SIA Effizienzpfad Energie Dienstleistungs- und Wohngebäude. Vorstudie zum Gebäudeparkmodell Schweiz—Grundlagen zur Überarbeitung des SIA Effizienzpfades Energie. Bundesamt für Energie BfE, Bern.
- IPCC 2007 IPCC (2007) The IPCC fourth Assessment Report - Technical Summary. Cambridge University Press., Cambridge.
- IPCC 2013 IPCC (2013) The IPCC fifth Assessment Report - Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Working Group I, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
- John 2012 John V. (2012) Derivation of reliable simplification strategies for the comparative LCA of individual and "typical" newly built Swiss apartment buildings Professur für Nachhaltiges Bauen, ETH Zürich, Zürich.
- Jungbluth et al. 2011 Jungbluth N., Nathani C., Stucki M. and Leuenberger M. (2011) Environmental impacts of Swiss consumption and production: a combination of input-output analysis with life cycle assessment. Environmental studies no. 1111. ESU-services Ltd. & Rütter + Partner, commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN), Bern, CH, retrieved from: www.esu-services.ch/projects/ia/ or www.umwelt-schweiz.ch.
- Jungbluth et al. 2012 Jungbluth N., Itten R. and Stucki M. (2012) Umweltbelastungen des privaten Konsums und Reduktionspotenziale. ESU-services Ltd. im Auftrag des BAFU, Uster, CH, retrieved from: <http://www.esu-services.ch/projects/lifestyle/>.

Referenzen

- KBOB et al. 2012 KBOB, eco-bau and IPB (2012) Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand Juli 2012. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.
- KBOB et al. 2014a KBOB, eco-bau and IPB (2014a) KBOB-Empfehlung 2009/1:2014: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand April 2014. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: <http://www.bbl.admin.ch/kbob/00493/00495/index.html?lang=de>.
- KBOB et al. 2014b KBOB, eco-bau and IPB (2014b) ecoinvent Datenbestand v2.2+; Grundlage für die KBOB-Empfehlung 2009/1:2014: Ökobilanzdaten im Baubereich, Stand April 2014. Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren c/o BBL Bundesamt für Bauten und Logistik, retrieved from: www.lc-inventories.ch.
- Lenzlinger 2010 Lenzlinger M. (2010) SIA Effizienzpfad Bestimmung der Ziel- und Richtwerte mit dem Top-Down Approach.
- NNBS 2013 NNBS (2013) Standard Nachhaltiges Bauen Schweiz - Hochbau. Netzwerk Nachhaltiges Bauen Schweiz NNBS, energie schweiz, Bern.
- PRé Consultants 2012 PRé Consultants (2012) SimaPro 7.3.3, Amersfoort, NL.
- Schneider 2009 Schneider M. (2009) Graue Energie im Gebäudebestand der Schweiz. Wertstoff-Börse GmbH, Schlieren.
- SIA 2010 SIA (2010) Merkblatt 2032: Graue Energie von Gebäuden. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich.
- SIA 2011a SIA (2011a) Merkblatt 2039: Mobilität – Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich.
- SIA 2011b SIA (2011b) Merkblatt 2040: SIA-Effizienzpfad Energie. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich.
- SIA 2011c SIA (2011c) Dokumentation D 0236: SIA-Effizienzpfad Energie, Ergänzungen und Fallbeispiele zum Merkblatt SIA 2040. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich.
- SN508502 1995 SN508502 (1995) SN 508 502:1995 - Elementkostengliederung EKG (ed. Bauwesen C. S. f. d.), Zürich.
- Vadenbo et al. 2014 Vadenbo C., Rørbech J., Haupt M. and Frischknecht R. (2014) Abiotic resources: new impact assessment approaches in view of resource efficiency and resource criticality—55th Discussion Forum on Life Cycle Assessment, Zurich, Switzerland, April 11, 2014. In: *Int J LCA*, **online first**, pp., 10.1007/s11367-014-0784-4.

Referenzen

- Wyss et al. 2014 Wyss F., Frischknecht R. and Itten R. (2014) Hintergrundbericht zur Aktualisierung der Materialdaten der KBOB-Liste, v2.2+ Stand 2014. Bundesamt für Umwelt BAFU, Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren KBOB
- Züger & Gutri 2012 Züger Y. and Gutri C. (2012) Ökobilanz Erstellung - Bauprojekte im Vergleich, Vol. 17. Status-Seminar «Forschen für den Bau im Kontext von Energie und Umwelt», ETH Zürich (ed. Stadt Zürich A. f. H., Fachstelle nachhaltiges Bauen), Zurich, retrieved from: http://www.stadt-zuerich.ch/content/hbd/de/index/hochbau/nachhaltiges_bauen/Fachinformationen/Themenschwerpunkt_6_-_Graue_Energie_und_Stoffkreislaeufe.html#abgeschlossene_studien2012.

Anhang

Anhang

Bildnachweis Anhang

Abbildungsverzeichnis Anhang

Tabellenverzeichnis Anhang

Anhang A Fallbeispiele Gebäude

Anhang B Gebäudeinduzierte Mobilität

Bildnachweis Anhang

Folgende Bilder wurden von der Website des Amts für Hochbauten der Stadt Zürich bezogen²:

Abb. A. 1 Schulhaus A

Abb. A. 2 Schulhaus (historisches Bild)

Abb. A. 3 sanierte Schulanlage B und C

Abb. A. 4 Schulanlage B und C, Planaufsicht

Abb. A. 5 Isometrie der Pavillon Schulanlage

Abb. A. 6 Schulanlage D

Abb. A. 7 Schulhaus E

Abb. A. 8 Neubau Schulhaus F

Abb. A. 9 Schulpavillon G

Abb. A. 12 Altersheim A

Abb. A. 13 Altersheim A

Abb. A. 14 Aufsicht Altersheim A

Abb. A. 15 Altersheim B vor Sanierung

Abb. A. 16 Altersheim B, Visualisierung Aussenansicht

Abb. A. 17 Stockwerkansicht des geplanten Neubaus der Seniorenresidenz C

Abb. A. 18 Wohnsiedlung A vor der Sanierung

Abb. A. 19 Siedlung B vor Sanierung

Abb. A. 20 Siedlung B, Visualisierung Aussenansicht

Abb. A. 27 Visualisierung der geplanten Wohnliegenschaft E in Zürich Altstetten

Folgende Bilder wurden vom Architekturbüro Preisig Pfäffli zu Verfügung gestellt:

Abb. A. 10 oben: Ansicht (Foto Hannes Henz)

Abb. A. 11 unten: Grundriss Regelgeschoss

Abb. A. 21 Bild vor Umbau

² webpage Amt für Hochbauten Zürich: https://www.stadt-zuerich.ch/hbd/de/index/hochbau/geplante_bauten.html

Abb. A. 22 Bild nach Umbau
Abb. A. 23 Grundriss Regelgeschoss
Abb. A. 24 Bild vor Umbau
Abb. A. 25 Bild nach Umbau
Abb. A. 26 Grundriss Regelgeschoss neu
Abb. A. 28 Ansicht strassenseitig
Abb. A. 29 Grundriss Regelgeschoss
Abb. A. 30 Ansicht hofseitig (Bild: Haerle Hubacher)
Abb. A. 31 Grundriss Regelgeschoss
Abb. A. 32 Visualisierung Areal B
Abb. A. 33 Grundriss Regelgeschoss
Abb. A. 34 Bild des Neubaus
Abb. A. 35 Grundriss Regelgeschoss
Abb. A. 36 Bild mit Bürogebäude hinten links
Abb. A. 37 Grundriss Erdgeschoss, graue Fläche Büro

Abbildungsverzeichnis Anhang

Abb. A. 1 Schulhaus A	93
Abb. A. 2 Schulhaus (historisches Bild)	98
Abb. A. 3 sanierte Schulanlage B und C	98
Abb. A. 4 Schulanlage B und C, Planaufsicht	98
Abb. A. 5 Isometrie der Pavillon Schulanlage	102
Abb. A. 6 Schulanlage D	102
Abb. A. 7 Schulhaus E	106
Abb. A. 8 Neubau Schulhaus F	110
Abb. A. 9 Schulpavillon G	113
Abb. A. 10 oben: Ansicht (Foto Hannes Henz)	116
Abb. A. 11 unten: Grundriss Regelgeschoss	116
Abb. A. 12 Altersheim A	121
Abb. A. 13 Altersheim A	121
Abb. A. 14 Aufsicht Altersheim A	121
Abb. A. 15 Altersheim B vor Sanierung	125
Abb. A. 16 Altersheim B, Visualisierung Aussenansicht	125
Abb. A. 17 Stockwerksansicht des geplanten Neubaus der Seniorenresidenz C	129
Abb. A. 18 Wohnsiedlung A vor der Sanierung	132
Abb. A. 19 Siedlung B vor Sanierung	135
Abb. A. 20 Siedlung B, Visualisierung Aussenansicht	135
Abb. A. 21 Bild vor Umbau	138
Abb. A. 22 Bild nach Umbau	138
Abb. A. 23 Grundriss Regelgeschoss	138
Abb. A. 24 Bild vor Umbau	143
Abb. A. 25 Bild nach Umbau	143
Abb. A. 26 Grundriss Regelgeschoss neu	143
Abb. A. 27 Visualisierung der geplanten Wohnliegenschaft E in Zürich Altstetten	148
Abb. A. 28 Ansicht strassenseitig	151
Abb. A. 29 Grundriss Regelgeschoss	151

Abb. A. 30 Ansicht hofseitig (Bild: Haerle Hubacher)	155
Abb. A. 31 Grundriss Regelgeschoss	155
Abb. A. 32 Visualisierung Areal B	160
Abb. A. 33 Grundriss Regelgeschoss	160
Abb. A. 34 Bild des Neubaus	198
Abb. A. 35 Grundriss Regelgeschoss	198
Abb. A. 36 Bild mit Bürogebäude hinten links	203
Abb. A. 37 Grundriss Erdgeschoss, graue Fläche Büro	203

Tabellenverzeichnis Anhang

Tab. A. 1	Zuordnung der anonymisierten und der tatsächlichen Namen *: Gebäude unterhalb Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen §: Gebäude unterhalb Zielwert Primärenergie #: Gebäude unterhalb Zielwert Treibhausgasemissionen	92
Tab. A. 2	Kennzahlen des Schulhauses A	94
Tab. A. 3	Ausmass der Erstellung des Schulhauses A	94
Tab. A. 4	Kennzahlen des Schulhauses A	95
Tab. A. 5	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses A, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	96
Tab. A. 6	Kennzahlen der Schulhäuser B und C	98
Tab. A. 7	Ausmass der Erstellung der Schulhäuser B und C	99
Tab. A. 8	Kennzahlen des Schulhäuser B und C	99
Tab. A. 9	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses B, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	100
Tab. A. 10	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses C, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	101
Tab. A. 11	Kennzahlen des Schulhauses D	103
Tab. A. 12	Ausmass der Erstellung des Schulhauses D	103
Tab. A. 13	Kennzahlen des Schulhauses D	104
Tab. A. 14	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses D, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	105
Tab. A. 15	Kennzahlen des Schulhauses E	107
Tab. A. 16	Ausmass der Erstellung des Schulhauses E	107
Tab. A. 17	Kennzahlen des Schulhauses E	108
Tab. A. 18	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Liegenschaft E, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	109
Tab. A. 19	Kennzahlen des Schulhauses F	110
Tab. A. 20	Ausmass der Erstellung des Schulhauses F	111

Tab. A. 21	Kennzahlen des Schulhauses F	111
Tab. A. 22	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Liegenschaft F, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	112
Tab. A. 23	Kennzahlen des Schulpavillons G	113
Tab. A. 24	Ausmass der Erstellung des Schulpavillons G	114
Tab. A. 25	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses G, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	115
Tab. A. 26	Kennzahlen des Schulhauses H	117
Tab. A. 27	Kennzahlen Erstellung des Schulhauses H	118
Tab. A. 28	Kennzahlen des Schulhauses H	119
Tab. A. 29	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses H, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	120
Tab. A. 30	Kennzahlen des Altersheims A	122
Tab. A. 31	Ausmass der Erstellung des Altersheims A	123
Tab. A. 32	Kennzahlen des Altersheims A	123
Tab. A. 33	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Liegenschaft Altersheim A, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	124
Tab. A. 34	Kennzahlen des Altersheims B	126
Tab. A. 35	Ausmass der Erstellung des Altersheims B	127
Tab. A. 36	Kennzahlen des Altersheims B	127
Tab. A. 37	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Altersheims B, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	128
Tab. A. 38	Kennzahlen des Altersheims C	129
Tab. A. 39	Ausmass der Erstellung des Altersheims C	130
Tab. A. 40	Kennzahlen des Altersheims C	130
Tab. A. 41	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Altersheims C, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	131
Tab. A. 42	Kennzahlen der Wohnsiedlung A	132
Tab. A. 43	Ausmass der Erstellung der Wohnsiedlung A	133

Tab. A. 44	Kennzahlen der Wohnsiedlung A	133
Tab. A. 45	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft A, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	134
Tab. A. 46	Kennzahlen der Wohnsiedlung B	135
Tab. A. 47	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft B	136
Tab. A. 48	Kennzahlen der Wohnliegenschaft B	136
Tab. A. 49	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft B, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	137
Tab. A. 50	Kennzahlen der Wohnliegenschaft C	139
Tab. A. 51	Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft C	140
Tab. A. 52	Kennzahlen der Wohnliegenschaft C	141
Tab. A. 53	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft C, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	142
Tab. A. 54	Kennzahlen der Wohnliegenschaft D	144
Tab. A. 55	Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft D	145
Tab. A. 56	Kennzahlen der Wohnliegenschaft D	146
Tab. A. 57	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft D, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	147
Tab. A. 58	Kennzahlen der Wohnliegenschaft E	148
Tab. A. 59	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft E	149
Tab. A. 60	Kennzahlen der Wohnsiedlung E	149
Tab. A. 61	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft E, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	150
Tab. A. 62	Kennzahlen der Wohnsiedlung F	152
Tab. A. 63	Kennzahlen Erstellung der Wohnsiedlung F	153
Tab. A. 64	Kennzahlen der Wohnsiedlung F	153
Tab. A. 65	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnsiedlung F, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	154
Tab. A. 66	Kennzahlen der Wohnsiedlung G	156

Tab. A. 67	Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft G	157
Tab. A. 68	Kennzahlen der Wohnsiedlung G	158
Tab. A. 69	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft G, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	159
Tab. A. 70	Kennzahlen der Wohnsiedlung H	161
Tab. A. 71	Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft H	162
Tab. A. 72	Kennzahlen der Wohnsiedlung H	163
Tab. A. 73	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft H, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	164
Tab. A. 74	Kennzahlen der Wohnliegenschaft I	165
Tab. A. 75	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft I	166
Tab. A. 76	Kennzahlen der Wohnliegenschaft I	166
Tab. A. 77	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft I, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	167
Tab. A. 78	Kennzahlen der Wohnliegenschaft J	168
Tab. A. 79	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft J	169
Tab. A. 80	Kennzahlen der Wohnliegenschaft J	169
Tab. A. 81	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft J, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	170
Tab. A. 82	Kennzahlen des Mehrfamilienhauses Wohnliegenschaft K	171
Tab. A. 83	Ausmass der Erstellung des Gebäudes Wohnliegenschaft K	172
Tab. A. 84	Kennzahlen der Wohnliegenschaft K	172
Tab. A. 85	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Gebäudes Wohnliegenschaft K, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	173
Tab. A. 86	Kennzahlen der Wohnliegenschaft L	174
Tab. A. 87	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft L	175
Tab. A. 88	Kennzahlen der Wohnliegenschaft L	175
Tab. A. 89	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft L, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	176

Tab. A. 90	Kennzahlen der Wohnliegenschaft N	177
Tab. A. 91	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft N	178
Tab. A. 92	Kennzahlen der Wohnliegenschaft N	178
Tab. A. 93	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft N, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	179
Tab. A. 94	Kennzahlen der Wohnliegenschaft O	180
Tab. A. 95	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft O	181
Tab. A. 96	Kennzahlen der Wohnliegenschaft O	181
Tab. A. 97	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft O, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	182
Tab. A. 98	Kennzahlen der Wohnliegenschaft P	183
Tab. A. 99	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft P	184
Tab. A. 100	Kennzahlen der Wohnliegenschaft P	184
Tab. A. 101	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft P, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	185
Tab. A. 102	Kennzahlen der Wohnliegenschaft Q	186
Tab. A. 103	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft Q	187
Tab. A. 104	Kennzahlen der Wohnliegenschaft Q	187
Tab. A. 105	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft Q, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	188
Tab. A. 106	Kennzahlen der Wohnliegenschaft R	189
Tab. A. 107	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft R	190
Tab. A. 108	Kennzahlen der Wohnliegenschaft R	190
Tab. A. 109	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft R, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	191
Tab. A. 110	Kennzahlen der Wohnliegenschaft S	192
Tab. A. 111	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft S	193
Tab. A. 112	Kennzahlen der Wohnliegenschaft S	193

Tab. A. 113	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft S, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	194
Tab. A. 114	Kennzahlen der Wohnliegenschaft T	195
Tab. A. 115	Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft T	196
Tab. A. 116	Kennzahlen der Wohnliegenschaft T	196
Tab. A. 117	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft T, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	197
Tab. A. 118	Kennzahlen des Bürogebäudes A	199
Tab. A. 119	Kennzahlen Erstellung der Büroliegenschaft A	200
Tab. A. 120	Kennzahlen des Bürogebäudes A	201
Tab. A. 121	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Büroliegenschaft A, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	202
Tab. A. 122	Kennzahlen des Bürogebäudes B	204
Tab. A. 123	Kennzahlen Erstellung der Büroliegenschaft B	205
Tab. A. 124	Kennzahlen des Bürogebäude B	206
Tab. A. 125	Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Büroliegenschaft B, bezogen auf 1 m ² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer	207

A. Fallbeispiele Gebäude

In den folgenden Unterkapiteln werden alle untersuchten Gebäude detailliert beschrieben hinsichtlich des Gebäudetyps, der baulichen Massnahmen, der Materialisierung sowie des Energiestandards. Zudem werden die Ergebnisse der Ökobilanz pro m² (Erstellung, Unterhalt Rückbau und Total) sowie pro m² und Jahr (Gebäude, Betrieb und Mobilität) gezeigt.

Die folgende Tab. A. 1 zeigt die anonymisierten und die reellen Namen der Gebäude. Die Bezeichnungen mfh01 bis mfh12 beziehen sich auf John (2012).

Tab. A. 1 Zuordnung der anonymisierten und der tatsächlichen Namen
 *: Gebäude unterhalb Zielwerte Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen
 §: Gebäude unterhalb Zielwert Primärenergie
 #: Gebäude unterhalb Zielwert Treibhausgasemissionen

Name anonymisiert	Tatsächlicher Name	Name anonymisiert	Tatsächlicher Name
Schulhaus A #	Schulhaus Bläsi	Wohnliegenschaft D *	Wohngebäude Sihlweid
Schulhaus B	Schulhaus Ilgen A	Wohnliegenschaft E §	Wohngebäude Rautistrasse
Schulhaus C §	Schulhaus Ilgen B	Wohnliegenschaft F *	Wohngebäude Badenerstrasse
Schulhaus D	Schulhaus Holderbach	Wohnliegenschaft G *	Wohngebäude 50plus
Schulhaus E *	Schulhaus Milchbuck	Wohnliegenschaft H *	Wohngebäude Sihlbogen
Schulhaus F	Schulhaus Leutschenbach	Wohnliegenschaft I	Wohngebäude mfh01
Schulhaus G *	Schulhaus ZüriModular	Wohnliegenschaft J	Wohngebäude mfh02
Schulhaus H *	Schulhaus Eichmatt	Wohnliegenschaft K	Wohngebäude mfh03
Altersheim A	Altersheim Dorflinde	Wohnliegenschaft L	Wohngebäude mfh04
Altersheim B	Pflegezentrum Witikon	Wohnliegenschaft N	Wohngebäude mfh06
Altersheim C	Altersheim Trotte	Wohnliegenschaft O	Wohngebäude mfh07
Büroliegenschaft A §	Büro Axpo	Wohnliegenschaft P	Wohngebäude mfh08
Büroliegenschaft B §	Büro WFW	Wohnliegenschaft Q	Wohngebäude mfh09
Wohnliegenschaft A	Wohngebäude Kehlhof	Wohnliegenschaft R	Wohngebäude mfh10
Wohnliegenschaft B *	Wohngebäude Paradies Haus B	Wohnliegenschaft S *	Wohngebäude mfh11
Wohnliegenschaft C *	Wohngebäude Segantini	Wohnliegenschaft T	Wohngebäude mfh12

A.1. Schulhaus A

- **Bauherrschaft:** Stadt Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **Vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Bauzeit:** 2013 - 2015

Das Schulhaus A wurde 1907 erstellt. Die letzte grössere Sanierung liegt schon fast 40 Jahre zurück. Das anstehende Projekt umfasst nun die Erneuerung der Gebäudehülle, den Ersatz technischer Installationen und Innensanierungen.

Die Instandsetzung und die Anpassung an aktuelle Standards werden mit betrieblichen Verbesserungen verbunden: Der Hort- und Betreuungsbereich wird von 80 auf 100 Plätze erweitert. Nicht mehr genutzte Räume in einem Nebengebäude des Schulhauses werden umgebaut. Ausserdem wird die Umgebung aufgewertet:

Der auch von der Quartierbevölkerung rege genutzte Pausenplatz erhält vielseitigere Spielgeräte, mehr Sitzgelegenheiten und zusätzliche Bäume.

Das Gebäude wird neu gedämmt werden. Es werden neue Fenster eingebaut und dank der Umrüstung auf eine Erdsonden-Wärmepumpe kann der jährliche CO₂-Ausstoss von heute rund 13 t auf unter eine Tonne reduziert werden³.



Abb. A. 1 Schulhaus A

³ Webpage des Amtes für Hochbauten Stadt Zürich, http://www.stadt-zuerich.ch/content/hbd/de/index/ueber_das_departement/medien/medienmitteilungen/2013/maerz/130306a.html, Zugriff am 25.11.2013

Kennzahlen

Tab. A. 2 Kennzahlen des Schulhauses A

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	2'968		
Energiebezugsfläche	m ²	2'606		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	238	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.2
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	10	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	0	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 3 Ausmass der Erstellung des Schulhauses A

EKG- Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	14 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	193 m ²	Bodenplatte / Bodendämmung
E0	Decken	124 m ²	Betondecken
E1	Dächer	978 m ²	Wärmedämmung Dachschrägen / Estrichboden / Flachdach Anbau
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	446 m ²	Innendämmung Anbau / Aussendämmung Schulhaus
E4	Aussenwände EG + OG	897 m ²	Aussendämmung Schulhaus
E5	Fenster + Aussentüren	479 m ²	3-IV Verglasung / Holzrahmen / Aussentüren mit 2-IV Verglasung / Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	270 m ²	Mauerwerk / Betonwände
M1	Trennwände / Innentüren	287 m ²	Gipsständerwände / Holztrennwände / Innentüren
M3	Bodenbeläge	1954 m ²	Unterlagsböden / Parkett / Linoleum / Hartbeton / PU-Fliessbelag
M4	Wandbekleidung	1791 m ²	Putz / Anstrich / Keramikfliesen
M5	Deckenbekleidung	3180 m ²	Putz / Gipsplatten / Anstrich / Dämmung
I	Haustechnik	2606 m ²	Elektro / Sanitär / Erdsonde / Radiatoren / Abluft Küche und Bad

Induzierte Mobilität

Tab. A. 4 Kennzahlen des Schulhauses A

Primarschule	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Bauzone	0.0	Keine Arbeitszone
öV- Güteklasse	1.0	Güteklasse A
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.74	Parkplätze pro Beschäftigte (CH-Durchschnitt)
Verfügbarkeit Veloabstellplatz	1.0	verfügbar
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.22	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Tab. A. 5 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses A, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	0.06	3	3	-	-	0.0	0.0	0	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-
	D1	0	0	0	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-
	D2	18	1'101	823	-	279	0.3	15.1	14.6	-	0.5	0.02	1.06	0.72	-	0.34
	E0	92	5'526	4'857	-	669	0.6	34.0	29.1	-	4.9	0.06	3.78	3.51	-	0.27
	E1	385	23'089	11'345	5'672	6'072	4.8	287.3	187.4	93.7	6.1	0.30	18.02	9.99	5.00	3.03
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	23	1'375	1'248	-	127	0.2	14.6	13.8	-	0.9	0.03	1.87	1.83	-	0.04
	E4	41	2'445	2'319	-	127	0.6	35.1	34.3	-	0.8	0.06	3.47	3.44	-	0.03
	E5	764	45'866	18'959	18'959	7'948	8.5	510.4	252.6	252.6	5.2	0.56	33.73	15.55	15.55	2.63
	E6	95	5'722	4'980	-	742	0.9	52.3	47.0	-	5.4	0.08	5.06	4.77	-	0.28
	M1	176	10'541	4'424	4'424	1'693	1.6	98.0	47.8	47.8	2.3	0.10	5.87	2.67	2.67	0.52
	M3	885	53'125	20'734	20'734	11'657	7.7	463.8	227.5	227.5	8.7	0.53	32.07	14.22	14.22	3.63
	M4	210	12'628	5'358	5'358	1'911	1.9	114.6	54.5	54.5	5.7	0.18	10.76	4.64	4.64	1.47
	M5	575	34'489	16'509	16'509	1'470	4.0	242.1	118.6	118.6	4.9	0.26	15.60	7.19	7.19	1.23
	I	3'261	195'655	95'908	92'658	7'089	24.4	1'466.5	765.0	688.5	13.0	1.49	89.35	41.76	37.66	9.93
	Summe Gebäude	6'526	391'565	187'467	164'315	39'783	55.6	3'334.0	1'792.3	1'483.2	58.4	3.68	220.63	110.30	86.93	23.41
Betrieb	Raumwärme	9'489	569'339				196.0	11'757.1				3.07	183.95			
	Warmwasser	631	37'878				13.2	790.4				0.21	12.37			
	Lüftung	-	-				-	-				-	-			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	14'876	892'583				309.2	18'554.3				4.84	290.29			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	3'224	193'430				49.6	2'975.4				2.65	158.85			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	24'626					414.4					11.16				
Zielwert							350.0					13.50				

A.2. Schulhäuser B und C

- **Bauherrschaft:** Stadt Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **Vertreten durch:** Stadt Zürich, Amt für Hochbauten,
- **Architektur:** Wolfgang Rossbauer, Architekt ETH/SIA GmbH Zürich
- **Bauleitung:** Caretta + Gitz AG, Küsnacht
- **Landschaftsarchitektur:** vi.vo.architektur.landschaft gmbh, Zürich
- **Kunst und Bau:** Vanessa Billy, Zürich

Die Schulanlage befindet sich in Zürich Hottingen. 1877 wurden die Schulhäuser B und die Turnhalle errichtet. Dazwischen spannt sich ein grosszügiger Pausenplatz auf. Das Areal wurde 1889 mit dem zweiten Schulhaus C ergänzt.

