



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm
Energie in Gebäuden

Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA-Effizienzpfad Energie

Schlussbericht

Juni 2016

Auftraggeber

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Gebäude
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Auftragnehmer

TEP Energy GmbH, Rotbuchstrasse 68, CH-8037 Zürich, www.tep-energy.ch, Tel. +41 43 500 71 71
Lemon Consult, Zürich

Autoren

Martin Jakob, TEP Energy (Projektleitung)
Giacomo Catenazzi, TEP Energy
Remo Forster, TEP Energy
Thomas Egli, TEP Energy
Thorsten Kaiser, Lemon Consult
Raphael Looser, TEP Energy
Marc Melliger, TEP Energy
Claudio Nägeli, TEP Energy und Chalmers University
Ulrich Reiter, TEP Energy
Martin Soini, TEP Energy
Benjamin Sunarjo, TEP Energy

Begleitgruppe

Andreas Eckmanns (BFE, Vorsitz)
Rolf Moser (BFE)
Katrín Pfäffli (SIA Effizienzpfad)
Martin Ménard, Lemon Consult (SIA Effizienzpfad)
Stefan Schneider (SIA Effizienzpfad)
Heinrich Gugerli (2000-Watt-Areale)

Verdankung

Die Autoren danken den Vertretern der Begleitgruppe und namentlich dem SIA für die Begleitung, den fachlichen Austausch und das Interesse. Zahlreichen Experten und Fachleuten sei für ihre Unterstützung und Anregungen herzlich gedankt. Dem Bundesamt für Statistik gebührt Dank für die Nutzungsmöglichkeit von Daten des GWR und der STATENT im Rahmen dieses Forschungsprojekts. Die beauftragten Firmen danken dem Bundesamt für Energie (BFE) für die finanzielle Unterstützung und der Projektleiter dem Projektteam für das Engagement und die gute Arbeit.

BFE-Bereichsleiter: Rolf Moser
BFE-Programmleiter: Andreas Eckmanns
BFE-Vertragsnummer: SI/500984-01

Für den Inhalt sind allein die Studiennehmer/in verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Begrifflichkeit: Abkürzungen und Glossar	7
Abkürzungen	7
Glossar	9
Zusammenfassung	13
Ausgangslage	13
Zielsetzungen	13
Methodisches Vorgehen	13
Ergebnisse	14
Summary	17
Situation	17
Objectives	17
Methodology	17
Results	18
1 Ausgangslage und Zielsetzung	21
1.1 Ausgangslage	21
1.1.1 Inhaltliche und methodische Unterschiede zwischen SIA-Effizienzpfad- und Gebäudeparkbetrachtung	21
1.1.2 Mengengerüst Bevölkerung, Beschäftigte und Gebäude	23
1.1.3 Betrieb und Nutzungsintensität	23
1.1.4 Energie und Treibhausgasemissionen Erstellung des Gebäudeparks	24
1.2 Zielsetzung	24
2 Methodisches Vorgehen	26
2.1 Methodisches Vorgehen im Überblick	26
2.2 Nutzungs- und Abschreibungsdauer	28
2.3 Konzeptioneller Ansatz der Gebäudeparkmodellierung	29
2.4 Definitionen der Elemente des Gebäudeparkmodells	32
2.4.1 Gebäuderepräsentanten	32
2.4.2 Gebäudetypen	34
2.4.3 Konstruktionstypen	35
2.4.4 Bauperioden	35
2.4.5 Hauptnutzung	36
2.4.6 Raumnutzung	39
2.5 Flächenschätzung und Geometriemodell	39
2.5.1 Geschoss- und Energiebezugsfläche Wohnen	39
2.5.2 Geschoss- und Energiebezugsfläche Nicht-Wohnen	39
2.5.3 Gebäudegrößenklassen	43
2.5.4 Gebäudegeometrie	43
2.6 Erstellung der Gebäuderepräsentanten	45
2.7 Modellierung der Betriebsenergie	46
2.7.1 Energiedienste und ihre Zuordnung zu den energetischen Verwendungszwecken	46
2.7.2 Berechnungsmethodik Betriebsenergie	47

2.8	Primärenergiebedarfs- und Treibhausgasbilanz	49
2.8.1	Bilanzierungsmethodik von Bestand und Neubau in der Gebäudeparkbetrachtung.....	49
2.8.2	Verschiedene Varianten der zeitlichen Allokation im Fall des Abschreibungsprinzips	53
2.8.3	Ansatz für die Berechnung von Energie _{Erst.} und Treibhausgasmissionen _{Erst.}	60
2.9	Modellierung der Dynamik des Gebäudebestands sowie der Gebäude- und Anlagenerneuerung	62
2.9.1	Dynamik von Abriss/Ersatzneubau	62
2.9.2	Dynamik der Gebäude- und Anlagenerneuerungen	63
	Erneuerung der Gebäudehülle.....	63
	Nutzenergie Raumwärme	63
	Energieträgerwahl und Umwandlungseffizienz.....	64
	Endenergie bei den meisten strombasierten Verwendungszwecken	64
3	Ist-Zustand des Gebäudeparks	66
3.1	Struktur und Mengengerüst des Gebäudeparks	66
3.1.1	Spezifische Energiebezugsfläche gemäss Ist-Zustand in 2010.....	66
3.1.2	Gebäude- und Konstruktionstyp.....	66
	Gebäudetypen	66
	Konstruktionstypen	68
3.1.3	Gebäudegrössenklassen.....	70
3.1.4	Branchen-Nutzung	71
3.1.5	Raumnutzung	75
3.1.6	Ausgewählte Auswertungen zur Erstellungsenergie.....	76
3.2	Auswertung Einflussfaktoren Raumwärmebedarf und Energieträgerversorgung	76
3.2.1	Raumwärme und Warmwasser	76
	Anteile der erneuerten Gebäudehüllenelemente	76
	Ausgangslage bei der Gebäudeerstellung: Verteilung der U-Werte.....	77
	Entwicklung der U-Werte pro Bauperiode	77
3.2.2	Verteilung Heizenergieträger	79
3.3	Ergebnisse zur Betriebsenergie auf Ebene Endenergie	79
3.3.1	Ergebnisse auf aggregierter Ebene inkl. Validierung	80
3.3.2	Spezifischer Energiebedarf für Wärme und übrige Verwendungszwecke, bzw. Energieanwendungen	82
3.3.3	Verteilung der Kennwerte	83
3.4	Flächenspezifische Kennwerte Primärenergie und Treibhausgasemissionen des Ist-Zustands	85
3.4.1	Primärenergie	85
3.4.2	Treibhausgasemissionen	87
4	Szenariorechnungen	90
4.1	Szenariodefinition	90
4.1.1	Referenzszenario: „Weiter wie bisher“	90

4.1.2	Effizienzscenario zur Erreichung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft und der Energiestrategie 2050 des Bundes.....	90
4.1.3	Energiepreisannahmen	90
4.1.4	Entwicklung Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen	91
4.2	Dynamik-Mengengerüst	92
4.3	Dynamik Gebäudeerneuerung und Effizienzentwicklung im Bereich Wärme.....	94
4.3.1	Instandsetzungen und energetische Gebäudehüllenerneuerung	94
4.3.2	Weitere gebäudetechnische Massnahmen im Wärmebereich.....	99
4.4	Dynamik und Effizienzentwicklung übrige Verwendungszwecke.....	99
4.4.1	Übersicht über die Annahmen zu den Massnahmen beim Verwendungszweck <i>Lüftung</i>	99
4.4.2	Übersicht der Annahmen beim Verwendungszweck <i>Klimakälte</i>	100
4.4.3	Übersicht der Annahmen beim Verwendungszweck <i>Beleuchtung</i>	100
4.4.4	Übersicht über die Annahmen beim Verwendungszweck Allgemeine Gebäudetechnik	101
4.5	Resultierende Endenergienachfrage (Wärme und übrige Verwendungszwecke)	102
4.5.1	Gesamte Endenergie im Szenarienvergleich.....	102
4.5.2	Endenergie nach Energieträger	103
4.5.3	Endenergie nach Verwendungszwecken: Kennwerte für die verschiedenen Kategorien des SIA-Effizienzpfades Energie.....	105
4.6	Primärenergie und Treibhausgasemissionen.....	106
4.6.1	Totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie	106
4.6.2	Treibhausgasemissionen	108
5	Entwicklung des spezifischen Primärenergieverbrauchs und der Treibhausemissionen für die beiden Szenarien	111
5.1	Resultierender Primärenergieverbrauch für die beiden Szenarien	111
5.1.1	Flächenspezifische Primärenergie für die verschiedenen Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie im Überblick.....	111
5.1.2	Ausgewählte Auswertungen bezüglich der Gebäuderepräsentanten.....	114
5.2	Resultierende Treibhausgasemissionen für die beiden Szenarien.....	116
5.2.1	Flächenspezifische Treibhausgasemissionen für die verschiedenen Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie im Überblick.....	116
5.2.2	Struktur der Treibhausgasemissionen _{Erst.} im Effizienzscenario im Jahr 2050.....	118
5.3	Sensitivität Bilanzierungsparameter (Amortisationszeit, Betrachtungshorizont).....	121
5.4	Querbezug zum SIA-Effizienzpfad Energie: Ist-Werte und Szenariobetrachtung.....	123
5.5	Vergleich mit den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft.....	129
6	Resumé, Fazit und Ausblick.....	132
	Resumé	132
	Ausblick	135
7	Literaturverzeichnis	137
8	Anhang	141
8.1	Gebäude- und Nutzungsmix: Datengrundlage	141
8.1.1	GWR und STATENT des Bundesamts für Statistik	141

8.1.2	Konferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB)	141
8.1.3	Elementartenkatalog (EAK)	141
8.1.4	Bauteilkatalog	142
8.2	Abrissfunktion	142
8.3	Stichprobencharakterisierung	149
8.4	Beschäftigte und Energiebezugsflächen	151
8.5	Primärenergie und Treibhausgasemissionen des Ist-Zustands	155
8.5.1	Primärenergie	155
8.5.2	Treibhausgasemissionen	159
8.6	Flächenspezifische totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie für die beiden Szenarien	161
8.6.1	Referenzszenario: Totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie	161
8.6.2	Effizienzscenario: Totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie	163
8.6.3	Szenarien im Vergleich: Totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie	165
8.7	Flächenspezifische Treibhausgasemissionen für die beiden Szenarien	167
8.7.1	Referenzszenario: Treibhausgasemissionen	167
8.7.2	Effizienzscenario: Treibhausgasemissionen	168
8.7.3	Szenarien im Vergleich: Flächenspezifische Treibhausgasemissionen	169
8.8	Ergebnistabellen spezifische Primärenergie, Endenergie, Nutzenergie und Treibhausgasemissionen	172
8.8.1	Gebäudekategorien gemäss SIA-Effizienzpfad	172
8.8.2	Sub-Subsektoren	175

Begrifflichkeit: Abkürzungen und Glossar

Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
BUR	Betriebs- und Unternehmensregister
CO ₂	Kohlendioxid
CO ₂ -eq	Kohlendioxidäquivalente
EBF	Energiebezugsfläche
eBO	energetische Betriebsoptimierung
EE	Endenergie
EER	Energy efficiency ratio (Leistungszahl)
Eff	Effizienz(szenario)
EFH	Einfamilienhaus
EK	Emissionskoeffizient
EL	Extra leicht (Heizöl)
EnDK	Konferenz Kantonaler Energiedirektoren
EPG	Energy Performance Gap
ern.	Erneuerbar
ESEER	European seasonal energy-efficiency ratio
FL	Fluoreszierende Lampe
FU	Frequenzumformer
FW	Fernwärme
GA	Gebäudeautomation
GEST	Gesamtenergiestatistik
GPM	Gebäudeparkmodell
GTM	Gebäudetechnikmassnahme
GWh	Gigawattstunde (1 Mio. kWh, 10 ⁹ Wh)
GWR	Eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister
HGT	Heizgradtage
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
IKTU	Informations-, Kommunikations- und Unterhaltungstechnologie
ISI	Institut für System- und Innovationsforschung
JAZ	Jahresarbeitszahl
JNG	Jahresnutzungsgrad
KBOB	Koordinationskonferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren
KEA	Kumulierter (Primär-)Energieaufwand
KGTV	Konferenz der Gebäudetechnikverbände
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LA	Lüftungsanlagen
LED	Light emitting diode (Leuchtdiode, Licht emittierende Diode)

MB	Merkblatt
MFH	Mehrfamilienhaus
MJ	Megajoule
MSR	Messen, Steuern, Regeln
MuKE n	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
n.em.	Nicht-erneuerbar
NE	Nutzenergie
NEP	Neue Energiepolitik (Szenario der Energiestrategie 2050 des Bundes)
NOGA	Nomenclature générale des activités économiques (Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige)
Pa	Pascal (Masseinheit für Druck)
PE	Primärenergie
PEF	Primärenergiefaktor
PIR	Passive infrared
POM	Politische Massnahmen (Szenario der Energiestrategie 2050 des Bundes)
Ref	Referenz(szenario)
RW	Raumwärme
RZ	Rechenzentrum
SEER	Seasonal energy-efficiency ratio
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
STATENT	Statistik der Unternehmensstruktur
T	Temperatur
TABS	Thermoaktive Bauteilsysteme
TEP	Technology Economics Policy
TGM	Technisches Gebäudemanagement
THG	Treibhausgase
THGE	Treibhausgasemissionen
THG-EK	Treibhausgas-Emissionskoeffizient
TWh	Terawattstunde (1 Milliarde kWh, 10 ¹² Wh)
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VHKA	Verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung
VLH	Volllaststunden
VZ	Verwendungszweck
VZÄ	Vollzeitäquivalent
W	Watt
WDVS	Wärmedämmverbundsystem
WKG	Wirkungsgrad
WKK	Wärmeerkraftkopplung
WP	Wärmepumpe
WRG	Wärmerückgewinnung
WW	Warmwasser
WWB	Weiter wie bisher (Szenario der Energiestrategie 2050 des Bundes)

Glossar

Abschreibeperiode

Siehe Amortisationszeit.

Amortisationszeit

Periode, über welche Investitionen oder PE_{Erst} und $THGE_{\text{Erst}}$ abgeschrieben werden. Die Amortisationszeit ist i. d. R. kürzer als die technische Lebensdauer und deren Definition hängt vom Kontext und dem Anwendungsfall ab.

Ausrüstungsgrad

Anteile der mit einem Energiedienst ausgerüsteten Gebäude (z. B. Anteil der Gebäude mit Lüftungs- oder Klimaanlage). Nicht zu verwechseln mit dem Durchdringungsgrad von Massnahmen.

Bottom-up Modell

Hier Modell, welches „von unten nach oben modelliert“, d. h. von kleinteiligen Strukturen (spezifischer Energieverbrauch einer einzelnen Anwendung in einem einzelnen Raum) mittels eines differenzierten Mengengerüsts (z. B. Flächen und Beschäftigte pro Raumnutzungsmix, Branchenmix, Gebäudekategoriestruktur etc.) zu aggregierten Grössen (gesamtschweizerischer Energieverbrauch) hochrechnet.

Durchdringungsgrad

Hier der Anteil der Gebäude, bei welchen eine (technische oder betriebliche) Massnahme bis zu einem bestimmten Jahr angewandt wurde. Der Durchdringungsgrad bezieht sich nur auf Gebäude, welche mit dem entsprechenden Energiedienst ausgerüstet sind (so bedeutet z. B. ein Durchdringungsgrad einer Lüftungsmassnahme von 100 %, dass alle belüfteten Gebäude mit dieser Massnahme ausgerüstet sind, nicht belüftete jedoch nicht). Der sich über die Zeit verändernde Durchdringungsgrad ergibt sich aus Marktanteil, Erneuerungsrate und Jahr (siehe auch Marktanteil).

Effizienzscenario

Hier Szenario, welches Instrumente und Rahmenbedingungen zur verstärkten Förderung von Energieeffizienzmassnahmen und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich voraussetzt

Endenergie

Energie, welche den Hausanschluss des Verbrauchers oder die Arealgrenze passiert hat. Beinhaltet im Vergleich zu Nutzenergie die Umwandlungsverluste (z. B. zu Nutzenergie durch Wärmeerzeuger) im Haus. Nebst der kommerziell bezogenen Energie beinhaltet die Endenergie auch die auf dem Areal erzeugte oder genutzte Energie wie z. B. Solarenergie, Geothermie und Umgebungenergie, sofern sie mittels technischer Anlagen gewonnen wird (passiv genutzte Solarenergie durch Fenster ist in der Endenergie jedoch nicht enthalten).

Energetische Betriebsoptimierung (eBO)

Beinhaltet nach SIA 2048:2015 alle betrieblichen Massnahmen, welche nach der Inbetriebnahme sowie in periodischen Abständen durchgeführt werden, um den Betrieb von Gebäudetechnikanwendungen energetisch zu optimieren.

Energieanwendung

In der Regel die Energieverwendung einer technischen Anlage oder eines Geräts zu einem bestimmten Verwendungszweck wie z. B. Licht, Wärme, Kälte, Lüfterneuerung etc.

Energiedienst

Funktion, welche durch eine Energieanwendung erfüllt wird, z. B. erwärmte oder gekühlte Räume, Warmwasser, Frischluft, Licht, Sicherheit etc. Ist dem Begriff Verwendungszweck ähnlich.

Energieeffizienzpotenzial

Potenzial zur Reduktion des Energiebedarfs, das durch die Steigerung der Energieeffizienz, beispielsweise durch erhöhte Nutzungsgrade, sparsame Lampen und andere Gebäudetechnikelemente, bedarfsgerechten Betrieb etc. erschlossen werden kann bzw. verfügbar ist.

Erneuerungsrate

Rate, mit welcher ein Gebäudeelement oder eine Gebäudetechnikanwendung (z. B. eine Lüftungsanlage oder Kälteanlage) typischerweise erneuert oder ersetzt wird, angegeben in % pro Jahr. Die Erneuerungsrate ist typischerweise umgekehrt proportional zur Anzahl Jahre, nach welcher ein Gebäudeelement oder eine Gebäudetechnikanwendung erneuert oder ersetzt wird.

Erstellung

Die Erstellungsenergie ($PE_{\text{Erst.}}$) und die Treibhausgasemissionen $_{\text{Erst.}}$ beinhalten gemäss SIA 2040 die aufgewendete Energie für Erstellung, Entsorgung sowie sämtliche Ersatzinvestitionen während der gesamten Nutzungsdauer

Ex-Post Analysen

Jährlich vom BFE durchgeführte Analyse des schweizweiten Energieverbrauchs nach Verwendungszwecken (siehe z. B. Jakob et al. 2014a).

Gebäudeautomation (GA)

Gebäudetechnikanwendungen und Systeme, die messen und automatisch steuern und regeln (MSR). Kommunikation zwischen den Systemen kann ein Teil davon sein. Ziel ist ein energieeffizienter und wirtschaftlicher Gebäudebetrieb (siehe auch SIA 386.110). Beinhaltet als Voraussetzung oft eine eBO.

Gebäudetechnikanwendungen

Geräte und Installationen im Gebäude. Liefern einen Energiedienst und sind Teil eines Verwendungszweckes.

Graue Energie

Gesamte Menge nicht erneuerbarer Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist. Sie wird auch als kumulierter, nicht erneuerbarer Energieaufwand bezeichnet. Die Graue Energie der Bauteile und gebäudetechnischen Anlagen wird auf Grund ihrer Amortisationszeit in Werte pro Jahr umgerechnet (Quelle: SIA 2015b).

Graue Treibhausgasemissionen

Kumulierte Menge der Treibhausgase (CO₂, Methan, Distickstoffoxid [N₂O, Lachgas] und weitere klimawirksame Gase), die bei der Herstellung und beim Unterhalt der Gebäude emittiert wird (inkl. bei allen vorgelagerten Prozessen, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse sowie für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel).

Kumulierter Energieaufwand (KEA) (differenziert in erneuerbar und nicht erneuerbar)

Gesamte Menge an (erneuerbarer bzw. nicht erneuerbarer) Primärenergie, die für alle vorgelagerten Prozesse, vom Rohstoffabbau über Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und für die Entsorgung, inkl. der dazu notwendigen Transporte und Hilfsmittel, erforderlich ist. Der KEA

kann für Gebäude, Gebäudeelemente oder Materialien angegeben werden (und wird in diesem Fall auch als Graue Energie bezeichnet) oder für die Bereitstellung von Endenergie.

Lebensdauer

Entspricht, je nach Verwendung des Begriffs, der Nutzungsdauer oder der technischen Lebensdauer. Letztere beschreibt die Dauer (in Jahren), währenddessen ein bestimmter Anteil (z. B. 90%) der Gebäude, Anlagen oder Geräte aus technischem Gesichtspunkt noch funktionstüchtig sind.

Marktanteil

Bezeichnet hier den Anteil der Gebäude, auf welche eine GT-Massnahme im Erneuerungszyklus angewandt wird. Der Marktanteil bezieht sich nur auf Gebäude, welche mit dem entsprechenden Energiedienst ausgerüstet sind und bei welchen die entsprechende Massnahme noch nicht angewandt wurde. Aus Marktanteil und Erneuerungsrate ergibt sich der Durchdringungsgrad für ein bestimmtes Jahr (so ergibt sich aus einem Marktanteil von 50 % und einem Erneuerungszyklus von 10 Jahren, nach 30 Jahren ein Durchdringungsgrad von $1-0.5^3 = 87.5$ %).

Nutzenergie

Energie (Wärme oder Strom), welche der Endnutzer für einen Energiedienst direkt verwendet oder benötigt (z. B. Wärmeenergie ab Heizradiator). Siehe auch Primärenergie.

Nutzungsdauer

Dauer (in Jahren), während der ein Gebäude, eine Anlage oder ein Gerät genutzt wird, bevor es ersetzt oder stillgelegt wird. Die Nutzungsdauer kann kürzer sein als die (technische) Lebensdauer (z. B. bei Bedürfnisänderungen oder veränderten Qualitätsansprüchen), ist jedoch üblicherweise länger als die Abschreib- oder Amortisationszeit.

Primärenergiefaktor (PEF)

Faktor, welcher die Menge Primärenergie, die zur Bereitstellung einer Einheit Endenergie benötigt wird, quantifiziert. Beinhaltet dafür nötige Aufwände wie Förderung, Transport, Raffination und Verteilung.

Primärenergie, nicht-erneuerbar und erneuerbar

Energie, die von natürlichen, noch nicht verarbeiteten Energieträgern stammt (Erdöl, Erdgas, Solarenergie, Umweltwärme). Beinhaltet im Vergleich zur Endenergie die Umwandlungsverluste der Kraftwerke und Verteilverluste der Netze bis zum Hausanschluss. Zusammenhang: Primärenergie > Endenergie > Nutzenergie.

Realisierungsgrad

Grad, mit welchem eine betriebliche Massnahme, die periodisch angewendet werden kann, umgesetzt wird. Relevant für eBO Massnahmen. Entspricht dem Durchdringungsgrad.

Referenzszenario

Szenario, welches die erwartete autonome Durchdringung von Effizienzfortschritten, Substitutionsbewegungen etc. enthält, welche auch ohne zusätzliche und verstärkte energiepolitische Instrumente umgesetzt würden.

STATENT

Statistik der Unternehmensstruktur (gemäss Bundesamt für Statistik)

Treibhausgasemission

Menge der Treibhausgase (CO₂, Methan, Lachgas und weitere klimawirksame Gase), die in die Atmosphäre emittiert wird. Sie wird als äquivalente CO₂-Emissionsmenge ausgedrückt, die

denselben Treibhauseffekt wie die Gesamtheit der Treibhausgasemissionen hat (Quelle: gemäss SIA 2015b).

Treibhausgasemissionen Erstellung ($THGE_{Erst.}$)

Siehe Graue Treibhausgasemissionen.

Treibhausgasemissionen Total ($THGE_{Total}$)

Zusätzlich zu den bei den Treibhausgasemissionen_{Erst.} berücksichtigten Prozessen werden die Treibhausgasemission bei der Verbrennung innerhalb des Bilanzperimeters berücksichtigt (Quelle: SIA 2015b).

Treibhausgasemissionen Betrieb ($THGE_{Betr.}$)

Differenz zwischen gelieferter und rückgelieferter Energie eines Gebäudes gewichtet mit Treibhausgasemissions-Koeffizienten (Quelle: SIA 2015b).

Treibhausgas-Emissionskoeffizient (THG-EK)

Menge der Treibhausgase, die pro verwendete Energieeinheit emittiert wird (Quelle: übernommen aus SIA 2015b)

Verwendungszweck

Zweck, für welchen Endenergie verwendet bzw. Nutzenergie genutzt wird.

Zusammenfassung

Ausgangslage

Mit dem Merkblatt (MB) SIA 2040:2011 hat der SIA ein Instrument geschaffen, welches es für Wohn-, Büro- und Schulgebäude erlaubt, Projektwerte der Primärenergie- und Treibhausgasemissionen von Neubau- und Erneuerungsprojekten mit definierten Richt- und Zielwerten zu vergleichen. Das Merkblatt ist eine Basis für die Umsetzung von energiepolitischen Zielsetzungen (Energiesstrategie, Klimawandel, 2000-Watt-Gesellschaft). Grundlage für das Merkblatt waren u. a. Berechnungen mit einer ersten Version des Gebäudeparkmodells (GPM) für Wohn-, Büro- und Schulgebäude (Wallbaum et al. 2009). Nach einer Frist von rund fünf Jahren wird der SIA-Effizienzpfad Energie überarbeitet und bzgl. weiterer Gebäudenutzungen erweitert und zwar bzgl. Lebensmittelläden, Fachgeschäften und Restaurants. Mit dem hiermit vorliegenden Projekt „Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA Effizienzpfad“ werden Grundlagen für die Erweiterung des Merkblatts SIA 2040 (sowie für das SIA MB 2039) und für das Ableiten von Richt- und Zielwerten geschaffen werden.

Zielsetzungen

Bezugnehmend auf diese Ausgangslage verfolgt das Projekt zwei Hauptstossrichtungen, zum einen auf der anwendungsseitigen und zum anderen auf der forschungsseitigen Ebene:

1. Auf der Anwendungsseite geht es um die Erarbeitung von spezifischen Kennwerten bzgl. personenspezifischer Flächen sowie flächenspezifischem Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen für den Ist-Zustand, d. h. für den Gebäudepark im Jahr 2010. Hierbei soll aufgezeigt werden, inwiefern die Kennwerte gemäss Methodik des SIA Effizienzpfades Energie für bestehende Gebäude sowie für künftige Neubauten bzgl. Betrieb und Erstellung¹ bei der Betrachtung des Gebäudeparks als Ganzes kompatibel mit den gesamtschweizerischen Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft und der Energiestrategie 2050 sind. Damit sollen Grundlagen für in der Praxis anwendbare Umsetzungsinstrumente (SIA 2040, SIA 2024, SIA 380, Rechenhilfe 2000 Watt-Areale) geschaffen werden, welche mit den erwähnten aggregierten Zielen kompatibel sind.
2. Auf der Forschungsebene geht es um die methodische Weiterentwicklung des Gebäudeparkmodells, um es für den vorliegenden Anwendungsfall und für weitergehende Forschungsfragen und Anwendungsfälle tauglich zu machen. Namentlich soll die Modellierung näher an reale Gebäudekonstellationen und Entscheidungsprozesse herangeführt werden. Darüber hinaus soll der Einfluss von Bilanzmethoden, von Annahmen zur Nutzungsdauer von Konstruktionen, Materialien, Anlagen und Geräten und anderen Einflussfaktoren auf den Entwicklungspfad von Primärenergie- und Treibhausgasemissionen des Gebäudebestands der Schweiz aufgezeigt werden.

Methodisches Vorgehen

Ausgehend von einer ersten Version des Gebäudeparkmodells (GPM), das bereits 2009 die Grundlage für den SIA Effizienzpfad Energie (SIA 2040) für die erwähnten Gebäudetypen bereitgestellt hatte (Wallbaum et al. 2009), wurde das GPM im Rahmen des Projekts „Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA-Effizienzpfad Energie“ (GEPAMOD) bzgl. der übrigen Gebäudekategorien erweitert, im Modellansatz komplett überarbeitet und in der Umsetzung neu aufgesetzt. Das Gebäudeparkmodell ist nun bauteil-, anlagen- und geräteorientiert und stützt vom Ansatz her auf einzelne Gebäude ab

¹ Die Erstellungsenergie ($PE_{\text{Erst.}}$) und die Treibhausgasemissionen $_{\text{Erst.}}$ beinhalten gemäss SIA 2040 die aufgewendete Energie zur Erstellung, Entsorgung sowie sämtlichen Ersatzinvestitionen während der gesamten Nutzungsdauer.

(mittels Repräsentantenansatz). Das GPM stellt damit eine gute Ausgangslage für den vorgesehenen Zweck (und für weitere Anwendungen) dar.

Das dafür gewählte methodische Vorgehen gliedert sich in zwei Hauptteile, welche wiederum in verschiedene Teilaspekte strukturiert sind. In einem ersten Schritt werden die methodischen und empirischen Grundlagen des Modells und der berücksichtigten Parameter entwickelt. Dabei werden die Themenbereiche „Mengengerüst Gebäude und Infrastruktur“, „Betrieb- und Nutzungsintensität“, „Energieeffizienz und erneuerbare Energien“ sowie „Erstellungsenergie Gebäudepark“ beleuchtet und die dazu gehörenden Modellparameter detailliert beschrieben. Zusätzlich wurden die Werte von tatsächlichen Nutzungsdauern von Konstruktionen, Materialien, Anlagen und Geräten sowie von weiteren energierelevanten Attributen in Gebäuden in der Schweiz festgelegt. Das GPM wird in der Folge angewendet, um für zwei Szenarien die mögliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen und des Primärenergieverbrauchs des Gebäudeparks bis 2050 darzustellen. Die Ergebnisse werden mit energie- und klimapolitischen Zielsetzungen verglichen, um so den Effekt von Massnahmen im Gebäudebereich und den Handlungsbedarf aufzuzeigen.

Ergebnisse

Analog zur Zielsetzung wird bei der Ergebnisdarstellung zwischen inhaltlichen und methodischen Ergebnissen und Befunden unterschieden. Erstere betreffen die folgenden wichtigsten Punkte zum Zustand des Gebäudeparkmodells bei Projektende:

1. Ansatz: Das GPM basiert nun auf einem innovativen Ansatz mit sogenannten Repräsentanten und einer Modelllogik, welche die Situation einzelner konkreter Gebäude und Anlagen sowie die energierelevanten Entscheidungsmechanismen realitätsgetreuer als zuvor abbildet (statt Kohorten mit Durchschnittswerten werden Repräsentanten mit konkreten Konstellationen und diskreten Zuständen betrachtet). Der Ansatz basiert auf einem Entscheidungsmodell und gängigen energetischen und ökonomischen Methoden (Energiebedarfsrechnungen gemäss diversen SIA-Normen, Jahreskosten, Nutzenfunktionen). Aufgrund des Repräsentantenansatzes ist das GPM zwischen verschiedenen Ebenen skalierbar (von Arealen und Portfolios über Quartiere, Gemeinden, Kantone bis zur Gesamtschweiz) und auch GIS-tauglich.
2. Strukturell wurde ein Bezug zwischen SIA-Gebäude- und Raumnutzungskategorien auf der einen Seite und gesamtschweizerischen Statistiken und Registern auf der anderen, namentlich zum Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregister (GWR (2014)) sowie zur Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT (2013)), hergestellt, um den Bezug zwischen der Einzelgebäude- und der Gebäudeparkbetrachtung zu ermöglichen.
3. Methodisch wurde ein Konzept erarbeitet, um die totale Primärenergie (PE_{Total}), die nicht-erneuerbare Primärenergie ($PE_{n.ern.}$) sowie die Treibhausgasemissionen aus der Erstellung in eine Gebäudeparkbetrachtung einzubeziehen. Die Methodik umfasst die Art der zeitlichen Allokation (diese kann gemäss dem Investitionsprinzip oder gemäss dem Abschreibungsprinzip erfolgen) und den Umgang mit in der Vergangenheit verursachten Grauen Emissionen und der Grauen Energie.
4. Das Gebäudeparkmodell wurde strukturell erweitert und enthält nun Module zum Einbezug des Bereichs Erstellung (gemäss Terminologie des MB SIA 2040) für die Bereiche Konstruktion, Gebäudehülle, Innenelemente, Gebäudetechnik (inkl. Sanitär, Elektro), Raumstruktur, dies bezugnehmend auf die Systematik der SIA 2023, so dass Primärenergie und Treibhausgasemissionen für die Erstellung ($PE_{Erst.}$ und $THGE_{Erst.}$) und grundsätzlich auch Materialflüsse² auf konkrete Gebäude- und Anlagenelemente bezogen werden können.

² Erste Abschätzungen mit Bezugnahme zur neuen Version des GPM wurden in Jakob et al. (2016c) vorgenommen.

- Das GPM ist nun auf einer Programmier- und Datenbankumgebung aufgebaut und besteht aus einer Gebäudeparkmodell-Datenbank (GPM-DB) und einem ausführbaren Code.

Auf der anwendungsseitigen Ebene können die folgenden wichtigen inhaltlichen Ergebnisse festgehalten werden:

- Das Gebäudeparkmodell (GPM) wurde inhaltlich erweitert und enthält nun alle bisher noch nicht abgedeckten Gebäude- und Nutzungstypen, um den Gebäudepark als Ganzes abzudecken.
- Die Datenspezifikation wurde bzgl. Mengengerüst (Bevölkerung, Gebäude, Energiebezugsfläche (EBF), Beschäftigte und Branchenstrukturen), Technisierung und Ausrüstung der Gebäude sowie bzgl. Energieträgermix (Gebäude- und Umwandlungssektor) erweitert und aktualisiert.
- Die Gebäudeparkmodell-Datenbank enthält im Bereich Gebäudestruktur, Gebäudehülle, Anlagen, Geräte und weitere Ausrüstungen eine Technologiedatenbasis mit dem installierten und dem heute üblichen Stand der Technik (Bestand bzw. Neubau) sowie weitergehenden Effizienzoptionen. Dies erlaubt einen Querbezug zwischen technikbezogener Betrachtung sowie normen- und standardbezogenen Grundlagen (z. B. zum Merkblatt SIA 2024 und zur Norm SIA 380).
- Die Datenspezifikation bzgl. der Konstruktionsweise, der Materialwahl sowie der Materialeffizienz bei Gebäudeerneuerung und Neubau wurde neu erarbeitet. Diesbezüglich ist eine zeitliche Entwicklung der Konstruktionsweise und der Materialwahl bis 2050 unterstellt.
- Als Projektergebnis steht namentlich ein Set von Daten zur Verfügung, welche das Mengengerüst und spezifische Kennwerte umfassen, u. a. die Leitgrößen des SIA-Effizienzpfades, namentlich personenspezifischen Flächenwerte, die totale Primärenergie (PE_{Total}), die nicht-erneuerbare Primärenergie ($PE_{n.em.}$) und die Treibhausgasemissionen (THGE), dies für die Bilanzgrößen Erstellung, Betrieb und Total, differenziert nach ca. vierzig Sub-Sub-Sektoren und für die Anwendungsfälle Gesamtbestand, Neubau und Umbau.

Bei den Annahmen und Ergebnissen wurde ein Fokus auf diejenigen Gebäudekategorien gelegt, welche in die parallel laufende Überarbeitung des SIA-Effizienzpfades aufgenommen wurden: Wohn-, Büro- und Schulgebäude sowie Lebensmittelläden, Fachgeschäfte und Restaurants. Die folgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Abbildungen mit den entsprechenden Ergebnissen im Bericht.

Tabelle 1 Übersicht über die Abbildungen der Ergebnisse der flächenspezifischen Kennwerte PE_{Total} , $PE_{n.em.}$ und THGE für den Ist-Zustand sowie die beiden Szenarien (Referenz und Effizienz).

			Ist-Situation 2010	Referenzszenario 2050	Effizienzscenario 2050
PE_{Total} und $PE_{n.em.}$	Bestand	Erstellung	Abbildung 43	Abbildung 66	
		Betrieb			
	Umbau	Erstellung	Abbildung 44	Abbildung 68	
		Betrieb			
	Neubau	Erstellung	Abbildung 45	Abbildung 67	
		Betrieb			
THGE	Bestand	Erstellung	Abbildung 46	Abbildung 72	
		Betrieb			
	Umbau	Erstellung		Abbildung 74	
		Betrieb			
	Neubau	Erstellung		Abbildung 73	
		Betrieb			

Quelle: TEP Energy

Diese mit dem Gebäudeparkmodell erzeugten Ergebnisse sind in der aggregierten Betrachtung im Ausgangsjahr und im Zeitablauf kohärent mit den verfügbaren energiestatistischen Grundlagen und zu den Szenarien der Energiestrategie des Bundes. In einzelnen Teilbereichen weichen die Ergebnisse von den Teilergebnissen der Energiestrategie ab, z. B. im Bereich Energieträgermix. Diese Abweichungen stellen jedoch keinen grundsätzlichen Widerspruch dar, sondern zeigen auf, dass energie- und klimapolitische Ziele auf verschiedenen Wegen erreicht werden kann. Die inputseitigen Grundlagen auf Ebene der einzelnen Gebäude, welche den Gebäudeparkmodellergebnissen zugrunde liegen, können als eine mögliche Konkretisierung der Energiestrategie verstanden werden.