Die denkmalgeschützte Schulanlage wurde nun umfassend saniert. Die bestehende Architektur aus dem 19. Jahrhundert wurde belassen und mit neuen Akzenten betont. Die Klassenzimmer sind gerüstet für einen zeitgemässen Unterricht.

Die Instandsetzung bringt die Architektur wieder zum Tragen und passt sie neuen Bedürfnissen an. Um den Minergie-Standard zu erfüllen, wurden die Mauern gedämmt. Die Raumstruktur im Schulhaus B wurde nicht wesentlich verändert. Das Schulhaus C wurde baulich stärker angepasst als Schulhaus B.

Nach der Instandsetzung ist das Ensemble technisch wieder auf dem neusten Stand. Die Anlage ist am Fernwärmenetz der Stadt angeschlossen.

Die Räume verfügen über eine automatische Ventilation und werden über Kippfenster gelüftet, die sich automatisch öffnen. So kann auf eine kontrollierte Lüftungsanlage verzichtet und trotzdem das Minergie-Label erreicht werden⁴.

Die Optik der Turnhalle führten die Architekten wieder näher an ihren ursprünglichen Ausdruck. Der Garderobentrakt hinter der Turnhalle wurde durch einen Neubau ersetzt.

⁴ Website des Amt für Hochbauten, Stadt Zürich, stadt-zuerich.ch/content/hbd/de/index/hochbau/realisierte_bauten/sa_ilgen.html, Zugriff am 22.11.2013



Abb. A. 2 Schulhaus
(historisches Bild)



Abb. A. 3 sanierte
Schulanlage B und C

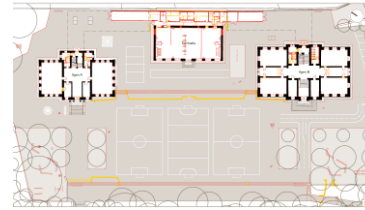


Abb. A. 4 Schulanlage B und C,
Planaufsicht

Kennzahlen

Tab. A. 6 Kennzahlen der Schulhäuser B und C

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	2'419 B 3'560 C		
Energiebezugsfläche	m ²	1'759 B 2'900 C		
Energiebedarf Raumwärme Q_{heff}	MJ/m ² a	208 B 158 C	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.95
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	10 B 20 C	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.65
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	0 B 0 C	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38 B 38 C	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 7 Ausmass der Erstellung der Schulhäuser B und C

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass Schulhaus B	Ausmass Schulhaus C	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	6 m ³	6 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	-	-	-
D2	Fundamentplatte	4 m ²	4 m ²	Fundamentplatte
E0	Decken	38 m ²	55 m ²	Betondecke
E1	Dächer	1108 m ²	1613 m ²	Steildach mit Dämmung / Ziegelabdeckung
E2	Stützen	-	-	-
E3	Aussenwände UG	54 m ²	22 m ²	Aussenwände Beton, Innendämmung
E4	Aussenwände EG + OG	1060 m ²	1666 m ²	Mauerwerk / Innendämmung
E5	Fenster + Aussentüren	315 m ²	408 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen, Aussentüren Holz
E6	Innenwände Rohbau	402 m ²	443 m ²	Backsteinwände und Betonwände
M1	Trennwände / Innentüren	160 m ²	563 m ²	Gips-, Holz-, Glastrennwände und -ständerwände
M3	Bodenbeläge	1041 m ²	1390 m ²	Parkett / Keramikplatten / Linoleum / Kunststeinplatten
M4	Wandbekleidung	898 m ²	1484 m ²	Täfer / Putz / Keramikplatten / Anstrich
M5	Deckenbekleidung	2037 m ²	2378 m ²	Akustikdeckenplatten / Decken gestrichen / Deckendämmung
I	Haustechnik	1759 m ²	2900 m ²	Elektro / Sanitär / Fernwärme / Radiatoren / Automatische Fensterlüftung

Induzierte Mobilität

Tab. A. 8 Kennzahlen des Schulhäuser B und C

Primarschule	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Bauzone	0.0	Keine Arbeitszone
öV- Güteklasse	1.0	Güteklasse A
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.74	Parkplätze pro Beschäftigte (CH-Durchschnitt)
Verfügbarkeit Veloabstellplatz	1.0	verfügbar
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.22	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Tab. A. 9 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses B, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	0.04	2	2	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	19	1'158	1'008	-	151	0.1	7.3	6.1	-	1.1	0.01	0.63	0.57	-	0.06
	E0	47	2'819	2'479	-	340	0.3	17.3	14.8	-	2.5	0.03	1.93	1.79	-	0.14
	E1	550	33'007	20'792	10'396	1'820	7.9	471.4	305.1	152.5	13.8	0.67	39.97	26.20	13.10	0.68
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	37	2'204	1'258	588	358	0.3	20.0	11.4	7.5	1.1	0.04	2.69	1.40	0.91	0.38
	E4	332	19'892	9'094	9'094	1'704	3.4	205.2	97.2	97.2	10.8	0.40	24.04	11.77	11.77	0.49
	E5	734	44'052	17'974	17'974	8'104	7.9	473.8	234.2	234.2	5.5	0.52	31.22	14.28	14.28	2.67
	E6	152	9'121	8'096	-	1'025	1.0	58.7	51.5	-	7.2	0.10	6.03	5.62	-	0.40
	M1	143	8'586	3'247	3'247	2'092	1.3	78.1	38.3	38.3	1.5	0.07	4.43	1.90	1.90	0.63
	M3	582	34'950	8'045	8'045	18'860	4.5	268.8	73.5	73.5	121.9	0.27	16.01	4.76	4.76	6.50
	M4	176	10'534	4'112	4'112	2'311	1.4	82.6	40.3	40.3	2.0	0.10	6.19	2.24	2.24	1.71
	M5	780	46'803	22'420	22'420	1'962	6.0	362.1	177.2	177.2	7.8	0.39	23.58	11.04	11.04	1.51
	I	5'244	314'622	152'795	156'095	5'731	26.8	1'610.1	785.7	812.0	12.4	1.62	97.47	44.03	45.63	7.81
	Summe Gebäude	8'796	527'750	251'322	231'971	44'457	60.9	3'655.5	1'835.4	1'632.7	187.5	4.24	254.19	125.59	105.63	22.96
Betrieb	Raumwärme	5'414	324'833				173.6	10'417.4				9.72	583.27			
	Warmwasser	380	22'825				12.2	732.0				0.68	40.98			
	Lüftung	-	-				-	-				-	-			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	10'550	633'023				285.9	17'156.3				11.97	718.24			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	3'224	193'430				49.6	2'975.4				2.65	158.85			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	22'570					396.5					18.85				
Zielwert							350.0					13.50				

Anhang A

Tab. A. 10 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses C, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

Gebäudeerstellung	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
	D0	0.02	1	1	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	12	703	611	-	91	0.1	4.4	3.7	-	0.7	0.01	0.38	0.34	-	0.04
	E0	41	2'487	2'187	-	300	0.3	15.3	13.1	-	2.2	0.03	1.70	1.58	-	0.12
	E1	483	28'991	18'294	9'147	1'549	6.9	413.7	267.7	133.9	12.2	0.59	35.26	23.11	11.56	0.59
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	11	640	397	143	99	0.1	5.5	3.3	1.8	0.3	0.01	0.73	0.41	0.22	0.10
	E4	319	19'143	8'848	8'704	1'592	3.4	202.1	97.2	94.8	10.1	0.38	22.99	11.38	11.15	0.46
	E5	576	34'562	14'099	14'099	6'363	6.2	371.9	183.8	183.8	4.3	0.41	24.50	11.20	11.20	2.09
	E6	99	5'956	5'261	-	695	0.7	40.4	35.5	-	4.9	0.07	4.11	3.84	-	0.27
	M1	397	23'810	10'713	9'717	3'380	4.2	249.5	128.5	115.2	5.8	0.28	16.72	8.37	7.13	1.22
	M3	256	15'359	6'440	6'440	2'479	1.9	116.7	57.7	57.7	1.2	0.12	7.28	3.45	3.45	0.38
	M4	162	9'715	3'851	3'851	2'013	1.3	77.8	37.9	37.9	2.1	0.10	5.78	2.11	2.11	1.57
	M5	302	18'117	8'439	8'439	1'238	2.4	142.2	69.6	69.6	3.1	0.16	9.56	4.21	4.21	1.14
	I	5'244	314'622	152'795	156'095	5'731	26.8	1'610.1	785.7	812.0	12.4	1.62	97.47	44.03	45.63	7.81
	Summe Gebäude	7'902	474'106	231'938	216'637	25'532	54.2	3'249.6	1'683.7	1'506.6	59.3	3.77	226.48	114.02	96.67	15.79
Betrieb	Raumwärme	4'112	246'744				131.9	7'913.1				7.38	443.06			
	Warmwasser	761	45'650				24.4	1'464.0				1.37	81.97			
	Lüftung	-	-				-	-				-	-			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	9'629	577'760				256.4	15'384.0				10.32	619.01			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	3'224	193'430				49.6	2'975.4				2.65	158.85			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	20'755					360.1					16.74				
Zielwert							350.0					13.50				

A.3. Schulhaus D

- **Bauherrschaft:** Stadt Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **Vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Architektur:** Boltshauser Architekten AG, Zürich
- **Bauzeit:** 2008 - 2010

Das Pavillon Schulhaus in Zürich Altstetten wurde in den 50er Jahren erstellt und nun umfassend saniert. Die Liegenschaft besteht aus drei Pavillons und einem fünfeckigen Kindergarten. Dies wird ergänzt durch einen Haupttrakt mit Turnhalle und einem Kinderhort. Die Gebäude erfüllen nun den Minergie-Standard (Amt-für-Hochbauten 2011b).

Die ursprüngliche Optik und die Einteilung der Gebäude wurde bei der Sanierung belassen. Durch eine Anpassung der Fassade wirkt diese ebenso filigran wie zur Zeit ihrer Entstehung, doch erfüllt sie jetzt die Primäranforderung von Minergie. Die Fensterbrüstungen erhielten eine hochwirksame Innendämmung. Gedämmt wurden auch die Decken der Untergeschosse. Die Betondächer wurden innen und aussen mit einer Dämmschicht versehen.

Ein charakteristisches Element der Schule sind die Kalksandsteinwände, die sich an mehreren Stellen in ein offenes Lochmauerwerk auflösen und das dahinterliegende Fenster verbergen.

Die Glastüren der Klassentrakte wurden nachgebaut und erfüllen nun die Minergie-Anforderungen⁵. Die Schulpavillons beziehen ihre Wärme durch Erdsondenfeld und Wärmepumpen. Die Nasszellen verfügen über eine automatische Lüftung.

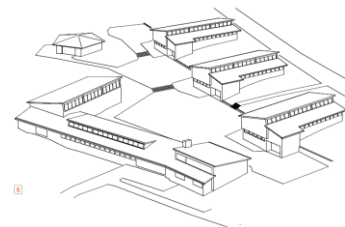


Abb. A. 5 Isometrie der Pavillon Schulanlage



Abb. A. 6 Schulanlage D

⁵ Webseite des Amtes für Hochbauten Stadt Zürich, http://www.stadt-zuerich.ch/content/hbd/de/index/hochbau/realisierte_bauten/archive_ab2004/realisiert_2010/sh_holderbach_2010.html, Zugriff am 22.11.2013

Kennzahlen

Tab. A. 11 Kennzahlen des Schulhauses D

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	Keine Angabe		
Energiebezugsfläche	m ²	3'057		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	300	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.1
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	10	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	0	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 12 Ausmass der Erstellung des Schulhauses D

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	475 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	430 m ³	Hinterfüllung
D2	Fundamentplatte	101 m ²	Fundamentplatte
E0	Decken	57 m ²	Betondecke Anbau
E1	Dächer	2485 m ²	Steildach mit Dämmung / Chromstahlblech
E2	Stützen	333 m	Fensterrahmenprofile
E3	Aussenwände UG	14 m ²	Schächte Beton
E4	Aussenwände EG + OG	1792 m ²	Mauerwerk / Dämmung / Verputz
E5	Fenster + Aussentüren	928 m ²	2-IV Verglasung VSG, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	125 m ²	Backsteinwände und Glaswände
M1	Trennwände / Innentüren	182 m ²	Leichtbauständerwand, neue Türen
M3	Bodenbeläge	2321 m ²	Zement / Keramikplatten / Linoleum / Turnhallenboden
M4	Wandbekleidung	4489 m ²	Keramikplatten / Anstrich / Tapete
M5	Deckenbekleidung	3550 m ²	Akustikdeckenplatten, Decken gestrichen / Deckendämmung
I	Haustechnik	3057 m ²	Elektro / Sanitär / Erdsonde / Radiatoren / Abluft Küche und Bad

Induzierte Mobilität

Tab. A. 13 Kennzahlen des Schulhauses D

Primarschule	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Bauzone	0.0	Keine Arbeitszone
öV- Güteklasse	1.0	Güteklasse A
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.74	Parkplätze pro Beschäftigte (CH-Durchschnitt)
Verfügbarkeit Veloabstellplatz	1.0	verfügbar
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.22	(CH-Durchschnitt)

Umweltbelastungen

Tab. A. 14 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses D, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	1.72	103	103	-	-	0.0	1.2	1.2	0.0	0.0	0.00	0.08	0.08	-	-
	D1	2	93	93	-	-	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	0.00	0.08	0.08	-	-
	D2	57	3'440	2'947	-	493	0.4	21.5	17.8	0.0	3.7	0.03	1.93	1.73	-	0.20
	E0	32	1'938	1'709	-	229	0.2	11.9	10.1	0.0	1.7	0.02	1.33	1.24	-	0.09
	E1	3'167	190'005	81'779	40'889	67'337	60.3	3'619.3	2'405.5	1'202.7	11.1	3.88	232.93	85.49	42.74	104.70
	E2	93	5'556	5'556	-	-	0.5	32.2	32.2	0.0	0.0	0.03	1.91	1.91	-	-
	E3	8	490	432	-	58	0.0	3.0	2.6	0.0	0.4	0.01	0.34	0.31	-	0.02
	E4	339	20'358	8'198	8'198	3'961	3.8	229.8	112.4	112.4	5.0	0.50	30.01	12.34	12.34	5.33
	E5	1'324	79'455	33'668	33'668	12'118	15.3	918.9	455.5	455.5	7.9	1.06	63.59	28.73	28.73	6.12
	E6	19	1'165	1'008	-	157	0.3	17.8	16.8	0.0	1.1	0.03	1.56	1.49	-	0.07
	M1	126	7'547	2'722	2'722	2'103	1.2	73.7	36.1	36.1	1.6	0.07	4.48	1.90	1.90	0.68
	M3	483	28'987	11'603	11'603	5'780	6.5	391.8	194.1	194.1	3.6	0.36	21.36	8.59	8.59	4.18
	M4	248	14'864	6'856	6'856	1'153	2.0	121.5	58.6	58.6	4.2	0.12	6.99	3.09	3.09	0.81
	M5	917	55'031	25'802	25'802	3'428	7.5	452.3	221.5	221.5	9.4	0.43	25.52	11.81	11.81	1.90
	I	5'989	359'322	165'895	187'695	5'731	42.8	2'568.3	1'106.6	1'449.4	12.4	2.50	150.07	61.62	80.65	7.81
	Summe Gebäude	12'806	768'355	348'373	317'434	102'548	141.1	8'464.5	4'672.1	3'730.4	62.0	9.04	542.18	220.41	189.86	131.91
Betrieb	Raumwärme	12'336	740'154				255.0	15'297.7				3.99	239.34			
	Warmwasser	631	37'878				13.2	790.4				0.21	12.37			
	Lüftung	-	-				0.0	0.0				-	-			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	17'723	1'063'398				368.2	22'094.9				5.76	345.69			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	3'224	193'430				49.6	2'975.4				2.65	158.85			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	33'753					558.9					17.45				
Zielwert							350.0					13.50				

A.4. Schulhaus E

- **Eigentümerin:** Stadt Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Architektur:** B.E.R.G. Architekten GmbH, Zürich
- **Kunst und Bau:** Markus Weiss, Zürich
- **Bauzeit:** 2007 – 2009

Das Schulhaus E wurde im Jahr 1930 erstellt. Im Laufe der Zeit wurden nur wenige Anpassungen durchgeführt. Nun wurde das Schulhaus komplett saniert und ist wieder zeitgemäss. Die Klassenzimmer wurden stark vergrössert. Nach dem Umbau erreicht das Schulhaus ausserdem den Minergie-Standard für Umbauten.

Die Bausubstanz war noch weitgehend erhalten, allerdings in stark gealtertem Zustand. Um das Gebäude den aktuellen Anforderungen an Schulbetrieb, Haustechnik und den Minergie-Standard anzupassen, wurde der Klassentrakt umfassend saniert und umgebaut. Die Innenräumen wurden aufgefrischt und erneuert. Die textilen Strukturgewebe als Wandbespannungen wurden erhalten. Erhalt, Erneuerung und dosiertes Weiterbauen waren auch die Themen bei den Aussenanlagen⁶.



Abb. A. 7 Schulhaus E

⁶ Website des Amt für Hochbauten, Stadt Zürich, http://www.stadt-zuerich.ch/content/hbd/de/index/hochbau/realisierte_bauten/archive_ab2004/realisiert_2009/Schulhaus_Milchbuck.html, Zugriff am 25.11.2013

Kennzahlen

Tab. A. 15 Kennzahlen des Schulhauses E

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	14'058		
Energiebezugsfläche	m ²	8'033		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	239	Holzpellets	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.75
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	10	Holzpellets	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.5
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	0	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 16 Ausmass der Erstellung des Schulhauses E

EKG- Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	175 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	125 m ³	Hinterfüllungen
D2	Fundamentplatte	26 m ²	Fundamentplatte mit Dämmung und Überzug
E0	Decken	1166 m ²	Leichtbetondecken
E1	Dächer	3190 m ²	Flachdach / Steildach mit und ohne Dämmung / Estrichboden gedämmt / Lukarnen
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	104 m ²	Betonwände mit Abdichtung / zusätzlich Dämmung
E4	Aussenwände EG + OG	2269 m ²	Putz / Wandverkleidung mit Dämmung / Brüstungsverkleidung mit Dämmung
E5	Fenster + Aussentüren	1030 m ²	3-IV Verglasung / Holzrahmen
E6	Innenwände Rohbau	1916 m ²	Betonwände / Mauerwände
M1	Trennwände / Innentüren	392 m ²	Leichtbauständerwände / Innen- und Aussentüren
M3	Bodenbeläge	7525 m ²	Unterlagsböden / Keramikplatten / Linoleum
M4	Wandbekleidung	12133 m ²	Putz / Anstrich
M5	Deckenbekleidung	7732 m ²	Akustikdeckenplatten / Deckendämmung
I	Hautechnik	8033 m ²	Elektro / Sanitär / Pelletheizung / Radiatoren / Automatische Ventilation

Induzierte Mobilität

Tab. A. 17 Kennzahlen des Schulhauses E

Sekundar- und Primarschule	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Bauzone	0.0	Keine Arbeitszone
öV- Güteklasse	1.0	Güteklasse A
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.20	Parkplätze pro Beschäftigte
Verfügbarkeit Veloabstellplatz	1.0	verfügbar
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.22	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Tab. A. 18 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Liegenschaft E, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	0	14	14	-	-	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.00	0.01	0.01	-	-
	D1	0	10	10	-	-	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.00	0.01	0.01	-	-
	D2	7	405	348	-	57	0.0	2.5	2.1	0.0	0.4	0.00	0.23	0.20	-	0.02
	E0	377	22'634	19'965	-	2'669	2.3	138.6	118.3	0.0	20.3	0.26	15.55	14.46	-	1.09
	E1	668	40'103	16'933	16'933	6'236	3.8	225.1	109.0	109.0	7.0	0.26	15.74	6.62	6.62	2.50
	E2	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-
	E3	29	1'740	1'496	11	233	0.2	12.1	10.6	0.2	1.4	0.02	1.38	1.21	0.02	0.15
	E4	209	12'560	5'286	5'286	1'987	2.7	159.6	77.7	77.7	4.3	0.28	16.59	7.05	7.05	2.49
	E5	479	28'730	11'817	11'817	5'097	5.3	319.9	158.2	158.2	3.6	0.35	21.11	9.70	9.70	1.71
	E6	159	9'553	8'354	-	1'199	1.6	95.4	86.3	0.0	9.1	0.16	9.34	8.87	-	0.47
	M1	186	11'176	4'511	4'511	2'154	1.8	106.4	51.7	51.7	2.9	0.11	6.77	3.04	3.04	0.68
	M3	995	59'711	25'706	25'706	8'298	8.6	516.6	250.7	250.7	15.2	0.62	37.09	14.86	14.86	7.36
	M4	255	15'277	6'277	6'277	2'722	2.4	145.5	68.9	68.9	7.7	0.25	15.26	6.55	6.55	2.15
	M5	612	36'732	16'575	16'575	3'583	4.9	294.6	143.3	143.3	8.0	0.32	19.30	8.44	8.44	2.42
	I	5'228	313'671	151'220	156'720	5'731	28.1	1'686.6	815.1	859.1	12.4	1.70	101.92	45.72	48.39	7.81
	Summe Gebäude	9'205	552'317	268'513	243'836	39'968	61.7	3'703.3	1'892.3	1'718.8	92.3	4.34	260.29	126.75	104.67	28.86
Betrieb	Raumwärme	11'648	698'901				88.3	5'297.5				4.46	267.38			
	Warmwasser	732	43'901				5.5	332.8				0.28	16.80			
	Lüftung	-	-				0.0	0.0				-	-			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	17'136	1'028'167				194.0	11'637.2				6.30	378.16			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	4'618	277'105				64.5	3'872.7				3.67	220.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	30'960					320.2					14.31				
Zielwert							350.0					13.50				

A.5. Schulhaus F

- **Eigentümerin:** Stadt Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Architektur:** Christian Kerez AG, Architekt ETH/SIA, Zürich
- **Kunst und Bau:** Olivier Mosset
- **Bauzeit:** 2005 – 2009

Das Schulhaus F ist eine turmartige, ringsum verglaste Stahlkonstruktion, in welcher sämtliche Räume übereinander geschichtet sind. Mit insgesamt 22 Klassenzimmern, einer Doppelsporthalle, Mediathek, Bibliothek, Mehrzwecksaal, Mensa, Kindergarten und einer Reihe von Werkstätten und Spezialräumen handelt es sich um das (nach der Schule Im Birch) zweitgrösste Schulhaus der Stadt.



Abb. A. 8 Neubau Schulhaus F

Während das umfangreiche Raumprogramm üblicherweise in einzelne Volumina gegliedert und nebeneinander angeordnet wird, verdichtete er es hier zu einem kompakten Baukörper.

Der Wärmebedarf wird über Fernwärme gedeckt. Das Gebäude verfügt über eine automatisierte Lüftung.

Kennzahlen

Tab. A. 19 Kennzahlen des Schulhauses F

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	9'582		
Energiebezugsfläche	m ²	9'279		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	53	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.95
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	20	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.65
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	7	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 20 Ausmass der Erstellung des Schulhauses F

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	8076 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	1195 m ³	Hinterfüllungen
D2	Fundamentplatte	1645 m ²	Fundamentplatte / Fundamentverstärkung / Fundamentpfähle
E0	Decken	4153 m ²	Betondecken / Leichtbetondecken / Betonträger / Balkone / Unterlagsböden
E1	Dächer	1949 m ²	Stahlträger / Zugstangen / Flachdach / Steildach / Photovoltaikanlage
E2	Stützen	1891 m	Stahlstützen
E3	Aussenwände UG	1069 m ²	Betonwände mit Dämmung
E4	Aussenwände EG + OG	-	-
E5	Fenster + Aussentüren	4059 m ²	Flachglas beschichtet / 2-IV Verglasung VSG / Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	4137 m ²	Beton- und Profilitwände
M1	Trennwände / Innentüren	1365 m ²	Gips- und Holzständerwände
M3	Bodenbeläge	10590 m ²	Unterlagsböden / Beton / Kunststein / Turnhallenbelag
M4	Wandbekleidung	880 m ²	Putz
M5	Deckenbekleidung	1311 m ²	Akustikdeckenplatten
I	Haustechnik	9279 m ²	Elektro / Sanitär / Fernwärme / Radiatoren / Kontrollierte Lüftung

Induzierte Mobilität

Tab. A. 21 Kennzahlen des Schulhauses F

Sekundar- und Primarschule	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Bauzone	0.0	Keine Arbeitszone
öV- Güteklasse	0.0	Güteklasse B
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.74	Parkplätze pro Beschäftigte (CH-Durchschnitt)
Verfügbarkeit Veloabstellplatz	1.0	verfügbar
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.22	(CH-Durchschnitt)

Umweltbelastungen

Tab. A. 22 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Liegenschaft F, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	9.64	578	578	-	-	0.1	7.0	7.0	-	-	0.01	0.46	0.46	-	-
	D1	1	86	86	-	-	0.0	1.0	1.0	-	-	0.00	0.07	0.07	-	-
	D2	2'604	156'238	138'266	-	17'972	16.9	1'013.2	890.1	-	123.1	1.85	111.14	101.75	-	9.38
	E0	4'942	296'543	270'355	-	26'189	39.2	2'351.3	2'152.2	-	199.1	3.57	213.98	203.45	-	10.53
	E1	2'290	137'382	86'291	40'425	10'667	23.7	1'420.6	861.7	549.1	9.8	1.65	99.02	51.40	32.37	15.25
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E5	1'335	80'127	38'681	38'681	2'764	18.5	1'109.5	546.7	546.7	16.1	1.39	83.12	40.16	40.16	2.80
	E6	715	42'874	40'068	-	2'805	7.2	432.2	408.1	-	24.1	0.62	37.36	36.14	-	1.22
	M1	129	7'722	3'651	3'651	421	1.2	69.8	33.8	33.8	2.2	0.07	4.29	2.09	2.09	0.12
	M3	1'914	114'830	44'012	44'012	26'807	22.3	1'336.0	631.5	631.5	73.1	1.96	117.73	46.16	46.16	25.41
	M4	35	2'120	1'046	1'046	29	0.6	36.1	18.0	18.0	0.2	0.03	1.68	0.84	0.84	0.01
	M5	136	8'143	3'655	3'655	832	1.7	103.4	50.5	50.5	2.3	0.09	5.59	2.74	2.74	0.11
	I	4'337	260'192	124'333	127'633	8'226	25.8	1'545.8	753.5	779.8	12.5	1.60	96.21	41.45	43.06	11.70
	Summe Gebäude	18'447	1'106'836	751'022	259'103	96'712	157.1	9'425.9	6'354.0	2'609.4	462.5	12.84	770.66	526.72	167.41	76.53
Betrieb	Raumwärme	1'379	82'770				44.2	2'654.4				2.48	148.62			
	Warmwasser	761	45'650				24.4	1'464.0				1.37	81.97			
	Lüftung	876	52'569				18.4	1'106.6				0.29	17.31			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	7'773	466'355				187.2	11'231.9				5.70	341.89			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	4'941	296'439				70.0	4'200.4				3.90	233.85			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	31'161					414.3					22.44				
Zielwert							350.0					14.50				

A.6. Schulhaus G

- **Bauherrschaft:** Stadt-Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **vertreten durch:** Amt für Hochbauten

Zurzeit hat die Stadt Zürich 30 Schulpavillons vom Typ Schulhaus G im Einsatz. Diese entschärfen die Zürcher Schulraumknappheit und überbrücken die Zeit, bis neue Schulhäuser gebaut sind.