Inhaltlich ist in Bezug auf die Etappenziele der 2000-Watt-Gesellschaft für das Jahr 2050 festzustellen, dass bei den personenspezifischen Treibhausmissionen die von der 2000-Watt-Gesellschaft angestrebte Reduktion um den Faktor 4 (-74 %) nicht ganz erreicht wird; die Reduktion beträgt rund zwei Drittel (-67 %), siehe Tabelle 2. Dies liegt insbesondere am Anstieg der THGE_{Erst}, welcher zum einen bilanzmethodisch zu begründen ist, siehe Kapitel 5.3, v.a. aber auf den steigenden Flächenbedarf zurück zu führen ist. Bei der nicht-erneuerbaren Primärenergie wird das Etappenziel der 2000-Watt-Gesellschaft hingegen erreicht.

Tabelle 2 Personenspezifische Treibhausgasemissionen und PE im Jahr 2010 und im Jahr 2050 für die beiden Szenarien, t CO₂-eq/P und W/P.

	2010		2050		Verbesserung	
	Referenz-szenario	Referenz-szenario	Effizienz-szenario	Referenz-szenario	Effizienz-szenario	
THG-Emissionen [t CO ₂ -eq/P]	3.8	1.6	1.2	-57 %	-67 %	
Nicht-erneuerbare PE [W/P]	2932	757	564	-74 %	-81 %	
Total PE [W/P]	3435	1858	1470	-46 %	-57 %	

Quelle: TEP Energy

Die dem Gebäudeparkmodell zugrunde liegenden Grundlagendaten und Annahmen sowie die erzeugten Ergebnisse sind in der aggregierten Betrachtung grundsätzlich kohärent mit den verfügbaren statistischen Grundlagen, dies sowohl input- als auch output-seitig. Allerdings deckten die Modellierungsarbeiten auch Unsicherheiten auf und es verdichten sich zunehmend die Hinweise, dass zwischen energetischen Berechnungen und empirischen und gemessenen Daten gewisse Diskrepanzen bestehen, sowohl auf der aggregierten Ebene als auch auf der Ebene individueller Gebäude. Diese Diskrepanz wird als sogenannter Energy Performance Gap (EPG) bezeichnet und ist mit spezifischen Forschungsarbeiten weitergehend zu untersuchen. Hierbei kann auch das Gebäudeparkmodell zur Anwendung kommen, z. B. mittels einer Modellierung von empirisch abgestützten Gebäudezustands- und Energieverbrauchsdaten, idealerweise von einem Gebäudepanel mit Daten mehrerer Jahre. Mit einer modellgestützten Ex-post Analyse und dem damit verbundenen Vergleich zwischen Berechnung und empirischen und statistischen Grundlagen kann der Effekt auf der aggregierten Ebene quantifiziert werden und mit einer ex-ante Analyse können die Auswirkungen bis 2050 aufgezeigt und entsprechend Massnahmen priorisiert werden.

Summary

Situation

With the 2011 update of the SIA energy Efficiency Pathway (SIA 2040:2011) guidelines, SIA has introduced an instrument to compare values of primary energy and greenhouse gas emissions from new construction and renovation projects with those of defined targets in the cases of residential, office, and school buildings. The standards are a basis for the implementation of energy and climate change mitigation policy objectives (*Energiestrategie*, CO₂ regulations, 2000-Watt-Society) and are based on calculations from a first version of the building stock model (BSM) for residential, office, and school buildings (Wallbaum et al. 2009). After a 5-year phase, the SIA Energy Efficiency Pathway will be updated and extended to include food stores, retail stores, and restaurants. The current project “*Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA Effizienzpfad*” or, “Expansion of the building stock model in accordance with the SIA Energy Efficiency Strategy” is a foundation for the update and expansion of the standards (along with SIA 2039) to derive standardized and target values.

Objectives

The project pursues two main objectives, one from an applied perspective and another from a research side:

1. Practical application of the project relates to the development of area-specific and per capita primary energy use and greenhouse gas emission values for existing structures in the building stock model in 2010. These parameters are in accordance with the SIA Energy Efficiency Pathway guidelines for existing buildings as well as future constructions and cover both embodied³ and used energy. This allows for the entire building stock to be considered in relation to the overall objectives of the Swiss 2000-Watt-Society and the Energy Strategy 2050 of the Swiss Confederation. To this end, relevant tools that are compatible with these goals are developed (SIA 2040, SIA 2024, SIA 380, and 2000-Watt areas).
2. From a research perspective, the focus is on the development of a building stock model that is suitable to answer advanced research questions. Specifically, the aim is to bring the model closer to the real building situations and to real decision-making processes. Additionally, the influence of balance methods, assumptions on the lifetimes of structures, facilities, and equipment, and other factors influencing the development of the embodied primary energy use and embodied greenhouse gas emissions of the Swiss building stock will be demonstrated.

Methodology

The initial version of the building stock model (BSM) served as a basis for the SIA Energy Efficiency Strategy (SIA 2040:2011) developed in 2009 which encompassed the aforementioned building categories (Wallbaum et al. 2009). This was expanded and revised to include other buildings as part of this project: „*Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA-Effizienzpfad Energie*“, or “Expansion of the building stock model in accordance with the SIA Energy Efficiency Strategy” (GEPAMOD). The building-specific BSM is now component, system, and device-oriented, representing a solid foundation for this expansion.

³ Embodied energy (PE_{Erst.}) and greenhouse gas emissions (Treibhausgasemissionen_{Erst.}) include, in accordance with SIA 2040, the energy expected to be used in the creation, maintenance, and disposal of a building or its components.

The methodology is divided into two main parts, which in turn cover various aspects of the model development. In the first step, the methodological and empirical basis of the model and its parameters are outlined. Here, the themes of “building related quantitative drivers”, “operational and usage intensity”, “energy efficiency and renewable energy” as well as “embodied energy and emissions of the building stock” are analyzed and the related model parameters are discussed. Additionally, the lifetimes of the structures, materials, facilities, and equipment as well as other energy-related attributes in Swiss buildings have been established. This model builds on an extensive assessment of the energy efficiency potentials of structures in the Swiss building stock which outlined the contributions of various degrees of measure implementation towards reducing energy use in different future scenarios (for a further investigation into these potentials in English, please refer to Jakob et al., 2016d). The BSM is then applied to two energy development scenarios and the resulting modelled primary energy consumption as well as greenhouse gas emissions of the entire building stock in 2050 is examined. The results are then compared to energy and climate policy objectives in order to better understand the effect of renewable energy and other energy efficiency measures in the building sector and to derive associated need for action.

Results

The results are presented in two parts; the content and methodology. Firstly, development of the building stock model has demonstrated several main findings:

1. The BSM is based on an innovative approach to the so-called representatives and a model logic that ensures the building-specific attributes and facilities as well as energy-related decision-making mechanisms are in place before mapping is carried out (versus the usual situation where cohorts with average representative values are treated as specific assemblages and discrete states). The approach is based on a current decision model that considers energy and economic methods (energy requirement calculations according to various SIA standards, annual costs, functionality). This allows the BSM to be applied at various scales (from neighbourhoods, municipalities, cantons, to the whole of Switzerland) while being GIS-compatible.
2. The relationship between SIA building and area use categories, the Swiss building registry (mainly the Federal Buildings and Dwellings Registry (GWR, 2014)), and statistics on company structure (STATENT, 2013) was established and used to better extrapolate the model from single structures to the entire building stock.
3. A methodology was developed to evaluate the embodied total primary energy (PE_{Total}), embodied non-renewable primary energy ($PE_{n.em.}$), and embodied greenhouse gas emissions (GHGE here, $THGE$) from a life cycle perspective. The concept includes the method to allocate energy and emissions per time (variable according to investment principle or depreciation rate) as well as the handling of embodied energy and associated emissions from the past.
4. The BSM was further expanded to include modules for the inclusion of embodied energy and emissions (according to the terminology of SIA 2040) in the fields of static construction elements, building envelope, structural elements, building technologies (including plumbing and electrical) and room layout. These are related to SIA 2032 classification so that embodied primary energy and related emissions ($PE_{Erst.}$ and $THGE_{Erst.}$), along with material flows⁴ to specific building elements can be evaluated and incorporated.
5. The BSM now exists in a programming and database environment that consists of a building stock model database (BSM-DB) and executable code that is structured into different modules.

⁴ Initial estimates with respect to the new version of the BSM were made by Jakob et al. (2016c).

Further applied results regarding the methodology of the current study are as follows:

1. The building stock model (BSM) has been extended and now includes all buildings previously not covered so that the entire building stock can be assessed.
2. The evaluation of data has been extended and updated with regard to specific values (population and employee numbers, building numbers, energy reference floor area (*EBF*), and industry structure), building automation and equipment, along with the associated fuel mix (within the building and transformation sectors).
3. The BSM database contains information on building structure, building envelope, appliances and other equipment, and further incorporates energy use characteristics of currently installed technology along with further efficiency options (within both the existing building inventory and new construction). This allows for cross-referencing between technological considerations, norms and standards, and their foundations (e.g. SIA 2024 and the SIA 380 norm).
4. Reference values relating to construction method, materials choice, and material efficiency in building renovation and new construction have been re-assessed. Based on these, past and future development of construction methods and material choice has been modelled until the year 2050.
5. The project established values including the characteristics of variables used in the SIA Energy Efficiency Strategy. Among these are per capita floor area, total primary energy use (PE_{Total}), non-renewable primary energy use ($PE_{n.em.}$) and greenhouse gas emissions (*THGE*) per unit of floor area. These were further categorised into embodied and used energy, differentiated into over forty building sub sectors, and subdivided within the total building stock into new construction and renovated buildings.

Within the scope of the assumptions and results, a focus was placed on building categories included in the parallel revision of the SIA Energy Efficiency Strategy, namely residential, office, and school buildings, along with food stores, retail space, and restaurants. Table 1 shows an overview of the figures with corresponding results within the main body of the report.

Table 1 Overview of figures (*Abbildungen*) displaying main results regarding area specific indicators PE_{Total} , $PE_{n.em.}$ and *THGE* for the initial situation and for the two future scenarios (Reference and Efficiency).

			Initial situation 2010	Reference scenario 2050	Efficiency scenario 2050
PE_{Total} and $PE_{n.em.}$	Stock	Embodied	<i>Abbildung 43</i>	<i>Abbildung 66</i>	
		Operation			
	Retrofit	Embodied	<i>Abbildung 44</i>	<i>Abbildung 68</i>	
		Operation			
	New built	Embodied	<i>Abbildung 45</i>	<i>Abbildung 67</i>	
		Operation			
<i>THGE</i> (GHGE)	Stock	Embodied	<i>Abbildung 46</i>	<i>Abbildung 72</i>	
		Operation			
	Retrofit	Embodied		<i>Abbildung 74</i>	
		Operation			
	New built	Embodied		<i>Abbildung 73</i>	
		Operation			

Quelle: TEP Energy

The BSM developed is based on energy statistics that reflect the current state of use and have been extrapolated over time to be consistent with the future scenarios outlined within the Energy Strategy

2050 of the Swiss Federation. Specific results, however, may differ from the strategy, such as in the heating fuel mix. These differences, however, are not a fundamental contradiction, but instead show that energy and climate policy objectives can be achieved in several ways. The building-specific input values, on which the BSM is founded, and obtained output can be considered a concrete application of the energy strategy.

One objective of the 2000-Watt-Society is to reduce per capita greenhouse gas emissions in Switzerland by a factor of 4 (-74 %) by 2050. Within the parameters proposed in this project, a reduction of around two thirds is achieved (-67 %) (Table 2). This shortcoming is due mostly to an increase in $THGE_{Erst.}$, calculated through balance sheet methodology (Section 5.3.), which results from increasing floor area use. Further objectives of the 2000-Watt-Society in regards to non-renewable primary energy are, however, achieved.

Table 2 Per capita greenhouse gas emissions and PE in 2010 and for both future scenarios in 2050, t CO₂-eq/cap and W/cap

	2010		2050		Improvement	
	Reference scenario	Reference scenario	Efficiency scenario	Reference scenario	Efficiency scenario	
GHG-Emissions [t CO ₂ -eq/cap]	3.8	1.6	1.2	-57 %	-67 %	
Non-renewable PE [W/cap]	2932	757	564	-74 %	-81 %	
Totale PE [W/cap]	3435	1858	1470	-46 %	-57 %	

Quelle: TEP Energy

The underlying assumptions as well as input and output data of the BSM are consistent with the available statistics on the existing building stock in Switzerland. However, the current work revealed uncertainties in the system and there is mounting evidence that there are discrepancies between energy calculations, empirical, and measured data, both at the individual building and aggregate level. This discrepancy, referred to as the Energy Performance Gap (EPG), should be further investigated. Here, the BSM can be used to model empirically supported building status and energy consumption data, ideally from building stock data covering several years. By comparing a model-based ex-post analysis with calculated, empirical, and statistical data, the effect of energy efficiency measures on the aggregate building stock can be quantified in an effort towards predicting the impact in 2050 so that appropriate measure implementation can be prioritized.

1 Ausgangslage und Zielsetzung

1.1 Ausgangslage

Mit dem Merkblatt (MB) SIA 2040 (SIA, 2011b) hat der SIA ein Instrument geschaffen, welches es für Wohn-, Büro- und Schulgebäude erlaubt, Projektwerte der Primärenergie- und Treibhausgasemissionen von Neubau- und Erneuerungsprojekten mit definierten Zielwerten zu vergleichen. Das Merkblatt soll eine Basis für die Umsetzung von energiepolitischen Zielsetzungen (Energiestrategie, Klimawandel, 2000-Watt-Gesellschaft) darstellen. Eine wichtige Grundannahme bei der Ermittlung der Richt- und Zielwerte besteht darin, dass der proportionale Anteil des Energieverbrauchs im Gebäudebereich am gesamten Energieverbrauch über den Betrachtungszeitraum bis 2050 konstant bleibt [SIA 2040].

Das MB SIA 2040 stützt sich auf das SIA MB 2032 (Graue Energie „Erstellung“, [SIA 2032]) und SIA 2039 (Mobilität, SIA, 2011a)⁵. Das MB SIA 2040:2011 erreicht 2016 eine Gültigkeitsdauer von fünf Jahren und die Kommission SIA 2040 hat bei der KGE des SIA im Herbst 2013 eine Überarbeitung des Merkblatts beantragt. Dabei soll die Anwendbarkeit des Instruments auf weitere Gebäudekategorien ausgedehnt werden. Nebst Wohn-, Büro- und Schulgebäuden sollen Lebensmittelläden, Fachgeschäfte und Restaurants einbezogen werden (im MB SIA 2039 auch DL-Branchen mit bedeutendem Kundenanteil).

Der Einbezug aller Gebäudekategorien (d. h. auch der übrigen, nicht im SIA-Effizienzpfad abgedeckten Kategorien) ermöglicht eine bessere Überprüfung der Konsistenz zwischen spezifischen Kenn-, Richt- und Zielwerten pro Gebäude und gesamtschweizerisch aggregierten, energiepolitischen Zielsetzungen.

Vier hauptsächliche Themenfelder sind relevant, um die Konsistenz der Primärenergie- und Treibhausgasbilanz zwischen SIA-Effizienzpfad und Gebäudeparkbetrachtung zu überprüfen:

- Methodische Unterschiede zwischen SIA-Effizienzpfad- und Gebäudeparkbetrachtung
- das Mengengerüst
- der Betrieb und die Nutzungsintensität der Gebäude
- die Erstellungsenergie des Gebäudeparks

Aus methodischer und empirischer Sicht präsentierte sich die Ausgangslage in diesen drei Themenfeldern wie folgt:

1.1.1 Inhaltliche und methodische Unterschiede zwischen SIA-Effizienzpfad- und Gebäudeparkbetrachtung

Beim Quervergleich zwischen der Betrachtungsweise des SIA-Effizienzpfads und der Gebäudeparkbetrachtung sind folgende inhaltliche und methodische Unterschiede zu beachten (siehe auch Tabelle 3):

- Betrachtungsperimeter: der SIA-Effizienzpfad nimmt auf einzelne Gebäude Bezug und definiert für definierte Situationen (Neubau und Umbau) Richt- und Zielwerte für sechs Gebäude-

⁵ Im Rahmen dieses Projektes ist das Themenfeld Mobilität nicht Teil der durchgeführten Untersuchungen und Modellierungen und wird im Verlauf dieses Berichtes nicht weiter thematisiert.

kategorien. In der Gebäudeparkbetrachtung wird der gesamte Gebäudebestand betrachtet, d.h. auch nicht-erneuerte Gebäude und alle Gebäudekategorien.

- Bevölkerungs- und Beschäftigtenwachstum: währendem der SIA-Effizienzpfad konstante Bevölkerungs- und Beschäftigtenzahlen unterstellt, geht die Gebäudeparkbetrachtung mit dem GPM von einem Bevölkerungswachstum aus, das bei den meisten Branchen auch eine steigende Beschäftigtenzahl zur Folge hat (aufgrund des ebenfalls unterstellten Strukturwandels bei der Gebäudeparkbetrachtung können sich einige Branchen rückläufig entwickeln).
- Flächenbedarf pro Person: der SIA-Effizienzpfad geht in seiner Prämisse von einem konstanten spezifischen Flächenbedarf aus, sowohl bei der Wohnfläche als auch bei der Fläche der übrigen betrachteten Gebäudekategorien. Im Gegensatz dazu wird in der Gebäudeparkbetrachtung eine steigende Fläche pro Person unterstellt, dies u. a. bezugnehmend auf die Annahmen der Energieperspektiven des BFE, welche der Energiestrategie des Bundes zugrunde liegen.
- Umfang der Zielerreichung bei Gebäudeerneuerung und Neubau: der SIA-Effizienzpfad geht davon aus, dass bis 2050 alle bestehenden Bauten energetisch saniert werden und zwar entsprechend den vom Effizienzpfad festgelegten Zielwerten für Umbauten. Bei der Gebäudeparkbetrachtung mit dem Gebäudeparkmodell (GPM) stellt der Anteil der erneuerten Gebäude nicht eine Annahme dar, sondern ein Modellergebnis, welches von den unterstellten Rahmenbedingungen und den Massnahmenkosten abhängt. Bei den Neubauten geht der SIA-Effizienzpfad davon aus, dass alle Neubauten (auch die EFH) die Zielwerte erreichen.
- Technischer Fortschritt: Beim SIA-Effizienzpfad wird vom heutigen Stand der Technik im Sinne Best practice («hart, aber machbar») ausgegangen. Bei den GPM-Modellrechnungen wird hingegen an verschiedenen Stellen ein technischer Fortschritt unterstellt, namentlich im Bereich Gebäudehülle, Heiz- und Gebäudetechnik, zumindest im Sinn einer weitgehenden Durchdringung der heutigen Best practice.
- Entwicklung Strommix: der SIA-Effizienzpfad weist im Vorwort darauf hin, dass eine „signifikante Verringerung“ der Treibhausgasemissionen und des Primärenergiegehalts des Schweizer Strommixes erforderlich sei, geht bei den Berechnungen jedoch von einem konstantem Strommix aus. Dies kontrastiert deutlich mit der Gebäudeparkbetrachtung: Mit der Verwendung des Szenario NEP, Variante C+E (inkl. Handel) nimmt der Primärenergiefaktor des Stroms gegenüber 2010 markant ab und der THG-Emissionskoeffizient mit knapp 30 % ebenfalls deutlich.
- Amortisation PE und THG Erstellung: beim SIA-Effizienzpfad werden PE_{Erst} und THG_{Erst} mittels normativer Vorgaben (gemäss SIA 2032) über die Jahre verteilt. Beträge aus dem Gebäudebestand und von Umbauten, die länger als 30 Jahre (SIA 2001b) bzw. 40 Jahre (SIA 2015b) zurück liegen, werden nicht in die Bilanzierung einbezogen. Bei der Gebäudeparkbetrachtung erfolgt die Amortisation über die tatsächliche Nutzungsdauer der Gebäude- und Anlagenelemente, d.h. über einen vergleichsweise längeren Zeitraum. Die Beiträge des Gebäudebestands der Bauperiode 1970 bis 2010 werden in der Gebäudeparkbetrachtung mit dem GPM berücksichtigt.

Diese unterschiedliche inhaltliche und methodische Ausgangslage ist bei der Interpretation und beim Quervergleich der Ergebnisse zu berücksichtigen (siehe z. B. Kap. 5.4, in dem ein Querbezug zwischen den Ergebnissen der Gebäudepark-Modellrechnungen und dem SIA-Effizienzpfad Energie hergestellt wird).

Tabelle 3 Methodische Unterschiede zwischen SIA-Effizienzpfad- und Gebäudeparkbetrachtung

	SIA-Effizienzpfad	Gebäudeparkbetrachtung mit GPM
Betrachtungsumfang	Einzelgebäudebetrachtung (6 Gebäudekategorien)	Gebäudeparkbetrachtung (alle Gebäudekategorien)
Bevölkerungs- und Beschäftigtenwachstum	Kein Bevölkerungs- und Beschäftigtenwachstum	Gemäss Bundesamt für Statistik und Energieperspektiven
Flächenbedarf pro Person	Konstant bis 2050	Beim Wohnen und den meisten Branchen steigend (abgeleitet aus BFE-Energieperspektiven)
Zielerreichungsgrad bei Gebäudeerneuerung und Neubau	Annahme: Alle bestehenden Bauten werden bis 2050 energetisch saniert (entsprechend den Zielwerten für Umbauten) und alle Neubauten gemäss den Zielwerten erstellt	Modellergebnis: Nur ein Teil der Gebäude wird bis 2050 umfassend erneuert (basierend auf Kosten, Energiepreisen und energiepolitischen Instrumenten)
Technischer Fortschritt	Heutiger Stand der Technik	Moderater technischer Fortschritt (keine Technologiesprünge)
Entwicklung Strommix	Heutiger Verbrauchermix der Schweiz bis 2050, d. h. keine Verringerung der Treibhausgasemissionen und Primärenergiegehalt des Strommixes	Strommix 2050 gemäss BFE-Szenario NEP inkl. Handel, Variante C+E (THG-EK -29 % i.V. zu 2010) und damit signifikante Verringerung der Treibhausgasemissionen und Primärenergiegehalt des Schweizer Strommixes
Amortisation PE und THG Erstellung	Gemäss normativ festgelegten Amortisationszeiten	Gemäss tatsächlicher Nutzungsdauer

Quelle: MB SIA 2040 (SIA 2015b), BFE-Energieperspektiven, TEP Energy

1.1.2 Mengengerüst Bevölkerung, Beschäftigte und Gebäude

Zur Errechnung der Zielwerte im MB SIA 2040 wird grundsätzlich von einem konstanten Flächenbedarf pro Person ausgegangen (innerhalb der Gültigkeit des Merkblattes). Für die bisherigen und die neu zu berücksichtigenden Gebäudekategorien muss der Flächenbedarf entsprechend für das Ausgangsjahr 2010 ermittelt werden.

Als Grundlage für die Festlegung und Modellierung des mittleren Flächenbedarfs stehen folgende statistische Grundlagen zur Verfügung: Die bestehenden Wohngebäude und die darin enthaltenen Wohnungen sind im Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregister (GWR (2014)) erfasst. Gebäude ohne Wohnnutzung sind im GWR (2014) (noch) nicht vollständig erfasst. Bei den Nicht-Wohngebäuden steht die STATENT (2013) als Grundlage für ein umfassendes Mengengerüst zur Verfügung. Bei einer Stichprobe von Gemeinden können die beiden Datengrundlagen miteinander verknüpft werden und mittels Regressionsmodell können beschäftigten-spezifische Flächenkennwerte gebildet werden.

1.1.3 Betrieb und Nutzungsintensität

Der Betrieb der Gebäude wird im Merkblatt 2040 unterteilt in die Verwendungszwecke Wärme (Raumwärme und Warmwasser, inkl. elektrischer Hilfsenergie), Lüftung/Klimatisierung, Beleuchtung und Betriebseinrichtungen. In dieser Differenzierung liegen keine detaillierten statistisch erfassten Verbrauchswerte vor, um flächenspezifischen Kennwerte ableiten zu können. Zudem bestehen grosse empirische Lücken, vor allem bei Nicht-Wohngebäuden im Bereich der installierten Leistung und der tatsächlichen Nutzungszeiten für einzelne Verbrauchseinheiten. Im Zusammenhang mit verschiedenen Arbeiten der TEP Energy und der Stadt Zürich hat sich der Einfluss der tatsächlichen Nutzungsdauer (in Abgrenzung zur angenommenen Amortisationszeit oder zur technischen Lebensdauer) von Materialien, Anlagen und Geräten auf den zu erwartenden Energieverbrauch gezeigt [Jakob et. al.

2013b]. Es ist davon auszugehen, dass die Gebäude- und Anlagenerneuerung nicht nur bzw. nicht so massgeblich durch die technische Lebensdauer der diversen Gebäudeelemente und Anwendungen bestimmt wird, sondern stark durch ökonomische Gesamtüberlegungen und nutzungsabhängige Einflussfaktoren (wie Nutzerwechsel, Demodierung, nutzungsbedingte Modernisierungen etc.) getrieben wird. Auslöser für den Ersatz einzelner Elemente und Anlagen sind entsprechend eher Erneuerungen aus übergeordneter Sicht und weniger die Funktionstüchtigkeit des einzelnen Elements.

1.1.4 Energie und Treibhausgasemissionen Erstellung des Gebäudeparks

Die Bilanz für die Erstellungsenergie umfasst nach SIA 2040 die Erstellung und die Entsorgung eines Gebäudes, einschliesslich allfälliger Ersatzinvestitionen während der gesamten Nutzungsdauer. Als Grundlage dient SIA 2032, wobei nach SIA 2040 die Energiebezugsfläche die relevante Vergleichsgrösse darstellt. Es bestehen jedoch noch ungelöste methodische Fragen, namentlich zur Frage, wie die Erstellungsenergie des Gebäudebestandes, d. h. die Graue Energie von früheren Neubau- und Erneuerungstätigkeiten, zu bilanzieren ist.

1.2 Zielsetzung

Das Projekt greift zwei der oben angesprochenen Hauptthemen auf: das Thema der Auswirkung von Betrieb, Erstellung und Erneuerung von Gebäuden auf die gesamte Primärenergie und die Treibhausgase in einer konsistenten Einzelgebäude- und Gebäudeparkbetrachtung und das Thema des Einflusses der Amortisationsmethodik und der Nutzungsdauer von Konstruktionen Materialien, Anlagen und Geräte auf diese Indikatoren. Mit dem Projekt sollen u. a. Grundlagen für die Überarbeitung der SIA 2040 (Effizienzpfad) und der SIA 2032 (z. B. betreffend verschiedener Modelle zur Berücksichtigung der Amortisationszeit von Grauer Energie) sowie für die Einschätzung der Kennwerte von weiteren SIA Normen und Merkblättern (SIA 2024, SIA 380/4), indirekt aber auch für Portfolio-Betrachtungen, Ex-post-Analysen- und Energieperspektivenmodelle geschaffen werden. Konkret umfasst das Projekt folgende Hauptziele zum einen auf der anwendungsseitigen und zum anderen auf der forschungsseitigen Ebene:

1. Auf der Anwendungsseite geht es um die Erarbeitung von spezifischen Kennwerten bzgl. personenspezifischer Flächen sowie flächenspezifischem Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen für den Ist-Zustand, dies bezugnehmend auf den Gebäudepark im Jahr 2010. Hierbei soll
 - a. aufgezeigt werden, inwiefern die Kennwerte gemäss Methodik des SIA Effizienzpfades für bestehende Gebäude sowie für künftige Neubauten bzgl. Betrieb und Erstellung⁶ bei der Betrachtung des Gebäudeparks als Ganzes kompatibel mit den gesamtschweizerischen Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft und der Energiestrategie 2050 sind.
 - b. ein Bezug zwischen den auf Ebene PE und THGE aggregierten Richt- und Zielwerten und näher an der Umsetzung und Planung liegenden technischen Kennwerten (wie installierte Leistung, Vollaststunden, Wärmebedarfswerten) geschaffen werden, um so ersteren Richtwerten eine nachvollziehbare Konkretisierung zu verleihen.

Damit sollen zuhanden Grundlagen für in der Praxis anwendbare Umsetzungsinstrumente (SIA 2040, SIA 2024, SIA 380, Rechenhilfe 2000 Watt-Areale) geschaffen werden, welche mit den erwähnten aggregierten Zielen kompatibel sind

⁶ Die Erstellungsenergie ($PE_{\text{Erst.}}$) und die Treibhausgasemissionen $_{\text{Erst.}}$ beinhalten gemäss SIA 2040 die aufgewendete Energie zur Erstellung, Entsorgung sowie sämtlichen Ersatzinvestitionen während der gesamten Nutzungsdauer.

2. Auf der Forschungsebene geht es um die methodische Weiterentwicklung des Gebäudeparkmodells, um es für den vorliegenden Anwendungsfall und für weitergehende Forschungsfragen und Anwendungsfälle tauglich zu machen. Namentlich soll die Modellierung näher an reale Gebäudekonstellationen und Entscheidungsprozesse herangeführt werden. Darüber hinaus soll der Einfluss von Bilanzmethoden, von Annahmen zur Nutzungsdauer von Konstruktionen, Materialien, Anlagen und Geräten und anderen Einflussfaktoren auf den Entwicklungspfad von Primärenergie- und Treibhausgasemissionen des Gebäudebestands der Schweiz aufgezeigt werden.

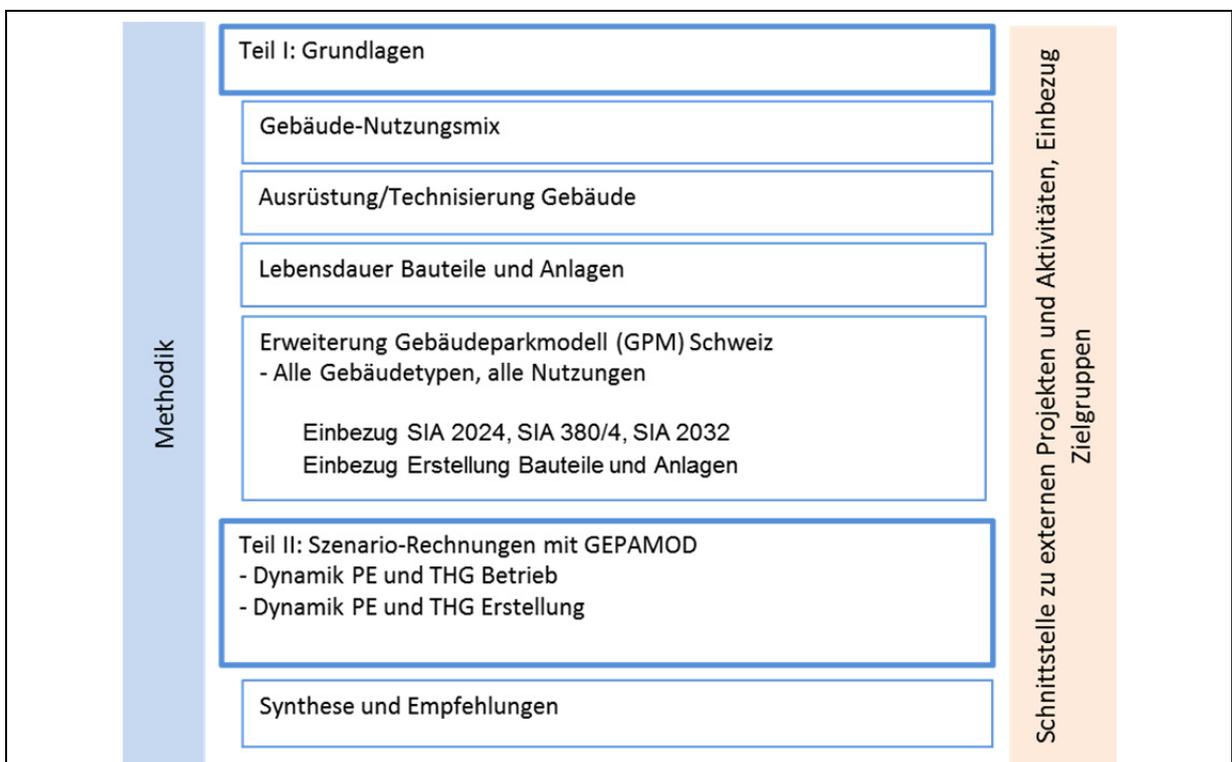
Beim erstgenannten Punkt geht es namentlich um die Darstellung der Bedeutung von spezifischen Kenn- und Zielwerten auf Ebene Einzelgebäude im Kontext einer aggregierten Gebäudeparkbetrachtung im Zeitablauf bis 2050. Damit werden die Richt- und Zielwerte des SIA Effizienzpfades mit den gesamtschweizerischen Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft und der Energiestrategie 2050 in Beziehung gesetzt. Damit sollen Grundlagen für in der Praxis anwendbare Kennwerte im Sinne eines Umsetzungsinstruments geschaffen werden, welche mit den erwähnten Zielen kompatibel sind.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Methodisches Vorgehen im Überblick

Das methodische Vorgehen gliedert sich in zwei Hauptteile, welche wiederum in verschiedene Teilaspekte strukturiert wurden (siehe Abbildung 1).

- Teil I: Im ersten Teil werden die methodischen und empirischen Grundlagen des Modells und der berücksichtigten Parameter entwickelt und beschrieben (siehe Kapitel 2). Dabei werden die Themenbereiche „Mengengerüst Gebäude und Infrastruktur“, „Betrieb und Nutzungsintensität“ sowie „Erstellungsenergie Gebäudepark“ beleuchtet und die dazu gehörenden Modellparameter detailliert beschreiben. Zusätzlich werden im Teil I die Werte von tatsächlichen Nutzungsdauern von Konstruktionen, Materialien, Anlagen und Geräten sowie von weiteren energierelevanten Attributen in Gebäuden in der Schweiz festgelegt.
- Teil II: Im zweiten Teil erfolgt die Kompatibilitätsprüfung des SIA Effizienzpfades mit gesamtschweizerischen Zielen anhand von Szenarioanalysen und einer Sensitivitätsanalyse, die mit dem Gebäudeparkmodell (GPM) durchgeführt werden.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 1 Projektstruktur.

In diesem Projekt wird auf einer ersten Version des Gebäudeparkmodells (GPM) aufgebaut, welches für Wohn-, Büro- und Schulgebäude erstellt wurde (Wallbaum et al. 2009). Damit wurden bereits 2009 Grundlagen für den SIA Effizienzpfad für die erwähnten Gebäudekategorien bereitgestellt (Wallbaum et al. 2009). Das Gebäudeparkmodell ist bauteil-, anlagen- und geräteorientiert und stellt damit grundsätzlich eine gute Ausgangslage für den vorgesehenen Zweck dar.