Schulhaus G Pavillons der zweiten Generation haben gesteigerte Anforderungen zu erfüllen: Sie entsprechen dem Minergiestandard und bieten 10 Prozent mehr Fläche (zehn statt neun Module pro Geschoss).



Abb. A. 9 Schulpavillon G

Kennzahlen

Tab. A. 23 Kennzahlen des Schulpavillons G

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	n.b.		
Energiebezugsfläche	m ²	504		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	53	Luft/Wasser- Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.3
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	20	Luft/Wasser- Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 1.8
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	7	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 24 Ausmass der Erstellung des Schulpavillons G

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	23 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	-	Einzelfundament
E0	Decken	249 m ²	Bodendecke und –boden
E1	Dächer	249 m ²	Flachdach
E2	Stützen	523 m ²	Holzstützen und Holzverkleidung
E3	Aussenwände UG	97 m	3-IV Verglasung / Holzrahmen / Aussentüren Holz-Glas-Aluminium
E4	Aussenwände EG + OG	524 m ²	Aussenwände Holz / Dämmung
E5	Fenster + Aussentüren	-	-
E6	Innenwände Rohbau	91 m ²	Innenwände Holz / Dämmung
M1	Trennwände / Innentüren	114 m ²	Holz / Anstrich
M3	Bodenbeläge	450 m ²	Linoleum
M4	Wandbekleidung	349 m ²	Holz / Anstrich
M5	Deckenbekleidung	450 m ²	Holz / Anstrich
I	Haustechnik	504 m ²	Elektro / Sanitär / Erdsonde / Radiatoren / Automatische Belüftung

Induzierte Mobilität

Da für das Schulhausprovisorium G kein konkreter Standort verfügbar ist entspricht die induzierte Mobilität dem Durchschnitt der übrigen Schulhäuser A-F.

Umweltbelastungen

Tab. A. 25 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses G, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	0.51	30	30	-	-	0.0	0.4	0.4	-	-	0.00	0.02	0.02	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	254	15'261	13'209	-	2'052	1.6	94.8	79.2	-	15.6	0.19	11.16	10.32	-	0.84
	E0	1'931	115'883	56'068	29'719	30'096	20.8	1'245.0	801.7	430.8	12.5	1.04	62.56	34.51	18.51	9.55
	E1	1'112	66'714	34'196	21'830	10'688	13.9	836.0	513.9	316.8	5.3	0.74	44.20	24.56	16.69	2.95
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	1'481	88'863	41'760	26'177	20'927	16.9	1'016.5	633.0	373.8	9.7	0.78	47.06	25.91	15.88	5.28
	E5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E6	371	22'264	7'215	7'215	7'834	3.4	201.5	99.4	99.4	2.6	0.17	10.42	4.49	4.49	1.43
	M1	479	28'731	9'012	9'950	9'769	4.4	263.2	121.2	137.9	4.0	0.27	15.94	5.92	6.62	3.41
	M3	355	21'289	8'339	8'339	4'612	3.0	180.8	89.7	89.7	1.3	0.19	11.51	5.39	5.39	0.73
	M4	528	31'673	9'577	11'676	10'421	4.3	259.7	109.6	146.9	3.2	0.30	17.76	5.62	7.17	4.97
	M5	514	30'856	8'890	11'596	10'370	4.3	257.2	103.0	151.2	3.0	0.30	18.14	5.24	7.25	5.65
	I	3'211	192'668	90'569	93'870	8'229	21.7	1'301.7	631.4	657.8	12.5	1.36	81.66	34.17	35.78	11.70
	Summe Gebäude	10'237	614'234	278'865	220'371	114'998	94.3	5'656.7	3'182.5	2'404.4	69.7	5.34	320.44	156.16	117.78	46.51
Betrieb	Raumwärme	2'051	123'049				42.3	2'538.8				0.66	39.72			
	Warmwasser	1'400	84'030				29.3	1'756.4				0.46	27.48			
	Lüftung	876	52'569				18.4	1'106.6				0.29	17.31			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	9'084	545'014				190.1	11'408.7				2.97	178.50			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	3'742	224'544				55.5	3'329.1				3.03	181.54			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	23'063					339.9					11.34				
Zielwert							350.0					14.50				

A.7. Schulhaus H

- **Bauherrschaft:** Einwohnergemeinden Cham und Hünenberg, Kanton Zug
- **Architektur:** Bünzli & Courvoisier Architekten, Zürich
- **Gebäudetechnik:** Meierhans + Partner AG, Schwerzenbach
- **SIA-Effizienzpfad / Berechnungen:** Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Baujahr:** 2009

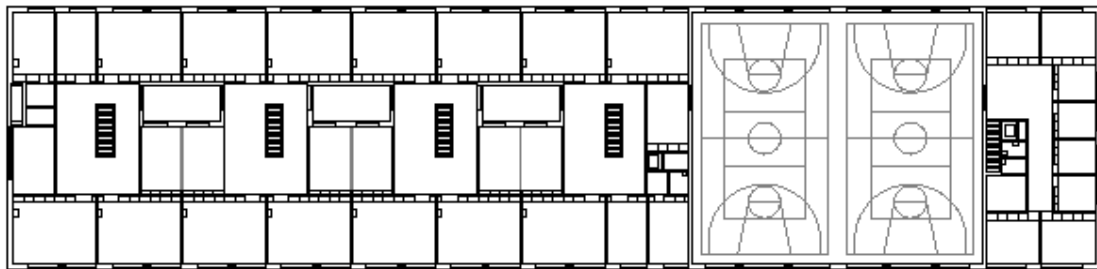


Abb. A. 10 oben: Ansicht (Foto Hannes Henz)

Abb. A. 11 unten: Grundriss Regelgeschoss

Zwei Gemeinden bauen zusammen ein grosses Schulhaus auf der Gemeindegrenze. Das markante, langgezogene Volumen gibt dem Ort und dem Gebäude eine der öffentlichen Nutzung angemessene Identität. Der Neubau ist geprägt durch die Ambivalenz zwischen der äusseren Erscheinung als kompaktes Volumen und der Gliederung in unterschiedliche Nutzungseinheiten. Drei kleine, gegen oben offene Lichthöfe dienen als Orientierungspunkte, welche trotz der grossen Gebäudetiefe ausreichend Tageslicht in die Räume einlässt.

Die Tragstruktur in Mischbauweise besteht aus einem Massivbau mit tragenden Betondecken und -wänden sowie Brettschichtholzstützen aus Lärche in der Fassadenebene. Die Fassade besteht aus vorgefertigten, nicht tragenden und hoch wärmegeprägten Elementen aus Holz mit beidseitiger Lärchenschalung.

Geheizt und gekühlt wird mit einer Erdsonden-Wärmepumpe. Sämtliche Geräte sind von bester Effizienzklasse. Die Photovoltaik-Anlage auf dem Dach liefert Strom ans Netz und wird nicht dem Gebäude zugeschrieben. Das Gebäude erreicht den Standard Minergie-P.

Der Standort an der Grenze zwischen den beiden Gemeinden entwickelt sich, ist aber zurzeit noch ein Randgebiet. Es wird öV-Güteklasse C erreicht.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 26 Kennzahlen des Schulhauses H

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	8'380		
Energiebezugsfläche	m ²	8'119		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	39	Erdsonden-Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 4.3
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	14	Erdsonden-Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	16	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 27 Kennzahlen Erstellung des Schulhauses H

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	7280 m ²	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	3640 m ²	Bodenplatte für 5 Geschosse, wasserdicht, ungedämmt
E0	Decken	4740 m ²	Betondecke CEM II 300 kg/m ³ , 90 kg/m ³ Bewehrung
E1	Dächer	103 m ² 3280 m ²	Dach unter Terrain, Beton, 20cm gedämmt inkl. Aufbau Betondecke, 28cm Dämmung, Abdichtung
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	757 m ²	Betonwand 25cm, 20cm gedämmt, inkl. Aufbau
E4	Aussenwände EG/OG	2190 m ²	Holzmassivbau, 30cm gedämmt, hinterlüftete Holzschalung
E5	Fenster + Aussentüren	1200 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Metallrahmen, Knickarmmarkise
E6	Innenwände tragend	6915 m ²	Betonwand 15- 20cm
M1	Trennwände / Innentüren	-	-
M3	Bodenbeläge	6000 m ² 469 m ² 1000 m ²	Unterlagsboden mit Trittschall, Natursteinplatten Unterlagsboden mit Trittschall, Elastischer Bodenbelag Hartbetonbelag
M4	Wandbekleidung	-	-
M5	Deckenbekleidung	-	-
I	Haustechnik	8119 m ²	Elektro / Sanitär / Wärmepumpe und Erdsonde / Verteilung über Fussboden / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 28 Kennzahlen des Schulhauses H

Sekundar- und Primarschule	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Bauzone	0.0	Keine Arbeitszone
öV- Güteklasse	0.0	Nicht Güteklasse A
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.5	Parkplätze pro Beschäftigte
Verfügbarkeit Veloabstellplatz	1.0	verfügbar
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.22	(CH-Durchschnitt)

Umweltbelastungen

Tab. A. 29 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Schulhauses H, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	169	10'138	8'671	-	1'467	2.6	153.1	128.4	-	24.7	0.14	8.69	7.79	-	0.90
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	1'257	75'412	68'094	-	7'318	12.1	727.7	653.4	-	74.3	0.95	57.29	50.12	-	7.18
	E0	1'050	63'025	57'247	-	5'778	6.7	402.4	341.5	-	61.0	0.68	40.76	37.42	-	3.34
	E1	1'417	85'037	55'615	13'839	15'583	16.6	996.8	584.9	336.2	75.7	1.21	72.39	41.24	14.11	17.04
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	361	21'643	14'767	1'950	4'925	3.8	225.7	164.3	49.0	12.3	0.29	17.49	10.91	2.04	4.54
	E4	654	39'226	19'713	1'129	18'384	3.7	224.2	200.3	13.0	10.9	0.23	13.63	10.04	0.63	2.96
	E5	1'019	61'168	28'121	28'121	4'926	11.9	712.5	353.5	353.5	5.5	0.80	47.94	22.80	22.80	2.34
	E6	1'200	71'995	63'094	-	8'901	7.7	460.9	399.5	-	61.4	0.72	43.31	39.54	-	3.77
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	1'224	73'416	34'732	34'732	3'953	15.9	955.6	455.6	455.6	44.5	0.95	57.00	26.93	26.93	3.14
	M4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	8'001	480'089	226'518	231'686	21'885	36.8	2'205.6	1'050.6	1'127.5	27.5	2.29	137.44	50.70	54.69	32.04
	Summe Gebäude	16'352	981'149	576'573	311'456	93'119	117.7	7'064.5	4'332.1	2'334.8	397.6	8.27	495.94	297.49	121.21	77.24
Betrieb	Raumwärme	1135	68113				23.9	1'433.9				0.37	22.46			
	Warmwasser	876	52569				18.4	1'106.7				0.29	17.33			
	Lüftung	1502	90120				31.6	1'896.0				0.50	30.00			
	übrige Betriebsenergie	5257	315420				110.7	6'642.0				1.73	103.80			
	Summe Betrieb	8770	526223				184.6	11'078.6				2.89	173.59			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	3645	218720				54.0	3'240.0				2.93	175.80			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	28'768					356.4					14.09				
Zielwert							350.0					14.50				

A.8. Altersheim A

- **Bauherrschaft:** Stadt Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **Vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Architektur:** GfA Gruppe für Architektur, Detlef Schulz (Gesamtsanierung), Neff Neumann Architekten, Barbara Neff (Umbau Altersheim)
- **Landschaftsarchitektur:** Andreas Geser Landschaftsarchitekten AG, Zürich
- **Kunst und Bau:** Vreni Spieser, Hans Stalder, Gilbert Bretterbauer
- **Bauzeit:** 2009 - 2011



Abb. A. 12 Altersheim A



Abb. A. 13 Altersheim A



Abb. A. 14 Aufsicht Altersheim A

Der 1976 erbaute Gebäudekomplex vereint viele Funktionen: Altersheim, Jugendwohnen, ein Sozialzentrum, aber auch Läden und Café sowie ein öffentliches Parkhaus. Für diese diversen Nutzungen eine stimmige Gesamtlösung zu finden stellte eine grosse Herausforderung dar.

Die Seniorenresidenz wurde grundlegend umgestaltet. Neu wird ein differenziertes Angebot von 120 Appartements unterschiedlicher Grösse angeboten. Die Pensionäre können selbständig wohnen und Serviceleistungen nach Wahl beziehen⁷.

Die Gesamterscheinung des Altersheims A mit ihren charakteristischen Farben und Materialien wurde bei der Erneuerung erhalten. Zudem wurden alle Gebäude energetisch saniert und entspricht nun dem Minergie-Standard. Je nach Gebäude wurden Einsparungen von 50 - 85 % verwirklicht. Das Altersheim erreicht dank Innendämmung sogar den Minergie-Standard für Neubauten. Sämtliche Fenster wurden ersetzt und eine kontrollierte Lüftung eingebaut. Die Liegenschaft ist an das Fernwärmenetz angeschlossen. Der Input an Grauer Energie war dank der ökologischen Materialwahl

⁷ Webseite des Amtes für Hochbauten, Stadt Zürich, http://www.stadt-zuerich.ch/content/hbd/de/index/hochbau/realisierte_bauten/archive_ab2004/realisiert_2011/dorflinde.html, Zugriff am 22.11.2013

sehr tief, er entspricht den Vorgaben des SIA-Effizienzpfades Energie (Amt-für-Hochbauten 2011a).

Kennzahlen

Tab. A. 30 Kennzahlen des Altersheims A

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	10'532		
Energiebezugsfläche	m ²	9'843		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	68	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.95
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Fernwärme ERZ Stadt Zürich	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.65
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	10	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 31 Ausmass der Erstellung des Altersheims A

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	-	Kein Aushub
D1	Hinterfüllungen	-	Keine Hinterfüllungen
D2	Fundamentplatte	-	Keine neue Fundamentplatte
E0	Decken	206 m ²	Decken Rohbau
E1	Dächer	2303 m ²	Flachdach mit Kiesaufschüttung
E2	Stützen	10 m ²	Innenstützen
E3	Aussenwände UG	2028 m ²	-
E4	Aussenwände EG + OG	3290 m ²	Betonsanierung / Aussenwände gegen Luft
E5	Fenster + Aussentüren	1051 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	1488 m ²	Innenwände Rohbau / Mauerwerk / Beton
M1	Trennwände / Innentüren	4320 m ²	2-IV Verglasung, Aluminiumrahmen / Gipstrennwände
M3	Bodenbeläge	4554 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett / Kunststein / Kunststoff / Teppich
M4	Wandbekleidung	26139 m ²	Fertigwandbekleidungen / Unterkonstruktionen
M5	Deckenbekleidung	4138 m ²	Fertigdeckenbekleidungen / Unterkonstruktionen
I	Haustechnik	9843 m ²	Elektro / Sanitär / Fernwärme / Fussbodenheizung / Komfortlüftung
Total		59'370 m ²	

Induzierte Mobilität

Tab. A. 32 Kennzahlen des Altersheims A

Altersheime	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.1	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.07	Parkplätze pro Betten und Mitarbeiter
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt
Korrekturfaktor Altersheime		Gemäss Studie Altersheime Stadt Zürich

Umweltbelastungen

Tab. A. 33 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Liegenschaft Altersheim A, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E0	45	2'713	2'137	168	408	0.3	19.8	14.2	2.4	3.2	0.03	1.93	1.66	0.09	0.18
	E1	735	44'084	12'005	12'005	20'075	15.6	935.0	460.0	460.0	15.0	0.96	57.73	14.28	14.28	29.16
	E2	2	137	119	-	19	0.0	0.9	0.7	-	0.1	0.00	0.12	0.11	-	0.01
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	124	7'461	4'344	1'752	1'364	1.2	71.9	41.9	23.6	6.4	0.14	8.56	5.18	2.39	0.99
	E5	509	30'550	13'178	13'178	4'194	5.9	353.8	175.4	175.4	3.1	0.40	24.11	11.18	11.18	1.74
	E6	132	7'926	6'801	-	1'125	1.1	68.6	60.0	-	8.5	0.13	7.51	7.06	-	0.45
	M1	680	40'815	18'878	18'878	3'060	9.7	584.1	285.7	285.7	12.7	0.64	38.50	18.78	18.78	0.95
	M3	191	11'444	4'260	4'260	2'923	2.4	141.3	68.9	68.9	3.4	0.15	9.06	3.27	3.27	2.52
	M4	754	45'249	14'855	21'892	8'502	6.7	402.0	134.7	256.3	11.1	0.51	30.61	8.24	13.36	9.01
	M5	96	5'775	2'168	2'744	862	1.3	77.6	32.8	42.7	2.1	0.08	4.99	1.89	2.31	0.79
	I	3'433	205'985	97'798	101'098	7'089	22.9	1'376.9	668.8	695.1	13.0	1.46	87.73	38.10	39.70	9.93
	Summe Gebäude	6'702	402'139	176'542	175'975	49'623	67.2	4'031.9	1'943.2	2'010.2	78.5	4.51	270.84	109.75	105.36	55.73
Betrieb	Raumwärme	1'770	106'193				56.8	3'405.6				3.18	190.68			
	Warmwasser	1'902	114'123				61.0	3'659.9				3.42	204.92			
	Lüftung	1'252	75'098				26.3	1'580.8				0.41	24.73			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	9'680	580'780				244.2	14'653.2				8.57	514.32			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	5'366	321'970				82.0	4'920.0				4.17	250.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	21'748					393.4					17.25				
Zielwert							-					-				

A.9. Altersheim B

- **Bauherrschaft:** Stadt-Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Architektur:** Gäumann Lüdi von der Ropp
- **Bauzeit:** 2010 bis 2014

Das Altersheim B wurde 1983 erstellt. Die Optik entspricht dem Zeitgeist der 70er Jahre. In umfassenden Sanierungsarbeiten wird das Pflegezentrum nun optisch und energetisch erneuert. Es werden die Fassaden, die Dächer, die gesamte Gebäudetechnik sowie die Innenräume saniert. Die Fassaden werden im Elementbau erstellt werden. Beim Gebäude handelt es sich um einen Massivbau mit sechs Obergeschossen, Erd- und Untergeschossen. Die Liegen-schaft verfügt über ein begrüntes Flachdach.

Im Rahmen der Sanierung werden Ein- und Zweipersonenzimmer je mit Nasszellen eingerichtet. Das Gebäude wird nach dem Umbau dem Minergie Standard entsprechen. Eine Erdsondenheizung versorgt das Gebäude mit Wärme und Warmwasser. Die Wärmeverteilung wird über eine Fussbodenheizung realisiert. Das neue Pflegezentrum ist mit einer automatischen Ventilation ausgestattet. Die Energiebezugsfläche misst 11'186 m².



Abb. A. 15 Altersheim B vor Sanierung



Abb. A. 16 Altersheim B, Visualisierung Aussenansicht

Kennzahlen

Tab. A. 34 Kennzahlen des Altersheims B

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	14'479.		
Energiebezugsfläche	m ²	11'186		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h,eff}	MJ/m ² a	98	Erdsonde/Wärmepumpe Gas	Deckungsgrad: 95% Arbeitszahl 3.2 Deckungsgrad: 5% Nutzungsgrad 0.9
Energiebedarf Warmwasser Q _{ww}	MJ/m ² a	50	Erdsonde/Wärmepumpe Gas	Deckungsgrad: 80% Arbeitszahl 2.2 Deckungsgrad: 20% Nutzungsgrad 0.65
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	15	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	38	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 35 Ausmass der Erstellung des Altersheims B

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	2460 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	1780 m ³	Hinterfüllungen
D2	Fundamentplatte	813 m ²	Bodenplatte
E0	Decken	2924 m ²	Betondecke / Stahlblech / Stahlträger
E1	Dächer	7385 m ²	Betondächer / Stahlträger / Flachdach / Oblichter
E2	Stützen	322 m	Betonstützen / Stahlträger
E3	Aussenwände UG	1 m ²	Brüstungen / Aussenwände Beton / Verkleidung Feinsteinzeug
E4	Aussenwände EG + OG	5150 m ²	Aussenwände Beton / Keramikplatten / Dämmung
E5	Fenster + Aussentüren	4507 m ²	3-IV Verglasung / Holz-Aluminiumrahmen / Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	6720 m ²	Betonwände / Mauerwerk
M1	Trennwände / Innentüren	2088 m ²	Vollgipswände / Ständerwände / Innentüren Holz / Spezialverglasungen
M3	Bodenbeläge	19475 m ²	Unterlagsböden / Zementüberzug / Kunststeinbelag / Parkett / Polyurethan / Linoleum / Anstrich / Doppelböden
M4	Wandbekleidung	40240 m ²	Innendämmung / Beplankung / Putz / Anstrich / Keramikplatten / Glasfaser / Holzverkleidung
M5	Deckenbekleidung	17500 m ²	Gipsakustikdecken / Holzdecken / Putz / Anstrich / Holzwohle / Glaswohle
I	Haustechnik	11186 m ²	Elektro / Sanitär / Erdsonde / Fussbodenheizung / Automatische Ventilation

Induzierte Mobilität

Tab. A. 36 Kennzahlen des Altersheims B

Altersheime	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	4.0	Güteklasse B
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.8	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.06	Parkplätze pro Betten und Mitarbeiter
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt
Korrekturfaktor Altersheime		Gemäss Studie Altersheime Stadt Zürich

Umweltbelastungen

Tab. A. 37 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Altersheims B, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	2.44	146	146	-	-	0.0	1.8	1.8	0.0	0.0	0.00	0.12	0.12	-	-
	D1	1	77	76	-	1	0.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.00	0.06	0.06	-	0.00
	D2	177	10'620	8'897	-	1'723	1.2	69.1	57.2	0.0	11.9	0.11	6.77	5.93	-	0.84
	E0	1'033	61'978	53'174	2'001	6'804	6.5	391.3	321.8	18.2	51.3	0.70	41.91	37.97	1.16	2.77
	E1	838	50'257	24'222	7'488	18'547	9.0	541.2	345.1	148.0	48.1	0.61	36.57	11.64	4.37	20.56
	E2	41	2'442	2'413	-	29	0.2	13.2	13.0	0.0	0.2	0.01	0.86	0.85	-	0.01
	E3	-	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-	-	-
	E4	1'773	106'401	64'023	41'386	993	13.9	832.7	481.4	344.6	6.7	1.02	61.26	38.61	22.29	0.36
	E5	611	36'639	16'507	16'507	3'625	7.8	465.9	231.4	231.4	3.1	0.53	31.66	15.05	15.05	1.56
	E6	182	10'914	9'359	-	1'555	2.8	166.4	155.5	0.0	10.9	0.25	14.86	14.30	-	0.57
	M1	389	23'356	8'473	8'473	6'410	4.2	254.0	123.4	123.4	7.1	0.26	15.82	6.85	6.85	2.12
	M3	942	56'497	23'284	23'284	9'930	6.9	414.3	184.6	184.6	45.1	0.84	50.10	23.32	23.32	3.46
	M4	1'050	63'014	27'256	27'256	8'502	8.4	504.2	243.6	243.6	16.9	0.67	40.25	17.53	17.53	5.19
	M5	512	30'734	14'646	14'646	1'441	3.7	221.1	108.8	108.8	3.5	0.21	12.84	5.89	5.89	1.07
	I	4'143	248'592	118'567	122'936	7'089	27.8	1'667.7	793.1	861.7	13.0	1.74	104.50	45.38	49.19	9.93
	Summe Gebäude	11'694	701'669	371'043	263'977	66'649	92.4	5'543.8	3'061.6	2'264.3	217.9	6.96	417.58	223.50	145.65	48.43
Betrieb	Raumwärme	3'902	234'093				83.3	4'996.3				1.59	95.43			
	Warmwasser	2'836	170'144				66.6	3'996.5				1.86	111.30			
	Lüftung	1'877	112'645				39.5	2'371.1				0.62	37.10			
	Übrige Betriebsenergie	4'756	285'366				100.1	6'006.9				1.57	93.98			
	Summe Betrieb	13'371	802'248				289.5	17'370.8				5.63	337.81			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	5'733	344'000				87.7	5'260.0				4.50	270.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	30'799					469.6					17.09				
Zielwert							-					-				

A.10. Altersheim C

- **Bauherrschaft:** Stadt Zürich, Immobilien-Bewirtschaftung
- **Vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Betrieb:** Altersheime der Stadt Zürich
- **Bauzeit:** noch offen
- **Architekten:** Enzmann + Fischer AG, Zürich

In Zürich Wipkingen wird ein neues, modernes Altersheim entstehen. Das bestehende Altersheim C entspricht nicht mehr den Anforderungen einer zeitgemässen Seniorenresidenz. Die Raumstrukturen gelten als kleinräumig und nach heutigen Normen zu eng und zu niedrig und sind insbesondere für Personen mit Gehhilfen ungeeignet. Die Seniorenzimmer verfügen über keine eigenen Nasszellen. Wegen der starren Gebäudestruktur wird eine bauliche Erneuerung als unpassend eingeschätzt.

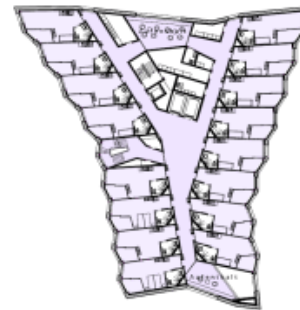


Abb. A. 17 Stockwerkansicht des geplanten Neubaus der Seniorenresidenz C

Nach eingehenden Machbarkeits- und Kostenstudien des Amtes für Hochbauten hat sich der Stadtrat darum für einen Ersatzneubau ausgesprochen. Die kompakte Gebäudeform wird ein Hauptmerkmal des angestrebten Projekts sein.

Das Gebäude wird entsprechend den Minergie-P Standards erbaut. Der geplante Neubau verfügt über 95 Einzimmer-Appartements, die individuell zu Zweizimmer-Appartements zusammen geschaltet werden können.

Kennzahlen

Tab. A. 38 Kennzahlen des Altersheims C

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	n.b.		
Energiebezugsfläche	m ²	8'745		
Energiebedarf Raumwärme Q_{Heff}	MJ/m ² a	20	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.85
Energiebedarf Warmwasser Q_{WW}	MJ/m ² a	50	Abwasser-Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.2
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 39 Ausmass der Erstellung des Altersheims C

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	17'363 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	4'305 m ³	Hinterfüllungen
D2	Fundamentplatte	2'474 m ²	Kieskoffer / Fundamentverstärkung / Installationskanal / FEKA-Tank / Erdregisterkanäle / Betonplatte
E0	Decken	10'090 m ²	Betondecke / Überzug / Kunststeinbelag / Parkett / Teppich / Polyurethan / Epoxydharz / Linoleum / Terrasse
E1	Dächer	2'100 m ²	Flachdächer und Steildach
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	1'868 m ²	Aussenwände Beton
E4	Aussenwände EG + OG	2'384 m ²	Aussenwände Beton / Keramikplatten / Dämmung
E5	Fenster + Aussentüren	1'191 m ²	3-IV Verglasung / Holz-Aluminiumrahmen / Aussentüre Holz-Aluminium
E6	Innenwände Rohbau	5'766 m ²	Betonwände
M1	Trennwände / Innentüren	4'915 m ²	Gipswände / Dämmung / Innentüren / Glastrennwände
M3	Bodenbeläge	10'892 m ²	Zementüberzug / Hartbeton / Kunststeinbelag / Parkett / Polyurethan / Linoleum / Anstrich / Teppich / Epoxydharz
M4	Wandbekleidung	18'110 m ²	Putz / Anstrich / Keramikplatten / Holzverkleidung
M5	Deckenbekleidung	8'929 m ²	Gipsakustikdecken / Holzakustikdecken / Sichtbeton / Gipsdecken
I	Haustechnik	8'880 m ²	Elektro / Sanitär / Wärmepumpe / Fussbodenheizung / Automatische Ventilation

Induzierte Mobilität

Tab. A. 40 Kennzahlen des Altersheims C

Altersheime	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	4.0	Güteklasse B
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.7	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.06	Parkplätze pro Betten und Mitarbeiter
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt
Korrekturfaktor Altersheime		Gemäss Studie Altersheime Stadt Zürich

Umweltbelastungen

Tab. A. 41 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Altersheims C, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	21.99	1'319	1'319	-	-	0.3	15.9	15.9	0.0	0.0	0.02	1.06	1.06	-	-
	D1	5	327	327	-	-	0.1	4.0	4.0	0.0	0.0	0.00	0.26	0.26	-	-
	D2	1'197	71'842	58'778	-	13'064	7.8	465.1	378.8	0.0	86.3	0.87	52.42	45.54	-	6.88
	E0	2'474	148'469	126'834	332	21'303	17.2	1'030.5	871.4	4.8	154.2	1.79	107.16	96.95	0.22	9.99
	E1	1'287	77'210	55'678	9'611	11'920	11.5	688.6	500.2	141.2	47.2	0.98	58.84	41.07	6.39	11.38
	E2	-	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	-	-	-	-	-	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	1'433	85'982	61'568	19'774	4'640	11.2	670.9	467.2	167.2	36.4	0.89	53.13	40.34	10.91	1.88
	E5	645	38'680	16'689	16'689	5'302	7.5	452.5	224.4	224.4	3.8	0.51	30.82	14.29	14.29	2.24
	E6	1'064	63'844	54'587	-	9'257	6.7	404.3	333.8	0.0	70.5	0.83	50.02	46.24	-	3.78
	M1	891	53'480	24'046	24'046	5'387	10.0	600.9	294.1	294.1	12.6	0.57	34.42	16.26	16.26	1.90
	M3	245	14'728	5'582	4'055	5'092	3.2	194.7	122.5	69.1	3.0	0.24	14.25	4.74	3.60	5.92
	M4	385	23'108	10'841	10'841	1'425	2.7	161.4	78.9	78.9	3.7	0.16	9.48	4.17	4.17	1.14
	M5	177	10'609	4'282	4'668	1'659	2.2	133.9	62.4	69.2	2.3	0.16	9.43	3.84	4.12	1.48
	I	3'433	205'985	97'798	101'098	7'089	22.9	1'376.9	668.8	695.1	13.0	1.46	87.73	38.10	39.70	9.93
	Summe Gebäude	13'260	795'582	518'329	191'114	86'139	103.3	6'199.4	4'022.4	1'744.1	432.9	8.48	509.04	352.87	99.66	56.51
Betrieb	Raumwärme	861	51'649				6.5	391.5				0.33	19.76			
	Warmwasser	2'875	172'475				59.9	3'592.7				0.94	56.21			
	Lüftung	751	45'058				15.8	948.5				0.25	14.84			
	Übrige Betriebsenergie	4'881	292'877				102.7	6'165.0				1.61	96.45			
	Summe Betrieb	9'368	562'060				185.0	11'097.6				3.12	187.26			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	5'709	342'510				87.3	5'240.0				4.50	270.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	28'336					375.6					16.10				
Zielwert							-					-				

A.11. Wohnliegenschaft A (Sanierung)

- **Bauherrschaft:** Stadt Zürich, Liegenschaftenverwaltung
- **Vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Architektur:** GfA Gruppe für Architektur GmbH, Zürich
- **Voraussichtliche Bauzeit:** März – Ende 2013

Die Wohnsiedlung A verfügt über fünf Obergeschosse, ein Erd- und ein Untergeschoss und ist 42-jährig. Es handelt sich dabei um ein gemauertes Gebäude mit begrüntem Flachdach. Die Sanierung umfasst die Gebäudehülle, das Dach, die Gebäudetechnik sowie die Innenräume. Durch die Fassadensanierung kann der Energieverbrauch um 75 % gesenkt werden. Nach der Sanierung wird die Siedlung eine Energiebezugsfläche von 4'097 m² haben. Eine Wärmepumpe versorgt die Liegenschaft mit Wärme und Warmwasser. Ein Gaskessel deckt die Spitzenlast.



Abb. A. 18 Wohnsiedlung A vor der Sanierung

Kennzahlen

Tab. A. 42 Kennzahlen der Wohnsiedlung A

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	5'259		
Energiebezugsfläche	m ²	4'097		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h,eff}	MJ/m ² a	135	Luft/Wasser-Wärmepumpe	Deckungsgrad: 67% Arbeitszahl 3.3
		135	Gas	Deckungsgrad: 34% Nutzungsgrad 0.9
Energiebedarf Warmwasser Q _{ww}	MJ/m ² a	50	Luft/Wasser-Wärmepumpe	Deckungsgrad: 80% Arbeitszahl 1.8
		50	Gas	Deckungsgrad: 20% Nutzungsgrad 0.65
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	10	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 43 Ausmass der Erstellung der Wohnsiedlung A

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	-	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	-	-
E0	Decken	-	-
E1	Dächer	683 m ²	Dachabdichtung / begrüntes Flachdach
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	173 m ²	Wandverstärkung Beton
E4	Aussenwände EG + OG	5'428 m ²	Dachrand Beton / Kompaktfassade mit Dämmung / Verkleidung Balkone
E5	Fenster + Aussentüren	1'121 m ²	2-IV und 3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen, Holzrahmen, Aluminiumrahmen, Aussentüren Holz mit Glas- oder Aluminiumeinsatz
E6	Innenwände Rohbau	-	-
M1	Trennwände / Innentüren	315 m ²	Gipsständerwände, neue Türen
M3	Bodenbeläge	784 m ²	Zementüberzug / Keramikplatten
M4	Wandbekleidung	1'115 m ²	Keramikplatten / Anstrich / Putz
M5	Deckenbekleidung	4'196 m ²	Akustikdeckenplatten / Decken gestrichen / Deckendämmung
I	Haustechnik	4'097 m ²	Elektro / Sanitär / Wärmepumpe / Radiatoren / teilweise Kontrollierte Lüftung

Induzierte Mobilität

Tab. A. 44 Kennzahlen der Wohnsiedlung A

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.1	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.33	Parkplätze pro Haushalt
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen des Gebäudes

Tab. A. 45 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft A, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	0	0	0	-	-	0.0	0.0	0.0	-	-	0.00	0.00	0.00	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E1	312	18'747	6'297	3'149	9'301	5.0	300.5	192.5	96.3	11.7	0.35	20.95	5.52	2.76	12.68
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	42	2'526	2'190	-	336	0.3	15.7	13.2	-	2.5	0.03	1.83	1.69	-	0.14
	E4	554	33'267	12'096	10'469	10'702	9.6	577.6	289.2	279.3	9.1	0.74	44.45	15.00	13.82	15.63
	E5	1'178	70'692	31'631	31'631	7'430	14.5	869.5	431.1	431.1	7.2	0.99	59.52	28.45	28.45	2.62
	E6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M1	144	8'625	3'187	3'187	2'251	1.3	79.9	39.1	39.1	1.7	0.08	4.86	2.07	2.07	0.71
	M3	198	11'871	5'793	5'793	286	1.2	72.4	35.1	35.1	2.2	0.08	4.84	2.36	2.36	0.11
	M4	257	15'394	6'871	6'871	1'653	1.9	111.1	54.6	54.6	2.0	0.13	7.96	3.07	3.07	1.83
	M5	187	11'204	4'698	4'698	1'808	2.2	131.6	63.9	63.9	3.7	0.13	7.58	2.95	2.95	1.68
	I	3'153	189'205	89'408	92'708	7'089	18.7	1'121.8	541.3	567.6	13.0	1.18	70.60	29.53	31.14	9.93
	Summe Gebäude	6'025.5	361'532	162'172	158'505	40'856	54.7	3'280.1	1'660.1	1'567.1	53.0	3.71	222.58	90.64	86.62	45.32
Betrieb	Raumwärme	5'277	316'619				134.2	8'053.5				4.79	287.69			
	Warmwasser	3'337	200'219				77.3	4'635.2				2.02	121.29			
	Lüftung	1'252	75'098				26.3	1'580.8				0.41	24.73			
	Übrige Betriebsenergie	4'881	292'877				102.7	6'165.0				1.61	96.45			
	Summe Betrieb	14'747	884'814				340.6	20'434.5				8.84	530.2			
gebäudein- duzierte Mobilität	Total Mobilität	6'096	365'750				93.0	5'580.0				4.83	290.00			
Gesamt- total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	26'868					488.2					17.38				
Zielwert							440.0					15.50				

A.12. Wohnliegenschaft B

- **Eigentümerin:** Stadt Zürich, Liegenschaftenverwaltung
- **vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Architektur:** ARGE Galli Rudolf/Halter
- **Voraussichtliche Bauzeit:** 2013-2016

Die Wohnsiedlung B im Quartier Wollishofen wurde 1970-1972 nach den Plänen von Architekt Erwin Müller erbaut. Die Siedlung umfasst 220 Wohnungen. Die 40 jährige Liegenschaft soll umfassend renoviert werden. Kleine Wohnungen werden zu grösseren, familientauglichen Wohnungen zusammengeschlossen. Die Gesamtsanierung wird die Fassaden, Innenräume sowie die Gebäudetechnik betreffen. Die Sanierung wird eine energetische Verbesserung der Gebäudesubstanz bewirken.



Abb. A. 19 Siedlung B vor Sanierung



Abb. A. 20 Siedlung B, Visualisierung Aussenansicht

Kennzahlen

Tab. A. 46 Kennzahlen der Wohnsiedlung B

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	n.b.		
Energiebezugsfläche	m ²	2'894		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	77	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.9
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	10	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 47 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft B

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	90 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	30 m ²	Kieskoffer / Installationskanal
E0	Decken	227 m ²	Unterlagsböden
E1	Dächer	142 m ²	Flachdächer
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	-	-
E4	Aussenwände EG + OG	1'634 m ²	Dämmung der fassadenbündigen Balkone / Betonsanierung / Balkone und Terrassen / Fensterleibungen / Aussenwände
E5	Fenster + Aussentüren	654 m ²	3-IV Verglasung / Holz-Aluminiumrahmen / Storen / Aussentüren Holz-Aluminium
E6	Innenwände Rohbau	42 m ²	Betonwände / Mauerwände
M1	Trennwände / Innentüren	449 m ²	Gipswände / Innentüren
M3	Bodenbeläge	1'780 m ²	Kunststein / Zement / Parkett / Anstrich
M4	Wandbekleidung	7'006 m ²	Putz / Anstrich / Keramikplatten
M5	Deckenbekleidung	2'433 m ²	Anstrich / Putz / Stahl- und Gipsverkleidungen
I	Haustechnik	2'894 m ²	Elektro / Sanitär / Erdsonde / Abluftanlage Küche und Bad

Induzierte Mobilität

Tab. A. 48 Kennzahlen der Wohnliegenschaft B

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	3.0	Güteklasse C
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.1	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.4	Parkplätze pro Haushalt
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	(CH-Durchschnitt)

Umweltbelastungen

Tab. A. 49 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft B, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	0.34	21	21	-	-	0.0	0.2	0.2	-	-	0.00	0.02	0.02	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	13	793	581	-	212	0.1	5.5	4.3	-	1.2	0.01	0.53	0.39	-	0.14
	E0	21	1'232	911	-	321	0.3	16.3	14.2	-	2.1	0.01	0.77	0.54	-	0.22
	E1	365	21'881	11'950	8'562	1'368	2.3	140.7	84.4	54.3	1.9	0.14	8.61	4.25	2.85	1.51
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	441	26'444	12'255	7'275	6'914	6.5	389.6	241.7	140.6	7.3	0.56	33.90	16.02	8.84	9.03
	E5	3'959	237'560	103'985	103'985	29'591	43.1	2'583.3	1'283.4	1'283.4	16.4	2.96	177.35	82.53	82.53	12.28
	E6	14	819	702	-	118	0.1	6.9	6.0	-	0.9	0.01	0.76	0.71	-	0.05
	M1	506	30'362	14'402	14'402	1'558	3.6	214.9	106.1	106.1	2.6	0.20	11.88	5.69	5.69	0.51
	M3	385	23'116	9'329	9'781	4'005	3.0	181.3	85.7	93.5	2.1	0.17	10.41	4.32	4.65	1.45
	M4	590	35'382	9'726	17'622	8'034	5.1	306.6	83.4	219.8	3.4	0.39	23.68	4.14	9.88	9.66
	M5	273	16'406	4'840	7'819	3'746	2.4	142.8	42.3	93.8	6.6	0.17	10.47	2.21	4.37	3.89
	I	1'674	100'462	46'900	50'200	3'361	11.0	660.9	314.8	341.1	5.0	0.70	41.71	17.68	19.28	4.75
	Summe Gebäude	8'241	494'478	215'602	219'647	59'229	77.5	4'649.1	2'266.8	2'332.8	49.6	5.33	320.09	138.50	138.11	43.48
Betrieb	Raumwärme	2'534	152'047				52.0	3'121.0				0.81	48.83			
	Warmwasser	3'157	189'393				65.9	3'951.9				1.03	61.83			
	Lüftung	1'252	75'098				26.3	1'580.8				0.41	24.73			
	Übrige Betriebsenergie	4'881	292'877				102.7	6'165.0				1.61	96.45			
	Summe Betrieb	11'824	709'416				247.0	14'818.7				3.86	231.85			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	6'618	397'050				101.2	6'070.0				5.17	310.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	26'682					425.6					14.37				
Zielwert							440.0					15.50				

A.13. Wohnliegenschaft C (Wohnen / Umbau)

- **Bauherrschaft:** Privat, Zürich
- **Architektur:** kämpfen für architektur AG, Zürich
- **Gebäudetechnik:** Naef Energietechnik, Zürich
- **Berechnungen:** Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Bauzeit:** Sanierung und Aufstockung 2009 (Baujahr 1954)



Abb. A. 21 Bild vor Umbau



Abb. A. 22 Bild nach Umbau



Abb. A. 23 Grundriss Regelgeschoss

Das Mehrfamilienhaus aus der Nachkriegszeit genügt aus verschiedener Hinsicht den Bedürfnissen nicht mehr. Die tiefgreifende Sanierung erweitert den Wohnraum, vergrößert die Fensterflächen und erhöht damit die Wohnqualität entscheidend. Energetisch erreicht das umgebaute Gebäude den Standard Minergie-P und ist ein bilanziertes Plus-Heizenergie-Haus. Obwohl der Eingriff gross ist und das Gebäude durch den Aufbau eines Attikageschosses das maximale Volumen eines Ersatzneubaus erreicht, bleibt der Umbau dank des Erhalts der Bausubstanz die kostengünstigere Variante als ein Neubau. Die Sanierung geschah nach der, retrofit-Methode mit standardisierten Fertigelementen im bewohnten Zustand.

Die Primärstruktur des Gebäudes wurde kaum verändert. Die Gebäudehülle hingegen ist komplett erneuert, die gesamte Gebäudetechnik ersetzt, die Mietflächen maximiert und ein zusätzliches Attikageschoss in Holzelementbauweise aufgesetzt. Nasszellen und Küchen wurden komplett erneuert.

Durch die Dämmung der Gebäudehülle, die neuen Fenster und die Eliminierung diverser Wärmebrücken konnte der Heizwärmebedarf massiv gesenkt werden. Die Wärme wird neu mit einer Erdsonden-Wärmepumpe produziert. Sonnenkollektoren und eine Photovoltaikanlage nutzen die Sonnenenergie. Das Gebäude erfüllt den Standard Minergie-P-Eco.

Die Lage des Objekts in der Stadt Zürich ist mit öV-Gütekategorie B gut erschlossen und doch liegt das Haus in ruhiger Umgebung. Da es sich nicht um einen Neubau handelt, konnte die Parkplatzzahl mit zwei Parkplätzen gering gehalten werden.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 50 Kennzahlen der Wohnliegenschaft C

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	789		
Energiebezugsfläche	m ²	657		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	65	Erdsonde/Wärmepumpe Strom aus PV-Anlage	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.9
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Erdsonde/Wärmepumpe Strom aus PV-Anlage Solarkollektoren	Deckungsgrad: 33% Arbeitszahl 2.0 Deckungsgrad: 67%
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	10	Strom aus PV-Anlage	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom aus PV-Anlage	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 51 Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft C

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	-	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	-	-
E0	Decken	28 m ²	Betondecke CEM II 300 kg/m ³ , 90 kg/m ³ Bewehrung
E1	Dächer	132 m ² 69 m ²	Brettstapeldecke, 34cm Dämmung, Dachabdichtung nur Aufbau: 32cm Dämmung, Dachabdichtung
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	-	-
E4	Aussenwände EG/OG	138 m ² 247 m ²	Holzrahmenbau, 30cm gedämmt, Holzschalung nur Aufbau: Putzträgerplatte, 20cm gedämmt, verputzt
E5	Fenster + Aussentüren Balkone	191 m ² 26 m ¹	3-IV Verglasung, Holz-Metallrahmen, Lamellenstoren Betonplatte auf Metallstützen, bis 2m Auskragung
E6	Innenwände tragend	-	-
M1	Trennwände / Innentüren	100 m ²	Gipsständerwände 50 dB
M3	Bodenbeläge	160 m ²	Unterlagsboden mit Trittschall / Parkett
M4	Wandbekleidung	200 m ²	Wandputz auf Beton
M5	Deckenbekleidung	132 m ²	Dämmung gegen unbeheizt
I	Haustechnik	657 m ² 11 kWp 12 m ²	Elektro / Sanitär / Wärmepumpe und Erdsonde / Verteilung nur im neuen DG über Fussboden / Lüftungsanlage PV-Anlage auf Dach Sonnenkollektoren auf Dach

Induzierte Mobilität

Tab. A. 52 Kennzahlen der Wohnliegenschaft C

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	4.0	Güteklasse B
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.75	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.30	Parkplätze pro Haushalt
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Tab. A. 53 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft C, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E0	77	4'601	4'179	-	422	0.5	29.4	24.9	-	4.4	0.05	2.98	2.73	-	0.24
	E1	1'819	109'163	47'608	36'356	25'199	15.0	900.9	483.7	378.7	38.6	1.10	65.72	25.91	20.76	19.05
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	726	43'572	28'286	7'583	7'704	7.0	421.9	322.5	88.8	10.6	0.38	23.01	16.70	4.55	1.77
	E5	2'559	153'533	69'148	69'148	15'236	26.3	1'580.0	773.2	773.2	33.7	1.87	112.01	52.95	52.95	6.11
	E6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M1	214	12'868	6'341	6'341	186	1.4	84.1	40.6	40.6	2.9	0.08	4.79	2.33	2.33	0.13
	M3	519	31'156	7'174	7'174	16'807	4.0	238.1	110.9	110.9	16.4	0.29	17.17	6.59	6.59	4.00
	M4	84	5'017	2'300	2'300	418	0.8	47.2	22.2	22.2	2.7	0.13	7.50	3.54	3.54	0.43
	M5	104	6'217	2'461	2'461	1'296	1.5	89.3	44.1	44.1	1.2	0.10	5.74	2.56	2.56	0.62
	I	3'857	231'417	106'959	118'647	5'811	33.5	2'009.7	939.0	1'063.3	7.3	2.25	134.77	59.76	66.84	8.17
	Summe Gebäude	9'959	597'544	274'456	250'010	73'079	90.0	5'400.7	2'761.1	2'521.7	117.8	6.23	373.68	173.06	160.11	40.51
Betrieb	Raumwärme	2080	124'780				43.8	2'627				0.69	41			
	Warmwasser	1043	62'583				22.0	1'317				0.34	21			
	Lüftung	1502	90'120				31.6	1'896				0.50	30			
	übrige Betriebsenergie	-4380	-262'800				-92.2	-5'532				-1.44	-86			
	Summe Betrieb	245	14'683				5.1	308.3				0.09	5.37			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	5870	352200				93.0	5'580.0				4.30	258.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	16'074					188.2					10.62				
Zielwert							440.0					15.50				

A.14. Wohnliegenschaft D (Wohnen / Umbau)

- **Bauherrschaft:** Baugenossenschaft Zurlinden, Zürich
- **Architektur:** Harder Haas Partner AG, Eglisau
- **Gebäudetechnik:** RMB Engineering AG, Zürich
- **SIA-Effizienzpfad / Berechnungen:** Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Bauzeit:** Sanierung 2011/12 (Baujahr 1978)



Abb. A. 24 Bild vor Umbau



Abb. A. 25 Bild nach Umbau



Abb. A. 26 Grundriss
Regelgeschoss neu

Die beiden Wohnhochhäuser mit Baujahr 1978 sind baulich in gutem Zustand. Die Wohnliegenschaft D weist auf 18 Geschossen attraktive Wohnungen auf. Die Energiekosten waren aber übermässig hoch. Die Fenster in Metall waren undicht und genügen den heutigen Anforderungen nicht mehr. Die Gebäudehülle wurde total saniert. An den Eckpunkten des Gebäudes wurden neue Wohnküchen angebaut und der Wohnraum erweitert.

Die primäre Tragstruktur bleibt erhalten. Durch die Andockung der Küchenelemente an den Eckpunkten des Grundrisses wird das Gebäude noch kompakter. Die gesamte Gebäudehülle wird neu aussen gedämmt. Die Fassaden werden mit hinterlüfteten Photovoltaikpanelen bekleidet. Dreifach verglaste Holz-Metall-Fenster ersetzen die alten Metall-Fenster.

Durch die Dämmung der Gebäudehülle, die neuen Fenster und die Eliminierung diverser Wärmebrücken kann der Heizwärmebedarf um Faktor 6 gesenkt werden. Die bestehende Gasheizung wird durch eine Pelletsheizung ersetzt, die Wärmeverteilung bleibt bestehen. Die Photovoltaikmodule an den Fassaden bringen einen Ertrag von jährlich rund 42'000 kWh.