Im Grundlagenteil wurden die für die Modellierung notwendigen Daten erarbeitet und beschrieben. Ausgehend vom bestehenden GPM sind für den geplanten Projektumfang folgende datenseitigen Ergänzungen und modelltechnische Entwicklungen erforderlich:

1. Inhaltliche Erweiterung des Gebäudeparkmodells um noch nicht abgedeckte Gebäudekategorien und Nutzungstypen
2. Entwicklung eines innovativen Ansatzes zur Modellierung des Gebäudeparks mittels Repräsentanten und entsprechende Anpassung der Modelllogik (Einzelgebäudeansatz mit SIA- und GWR-Bezug) sowie der Gebäudeparkmodell-Datenbank (GPM-DB).
3. Datenspezifikation bzgl. Mengengerüst (Bevölkerung, Gebäude, Energiebezugsfläche (EBF), Beschäftigte, Branchenstrukturen), Technisierung und Ausrüstung der Gebäude, sowie bzgl. Energieträgermix (Gebäude- und Umwandlungssektor). Hierbei wird zum einen auf bestehende Grundlagenliteratur im Allgemeinen sowie auf diejenigen der Energieperspektiven 2012 und der Neuen Energiepolitik (NEP) im Besonderen (namentlich bzgl. Rahmendaten der Energieperspektiven) und zum anderen auf die Ergebnisse von Expertengesprächen Bezug genommen.
4. Festlegen von spezifischen energietechnischen Kennwerten, unterteilt nach aktuellem Stand der Technik, übliche Erneuerungspraxis, „best practice“ (BP) bzw. „best available technology“ (BAT) im Bereich Gebäudestruktur, Gebäudehülle, Anlagen und Geräte und weitere Ausrüstungen etc., hierbei Bezug nehmend auf die Erkenntnisse der Massnahmen- und Potenzialanalyse im Auftrag von EnergieSchweiz und in Zusammenarbeit mit dem KGTV (für Verwendungszwecke im Bereich Gebäudetechnik) und auf die überarbeitete SIA 2024 und SIA 380/4 (bei den übrigen Verwendungszwecken) sowie auf die detaillierten Ergebnismerte der Energieperspektiven pro Verwendungszweck.
5. Methodisches Konzept auf der Basis des Bilanzierungskonzeptes 2000-Watt-Gesellschaft bzgl. des Einbezugs der Indikatoren (Primärenergie und Treibhausgasemissionen). Erstellung in einer Gebäudeparkbetrachtung inkl. Art der zeitlichen Allokation und Umgang mit den in der Vergangenheit verursachten Emissionen der Grauen Energie.
6. Erweiterung des GPM und der GPM-DB mit Modulen zum Einbezug des Bereichs Erstellung (gemäss Terminologie des MB SIA 2040) für die Bereiche Konstruktion, Innenbauteile, Gebäudehülle, Gebäudetechnik (inkl. Sanitär, Elektro), Raumstruktur.
7. Datenspezifikation bzgl. Konstruktionsweise, der Materialwahl sowie der Materialeffizienz bei Gebäudeerneuerung und Neubau. Im Rahmen dieses Projekts wird lediglich in Bezug auf die Gebäudehülle ein zeitliche Entwicklung bis 2050 unterstellt (höhere Dämmstärken). Die Konstruktionsweise, die Materialwahl sowie die Materialeffizienz werden jedoch aufgrund des definierten Projektrahmens als konstant angenommen. Auch die zeitliche Veränderung der Ökobilanzdaten der Baustoffe und Gebäudetechniksysteme bleibt unberücksichtigt. Die zeitliche Allokation erfolgt unter Verwendung der Ergebnisse zur Lebensdauer der verschiedenen Bereiche.

Die im Modell eingesetzten Datenparameter und der konzeptionelle Ansatz zur Definition der GPM-Elemente sind in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben.

Im Szenarioteil des Projekts erfolgt die Kompatibilitätsprüfung des SIA Effizienzpfades mit gesamtschweizerischen Zielen anhand von Szenarioanalysen. Die Resultate zum Ausgangszustand im Jahr 2010 (als Ist-Zustand bezeichnet) werden im Kapitel 3 und die Szenarioergebnisse im Kapitel 4 präsentiert, ausgehend von der Definitionen der Szenarien im Kapitel 4.1. Mittels einer Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss der Bilanzierungsannahmen von $PE_{Erst.}$ und $THGE_{Erst.}$ aufgezeigt. Im Basisfall (Referenzszenario und Effizienzszenario) erfolgt die Abschreibung mittels Amortisationsdauer gemäss normativer Festlegung, in der Sensitivitätsanalyse gemäss tatsächlicher Lebensdauer. Im Basisfall werden vergangene Investitionen von Neubauten und Erneuerungen nur berücksichtigt, wenn sie weniger vierzig Jahre zurück liegen, in der Sensitivitätsanalyse werden hingegen die gesamten $PE_{Erst.}$ und $THGE_{Erst.}$ bis zu ihrer kompletten Abschreibung berücksichtigt (siehe Kap. 2.8.2).

2.2 Nutzungs- und Abschreibungsdauer

Die Lebensdauer bzw. die Nutzungs- und Abschreibungsdauer von Gebäuden oder auch einzelnen Bauelementen ist eine wichtige Grösse, wenn es um betriebswirtschaftliche Aspekte bei Investitionen, eine Life Cycle Betrachtung (LCA) des Energieverbrauchs bzw. der THG-Emissionen oder eine (Teil-) Erneuerung eines Gebäudes geht. Welche der drei Fragestellungen überwiegt, ist meist vom Besitzer eines Gebäudes abhängig. So liegen die Interessen eines Investors hauptsächlich auf den Kosten und Erträgen (Einsparungen), sprich der ökonomischen Rentabilität des investierten Kapitals beispielsweise für eine energetische Massnahme. Während bei einem nicht-gewinnorientierten Gebäudeeigentümer der Fokus meist auf einer längerfristigen Nutzung und Werterhaltung durch Erneuerungen einzelner Bauteile oder ein Gesamtersatz liegt, betrachten Nachhaltigkeitsspezialisten und Energieingenieure vor allem die Veränderungen im Gebäudebestand und dessen Umweltauswirkungen durch Energieverbrauch und Emissionen über die gesamte Lebensdauer einer Liegenschaft bzw. eines Bauteils. Die für diese Analysen angesetzte Zeitspanne entspricht normalerweise einer der folgenden:

- Technische Lebensdauer,
- tatsächliche Lebens- bzw. Nutzungsdauer,
- normativ festgelegte Amortisationszeit oder
- wirtschaftliche Amortisationszeit.

Die theoretische technische Lebensdauer⁷ beschreibt die Dauer, nach welcher ein Bauelement aufgrund dessen mangelnden Funktionsfähigkeit ohne oder nur mit geringem Restwert ersetzt werden muss. Die Länge dieser Lebensdauer ist sehr bauteilspezifisch und stellt gewissermassen die längstmögliche technische Nutzung dar. Im Leitfaden zur Norm SIA 480 sind für verschiedene Arten von Gebäude und Bauteile grobe Richtwerte für die technische Lebensdauer aufgeführt, welche für Analysen der oben erwähnten Art angenommen werden können (SIA, 2004).

Aus verschiedenen Gründen (baupraktische oder kostenoptimierende Aspekte, technologische Entwicklung, Veränderung der Bedürfnisse, Wandel der ästhetischen Anforderungen etc.) kann jedoch ein Ersatz bereits vor der dem Ende der technischen Lebensdauer erfolgen, weshalb die erwartete/effektive Lebens- bzw. Nutzungsdauer eines Gebäudes oder Bauteils meist kürzer ist. Eine zusätzliche Reduktion der durchschnittlichen Nutzungsdauer kommt vom Umstand, dass in der Regel mehrere Bauelemente gleichzeitig ersetzt werden, auch wenn einige davon noch eine Rest-Lebensdauer aufweisen würden (Ott et al. 2011, Jakob et al. 2013c, SIA 2004). Die Verwendung einer kürzeren Lebensdauer als die technische liefert daher in den meisten Fällen realistischere Resultate. Jedoch liegen genau in der Bestimmung der erwarteten Lebensdauer die Schwierigkeit und der Datenbeschaffungsaufwand. Im Rahmen dieser Studie wurden für die zeitliche Allokation der Grauen Energie und der THG-Emissionen Amortisationsdauern verwendet, welche sich sowohl nach Bauteiltyp als auch nach Gebäudenutzung unterscheiden (siehe Unterkapitel 2.8.2 sowie 8.2 [Tabelle 48]). So wird zum Beispiel berücksichtigt, dass ein Bürogebäude im Durchschnitt öfter erneuert wird als ein Schulgebäude.

Mehr standardisierte, aber weniger nach Gebäudetyp differenzierte Lebensdauern sind im SIA Merkblatt 2032 „Graue Energie von Gebäuden“ (referenziert auch in SIA 2040) aufgeführt (SIA 2010). Die Verwendung dieser normativ festgelegten Amortisationszeit vereinfacht den Vergleich zwischen ein-

⁷ Definition der technischen Lebensdauer: „Zu erwartende Periode zwischen der Inbetriebnahme eines Bau- oder Anlageteils und dessen Ersatz auf Grund abnehmender Gebrauchstauglichkeit oder zunehmender Kosten für den Unterhalt und den Ersatz einzelner Bestandteile“ (SIA 2004).

zelen Gebäuden oder Komponenten in Bezug auf Emissionen oder Grauen Energie, weshalb dieser Ansatz ebenfalls in dieser Studie verwendet wird (siehe Unterkapitel 2.8.2).

Bei einer rein wirtschaftlichen Betrachtung eines Gebäudes oder Bauelements (Wirtschaftlichkeitsrechnung oder Investitionsrechnung gemäss Leitfaden zur Norm SIA 480) werden nur die quantifizierbaren und monetären Rechengrössen auf der Kosten- und Ertragsseite⁸ berücksichtigt. Bei einem langfristigen Betrachtungshorizont können sowohl die technische als auch eine geschätzte Lebensdauer verwendet werden. Speziell bei gewinnorientierten (professionellen) Gebäudebesitzern können Risikoberechnungen bezüglich der Unsicherheiten über die zukünftige Nutzung oder Vermietbarkeit die verwendete Amortisationsdauer beeinflussen. Bei einer kurzfristigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird oft auch eine erheblich kürzere Betrachtungsperiode als die mögliche Nutzungsdauer des Gebäudes genutzt (SIA 2004, Jakob et al. 2013c). Die Wahl der Amortisationsdauer bei einer ökonomischen Beurteilung hängt von vielen Faktoren und exogenen Einflüssen ab und ist daher nicht standardisiert. Im Discrete Choice Modell dieser Analyse wurde für die Lebensdauern die Richtwerte des SIA Merkblatts 2032 verwendet.

2.3 Konzeptioneller Ansatz der Gebäudeparkmodellierung

Im Fall von Anwendungen mit relativ wenig Gebäuden von einigen hundert bis einigen zehntausend Gebäuden und bei relativ guter Datenlage können alle Gebäude einzeln im Modell abgebildet werden (wie z. B. im Fall der Stadt Zürich oder des Kantons BL, siehe Jakob et al. 2015 und Jakob et al. 2016b). Im Fall einer hohen Anzahl Gebäude (wie im Fall der Gesamtschweiz) und in Bezug auf die einzelnen Gebäude unvollständigen Datenlage (wie z. B. bzgl. der Nicht-Wohngebäude) werden in vielen Modellanwendungen Kohortenansätze verwendet, wobei diese durch Durchschnittswerte von Gebäuden mit ähnlichen Eigenschaften charakterisiert werden, so auch im Fall der ersten Version des Gebäudeparkmodells (Wallbaum et al. 2009). Diese Durchschnittswerte werden oft auf verschiedenen (Modell-)Ebenen unabhängig voneinander gebildet, z. B. auf Ebene der Nutzenergie und auf Ebene der Endenergie. Dadurch können Interaktionseffekte zwischen diesen Ebenen ungenügend abgebildet werden.

Der neue Ansatz, der im Rahmen dieses Projekts zur Anwendung kommt, liegt darin, dass auf sogenannten Gebäuderepräsentanten aufgebaut wird und dass der Gebäudebestand nicht mehr mit Durchschnittswerten oder Kohorten beschrieben wird. Diese Gebäuderepräsentanten werden durch gebäude- und nutzungstypische Merkmale definiert und stehen stellvertretend für einen Teil des Gebäudeparks, ähnlich wie die Befragten einer Stichprobe, welche stellvertretend für eine Grundgesamtheit stehen.

Jeder Gebäuderepräsentant ist mit mehreren Attributen charakterisiert, welche eine konkrete Grösse (z. B. die Gebäudefläche), eine konkrete Ausrüstung (z. B. mit Gebäudetechnik), eine konkrete Nutzung oder einen konkreten Zustand beschreiben, und zwar mittels diskreter Variable (z. B. der energetische Zustand). Ein Repräsentant hat also wie ein Gebäude in der Realität eine bestimmte Grösse, ein konkretes Heizsystem, eine definierte Nutzung etc. und die verschiedenen Gebäudeelemente haben ein bestimmtes Alter oder sind durch einen bestimmten Zustand charakterisiert, der entweder dem Neubauzustand entspricht oder sich aus der zeitlich letzten Gebäudeerneuerung ergibt.

⁸ Die Kostenseite umfasst Investitions-, Kapital-, Instandsetzungs-, Betriebs-, Verwertungs- sowie teilweise Externe Kosten, währenddessen auf der Ertragsseite die Mieterträge, der Zusatznutzen und Restwert sowie eventuell die Externe Nutzen stehen.

Die Gebäuderepräsentanten werden mit Vorteil synthetisch erzeugt. Dabei werden die Eigenschaften der Gebäuderepräsentanten mittels statistischer Verteilungsfunktionen zugeordnet. Dies hat den Vorteil, dass die Heterogenität der Gebäudeeigenschaften und spezifische Konstellationen (z.B. Energiesystemkombinationen) auch dann abgebildet werden können, wenn nicht von allen Gebäuden Daten verfügbar sind. Der Repräsentantenansatz hat zudem den Vorteil, dass bei einer grossen Anzahl Gebäude die Modellrechenzeit reduziert werden kann.

Gebäuderepräsentanten und der Gebäudepark haben auf den verschiedenen Ebenen der Modellierung eine Entsprechung (siehe Abbildung 2), namentlich auf den folgenden.

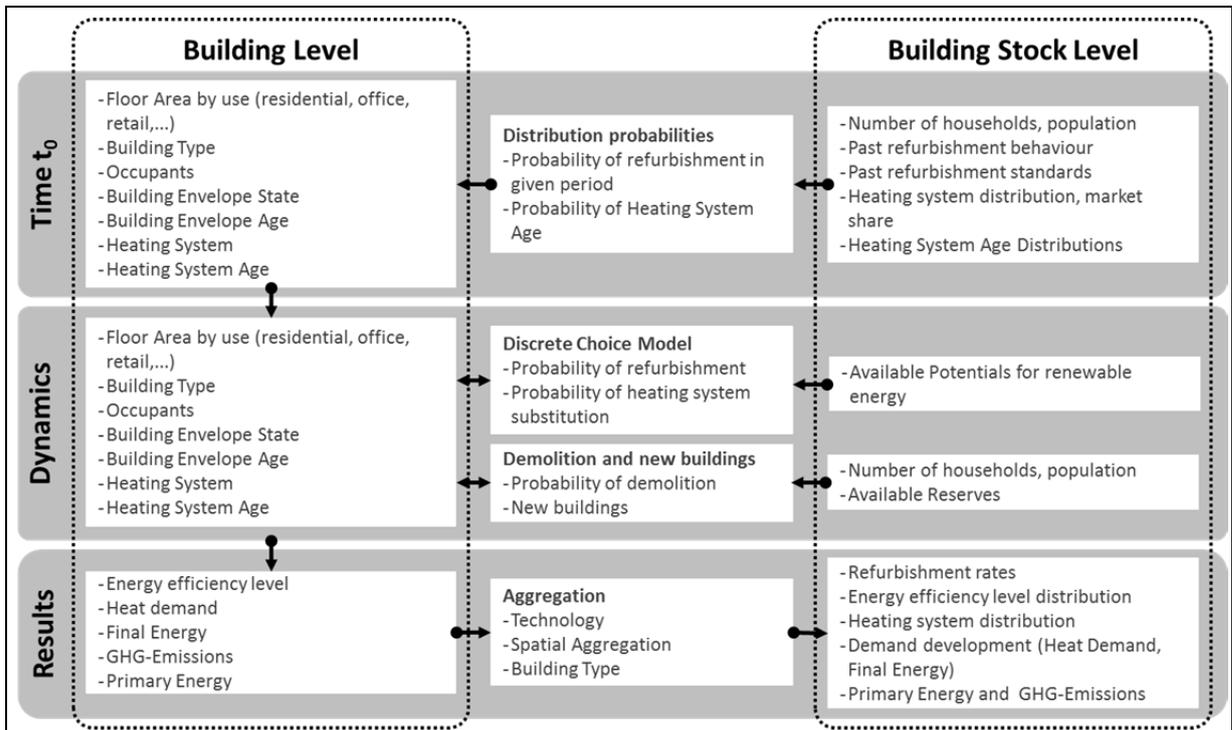
- Charakterisierung des Ist-Zustands zum Modellstartzeitpunkt
- Dynamik während des Simulationszeitraums, also die Entscheidungsprozesse, Ereignisse und Tätigkeiten der Akteure
- die Zwischen- und Endergebnisse.

Die Entsprechung zwischen den drei Hauptebenen der Modellierung wird nachfolgend kurz in der Übersicht skizziert und in weiteren Kapiteln des Berichts detailliert beschrieben.

- Charakterisierung des Ist-Zustands zum Modellstartzeitpunkt: Die verschiedenen energie- und emissionsrelevanten Elemente der Repräsentanten werden mittels statistischer Verteilungsfunktionen bestimmt, deren Parameter basierend auf Auswertungen von Daten zum Gebäudepark bestimmt werden. Typische Beispiele sind die Altersverteilung der Gebäude, der Heizanlagen und weiterer gebäudetechnischer Elemente, die Verteilung auf die verschiedenen Gebäudekategorien und -nutzungen etc. Damit weisen Gebäuderepräsentanten im Modell dieselbe Struktur auf wie die Gebäude des Gebäudeparks der Schweiz.
- Dynamik während des Simulationszeitraums bzw. seit dem Erstellungsjahr des Gebäudes: die Entscheidungsprozesse wie z. B. der Entscheid für die Erneuerung der verschiedenen Gebäudehüllenelemente, die Energieträgerwahl, das Durchführen von Energieeffizienzmassnahmen etc. werden möglichst nah an den Entscheidungsprozessen in der Praxis modelliert. Der Ansatz stützt sich auf die Methode diskreter Entscheidungen, welche auf Nutzenfunktionen der Entscheidenden abstützt (in Anlehnung an Rivers und Jaccard 2005, Madelenat 2014, Nägeli 2013, siehe Kap. 2.9.2). Ein Teil der Attribute des Ist-Zustandes, namentlich der Zustand der Gebäudehülle, wird analog modelliert, dies ausgehend vom Baujahr des Gebäuderepräsentanten bis zum Modellstartzeitpunkt, um damit die entsprechenden Ansätze und Funktionsparameter zu validieren (siehe auch nächster Punkt). Bei der Entscheidungsmodellierung können im Wesentlichen folgende Fälle unterschieden werden:
 - Im energetischen Bereich basieren die Entscheide auf dem Vergleich von Nutzenfunktionen mit Kosten und Nutzen der verschiedenen relevanten Optionen, welche den Akteuren zum entsprechenden Zeitpunkt zur Verfügung stehen (z.B. verschiedene Typen von Heizanlagen und ihre Kosten bei gegebenem Wärmeleistungsbedarf). Der Entscheid wird mittels eines Discrete Choice Ansatzes modelliert, wobei bei jeder Entscheidungssituation eine bestimmte konkrete Option (z. B. Wärmedämmung ja oder nein) zugeordnet, d. h. „realisiert“ wird.
 - Andere Bereiche wie z. B. der Gebäudeabriss werden mit vereinfachten Wahrscheinlichkeitsfunktionen ohne explizite Berücksichtigung der Kosten und der Nutzen modelliert.
 - Gebäuderepräsentanten für den Ersatz abgerissener Gebäude und Neubauten werden vom Modell gemäss der vorgegebenen Flächennachfrage bestimmt, wobei letztere durch das Bevölkerungs- und Beschäftigtenwachstum und spezifische Kennwerte zum spezifischen Flächenbedarf getrieben wird.
- Zwischen- und Endergebnisse: Modellergebnisse lassen sich auf verschiedener Ebene auswerten und mit verfügbaren statistischen oder anderen empirischen Grundlagen vergleichen. Mittels solcher Quervergleiche werden verschiedene Modellparameter und Modelleingangs-

daten validiert und kalibriert, in der Regel mittels eines iterativen Prozesses. Herausgegriffen werden an dieser Stelle zwei Beispiele:

- Die modellierten Raten des Gebäudeabrisses, der energetischen Bauteilerneuerung und der Heizanlagen sowie die Marktanteile der Heizanlagen im Neubau- und Erneuerungsfall werden mit verfügbaren empirischen Grundlagen abgeglichen.
- Die Kalibrierung des Modells erfolgt iterativ auf ein bestimmtes Basisjahr (in diesem Fall 2010 als Ausgangsjahr für den SIA-Effizienzpfad) oder auf eine bestimmte Periode, für welche(s) die statistischen Daten vorhanden sind (z. B. 2000 bis 2015).



Quelle: TEP Energy, Nägeli, Jakob et al. (2015)

Abbildung 2 Modellkonzept für die Verknüpfung zwischen Gebäuderepräsentanten und Gebäudepark.

Die verschiedenen Elemente des Gebäudeparkmodells werden im nächsten Kapitel (Kap. 2.4) näher beschrieben, darunter die Merkmale der Gebäuderepräsentanten (Kap. 2.4.1), das verwendete Geometriemodell und die Ausstattung der Gebäude mit sogenannten Energiediensten (gebäudetechnische Installationen, Einrichtungen oder Geräte).

2.4 Definitionen der Elemente des Gebäudeparkmodells

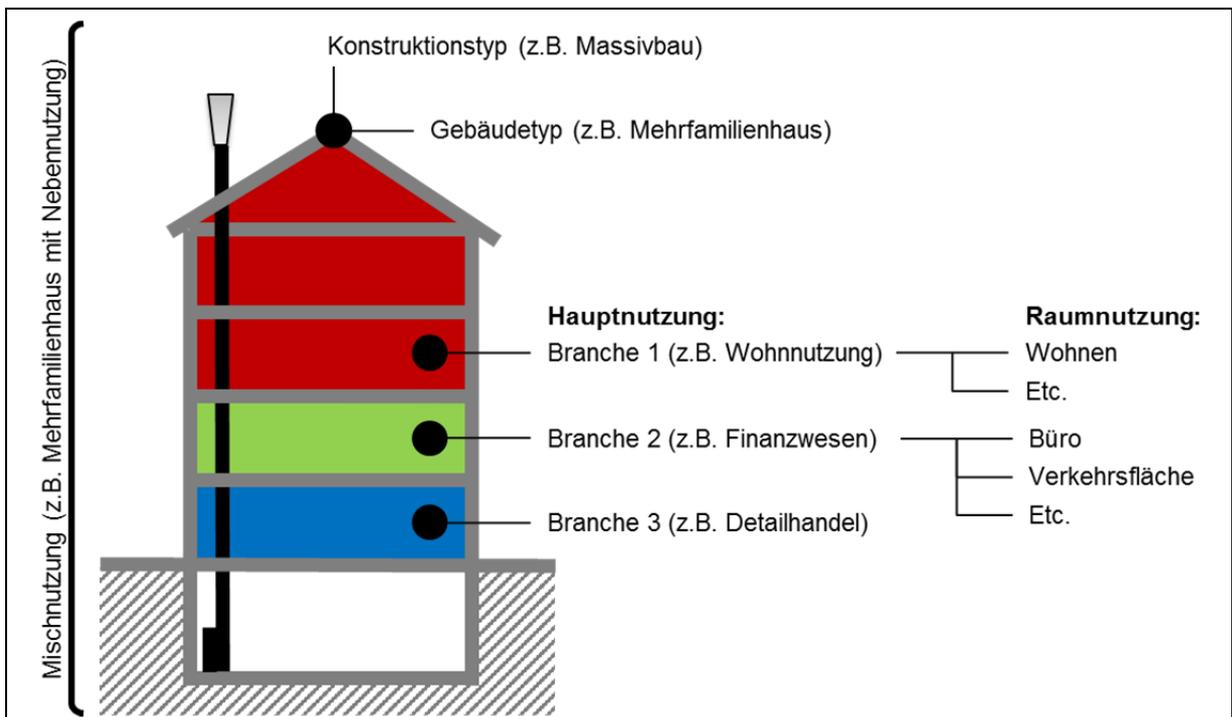
2.4.1 Gebäuderepräsentanten

Das Gebäudeparkmodell basiert auf einer Modellierung durch repräsentative Modellgebäude (Gebäuderepräsentanten). Ein Gebäuderepräsentant steht stellvertretend für einen gewissen Teil des Gebäudeparks, ähnlich wie bei einer repräsentativen Umfrage oder bei einer repräsentativen oder geschichteten Stichprobe die Umfrageteilnehmer bzw. die Stichprobenelemente die Grundgesamtheit vertreten. Hierbei werden pro Gebäudepräsident unterschiedliche Merkmale und Modellierungsebenen berücksichtigt (siehe oben stehendes Kap. 2.2 zum konzeptionellen Ansatz), welche sämtliche Attribute enthalten, die den Gebäudebestand definieren. Insbesondere wird zwischen der Gebäude- und der Nutzungsebene unterschieden. Erstere wird definiert durch einen Gebäudetyp und einen Konstruktionstyp und der letztere durch die Hauptzwecke Wohnen und Nicht-Wohnen, welche wiederum durch die Wirtschaftsbranche und die Raumnutzungstypen charakterisiert werden. Die Repräsentanten werden innerhalb des Modells erzeugt und bilden jeweils einen Teil des Gebäudeparks ab. Eine Veränderung im Gebäudepark wird zum einen durch die Veränderung bei einem Gebäuderepräsentanten diskret abgebildet und zum anderen durch das Hinzufügen (Neubau) und Entfernen (Abriss) von Gebäuderepräsentanten.

Ein Gebäuderepräsentant wird inputseitig durch folgende Merkmale definiert, wobei zu beachten ist, dass zwischen einzelnen Merkmalen gewisse Abhängigkeit bestehen:

1. Gebäudetyp: Jedem Modellgebäude (Gebäuderepräsentant) wird ein Gebäudetyp zugeteilt.
2. Konstruktionstyp: jeder Gebäuderepräsentant wird durch einen Konstruktionstyp beschrieben, dies in Abhängigkeit des Gebäudetyps.
3. Baujahr, Bauperiode: Zur Berechnung der Erstellungsenergie, der Wahrscheinlichkeit der Gebäudeerneuerung etc. wird jedem Modellgebäude eine Bauperiode zugewiesen. Dadurch kann unter Berücksichtigung der Lebensdauer von Bauteilen der noch nicht abgeschriebene Energieanteil berechnet werden, welcher im Gebäudepark enthalten ist.
4. Gebäudegrößenklasse
5. Hauptnutzung: Mix von Wohnen und diversen Wirtschaftsbranchen
6. Raumnutzung: Mix von verschiedenen Raumnutzungstypen

Zudem weist das Modellgebäude auf der Nutzungsebene eine oder mehrere Nutzungskategorien (charakterisiert durch Branchen) auf, welche die Hauptnutzung bzw. den Hauptnutzungsmix definieren (siehe Abbildung 3). Die Zuweisung ist dabei nicht uneindeutig und pro Gebäudetyp können mehrere Modellgebäude definiert werden, welche sehr unterschiedliche Hauptnutzungen aufweisen (z. B. ein Bürogebäude kann sowohl durch das Finanzwesen als auch durch die öffentliche Verwaltung genutzt werden. Entsprechend unterscheidet sich auch die Nutzungsart des Gebäudes und damit der spezifische Energiebedarf). Jeder Hauptnutzungskategorie ist zudem ein spezifischer Raumnutzungsmix zugeteilt, der eine Modellierung der Betriebsenergie basierend auf der Raumnutzung und den energiespezifischen Verwendungszwecken ermöglicht.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 3: In Gebäuderepräsentanten abgebildete Verknüpfung zwischen Gebäudetyp, Konstruktionstypen, Hauptnutzung (Wirtschaftsbranche) und Raumnutzung.

Durch die Verknüpfung von Gebäude und Raumnutzung können zum einen die unterschiedlichen SIA-Normenwerke mit in die Berechnungen einbezogen werden (siehe Tabelle 4) und zum anderen kann auf offizielle Grundlagen wie z. B. auf das Eidgenössische Gebäude- und Wohnungsregister (GWR), das Betriebs- und Unternehmensregister (BUR) oder die STATENT Bezug genommen werden.

Tabelle 4 Modellierungsebenen und Methoden.

Bilanzperimeter	Verwendungszweck	Modellierungsebene	Methode
Betriebsenergie	Beleuchtung	Raumnutzung	SIA 2024, SIA 380/4
	Geräte		
	Prozessanlagen		
	Lüftung/Klimatisierung		
	Allgemeine Gebäudetechnik		
	Wärme	Gebäude	SIA 380/1
Erstellungsenergie		Gebäude	SIA 2032

Quelle: TEP Energy

Im weiteren Verlauf dieses Unterkapitels werden die Merkmale der Gebäuderepräsentanten detailliert beschrieben, sowie die jeweiligen Verknüpfungen und Abhängigkeiten aufgezeigt.

2.4.2 Gebäudetypen

Die Einteilung der Gebäudetypen im Gebäudeparkmodell wird aufgrund der Klassifizierung des Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregisters (GWR (2014)) vorgenommen. Dabei entscheidend sind die beiden Merkmale Gebäudekategorie (GKAT-GWR) und Gebäudeklasse (GKLAS-GWR), welche in die Modellsprache des GPM überführt werden (siehe Tabelle 5). Dazu wird im GPM jeder Gebäudeklasse ein Gebäudetyp (GTYP-GPM) zugewiesen. Die Gebäudetypen lehnen sich an die in SIA 380/1 definierten Gebäudekategorien an, ergänzen diese aber in manchen Bereichen, um die Nutzung im Gebäude richtig abbilden zu können. Diese Unterscheidungen zwischen den SIA Gebäudekategorien und den Gebäudetypen im GPM sind aus Sicht der Autoren notwendig, um die gewünschten Verbesserungen in der Beschreibung der Energieflüsse zu erreichen.

Tabelle 5 Auf den Attributen GKAT-GWR und GKLAS-GWR des Eidgenössischen Gebäude- und Wohnregister basierende Definition der im Gebäudeparkmodell verwendeten Gebäudetypen:

Gebäudekategorie (GKAT-GWR)	Gebäudeklasse (GKLAS-GWR)	Gebäudetypen GPM (GTYP-GPM) ¹⁾
Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus	Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen	Mehrfamilienhaus
	Gebäude mit einer Wohnung	Einfamilienhaus
	Gebäude mit zwei Wohnungen	Mehrfamilienhaus
Wohngebäude mit Nebennutzung	Gebäude mit drei oder mehr Wohnungen	Mehrfamilienhaus
	Gebäude mit einer Wohnung	Einfamilienhaus
	Gebäude mit zwei Wohnungen	Mehrfamilienhaus
Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung	Andere Gebäude für kurzfristige Beherbergung	Hotelgebäude
	Lagergebäude	Lagergebäude
	Bürogebäude	Bürogebäude
Gebäude ohne Wohnnutzung	Garangengebäude	Verkehrsgebäude
	Gebäude des Nachrichtenwesens, Bahnhöfe, Abfertigungsgebäude und zugehörige Gebäude	Verkehrsgebäude
	Gebäude für Kultur- und Freizeitwecke	Kultur- und Freizeitgebäude
	Groß- und Einzelhandelsgebäude	Handelsgebäude
	Hotelgebäude	Hotelgebäude
	Industriegebäude	Industriegebäude
	Kirchen und sonstige Kultgebäude	Kultur- und Freizeitgebäude
	Krankenhäuser und Facheinrichtungen des Gesundheitswesens	Spital und Pflegeheime
	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	Landwirtschaftsgebäude
	Museen und Bibliotheken	Kultur- und Freizeitgebäude
	Schul- und Hochschulgebäude, Forschungseinrichtungen	Schulgebäude
	Sonstige Hochbauten, anderweitig nicht genannt	Sonstige Gebäude
	Sporthallen	Kultur- und Freizeitgebäude
	Wohngebäude für Gemeinschaften	Heime
	Behälter, Silos und Lagergebäude	Lagergebäude
Bürogebäude	Bürogebäude	

¹⁾ Die Gebäudetypen können unter Berücksichtigung der Mischnutzung auch in die Kategorien von Wüest & Partner (2004, 2014) überführt werden, wodurch ein Abgleich der EBF-Entwicklung möglich ist.

Quelle: GWR (2014), TEP Energy

2.4.3 Konstruktionstypen

Jedem Gebäuderepräsentant wird ein Konstruktionstyp zugewiesen. Bei den Konstruktionstypen handelt es sich um vordefinierte typische Konstruktionsweisen anhand der gängigen Baupraxis (siehe Tabelle 6). Diese wurden in Zusammenarbeit mit Lemon Consult GmbH definiert und anhand der unterschiedlichen Gebäudetypen den Gebäuderepräsentanten zugewiesen.

Der Vorteil einer Unterteilung in Konstruktionstypen ist die jeweils in grossen Teilen identische Zusammensetzung der Marktanteile an Bauteilen resp. Konstruktionen, unabhängig vom jeweiligen Gebäudetyp. Die jeweiligen Anteile der 4 Konstruktionstypen je Gebäudetyp ermöglichen somit eine einfache und nachvollziehbare Differenzierung. Die Zuweisung der Konstruktionstypen ist notwendig, um die Graue Energie in bestehenden Bauten sowie für Erneuerung und Erstellung zu berechnen.

Tabelle 6 Beschreibung der vier im Modell berücksichtigten Konstruktionstypen.

Konstruktionstyp	Beschreibung
Massivbau	Unter dem Konstruktionstyp „Massivbau“ wurden Gebäude zusammengefasst, welche in ihrer statischen Funktion überwiegend aus Mauerwerk und Beton bzw. Stahlbeton aufgebaut sind. Die Wände bestehen hierbei üblicherweise aus Backsteinen, Kalksandsteinen, Betonsteinen oder auch Porenbetonsteinen. Für Deckenkonstruktionen kommt bei Neubauten zumeist Stahlbeton zum Einsatz, bei Bestandsbauten können diese auch in Holzbauweise vorkommen.
Holzbau	Das statische Konstruktionsprinzip wird in Holzständer- oder Holzmassivbauweise erstellt. Sämtliche Haupt-Bauteile, wie Geschossdecken über Terrain, Aussenwand und tragende Innenwände sind mit einer Massivholzschicht oder in Holzständerbauweise erstellt. Untergeschosse im Erdreich sind äquivalent zum „Massivbau“ ausgeführt.
Skelettbau	Beim Skelettbau erfolgt die vertikale Lastabtragung überwiegend über einzelne, systematisch angeordnete Stützen, die Aussteifung mehrgeschossiger Gebäude erfolgt über Kerne (Treppenhaus, Lifte) oder über einzelne Wandscheiben. Als Skelettbauweise wurden zwischen typischen Konstruktionen in Beton-, Stahl- oder Holzbauweise unterschieden, wobei bei den nichttragenden Bauteilen und Ausfachungen diverse Konstruktionen möglich sind.
Hybridbau	Beim Konstruktionstyp „Hybridbau“ wurde von einer Mischkonstruktion aus Massivbau und Holzbau ausgegangen. Als möglicher Typus kann hier z. B. die Massivbauweise der tragenden Geschossdecken und Innenwände (z. B. aus Stahlbeton) und einer Fassade tragend oder nichttragend in Holzbauweise genannt werden.

Quelle: Lemon Consult, TEP Energy

2.4.4 Bauperioden

Der Gebäudebestand wird anhand des Erstellungsjahrs der jeweiligen Gebäude in 9 Bauperioden eingeteilt (siehe Tabelle 7), wobei sich diese auf Perioden mit ähnlichen Konstruktionsweisen (siehe z. B. Fischer et al. 2010, Kobler et al. 2015) und/oder geltenden Wärmedämmvorschriften (Jakob 2008) beziehen. Die Bauperioden sind daher nicht uniform über die Zeitachse verteilt.

Tabelle 7 Definition der Bauperioden mit Startjahr und Endjahr der berücksichtigten Gebäude, welche innerhalb der jeweiligen Periode erstellt wurden.

ID	Bauperiode	Beschreibung
BP1	vor 1920	Vorindustrielle Phase und Gründerzeit. Handwerklich geprägt, Fachwerkbau. Solide Bauweise mit beträchtlichen Wandstärken, vor allem bei Villen und im urbanen Raum
BP2	1920 bis 1946	Industrialisierung der Baustoffherstellung, kostengünstige, einfacher Materialien, materialsparender Konstruktionen, ein- und zweischaligen Mauerwerksbauten, etwas verbesserter Wärmeschutz durch verstärkten Einsatz von Bauelementen mit Luftkammern (zweischalige Bauweise, Hohlkörperdecken)
BP3	1947 bis 1975	Nachkriegs- und Wiederaufbau-, Hochkonjunkturbauten, im Bereich MFH geringe Raumhöhe, kleine Fensteranteile, zunehmend industrielle Bauweise, häufig mit geringen Wandstärken, häufig aus Beton
BP4	1976 bis 1990	Beginn von wärmetechnisch verbesserten Neubauten beginnend mit 4 bis 6 cm Dämmstärke, Zweifach-Isolierverglasung etc.
BP5	1991 bis 2009	Sukzessive Verschärfung der Wärmedämmvorschriften, Harmonisierung der Energievorschriften der Kantone
BP6	2010 bis 2020	Gültigkeit der MuKE n 2008
BP7	2020 bis 2030	Gültigkeit der MuKE n 2014
BP8	2030 bis 2040	
BP9	2040 bis 2050	

Quelle: Jakob (2008), Jakob et al. (2002) und darin zitierte Literatur, Fischer et al. (2010), Kobler et al (2013), Loga et al. (2015), Lemon Consult, TEP Energy

2.4.5 Hauptnutzung

Jedem Gebäude, d. h. jedem Repräsentanten, werden eine oder mehrere Hauptnutzungen zugeordnet, siehe Kap. 2.4.1. Wie in Abbildung 3 dargestellt, kann ein Gebäude mehrere Hauptnutzungen enthalten (im Fall von gemischt genutzten Gebäuden). Bei diesen Hauptnutzungen wird zwischen den beiden Sektoren „Wohnen“ und „Nicht-Wohnen“ unterschieden. Die Nicht-Wohnnutzung wird zusätzlich feiner unterteilt, mehrheitlich abgestützt auf die NOGA-Klassifizierung⁹ des Bundesamts für Statistik (BFS).

Die NOGA-Klassifizierung umfasst mehrere hierarchische Stufen und unterscheidet gemäss BFS 794 verschiedene wirtschaftliche Tätigkeiten, wobei jede Tätigkeit einem sechsstelligen Code entspricht (der „Art“ genannt wird). Für den Zweck der Gebäudeparkmodellierung werden verschiedene Branchen, Unterbranchen und „Arten“ in knapp 40 sogenannte Sub-Sub-Sektoren zusammengefasst.

Die vorgenommene Einteilung und Aggregation der Branchen und Arten zu Hauptnutzungen stützt sich zum einen auf energetische, gebäudetechnische und nutzungsspezifische Überlegungen und zum anderen auf Mobilitätsaspekte in Abhängigkeit vom Gebäudestandort, dies im Hinblick auf die Verwendung von Teilergebnissen dieses Projekts im Rahmen der Überarbeitung des SIA Merkblatts 2039 (SIA, 2011b). In Einzelfällen wurde eine weitergehende Unterteilung vorgenommen, welche auch die Betriebsgrösse gemäss BFS oder weitergehende Konstellationen berücksichtigt (z. B. Abgrenzung zwischen Detailhandel in kleinen Fachgeschäften und Einkaufszentren).

⁹ NOGA (Nomenclature Général des Activités économiques). Mittels dieser Klassifizierung werden Unternehmen und Arbeitsstätten aufgrund ihrer wirtschaftlichen Haupttätigkeit gruppiert, um statistische Analysen durchführen zu können.

Im Hinblick auf die Validierung und Kalibrierung der Modells wird bei der Definition der Hauptnutzungen zudem auf die Brancheneinteilung der Energieverbrauchserhebung zum Industrie- und Dienstleistungssektor Bezug genommen (Bendel et al. 2012). Die verwendeten Hauptnutzungskategorien, bezeichnet als Sub-Sub-Sektoren, und ihr Bezug zur Brancheneinteilung und zur NOGA-Klassifizierung sind in Tabelle 8 aufgeführt. Die Zuordnung von Sub-Sektoren und Sub-Sub-Sektoren zu den Gebäudekategorien des SIA 380/1 ist in Tabelle 39 im Anhang von Jakob et al. (2016a) dokumentiert.

Tabelle 8 Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie (prSIA 2040) basierend auf der NOGA-Klassifizierung.

prSIA 2040	Sub-Sub-Sektor	NOGA Code
Wohnen	1.1 Wohnen (EFH)	
	2.1 MFH Erstwohnungen	
Verwaltung ¹⁾	5.1 Poststellen	53
	6.1 IKT	58-63
	9.1 Finanzwesen	64-66
	10.1 Öffentl. Verwaltung	84
	12.2 Arztpraxen	862
	12.4 Sozialwesen	88
	14.1 Unternehmensdienstleistungen	68-74,77-82
	15.3 Persönliche andere DL	93, 96
Schulen	11.1 Volksschulen	851, 852, 853101
Lebensmittelladen	4.1 Detailhandel: Lebensmittel, gross	471, 472, 473
	4.2 Detailhandel: Lebensmittel, klein	
Fachgeschäft	4.3 Fachgeschäft gross	474-477
	4.4 Fachgeschäft klein	
Restaurant	8.1 Restaurants und Bars	561,563
¹⁾ Die Bürofläche von Industriebranchen sind nicht in dieser Kategorie enthalten		

Quelle: NOGA (2008), prSIA 2040, pr SIA 2039, TEP Energy

Tabelle 9 Hauptnutzungs- und Brancheneinteilung basierend auf der NOGA-Klassifizierung.

Sektor	Sub-Sektor (Branche)	Sub-Sub-Sektor (Hauptnutzung)	NOGA Code	
Haushalte	EFH	EFH		
	MFH	MFH Erstwohnungen und Wohngebäude mit Nebennutzung Zweitwohnungen		
Dienstleistungen	Grosshandel	Nahrungs- & Genussmittel	463	
		Nicht-Lebensmittel	45, 461-462,464-467,469	
	Detailhandel	Lebensmittel, gross		471, 472, 473
		Lebensmittel, klein		
		Fachgeschäft, gross		474-477
		Fachgeschäft, klein		
	Verkehr	Poststellen		53
		Postverteilzentren		
		Restlicher Verkehr		49-52
	IKT	Informations- & Kommunikationstechnik		58-63
	Beherbergung	Hotels		551
		Ferienunterkünfte		552, 553, 559
	Gastronomie	Restaurants & Bars		561,563
		Caterer		562
	Finanzwesen	Finanzwesen		64-66
	Öffentl. Verwaltung	Öffentl. Verwaltung		84
	Erziehungswesen	Volksschulen		851, 852, 853101
				853102, 853103, 853200
		Hochschulen		854
Sonstiger Unterricht			855,856	
Gesundheitswesen		Krankenhäuser		861
	Arztpraxen		862	
	Sonstiges Gesundheitswesen		75,869	
	Sozialwesen		88	
	Pflegeheime		871	
Heime	Altersheime & stationäre psychosoziale Betreuung		872,873,879	
Unternehmensdienstleistungen	Unternehmensdienstleistungen		68-74,77-82	
Andere Dienstleistungen	Bibliotheken, Museen, botanische & zoologische Gärten		91	
		restliche andere Dienstleistungen	90, 92, 94, 95	
		persönliche andere Dienstleistungen	93, 96	
LWT	Landwirtschaft	Landwirtschaft	01,02,03	
Industrie	Nahrungsmittel	Nahrungsmittel	10,11,12	
	Textil und Leder	Textil & Leder	13,14,15	
	Papier und Druck	Papier & Druck	17,18	
	Chemie und Pharma	Chemie & Pharma	20,21	
	Zement und Beton	Zement & Beton	233,235	
	Metalle und Mineralien	Metalle & Mineralien	231,232,234,236,237,239,24	
	Geräte und Maschinen	Geräte & Maschinen	25,26,27,28,29,30,33	
	Andere Industriezweige	Andere Industriezweige	07,08,09,16,22,31,32,38	
	Bau	Bau	41,42,43	
	Energie	Energie	19,35,36,37,39	

Quelle: NOGA (2008), TEP Energy

2.4.6 Raumnutzung

Die Raumnutzung beschreibt die Detailnutzung der Gebäuderepräsentanten und wurde basierend auf der Hauptnutzung (Wirtschaftsbranche) differenziert, um eine Anbindung der Norm SIA 2024 zu ermöglichen (SIA 2006a). Zu diesem Zweck wurde für jeden Sub-Sub-Sektor ein Flächennutzungsmix festgelegt (siehe Tabelle 22, Kap. 3.1.5). Die ursprünglichen Annahmen des SIA (MB SIA 2024: 2006) und von TEP Energy (Jakob und Catenazzi 2013) wurden bezüglich der Branchenzuweisung von Gebäudekategorien nach SIA 380/1 durch eine detailliertere Aufteilung nach Branchenzugehörigkeit erweitert und laufend aktualisiert, dies gestützt auf das neue MB SIA 2024 Raumnutzungen, Experteninterviews (geführt u. a. im Rahmen des Projekts Gebäudetechnikpotenziale), neuen Erkenntnissen aus spezifischen Studien und Fachunterlagen, einem intensiven Ideenaustausch mit den Autoren des MB SIA 2024 etc. Die Ergebnisse sind in Tabelle 22 im Kap. 3.1.5 dokumentiert.

2.5 Flächenschätzung und Geometriemodell

Um die Gebäuderepräsentanten weiter zu definieren, werden anhand eines Geometriemodells die gebäudespezifischen Flächen bestimmt. Zusätzlich wird ein Mengengerüst erstellt, welches den Gebäude- und Flächenbestand widerspiegelt. In den folgenden Abschnitten werden das Geometriemodell sowie das Mengengerüst weiter detailliert.

2.5.1 Geschoss- und Energiebezugsfläche Wohnen

Zur Berechnung der Energiebezugsfläche Wohnen in Ein- und Mehrfamilienhäusern, wird die Wohnfläche aus dem GWR (2014) verwendet. Da in der Wohnfläche jedoch nur die Nettofläche der Wohnungen erfasst ist, die Konstruktionsflächen und Verkehrsflächen ausserhalb der Wohnung jedoch fehlen, werden die Wohnflächen mit einem entsprechenden Faktor multipliziert, um diesem Umstand Rechnung zu tragen:

$$EBF_{\text{Wohnen EFH}} = 1.3 \cdot A_{\text{Wohnen}}$$

$$EBF_{\text{Wohnen MFH}} = 1.25 \cdot A_{\text{Wohnen}}$$

Die dabei verwendeten Faktoren beruhen auf einer Kombination der Auswertung des Kanton Luzerns (UWE, 2013) sowie Erfahrungswerten der Industrie (BFE, 2007). Um von der Energiebezugsfläche auf die gesamte Geschossfläche (EBF + nichtbeheizte Flächen) zu schliessen, wird auf eine Annäherung durch den Umrechnungsfaktor 0.9 basierend auf (SBB, 2000) zurückgegriffen. Es ist darauf hinzuweisen, dass diese Umrechnungsfaktoren bis zu einem gewissen Mass streuen, was mit dem verfolgten Modellierungsansatz grundsätzlich berücksichtigt werden kann.

$$\text{Geschossfläche}_{\text{Wohnen EFH}} = EBF_{\text{Wohnen EFH}}/0.9$$

$$\text{Geschossfläche}_{\text{Wohnen MFH}} = EBF_{\text{Wohnen MFH}}/0.9$$

2.5.2 Geschoss- und Energiebezugsfläche Nicht-Wohnen

Das Mengengerüst für die Geschoss- und Energiebezugsfläche Nicht-Wohnen wird basierend auf einer Verknüpfung des Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregister (GWR (2014)) und der Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT (2013)) erstellt, wobei die beiden Datensätze über die Georeferenzierung miteinander verknüpft sind. Durch diese Verknüpfung werden den Gebäudetypen unterschiedliche Nutzungen zugewiesen. Diese können im Falle von Schulen, Spitälern, etc. eindeutig sein, jedoch im Falle der Bürogebäude auch sehr verschieden.

Zur Berechnung der totalen Geschossflächen für Nicht-Wohngebäude wurde für eine Stichprobe von Gemeinden basierend auf der Verknüpfung von GWR (2014) und STATENT (2013) ein Regressionsmodell erstellt, das zur Hochrechnung des Gebäudebestandes basierend auf der STATENT (2013) (die für die ganze Schweiz komplett ist) verwendet werden kann. Konkret wurde folgendes Verfahren angewandt:

1. Verschneiden der Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT (2013)) mit dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR (2014)) für eine Stichprobe von Gemeinden mit guter Datenqualität
2. Berechnen der Geschossfläche anhand der Grundfläche und der Anzahl Stockwerke
3. Erstellen eines Regressionsmodells mit der Geschossfläche als unabhängige Variable und der branchenspezifischen Anzahl Arbeitsstätten und Beschäftigten (und gemeindespezifischen Attributen) als unabhängige Variablen.
4. Hochrechnung der Geschossfläche der Nicht-Wohngebäude anhand des Regressionsmodells und der STATENT (2013).

Für die Stichprobe wurden insgesamt 123 Gemeinden identifiziert, für die das GWR (2014) zu einem grossen Teil vollständig ist, vor allem in Bezug auf die Anzahl Gebäude und die für die Erstellung des Mengengerüsts relevanten Daten. Die Gemeinden wurden auf Grund der folgenden Kriterien identifiziert:

- Verknüpfung GWR (2014) - STATENT (2013) für mindestens für 70% der Betriebe.
- Die Merkmale Gebäudefläche (GAREA), die Gebäudeklasse (GKLAS) und Gebäudekategorie (GKAT) müssen für die Mehrheit der Gebäude des GWR befüllt sein (mehr als 90% für GAREA und mehr als 95% für GKAT und GKLAS).
- Nicht-Wohngebäude müssen gleichmässig über die Bauperioden verteilt sind (Anteil einer Bauperiode muss kleiner 50% sein) zur Sicherstellung, dass nicht nur neue Nicht-Wohngebäude erfasst wurden.
- Es wurden nur Gebäude mit Heizsystem berücksichtigt.

Ein Vergleich der für die Stichprobe berücksichtigten Gemeindetypen mit der schweizweit vorkommenden Anzahl des jeweiligen Gemeindetyps ist in Tabelle 10 aufgeführt. Mit gut 7% bis knapp 30% der Einwohner bzw. der Beschäftigten ist die Abdeckung bei den zentralen und urbanen Gemeindetypen relativ gross. Diese Gemeindetypen umfassen einen Grossteil der Einwohner und Beschäftigten (drei Viertel bzw. vier Fünftel).

Tabelle 10 Stichprobenrepräsentativität bzgl. Einwohner und Beschäftigten nach Gemeindetypen.

Gemeindetypen	Einwohner			Beschäftigte		
	CH	Stichprobe		CH	Stichprobe	
Zentren	2'350'615	552'172	23.5%	2'219'153	631'737	28.5%
Suburbane Gemeinden	2'270'087	193'947	8.5%	1'329'491	116'994	8.8%
Einkommensstarke Gemeinden	357'842	64'054	17.9%	129'866	23'101	17.8%
Periurbane Gemeinden	828'369	64'304	7.8%	245'578	17'946	7.3%
Touristische Gemeinden	264'630	2'743	1.0%	160'098	1'404	0.9%
Industrielle und tertiäre Gemeinden	757'867	7'619	1.0%	392'685	2'957	0.8%
Ländliche Pendlergemeinden	460'286	16'719	3.6%	138'027	4'196	3.0%
Agrar-gemischte Gemeinden	510'857	14'058	2.8%	211'551	4'211	2.0%
Agrarische Gemeinden	69'581	1'831	2.6%	28'296	679	2.4%
TOTAL	7'870'134	917'447	11.7%	4'854'745	803'225	16.5%

Quelle: BFS (Gemeindetypen, Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung nach Bezirken und Gemeinden, GWR (2014)), Auswertung und Darstellung TEP Energy

Am geringsten ist die Abdeckung bei den touristischen und bei den industriellen und tertiären Gemeinden, wobei die Anzahl Gebäude bzw. Arbeitsstätten auch bei diesen aus statistischen Gesichtspunkten noch genügend gross ist. Da das Verhältnis zwischen dem jeweiligen Anteil der Stichprobengrösse an der Gesamtgrösse nicht kongruent ist, wurde der Gemeindetyp in das Regressionsmodell mit einbezogen. Damit kann geprüft werden, ob der Gemeindetyp einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Flächenbedarf pro Beschäftigten hat.

Mit dem Regressionsmodell wird ein Bezug zwischen der Geschossfläche des Gebäudes und den Daten der STATENT (2013) hergestellt. Die ganze Geschossfläche der Gebäude wurde dabei basierend auf folgender Annahme anhand der Grundfläche und Anzahl Stockwerke abgeschätzt:

$$\text{Geschossfläche}_{\text{Gebäude}} = \text{Grundfläche} \cdot \text{AnzahlStockwerke}$$

Das Attribut der Anzahl Stockwerke des GWR (2014) umfasst die Stockwerke über Terrain (nur ganze Zahlen). Daher wurde die Anzahl Untergeschosse¹⁰ abgeschätzt, dies basierend auf folgender Annahme:

$$\text{AnzahlStockwerke}_{UG} = \log_{10}(\text{AnzahlStockwerke}_{OG} + 1)$$

Bei 2 Obergeschossen ergeben sich entsprechend im Mittel knapp ein halbes, bei 10 ein ganzes Untergeschoss. Dabei kann es sich um beheizte Untergeschosse in Terrassenüberbauungen, Wohngebäude an Hanglagen, Spitäler, Läden, Bürogebäude etc. handeln

Die resultierende Geschossfläche wurde danach für eine Stichprobe von Gebäuden mittels eines linearen Regressionsmodells gemäss folgender Gleichung mit den Beschäftigten x_i , der Anzahl Arbeitsstätten y_i und weiteren gemeindespezifischen Attribute z_j in Beziehung gesetzt, wobei der Index i für die verschiedenen Branchen steht.

¹⁰ Bei den Untergeschossen wurden ebenfalls Teilgeschosse berücksichtigt, wobei nur der beheizte Anteil von Relevanz ist.

$$Geschossfläche_{Gebäude} = \sum \alpha_i y_i + \sum \beta_i x_i \sum \gamma_j z_j + \text{Interaktionseffekte} + \beta_0$$

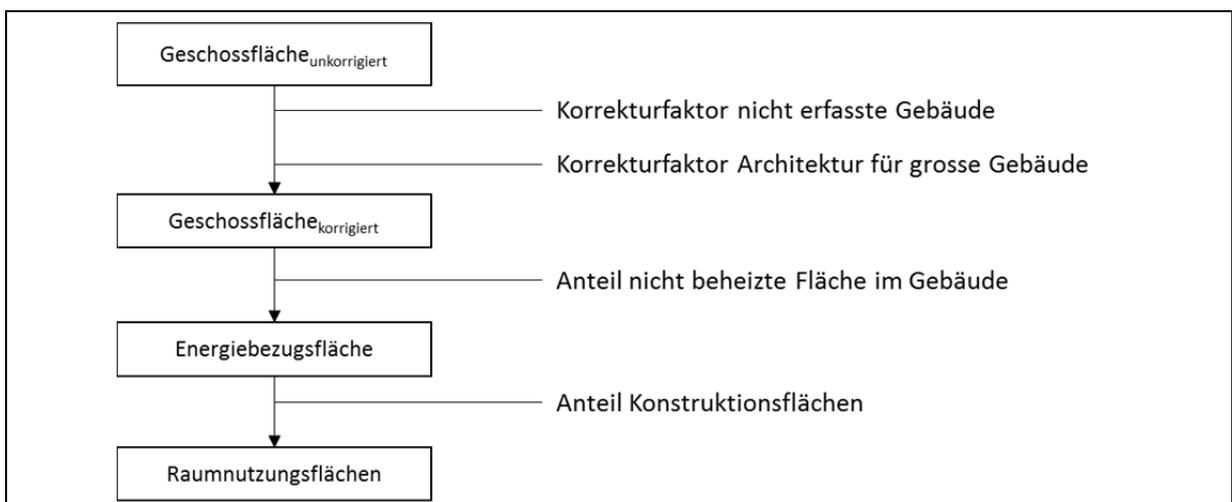
Die in das Regressionsmodell mit einbezogenen Attribute sowie die resultierenden Regressionskoeffizienten und ihre Standardfehler sind im Anhang in Tabelle 45 aufgeführt.

Basierend auf diesen Koeffizienten wurde mittels der STATENT (2013)-Daten die Geschossfläche pro Branchensektor für die ganze Schweiz hochgerechnet.

Die Hochrechnungsergebnisse aus dem Regressionsmodell wurden in einem Postprocessing-Verfahren nachträglich korrigiert um unterschiedlichen, nicht berücksichtigten Aspekten Rechnung zu tragen (siehe Abbildung 4). In einem ersten Schritt wurde die hochgerechnete Geschossfläche mit zwei Korrekturfaktoren multipliziert:

- Auch in der Stichprobe konnten nicht alle Nicht-Wohngebäude mit einem Betrieb verknüpft werden. Dies betrifft insbesondere Lagergebäude oder Produktionsgebäude, die nicht mit dem dazugehörigen Betrieb verknüpft werden konnten, da dieser dem danebenstehenden Bürogebäude zugeteilt wurde. Die Geschossflächen für diese Gebäude wurden entsprechend erhöht.
- Die zugrunde liegende Annahme, dass die Geschossfläche aus der Multiplikation von Grundfläche und Anzahl Stockwerke berechnet werden kann, stimmt vor allem bei sehr grossen Gebäuden nicht, da dort auch unterschiedliche und oft komplexere Gebäudegeometrien vorkommen können (z.B. Spital mit Bettenturm). Die Geschossflächen wurden entsprechend in Abhängigkeit der Gebäudegrösse und Gebäudekategorie nach unten korrigiert.

In einem nächsten Schritt wurde die korrigierte Geschossfläche zur Energiebezugsfläche umgerechnet auf Basis von Annahmen zu nicht-beheizten Flächen in den Gebäuden in Abhängigkeit der Branche. Dabei wird ebenso wie für die Wohngebäude von einem Anteil von durchschnittlich 10% nicht beheizte Fläche ausgegangen. Dieser Umrechnungsfaktor beinhaltet sowohl die Geschossfläche über- und unterirdisch, im Modell werden die beheizten Flächen jedoch präferenziell auf die überirdischen Geschosse verteilt. Für gewisse Nutzungsformen wurde dieser Anteil jedoch noch erhöht, um den entsprechenden Nutzungen Rechnung zu tragen (z.B. Kühlräume im Detailhandel und Restaurants oder offene Lagerräume und Anlieferungsanlagen in Grosshandel und Industrie).



Quelle: TEP Energy

Abbildung 4 Korrekturfaktoren der berechneten Flächen.

In einem letzten Schritt wurde zur Verwendung der Raumnutzungsflächen der Anteil an Konstruktionsflächen von der Energiebezugsfläche abgezogen. Der Anteil der Konstruktionsflächen variiert nach Gebäudegrösse und Gebäudetyp.

2.5.3 Gebäudegrössenklassen

Die Gebäudegrösse bzw. die Fläche der mit einer energetischen Anlage verbundenen Gebäude ist u. a. relevant, um den Heizleistungsbedarf und damit die Grösse der Heizanlagen zu bestimmen, da deren spezifische Kosten stark grössenabhängig sind. Deshalb wird der Gebäudebestand zusätzlich nach der jeweiligen Gebäude- bzw. Anlagengrösse in m² EBF klassifiziert (siehe Tabelle 11, Bezugnehmend auf die Definition in Gantner et al. (2000)). Die Grössenklassenverteilung ergibt sich aus der Grössenverteilung der Arbeitsstätten aus der STATENT (2013), ihrer Zuordnung zu den Gebäuden des GWR (2014) und den berechneten Flächen wie oben stehend beschrieben. In die Modellberechnungen fliessen die Mittelwerte der jeweiligen Grössenklasse ein, d. h., jedem Gebäuderepräsentanten werden jeweils eine Grössenklasse und der entsprechende Mittelwert zugeordnet.

Tabelle 11 Aufteilung der Gebäudegrössenklassen (GKL) in 7 Kategorien. Der jeweilige Mittelwert der EBF wird für die Definition herangezogen.

GKL	Bezeichnung, typischer Fall	Mittelwert (m ² EBF)	min (m ² EBF)	max (m ² EBF)
KL1	Ein- und Zweifamilienhaus	180	80	331
KL2	Kleines MFH (3-9 Whg.)	580	331	960
KL3	Grosses MFH (10-20 Whg.)	1200	960	1730
KL4	Mittleres Bürogebäude	2800	1730	5000
KL5	Spital, Schule	8500	5000	15000
KL6	Einkaufszentrum	21000	15000	30000
KL7	Nahwärmeverbund	60000	30000	100000

Quelle: TEP Energy

2.5.4 Gebäudegeometrie

Zur Berechnung der Gebäudegeometrie wurde das 3D-Modell der Schweiz SWISSBUILDINGS2.5D mit dem GWR (2014) basierend auf der Gebäudekoordinate verknüpft und als Input für das Geometriemodell genutzt.

Dabei ist der Umstand zu beachten, dass das GWR und das 3D-Modell nicht dieselbe Gebäudedefinition verwenden. Im 3D-Modell kann ein Gebäudegrundriss auch mehrere Gebäude des GWR umfassen, wie im Fall von zusammengebauten Gebäuden (Reihenhaus, Blockrandbebauung, Terrassenüberbauungen). Daher wurde für erfolgreich verknüpfte Gebäude eine Verteilung für die Anzahl Stockwerke pro Gebäudetyp und Grössenklasse sowie eine Verteilung für das Verhältnis Gebäudeumriss / Grundfläche ebenfalls pro Gebäudetyp und Grössenklasse erstellt. Diese fungieren als Input für das GPM zur Berechnung der Gebäudegeometrie der Gebäuderepräsentanten (die Gebäudegeometrie ist ein zentraler Input für die Berechnung des Raumwärmebedarfs).

Ausgangslage der Berechnung ist die EBF und die Geschossfläche der Gebäuderepräsentanten (siehe Abbildung 5). Aufgrund des Gebäudetyps und der Grössenklasse wird über Verteilungen gemäss Nägeli (2013) die Anzahl Geschosse sowie das Verhältnis Umriss/Grundfläche festgelegt, siehe unten stehende Erläuterungen.

Dann wird basierend auf den Gebäudetyp die Anteile des Dachtyps (Steil- oder Flachdach) festgelegt sowie, ob das Gebäude unterkellert ist oder nicht. Die Anzahl Geschosse im Untergrund wird danach

gleich wie beim Regressionsmodell auf Basis der Anzahl Stockwerke über Terrain berechnet. Da es sich dabei jedoch gemäss Annahmen nur um die beheizten Anteile handelt, sowie gewisse Gebäuderepräsentanten gar keine Geschossfläche unter Terrain aufweisen, wird die total berechnete Anzahl Untergeschosse mit einem Faktor 2 korrigiert. Da die Funktion zur Berechnung der Anzahl Untergeschosse nicht nur eine diskrete Anzahl Stockwerke ergibt, wird die Anzahl auf ganze Stockwerke abgerundet ($1.3 = 1$ Stockwerk unter Terrain). Dabei wird das verbleibende Volumen (0.3) seitlich angefügt (sprich die Bodenplatte wird vergrössert). Damit kann dem Umstand Rechnung getragen werden, dass viele Kellergeschosse, vor allem solche mit Tiefgaragen, auch seitlich über den Gebäudegrundriss herausragen.

$$\text{AnzahlStockwerke}_{UG,beheizt} = \log(\text{AnzahlStockwerke}_{OG} + 1)$$

$$\text{AnzahlStockwerke}_{UG,unkorrigiert} = \log(\text{AnzahlStockwerke}_{OG} + 1)$$

$$\text{AnzahlStockwerke}_{UG,korrigiert} = \text{abs}(\text{AnzahlStockwerke}_{UG,unkorrigiert})$$

$$\text{AnteilSeitlichesVolumen} = \frac{\text{AnzahlStockwerke}_{UG,unkorrigiert} - \text{AnzahlStockwerke}_{UG,korrigiert}}{\text{AnzahlStockwerke}_{UG,unkorrigiert}}$$

Die Geschossfläche kann so auf über und unter Terrain verteilt werden.

$$\text{Anteil UG} = \frac{\text{AnzahlStockwerke}_{UG,unkorrigiert}}{\text{AnzahlStockwerke}_{OG} + \text{AnzahlStockwerke}_{UG,unkorrigiert}}$$

$$\text{Anteil OG} = \frac{\text{AnzahlStockwerke}_{OG}}{\text{AnzahlStockwerke}_{OG} + \text{AnzahlStockwerke}_{UG,unkorrigiert}}$$

Darauf aufbauend wird die EBF verteilt, jedoch wird hier berücksichtigt, dass die beheizte Fläche mehrheitlich über Terrain liegt. Daher wird die EBF bevorzugt auf die Geschossfläche über Terrain verteilt und erst danach auf die Fläche unter Terrain.

Die Grundfläche auf Terrain kann so berechnet werden:

$$\text{Grundfläche} = \frac{\text{Geschossfläche} \cdot \text{AnteilOG}}{\text{AnzahlStockwerke}_{OG}}$$

Durch das definierte Verhältnis von Umriss zu Grundfläche und der Grundfläche kann der Umriss berechnet werden.

$$\text{Umfang} = \text{Grundfläche} \cdot \text{Verhältnis Umriss zu Grundfläche}$$

Die Gebäudehüllfläche wird folgendermassen berechnet:

$$\begin{aligned} \text{Fassadenfläche} \\ &= \text{AnzahlGeschosse} \cdot (\text{Geschosshöhe} + \text{Zwischengeschossraum}) \\ &\cdot \text{Umfang Anteil Umfang angebaut} \end{aligned}$$

$$\text{Assenwände gegen Aussenluft} = \text{Fassadenfläche} \cdot (1 - \text{Fensteranteil})$$

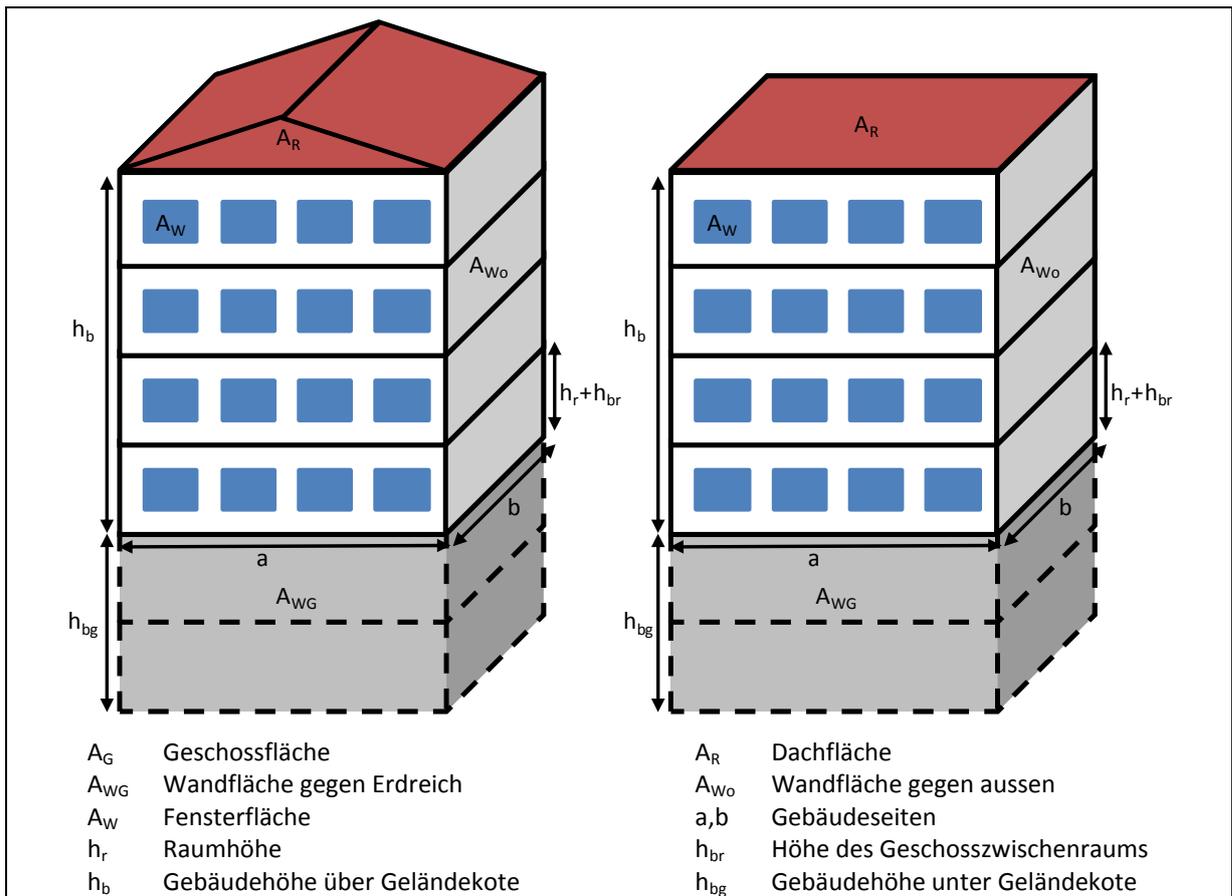
$$\text{Fensterfläche} = \text{Fassadenfläche} \cdot (\text{Fensteranteil})$$

$$\text{Dachfläche}_{\text{Flachdach}} = \text{Grundfläche}$$

$$\text{Dachfläche}_{\text{Steildach}} = \text{Grundfläche} \cdot \sqrt{2}$$

$$\text{Aussenwand}_{\text{unterTerrain}} = \text{AnzahlGeschosse}_{\text{unterTerrain}} \cdot (\text{Geschosshöhe} + \text{Zwischengeschossraum})$$

$$\text{Bodenfläche}_{\text{Keller}} = \frac{\text{Geschossfläche}_{\text{unterTerrain}}}{\text{AnzahlGeschosse}_{\text{unterTerrain}}}$$



Quelle: TEP Energy

Abbildung 5 Darstellung der Teilflächen und Masse zur Berechnung des Geometriemodells.

2.6 Erstellung der Gebäuderepräsentanten

Um aus Effizienzgründen nicht jedes Gebäude in der Schweiz individuell zu modellieren, wird eine Auswahl davon in Form von Repräsentanten abgebildet. Diese Repräsentanten werden im Modell synthetisch erzeugt. Hierbei wird wie folgt vorgegangen:

- Jedem Repräsentanten wird sowohl eine Bauperiode als auch ein Baujahr zugewiesen. Für bestehende Gebäude basiert die Zuweisung der Bauperiode auf dem GWR (2014), währenddessen die Einteilung der Repräsentanten nach Baujahr gleichmässig innerhalb der einzelnen Bauperioden erfolgt. Die Anzahl Repräsentanten für die zukünftigen Gebäude pro Baujahr (und folglich Periode) wird hingegen anhand des EBF Bedarfs ermittelt. Dieser ergibt sich aus

der Abrissrate (siehe Kap. 2.9.1) sowie der Anzahl Beschäftigte pro Sub-Sub-Sektor und der erwarteten EBF pro Beschäftigte.

- Basierend auf einer bauperioden-abhängigen Wahrscheinlichkeitsverteilung werden jedem Repräsentanten ein Gebäudetyp und eine Grössenklasse zugeordnet, siehe Kap. 3.1.1 und 3.1.3.
- Für jede Kombination aus Gebäudetyp und Grössenklasse wird die Anzahl unterschiedlicher Nutzer (Sub-Sub-Sektoren) und deren Flächenanteil am Gebäude bestimmt, siehe Kap. 3.1.4. Diese Unterteilung trägt dem Umstand Rechnung, dass die Nutzungsverteilungen in unterschiedlichen Gebäudetypen und -grössen sehr verschieden sein können. Während beispielsweise in einem Spitalgebäude der Grossteil der Fläche vom Spital selber und nur ein kleiner Anteil von Läden oder Bar/Restaurant genutzt wird, lässt sich der Flächenbedarf in einem Bürogebäude eher gleichmässig auf die unterschiedlichen Nutzer (z. B. Finanzbranche, Beratung und Detailhandel) aufteilen.
- Schlussendlich wird jedem Repräsentanten das Abrissjahr, die Konstruktionsart (Massivbau, Skelettbau, etc., siehe Kap. 3.1.1), Geometrie der Gebäudehülle (inkl. Dachtyp und –neigung), Energiewerte (U-Werte, etc., Kap. 3.2), die vorhandene Technik (mit/ohne Lüftung und Kühlung), sowie der verwendete Energieträger (Kap. 3.2.2) zugewiesen. Dies erfolgt anhand von Wahrscheinlichkeitswerten, welche sich je nach Bauperiode und Gebäudeart (EFH, MFH und Nicht-Wohngebäude) unterscheiden.

Die gewählte Anzahl Repräsentanten ist dabei entscheidend: Eine zu tiefe Anzahl an Repräsentanten in einzelnen Sektoren oder Bauperioden kann dazu führen, dass die Gesamtheit der Gebäude dieses Sektors oder dieser Periode nicht vollständig repräsentiert wird, weil beispielsweise eine spezifische Gebäudeeigenschaft eines Repräsentanten (z. B. Heizsystem, U-Werte, etc.) nicht oder nur stark untervertreten vorkommt. Auf der anderen Seite nimmt mit steigender Anzahl an Repräsentanten der Rechenbedarf stark zu. Für einen guten Kompromiss zwischen zuverlässigen und repräsentativen Ergebnissen und einem vertretbaren Rechenaufwand, wurde für bestehende Gebäude (gebaut vor 2010) eine Anzahl von 300'000 Repräsentanten gewählt. Zwischen 2010 und 2050 werden Gebäude abgerissen, teilweise komplett ersetzt und auch neu gebaut. Während sich durch den Abriss die Anzahl Repräsentanten bestehender Gebäude um rund 50'000 (von den 300'000) reduziert, kommen bis ins Jahr 2050 159'921 neue Repräsentanten für neue Gebäude (gebaut nach 2010) hinzu.