Die Lage des Hochhauses gehört zwar zur Kernstadt Zürich, ist aber mit dem öV nur mässig gut erschlossen (öV-Güteklasse D). In der bestehenden Tiefgarage sind 70 Parkplätze für das Gebäude reserviert. Es sind keine speziellen Massnahmen im Bereich Mobilität vorgesehen.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 54 Kennzahlen des Wohnliegenschaft D

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	9'000		
Energiebezugsfläche	m ²	8'434		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	60	Pellets	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.75
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Pellets	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.5
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	10	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	45	Strom aus PV-Anlage Strom	Deckungsgrad: 40% Deckungsgrad: 60%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 55 Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft D

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	39 m ²	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	39 m ²	Betonplatte Flachfundation an Eckpunkten
E0	Decken	1224 m ²	Betondecke CEM II 300 kg/m ³ , 90 kg/m ³ Bewehrung
E1	Dächer	42 m ² 440 m ²	Betondecke, 24cm Dämmung, Dachabdichtung nur Aufbau: 24cm Dämmung, Dachabdichtung
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	-	-
E4	Aussenwände EG/OG	1064 m ² 4150 m ²	Betonwand, 24cm gedämmt, hinterl. PV-Elemente / Blech nur Aufbau: 24cm gedämmt, hinterl. PV-Elemente / Blech Brandabschottung: geschossweise in verzinktem Stahl
E5	Fenster + Aussentüren Balkone	1837 m ² 701 m ¹	3-IV Verglasung, Holz-Metallrahmen, Lamellenstoren Betonkragplatte, bis 1.6 m Auskragung
E6	Innenwände tragend	-	-
M1	Trennwände / Innentüren	144 m ²	Backsteinfüllungen 12.5 cm
M3	Bodenbeläge	1263 m ² 160 m ²	Unterlagsboden mit Trittschall / Elastischer Bodenbelag Unterlagsboden mit Trittschall / Parkett (Ergänzungen)
M4	Wandbekleidung	3110 m ²	Wandputz auf Beton
M5	Deckenbekleidung	1263 m ²	Deckenputz auf Beton
I	Haustechnik	8434 m ² (113 kWp)	Elektro / Sanitär ohne Verteilung / Pelletheizung / Verteilung nur auf 1000m ² über Radiatoren / Lüftungsanlage PV-Anlage an Fassade bei Aussenwänden eingerechnet)

Induzierte Mobilität

Tab. A. 56 Kennzahlen der Wohnliegenschaft D

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	2.0	Güteklasse D (geringe Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.1	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	1.0	Parkplätze pro Haushalt
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Tab. A. 57 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft D, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	1	52	45	-	8	0.0	0.8	0.7	-	0.1	0.00	0.04	0.04	-	0.00
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	17	1'050	982	-	68	0.1	6.6	5.6	-	1.0	0.01	0.62	0.57	-	0.05
	E0	261	15'667	14'231	-	1'436	1.7	100.0	84.9	-	15.2	0.17	10.13	9.30	-	0.83
	E1	227	13'648	5'786	5'298	2'564	2.0	121.2	59.0	56.1	6.1	0.16	9.87	3.38	3.06	3.44
	E2	24	1'446	1'399	-	47	0.1	8.1	7.6	-	0.5	0.01	0.54	0.51	-	0.03
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	3'490	209'425	138'971	62'134	8'319	34.7	2'079.0	1'402.7	656.5	19.9	2.61	156.59	100.57	45.66	10.36
	E5	2'519	151'141	70'651	70'651	9'839	24.5	1'469.7	716.6	716.6	36.5	1.77	106.13	50.54	50.54	5.05
	E6	7	423	385	-	38	0.1	6.3	5.7	-	0.6	0.01	0.59	0.56	-	0.03
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	204	12'222	4'000	4'000	4'223	2.0	120.6	55.5	55.5	9.5	0.17	10.46	3.72	3.72	3.02
	M4	101	6'078	2'786	2'786	506	1.0	57.2	26.9	26.9	3.3	0.15	9.09	4.28	4.28	0.52
	M5	43	2'558	1'176	1'176	207	0.4	24.6	11.6	11.6	1.4	0.06	3.79	1.79	1.79	0.21
	I	2'721	163'250	76'437	79'697	7'116	15.3	915.2	437.7	463.8	13.7	0.96	57.57	23.04	24.61	9.92
	Summe Gebäude	9'616	576'959	316'847	225'740	34'372	81.8	4'909.3	2'814.5	1'987.1	107.7	6.09	365.42	198.29	133.66	33.47
Betrieb	Raumwärme	2'222	133'340				16.8	1'007.5				0.82	49.01			
	Warmwasser	2'778	166'675				21.0	1'259.3				1.02	61.26			
	Elektrizität	1'502	90'120				31.6	1'896.0				0.50	30.00			
	übrige Betriebsenergie	2'067	315'420				59.3	6'642.0				0.68	103.80			
	Summe Betrieb	8'569	705'555				128.7	10'804.8				3.02	244.07			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	6553	393180				104.0	6'240.0				5.00	300.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	24'738					314.5					14.11				
Zielwert							440.0					15.50				

A.15. Wohnliegenschaft E

- **Bauherrschaft:** Stadt Zürich, Liegenschaftenverwaltung
- **Vertreten durch:** Amt für Hochbauten
- **Architektur:** UNDEND Architekten, Zürich
- **Voraussichtliche Bauzeit:** Juli 2012 – Ende 2014

In Zürich-Altstetten wird eine Wohnsiedlung entstehen, welche Wohnraum mit 104 Wohnungen bietet. Um die sieben Neubauten zu errichten werden vier bestehende Gebäude abgerissen. Die neue Liegenschaft ersetzt die 1948 erbaute Holzbausiedlung. Diese bestehenden Gebäude haben ihre Lebensdauer erreicht und eine Sanierung wird als wirtschaftlich unsinnig erachtet. Die heutige grüne Parklandschaft und ein grosser Teil des wertvollen Baumbestandes bleiben erhalten und die erlaubte Ausnützung wird nicht voll beansprucht.



Abb. A. 27 Visualisierung der geplanten Wohnliegenschaft E in Zürich-Altstetten

Kennzahlen

Tab. A. 58 Kennzahlen der Wohnliegenschaft E

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	2'487.		
Energiebezugsfläche	m ²	2'156		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	57	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.9
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Erdsonde/Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 59 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft E

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	2452 m ³	Baugrubenaushub
D1	Hinterfüllungen	835 m ³	Hinterfüllungen
D2	Fundamentplatte	522 m ²	Bodenplatte
E0	Decken	2063 m ²	Betondecke
E1	Dächer	532 m ²	Betondecke / Betondecke Tiefgarage / Wärmedämmung Eingang / Dämmung und Begrünung
E2	Stützen	61 m	Betonstützen
E3	Aussenwände UG	321 m ²	Aussenwände Beton / Dämmung Sockel / Innendämmung Keller
E4	Aussenwände EG + OG	740 m ²	Aussenwände Beton / Mauerwerk / Dämmung
E5	Fenster + Aussentüren	788 m ²	2- und 3-IV Verglasung / Holz-Aluminiumrahmen / Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	761 m ²	Betonwände / Mauerwände / Dämmung
M1	Trennwände / Innentüren	1265 m ²	Ständerwände / Gipswände / Glasschiebe- und Trennwände / Innentüren
M3	Bodenbeläge	1840 m ²	Unterlagsboden / Parkett / PU-Fliessbelag
M4	Wandbekleidung	4310 m ²	Putz / Anstrich / Keramikplatten
M5	Deckenbekleidung	2230 m ²	Anstrich / Putz
I	Haustechnik	2156 m ²	Elektro / Sanitär / Erdsonde / Automatische Ventilation

Induzierte Mobilität

Tab. A. 60 Kennzahlen der Wohnsiedlung E

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	3.0	Güteklasse C
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.4	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.5	Parkplätze pro Haushalt
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Tab. A. 61 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft E, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ²	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	12.59	756	756	-	-	0.2	9.1	9.1	-	-	0.01	0.61	0.61	-	-
	D1	4	257	257	-	-	0.1	3.1	3.1	-	-	0.00	0.21	0.21	-	-
	D2	744	44'639	38'141	-	6'498	4.7	279.4	230.4	-	49.0	0.42	25.08	22.47	-	2.61
	E0	1'855	111'301	97'739	-	13'562	11.4	684.9	585.7	-	99.2	1.27	76.07	70.62	-	5.45
	E1	1'028	61'699	46'930	2'941	11'828	8.7	521.2	399.2	77.0	45.0	0.76	45.70	31.97	2.41	11.31
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	513	30'777	24'299	-	6'479	7.4	443.3	422.7	-	20.6	0.62	37.31	30.35	-	6.95
	E5	1'545	92'695	40'429	40'429	11'838	18.6	1'114.8	552.8	552.8	9.2	1.26	75.86	35.41	35.41	5.05
	E6	701	42'062	37'184	-	4'878	4.6	277.2	244.0	-	33.2	0.47	28.21	26.16	-	2.05
	M1	1'088	65'292	28'861	28'861	7'569	10.2	612.6	299.5	299.5	13.5	0.64	38.42	17.95	17.95	2.53
	M3	941	56'435	21'962	21'962	12'510	9.9	593.5	277.7	277.7	38.1	0.89	53.24	22.44	22.44	8.36
	M4	378	22'666	10'094	10'094	2'478	3.1	185.2	88.8	88.8	7.6	0.24	14.49	6.29	6.29	1.91
	M5	109	6'570	2'553	2'553	1'464	1.1	68.5	32.7	32.7	3.0	0.08	4.51	1.58	1.58	1.34
	I	4'088	245'285	110'898	127'298	7'089	33.2	1'994.0	874.5	1'106.6	13.0	2.03	121.99	49.52	62.54	9.93
	Summe Gebäude	13'007	780'435	460'103	234'138	86'194	113.1	6'786.8	4'020.4	2'435.1	331.4	8.69	521.69	315.59	148.62	57.48
Betrieb	Raumwärme	1'876	112'554				38.5	2'310.3				0.60	36.15			
	Warmwasser	3'157	189'393				65.9	3'951.9				1.03	61.83			
	Lüftung	751	45'058				15.8	948.5				0.25	14.84			
	Übrige Betriebsenergie	4'881	292'877				102.7	6'165.0				1.61	96.45			
	Summe Betrieb	10'665	639'883				222.9	13'375.7				3.49	209.27			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	6'758	405'500				103.2	6'190.0				5.33	320.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	30'430					439.2					17.52				
Zielwert							440.0					16.50				

A.16. Wohnliegenschaft F (Wohnen / Neubau)

- **Bauherrschaft:** Baugenossenschaft Zurlinden, Zürich
- **Architektur:** pool Architekten, Zürich
- **Gebäudetechnik:** Amstein + Walthert AG, Zürich
- **SIA-Effizienzpfad / Berechnungen:** Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Bauzeit:** 2008 bis 2010
- **Systemgrenze:** gerechnet sind nur die Wohngeschosse und das 2. Untergeschoss



Abb. A. 28 Ansicht strassenseitig

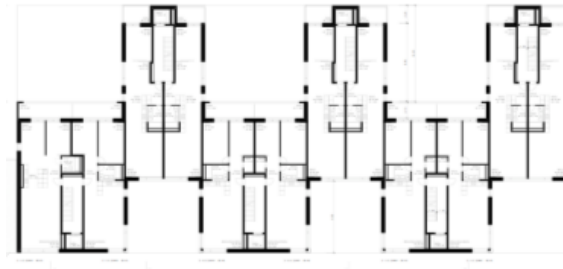


Abb. A. 29 Grundriss Regelgeschoss

Über einem Sockelgeschoss erheben sich sechs aneinander gereihete Häuser mit über 50 Wohnungen. Sie zeichnen sich durch langgezogene Grundrisse aus mit einer Fassade zur stark befahrenen Badenerstrasse und einer Fassade gegen den Hardaupark. Aus lärmschutztechnischen Gründen wurden die Häuser gegen einander verschoben. Die dadurch entstehenden Hofsituationen ermöglichen ein strassenseitiges ‚lärmgeschütztes‘ Lüften. Zudem erhält jede Wohnung eine dritte Fassade, was eine vielseitige Belichtung ergibt.

Die Gebäudekonzeption führt zu wenig kompakten Baukörpern. Um den Mehraufwand durch die Gebäudeform zu kompensieren, wurden die 6-geschossigen Wohnbauten in Leichtbauweise erstellt, die Treppenhäuser aus brandschutztechnischen Gründen in Beton. Gewählt wurde eine innovative Massivholzkonstruktion für die Aussenwand mit einer äusseren Bekleidung in Glasfaserbetonelementen.

Beheizt wird das Gebäude mit einer Grundwasser-Wärmepumpe. Ein Grossteil des Wärmebedarfs für das Warmwasser kann über die Abwärme der Kühlräume des Grossverteilers im Erdgeschoss bezogen werden. Auf den obersten Dächern ist eine Photovoltaik-Anlage installiert. Alle Geräte und die allgemeine Beleuchtung erfüllen die Anforderung der besten Effizienzklasse.

Die Lage des Gebäudes am Albisriederplatz ist zentral und ausserordentlich gut mit dem öffentlichen Verkehr erschlossen. In der Mietergarage wurde die minimale, der gültigen Parkplatzverordnung entsprechende Parkplatzzahl, erstellt.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 62 Kennzahlen der Wohnsiedlung F

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	8'433		
Energiebezugsfläche	m ²	6'657		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h,eff}$	MJ/m ² a	53	Grundwasser- Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 4.1
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Grundwasser- Wärmepumpe dir. Abwärmenutzung	Deckungsgrad: 33% Arbeitszahl 2.2 Deckungsgrad: 67%
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom aus PV-Anlage	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	49	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 63 Kennzahlen Erstellung der Wohnsiedlung F

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	8600 m ³	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	1960 m ²	Betonplatte 6 Geschosse, wasserdicht, ungedämmt
E0	Decken	5240 m ² 1120 m ²	Hohlkastendecken in Holz mit Kies als Schüttung Betondecke CEM II 300 kg/m ³ , 90 kg/m ³ Bewehrung
E1	Dächer	640 m ² 1320 m ²	Dach unter Terrain, Betondecke, ungedämmt Brettstapeldecke, 26cm Dämmung, Dachabdichtung
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	668 m ²	Betonwand 25cm, Bitumenanstrich und Sickerplatte
E4	Aussenwände OG	2310 m ² 910 m ²	Massivholzwand, gedämmt, Glasfaserbeton hinterlüftet Betonwand 20cm, gedämmt, Glasfaserbeton hinterlüftet
E5	Fenster + Aussentüren Balkone	1103 m ² 200 m ¹	3-IV Verglasung, Holz-Metallrahmen, Lamellenstoren Holzbalkone, bis 2m Auskragung
E6	Innenwände tragend	1000 m ² 657 m ²	Betonwand 20cm tragend Wohnungstrennwände Massivholz zweischalig
M1	Trennwände / Innentüren	2000 m ²	Gipsständerwände 50 dB
M3	Bodenbeläge	297 m ² 6320 m ²	Unterlagsboden mit Trittschall / Keramikplatten Unterlagsboden mit Trittschall / Parkett
M4	Wandbekleidung	3000 m ²	Wandputz auf Beton
M5	Deckenbekleidung	6360 m ² 1320 m ²	Abgehängte Gipsdecken (Brandschutz) Dämmung gegen unbeheizt
I	Haustechnik	6657 m ² 90 m ²	Elektro / Sanitär / Wärmepumpe Grundwasser / Fussbodenheizung / Einzelraumlüftung PV- Anlage auf Dächern

Induzierte Mobilität

Tab. A. 64 Kennzahlen der Wohnsiedlung F

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.0	Migros im Gebäude
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.6	Parkplätze pro Haushalt
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	(CH-Durchschnitt)

Umweltbelastungen

Tab. A. 65 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnsiedlung F, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	243	14'607	12'493	-	2'114	3.7	220.6	185.0	-	35.6	0.21	12.52	11.23	-	1.29
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	960	57'593	53'726	-	3'868	6.1	363.4	307.3	-	56.1	0.58	34.90	32.02	-	2.88
	E0	1'260	75'582	45'878	-	29'704	7.4	445.3	408.1	-	37.2	0.52	31.17	26.04	-	5.13
	E1	1'118	67'060	37'033	9'539	20'488	11.0	657.1	404.4	206.4	46.3	0.75	45.05	24.07	9.67	11.31
	E2	38	2'290	2'216	-	74	0.2	12.9	12.0	-	0.8	0.01	0.85	0.81	-	0.04
	E3	296	17'765	12'953	629	4'182	2.1	125.1	99.0	13.9	12.2	0.21	12.46	8.45	0.55	3.46
	E4	1'013	60'786	40'411	10'088	10'286	7.9	473.6	348.5	101.9	23.3	0.54	32.22	24.37	6.44	1.41
	E5	1'297	77'828	38'658	31'026	8'144	14.3	859.7	455.1	394.9	9.7	0.99	59.19	29.83	26.04	3.33
	E6	354	21'223	19'378	-	1'845	2.9	171.6	157.4	-	14.2	0.21	12.85	12.02	-	0.83
	M1	423	25'399	12'516	12'516	368	2.8	166.0	80.2	80.2	5.7	0.16	9.46	4.60	4.60	5.68
	M3	2'191	131'481	32'298	32'298	66'885	20.1	1'208.9	567.2	567.2	74.6	1.23	73.91	28.74	28.74	16.43
	M4	333	19'958	12'460	3'405	4'093	2.8	169.7	128.8	32.9	8.0	0.28	16.72	10.64	5.24	0.85
	M5	410	24'604	9'992	9'992	4'620	5.2	312.4	148.3	148.3	15.8	0.33	19.55	8.67	8.67	2.21
	I	3'246	194'749	90'779	91'867	12'102	21.8	1'306.0	641.2	649.9	14.9	1.41	84.37	33.10	33.63	17.64
	Summe Gebäude	13'182	790'925	420'791	201'361	168'774	108.2	6'492.4	3'942.4	2'195.5	354.4	7.42	445.23	254.58	123.58	72.49
Betrieb	Raumwärme	1'618	97'079				34.0	2'040.0				0.53	32.01			
	Warmwasser	948	56'893				20.0	1'200.0				0.31	18.76			
	Elektrizität	751	45'084				15.8	948.0				0.25	15.00			
	Übrige Betriebsenergie	5'405	324'324				113.8	6'828.0				1.78	106.80			
	Summe Betrieb	8723	523381				183.6	11016.0				2.88	172.56			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	6'238	374'280				95.0	5'700.0				4.80	288.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	28'143					386.8					15.10				
Zielwert							440.0					16.50				

A.17. Wohnliegenschaft G (Wohnen / Neubau)

- **Bauherrschaft:** GESEWO, Winterthur
- **Architektur:** Haerle Hubacher Architekten, Zürich
- **Gebäudetechnik:** 3-plan-Haustechnik AG, Winterthur
- **SIA-Effizienzpfad / Berechnungen:** Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Bauzeit:** 2009 / 2010



Abb. A. 30 Ansicht hofseitig (Bild: Haerle Hubacher)

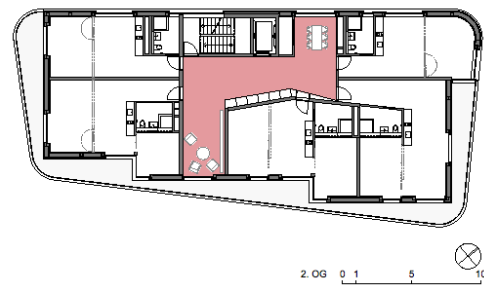


Abb. A. 31 Grundriss Regelgeschoss

In Winterthur-Seen hat die GESEWO ein innovatives Projekt für selbstbestimmtes Wohnen in der zweiten Lebenshälfte realisiert. Es ermöglicht ungefähr 20 Personen in 16 Wohneinheiten, eine Hausgemeinschaft zu pflegen, die sowohl soziale Kontakte als auch Individualität und Abgrenzung zulässt. Die Bewohnerinnen und Bewohner verfügen über eigene Wohnungen und zusätzlich grosszügige Gemeinschaftsräume zur vielfältigen Nutzung. Der Baukörper ist einfach und so kompakt, wie die Gegebenheiten des Ortes dies zulassen. Die umlaufenden Balkone schaffen einen Übergang nach aussen und weiten die Innenräume. Die raumhohe Befensterung ermöglicht auch bettlägerigen Personen den Blick ins Freie. Die äusserste Schicht der Brüstungsbänder umhüllt als zweite Haut den Baukörper.

Der relativ kleine kompakte Baukörper ist in Mischbauweise erstellt mit einer tragenden Fassade in Holzelementbau und einer äusseren Bekleidung in Holz. Die umlaufenden Balkonbänder sind gegen oben an die Dachkonstruktion aufgehängt. Durchgehende und zugängliche Schachtzonen sind im Grundriss klar konzipiert.

Die besondere Wohnform führt zu einer grossen Dichte an individuellen Nasszonen und damit zu einer relativ aufwändigen Installation. Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einer Pelletsheizung und Sonnenkollektoren. Das Gebäude erfüllt den Standard Minergie-P-Eco.

Die Parzelle liegt in naher Fussdistanz zu Einkaufsmöglichkeiten und ist mit dem öffentlichen Verkehr gut erschlossen (öV-Güteklasse B). Zum Haus werden nur drei Besucher-Parkplätze angeboten.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 66 Kennzahlen der Wohnsiedlung G

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	1'846		
Energiebezugsfläche	m ²	1'537		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	47	Pellets	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.75
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Pellets Solarkollektoren	Deckungsgrad: 33% Nutzungsgrad 0.5 Deckungsgrad 67%
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	11	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	45	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 67 Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft G

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	1075 m ³	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	358 m ²	Betonplatte 4 Geschosse, wasserdicht, ungedämmt
E0	Decken	1490 m ²	Betondecke CEM II 300 kg/m ³ , 90 kg/m ³ Bewehrung
E1	Dächer	372 m ²	Betondecke, 26cm Dämmung, Dachabdichtung
E2	Stützen	4 Stk	Betonstützen, grosse Spannweite
E3	Aussenwände UG	668 m ²	Betonwand 20cm, Bitumenanstrich und Sickerplatte
E4	Aussenwände EG und OG	744 m ²	Holzrahmenbau, 30cm gedämmt, Holzschalung
E5	Fenster + Aussentüren Balkone	354 m ² 117 m ¹	Fenstertüren, 3-IV, Holz-Metallrahmen, Lamellenstoren Holzbalkone, bis 2m Auskragung, inkl. Geländer
E6	Innenwände tragend	346 m ² 284 m ²	Betonwand 15cm tragend Backsteinwände 12.5cm
M1	Trennwände / Innentüren	486 m ²	Gipsständerwände 50 dB
M3	Bodenbeläge	1488 m ² 358 m ²	Unterlagsboden mit Trittschall / Parkett Hartbetonüberzug
M4	Wandbekleidung	2232 m ²	Wandputz auf Beton und Backstein
M5	Deckenbekleidung	372 m ²	Dämmung gegen unbeheizt
I	Haustechnik	1537 m ² 37 m ²	Elektro / Sanitär / Pelletheizung / Verteilung über Fussboden / zentrale Lüftungsanlage Sonnenkollektoren auf Dächern

Induzierte Mobilität

Tab. A. 68 Kennzahlen der Wohnsiedlung G

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	4.0	Güteklasse B
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.6	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.12	3 Parkplätze für 16 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.2	Alterswohnen
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Tab. A. 69 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft G, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	132	7'908	6'763	-	1'145	2.0	119.4	100.2	-	19.3	0.11	6.78	6.08	-	0.70
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	627	37'620	34'936	-	2'685	4.0	240.3	201.4	-	39.0	0.39	23.61	21.61	-	2.00
	E0	1'744	104'652	95'058	-	9'594	11.1	668.2	567.0	-	101.2	1.13	67.68	62.14	-	5.54
	E1	803	48'158	31'603	7'870	8'685	9.4	565.5	332.0	190.4	43.1	0.68	41.07	23.59	8.08	9.39
	E2	66	3'967	3'839	-	128	0.4	22.3	20.8	-	1.4	0.02	1.48	1.40	-	0.08
	E3	486	29'150	20'278	1'199	7'672	3.5	209.1	163.7	26.4	18.9	0.35	20.83	13.41	1.04	6.37
	E4	843	50'561	34'287	2'026	14'248	6.9	415.7	380.7	23.3	11.7	0.40	23.92	19.77	1.14	3.01
	E5	1'766	105'987	55'998	36'663	13'326	18.8	1'127.1	630.4	477.9	18.7	1.28	76.67	40.51	30.92	5.24
	E6	502	30'110	26'616	-	3'494	3.9	231.2	203.1	-	28.1	0.36	21.81	20.17	-	1.64
	M1	446	26'732	13'172	13'172	387	2.9	174.7	84.4	84.4	6.0	0.17	9.95	4.84	4.84	0.27
	M3	2'148	128'873	30'862	30'862	67'149	16.6	998.6	464.3	464.3	70.0	1.24	74.47	29.17	29.17	16.14
	M4	399	23'935	10'971	10'971	1'994	3.8	225.2	106.1	106.1	13.0	0.60	35.78	16.87	16.87	2.04
	M5	125	7'490	2'964	2'964	1'561	1.8	107.6	53.1	53.1	1.4	0.12	6.91	3.08	3.08	0.75
	I	3'531	211'848	95'032	104'714	12'102	23.5	1'409.9	661.9	733.2	14.9	1.51	90.44	34.11	38.69	17.64
	Summe Gebäude	13'617	816'991	462'380	210'441	144'170	108.6	6'514.8	3'969.0	2'159.1	386.7	8.36	501.40	296.77	133.83	70.79
Betrieb	Raumwärme	1'741	104'450				13.2	789.2				0.64	38.39			
	Warmwasser	926	55'558				7.0	419.8				0.34	20.42			
	Lüftung	1'377	82'620				29.0	1'740.0				0.45	27.00			
	übrige Betriebsenergie	5'632	337'920				118.6	7'116				1.86	112			
	Summe Betrieb	9'676	580'548				167.7	10'065.0				3.29	197.41			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	6'096	365'760				93.0	5'580.0				4.80	288.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	29'388					369.3					16.45				
Zielwert							440.0					16.50				

A.18. Wohnliegenschaft H (Wohnen / Neubau)

- **Bauherrschaft:** Baugenossenschaft Zurlinden, Zürich
- **Architektur:** Dachtler Partner AG, Zürich
- **Gebäudetechnik:** RMB Engineering AG, Zürich
- **SIA-Effizienzpfad / Berechnungen:** Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Bauzeit:** 2010 bis 2012



Abb. A. 32 Visualisierung Areal B

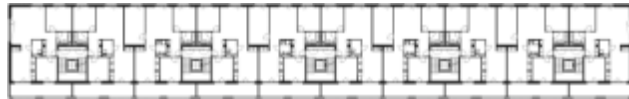


Abb. A. 33 Grundriss Regelgeschoss

Die Parzelle der Wohnüberbauung H in Leimbach wird durch die Sihltalbahn durchschnitten. Auf dem der Sihl zugewandten Parzellenteil werden zwei grosse Scheibenbauten erstellt, mit je 70 Wohnungen. Im Parzellenteil zwischen Sihltalbahn und Leimbachstrasse wird ein dritter Baukörper, ein Hofbau, erstellt. Hier entsteht ein Quartierzentrum mit Alterswohnungen, Einkaufszentrum und diversen kleinen Läden für die tägliche Infrastruktur. Die beiden siebengeschossigen Wohnbauten mit ihren einfachen, klaren kubischen Formen und der Hofbau verbinden sich zu einer einheitlichen städtebaulichen Figur. Gerechnet wird hier eine der beiden am Flussufer gelegenen reinen Wohnbauten.

Der lang gezogene Baukörper mit fünf Treppenhäusern ist kompakt und wird in Mischbauweise erstellt. Die Decken sind als Holzbetonverbundsystem ausgebildet, die Aussenwände in Massivholz werden innen und aussen gedämmt. Die äussere Fassadenbekleidung bilden geschosshohe, hinterlüftete Tonplatten.

Beheizt wird das Gebäude mit einer Pelletsheizung. Luft-Wasser-Wärmepumpen übernehmen im Sommer die Erwärmung des Warmwassers. Auf dem Dach wird eine Photovoltaikanlage installiert. Sie ist für die Zielerreichung auf dem Areal B nicht notwendig, wird aber für die Zielerreichung des gesamten Areals voraussichtlich nötig. Sie ist hier nicht eingerechnet.