2.7 Modellierung der Betriebsenergie

Die Modellierung der Betriebsenergie erfolgt mittels Definition von sogenannten Energiediensten, welche jeweils einen konkreten Nutzen stiften (z. B. Wärme, warmes Wasser, Licht, frische Luft, gekühlte Produkte, Kommunikationsdienste etc.). Diese Energiedienste werden zur Vergleichbarkeit mit vorliegenden Normen und Analysen zu sogenannten Verwendungszwecken aggregiert. Die entsprechenden Definitionen und die spezifischen methodischen Ansätze für die Berechnung der Energieverbräuche dieser Energiedienste sind nachfolgend aufgeführt.

2.7.1 Energiedienste und ihre Zuordnung zu den energetischen Verwendungszwecken

Im folgenden Unterkapitel werden die flächenspezifischen Kennwerte und Treiber aufgeführt, die im GPM eingesetzt werden und in ihrer Gesamtheit die Ausstattungs- und Nutzungsintensität von Energiediensten im Gebäudepark widerspiegeln. Dabei erfolgt die Zuteilung der Energiedienste im GPM analog den in SIA 2040 (SIA, 2011b) definierten Verwendungszwecken (siehe Tabelle 12). Die gebäude- und raumbezogenen Energiedienste können grundsätzlich in allen Gebäudetypen und in allen Branchen vorkommen. Je Energiedienst werden jeweils ein Treiber für das sektorspezifische Mengengerüst, ein Treiber für den Energiedienst und ein Parameter für die spezifische Einheitendefinition der Treiber erfasst. Anhand der Energiedienste Beleuchtung, Wärme (Raumheizung und Warmwasser) und Betriebseinrichtungen (z. B. IKT Büro) wird das Vorgehen exemplarisch aufgezeigt. Die Ge-

samtübersicht der eingesetzten Treiber zeigt Tabelle 13. Die Verknüpfung der Kennwerte zur Berechnung der Betriebsenergie wird darauffolgend in Kap. 2.7.2 beschrieben.

Tabelle 12 Zuteilung der im GPM abgebildeten Energiedienste auf die Verwendungszwecke nach SIA 2040 und SIA 380.

		SIA 2040 Verwendungszwecke				
		Beleuchtung	Geräte	Lüftung/ Klima	Allgemeine Gebäudetechnik, Prozessanlagen	Wärme
TEP Gebäudeparkmodell Energiedienste	Beleuchtung	X				
	IKT Büro, Geräte in Haushalte		X			
	IKT Servers + Infrastruktur		X			
	IKT Rechenzentren		X			
	Kühlung von IKT Rechenzentren			X		
	Klimakälte			X		
	Lüftung			X		
	Umwälzpumpen und andere Hilfsaggregate					X
	Aufzüge				X	
	Diverse Gebäudetechnik				X	
	Kochen (Restaurant, Haushalte)				X	
	Waschen				X	
	Kühl- und Gefriergeräte		X			
	Raumheizung					X
	Warmwasser					X

Quelle: TEP Energy

2.7.2 Berechnungsmethodik Betriebsenergie

Die Berechnung der Betriebsenergie erfolgt basierend auf der Zuordnung der Raumnutzungen gemäss SIA 2024 zu den Gebäudekategorien und Branchen (siehe Kap. 2.4.1) sowie der Zuordnung der Energiedienste zu den Raumnutzungen und anhand von spezifischen Kennwerten für die verschiedenen Energiedienste. Zur Berechnung der Betriebsenergie werden alle im Gebäude anfallenden Energieanwendungen (also inkl. Geräte) mit Ausnahme von Prozessanlagen des Industriesektors modelliert.

Die Modellierung der Betriebsenergie wird dabei entsprechend dem Aufbau des Mengengerüsts ebenfalls auf zwei Ebenen ausgeführt.

1. Die durch die Haupt- und Raumnutzung definierten Verwendungszwecke der Betriebsenergie werden basierend auf gebäudetechnischen Überlegungen und spezifischen Normen SIA 380/4 (SIA, 2006b) und Quellen (u. a. Jakob et al. 2016a) oder abstrakt mittels MB SIA 2024 modelliert.
2. Der Raumwärmebedarf des Gebäudes wird auf Gebäudeebene anhand der SIA 380/1 modelliert (SIA, 2009).

Die Raumnutzungstypen gemäss SIA 2024 dienen bei der Modellierung der strombasierten Energiedienste und bei der Festlegung der energietechnischen Kennwerte als Richtschnur. Damit wird ein Bezug zwischen den grundlegenden Treibern und Rahmenparametern einerseits sowie Energiediensten (Technik und Nutzung) andererseits, welche oft nur auf Gebäudeebene vorliegen, ermöglicht (sie-

he Tabelle 13). Pro Branche können deshalb für verschiedene Energiedienste unterschiedliche Treiber zur Anwendung kommen. Die IKT-Nutzung ist zum Teil beschäftigtenabhängig, die Nachfrage nach Kochen, Waschen und Trocknen im Hotel- und Gastgewerbe sowie im Gesundheitswesen von der Anzahl Gäste sowie der Übernachtungen und Hospitalisierungen etc. und damit indirekt von der Anzahl Beschäftigten. Einige dieser Treiber sind also spezifisch für einzelne Sektoren (beispielsweise die Anzahl Gäste oder die Bettenkapazität im Hotel-Sektor, etc.).

Die Treiber pro Energieanwendung können daher unter Umständen mit den Treibergrössen des Hauptmengengerüsts identisch sein, aber nicht in allen Fällen. Mit den energiebedarfsbestimmenden Grössen kann zudem berücksichtigt werden, dass noch alle Gebäude bzw. Räume bzw. Arbeitsplätze etc. vollständig mit den jeweils in Frage kommenden Energiediensten ausgerüstet sind (z. B. belüftete Fläche, gekühlte Fläche, etc.). Diese energiebedarfsbestimmenden Grössen ergeben sich oft durch einen Ausrüstungsgrad oder eine Diffusionskurve als Funktion der Zeit, welche mit den geeigneten Treibern des Hauptmengengerüsts multipliziert werden. Entsprechend werden für jede der Ebenen Raumnutzung, Branche oder Gebäude eine oder mehrere Energiedienstleistungen definiert. Damit werden die verschiedenen Geräte, die gebäudebezogenen Technologien und andere Technologien, die für einen grossen Teil des Stromverbrauchs verantwortlich sind, explizit abgebildet.

Der Raumwärmebedarf des Gebäudes hingegen wird auf Gebäudeebene anhand der SIA 380/1 modelliert, bezieht jedoch die Gebäudenutzung mit ein (z. B. die durchschnittliche Raumtemperatur und die internen Wärmelasten werden basierend auf der Raumnutzung definiert und pro Gebäuderepräsentant aggregiert). Der Gebäudezustand eines bestimmten Repräsentanten ist hierbei diskret (Bauteil x wärme gedämmt oder nicht) und nicht ein Mittelwert von mehreren Zuständen. Die sich daraus ergebenden energetischen Charakteristika hängen von Attributen wie Gebäudetyp, Bauperiode, geometrischen Verhältnissen und Gebäudenutzung ab.

Tabelle 13 Die im Modell definierten Energiedienste mit ihren bedarfsbestimmenden Grössen.

	Treiber	Treiber Energiedienste
Beleuchtung	EBF pro Sektor	Beleuchtete Fläche in % pro EBF
IKT Büro	Anzahl Beschäftigte pro Sub-Sektor/ Anzahl Bewohner	Anzahl Arbeitsplätze/ Anzahl Computer pro Bewohner
IKT Server + Infrastruktur	Anzahl Beschäftigte pro Sektor	Server pro Beschäftigter
IKT Rechenzentren	Anzahl Beschäftigte pro Sektor	Server pro Beschäftigter
Kühlung von IKT Rechenzentren	Anzahl Beschäftigte pro Sektor	Server pro Beschäftigter
Klimatisierung	EBF pro Sektor	Gekühlte Fläche in % pro EBF
Lüftung	EBF pro Sektor	Belüftete Fläche in % pro EBF
Umwälzpumpen und andere Hilfsaggregate	EBF pro Sektor	-
Aufzüge	EBF pro Sektor	Anzahl Aufzüge pro Beschäftigten/Bewohner
Diverse Gebäudetechnik	EBF pro Sektor	Benutzungsindex
Kochen	Anzahl Beschäftigte pro Sektor / Bewohner	Anzahl Mahlzeiten pro Beschäftigte
Waschen	Anzahl Beschäftigte pro Sektor / Bewohner	Waschen pro Beschäftigten/Bewohner
Kühlgeräte	Anzahl Beschäftigte/ Bewohner pro Sektor	Kühlgeräte pro Beschäftigten / Laufmeter pro Beschäftigten in Detailhandel
Raumheizung	EBF pro Sektor und GTYP-GPM	EBF
Warmwasser	EBF pro Sektor	Liter Warmwasser pro Beschäftigter/Bewohner

Quelle: TEP Energy

2.8 Primärenergiebedarfs- und Treibhausgasbilanz

Der Energiebedarf setzt sich aus 2 Teilmengen zusammen, zum einen aus der Betriebsenergie, welche aufgewendet werden muss, um die Nutzung des Gebäudes sicherzustellen oder die aus der Nutzung der Gebäude resultiert und zum anderen aus der Erstellungsenergie, die beim Bau und allfälligen Erneuerungsmassnahmen des Gebäudes aufgewendet wurden. Die Definition und Berechnung der beiden Energiemengen werden im Folgenden beschrieben.

2.8.1 Bilanzierungsmethodik von Bestand und Neubau in der Gebäudeparkbetrachtung

Die Modellierungen der grauen Energie mit dem Gebäudeparkmodell umfassten bisher die Graue Energie für die Bereitstellung der Endenergie gemäss dem Ansatz des kumulierten Energieaufwands (siehe Wallbaum et al. 2009, 2010, Jakob et al. 2013b). In Erweiterung dazu wird neu auch die Graue Energie des Materialeinsatzes der Gebäude mit modelliert.

Bilanziert werden hierbei die Primärenergie und die Treibhausgasemissionen, die für die Herstellung, den Transport, die Montage und die Entsorgung von Materialien, welche beim Neubau des Gebäudes und bei der Erneuerung der verschiedenen Gebäudeelemente zum Einsatz kommen. Gemäss SIA 2040 werden diese Primärenergie und die damit verbundene THG-Emissionen mit „Erstellung“ bezeichnet (in diesen Bericht mit einem tiefgestellten Index _{Erst.} versehen). Erreicht ein Bauteil oder eine energetische Anlage das Ende seines Lebenszyklus, muss es instandgesetzt, erneuert oder ersetzt werden, wodurch erneut Erstellungsenergie benötigt wird und entsprechende Emissionen anfallen.

Grundsätzlich können unterschiedliche Methoden zur Anwendung kommen, um die Primärenergie_{Erst} und die Treibhausgasemissionen_{Erst} auf die Betriebsphase zu allozieren. Im Wesentlichen können zwei Prinzipien grundlegend unterschieden werden:

- Investitionsprinzip: PE_{Erst} und $THGE_{Erst}$ werden komplett demjenigen Jahr zugeordnet, in dem die entsprechenden Materialien und Gebäudeelemente eingebaut bzw. installiert werden. Dieses Prinzip kann auch als „direkte Anrechnung“ bezeichnet werden.
- Abschreibungsprinzip: PE_{Erst} und $THGE_{Erst}$ werden über eine gewisse Zeitspanne während der Benutzung der entsprechenden Materialien und Gebäudeelemente „verteilt“, d. h. ähnlich wie Investitionen im ökonomischen Sinn abgeschrieben. Hierbei können verschiedene Abschreibungsansätze zur Anwendung kommen, siehe entsprechende Differenzierung in Kap. 2.8.2 weiter unten.

Wie bereits in Jakob et al. (2013b) ausgeführt, ist der Unterschied der beiden methodischen Ansätze unmittelbar nachvollziehbar, wenn nur eine einzelne Massnahme bei einem einzelnen Gebäude betrachtet wird:

- Beim Investitionsprinzip ergibt sich ein Peak beim Zeitpunkt der Massnahmengreifung. Wird die Lebensdauer eines Gebäudes betrachtet, sind die Peaks der Gebäudeerstellung und der verschiedenen Erneuerungsmassnahmen zu erkennen. Die Peaks entsprechen dann auch dem Zeitpunkt mit der Baumaterial/-produkt assoziierten Umweltwirkungen.
- Beim Abschreibungsprinzip und im zweiten Fall verteilen sich die Umweltwirkungen über die Lebensdauer der Massnahme. Das heisst, es erfolgt eine Gleichverteilung über die Zeitspanne, innerhalb derer die entsprechenden Bauteile und Gebäudetechnikelemente ihren Nutzen liefern. Bei diesem Prinzip stimmt die Belastung aus der Erstellung zeitlich auch besser mit der Belastung aus dem Betrieb überein

Im Fall einer Szenario-Betrachtung aggregieren sich die Effekte der verschiedenen Gebäude. Abbildung 6 und Abbildung 7 illustrieren exemplarisch die Ergebnisse im Fall einer Szenariobetrachtung eines ganzen Gebäudeparks für die beiden zeitlichen Allokationsmethoden.

Beim Investitionsprinzip (Abbildung 6) bleiben die Umweltwirkungen der Erneuerung im Zeitablauf nahezu konstant. Zu- und Abnahmen ergeben sich durch eine im Zeitablauf veränderte Bau- und/oder Erneuerungstätigkeit, durch veränderte Bau- und Erneuerungsmethoden oder durch eine Veränderung der spezifischen Materialkennwerte.

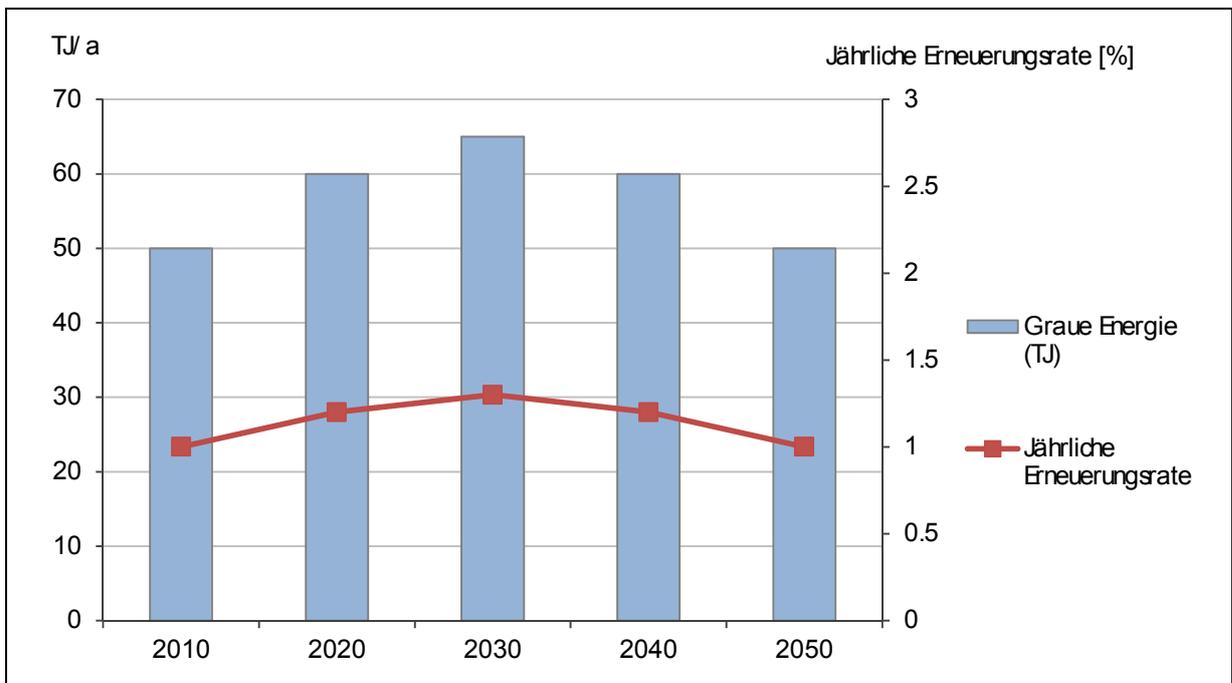


Abbildung 6 Allokation der nicht-erneuerbaren Primärenergie der Erstellung gemäss der Allokationsmethodik "Investitionsprinzip" (direkte Anrechnung), exemplarische Darstellung für einen Teil des Gebäudeparks (Grafik übernommen aus Jakob et al. 2013b).

Beim Abschreibungsprinzip, d. h. bei der Anrechnung verteilt über die Lebensdauer, beginnen die Umweltwirkungen auf einem tieferen Niveau und nehmen dann sukzessive zu, weil sich die Beiträge der zusätzlichen, nachfolgenden Neubauten mit denjenigen der Vorperioden kumulieren. Am Ende des Lebenszyklus eines Bauteils wird angenommen, dass dieses – je nach Amortisationsmethodik, siehe unten - sofort oder nach einer gewissen Frist ersetzt wird und somit werden die Umweltwirkungen konstant oder mit Unterbruch weiter bilanziert (in Abbildung 7 mit dem Vermerk „reinvest“ gekennzeichnet).

Wie in Jakob et al. (2013b) wird die Bilanzierungsmethodik „Abschreibung über die Lebensdauer“ angewandt, da so die Belastungen näher denjenigen Zeitabschnitten zugeordnet werden, zu denen die entsprechenden Bauteile auch einen Nutzen erzeugen.

Die Allokation der Erstellungenergie auf eine bestimmte Periode erfolgt ausgehend vom Erstellungsjahr bzw. von der Bauperiode und unter Berücksichtigung der Abschreibe- oder Amortisationsperiode bzw. Nutzungs- oder Lebensdauern¹¹ der Bauteile oder Gebäudetechnikelemente. Hierbei kann auch der noch nicht abgeschriebene Energieanteil, welcher im Gebäudepark enthalten ist, berechnet werden.

¹¹ Definition siehe Glossar.

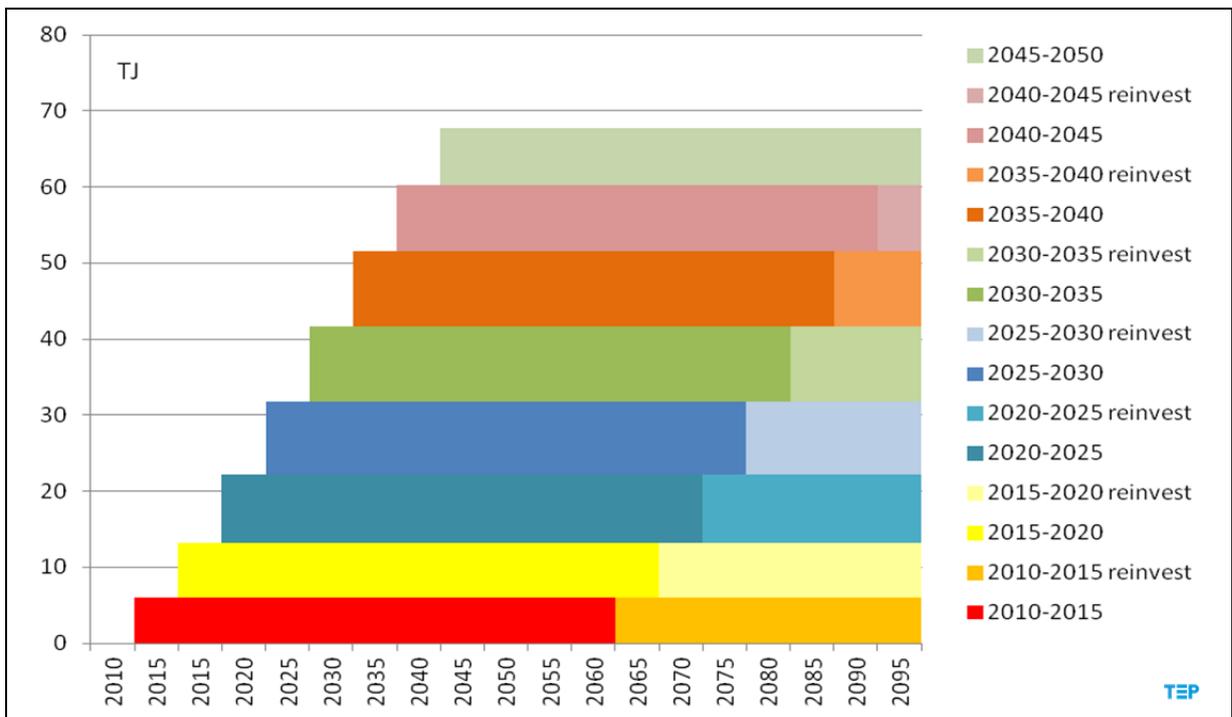
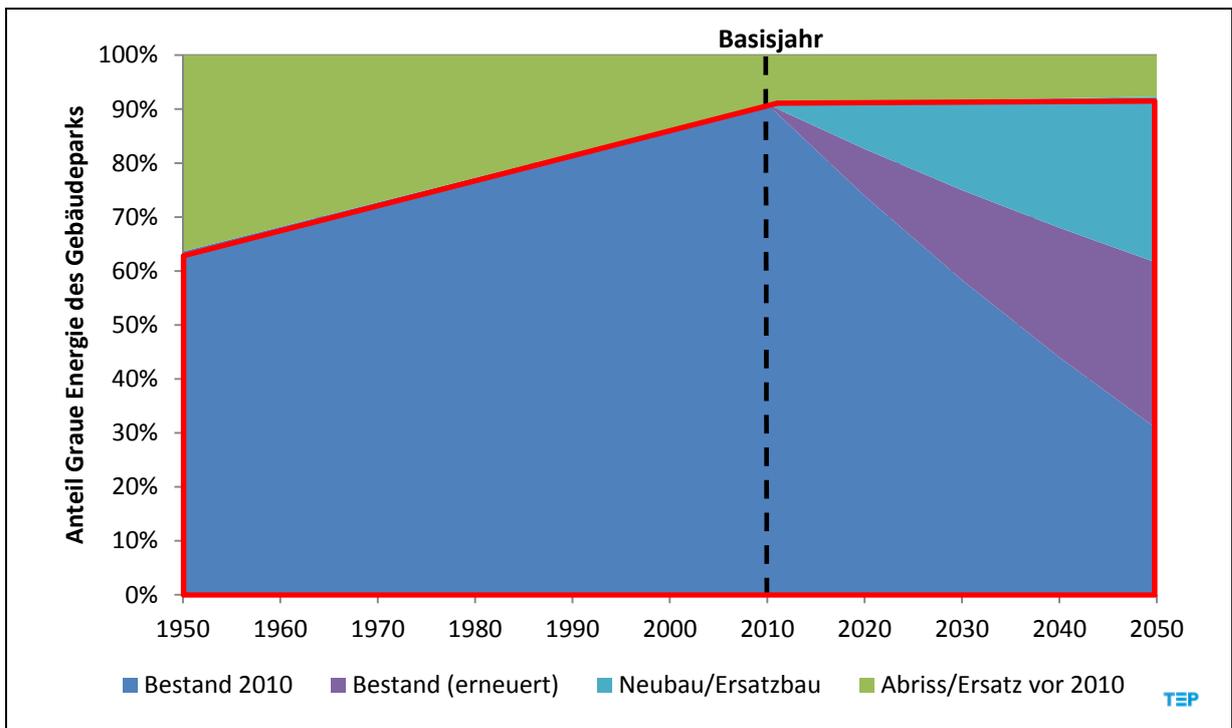


Abbildung 7 Exemplarische Allokation der nicht-erneuerbaren Primärenergie der Erstellung gemäss der Allokationsmethodik "Abschreibungsprinzip", exemplarische Darstellung für einen Teil des Gebäudeparks. (Grafik übernommen aus Jakob et al. 2013b).

Beim Abschreibungsprinzip bezieht sich die Bilanzierung auf die Gebäude im Bestand im Basisjahr sowie auf Ersatzneubauten und Neubauten, welche in der Betrachtungsperiode erstellt werden (siehe Abbildung 8). Gebäude, die vor dem Start der Betrachtungsperiode (Basisjahr 2010) abgerissen wurden, werden nicht modelliert. Ab dem Basisjahr wird formell zwischen Erstellungenergie für Bestand, Neu-/Ersatzbau und Gebäudeerneuerungen unterschieden:

- Bestand betrifft Gebäudeelemente, die in einem bestimmten Betrachtungsjahr nicht komplett abgeschrieben wurden. Im Basisjahr (Ist-Zustand 2010) handelt es sich um Bauteile von Gebäuden, die vor dem Basisjahr erstellt wurden und die noch nicht komplett abgeschrieben wurden.
- Ersatzneubau betrifft Gebäude, welche im Verlauf der Betrachtungsperiode als Neubauten abgerissene Gebäude ersetzen
- Neubau betrifft Gebäude, welche in der Periode 2010 bis 2050 zu einem Nettozuwachs der entsprechenden Flächen beigetragen haben.



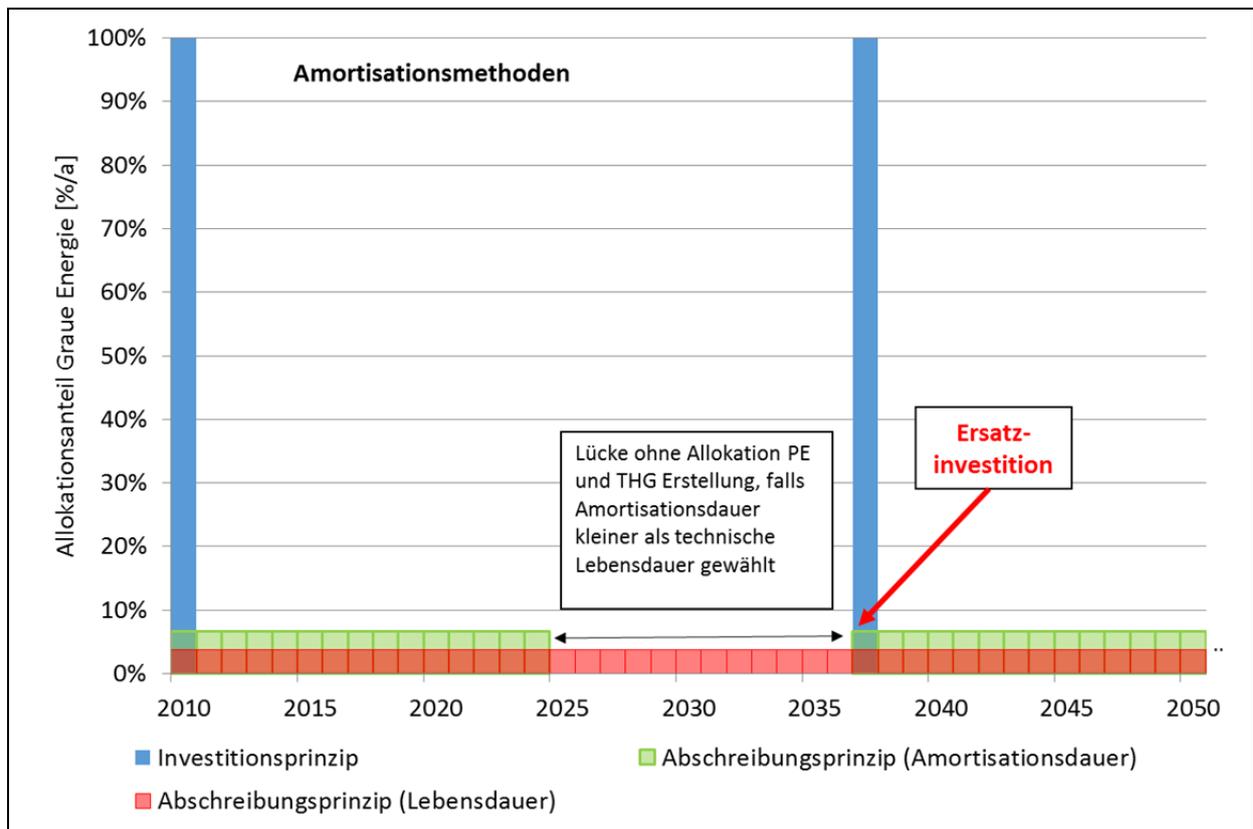
Quelle: TEP Energy

Abbildung 8 Erfassungsgrad der Modellierung von PE_{Erst} und $THGE_{Erst}$. Schematische Darstellung (nicht verhältnistreu). Rot eingezeichnet ist der Erfassungsgrad der Methode.

2.8.2 Verschiedene Varianten der zeitlichen Allokation im Fall des Abschreibungsprinzips

Im Fall der Allokationsmethodik „Abschreibungsprinzip“ stellt sich die Frage der adäquaten Abschreibungszeitspanne. In dieser Analyse werden die folgenden zwei Ansätze verwendet, welche in Abbildung 9 grafisch dargestellt sind:

- Abschreibungsprinzip „normative Amortisationszeit“: In dieser Methode, welche in SIA 2040 zur Anwendung kommt, wird die Graue Energie über eine vordefinierte Dauer einer Komponente oder Anlagen amortisiert. Der Vorteil dieser Allokationsmethodik liegt in der einfacheren Standardisierung und Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Gebäuden. In dieser Analyse kommt grundsätzlich die Amortisationszeit von Bauteilen und Anlagen gemäss SIA 2032 (referenziert in SIA 2040) zur Anwendung.
- Abschreibungsprinzip „tatsächliche Lebensdauer“: In dieser Methode wird die aufgewendete Graue Energie gleichmässig über die gesamte tatsächliche Lebensdauer der Gebäudekomponente bzw. Anlagen verteilt. Dieser Ansatz wird in der Sensitivitätsanalyse verwendet. Modelltechnisch liegt der Vorteil dieses Prinzips darin, dass die Graue Energie auch bei einer geringen Anzahl von Repräsentanten nur leicht variiert über die Zeit und keine grossen Schwankungen aufweist, wie dies beim ersten Prinzip der Fall sein kann. Nachteilig ist jedoch, dass diese Methode a-priori Kenntnisse über die tatsächliche Lebensdauer einzelner Komponenten erfordert, was mit Datenbeschaffungsaufwand und Unsicherheiten verbunden ist.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 9 Grafische Darstellung der drei Amortisationsmethoden zur Bilanzierung der Energie Erstellung: 1. Investitionsprinzip, 2. Abschreibungsprinzip mit normativer Amortisationszeit, 3. Abschreibungsprinzip mit tatsächlicher Lebensdauer.

Als zweites muss die Wahl getroffen werden, wie die Amortisation der Grauen Energie älterer Gebäude durchgeführt wird. Dafür gibt es verschiedene Varianten, welche sich zudem darin unterscheiden, ob Investitionen vor mehr oder weniger als 40 Jahren¹² getätigt wurden:

- In den beiden Varianten I.a und II.a (vgl. Abbildung 10 und Abbildung 12) werden die PE_{Erst} und $THGE_{\text{Erst}}$ für Investitionen sowohl vor als auch nach 1970 (d.h. mehr und weniger als 40 Jahre vor 2010) ab 2010 nicht berücksichtigt. Der Grund dafür ist, dass die in der Vergangenheit verursachte Energieverbräuche und THGE nicht rückgängig gemacht werden können. Die Konsequenz daraus ist jedoch, dass die PE_{Erst} und die $THGE_{\text{Erst}}$ in Zukunft zunehmen wird, da zunehmend neue Gebäude in die Systemgrenze hinzukommen.
- Die Varianten I.b und II.b (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 13) berücksichtigen die PE_{Erst} und $THGE_{\text{Erst}}$ insofern, als dass die noch ausstehenden, nicht abgeschriebenen Beiträge nach 2010 auf die verbleibende Amortisations- oder Lebensdauer abgeschrieben werden.

Ob und wie die Graue Energie berücksichtigt wird, hängt in SIA 2040 davon ab, wie viel Zeit seit der Installation der Gebäudekomponente vergangen ist: mehr oder weniger als 40 Jahre¹³. Ist die Komponente älter als 40 Jahre, wird die Graue Energie nicht mehr berücksichtigt. Andernfalls wird sie mit

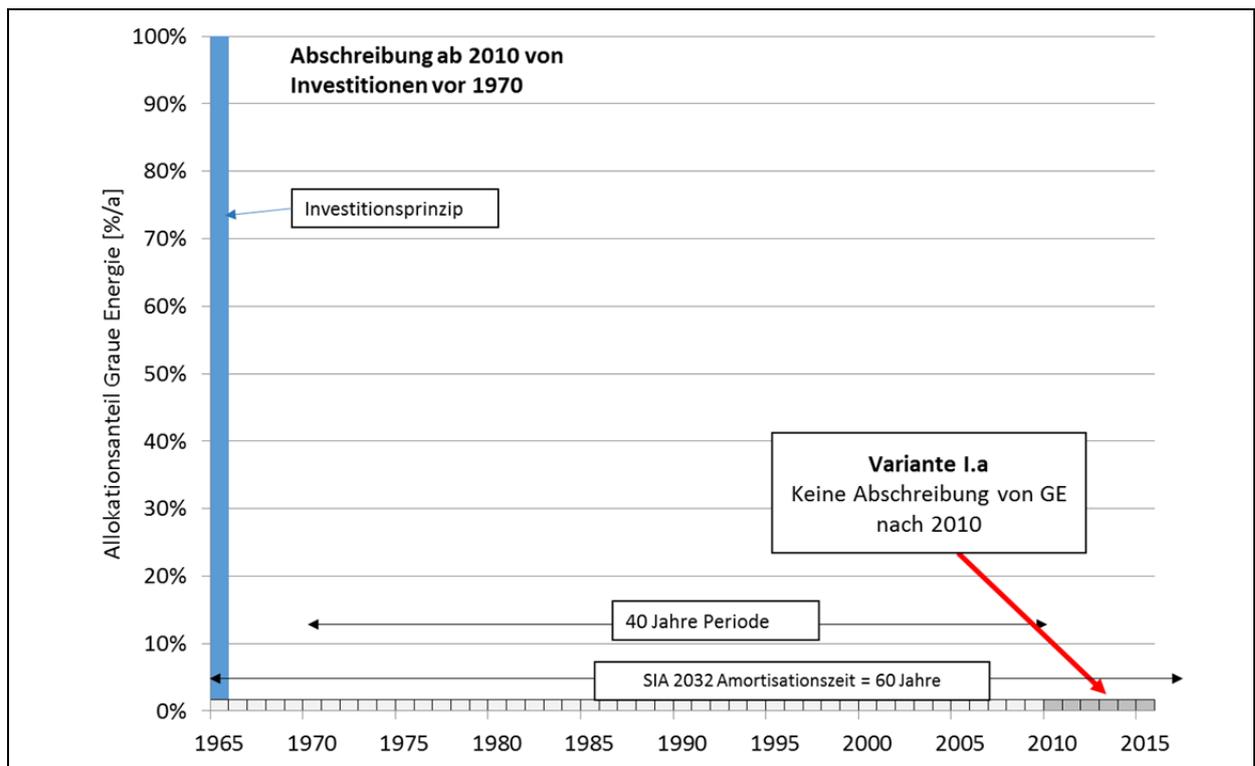
¹² Im Effizienzpfad SIA 2040 werden die PE und die THG Erstellung, die eine bestimmte Frist vor dem Betrachtungszeitraum getätigt wurden, nicht mit bilanziert. Diese Frist beträgt in der Ausgabe 2011 30 Jahre, in der Vernehmlassungsversion 2015 40 Jahre.

¹³ In der Ausgabe 2011 der SIA 2040 wurde die Unterscheidung bei einem Zeitfenster von 30 Jahren gemacht.

dem Abschreibungsprinzip eingerechnet. Gemäss SIA 2032 betrifft dies jedoch nur den Rohbau, das Fundament und die Baugrube, da diese Amortisationszeiten von über 40 Jahren aufweisen.