Die Parzelle verfügt über einen «eigenen Bahnhof», in 10 Minuten Reisezeit fährt die S-Bahn im ¼-Stunden-Takt an den Zürcher Hauptbahnhof. Am Sihlbogen wird autoarm

gewohnt. Allen Haushalten wird ein unpersönliches Abonnement für den öffentlichen Verkehr (ZVV, Zone 10) abgegeben.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 70 Kennzahlen der Wohnsiedlung H

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	10'032		
Energiebezugsfläche	m ²	8'760		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h,eff}	MJ/m ² a	45	Pellets	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.75
Energiebedarf Warmwasser Q _{ww}	MJ/m ² a	50	Pellets Luft/Wasser- Wärmepumpe	Deckungsgrad: 50% Nutzungsgrad 0.5 Deckungsgrad: 50% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	11	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 71 Kennzahlen Erstellung der Wohnliegenschaft H

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	4266 m ³	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	1422 m ²	Betonplatte 7 Geschosse, wasserdicht, ungedämmt
E0	Decken	7380 m ² 1230 m ²	Holzbetonverbunddecken Betondecke CEM II 300 kg/m ³ , 90 kg/m ³ Bewehrung
E1	Dächer	192 m ² 1230 m ²	Dach unter Terrain, Betondecke, ungedämmt Brettstapeldecke, 26cm Dämmung, Dachabdichtung
E2	Stützen	-	-
E3	Aussenwände UG	851 m ²	Betonwand 25cm, Bitumenanstrich und Sickerplatte
E4	Aussenwände EG/OG	3065 m ² 111 m ²	Massivholzwand, innen und aussen gedämmt, Keramik Betonwand 25cm, gedämmt, Keramik hinterlüftet
E5	Fenster + Aussentüren Balkone	844 m ² 923 m ² 689 m ¹	Fenstertüren, 3-IV, Holz-Metallrahmen, Knickarmmarkisen Fenstertüren, 3-IV, Holzrahmen, Knickarmmarkisen Betonplatte auf Wandscheiben, bis 2m Auskragung
E6	Innenwände tragend	1638 m ² 300 m ²	Betonwand 20cm tragend Wohnungstrennwände Massivholz zweischalig
M1	Trennwände / Innentüren	5156 m ²	Gipsständerwände 50 dB
M3	Bodenbeläge	1230 m ² 7380 m ² 1422 m ²	Unterlagsboden mit Trittschall / Keramikplatten Unterlagsboden mit Trittschall / Parkett Hartbetonüberzug
M4	Wandbekleidung	2710 m ²	Wandputz auf Beton
M5	Deckenbekleidung	7380 m ² 1230 m ²	Abgehängte Gipsdecken (Brandschutz) Dämmung gegen unbeheizt
I	Haustechnik	8760 m ²	Elektro / Sanitär / Pelletheizung, Wärmepumpe Luft-Wasser / Verteilung über Fussboden / Einzelraumlüftung

Induzierte Mobilität

Tab. A. 72 Kennzahlen der Wohnsiedlung H

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	4.0	Güteklasse B
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.1	Migros im Areal A
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.3	Parkplätze pro Haushalt (zurzeit 0, autofrei)
Personenwagenverfügbarkeit	0.36	358 PW pro 1000 Einwohner (Stadt Zürich)
Verfügbarkeit Dauerabos öV	1.0	Im Mietpreis eingeschlossen

Umweltbelastungen

Tab. A. 73 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft H, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	92	5'503	4'707	-	797	1.4	83.1	69.7	-	13.4	0.08	4.72	4.23	-	0.49
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	614	36'827	34'440	-	2'387	3.8	230.8	196.1	-	34.6	0.37	21.90	20.13	-	1.78
	E0	1'529	91'770	60'686	-	31'084	8.4	502.5	436.6	-	65.9	0.72	43.06	39.45	-	3.61
	E1	934	56'043	26'223	14'630	15'190	7.3	435.7	253.0	158.2	24.5	0.55	32.93	14.43	8.70	9.80
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	286	17'189	12'533	609	4'047	2.0	121.0	95.8	13.4	11.8	0.20	12.05	8.18	0.53	3.35
	E4	828	49'683	29'658	10'334	9'691	4.4	265.8	195.1	60.0	10.7	0.28	16.70	11.30	3.48	1.93
	E5	2'400	144'026	66'620	66'620	10'785	20.3	1'217.8	579.0	579.0	59.7	1.55	92.71	43.65	43.65	5.41
	E6	536	32'132	28'841	-	3'291	3.7	221.6	193.9	-	27.7	0.34	20.18	18.58	-	1.60
	M1	829	49'731	24'505	24'505	721	5.4	325.0	157.0	157.0	11.1	0.31	18.52	9.01	9.01	11.13
	M3	2'061	123'656	32'432	32'432	58'792	16.3	979.4	456.4	456.4	66.7	1.19	71.66	28.67	28.67	14.32
	M4	348	20'879	13'743	2'336	4'801	2.9	173.7	143.4	22.6	7.7	0.24	14.70	10.40	3.59	0.71
	M5	344	20'619	8'385	8'385	3'850	4.3	260.0	123.2	123.2	13.7	0.27	16.25	7.20	7.20	1.84
	I	3'101	186'066	86'438	87'526	12'102	20.4	1'222.1	599.3	608.0	14.9	1.30	78.27	30.05	30.58	17.64
	Summe Gebäude	13'902	834'125	429'211	247'376	157'537	100.6	6'038.7	3'498.4	2'177.7	362.6	7.39	443.66	245.27	135.41	73.60
Betrieb	Raumwärme	1'667	100'005				12.6	755.6				0.61	36.76			
	Warmwasser	2'954	177'211				43.4	2'605.9				1.03	61.58			
	Lüftung	1'377	82'620				29.0	1'740.0				0.45	27.00			
	übrige Betriebsenergie	4'881	292'860				102.8	6'168.0				1.61	96.60			
	Summe Betrieb	10'878	652'696				187.8	11'269.5				3.70	221.94			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	5'714	342'840				91.0	5'460				4.30	258			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	30'494					379.5					15.39				
Zielwert							440.0					16.50				

A.19. Wohnliegenschaft I

• Fertigstellung: 2012

Bei dem im Jahre 2012 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen MINERGIE-zertifizierten Neubau mit 111 Wohneinheiten. Dieser Massivbau besteht hauptsächlich aus Stahlbeton (Boden-, Decken-, Außen- und Innenwände, Dach) und Betonsteinen (Innenwände). Folgende Dämmstoffe werden verwendet: Glasschaum-Schotter, expandiertes Polystyrol, Polyurethanschaum, Mineralwolle, und extrudiertes Polystyrol. Es gibt fünf oberirdische Stockwerke und ein Untergeschoss (einschließlich der Tiefgarage). Das Gebäude hat ein begrüntes Flachdach. Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) erfolgt über eine elektrische Wärmepumpe.

Kennzahlen

Tab. A. 74 Kennzahlen der Wohnliegenschaft I

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	16'746		
Energiebezugsfläche	m ²	12'430		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	129.6	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.9
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 75 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft I

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	14'524 m ³	Keine Angaben
D1	Hinterfüllungen	-	Keine Angaben
D2	Fundamentplatte	3'204 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	14'100 m ²	Stahlbetonplatte
E1	Dächer	3'179 m ²	Flachdach mit Vegetation
E2	Stützen	-	Keine Stützen
E3	Aussenwände UG	1'340 m ²	Aussenwände gegen Erdreich aus Stahlbeton
E4	Aussenwände EG + OG	2'710 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Stahlbeton / Betonstein
E5	Fenster + Aussentüren	3'071 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	10'612 m ²	Innenwände Rohbau aus Stahlbeton / Betonstein
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	17'304 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett / Fliesen
M4	Wandbekleidung	13'357 m ²	Mineralischer Putz
M5	Deckenbekleidung	-	Keine Deckenbekleidung
I	Haustechnik	12'430 m ²	Erdsondenbohrung, Wärmepumpe und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 76 Kennzahlen der Wohnliegenschaft I

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstadt
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.4	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.61	68 Parkplätze für 111 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 77 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft I, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

Gebäudeerstellung	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
	D0	131	7'849	7'849	-	-	2.0	122	122	-	-	0.12	7.19	7.19	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	745	44'683	35'710	-	8'973	6.3	378.6	290.9	-	87.7	0.63	37.95	33.83	-	4.13
	E0	2'194	131'631	108'156	-	23'475	18.8	1'129.2	899.2	-	230.0	1.96	117.79	106.90	-	10.89
	E1	3'015	180'879	84'032	51'319	45'528	62.7	3'764.4	1'981.5	1'698.6	84.3	3.92	235.07	93.34	61.53	80.21
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	343	20'597	12'415	3'601	4'581	3.7	224.9	137.3	65.9	21.7	0.44	26.68	14.97	5.84	5.88
	E4	167	10'049	7'876	-	2'172	1.4	83.2	62.1	-	21.1	0.16	9.85	8.87	-	0.98
	E5	1'216	72'960	34'226	34'226	4'508	15.9	955.6	474.4	474.4	6.8	1.07	64.39	30.17	30.17	4.06
	E6	767	46'007	36'408	-	9'599	6.4	383.5	290.0	-	93.5	0.74	44.11	39.73	-	4.38
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	2'413	144'753	63'320	63'320	18'113	32.4	1'941.2	910.9	910.9	119.3	2.51	150.65	66.74	66.74	17.16
	M4	596	35'775	15'039	15'039	5'697	9.0	538.8	258.0	258.0	22.7	0.65	39.17	15.78	15.78	7.62
	M5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	1'795	107'690				13.8	830.4				0.86	51.37			
	Summe Gebäude	13'381	802'872	405'030	167'505	122'646	172.5	10'351.4	5'426.0	3'408.0	687.1	13.07	784.23	417.51	180.05	135.30
Betrieb	Raumwärme	4'154	249'231				87.7	5'263.8				1.36	81.75			
	Warmwasser	3'125	187'500				66.0	3'960.0				1.03	61.50			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	12'904	774'231				272.5	16'351.8				4.23	253.95			
gebäudeinduzierte Mobilität	Total Mobilität	6'889	413'340				105.0	6'300				5.30	318.00			
Gesamt-total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	33'174					550.0					22.61				
Zielwert							440.0					16.50				

A.20. Wohnliegenschaft J

- **Fertigstellung:** 2011

Bei dem im Jahre 2011 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 2 Wohneinheiten, der dem MINERGIE-ECO Standard entspricht (nicht zertifiziert). Dieser Hybridbau besteht vor allem aus Stahlbeton (Boden, Decken, Außen- und Innenwände), Holz (Decken, Außen- und Innenwände, Dach) und Kalksandstein (Innenwände). Die folgenden Dämmstoffe werden verwendet: Mineralwolle, Glasschaum-Schotter, XPS, EPS und Polyurethanschaum. Das Gebäude besitzt drei oberirdische Stockwerke und ein Untergeschoss. Es hat ein Satteldach, das mit Faserzement verkleidet ist. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 350.4 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) erfolgt über Fernwärme.

Kennzahlen

Tab. A. 78 Kennzahlen der Wohnliegenschaft J

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	886.0		
Energiebezugsfläche	m ²	350.4		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	106	Fernwärme aus Holzschnitzel-Feuerung	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.95
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Fernwärme aus Holzschnitzel-Feuerung	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.65
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 79 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft J

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	462.5 m ³	Aushub mit Grundwasser
D1	Hinterfüllungen	178 m ³	Hinterfüllung mit Fremdmaterial
D2	Fundamentplatte	191 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	546 m ²	Stahlbeton / Holzkonstruktion
E1	Dächer	287 m ²	Schrägdach mit Faserzement
E2	Stützen	-	Keine Stützen
E3	Aussenwände UG	260 m ²	Aussenwände gegen Erdreich aus Stahlbeton
E4	Aussenwände EG + OG	372 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Holzkonstruktion
E5	Fenster + Aussentüren	166 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	541 m ²	Stahlbeton / Kalksandstein / Holzrahmenkonstruktion
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	737 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett
M4	Wandbekleidung	711 m ²	Holzverschalung
M5	Deckenbekleidung	-	Keine Deckenbekleidung
I	Haustechnik	350.4 m ²	Fernwärme, Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 80 Kennzahlen der Wohnliegenschaft J

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	0.0	Andere Gemeinden
öV- Güteklasse	2.0	Güteklasse D (geringe Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	1.0	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	1.0	2 Parkplätze für 2 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 81 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft J, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	630	37'800	37'800	-	-	9.5	568.8	568.8	-	-	0.57	34.32	34.32	-	-
	D1	1'210	72'600	-	-	-	7.8	465.0	-	-	-	0.34	20.40	-	-	-
	D2	1'547	92'812	82'322	-	10'490	23.6	1'414.4	1'307.5	-	106.9	1.58	94.67	89.72	-	4.95
	E0	1'433	85'976	63'266	9'754	12'955	16.5	987.3	701.5	204.3	81.6	1.05	62.91	52.28	6.70	3.93
	E1	3'443	206'551	90'395	79'068	37'088	36.7	2'203.6	1'139.6	1'013.8	50.2	2.30	138.18	70.58	64.05	3.55
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	3'351	201'056	107'468	45'149	48'439	37.1	2'223.4	1'251.5	746.9	225.0	4.38	262.88	133.93	69.37	59.57
	E4	1'173	70'390	35'779	26'567	8'043	9.8	586.5	324.5	250.5	11.6	0.56	33.34	18.39	14.33	0.62
	E5	1'822	109'314	51'069	51'069	7'176	23.5	1'411.9	699.5	699.5	12.9	1.59	95.62	44.55	44.55	6.52
	E6	1'296	77'772	54'309	8'836	14'627	14.3	858.1	571.2	185.0	101.9	1.03	61.75	50.82	6.07	4.85
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	2'018	121'073	44'570	44'570	31'932	22.4	1'343.9	589.8	589.8	164.3	2.07	123.92	48.76	48.76	26.39
	M4	2'407	144'419	56'131	56'131	32'158	26.2	1'572.8	764.2	764.2	44.3	1.42	85.37	41.44	41.44	2.50
	M5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	1'522	91'290				10.0	598.0				0.64	38.37			
	Summe Gebäude	21'851	1'311'053	623'109	321'145	202'909	237.3	14'233.8	7'918.2	4'454.1	798.5	17.53	1'051.72	584.80	295.28	112.88
Betrieb	Raumwärme	3'319	199'138				11.4	686.1				1.47	88.47			
	Warmwasser	2'288	137'287				7.9	473.0				1.02	60.99			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	11'232	673'924				138.1	8'287.1				4.34	260.16			
gebäudeinduzierte Mobilität	Total Mobilität	9'600	576'000				147.0	8'820.0				7.50	450.00			
Gesamt-total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	42'683					522.4					29.37				
Zielwert							440.0					16.50				

A.21. Wohnliegenschaft K

• Fertigstellung: 2011

Bei dem im Jahre 2011 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 3 Wohneinheiten im MINERGIE-P Standard. Als Konstruktionsmaterialien kommen bei diesem Leichtbau-Gebäude Holz (Decken, Außen- und Innenwände, Dach) und Stahlbeton (Boden-, Decken-, Außen- und Innenwände) zum Einsatz. Die folgenden Dämmstoffe werden verwendet: Mineralwolle, Glasschaum-Schotter, Schaumglas und Zellulosefasern. Es gibt drei oberirdische Stockwerke. Das Gebäude ist nicht unterkellert und hat ein begrüntes Flachdach. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 374 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) der Liegenschaft erfolgt über eine Elektrische Wärmepumpe und Solarthermie.

Kennzahlen

Tab. A. 82 Kennzahlen des Mehrfamilienhauses Wohnliegenschaft K

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	517.4		
Energiebezugsfläche	m ²	374		
Energiebedarf Raumwärme Q_{heff}	MJ/m ² a	70	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.9
Energiebedarf Warmwasser Q_{ww}	MJ/m ² a	50	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe / Solarthermie (Vakuum-Rohren-Kollektor)	Deckungsgrad: 45% / 55% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 83 Ausmass der Erstellung des Gebäudes Wohnliegenschaft K

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	740 m ³	Aushub ohne Grundwasser
D1	Hinterfüllungen	200 m ³	Hinterfüllung mit Material aus Baugrubenaushub und Hinterfüllung mit Kies
D2	Fundamentplatte	164 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	265 m ²	Stahlbeton / Holzkonstruktion
E1	Dächer	194 m ²	Flachdach mit Vegetation
E2	Stützen	0.15 m ³	Stahlstützen, gefüllt mit Quarzsand
E3	Aussenwände UG	44 m ²	Aussenwände gegen Erdreich aus Stahlbeton
E4	Aussenwände EG + OG	143 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Holzkonstruktion
E5	Fenster + Aussentüren	170 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	225 m ²	Stahlbeton / Holzrahmenkonstruktion
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	341 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett
M4	Wandbekleidung	273 m ²	Holzverschalung / Faserzementplatten / Kalkputz
M5	Deckenbekleidung	76 m ²	Gipsputz
I	Haustechnik	374 m ²	Wärmepumpe, Sonnenkollektor und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 84 Kennzahlen der Wohnliegenschaft K

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	0.0	Andere Gemeinden
öV- Güteklasse	4.0	Güteklasse B (gute Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.5	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.0	0 Parkplätze
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 85 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Gebäudes Wohnliegenschaft K, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	49	2'952	2'952	-	-	0.7	42.1	42.1	-	-	0.04	2.59	2.59	-	-
	D1	248	14'880	-	-	-	1.5	89.4	-	-	-	0.07	4.19	-	-	-
	D2	1'243	74'577	64'118	-	10'459	17.0	1'017.8	914.1	-	103.7	1.19	71.16	66.09	-	5.06
	E0	936	56'143	33'841	4'104	18'198	6.3	376.2	290.5	37.8	47.9	0.41	24.52	20.09	2.15	2.29
	E1	2'155	129'293	53'148	47'602	28'543	25.6	1'534.0	759.0	714.4	60.5	1.42	85.15	35.44	33.00	16.72
	E2	19	1'152	1'109	-	43	0.2	10.9	10.3	0.0	0.6	0.01	0.70	0.67	-	0.03
	E3	326	19'575	12'577	4'735	2'263	4.8	289.4	165.0	101.5	22.8	0.35	21.16	14.12	5.99	1.05
	E4	241	14'450	6'215	2'372	5'863	1.7	101.5	63.8	32.9	4.7	0.09	5.44	3.38	1.69	0.37
	E5	1'778	106'651	49'261	49'261	8'130	22.8	1'370.1	675.7	675.7	18.8	1.57	94.10	43.02	43.02	8.06
	E6	513	30'801	20'719	5'304	4'778	4.4	265.5	175.8	51.0	38.7	0.39	23.52	18.82	2.85	1.84
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	1'093	65'594	24'958	24'958	15'677	12.0	721.5	328.6	328.6	64.2	0.98	58.84	25.51	25.51	7.82
	M4	680	40'817	16'028	16'028	8'760	7.3	439.5	208.9	208.9	21.7	0.38	22.63	10.76	10.76	1.12
	M5	41	2'450	1'089	1'089	273	0.6	35.1	16.3	16.3	2.6	0.03	2.08	0.98	0.98	0.11
	I	2'318	139'074				16.8	1'006.0				1.04	62.26			
	Summe Gebäude	11'640	698'408	286'015	155'452	102'988	121.7	7'299.0	3'650.2	2'167.1	386.3	7.97	478.33	241.46	125.95	44.46
Betrieb	Raumwärme	2'244	134'615				47.4	2'843.1				0.74	44.15			
	Warmwasser	1'406	84'375				29.7	1'782.0				0.46	27.68			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	9'275	556'490				195.9	11'753.1				3.04	182.53			
gebäudeinduzierte Mobilität	Total Mobilität	7'985	479'100				123.0	7'380.0				6.20	372.00			
Gesamt-total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	28'900					440.6					17.22				
Zielwert							440.0					16.50				

A.22. Wohnliegenschaft L

• Fertigstellung: 2010

Bei dem im Jahre 2010 in Zürich errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 4 Wohneinheiten (Energieeffizienz nach SIA 380/1). Die Konstruktionsmaterialien, die für den Bau verwendet werden sind Stahlbeton (Boden, Decken, Dach) und Mauerwerk (Außen- und Innenwände). Als Dämmstoffe kommen zum Einsatz: EPS und Polyurethanschaum. Es gibt zwei oberirdische Geschosse und ein Untergeschoss. Das Gebäude hat ein Satteldach, das mit verzinktem Stahlblech verkleidet ist. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 622.2 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) der Liegenschaft erfolgt über eine Elektrische Wärmepumpe und Solarthermie.

Kennzahlen

Tab. A. 86 Kennzahlen der Wohnliegenschaft L

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	868		
Energiebezugsfläche	m ²	622.2		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h,eff}	MJ/m ² a	169.3	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.9
Energiebedarf Warmwasser Q _{h,eff}	MJ/m ² a	50	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe / Solarthermie (Flachkollektor)	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.0
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 87 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft L

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	1278 m ³	Aushub ohne Grundwasser
D1	Hinterfüllungen	200 m ³	Hinterfüllung mit Material aus Baugrubenaushub und Hinterfüllung mit Fremdmaterial
D2	Fundamentplatte	226 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	551 m ²	Stahlbeton
E1	Dächer	267 m ²	Schrägdach mit Metalleindeckung
E2	Stützen	-	Keine Stützen
E3	Aussenwände UG	-	Nicht separat ausgewiesen
E4	Aussenwände EG + OG	322 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Mauerwerk BN
E5	Fenster + Aussentüren	140 m ²	2-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	341 m ²	Mauerwerk BN
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	777 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett / Naturstein
M4	Wandbekleidung	663 m ²	Kalkputz
M5	Deckenbekleidung	404 m ²	Gipsputz
I	Haustechnik	622 m ²	Wärmepumpe, Sonnenkollektor und Fussbodenheizung Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 88 Kennzahlen der Wohnliegenschaft L

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstädte
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A (sehr gute Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.2	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	1.25	5 Parkplätze für 4 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 89 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft L, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	202	12'120	12'120	-	-	3.1	187.2	187.2	-	-	0.19	11.10	11.10	-	-
	D1	33	1'956	-	-	-	0.2	12.8	-	-	-	0.01	0.52	-	-	-
	D2	765	45'883	35'761	-	10'122	6.7	399.9	302.0	-	97.9	0.57	34.38	29.59	-	4.79
	E0	1'437	86'225	70'847	-	15'377	12.3	739.7	589.0	-	150.7	1.29	77.16	70.03	-	7.14
	E1	2'162	129'697	67'139	32'813	29'745	31.1	1'866.7	1'025.6	740.2	100.9	2.15	129.29	60.62	26.69	41.98
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	631	37'863	29'752	-	8'111	10.6	635.3	589.7	-	45.7	0.88	53.06	44.18	-	8.88
	E5	709	42'536	19'679	19'679	3'179	8.7	524.3	259.7	259.7	4.9	0.61	36.35	16.75	16.75	2.85
	E6	261	15'655	12'949	-	2'706	3.9	232.7	207.3	-	25.4	0.35	21.13	19.86	-	1.27
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	1'478	88'663	37'407	37'407	13'849	19.3	1'157.4	525.7	525.7	106.0	1.44	86.63	38.01	38.01	10.60
	M4	161	9'635	3'981	3'981	1'673	1.7	101.8	43.0	43.0	15.7	0.09	5.19	2.26	2.26	0.68
	M5	57	3'435	1'548	1'548	339	0.9	51.4	24.1	24.1	3.3	0.05	3.07	1.46	1.46	0.15
	I	2'200	131'980				15.8	945.8				0.98	58.65			
	Summe Gebäude	10'094	605'649	291'183	95'428	85'102	114.3	6'854.9	3'753.2	1'592.7	550.4	8.61	516.54	293.86	85.18	78.33
Betrieb	Raumwärme	5'426	325'577				114.6	6'876.2				1.78	106.79			
	Warmwasser	3'125	187'500				66.0	3'960.0				1.03	61.50			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	14'176	850'577				299.4	17'964.2				4.65	278.99			
gebäudeinduzierte Mobilität	Total Mobilität	7'226	433'560				110.0	6'600.0				5.70	342.00			
Gesamt-total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	31'497					523.7					18.96				
Zielwert							440.0					16.50				

A.23. Wohnliegenschaft N

- **Fertigstellung:** 2006

Bei dem im Jahre 2006 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 3 Wohneinheiten im MINERGIE-P-ECO Standard. Die Konstruktionsmaterialien, die für den Bau verwendet werden, sind Stahlbeton (Boden, Decken, Wände, Dach), Holz (Aussenwände, Dach), Kalksandstein (Innenwände) und Metall (Innenwände, Stützen). Als Dämmstoffe kommen zum Einsatz: Mineralwolle, Zellulosefasern und Polyurethanschaum. Es gibt drei oberirdische Geschosse und ein Untergeschoss. Das Gebäude hat ein Flachdach mit Vegetationsschicht. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 408 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) der Liegenschaft erfolgt über eine Holzpellet-Heizung und Solarthermie.