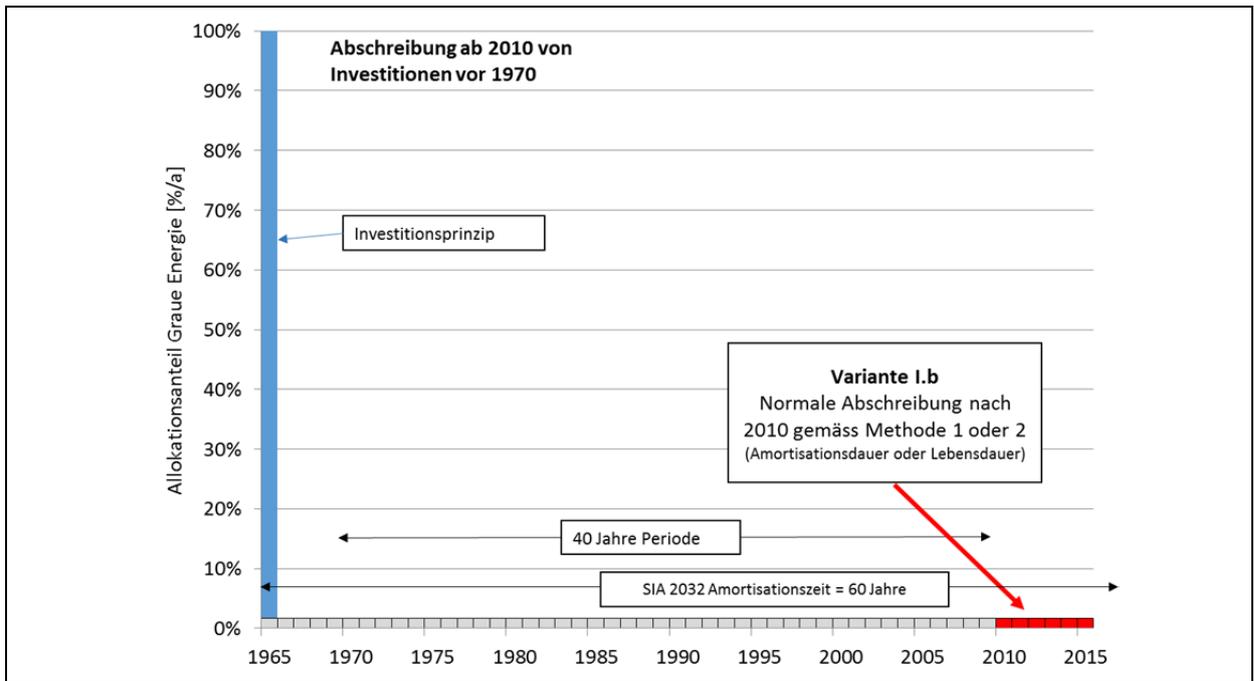
In dieser Analyse der Gebäudeparkbetrachtung werden sämtliche Gebäude betrachtet und nicht nur Neubauten oder erneuerte. Dabei wird die Graue Energie von Installationen nach 1970 (d.h. weniger als 40 Jahre vor 2010) mit dem Abschreibungsprinzip berücksichtigt (Abbildung 13) und jene von Installationen vor 1970 ignoriert (Abbildung 10). Kurzlebigen Investitionen, deren Abschreibungsfrist (gemäss SIA 2032) in den Betrachtungszeitraum ab 2010 hineinragen, werden ebenfalls einbezogen (siehe Abbildung 14).

In der Sensitivitätsanalyse wird die Graue Energie ebenfalls von den älteren Komponenten bis zur vollständigen Amortisation berücksichtigt, wie dies in Abbildung 11 und Abbildung 13 dargestellt ist.



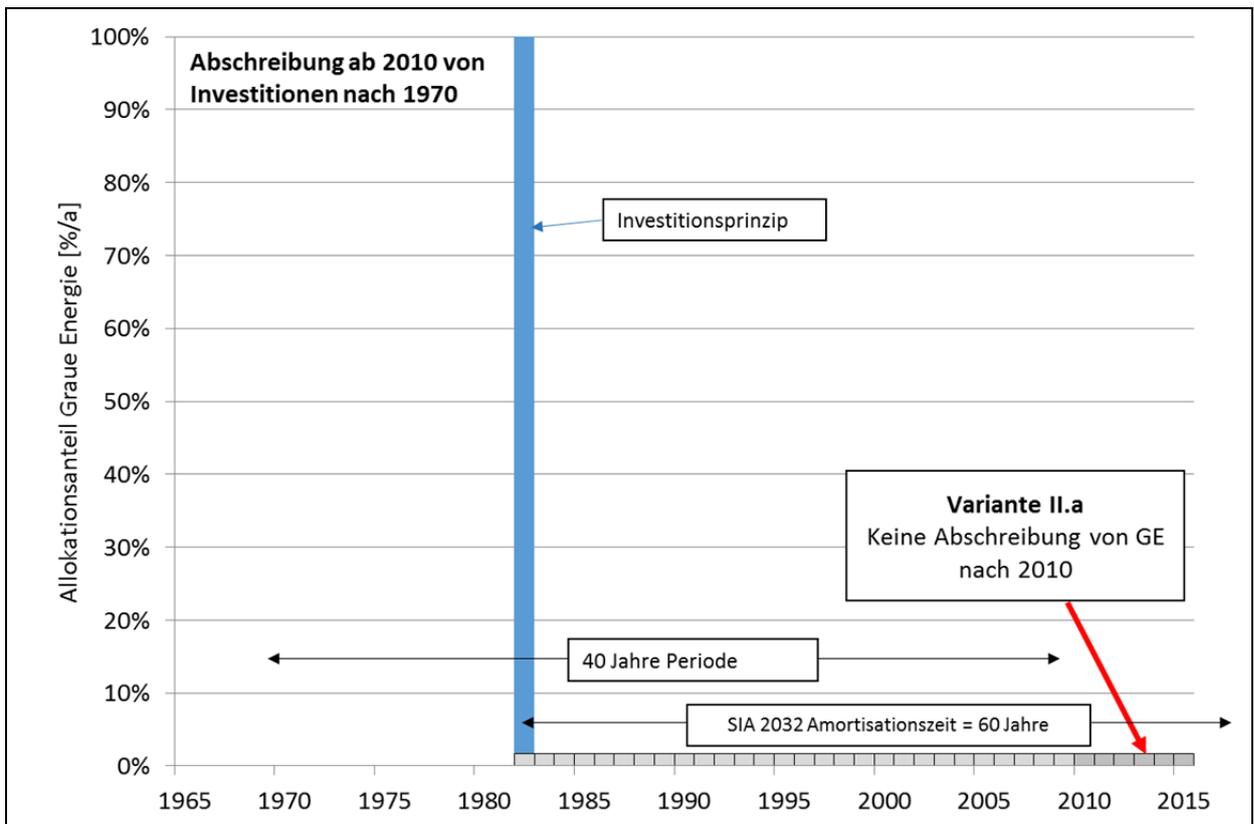
Quelle: TEP Energy

Abbildung 10 Investition vor 1970 (d.h. mehr als 40 Jahre vor 2010): Variante I.a ignoriert die gesamten PE_{Erst} und $THGE_{\text{Erst}}$.



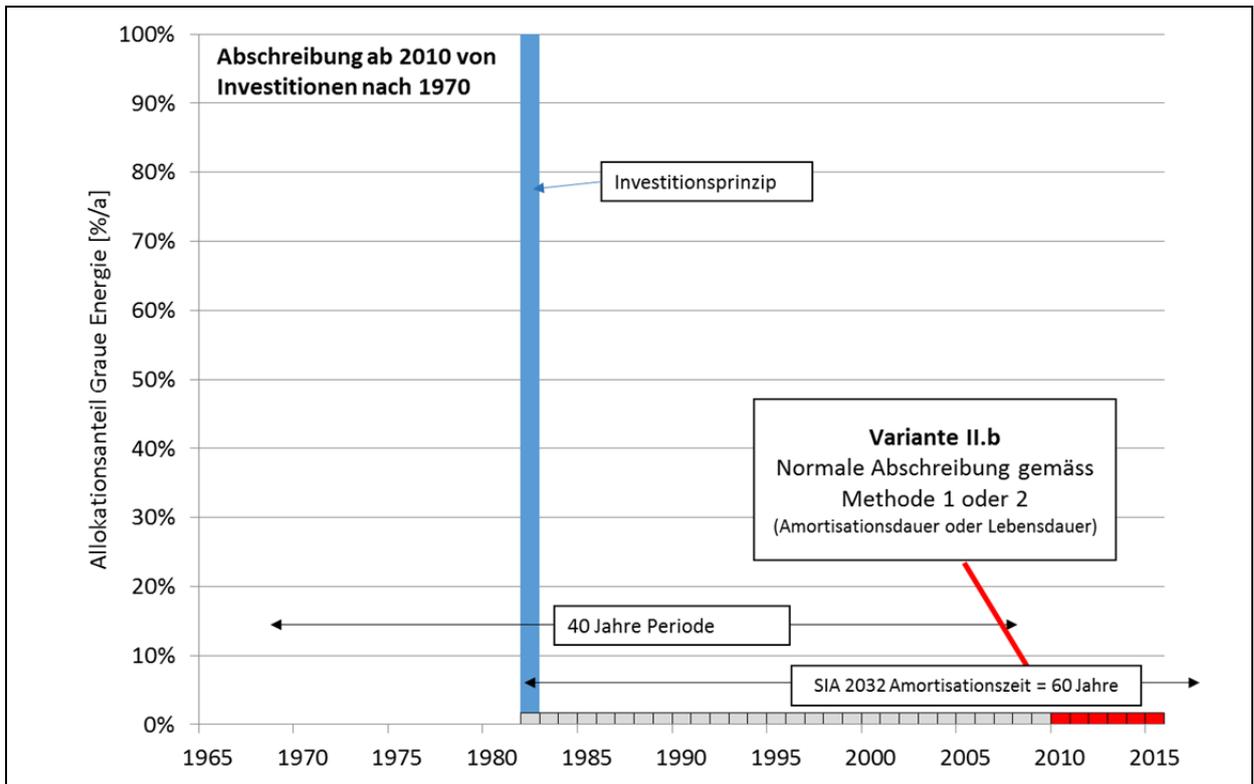
Quelle: TEP Energy

Abbildung 11 Investition vor 1970 (d. h. mehr als 40 Jahre vor 2010): Variante I.b ignoriert die $PE_{Erst.}$ und $THGE_{Erst.}$, die vor 2010 abgeschrieben wurde, bilanziert jedoch die noch abzuschreibenden Beiträge ab 2010.



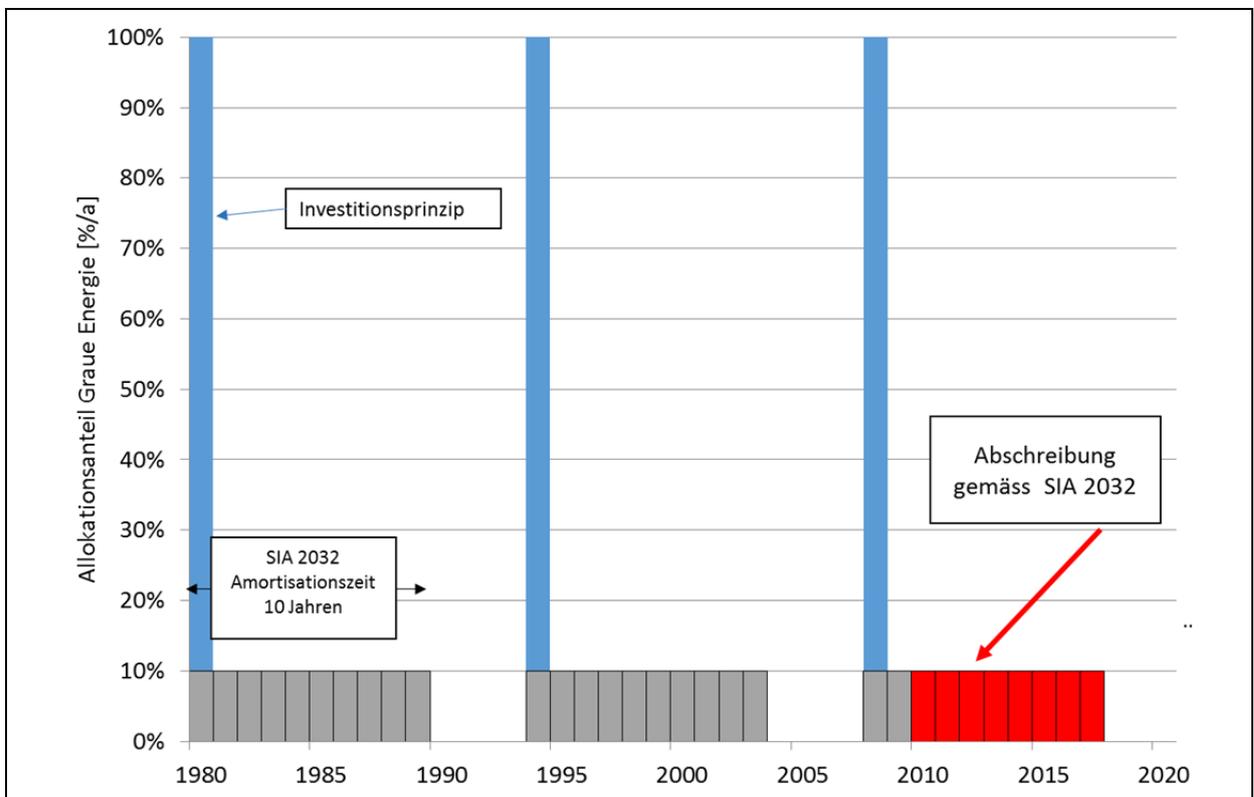
Quelle: TEP Energy

Abbildung 12 Investition nach 1970 (d. h. weniger als 40 Jahre vor 2010): Variante II.a ignoriert die gesamten $PE_{Erst.}$ und $THGE_{Erst.}$.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 13 **Investition nach 1970 (d.h. weniger als 40 Jahre vor 2010):** Variante II.b ignoriert die $PE_{Erst.}$ und $THGE_{Erst.}$, die vor 2010 abgeschrieben wurde, bilanziert jedoch die noch abzuschreibenden Beiträge ab 2010.

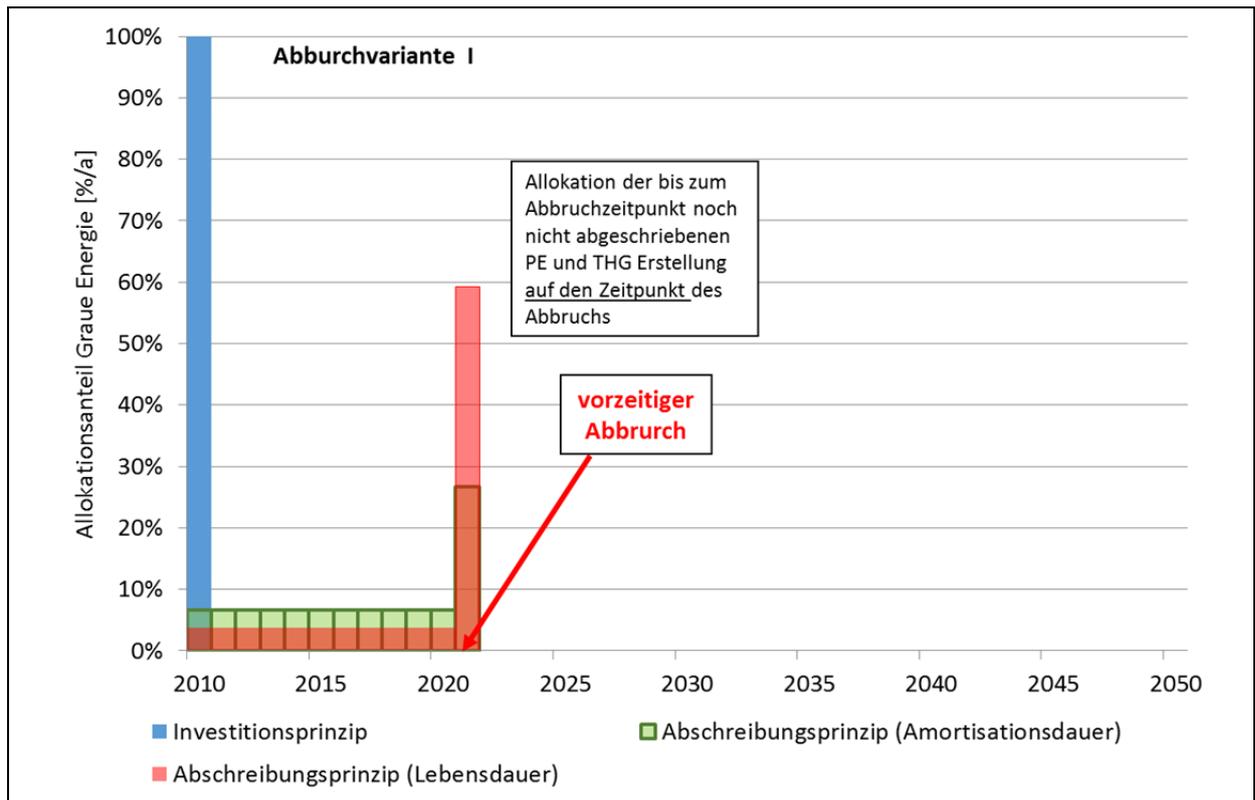


Quelle: TEP Energy

Abbildung 14 **Kurzlebige Investition nach 1970 (d.h. weniger als 40 Jahre vor 2010):** Es werden nur Beiträge berücksichtigt, die aus einer Re-Investition stammen, deren Abschreibungsfrist (gemäss SIA 2032) in die Betrachtungsperiode ab 2010 hineinragt.

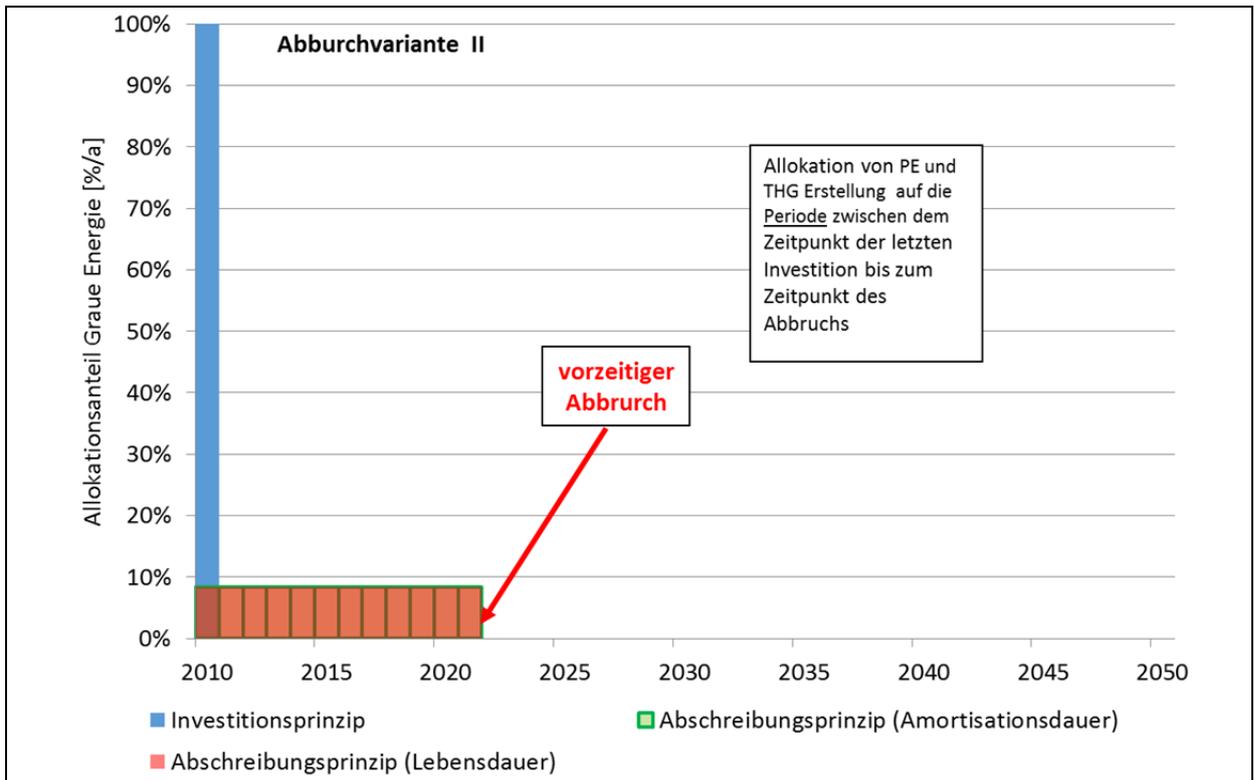
Der letzte Fall stellt den vorzeitigen Gebäudeabbruch, sprich vor kompletter Abschreibung sämtlicher Elemente, dar. Die Allokation der Grauen Energie für dieses Szenario ist in SIA 2040 nicht beschrieben, jedoch ergeben sich grundsätzlich drei Möglichkeiten:

- In der Variante I (Abbildung 15) wird die ausstehende, noch nicht amortisierende Graue Energie (Restwert) dem Jahr des Abbruchs zugewiesen. Die Grösse dieses Restwerts ist vom Amortisationsprinzip (Amortisationszeit oder Lebensdauer) abhängig.
- Die Allokation von PE_{Erst} und THG_{Erst} in der Variante II, siehe Abbildung 16, erfolgt gleichmässig über die erwartete Nutzungsdauer, sprich auf die Dauer von der letzten Investition bis zum Abbruchszeitpunkt. In dieser Analyse wurde die Variante II gewählt für die Allokation.
- In Variante III: keine Amortisation des Restwerts (Abbildung 17).



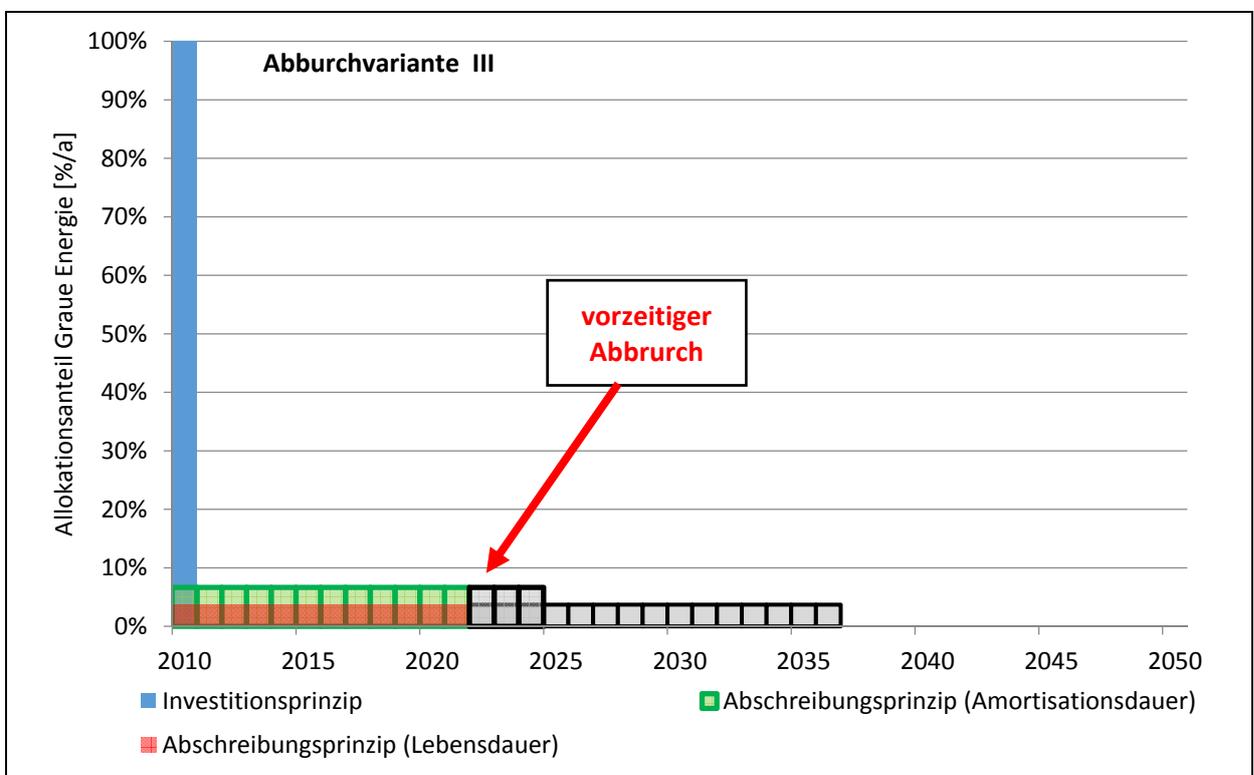
Quelle: TEP Energy

Abbildung 15 Grafische Darstellung der Bilanzierung von PE_{Erst} und THG_{Erst} im Fall des Abbruchs von Gebäuden (je für die drei Amortisationsmethoden).



Quelle: TEP Energy

Abbildung 16 Grafische Darstellung der drei Amortisationsmethoden im Fall des Gebäudeabbruchs vor kompletter Abschreibung aller Gebäudeelemente zum Zeitpunkt des Abbruchs (Variante II). Die Graue Energie beider Prinzipien weisen dieselbe Grösse auf.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 17 Grafische Darstellung der drei Amortisationsmethoden im Fall des Gebäudeabbruchs vor kompletter Abschreibung aller Gebäudeelemente zum Zeitpunkt des Abbruchs (Variante III)

Für die Modellierungen der beiden Szenarien (Referenz und Effizienz) wird die Amortisationsmethode nach SIA 2032 mit den normativen Amortisationszeiten verwendet, siehe Anhang Tabelle 48,. Dadurch soll die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Studien ermöglicht werden. Hinsichtlich der Grauen Energie von Investitionen vor 1970 kann diese Methode aufgrund des partiellen Ignorierens zu unerwünschten Artefakten führen (Anstieg der Grauen Energie nach 2010). Als Vergleich dazu wird die Sensitivitätsanalyse mit eigenen Lebensdauern und einer Berücksichtigung/Amortisation sämtlicher Grauer Energie durchgeführt, was eher der Realität entspricht. Tabelle 14 listet die Unterschiede nochmals deutlich auf.

Tabelle 14 Angewendete Methodik für die Berücksichtigung der Grauen Energie und die THG-Emissionen.

	Modellierung der Szenarien (Referenz und Effizienz)	Sensitivitätsanalyse
Abschreibungsprinzip	Normative Amortisationszeit (nach SIA 2032)	Tatsächliche Lebensdauer (Anhang 8.2, Tabelle 48)
Abschreibung von Investitionen <u>vor</u> 1970 (ab 2010)	Graue Energie der Investitionen und Erneuerungen vor 1970 werden ignoriert (vgl. Abbildung 10)	Normale Abschreibung (vgl. Abbildung 11)
Abschreibungen von Investitionen <u>nach</u> 1970 (ab 2010)	Die ab 2010 noch ausstehende Beträge von PE_{Erst} und $THGE_{Erst}$ werden bilanziert und abgeschrieben (vgl. Abbildung 13).	
Gebäudeabbruch	Abbruchvariante II (Allokation von PE_{Erst} und $THGE_{Erst}$ auf die Periode zwischen dem Zeitpunkt der letzten Investition bis zum Zeitpunkt des Abbruchs)	

Quelle: TEP Energy

2.8.3 Ansatz für die Berechnung von Energie_{Erst} und Treibhausgasmissionen_{Erst}.

Die Primärenergie- und die Treibhausgasbilanz eines Gebäuderepräsentanten wird basierend auf dessen bauteilspezifischen Umweltkennwerten und der relevanten Bezugsgrösse (z. B. die Bauteilfläche) berechnet. Hierbei basiert die Modellierung auf unterschiedlichen, typischen Konstruktionstypen für die verschiedenen Gebäudetypen. Dies ermöglicht eine konsistente Modellierung der Konstruktionsweise und damit auch der Erstellungsenergie für den Neubau sowie der Gebäudeerneuerung. Die Wahl des Konstruktionstyps (siehe Tabelle 6, Seite 35) bestimmt dabei die Bauteile des Rohbaus und der Hülle (siehe auch Tabelle 15), während die Technik und der Innenausbau mehr durch die Gebäudetypen und Nutzung definiert werden. Zur Berechnung der Erstellungsenergie muss auch die Lebensdauer der Bauteile und Anlagen berücksichtigt werden.

Durch die Konstruktionstypen wird über Marktanteile der Konstruktionsaufbau der unterschiedlichen Bauteile der Gebäuderepräsentanten definiert. Diese Marktanteile wurden durch Lemon Consult für das Modellstartjahr 2010 sowie rückblickend für 1970 und in einem Ausblick für 2050 ausgearbeitet. Die Marktanteile basieren auf Erfahrungswerten, welche über Zweit- und Drittmeinungen, sowie auf Grundlage von Literaturangaben wie dem Forschungsbericht „Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen, Sept. 2002“ validiert wurden (Wüest und Partner, 1998, Jakob et al. 2002). Die Validierung der Marktanteile erfolgte über mehrere Phasen, entsprechende Inputs aus der Arbeitsgruppe wurden implementiert.

Im Zuge des Rückblicks Referenzjahr 1970 und des Ausblicks Referenzjahr 2050 wurden sowohl die Marktanteile einzelner Elemente/Konstruktionen wie z. B. keine oder nur stark reduzierte Dämmmassnahmen im Jahr 1970 und verbesserte Dämmmassnahmen im Jahr 2050 berücksichtigt. Basierend darauf wurden durch Interpolation die entsprechenden Marktanteile pro Bauperiode definiert. Die anteilmässige Zuordnung der Konstruktionstypen hat wiederum einen wesentlichen Einfluss auf die Bilanzierung der Erstellungsenergie.

Auf Grundlage der BKP-Elementgruppengliederung wurden Bauteile, Konstruktionen und Gebäudekomponenten aufgenommen, mit denen nach Möglichkeit die Haupt-Bauarten mit Stand 2010 (Massivbau/Holzbau/Skelettbau und Hybridbau) abgedeckt werden können. Sinnvolle Ergänzungen wie z.B. der Materialeinbau nach Aushub, oder verschiedene Konstruktionsdicken von Betonbauteilen wurden berücksichtigt. Bei Holzkonstruktionen wurden aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Varianten Mischrechnungen typischer Holzkonstruktionen durchgeführt. Energetisch relevante Bauteile und Bauteilschichten wurden auf einen Referenz-U-Wert von 0.2 W/m²K normiert.

Tabelle 15 Betrachtete Bauteile (Elementgruppen) und Ihre Bezugsgrösse zur Berechnung der Erstellungsenergie. Die Zuteilung der Elementgruppen erfolgt auf Basis der Zentralstelle für Baurationalisierung (CRB). Diese Tabelle stellt eine Erweiterung hinsichtlich Elementgruppen und Bezugsgrössen gegenüber derjenigen aus SIA 2032 dar (siehe Tabelle 46).

Hauptkategorie	Elementgruppe	Bezugsgrösse	Elementgruppe (Zuteilung CRB)
Rohbau	Aushub	m ³ Untergeschosse	B 6.2
	Fundament	m ³ Untergeschosse	B 6.6
	Fundament	m ² Bauteil	C 1
	Aussenwand unter Terrain	m ² Bauteil	C 2.1 (A)
	Aussenwand über Terrain	m ² Bauteil	C 2.1 (B)
	Stützenkonstruktion	m ³ Bauteil	C 2.1
	Ausfachung	m ² Bauteil	C 2.2
	Innenwände	m ² Bauteil	C 3
	Decken	m ² Bauteil	C 4.1
	Flachdach (Tragkonstruktion)	m ² Bauteil	C 4.4
	Steildach (Tragkonstruktion)	m ² Bauteil	C 4.4
Hülle	Wandbekleidung	m ² Bauteil, U-Wert	E 1 und E 2
	Fenster	m ² Bauteil, U-Wert	E 3
	Flachdach (Bekleidung)	m ² Bauteil, U-Wert	F 1.2
	Steildach (Bekleidung)	m ² Bauteil, U-Wert	F 1.3
Technik	Elektro	m ² EBF	D 1
	Wärmeerzeugung	kW Heizleistung (+ Länge Erdsonde)	D 5.1
	Wärmeverteilung	m ² EBF	D 5.2/5.3
	Lüftung	m ² EBF	D 7
	Sanitär	m ² EBF	D 8
Innenausbau	Trennwände	m ² Bauteil	G 1
	Bodenbeläge	m ² Bauteil	G 2
	Deckenverkleidung	m ² Bauteil	G 4

Quelle: SIA 2032 und TEP Energy

Die bei der Erstellung (Neubau) oder Erneuerung anfallende Energie pro Bauteil wird durch Umweltkennwerte definiert. Diese werden je Bauteil und Konstruktionsaufbau als konstant angenommen. Die Umweltkennwerte (PE_{Total} und PE_{n.ern.} sowie THGE) basieren auf den Ökobilanzdaten im Baubereich des KBOB (2014).¹⁴ Die Rechnungen einzelner Bauteile wurden u. a. mit dem Programm Lesosai be-

¹⁴ Sowohl für den Rückblick mit Referenzjahr 1970, als auch den Blick in die Zukunft mit Referenzjahr 2050 wurden die oben genannten umweltrelevanten Kennwerte verwendet. Eine Anpassung resp. Einschätzung früherer oder zukünftiger Umweltkennwerte (Ökobilanzdaten) betreffend der Erstellung war nicht Bestandteil der Arbeiten.

rechnet oder aus dem Elementarten-Katalog EAK (CRB, 2011) übernommen. Eine Effizienzsteigerung in der Produktion der Materialien (z. B. Wechsel von CEM I zu CEM II Beton), und der damit verbundenen Wechsel im Umweltkennwert der Materialien im Modellverlauf, wird nicht berücksichtigt. Die Dynamik der Erstellungenergie wird also hauptsächlich durch die Veränderung des Mengengerüsts in Bezug auf die unterschiedliche Konstruktionstypen und Konstruktionsaufbauten der Bauteile hervorgerufen.

2.9 Modellierung der Dynamik des Gebäudebestands sowie der Gebäude- und Anlagenerneuerung

Die Lebensdauer bzw. die Nutzungs- und Abschreibungsdauer von Gebäuden ist eine wichtige Grösse, welche Veränderungen im Gebäudebestand und namentlich Energieverbrauch und THG-Emissionen bestimmen. Erreicht ein Gebäude, ein Bauteil oder eine energetische Anlage das Ende seines Lebenszyklus, muss es instandgesetzt, erneuert oder ersetzt werden. Im Folgenden wird zwischen den folgenden Anwendungsbereichen unterschieden:

- Gebäudeabriss
- Gebäude- und Anlagenerneuerung

2.9.1 Dynamik von Abriss/Ersatzneubau

Da Gebäude über ein Lebensalter verfügen und abgerissen werden können, wird als Korrekturfaktor eine Abrissfunktion eingeführt, welche diesen Umstand beschreibt. Basierend auf den Daten der Stadt Zürich wurden die Parameter für Funktion der Überlebenswahrscheinlichkeit und damit auch die Abrisswahrscheinlichkeit für die Gebäuderepräsentanten statistisch geschätzt. Als funktionale Form wurde eine log-logistische Funktion zugrunde gelegt (siehe Abbildung 18). Dabei wurde nach Gebäudetyp und Bauperiode unterschieden. Die im Modell hinterlegten Werte der Abrissfunktion sind im Anhang 8.2 aufgeführt.

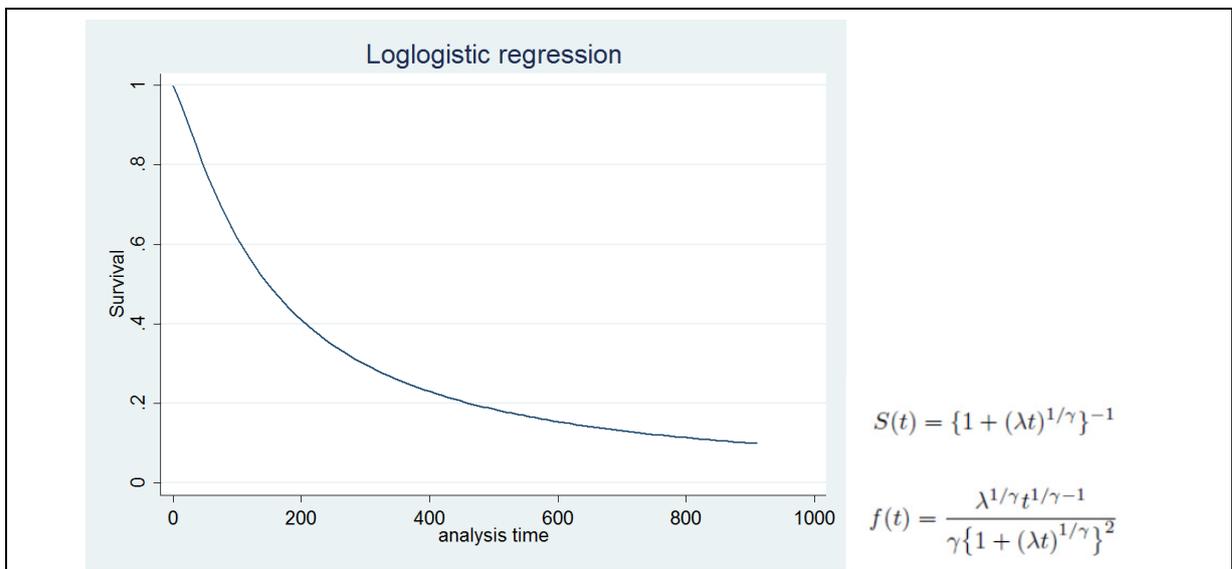


Abbildung 18 Darstellung der Abrissfunktion basierend auf einer Stichprobe des Datenbestandes der Stadt Zürich.

2.9.2 Dynamik der Gebäude- und Anlagenerneuerungen

Erneuerung der Gebäudehülle

Die aggregierte Erneuerungsrate ergibt sich aus dem Verhältnis der in einem Jahr erneuerten Bauteile oder Gebäude zum Total der Bauteile bzw. Gebäude. Im Einzelfall wird für jedes Bauteil für jeden Gebäuderepresentanten eine Instandsetzungs- und Erneuerungswahrscheinlichkeit berechnet, dies ausgehend vom Baujahr des Gebäudes und vom letzten Instandsetzung- und Erneuerungszeitpunkt. Basierend auf Meyer et al. (1995), Nägeli (2013), eigenen Einschätzungen und mittels einer Ausfallswahrscheinlichkeit (Hazard rate der Weibull Verteilung) wird so für jedes Bauteil der Erneuerungsrythmus individuell festgelegt.

Bis zum Baujahr 1975 bedeutet dies eine reine Instandsetzung, ohne energetische Verbesserung des Bauteils. Ab 1975 wird dann basierend auf einem Discrete Choice (DC) Ansatz zusätzlich die Wahrscheinlichkeit modelliert, ob das Bauteil nur instandgesetzt oder energetisch erneuert wird. Die aggregierten Wahrscheinlichkeiten werden mit empirischen Gebäudeerneuerungsraten verglichen (siehe Abbildung 28). Die Parameter der Nutzenfunktionen des DC Ansatzes werden in der Folge iterativ so festgelegt, um eine gute Übereinstimmung und ein inhaltlich plausible Parameter zu erhalten. Die aus diesem Verfahren resultierende Nutzungsdauer ist für die Elemente der Gebäudehülle in Tabelle 16 dargestellt; es handelt sich hierbei um den energetisch hauptsächlich relevanten Teil der Gebäudehüllenelemente, d. h. um die Wärmedämmungen. Im Vergleich zur Amortisationszeit gemäss SIA 2032 resultieren für die Eichungsperiode 2001 bis 2010 in der Regel längere Nutzungsdauern.

Tabelle 16 Resultierende Nutzungsdauern für spezifische Bauteile im Unterschied zu den von SIA 2032 definierten Amortisationszeit.

Bauteil	Resultierende Nutzungsdauer (Modellperiode 2001-2010)			Zum Vergleich: Amortisationszeit SIA 2032
	EFH	MFH	DL	
Flachdach (*)	k.A.	36	36	30
Steildach (*)	65	51	54	40
Wand (*)	42	44	59	40 (30)
Fenster	31	29	48	30
Boden / Kellerdecke (*)	173	102	85	60
(*) Wärmedämmung				

Quelle: SIA (2010), TEP Energy

Nutzenergie Raumwärme

Mittels Discrete Choice Ansatz erfolgt im Modell die Wahl zwischen verschiedenen Erneuerungsoptionen, konkret zwischen Instandsetzung und drei energetischen Erneuerungsstufen: low, medium und high sowie einer Instandsetzungsvariante (siehe Nägeli, Jakob et al. 2015). Dabei wird für jede der Optionen die Realisierungswahrscheinlichkeit bestimmt, dies basierend auf einer Nutzenfunktion, in welche annualisierte Kosten (Kapital-, Unterhalts- und Energiekosten) und Nutzen (z. B. für Umweltwirkungen oder für die Nutzenkomponente „Nichts tun“) einfließen (siehe Nägeli 2013). Die zugrunde liegenden U-Werte (und damit die energetischen Effekte der Optionen) sind abhängig von der Renovationsperiode, siehe Abbildung 30 und Abbildung 31 auf Seite 78. Die empirische Fundierung der Kosten der drei Stufen basiert auf zahlreichen Grundlagen (Literatur, INSPIRE Tool, interne Daten der Autoren). Die energetischen Auswirkungen der Gebäudeerneuerungen werden mittels SIA 380/1 berechnet. Damit werden interne Wärmequellen durch Personen und Geräte, externe Wärmegewinne

durch Fenster sowie verminderte Wärmeverluste bei Bauteile gegen unbeheizt oder gegen Erdreich berücksichtigt (letzteres mittels Anwendung der b-Faktoren).

Energieträgerwahl und Umwandlungseffizienz

Die Energieträgerwahl wird mittels eines Discrete Choice Ansatzes in Abhängigkeit von Gebäudeattributen wie Energieeffizienz, Grösse und Vorlauftemperaturen sowie Heizsystemattributen wie Effizienz und Kosten modelliert (Nägeli et al. 2015, Nägeli 2013). Die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Heizsystems hängt also u. a. vom Zustand ab, der durch das vorgelagerte Nutzenergiemodul bestimmt wurde. Analog zum INSPIRE Tool (www.inspire-tool.ch, Jakob et al. 2013c) ergeben sich die zu installierende Leistung der Heizanlage und die damit verbundenen Kosten vom thermischen Leistungsbedarf pro Gebäuderepresentant. Zudem hängen die Nutzungsgrade, namentlich der WP, von der Vorlauftemperatur ab (Jakob et al. 2016a). Je nach Szenario wird bzgl. der Nutzungsgrade der Heizsysteme von einer unterschiedlich starken Verbesserung ausgegangen. Währendem bei den fossilen Anlagen die Unterschiede bis ins Jahr 2050 de facto bei null liegen werden, ist insbesondere bei den WP im Effizienzscenario von höheren Nutzungsgraden (Jahresarbeitszahlen) auszugehen.

Endenergie bei den meisten strombasierten Verwendungszwecken

In einfachen Fällen wird der folgende Ansatz zur Berechnung des Energieverbrauchs einer bestimmten gebäudetechnischen Anwendung (z. B. Beleuchtung) angewendet:

$$\begin{aligned} \text{Energieverbrauch} \left(\frac{Wh}{\text{Jahr}} \right) &= \text{Mengengerüst (z. B. } m^2) \\ &\cdot \text{Treiber des Energiedienstes} \left(\text{z. B. } \frac{\text{Diffusion in } \%}{\text{Anz. Leuchtpunkte}} \right) \\ &\cdot \text{Energiedienste (z. B. lx)} \cdot \text{spez. Verbrauch} \left(\text{z. B. in } \frac{W}{lx} \right) \cdot \text{Volllaststunden} \left(\frac{h}{\text{Jahr}} \right) \end{aligned}$$

Statt „Treiber“ ist auch der Begriff „Ausrüstungsgrad“ gebräuchlich. Auf einem höheren Abstraktionsniveau ergibt sich der folgende vereinfachte Ansatz:

$$\begin{aligned} \text{Energieverbrauch} \left(\frac{Wh}{\text{Jahr}} \right) &= \text{Mengengerüst (} m^2) \\ &\cdot \text{Ausrüstungsgrad des Energiedienstes (Anteil belüftete Fläche)} \\ &\cdot \text{Installierte Leistung} \left(\frac{W}{m^2} \right) \cdot \text{Volllaststunden} \left(\frac{h}{\text{Jahr}} \right) \end{aligned}$$

Um die Notation zu vereinfachen wird der Begriff des spezifischen Mengengerüsts eingeführt. Dieses ergibt sich aus dem Produkt von Mengengerüst (m^2) und Ausrüstungsgrad des Energiedienstes (z. B. Anteil belüftete Fläche). Ausgehend von diesem Ansatz ergeben sich die Energieverbräuche im Einzelfall (bei einem konkreten Gebäude) grundsätzlich wie folgt:

$$\begin{aligned}
\text{Energieverbrauch} \left(\frac{Wh}{\text{Jahr}} \right) &= \text{Spezifisches Mengengerüst} (m^2) \cdot \left[\text{Leistung}_{\text{Installierte}} \left(\frac{W}{m^2} \right) t_0 \right] \\
&\cdot [1 - \text{Reduktion Leistung}_{\text{Installierte}} (\%)] \cdot \text{Volllaststunden} \left(\frac{h}{\text{Jahr}} \right) \cdot [1 \\
&- \text{Reduktion Volllaststunden} (\%)]
\end{aligned}$$

Die Reduktion der installierten Leistung sowie der Volllaststunden bemisst sich dabei an einem Technologiestand, der im Gebäudepark immer noch eine relevante Bedeutung hat. Im Fall von Lüftungsanlagen sind dies z. B. Lüftungsanlagen mit Monoblocs und Verteilungen mit relativ hohem Druckverlust.

Für die Berechnung der Energieverbräuche im Zeitablauf ist die bereits erfolgte Durchdringung einer Energieeffizienzoption („Massnahme“) im Startzeitpunkt sowie die zusätzliche Durchdringung bis zum Betrachtungszeitpunkt zu berücksichtigen. Für jedes Szenario wird der folgende Ansatz verwendet:

$$\begin{aligned}
\text{Energieverbrauch} (t) \left(\frac{Wh}{\text{Jahr}} \right) &= \text{Spezifisches Mengengerüst} (m^2) \cdot \text{Leistung}_{\text{Installiert}} \left(\frac{W}{m^2} \right) \\
&\cdot \text{Volllaststunden} \left(\frac{h}{\text{Jahr}} \right) \cdot [\text{Durchdringungsgrad der Massnahme } t_0 \\
&- \text{Durchdringungsgrad der Massnahme } t \cdot [1 \\
&- \text{Reduktion Leistung}_{\text{Installiert}} (\%)] \cdot [1 - \text{Reduktion Volllaststunden} (\%)]
\end{aligned}$$

Bei vielen Massnahmen werden entweder die installierte Leistung oder die Volllaststunden beeinflusst, bei einigen beiden Grössen gleichzeitig. Daraus lässt sich ableiten, dass sich verschiedene Effizienzmassnahmen gegenseitig beeinflussen. Der Energieverbrauch von zum Beispiel zwei Massnahmen, die nur die installierte Leistung beeinflussen, ergibt sich aus folgender Multiplikation:

$$\begin{aligned}
\text{Energieverbrauch} (t) &= \text{Spezifisches Mengengerüst} (m^2) \cdot \text{Leistung}_{\text{Installiert}} \left(\frac{W}{m^2} \right) \\
&\cdot \text{Volllaststunden} \left(\frac{h}{\text{Jahr}} \right) \\
&\cdot [\text{Durchdringungsgrad der Massnahme}_1 (t_0) \\
&- \text{Durchdringungsgrad der Massnahme}_1 (t) \\
&\cdot (1 - \text{Reduktion Leistung}_{\text{Installiert der Massnahme}_1})] \\
&\cdot [\text{Durchdringungsgrad der Massnahme}_2 (t_0) \\
&- \text{Durchdringungsgrad der Massnahme}_2 (t) \\
&\cdot (1 - \text{Reduktion Leistung}_{\text{Installiert der Massnahme}_2})]
\end{aligned}$$

Die Wirkung einer einzelnen Massnahme hängt demzufolge von den bereits vorgängig durchgeführten Massnahmen ab. Dies macht es erforderlich, dass für die Quantifizierung der einzelnen Massnahmen eine Reihenfolge, in der diese Massnahmen ergriffen werden, festgelegt werden muss, damit die Wirkung der einzelnen Massnahmen konsistent aggregiert werden kann.

3 Ist-Zustand des Gebäudeparks

In diesem Kapitel werden die Daten des Gebäudebestands im Ist-Zustand detailliert dargestellt. In Abgrenzung zu Kapitel 2, welches das methodische Vorgehen beschreibt, werden hier die im Modell verwendeten Daten aufgeführt. Ein Teil der dargestellten Daten ist bereits ein Teilergebnis der durchgeführten Berechnungen, welche im Text entsprechend gekennzeichnet werden.

3.1 Struktur und Mengengerüst des Gebäudeparks

Die Struktur und das Mengengerüst des Gebäudeparks werden anhand der eingeführten Gebäuderepräsentanten beschrieben. Die in Kap. 2.2 eingeführten Elemente wie der Gebäudetyp, der Konstruktionstyp, etc. werden hier einander gegenübergestellt. Wichtigste Vergleichsgrössen stellen die Gebäudeflächen sowie die Bauperioden dar, welche zur Analyse der Struktur herangezogen werden.

3.1.1 Spezifische Energiebezugsfläche gemäss Ist-Zustand in 2010

Basis des Mengengerüsts bilden die Einwohner und die Beschäftigten des Jahres 2010, dem Basisjahr der Betrachtungen. Die 7.8 Mio. Einwohner und die 3.8 Mio. VZÄ beanspruchten eine Energiebezugsfläche von knapp 740 Mio. m². Mit den Kategorien des SIA-Effizienzpfads werden alle Einwohner in Wohngebäuden und rund 40 % der VZÄ sowie knapp 80 % der EBF abgedeckt, wie aus den Werten der Tabelle 17 abgeleitet werden kann. Für weitere Informationen in Bezug auf die Unterteilung in Sub-Sub-Sektoren wird auf die Tabelle 52 in Anhang 8.4 verwiesen.

Tabelle 17 Einwohner, Anzahl Beschäftigte (Vollzeitäquivalent) und EBF pro VZÄ pro SIA Gebäudekategorie, Stand 2010.

Kategorie (gemäss prSIA 2039)	Einwohner 2010	VZÄ 2010	Anteil	EBF [Tsd m ²]	Anteil.	Spez. EBF [m ² /VZÄ]
Einwohner/Wohn - EBF	7'871'787			448'735		57.0
Wohn-EBF inkl. Zweitwohnungen				486'320	66 %	61.7
Bürobranchen		1'045'958	27 %	45'948	6 %	43.9
Lebensmittelladen		98'115	3 %	6'515	1 %	66.4
Schulen		84'486	2 %	15'114	2 %	178.9
Fachgeschäft		141'409	4 %	12'916	2 %	91.3
Restaurants		120'419	3 %	7'906	1 %	65.7
DL mit bedeutendem Kundenanteil		156'468	4 %	9'518	1 %	60.8
Rest		2'189'053	57 %	152'655	21 %	69.7
Gesamt CH		3'835'909	100 %	736'892	100 %	192.1

Quelle GWR (2014), prSIA 2039, BFS, Berechnungen TEP Energy

3.1.2 Gebäude- und Konstruktionstyp

Gebäudetypen

Der Gebäudebestand kann anhand der definierten Gebäudetypen (GTYP-GPM) und der jeweiligen Anzahl Gebäude bzw. dem jeweiligen Flächenanteil (EBF) einer Bauperiode zugeschrieben werden. Grundlage dafür bildet das GWR (2014), bzgl. der Nicht-Wohngebäude die weiter oben erwähnte Stichprobe der Gemeinden mit guter Datenqualität.

In Tabelle 18 ist auffällig, dass die relativ geringen Anzahlen an Bürogebäuden je Bauperiode einen überproportionalen Anteil an der gesamten Gebäudefläche ausmachen. Damit einhergehend kann festgestellt werden, dass mit den jüngeren Bauperioden die Gebäudefläche bei Bürobauten zunahm, bei stagnierendem bzw. leicht rückläufigem Anteil der Anzahl Bürogebäude am Gesamtbestand.

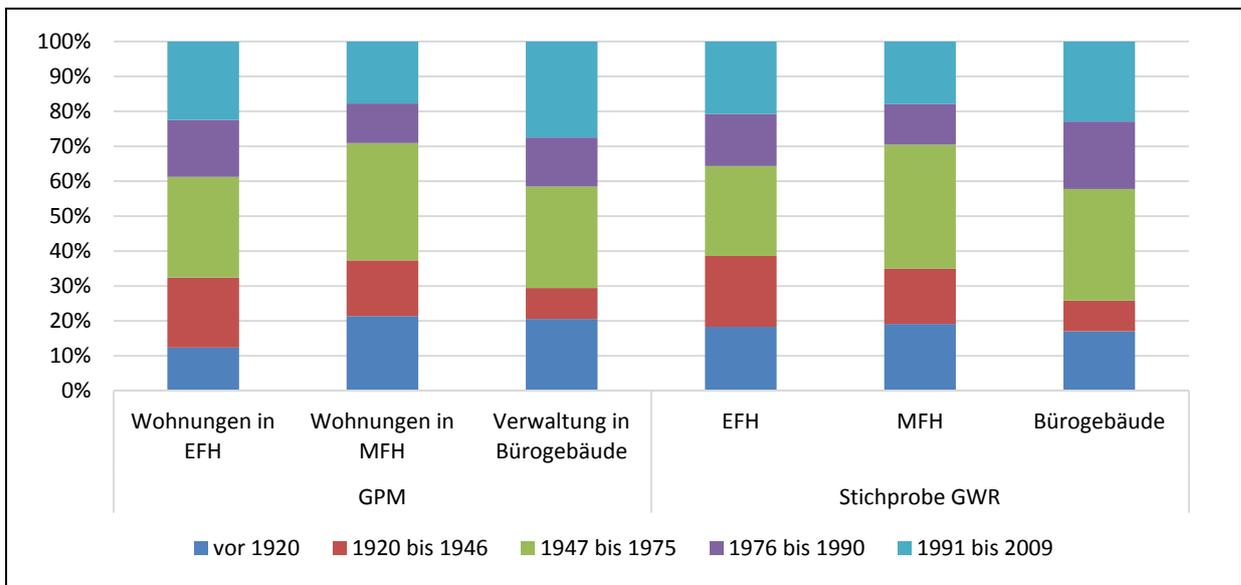
Tabelle 18 Anteil der Flächen und Anzahl Gebäude am jeweiligen Gebäudetyp innerhalb der definierten Bauperioden.

Beschreibung	BP1		BP2		BP3		BP4		BP5	
	EBF %	Anz. %								
MFH	57%	58%	58%	43%	55%	46%	45%	31%	52%	32%
EFH	9%	31%	20%	54%	12%	47%	19%	64%	19%	64%
Bürogebäude	17%	5%	10%	1%	17%	3%	17%	2%	16%	1%
Hotelgebäude	3%	1%	1%	0%	1%	0%	1%	0%	1%	0%
Schulgebäude	4%	1%	2%	0%	4%	1%	2%	0%	2%	0%
Spital & Pflegeheime	2%	0%	5%	0%	2%	0%	1%	0%	1%	0%
Heime	1%	0%	0%	0%	1%	0%	2%	0%	1%	0%
Kultur- & Freizeit	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Handelsgebäude	2%	1%	0%	0%	1%	0%	2%	0%	1%	0%
Industriegebäude	3%	1%	2%	0%	6%	1%	9%	1%	4%	1%
Verkehrsgebäude	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
Landwirtschaftsgebäude	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lagergebäude	0%	0%	1%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Sonstige Gebäude	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle GWR (2014, MFH und EFH, Nicht-Wohngebäude: Stichprobe des Regressionsmodells), Berechnungen TEP Energy

In den verschiedenen Bauperioden ist der Anteil der jeweiligen Gebäudetypen unterschiedlichen Entwicklungen unterworfen. Während die meisten Gebäudetypen wie Mehrfamilien- und Einfamilienhäuser den grössten Flächenanteil in der Bauperiode 3 ausweisen, weisen einzelne Gebäudetypen wie z.B. Spital und Pflegeheime einen älteren Flächenbestand aus mit einem Peak in Bauperiode 2. Die meisten Kultur- und Freizeitgebäude wie auch die meisten Landwirtschaftsgebäude stammen aus einer noch früheren Bauperiode.

Für die Gebäudetypen mit vergleichsweise guter Datenlage können die bauperiodenspezifischen Flächenanteile zwischen GPM und der Stichprobe vom GWR bis 2010 verglichen werden. Die Übereinstimmung zwischen Modell und GWR-Stichprobe ist im Allgemeinen relativ gut, siehe Abbildung 19. Bei den EFH wird die Bauperiode „vor 1920“ vom Modell etwas unterschätzt.



Quelle: GWR (2014, Nicht-Wohngebäude: Stichprobe des Regressionsmodells), Berechnungen TEP Energy
 Abbildung 19 Flächenanteile der Gebäudetypen im Bestand pro Bauperiode: Vergleich zwischen GPM und der Stichprobe von GWR (2014) bis 2010.

Tabelle 19 Flächenanteile der Gebäudetypen und Gebäude im Bestand für die jeweilige Bauperiode.

	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5	Total
Mehrfamilienhaus	21 %	16 %	34 %	11 %	18 %	100 %
Einfamilienhaus	13 %	20 %	27 %	16 %	24 %	100 %
Bürogebäude	22 %	10 %	37 %	14 %	18 %	100 %
Hotelgebäude	50 %	9 %	21 %	5 %	15 %	100 %
Schulgebäude	28 %	9 %	42 %	11 %	11 %	100 %
Spital und Pflegeheime	16 %	35 %	29 %	8 %	12 %	100 %
Heime	17 %	4 %	35 %	29 %	15 %	100 %
Kultur- und Freizeitgebäude	39 %	16 %	22 %	11 %	12 %	100 %
Handelsgebäude	25 %	5 %	31 %	20 %	19 %	100 %
Industriegebäude	11 %	7 %	40 %	25 %	17 %	100 %
Verkehrsgebäude	26 %	11 %	30 %	4 %	29 %	100 %
Landwirtschaftsgebäude	49 %	11 %	33 %	4 %	2 %	100 %
Lagergebäude	6 %	35 %	29 %	17 %	13 %	100 %
Sonstige Gebäude	19 %	13 %	33 %	19 %	17 %	100 %
Alle Gebäude	20 %	15 %	34 %	13 %	18 %	100 %

Quelle: GWR (2014, Nicht-Wohngebäude: Stichprobe des Regressionsmodells), Berechnungen TEP Energy

Konstruktionstypen

Bei jedem der 14 definierten Gebäudetypen überwiegt die Massivbauweise in der Ausführung (siehe Tabelle 20), gefolgt von Skelettbauten, welche insbesondere im Nicht-Wohnbereich anzutreffen sind. Holz- und Hybridbauten werden ausser bei Landwirtschafts- und Lagergebäuden nur selten angetroffen.

Tabelle 20 Anteile der Gebäudetypen nach Konstruktionstyp (flächenbezogen).

	Massivbau	Holzbau	Skelettbau	Hybridbau	Total
Mehrfamilienhaus	93 %	4 %	1 %	2 %	100 %
Einfamilienhaus	90 %	6 %	1 %	3 %	100 %
Bürogebäude	65 %	2 %	32 %	1 %	100 %
Hotelgebäude	89 %	1 %	9 %	1 %	100 %
Schulgebäude	80 %	2 %	17 %	1 %	100 %
Spital und Pflegeheime	70 %	1 %	28 %	1 %	100 %
Heime	80 %	1 %	18 %	1 %	100 %
Kultur- und Freizeitgebäude	78 %	1 %	20 %	1 %	100 %
Handelsgebäude	78 %	1 %	20 %	1 %	100 %
Industriegebäude	50 %	3 %	46 %	1 %	100 %
Verkehrsgebäude	78 %	1 %	20 %	1 %	100 %
Landwirtschaftsgebäude	50 %	20 %	28 %	2 %	100 %
Lagergebäude	40 %	25 %	33 %	2 %	100 %
Sonstige Gebäude	65 %	2 %	32 %	1 %	100 %

Quelle: Lemon Consult und TEP Energy

Betrachtet man die Verteilung der Konstruktionstypen innerhalb der Gebäudetypen über die Bauperioden, sieht man, dass verschiedene Entwicklungen stattfinden (siehe Abbildung 20 für Mehrfamilienhäuser und Abbildung 21 für Bürogebäude; Inputdaten für das Modell). Während die Massivbauweise bei Mehrfamilienhäusern über alle Perioden dominiert, weist im Bürobereich die Skelettbauweise wesentliche Anteile von bis zu 35% auf. Die Holzbauweise wurde im Mehrfamilienhausbereich bereits ab 1920 eingesetzt, mit steigenden Anteilen bis 2009. Im Gegensatz dazu findet die Holzbauweise im Bürobau erst in den vergangenen 2 Bauperioden ihre Anwendung, mit insgesamt geringeren Anteilen am Gesamtbestand. Mit den gelockerten Brandschutzanforderungen für Holzbauten in der vergangenen Bauperiode ist davon auszugehen, dass die Holzbauweise im Mehrgeschossbau in Zukunft vermehrt eingesetzt wird und der erkennbare Trend weiter fortschreitet.

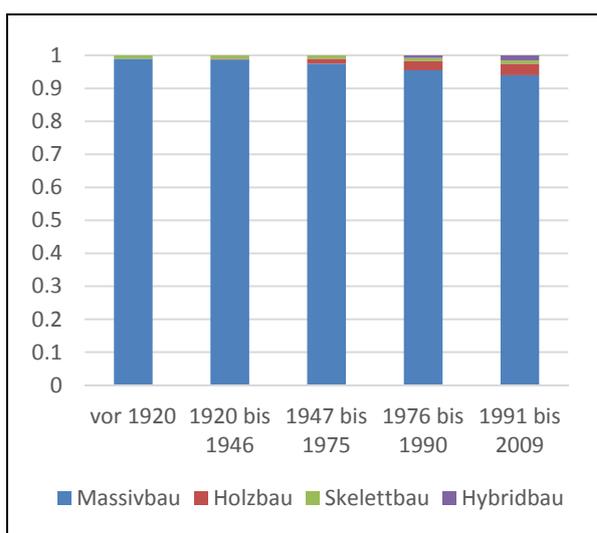


Abbildung 20 Modell-Input: Anteile der Konstruktionsweisen für Mehrfamilienhäuser pro Bauperiode am Gesamtbestand in der jeweiligen Bauperiode.

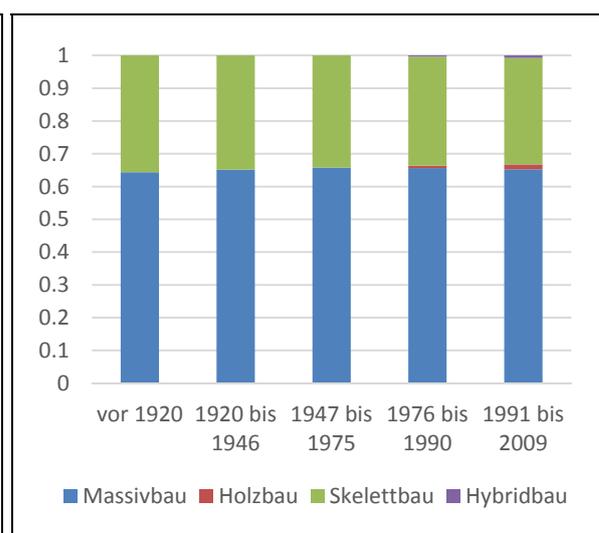


Abbildung 21 Modell-Input: Anteile der Konstruktionsweisen für Bürogebäude pro Bauperiode am Gesamtbestand in der jeweiligen Bauperiode.

3.1.3 Gebäudegrössenklassen

Die Verteilung der Gebäudegrössenklassen liefert ebenfalls Anhaltspunkte für die Annahmen zur zukünftigen Entwicklung des Gebäudebestands. Im Wohnbereich und insbesondere bei den Mehrfamilienhäusern haben sich die Flächen hin zu grösseren Gebäudegrössenklassen verschoben (siehe Abbildung 22, Gebäudeklassen 3 und 4), während im Einfamilienhausbereich kein eindeutiger Trend feststellbar ist (siehe Abbildung 23). Im Bürogebäude kann ein ähnlicher Trend wie bei den Mehrfamilienhausbauten festgestellt werden (siehe Abbildung 24) wobei hier die Grössenklassen 5 bis 7 dominieren. Bei den Schulgebäuden und den Spital- und Pflegeheimgebäuden ist kein eindeutiger Trend feststellbar (siehe Abbildung 25). Dies ist jedoch auf die unterschiedliche Bautätigkeit in den verschiedenen Bauperioden zurückzuführen (siehe Tabelle 19).

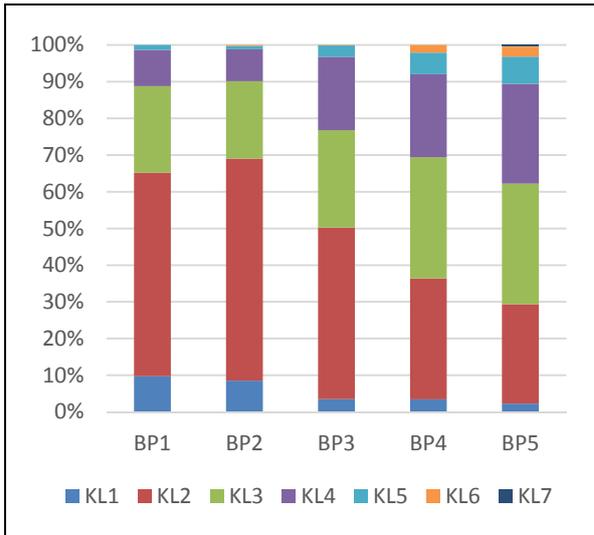


Abbildung 22 Verteilung der Mehrfamilienhäuser nach Gebäudegrössenklasse und Bauperiode, bezogen auf die EBF.

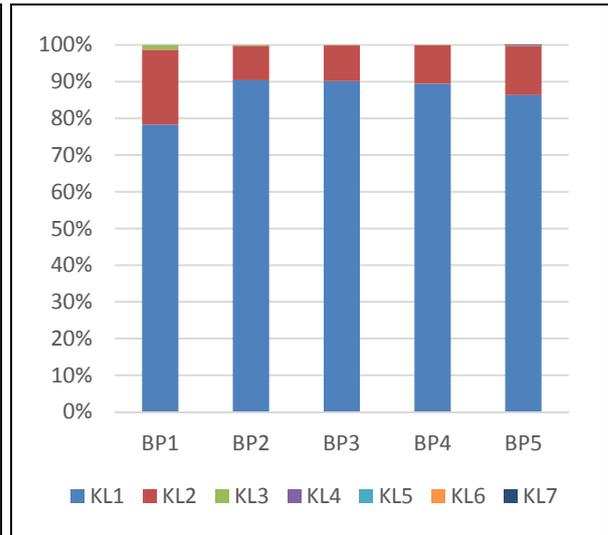


Abbildung 23 Verteilung der Einfamilienhäuser nach Gebäudegrössenklasse und Bauperiode, bezogen auf die EBF.

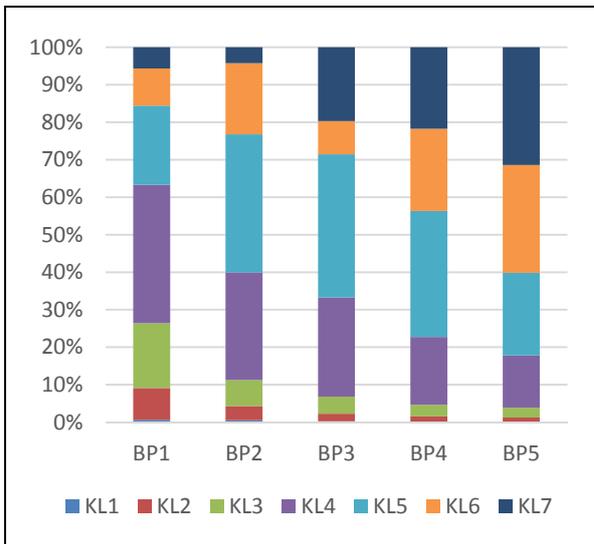


Abbildung 24 Verteilung der Bürogebäude nach Gebäudegrössenklasse und Bauperiode, bezogen auf die EBF.

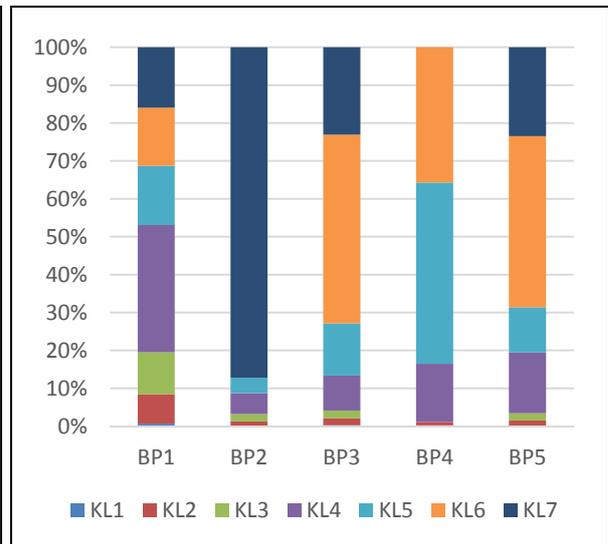
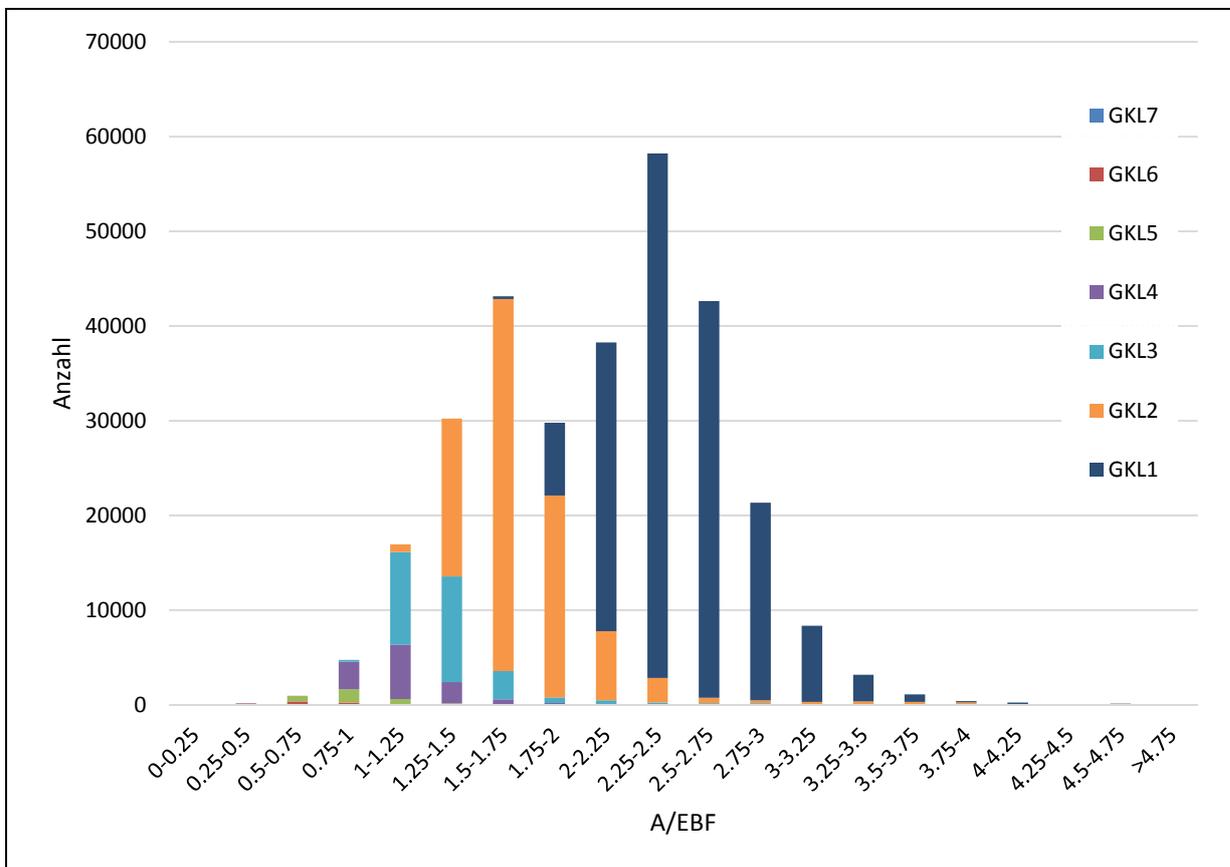


Abbildung 25 Verteilung der Gebäude im Spital- und Pflegebereich nach Gebäudegrössenklasse und Bauperiode, bezogen auf die EBF.

Das Verhältnis der thermischen Gebäudehüllfläche A_{th} zur Energiebezugsfläche (A/EBF) für die 7 Gebäudeklassen ist ein Indikator für die Struktur und Komplexität eines Gebäudes. Je kompakter die Bauform, desto geringer die Aussenfläche und dementsprechend die Aussenfläche, über die mögliche Wärmeverluste nach aussen treten. Je kleiner und komplexer ein Gebäude, desto grösser fällt das Verhältnis A/EBF aus (siehe Abbildung 26, welche eine Auswertung der Gebäudeparkmodell-Datenbank mit einigen zehntausend Repräsentanten enthält).



Quelle: Gebäudeparkmodell-DB, TEP Energy

Abbildung 26 Häufigkeitsverteilung des Verhältnis von thermischer Gebäudehüllfläche zu EBF (A_{th}/EBF) nach Grössenklassen sortiert für die Gebäude im Bestand bis 2010.