Kennzahlen

Tab. A. 90 Kennzahlen der Wohnliegenschaft N

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	1'236		
Energiebezugsfläche	m ²	408		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h,eff}	MJ/m ² a	13.3	Holzpelletheizung	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.75
Energiebedarf Warmwasser Q _{h,eff}	MJ/m ² a	50	Holzpelletheizung / Solarthermie (Vakuum- Röhren-Kollektor)	Deckungsgrad: 24% / 76% Nutzungsgrad 0.50
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 91 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft N

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	400 m ³	Keine Angaben
D1	Hinterfüllungen	-	Keine Angaben
D2	Fundamentplatte	594 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	501 m ²	Stahlbeton / Holzkonstruktion
E1	Dächer	597 m ²	Flachdach mit Vegetation
E2	Stützen	14.8 m ³	Stahlstützen, mit Sand gefüllt
E3	Aussenwände UG	337 m ²	Aussenwände gegen Erdreich aus Stahlbeton
E4	Aussenwände EG + OG	205 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Holzkonstruktion
E5	Fenster + Aussentüren	223 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	223 m ²	Metallständerkonstruktion / Kalksandstein
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	405 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett
M4	Wandbekleidung	344 m ²	Gipsputz / Gipskartonplatten / Faserzementplatten
M5	Deckenbekleidung	270 m ²	Gipsputz
I	Haustechnik	408 m ²	Holzpelletheizung, Sonnenkollektor und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 92 Kennzahlen der Wohnliegenschaft N

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstädte
öV- Güteklasse	4.0	Güteklasse B (gute Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.2	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	3.33	10 Parkplätze für 3 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 93 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft N, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	112	6'710	6'710	-	-	1.7	104.0	104.0	-	-	0.10	6.15	6.15	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	2'295	137'717	108'567	-	29'151	20.0	1'200.6	915.7	-	284.9	1.71	102.43	89.01	-	13.42
	E0	1'251	75'055	57'970	-	17'085	9.8	590.8	479.8	-	111.0	0.97	58.39	53.03	-	5.35
	E1	5'493	329'563	208'530	36'882	84'152	61.2	3'674.1	2'500.8	734.8	438.5	5.16	309.84	200.50	29.87	79.47
	E2	1'737	104'207	100'300	-	3'906	16.5	987.0	932.4	-	54.6	1.06	63.51	60.61	-	2.90
	E3	1'439	86'325	69'371	-	16'954	12.1	727.8	561.7	-	166.1	1.33	79.73	71.87	-	7.87
	E4	271	16'287	6'433	3'415	6'439	2.1	124.5	71.6	47.4	5.4	0.11	6.63	3.76	2.43	0.43
	E5	2'106	126'339	59'023	59'023	8'294	27.2	1'631.9	808.5	808.5	14.9	1.84	110.52	51.49	51.49	7.54
	E6	160	9'571	6'260	2'091	1'220	1.7	99.3	67.9	19.7	11.7	0.13	7.93	6.26	1.14	0.53
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	3'098	185'875	77'543	77'543	30'788	34.2	2'051.3	959.3	959.3	132.8	2.66	159.59	71.80	71.80	15.99
	M4	211	12'636	5'715	5'715	1'206	3.3	196.7	92.6	92.6	11.6	0.20	11.98	5.73	5.73	0.52
	M5	611	36'684	17'741	17'741	1'201	6.1	364.7	176.5	176.5	11.6	0.38	22.71	11.10	11.10	0.52
	I	2'226	133'569				14.3	860.8				0.91	54.61			
	Summe Gebäude	21'009	1'260'538	724'163	202'410	200'395	210.2	12'613.7	7'671.0	2'838.8	1'243.0	16.57	994.02	631.31	173.56	134.54
Betrieb	Raumwärme	493	29'579				3.7	223.4				0.18	10.85			
	Warmwasser	667	40'032				5.0	302.4				0.24	14.69			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	6'785	407'111				127.6	7'653.8				2.27	136.24			
gebäudeinduzierte Mobilität	Total Mobilität	9'005	540'300				135.0	8'100.0				7.20	432.00			
Gesamt-total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	36'799					472.7					26.04				
Zielwert							440.0					16.50				

A.24. Wohnliegenschaft O

• Fertigstellung: 2011

Bei dem im Jahre 2011 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 89 Wohneinheiten im MINERGIE Standard. Die Konstruktionsmaterialien, die für den Bau verwendet werden sind Stahlbeton (Boden, Decken, Wände, Stützen, Dach), Mauerwerk (Innenwände) und Stahl (Dach). Als Dämmstoffe kommen zum Einsatz: Polyurethanschaum, EPS, Mineralwolle und XPS. Es gibt sieben oberirdische Geschosse und ein Untergeschoss. Das Gebäude hat ein Flachdach mit Vegetationsschicht. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 13441 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) erfolgt über eine Gas-Brennwertheizung und Solarthermie.

Kennzahlen

Tab. A. 94 Kennzahlen der Wohnliegenschaft O

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	n. b.		
Energiebezugsfläche	m ²	13'441		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h eff}	MJ/m ² a	48	Gasbrennwertkessel	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.9
Energiebedarf Warmwasser Q _{h eff}	MJ/m ² a	50	Gasbrennwertkessel / Solarthermie (Vakuum- Röhren-Kollektor)	Deckungsgrad: 70% / 30% Nutzungsgrad 0.65
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 95 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft O

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	33000 m ³	Aushub ohne Grundwasser
D1	Hinterfüllungen	5100 m ³	Hinterfüllung mit Fremdmaterial
D2	Fundamentplatte	4900 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	13310 m ²	Stahlbeton
E1	Dächer	2232 m ²	Flachdach mit Vegetation
E2	Stützen	16.8 m ³	Stahlbetonstützen
E3	Aussenwände UG	920 m ²	Aussenwände gegen Erdreich aus Stahlbeton
E4	Aussenwände EG + OG	2000 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Stahlbeton
E5	Fenster + Aussentüren	3920 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	8748 m ²	Stahlbeton / Mauerwerk BN
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	22130 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett / PU
M4	Wandbekleidung	10748 m ²	Gipsputz / Klinkerriemchen
M5	Deckenbekleidung	-	Keine Deckenbekleidung
I	Haustechnik	13441 m ²	Gasbrennwertkessel und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 96 Kennzahlen der Wohnliegenschaft O

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstädte
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A (sehr gute Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.3	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	1.10	98 Parkplätze für 89 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 97 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft O, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

Gebäudeerstellung	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
	D0	280	16'800	16'800	-	-	4.3	260.4	260.4	-	-	0.26	15.42	15.42	-	-
	D1	864	51'840	-	-	-	6.0	358.8	-	-	-	0.23	14.04	-	-	-
	D2	703	42'189	33'381	-	8'808	6.2	369.3	283.2	-	86.1	0.52	31.37	27.31	-	4.06
	E0	2'145	128'697	105'745	-	22'951	18.4	1'104.0	879.1	-	224.9	1.92	115.17	104.52	-	10.65
	E1	686	41'182	23'926	8'568	8'688	10.2	609.4	349.3	221.6	38.5	0.77	46.15	25.05	9.88	11.22
	E2	9	523	420	-	103	0.1	4.4	3.4	-	1.0	0.01	0.48	0.44	-	0.05
	E3	152	9'121	7'330	-	1'791	1.4	84.8	71.0	-	13.8	0.17	10.12	8.69	-	1.43
	E4	207	12'441	9'998	-	2'443	1.7	104.9	81.0	-	23.9	0.19	11.49	10.36	-	1.13
	E5	1'113	66'808	31'219	31'219	4'370	14.6	874.4	433.4	433.4	7.6	0.99	59.21	27.55	27.55	4.10
	E6	536	32'179	26'133	-	6'045	5.7	339.8	280.9	-	58.8	0.57	34.30	31.55	-	2.75
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	1'690	101'381	38'976	38'976	23'428	18.6	1'114.2	489.4	489.4	135.5	1.88	112.53	47.43	47.43	17.68
	M4	185	11'108	6'232	2'502	2'374	2.5	151.4	113.3	25.9	12.2	0.19	11.52	7.36	1.36	2.79
	M5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	1'763	105'807				25.4	1'524.9				0.76	45.51			
	Summe Gebäude	10'334	620'074	300'161	81'265	81'002	115.0	6'900.8	3'244.4	1'170.2	602.4	8.46	507.31	305.67	86.22	55.86
Betrieb	Raumwärme	1'680	100'800				59.2	3'552.0				3.51	210.56			
	Warmwasser	1'696	101'769				59.8	3'586.2				3.54	212.58			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	9'001	540'069				237.8	14'266.2				8.90	533.84			
gebäudeinduzierte Mobilität	Total Mobilität	7'161	429'660				109.0	6'540.0				5.70	342.00			
Gesamt-total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	26'496					461.8					23.05				
Zielwert							440.0					16.50				

A.25. Wohnliegenschaft P

• Fertigstellung: 2011

Bei dem im Jahre 2011 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 6 Wohneinheiten, der dem MINERGIE-P-ECO Standard entspricht (nicht zertifiziert). Die Konstruktionsmaterialien, die für den Hybridbau verwendet werden, sind Stahlbeton (Boden, Decken, Wände, Stützen, Dach), Holz (Decken, Wände, Stützen, Dach) und Kalksandstein (Innenwände). Als Dämmstoffe kommen zum Einsatz: Glasschaumschotter, Mineralwolle, EPS und XPS. Es gibt drei oberirdische Geschosse und ein Untergeschoss. Das Gebäude hat ein Flachdach mit Kiesschicht. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 1121.9 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) erfolgt über eine elektrische Wärmepumpe.

Kennzahlen

Tab. A. 98 Kennzahlen der Wohnliegenschaft P

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	1'442		
Energiebezugsfläche	m ²	1'121.9		
Energiebedarf Raumwärme Q_{heff}	MJ/m ² a	78	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.90
Energiebedarf Warmwasser Q_{heff}	MJ/m ² a	50	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.00
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 99 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft P

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	2200 m ³	Aushub mit Grundwasser
D1	Hinterfüllungen	400 m ³	Hinterfüllung mit Material aus Baugrubenaushub
D2	Fundamentplatte	306 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	935 m ²	Holzkonstruktion / Stahlbeton
E1	Dächer	562 m ²	Flachdach mit Kies, zusätzliches Schrägdach (Dachziegel auf Holzkonstruktion)
E2	Stützen	10.16 m ³	Stahlbeton- und Holzstützen
E3	Aussenwände UG	227 m ²	Aussenwände gegen Erdreich aus Stahlbeton
E4	Aussenwände EG + OG	509 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Stahlbeton / Holzkonstruktion
E5	Fenster + Aussentüren	312 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	902 m ²	Innenwände Rohbau
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	1241 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett
M4	Wandbekleidung	1198 m ²	Gipsputz / Holzverschalung / Kalkputz
M5	Deckenbekleidung	-	Keine Deckenbekleidung
I	Haustechnik	1121.9 m ²	Gasbrennwertkessel und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 100 Kennzahlen der Wohnliegenschaft P

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	0	Andere Gemeinden
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A (sehr gute Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.3	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0	0 Parkplätze
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 101 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft P, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	64	3'864	3'864	-	-	0.8	47.2	47.2	-	-	0.05	3.13	3.13	-	-
	D1	4	235	-	-	-	0.0	2.9	-	-	-	0.00	0.19	-	-	-
	D2	742	44'537	38'693	-	5'843	10.3	616.9	558.1	-	58.8	0.71	42.71	39.97	-	2.74
	E0	973	58'385	44'275	-	14'110	7.7	461.2	378.0	-	83.2	0.69	41.44	37.50	-	3.95
	E1	874	52'425	22'147	19'797	10'480	11.9	712.3	352.6	333.7	25.9	0.61	36.90	15.85	14.81	6.23
	E2	46	2'742	1'550	-	1'192	0.2	13.5	12.5	-	1.0	0.01	0.79	0.73	-	0.07
	E3	1'248	74'896	38'617	21'594	14'684	14.2	851.4	473.2	335.4	42.8	1.92	115.22	54.92	37.28	23.02
	E4	343	20'609	11'748	6'157	2'703	5.2	313.8	174.1	128.9	10.8	0.23	13.50	8.74	4.23	0.53
	E5	1'063	63'807	29'820	29'820	4'166	13.9	831.8	412.2	412.2	7.3	0.94	56.33	26.22	26.22	3.89
	E6	959	57'529	44'156	2'161	11'212	8.2	492.4	401.9	45.2	45.2	0.85	51.27	45.09	1.48	4.69
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	901	54'068	18'764	18'764	16'540	11.2	670.1	287.4	287.4	95.4	0.91	54.60	24.14	24.14	6.33
	M4	865	51'878	19'443	19'443	12'992	10.4	626.7	305.1	305.1	16.5	0.51	30.67	13.91	13.91	2.86
	M5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	1'795	107'690				13.8	830.4				0.86	51.37			
	Summe Gebäude	9'878	592'662	273'078	117'736	93'923	107.8	6'470.5	3'402.2	1'847.9	387.1	8.31	498.13	270.18	122.08	54.31
Betrieb	Raumwärme	2'500	150'000				52.8	3'168.0				0.82	49.20			
	Warmwasser	3'125	187'500				66.0	3'960.0				1.03	61.50			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	11'250	675'000				237.6	14'256.0				3.69	221.40			
gebäudeinduzierte Mobilität	Total Mobilität	7'624	457'440				117.0	7'020.0				6.00	360.00			
Gesamt-total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	28'752					462.4					18.00				
Zielwert							440.0					16.50				

A.26. Wohnliegenschaft Q

- **Fertigstellung:** 2008

Bei dem im Jahre 2008 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 4 Wohneinheiten, im MINERGIE-P-ECO Standard. Die Konstruktionsmaterialien, die für den Bau verwendet werden sind Stahlbeton (Boden, Innenwände, Dach) und Holz (Decken, Wände, Dach). Als Dämmstoffe kommen zum Einsatz: Zellulose, Mineralwolle, EPS und XPS. Es gibt drei oberirdische Geschosse und ein Untergeschoss. Das Gebäude hat ein Schrägdach mit Faserzementindeckung. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 510.1 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) erfolgt über eine elektrische Wärmepumpe und Solarthermie.

Kennzahlen

Tab. A. 102 Kennzahlen der Wohnliegenschaft Q

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	540.6		
Energiebezugsfläche	m ²	510.1		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h,eff}	MJ/m ² a	42	Elektrische Luft-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.30
Energiebedarf Warmwasser Q _{h,eff}	MJ/m ² a	50	Elektrische Luft-Wasser Wärmepumpe / Solarthermie (Flachkollektor)	Deckungsgrad: 51% / 49% Arbeitszahl 1.80
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 103 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft Q

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	362.1 m ³	
D1	Hinterfüllungen	-	Keine Angaben
D2	Fundamentplatte	121 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	474 m ²	Holzkonstruktion
E1	Dächer	145 m ²	Schrägdach mit Faserzementindeckung
E2	Stützen	-	Keine Stützen
E3	Aussenwände UG	-	Nicht separat ausgewiesen
E4	Aussenwände EG + OG	338 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Holzkonstruktion
E5	Fenster + Aussentüren	146.56 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	1437 m ²	Stahlbeton / Holzständerkonstruktion
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	595 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug
M4	Wandbekleidung	1247 m ²	Holzverschalung
M5	Deckenbekleidung	474 m ²	Holz
I	Haustechnik	510.1 m ²	Elektrische Wärmepumpe und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 104 Kennzahlen der Wohnliegenschaft Q

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	0.0	Andere Gemeinden
öV- Güteklasse	3.0	Güteklasse C (mittelmässige Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.3	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	1.5	6 Parkplätze für 4 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 105 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft Q, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	81	4'859	4'859	-	-	1.3	75.3	75.3	-	-	0.07	4.45	4.45	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	672	40'345	31'729	-	8'616	6.5	388.5	324.3	-	64.2	0.68	41.06	33.89	-	7.17
	E0	640	38'423	23'609	-	14'813	3.7	223.9	213.7	-	10.2	0.21	12.32	11.61	-	0.71
	E1	659	39'526	21'402	9'155	8'968	6.6	398.5	278.2	108.3	12.0	0.43	25.74	19.40	5.56	0.78
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	381	22'886	9'040	4'799	9'048	2.9	174.9	100.7	66.6	7.6	0.16	9.31	5.29	3.42	0.61
	E5	1'099	65'955	30'816	30'816	4'324	14.3	859.6	426.0	426.0	7.5	0.97	58.21	27.10	27.10	4.01
	E6	2'389	143'318	91'914	29'334	22'070	20.8	1'247.7	770.0	303.2	174.5	1.81	108.44	83.84	16.29	8.30
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	2'004	120'228	49'763	49'763	20'703	24.1	1'446.1	657.7	657.7	130.7	2.10	126.25	56.42	56.42	13.41
	M4	2'496	149'766	49'387	49'387	50'992	20.8	1'245.2	610.9	610.9	23.4	1.08	64.94	31.08	31.08	2.79
	M5	1'158	69'465	25'436	25'436	18'593	17.2	1'029.5	511.0	511.0	7.5	1.09	65.64	22.37	22.37	20.89
	I	1'693	101'589				11.3	675.4				0.72	43.28			
	Summe Gebäude	13'273	796'360	337'955	198'689	158'126	129.5	7'764.6	3'967.7	2'683.7	437.7	9.33	559.66	295.44	162.24	58.69
Betrieb	Raumwärme	1'591	95'455				33.6	2'016.0				0.52	31.31			
	Warmwasser	1'771	106'250				37.4	2'244.0				0.58	34.85			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	8'987	539'205				189.8	11'388.0				2.95	176.86			
gebäudeindu- zierte Mobilität	Total Mobilität	9'379	562'740				143.0	8'580.0				7.30	438.00			
Gesamt-total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	31'638					462.3					19.57				
Zielwert							440.0					16.50				

A.27. Wohnliegenschaft R

• Fertigstellung: 2012

Bei dem im Jahre 2012 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 10 Wohneinheiten, im MINERGIE Standard. Die Konstruktionsmaterialien, die für den Bau verwendet werden sind Stahlbeton (Boden, Decken, Innenwände, Dach), Kalksandstein (Wände) und Holz (Decken, Dach). Als Dämmstoffe kommen zum Einsatz: Mineralwolle, Zellulose, EPS und Polyurethanschaum. Es gibt drei oberirdische Geschosse und ein Untergeschoss. Das Gebäude hat ein Schrägdach mit Titanzink-Eindeckung. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 1120 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) erfolgt über Fernwärme und Solarthermie.

Kennzahlen

Tab. A. 106 Kennzahlen der Wohnliegenschaft R

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	1'348		
Energiebezugsfläche	m ²	1'120		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h,eff}	MJ/m ² a	115	Fernwärme aus Gas	Deckungsgrad: 100% Nutzungsgrad 0.95
Energiebedarf Warmwasser Q _{h,eff}	MJ/m ² a	50	Fernwärme aus Gas / Solarthermie (Vakuum- Rohren-Kollektor)	Deckungsgrad: 20% / 80% Nutzungsgrad 0.65
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 107 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft R

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	2171 m ³	Felsabbau und Aushub ohne Grundwasser
D1	Hinterfüllungen	330 m ³	Hinterfüllung mit Material aus Baugrubenaushub und Hinterfüllung mit Fremdmaterial
D2	Fundamentplatte	382 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	924 m ²	Stahlbeton
E1	Dächer	413 m ²	Schrägdach mit Titanzink-Eindeckung
E2	Stützen	3.64 m ³	Stahlbetonstützen
E3	Aussenwände UG	-	Nicht separat ausgewiesen
E4	Aussenwände EG + OG	1099 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Holzkonstruktion / Kalksandstein
E5	Fenster + Aussentüren	251 m ²	2-IV Verglasung, 3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	866 m ²	Kalksandstein / Stahlbeton
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	1306 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug
M4	Wandbekleidung	1099 m ²	Faserzementplatten
M5	Deckenbekleidung	171 m ²	Zementgebundene Holzwolleplatten
I	Haustechnik	1120 m ²	Solarthermische Anlage und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 108 Kennzahlen der Wohnliegenschaft R

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	0	Andere Gemeinden
öV- Güteklasse	2.0	Güteklasse D (geringe Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	1.0	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.40	4 Parkplätze für 10 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 109 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft R, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	158	9'466	9'466	-	-	2.4	145.3	145.3	-	-	0.14	8.62	8.62	-	-
	D1	367	22'020	-	-	-	2.2	130.2	-	-	-	0.10	6.00	-	-	-
	D2	658	39'471	31'230	-	8'241	5.8	345.5	264.9	-	80.6	0.49	29.34	25.55	-	3.80
	E0	1'596	95'732	78'659	-	17'073	13.7	821.2	654.0	-	167.3	1.43	85.67	77.75	-	7.92
	E1	2'127	127'592	62'328	53'396	11'868	11.3	679.0	355.6	281.6	41.8	0.86	51.68	28.53	20.40	2.74
	E2	23	1'359	1'092	-	267	0.2	11.5	8.8	-	2.6	0.02	1.25	1.13	-	0.12
	E3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E4	751	45'044	36'449	-	8'595	8.2	491.6	409.2	-	82.4	0.74	44.49	40.77	-	3.72
	E5	786	47'163	21'926	21'926	3'310	9.5	572.1	283.0	283.0	6.1	0.66	39.31	18.24	18.24	2.82
	E6	558	33'480	26'509	-	6'971	5.5	332.7	265.2	-	67.4	0.56	33.38	30.27	-	3.11
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	1'102	66'131	26'227	26'227	13'677	11.4	683.9	291.1	291.1	101.7	1.29	77.46	33.24	33.24	10.97
	M4	1'041	62'472	27'420	27'420	7'632	12.5	748.0	366.7	366.7	14.6	0.94	56.69	25.80	25.80	5.09
	M5	115	6'911	2'307	2'307	2'297	2.2	134.2	66.4	66.4	1.5	0.17	10.04	3.18	3.18	3.68
	I	1'778	106'702				12.0	721.4				0.77	45.99			
	Summe Gebäude	11'059	663'543	323'614	131'276	79'931	96.9	5'816.7	3'110.3	1'288.8	566.0	8.17	489.92	293.08	100.87	43.97
Betrieb	Raumwärme	5'193	311'589				187.6	11'257.9				10.52	631.17			
	Warmwasser	660	39'600				23.8	1'430.8				1.34	80.22			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	11'478	688'689				330.3	19'816.7				13.70	822.08			
gebäudein duzierte	Total Mobilität	9'109	546'540				140.0	8'400.0				7.20	432.00			
Gesamt- total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	31'646					567.2					29.07				
Zielwert							440.0					16.50				

A.28. Wohnliegenschaft S

- **Fertigstellung:** 2012

Bei dem im Jahre 2012 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 22 Wohneinheiten, erstellt im MINERGIE-P-ECO Standard. Die Konstruktionsmaterialien, die für den Bau verwendet werden, sind Stahlbeton (Boden, Decken, Wände, Dach), Mauerwerk (Wände) und Leichtbauwände (Innenwände). Als Dämmstoffe kommen zum Einsatz: Glasschaumschotter, EPS, Polyurethanschaum, XPS und Mineralwolle. Es gibt drei oberirdische Geschosse und ein Untergeschoss. Das Gebäude hat ein Flachdach mit Kieseindeckung. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 2966 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) erfolgt über eine elektrische Wärmepumpe.

Kennzahlen

Tab. A. 110 Kennzahlen der Wohnliegenschaft S

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	3'064		
Energiebezugsfläche	m ²	2'966		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	23	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.90
Energiebedarf Warmwasser $Q_{h_{ww}}$	MJ/m ² a	50	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.00
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 111 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft S

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	4160 m ³	Aushub ohne Grundwasser
D1	Hinterfüllungen	1760 m ³	Hinterfüllung mit Material aus Baugrubenaushub und Hinterfüllung mit Fremdmaterial
D2	Fundamentplatte	629 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	2100 m ²	Stahlbeton
E1	Dächer	710 m ²	Flachdach mit Kieseindeckung
E2	Stützen	-	Keine Stützen
E3	Aussenwände UG	310 m ²	Aussenwände gegen Erdreich aus Stahlbeton
E4	Aussenwände EG + OG	1068 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Mauerwerk
E5	Fenster + Aussentüren	463 m ²	2-IV Verglasung, 3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	2049 m ²	Stahlbeton / Metallständerkonstruktion
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	2342 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett / Fliesen
M4	Wandbekleidung	2096 m ²	Gipsputz / Kalkputz
M5	Deckenbekleidung	-	Keine Deckenbekleidung
I	Haustechnik	2966 m ²	Wärmepumpe und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 112 Kennzahlen der Wohnliegenschaft S

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	1.0	Kernstädte
öV- Güteklasse	5.0	Güteklasse A (sehr gute Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	0.5	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0	0 Parkplätze
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 113 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft S, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	147	8'820	8'820	-	-	2.3	136.8	136.8	-	-	0.14	8.10	8.10	-	-
	D1	1'080	64'800	-	-	-	6.3	380.4	-	-	-	0.29	17.52	-	-	-
	D2	578	34'708	30'154	-	4'554	8.0	480.7	434.9	-	45.8	0.55	33.29	31.15	-	2.14
	E0	1'369	82'158	67'506	-	14'652	11.7	704.8	561.2	-	143.6	1.23	73.52	66.72	-	6.80
	E1	1'122	67'326	34'155	14'070	19'101	16.6	996.7	548.0	381.0	67.7	1.24	74.59	32.81	12.95	28.83
	E2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	E3	382	22'937	14'024	-	8'913	3.5	209.0	186.0	-	23.0	0.52	31.43	16.85	-	14.57
	E4	187	11'196	9'244	-	1'952	2.8	165.3	146.4	-	18.8	0.25	15.06	14.20	-	0.86
	E5	584	35'023	16'332	16'332	2'358	7.6	454.9	225.3	225.3	4.4	0.51	30.86	14.32	14.32	2.22
	E6	723	43'402	31'224	5'782	6'397	6.3	377.1	260.4	54.4	62.3	0.60	35.96	29.68	3.33	2.95
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	1'009	60'532	23'062	23'062	14'408	11.7	701.4	323.1	323.1	55.1	0.80	48.20	19.36	19.36	9.49
	M4	520	31'173	12'565	12'565	6'042	12.8	766.6	380.0	380.0	6.7	0.70	41.96	15.41	15.41	11.13
	M5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	2'123	127'390				15.2	912.4				0.94	56.48			
	Summe Gebäude	9'824	589'466	247'087	71'812	78'377	104.8	6'286.1	3'202.2	1'363.7	427.4	7.78	466.97	248.60	65.37	79.00
Betrieb	Raumwärme	737	44'231				15.6	934.2				0.24	14.51			
	Warmwasser	3'125	187'500				66.0	3'960.0				1.03	61.50			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	9'487	569'231				200.4	12'022.2				3.11	186.71			
gebäudein- duzierte	Total Mobilität	6'558	393'480				100.0	6'000.0				5.20	312.00			
Gesamt- total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	25'869					405.1					16.09				
Zielwert							440.0					16.50				

A.29. Wohnliegenschaft T

- **Fertigstellung:** 2008

Bei dem im Jahre 2008 errichteten Mehrfamilienhaus handelt es sich um einen Neubau mit 10 Wohneinheiten, der dem MINERGIE-P-ECO Standard entspricht (nicht zertifiziert). Die Konstruktionsmaterialien, die für den Bau verwendet werden sind Stahlbeton (Boden, Decken, Wände, Stützen, Dach), Holz (Wände) und Leichtbauwände (Innenwände). Als Dämmstoffe kommen zum Einsatz: Mineralwolle, EPS, Zellulosefasern und XPS. Es gibt zwei oberirdische Geschosse und zwei Untergeschosse. Das Gebäude hat ein begrüntes Flachdach. Die Energiebezugsfläche des Gebäudes beträgt 1170 m². Die Heizenergieversorgung (für Heizung und Warmwasser) erfolgt über eine elektrische Wärmepumpe.

Kennzahlen

Tab. A. 114 Kennzahlen der Wohnliegenschaft T

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	1'354.5		
Energiebezugsfläche	m ²	1'170		
Energiebedarf Raumwärme $Q_{h_{eff}}$	MJ/m ² a	28.1	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 3.90
Energiebedarf Warmwasser $Q_{h_{ww}}$	MJ/m ² a	50	Elektrische Sole-Wasser Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 2.00
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	6	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	39	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 115 Ausmass der Erstellung der Wohnliegenschaft T

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	1023 m ³	
D1	Hinterfüllungen	-	Keine Angaben
D2	Fundamentplatte	313 m ²	Stahlbetonbodenplatte
E0	Decken	880 m ²	Stahlbeton / Holzkonstruktion
E1	Dächer	340 m ²	Flachdach mit Vegetationsschicht
E2	Stützen	1 m ³	Stahlbetonstützen
E3	Aussenwände UG	204 m ²	Aussenwände gegen Erdreich aus Stahlbeton
E4	Aussenwände EG + OG	288 m ²	Aussenwände gegen Luft aus Holzkonstruktion
E5	Fenster + Aussentüren	401 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Aluminiumrahmen
E6	Innenwände Rohbau	4150 m ²	Metallständerkonstruktion / Holzständerkonstruktion / Stahlbeton
M1	Trennwände / Innentüren	-	Keine Angaben
M3	Bodenbeläge	1193 m ²	Fertigbeläge: Zementüberzug / Parkett
M4	Wandbekleidung	2564 m ²	Gipskartonplatten / Gipsputz / Holzverschalung
M5	Deckenbekleidung	-	Keine Deckenbekleidung
I	Haustechnik	1170 m ²	Wärmepumpe und Fussbodenheizung, Elektro / Sanitär / Lüftungsanlage

Induzierte Mobilität

Tab. A. 116 Kennzahlen der Wohnliegenschaft T

Wohnen	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Siedlungstyp	0	Andere Gemeinden
öV- Güteklasse	2.0	Güteklasse D (geringe Erschliessung)
Luftliniendistanz Einkauf in km	2.5	
Verfügbarkeit Autoparkplatz	1.3	13 Parkplätze für 10 Wohnungen
Personenwagenverfügbarkeit	0.65	CH-Durchschnitt
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.25	CH-Durchschnitt

Umweltkennwerte des Gebäudes

Tab. A. 117 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Wohnliegenschaft T, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	100	5'985	5'985	-	-	1.5	92.8	92.8	-	-	0.09	5.48	5.48	-	-
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	925	55'501	44'626	-	10'875	8.9	531.1	444.0	-	87.2	0.86	51.89	43.73	-	8.16
	E0	1'487	89'214	69'176	-	20'038	12.4	746.7	632.2	-	114.5	1.10	66.23	60.67	-	5.56
	E1	1'118	67'096	34'144	17'547	15'405	15.3	919.6	540.4	363.2	16.0	0.97	58.11	25.01	14.30	18.80
	E2	6	357	287	-	70	0.1	3.0	2.3	-	0.7	0.01	0.33	0.30	-	0.03
	E3	605	36'279	19'524	7'803	8'952	7.7	459.6	261.3	166.4	31.8	0.81	48.35	23.63	11.48	13.24
	E4	140	8'393	3'600	1'390	3'403	1.0	59.1	37.1	19.3	2.8	0.05	3.17	1.96	0.99	0.21
	E5	1'306	78'373	36'619	36'619	5'134	17.1	1'026.7	508.9	508.9	8.8	1.16	69.52	32.35	32.35	4.82
	E6	3'374	202'417	140'498	32'903	29'017	29.2	1'753.9	1'179.2	308.1	266.6	2.69	161.30	130.06	18.60	12.64
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	1'412	84'696	29'435	29'435	25'825	17.6	1'054.7	478.8	478.8	97.1	1.79	107.40	37.90	37.90	31.59
	M4	384	23'024	9'198	9'198	4'628	4.4	264.0	128.9	128.9	6.1	0.23	13.57	6.61	6.61	0.35
	M5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	I	1'795	107'690				13.8	830.4				0.86	51.37			
	Summe Gebäude	12'651	759'024	393'092	134'896	123'347	129.0	7'741.6	4'305.9	1'973.7	631.6	10.62	636.71	367.70	122.23	95.41
Betrieb	Raumwärme	901	54'038				19.0	1'141.3				0.30	17.72			
	Warmwasser	3'125	187'500				66.0	3'960.0				1.03	61.50			
	Lüftung	750	45'000				15.8	950.4				0.25	14.76			
	Übrige Betriebsenergie	4'875	292'500				103.0	6'177.6				1.60	95.94			
	Summe Betrieb	9'651	579'038				203.8	12'229.3				3.17	189.92			
gebäudei nduzierte Mobilität	Total Mobilität	10'488	629'280				160.0	9'600.0				8.20	492.00			
Gesamt- total	Erstellung, Betrieb und gebäudeinduzierte Mobilität	32'789					492.8					21.98				
Zielwert							440.0					16.50				

A.30. Büroliegenschaft A (Büro / Neubau)

- **Bauherrschaft:** Axpo AG, Baden
- **Architektur:** Meier Leder Architekten AG, Baden
- **Gebäudetechnik:** Waldhauser Haustechnik AG, Basel; Ingenieurbüro Bösch AG, Aarau
- **SIA-Effizienzpfad / Berechnungen:** Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Bauzeit:** 2009



Abb. A. 34 Bild des Neubaus

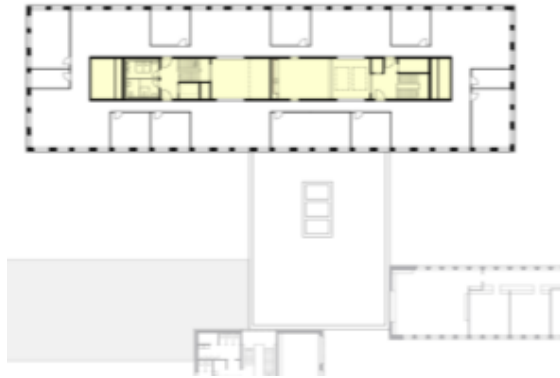


Abb. A. 35 Grundriss Regelgeschoss

Der Büroneubau mit rund 200 Arbeitsplätzen und einem Restaurant steht auf dem Firmengelände der Axpo AG in Baden. Der Neubau ist kompakt gebaut und erlaubt dank seiner einfachen Grundrisstruktur grosse Flexibilität in der Büroräumnutzung. Der zentrale Erschliessungskern umfasst zwei thermisch geschlossene Lichthöfe, welche die Aufenthaltsbereiche belichtet. Die in der Höhe versetzten Fenster führen zu einem horizontal-vertikal verlaufenden Wellenmuster in der verspielt wirkenden Fassade.

Das Gebäude ist ein klassischer Massivbau in Beton. Die Fassaden sind aussenseitig wärmedämmend und mit einer hinterlüfteten Glasfassade bekleidet. Bei den Bodenaufbauten wurde auf einen Unterlagsboden verzichtet, die Trittschalldämmung gewährleisten Teppiche.

Beheizt wird das Gebäude mit einer Grundwasser-Wärmepumpe, welche einen guten Nutzungsgrad erreicht, da sie ausschliesslich im Niedertemperaturbereich Wärme erzeugt. Die Wärmeverteilung erfolgt über Heizkühldecken, welche auch im Sommer für ein moderates Klima sorgen. Der kleine Bedarf an Warmwasser wird über eine bestehende Ölheizung gedeckt, die durch Abwärmenutzung unterstützt wird. Rund zwei

Jahre nach Inbetriebnahme des Gebäudes wird eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach installiert.

Das Bürogebäude liegt in naher Fussdistanz zum Bahnhof und ist sehr gut erschlossen (öV-Gütekategorie A). Die Voraussetzungen für eine energieeffiziente Mobilität sind gegeben.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 118 Kennzahlen des Bürogebäudes A

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	10'510		
Energiebezugsfläche	m ²	7'492		
Energiebedarf Raumwärme Q_{Heff}	MJ/m ² a	49	Grundwasser- Wärmepumpe	Deckungsgrad: 100% Arbeitszahl 4.1
Energiebedarf Warmwasser Q_{WW}	MJ/m ² a	10	Heizöl dir. Abwärmenutzung	Deckungsgrad: 33% Nutzungsgrad 0.65 Deckungsgrad: 67%
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	23	Strom aus PV-Anlage	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	62	Strom	Deckungsgrad: 100%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 119 Kennzahlen Erstellung der Büroliegenschaft A

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	6054 m ²	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	2018 m ²	Bodenplatte für 5 Geschosse, wasserdicht, ungedämmt
E0	Decken	8492 m ²	Betondecke CEM II 300 kg/m ³ , 112.5 kg/m ³ Bewehrung
E1	Dächer	150 m ² 1986 m ²	Dach unter Terrain, Betondecke, ungedämmt Betondecke, 26cm Dämmung, Kompaktdach
E2	Stützen	15 Stk	Betonstützen, grosse Spannweite
E3	Aussenwände UG	1354 m ²	Betonwand 25cm, Bitumenanstrich, Sickerplatten
E4	Aussenwände EG/OG	1743 m ²	Betonwand, 30cm gedämmt, VSG-Glas mit spez. Unterkon.
E5	Fenster + Aussentüren	1040 m ² 1040 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Metallrahmen, Knickarmmarkise Einfachverglasung VSG als Vorfenster
E6	Innenwände tragend	3301 m ²	Betonwand 15- 20cm
M1	Trennwände / Innentüren	1000 m ²	Gipsständerwände 50 dB
M3	Bodenbeläge	7492 m ² 3018 m ²	Hartbetonüberzug und Teppich Hartbetonüberzug
M4	Wandbekleidung	8000 m ²	Wandputz auf Beton
M5	Deckenbekleidung	6183 m ² 1986 m ²	Heizkühldecke in Metall abgehängt Dämmung gegen unbeheizt
I	Haustechnik	7492 m ² 40 kWp	Elektro / Sanitär / Wärmepumpe und Erdsonde / Verteilung ohne Heizkühldecke / Lüftungsanlage PV-Anlage auf Dach

Induzierte Mobilität

Tab. A. 120 Kennzahlen des Bürogebäudes A

Büro	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Bauzone	0.0	Keine Arbeitszone
öV- Güteklasse	1.0	Güteklasse A
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.4	Parkplätze pro Beschäftigte
Verfügbarkeit Veloabstellplatz	1.0	verfügbar
Verfügbarkeit Dauerabos öV	0.22	CH-Durchschnitt

Umweltbelastungen

Tab. A. 121 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung des Büroliegenschaft A, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	152	9'137	7'814	-	1'322	2.3	138.0	115.7	-	22.3	0.13	7.83	7.02	-	0.81
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	725	43'505	40'400	-	3'104	4.6	277.9	232.9	-	45.1	0.46	27.30	24.99	-	2.31
	E0	2'674	160'412	147'509	-	12'903	16.8	1'005.3	862.5	-	142.8	1.63	97.51	89.78	-	7.73
	E1	1'679	100'741	57'596	18'550	24'594	21.4	1'282.6	719.2	491.6	71.7	1.48	88.69	40.28	16.82	31.59
	E2	51	3'052	2'954	-	98	0.3	17.1	16.0	-	1.1	0.02	1.14	1.08	-	0.06
	E3	533	31'995	23'330	1'133	7'532	3.8	225.3	178.3	25.0	22.0	0.37	22.44	15.22	0.99	6.23
	E4	1'274	76'448	56'881	14'883	4'685	13.5	809.7	572.6	203.7	33.4	1.07	64.43	46.29	14.62	3.52
	E5	1'159	69'511	34'364	30'387	4'760	13.9	835.4	441.5	386.7	7.2	0.95	57.25	29.50	25.46	2.29
	E6	656	39'374	34'530	-	4'844	4.2	252.0	218.4	-	33.6	0.40	23.71	21.65	-	2.06
	M1	188	11'284	5'560	5'560	163	1.2	73.8	35.6	35.6	2.5	0.07	4.20	2.04	2.04	0.12
	M3	504	30'229	14'103	14'103	2'022	5.2	312.2	141.4	141.4	29.4	0.62	37.48	17.99	17.99	1.50
	M4	293	17'600	8'067	8'067	1'466	2.8	165.6	78.0	78.0	9.6	0.44	26.31	12.41	12.41	1.50
	M5	3'262	195'707	96'999	96'999	1'709	14.8	887.4	442.9	442.9	1.5	0.92	54.93	27.06	27.06	0.82
	I	8'494	509'664	245'201	246'289	18'173	37.3	2'235.2	1'100.4	1'109.1	25.7	2.38	142.84	57.87	58.39	26.59
	Summe Gebäude	21'644	1'298'656	775'308	435'972	87'377	142.0	8'517.5	5'155.6	2'914.1	447.8	10.93	656.07	393.18	175.76	87.12
Betrieb	Raumwärme	1496	89753				31.5	1'889.5				0.49	29.59			
	Warmwasser	228	13657				6.3	378.7				0.42	25.44			
	Elektrizität	7766	465931				163.5	9'808.7				2.56	153.61			
	Summe Betrieb	9489	569340				201.3	12'076.8				3.48	208.65			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	13587	815220				206.0	12'360.0				11.10	666.00			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	44'720					549.2					25.51				
Zielwert							660.0					25.50				

A.31. Büroliegenschaft B (Büro / Neubau)

- **Bauherrschaft:** die werke versorgung wallisellen
- **Architektur:** CH Architekten AG, Volketswil
- **Baumanagement:** Bollier Baumanagement GmbH, Wallisellen
- **Gebäudetechnik:** ahoch AG, Dübendorf; Thomas Lüem Partner AG, Dietikon
- **SIA-Effizienzpfad / Berechnungen:** Architekturbüro Preisig Pfäffli, Zürich
- **Bauzeit:** 2009
- **Systemgrenze:** gerechnet ist ausschliesslich die Büronutzung



Abb. A. 36 Bild mit Bürogebäude hinten links

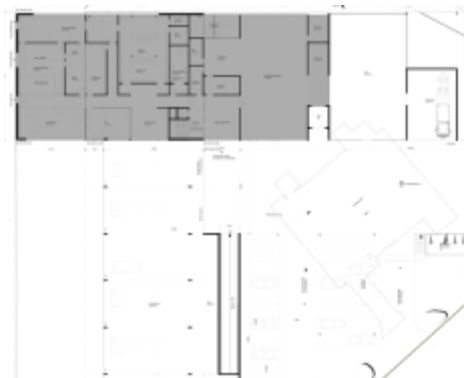


Abb. A. 37 Grundriss Erdgeschoss, graue Fläche Büro

Das Werk- und Feuerwehrgebäude auf dem Dreispitz-Herti-Areal in Wallisellen umfasst neben der grossen Fahrzeughalle und dem Turm zur Trocknung der Feuerwehrschräume auch Büroarbeitsplätze und Werkhallen. Der Büroneubau ist 4-geschossig, ein grösseres Erdgeschoss mit Untergeschoss und drei quadratische aufgesetzte Obergeschosse.

Das Gebäude ist ein klassischer Mischbau mit Betondecken und Aussenwänden in Holzelementbauweise. Die Fassaden sind mit einer hinterlüfteten und lasierten Holzschalung bekleidet.

Beheizt wird das Gebäude mit einer Wärmepumpe mit Erdsonde, die mit Gas betrieben wird. Dank der gut gedämmten Holzelemente ist der Heizwärmebedarf tief. Rund ein Viertel der Wärme für die Raumwärme und das Warmwasser werden mit Erdwärme gedeckt.

Das Bürogebäude liegt in naher Distanz zum Bahnhof und ist sehr gut erschlossen (öV-Güteklasse A). Die Voraussetzungen für eine energieeffiziente Mobilität sind gegeben.

Kennzahlen und Betrieb

Tab. A. 122 Kennzahlen des Bürogebäudes B

Parameter	Einheit	Menge	Energieträger	Weitere Informationen
Geschossfläche	m ²	3'624		
Energiebezugsfläche	m ²	2'582		
Energiebedarf Raumwärme Q _{h,eff}	MJ/m ² a	39	Gasbetriebene Erdsonden-Wärmepumpe Erdwärme	Deckungsgrad: 65% Nutzungsgrad 0.9 Deckungsgrad: 35%
Energiebedarf Warmwasser Q _{ww}	MJ/m ² a	12	Gasbetriebene Erdsonden-Wärmepumpe Erdwärme	Deckungsgrad: 71% Nutzungsgrad 0.65 Deckungsgrad: 29%
Energiebedarf Lüftung	MJ/m ² a	20	Strom	Deckungsgrad: 100%
Hilfsenergie/ Beleuchtung/ Betriebseinrichtungen	MJ/m ² a	54	Strom aus PV-Anlage Strom	Deckungsgrad: 50% Deckungsgrad: 50%

Erstellung und Materialisierung

Tab. A. 123 Kennzahlen Erstellung der Büroliegenschaft B

EKG-Nummer	Bezeichnung	Ausmass	Materialisierung
D0	Baugrubenaushub	3456 m ²	-
D1	Hinterfüllungen	-	-
D2	Fundamentplatte	1152 m ²	Bodenplatte für 5 Geschosse, wasserdicht, ungedämmt
E0	Decken	2472 m ²	Betondecke CEM II 300 kg/m ³ , 112.5 kg/m ³ Bewehrung
E1	Dächer	1150 m ²	Betondecke, 26cm Dämmung, Abdichtung
E2	Stützen	9 Stk	Betonstützen, grosse Spannweite
E3	Aussenwände UG	527 m ²	Betonwand 25cm, Bitumenanstrich, Sickerplatten
E4	Aussenwände EG/OG	943 m ²	Holzrahmenbau, 30cm gedämmt, hinterlüftete Holzlattung
E5	Fenster + Aussentüren	487 m ²	3-IV Verglasung, Holz-Metallrahmen, Knickarmmarkise
E6	Innenwände tragend	844 m ²	Backsteinwände 12.5 cm
M1	Trennwände / Innentüren	-	-
M3	Bodenbeläge	1320 m ² 1262 m ²	Unterlagsboden ohne Trittschall, Elastischer Bodenbelag Hartbetonbelag
M4	Wandbekleidung	2631 m ²	Wandputz auf Backsteinen
M5	Deckenbekleidung	2582 m ² 1150 m ²	Deckenputz auf Beton Dämmung gegen unbeheizt
I	Haustechnik	2582 m ² 18 kWp	Elektro / Sanitär / Gasheizung und Erdsonde / Verteilung über Fussboden / Lüftungsanlage PV-Anlage auf Dach

Induzierte Mobilität

Tab. A. 124 Kennzahlen des Bürogebäude B

Büro	Korrekturfaktor	Weitere Informationen
Bauzone	1.0	Reine Arbeitszone
öV- Güteklasse	1.0	Güteklasse A
Verfügbarkeit Autoparkplatz	0.5	Parkplätze pro Beschäftigte
Verfügbarkeit Veloabstellplatz	1.0	verfügbar
Verfügbarkeit Dauerabos öV	1.0	Alle Mitarbeiter erhalten öV-Abo vom Arbeitgeber

Umweltbelastungen

Tab. A. 125 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar, Treibhausgasemissionen und Gesamtumweltbelastung der Büroliegenschaft B, bezogen auf 1 m² Energiebezugsfläche beziehungsweise 60 Jahre Lebensdauer

	Indikator	Gesamtumweltbelastung					Primärenergiebedarf nicht erneuerbar					Treibhausgasemissionen				
	Einheit	UBP/m ² a	UBP/m ²				MJ/m ² a	MJ/m ²				kg CO ₂ /m ² a	kg CO ₂ /m ²			
	EKG-Nummer	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau	Total amortisiert	Total	Erstellung	Instandhaltung	Rückbau
Gebäudeerstellung	D0	252	15'134	12'944	-	2'191	3.8	228.6	191.7	-	36.9	0.22	12.97	11.63	-	1.34
	D1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D2	1'201	72'063	66'920	-	5'142	7.7	460.4	385.7	-	74.6	0.75	45.22	41.40	-	3.83
	E0	2'330	139'782	128'694	-	11'088	14.6	874.4	751.0	-	123.4	1.41	84.43	77.76	-	6.67
	E1	1'477	88'622	58'157	14'483	15'982	17.3	1'040.6	610.9	350.4	79.3	1.26	75.57	43.42	14.87	17.28
	E2	89	5'314	5'142	-	171	0.5	29.8	27.9	-	1.9	0.03	1.98	1.88	-	0.10
	E3	602	36'134	26'348	1'279	8'507	4.2	254.4	201.4	28.2	24.9	0.42	25.34	17.19	1.11	7.04
	E4	636	38'148	25'870	1'528	10'750	5.2	313.7	287.3	17.6	8.8	0.30	18.04	14.92	0.86	2.27
	E5	1'301	78'058	35'886	35'886	6'286	15.2	909.2	451.1	451.1	7.0	1.02	61.18	29.09	29.09	2.99
	E6	593	35'588	31'772	-	3'817	4.9	295.6	260.5	-	35.1	0.47	28.15	26.18	-	1.97
	M1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	M3	717	43'002	16'232	16'232	10'537	7.2	429.1	195.4	195.4	38.3	0.72	42.90	16.65	16.65	9.60
	M4	275	16'482	7'555	7'555	1'373	2.6	155.1	73.1	73.1	9.0	0.41	24.64	11.62	11.62	1.40
	M5	514	30'867	13'305	13'305	4'256	6.0	362.0	175.1	175.1	11.7	0.63	38.02	17.62	17.62	2.78
	I	9'056	543'389	258'165	263'333	21'891	45.0	2'702.1	1'298.9	1'375.7	27.5	2.87	172.31	68.13	72.13	32.05
	Summe Gebäude	19'043	1'142'583	686'989	353'602	101'991	134.2	8'054.9	4'910.0	2'666.6	478.3	10.51	630.77	377.49	163.95	89.33
Betrieb	Raumwärme	887	53229				31.4	1882.4				1.85	111.25			
	Warmwasser	403	24180				14.3	855.1				0.84	50.53			
	Elektrizität	5510	330611				116.0	6960.0				1.82	109.00			
	Summe Betrieb	6800	408020				161.6	9697.5				4.51	270.78			
Induzierte Mobilität	Total Mobilität	13822	829320				221.0	13260				10.50	630			
Gesamt-total	Gebäude, Betrieb und induzierte Mobilität	39'665					516.9					25.53				
Zielwert							660.0					25.50				

B. Gebäudeinduzierte Mobilität

Der Betrieb der Gebäude beinhaltet ebenfalls die gebäudeinduzierte Mobilität nach SIA 2039. Das Berechnungstool zur Berechnung des Primärenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen, welche durch die gebäudeinduzierte Mobilität verursacht werden, wurde um die Berechnung der Umweltbelastung nach Methode der ökologischen Knappheit 2006 erweitert. Tab. D. 1 und Tab. D. 2 zeigen die Eingabeparameter für Wohngebäude & Altersheime und Arbeitsstätten, Büros & Schulen.

Die Parameter für die Wohnsiedlungen A, B und E basieren auf Angaben der Stadt Zürich⁸. Die Parameter für die Altersheim A und C basieren auf Angaben von Katrin Pfäffli⁹. Die Parameter für das Altersheim B wurden in Anlehnung an die Altersheime A und C erhoben. Die Distanz zum nächsten Detailhandelsgeschäft wurde selbst ermittelt. Die Parameter zu Anzahl Parkplätze und Personenwagenverfügbarkeit wurde von den beiden Altersheimen A und C übernommen.

⁸ Persönliche Mitteilung: Yvonne Züger, Amt für Hochbauten Stadt Zürich, 15.10.2013

⁹ Persönliche Mitteilung: Katrin Pfäffli, 25.11.2013

Tab. D. 1 Eingabeparameter für das Mobilitätsstool nach SIA 2039 für Wohngebäude und Altersheime

Parameter	Kommentar	Wohnsied- lung A	Wohnsied- lung B	Wohnsied- lung E	Altersheim A	Altersheim B	Altersheim C
Siedlungstyp	1=Kernstädte (vgl. untenstehende Liste); 0=andere Gemeinden	1	1	1	1	1	1
ÖV-Güteklasse am Gebäudestandort	5= A, 4= B, 3= C, 2= D, 1= E	5	3	3	5	4	4
Luftlinien-Distanz zum nächsten Detailhandelsgeschäft mit 20-40 Beschäftigten	Distanz in km (0.1 bis 10)	0.1	0.1	0.4	0.1	0.8	0.7
Anzahl der verfügbarer Park- und Garagenplätze pro Haushalt	0 bis 5	0.33	0.4	0.5	0.069	0.06	0.058
Personenwagenverfügbarkeit pro Haushalt	Zahl der pro Bewohner verfügbaren Personenwagen	0.358	0.358	0.358	0	0	0
Verfügbarkeit eines Dauerabos für den öffentlichen Verkehr (GA, Jahresabo, Monatsabo, Gleis 7)	Zahl der pro Bewohner verfügbaren Dauerabos	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249
Effektive Personenfläche	m2/pers	32	34	38	Standard	Standard	Standard

Die Parameter für die Schulhäuser wurden neu erfasst. Für die Bestimmung der Bauzone und der ÖV Güterklasse wurde das Webgis des Bundesamtes für Raumentwicklung ARE verwendet¹⁰. Die Anzahl verfügbare Parkplätze sowie die Verfügbarkeit von Dauerabos entsprechen dem Schweizer Durchschnitt und bei der Verfügbarkeit von Veloabstellplätzen wurde für alle Schulen angenommen das Abstellplätze für Velos vorhanden sind.

¹⁰ <http://map.are.admin.ch/?lang=de> (Zugriff 06.12.2013)

Anhang B

Tab. D. 2 Eingabeparameter für das Mobilitätstool nach SIA 2039 für Arbeitsstätten, Büros und Schulen

Parameter	Kommentar	Schulhaus A	Schulhaus B	Schulhaus C	Schulanlage D	Schulhaus E	Schulhaus F	Schulhaus G ZM 10 (Schulpavillon)
		Primarschule	Primarschule	Primarschule	Primarschule	Primar und Sekundarschu- le	Sekundar- und Primarschule	
Bauzone	1=Arbeitszone; 0=keine Arbeitszone	0	0	0	0	0	0	?
ÖV-Güteklasse am Gebäudestandort	1= ÖV-Güteklasse A; 0= ÖV-Güteklasse B - E	1	1	1	1.0	1	0	?
Verfügbarkeit eines Autoparkplatzes am Arbeitsort	Zahl der pro Beschäftigten verfügbaren Parkplätze	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	?
Verfügbarkeit von Veloabstellplätzen am Arbeitsort	1=verfügbar; 0=nicht verfügbar	1	1	1	1	1	1	?
Verfügbarkeit von Dauerabos für den öffentlichen Verkehr	Zahl der pro Beschäftigten verfügbaren Dauerabos	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217	0.217	?