3.1.4 Branchen-Nutzung

Jeder Gebäudetyp ist in den Wirtschaftsbranchen jeweils unterschiedlich vertreten (siehe Tabelle 21), entsprechend dem jeweiligen etablierten Anwendungszweck. Während die Einfamilienhäuser praktisch zu hundert Prozent als Wohnungen genutzt werden, sind bei Mehrfamilienhäusern nur 83% durch Erstwohnungen belegt. Die restlichen 17% der Flächen werden durch anderweitige Nutzungen wie z. B. Läden, Restaurants oder Bankfilialen belegt.

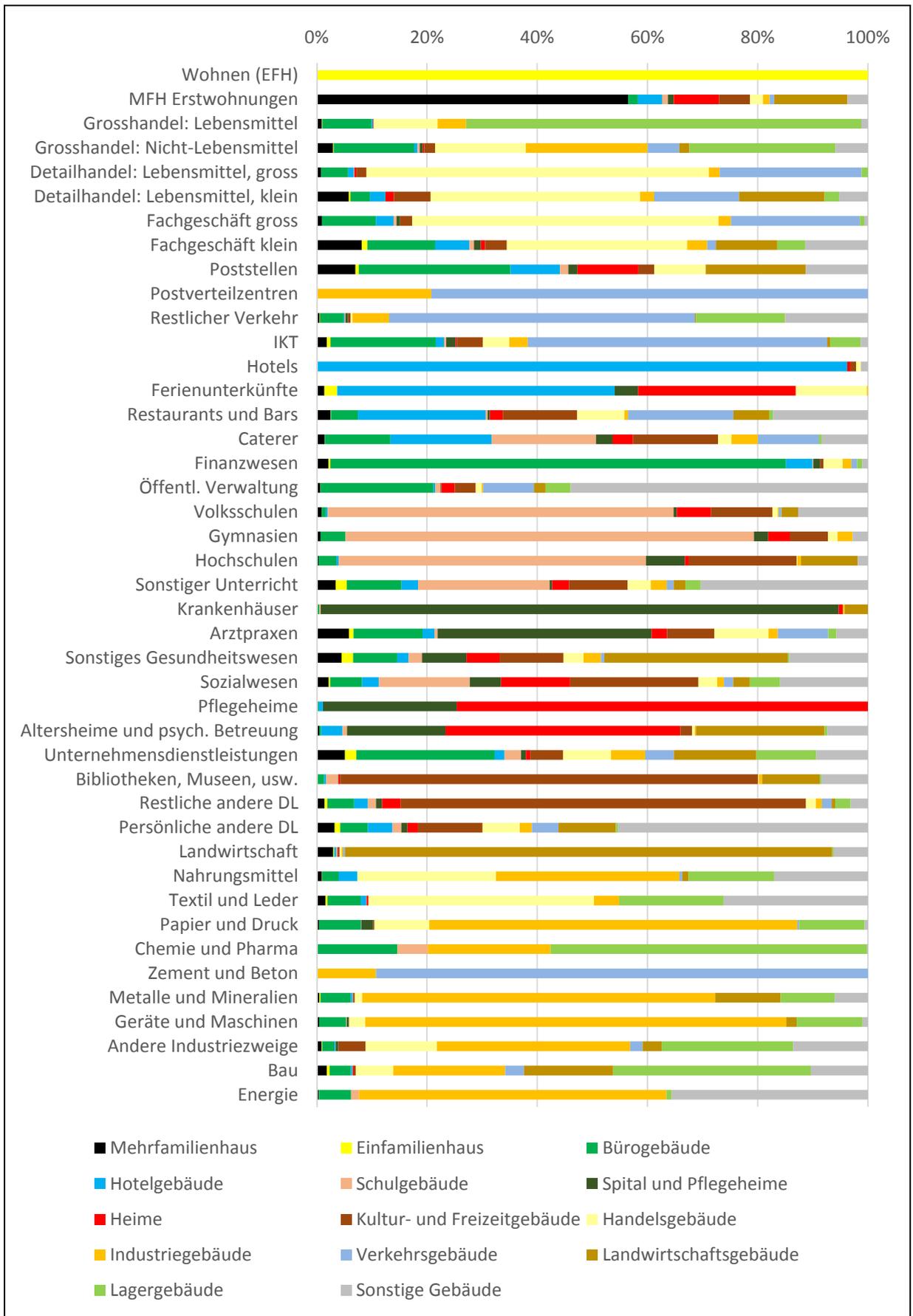
In der umgekehrten Betrachtungsweise ist ersichtlich, welches die jeweiligen Gebäudetypen sind, die in einer Branche vorwiegend genutzt werden, bzw. in welchen anderen Gebäudetypen ebenfalls die jeweiligen Branchen vertreten sind (siehe Abbildung 27). Z. B. gibt es MFH Erstwohnungen nicht nur im Gebäudetyp MFH sondern auch in Heimen, Kultur- und Freizeitgebäuden oder anderen.

Tabelle 21 Anteile der Gebäude- bzw. Nutzungsfläche der jeweiligen Branchen innerhalb der jeweiligen Gebäudetypen. Die Verteilung basiert auf der Beschreibung in Kap. 2.4.1.

Sub-Sub-Sektor	MFH	EFH	Büro- gebäude	Hotel- gebäude	Schul- geb.	Spital & Pfle- ge- heime	Heime	Kultur- & Freizeit- gebäude	Handels- gebäude	Industrie- gebäude	Verkehrs- gebäude	Landwirt- schafts- geb.	Lager- gebäude	Sonstige Geb.
Wohnen (EFH)	0%	97%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
MFH Erstwohnungen	83%	0%	2%	6%	2%	2%	12%	8%	3%	2%	1%	19%	0%	5%
Grosshandel: Lebensmittel	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	8%	0%
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	1%	0%	7%	0%	0%	0%	0%	1%	8%	11%	3%	1%	13%	3%
Detailhandel: Lebensmittel, gross	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	1%	22%	1%	9%	0%	0%	0%
Detailhandel: Lebensmittel, klein	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	1%	1%	0%	0%
Fachgeschäft gross	0%	0%	4%	1%	0%	0%	0%	1%	25%	1%	11%	0%	0%	0%
Fachgeschäft klein	1%	0%	2%	1%	0%	0%	0%	1%	4%	0%	0%	1%	1%	1%
Poststellen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Postverteilzentren	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Restlicher Verkehr	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	25%	0%	7%	7%
IKT	1%	0%	8%	1%	0%	1%	0%	2%	2%	1%	22%	0%	2%	1%
Hotels	0%	0%	0%	66%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	1%
Ferienunterkünfte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Restaurants und Bars	1%	0%	2%	12%	0%	0%	1%	7%	4%	0%	10%	3%	0%	9%
Caterer	0%	0%	2%	3%	3%	0%	1%	2%	0%	1%	2%	0%	0%	1%
Finanzwesen	1%	0%	20%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Öffentl. Verwaltung	0%	0%	6%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	0%	3%	1%	1%	16%
Volksschulen	0%	0%	0%	0%	26%	0%	3%	5%	0%	0%	0%	1%	0%	5%
Gymnasien	0%	0%	1%	0%	22%	1%	1%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	1%
Hochschulen	0%	0%	2%	0%	33%	4%	0%	12%	0%	0%	0%	6%	0%	1%
Sonstiger Unterricht	0%	0%	1%	0%	3%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	4%
Krankenhäuser	0%	0%	0%	0%	0%	57%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%
Arztpraxen	1%	0%	1%	0%	0%	4%	0%	1%	1%	0%	1%	0%	0%	1%
Sonstiges Gesundheitswesen	0%	0%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	3%	0%	1%

Sozialwesen	1%	0%	1%	1%	4%	1%	3%	6%	1%	0%	0%	1%	1%	4%
Pflegeheime	0%	0%	0%	1%	0%	19%	59%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Altersheime und psych. Betreuung	0%	0%	0%	1%	0%	6%	14%	1%	0%	0%	0%	8%	0%	2%
Unternehmensdienstleistungen	3%	1%	16%	1%	2%	1%	1%	4%	5%	4%	3%	9%	7%	6%
Bibliotheken, Museen, etc.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	0%	0%	1%	0%	1%
Restliche andere DL	1%	0%	2%	1%	1%	0%	1%	32%	1%	0%	1%	0%	1%	1%
Persönliche andere DL	1%	0%	1%	1%	0%	0%	1%	3%	2%	1%	1%	3%	0%	12%
Landwirtschaft	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	0%	2%
Nahrungsmittel	0%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	4%	6%	0%	0%	3%	3%
Textil und Leder	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%
Papier und Druck	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	6%	0%	0%	1%	0%
Chemie und Pharma	0%	0%	8%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	12%	0%	0%	30%	0%
Zement und Beton	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	5%	0%	0%	0%
Metalle und Mineralien	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%
Geräte und Maschinen	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	24%	0%	1%	4%	0%
Andere Industriezweige	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	4%	10%	1%	1%	7%	4%
Bau	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	6%	1%	5%	10%	3%
Energie	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: TEP Energy



Quelle TEP Energy

Abbildung 27 Geschossflächenanteile je Branche am jeweiligen GTYP.

3.1.6 Ausgewählte Auswertungen zur Erstellungsenergie

Die Berechnung der Erstellungsenergie erfolgt anhand der Bauteile und Konstruktionstypen und deren eingesetzten Quantitäten (siehe Abbildung 47). Je nach Konstruktionstyp, sind unterschiedliche Bauteile relevant für das Ergebnis der Erstellungsenergie. Augenfällig ist die hohe Erstellungsenergie für einzelne Komponenten. Dies kommt daher, dass entweder deren Energie höher oder deren Lebensdauer tiefer ist als jene von anderen Komponenten.

3.2 Auswertung Einflussfaktoren Raumwärmebedarf und Energieträgerversorgung

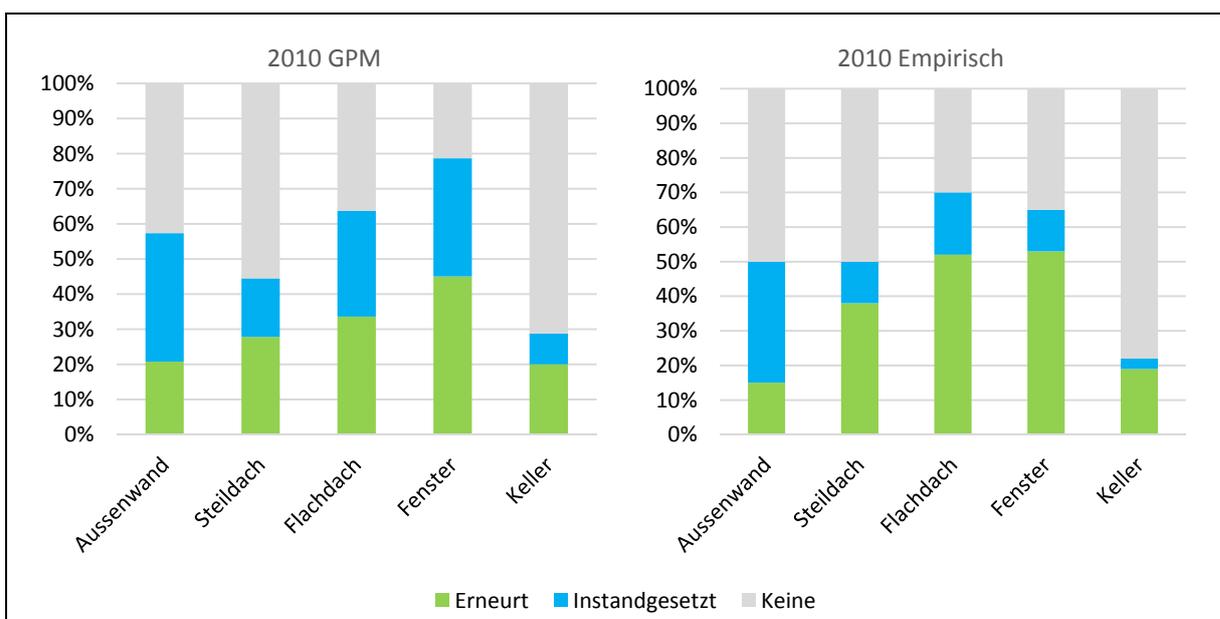
Der Ausstattungs- und Nutzungsmix bestimmt im Wesentlichen die nachgefragte Betriebsenergie. Diese wird wiederum durch die unterschiedlichen Nutzungsparameter wie z. B. die Raumtemperatur, interne Lasten oder die Lüftungsraten bestimmt. Unter Verwendung von gebäudebezogenen Parametern wie z. B. den U-Werten für die Gebäudedämmung wird der Energiebedarf berechnet. In den folgenden Unterkapiteln sind die verwendeten Daten aufgeführt.

3.2.1 Raumwärme und Warmwasser

Anteile der erneuerten Gebäudehüllenelemente

Die Aktivität der Erneuerung der einzelnen Gebäudebestandteile folgt aus der in den Kapiteln 2.2 und 2.9.2 dargelegten Methodik. Der Gebäudebestand weist je nach Bauteil einen unterschiedlichen Ausgangszustand bezüglich der in der Vergangenheit durchgeführten Instandsetzungen und Erneuerungen auf (siehe Abbildung 28). Die bereits durchgeführten Erneuerungen beeinflussen das verbleibende Erneuerungspotenzial und sind für die weiteren Berechnungen von wesentlicher Bedeutung.

Als Grundlage für die Validierung wird Jakob et al. (2014a) herangezogen, worin die bis 2010 verfügbare empirische Basis zur Erneuerungstätigkeit im Bereich Gebäudehülle aufgearbeitet ist. Der Vergleich zwischen Modell und Statistik zeigt, dass die kumulierten energetischen Erneuerungsraten im Fall von Fassade und Kellerdecke relativ gut übereinstimmen. Die energetischen Anteile der Bauteile Fenster und Dach werden vom Modell etwas unterschätzt. Hier sind entsprechend weitere Kalibrierungsarbeiten erforderlich, um die Übereinstimmung zwischen Modell und Statistik zu verbessern.

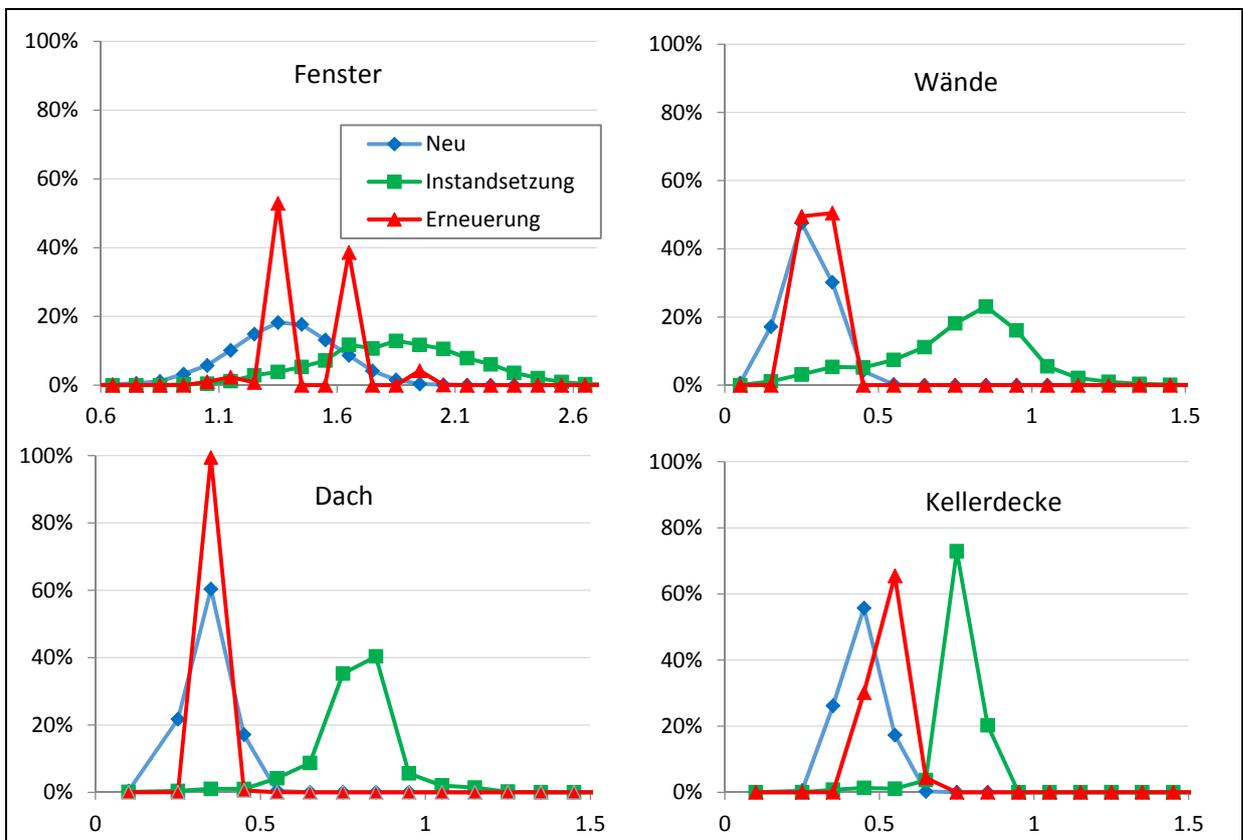


Quelle: GPM-Berechnung, TEP Energy

Abbildung 28 Stand Erneuerungstätigkeit im Jahr 2010. Kumulierter Anteil der Flächen, welche gemäss Modell in 2010 saniert bzw. instandgesetzt wurden. Zum Vergleich: Werte aus Jakob et al. (2014a).

Ausgangslage bei der Gebäudeerstellung: Verteilung der U-Werte

Die Verteilung der U-Werte der Gebäuderepräsentanten sämtlicher Bauperioden und sämtlicher Gebäudeklassen ist in Abbildung 29 dargestellt. Wesentliche Unterschiede der U-Wert-Verteilung bestehen weiterhin zwischen Erneuerungs- und Instandsetzungsmassnahmen.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 29 Relativer Anteil der U-Werte [W/m²K] für die Gebäuderepräsentanten über sämtliche Bauperioden und sämtliche Gebäudeklassen verteilt (Rote Linie = erneuerte Bauteile zw. 2000 und 2010, Grüne Linie = instandgesetzte Bauteile zw. 2000 und 2010, Blaue Linie = Neue Gebäude, gebaut zw. 2000 und 2010). Die Summe der Punkte jeder Kurve ergibt 100%.

Entwicklung der U-Werte pro Bauperiode

Die Entwicklung hin zu verbesserten U-Werten ist je nach Bauteil unterschiedlich verlaufen. Während sich die U-Werte für den Wandaufbau in der Periode von 1991 bis 2009 gegenüber der Bauperiode zwischen 1976 bis 1990 stark verbessert haben (siehe Abbildung 30), sind die Verbesserungen über den gleichen Zeithorizont im Bereich Fenster anteilmässig weit geringer ausgefallen (Abbildung 31). Die U-Werte der Dächer und der Kellerdecken (Abbildung 32 und Abbildung 33) weisen eine ähnlich positive Entwicklung zwischen den Perioden 1976 bis 1990 und 1991 bis 2009 auf. Die Reduktionen der U-Werte belaufen sich in dieser Zeit bei den Dächern auf rund 60% und den Kellern auf 40%.

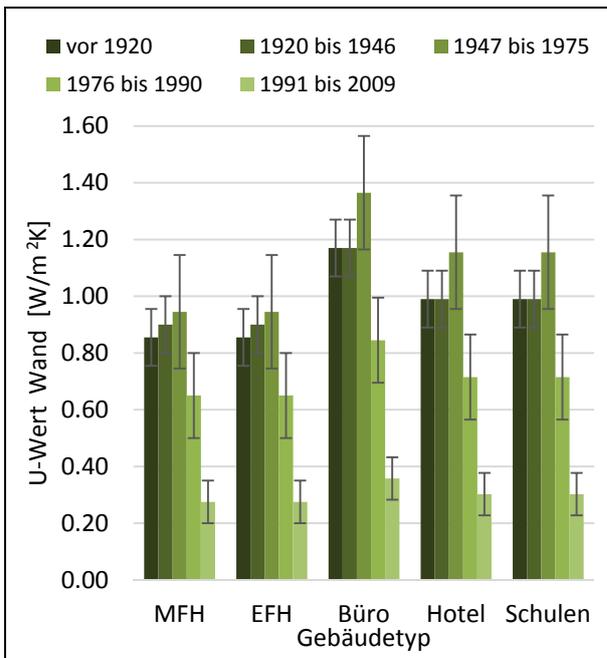


Abbildung 30 Mittlere Wand-U-Wert-Entwicklung und Standardabweichung für ausgewählte Gebäudetypen bezogen auf die jeweilige Bauperiode.

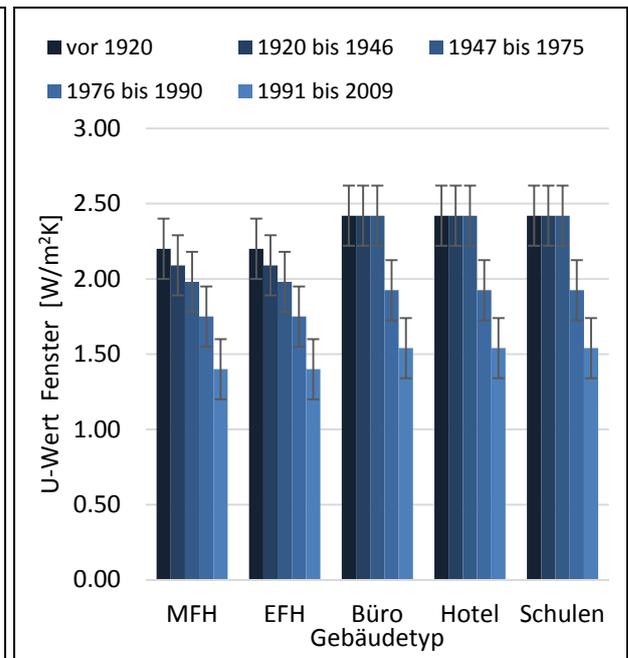


Abbildung 31 Mittlere Fenster-U-Wert-Entwicklung und Standardabweichung für ausgewählte Gebäudetypen bezogen auf die jeweilige Bauperiode.

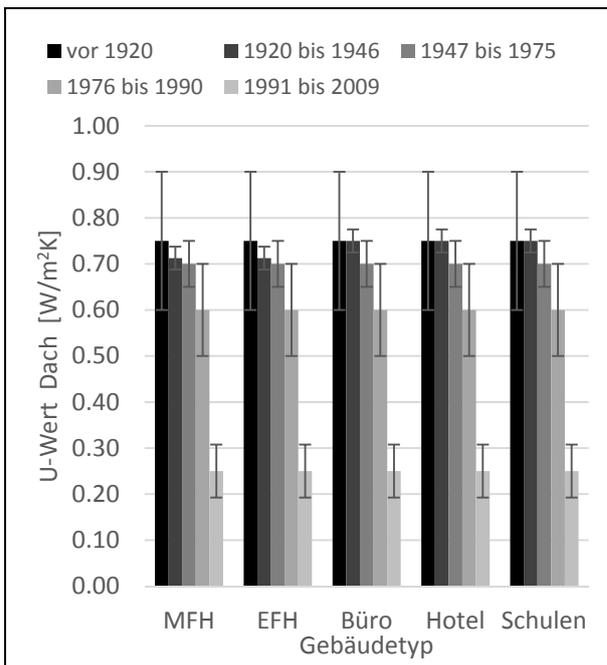


Abbildung 32 Mittlere Dach-U-Wert-Entwicklung und Standardabweichung für ausgewählte Gebäudetypen bezogen auf die jeweilige Bauperiode.

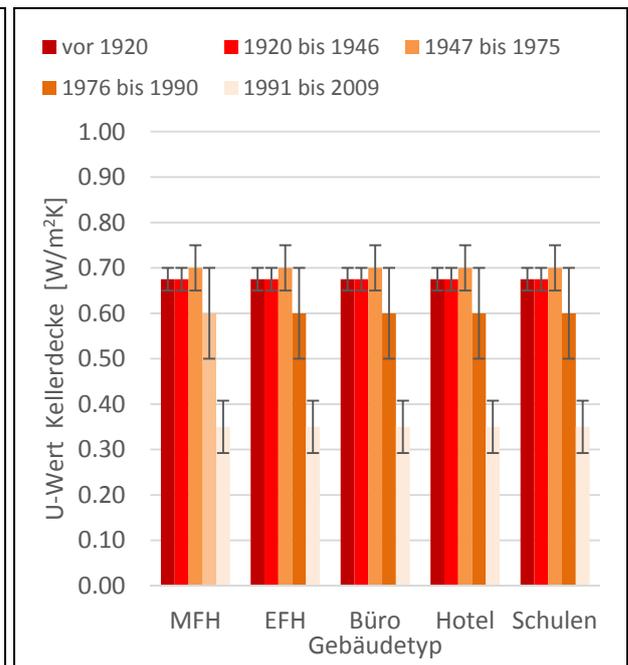
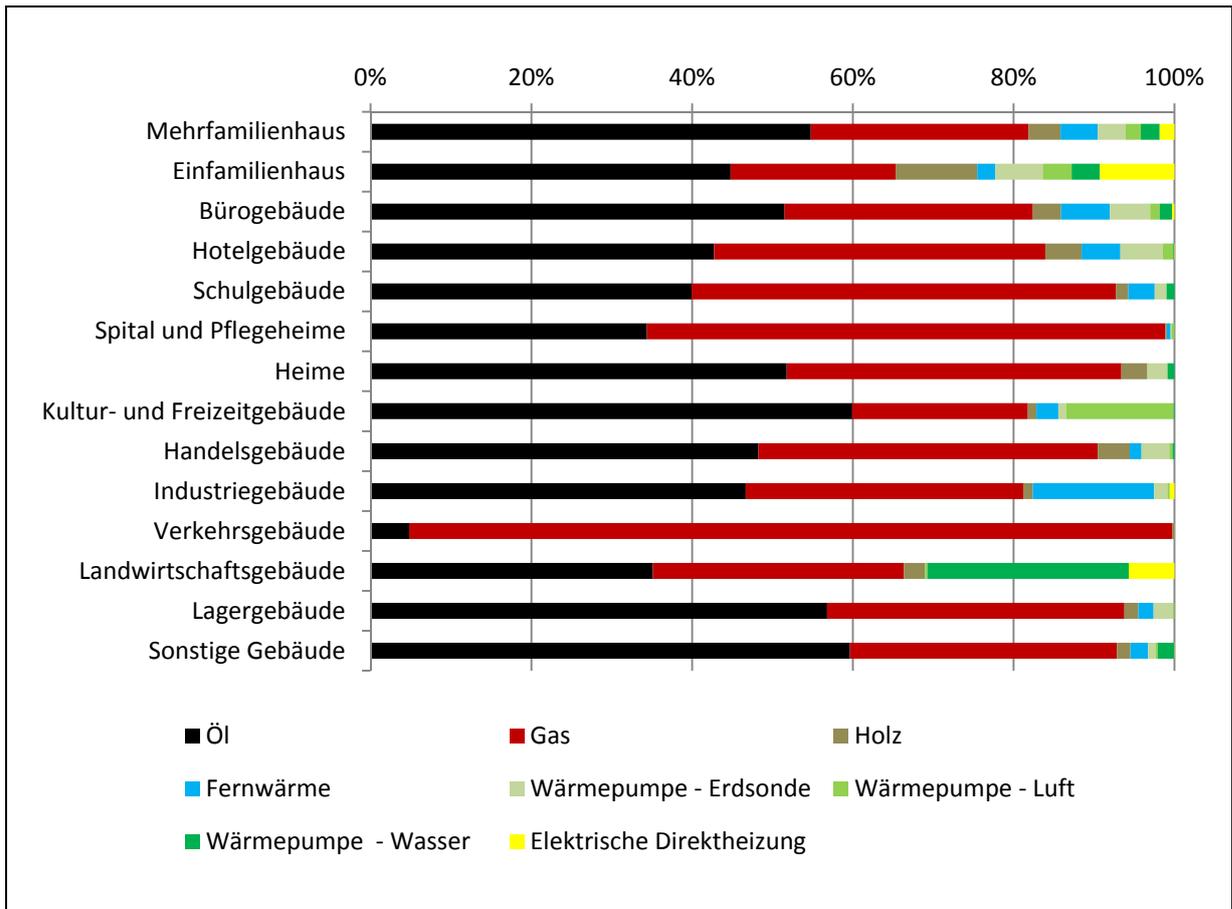


Abbildung 33 Mittlere Kellerdecke-U-Wert-Entwicklung und Standardabweichung für ausgewählte Gebäudetypen bezogen auf die jeweilige Bauperiode.

3.2.2 Verteilung Heizenergieträger

Ausgehend von einer Ausgangsverteilung wird im Modell für das Jahr 2010 die Verteilung der Heizenergieträger bestimmt (siehe Abbildung 34). Diese werden ausgehend von Daten des GWR in einem iterativen Prozess festgelegt, indem für das Kalibrierungsjahr die Übereinstimmung zwischen Modell und verfügbaren empirischen Grundlagen (GEST, Energieverbrauchserhebung Industrie und Dienstleistungen, Ex-post Analysen) sukzessive verringert wird. Je nach Gebäudetyp dominieren unterschiedliche Heizsysteme. Der überwiegende Anteil besteht aber weiterhin aus Öl- und Gasheizungen. Einzig im Einfamilienhaus-Segment erreichen alternative Energieträger eine Quote von annähernd 40%.



Quelle GPM-Berechnung, TEP Energy

Abbildung 34 Anteile der Heizenergieträger in Bezug auf die Energiebezugsfläche je Gebäudetyp für den Bestand 2010 (Modellergebnis).

3.3 Ergebnisse zur Betriebsenergie auf Ebene Endenergie

Die Ergebnisse zur Betriebsenergie auf Ebene Endenergie werden auf drei Ebenen dargestellt, dies mit der jeweils folgenden Motivation:

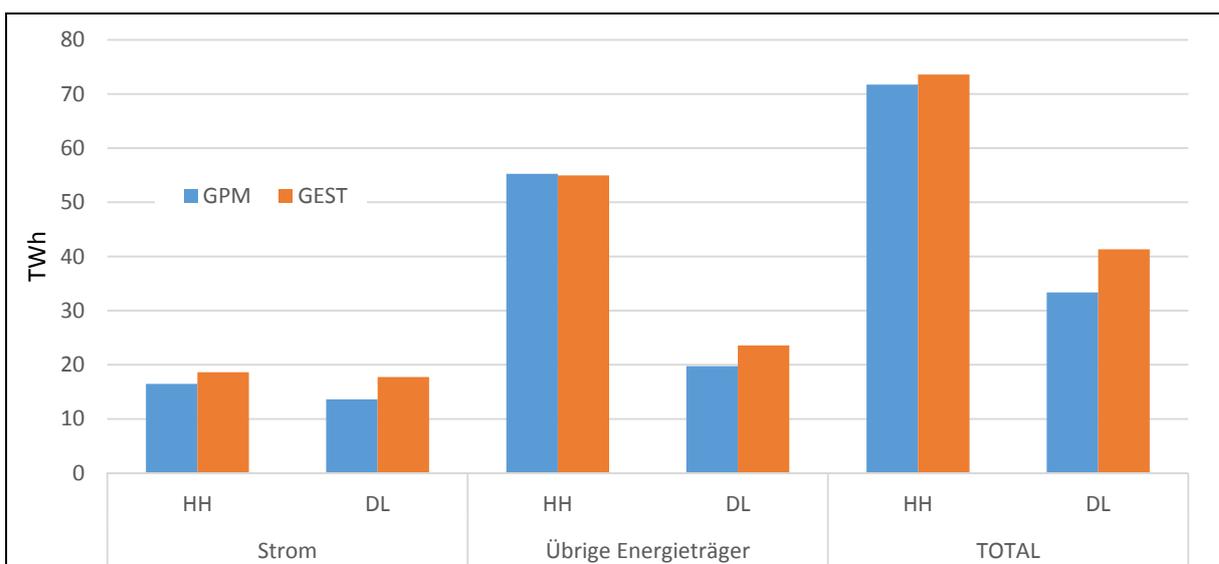
- Ergebnisse auf aggregierter Ebene: damit werden Vergleiche zwischen Modellergebnissen und empirischen Grundlagen ermöglicht, dies in Bezug auf das Niveau des Energieverbrauchs pro Sektor, Branche oder Energieträger (siehe Kap. 3.3.1).
- Spezifische (durchschnittliche) Kennwerte für den Ist-Zustand, Neubauten und Umbauten inkl. Verwendungszweckanteilen: diese Auswertungen dienen als Vergleichsgrundlage bei der Festlegung der Richt- und Zielwerte des SIA-Effizienzpfades (siehe 3.3.2).

- Verteilungen der Kennwerte: Damit wird die Heterogenität des Gebäudeparks berücksichtigt und der Mehrwert des Modellansatzes aufgezeigt (siehe Kap. 3.3.3).

3.3.1 Ergebnisse auf aggregierter Ebene inkl. Validierung

Abbildung 35 zeigt, dass der Stromverbrauch im Sektor Haushalte (HH) durch das GPM im Vergleich zur Gesamtenergiestatistik (GEST) für das Jahr 2010 um rund 12% unterschätzt wird. Die Summe der übrigen Energieträger liegt wesentlich näher bei der GEST. Allerdings sind beim Vergleich Witterungseffekte zu berücksichtigen: dem Modell liegt ein mittleres Witterungsjahr zugrunde, die GEST bezieht sich auf die tatsächliche Witterung. Unter Berücksichtigung des Witterungseffekts (1.5 TWh im HH-Sektor) überschätzt das GPM den Verbrauch im Vergleich zu GEST um etwa 5%.

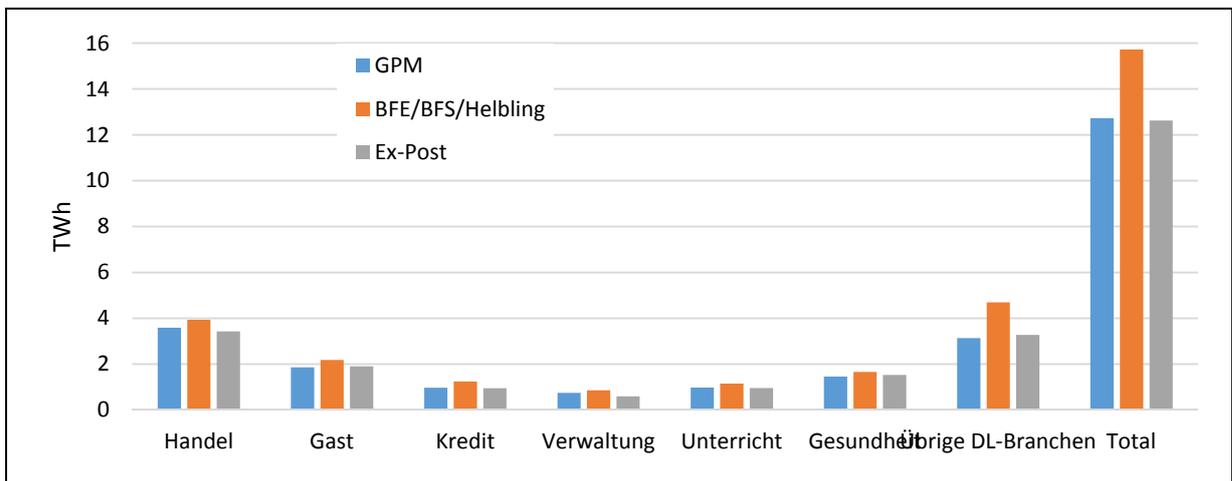
Im Dienstleistungssektor (DL) wird durch das GPM nur der gebäudebezogene Stromverbrauch abgedeckt. In der GEST sind unter dem DL-Sektor aus erfassungstechnischen Gründen auch der Allgemeinstrom von Mehrfamilienhäusern sowie der Energieverbrauch von Aussenbeleuchtungen, Parkhäusern, Bahnhöfen etc. im Wert von rund 8 TWh (grösstenteils Strom) enthalten. Dies erklärt, weshalb der Wert des GPM beim Strom im Vergleich zur Gesamtenergiestatistik (GEST) für das Jahr 2010 tiefer liegt. Bei den übrigen Energieträgern (ausser Strom) liegt das GPM etwa 15% tiefer als der statistische Wert aus der GEST (2010), was zum Teil durch die Witterungseffekte (1.2 TWh im Dienstleistungssektor) erklärt werden kann.



Quelle GPM-Berechnung, Bendel et al. 2012, BFE (2014), Darstellung TEP Energy

Abbildung 35 Vergleich der Endenergienachfrage der Sektoren Haushalte (HH) und Dienstleistungen (DL) zwischen Modell (GPM) und der Schweizerischen Gesamtenergiestatistik für das Jahr 2010 (GEST, mit Witterungseinfluss).

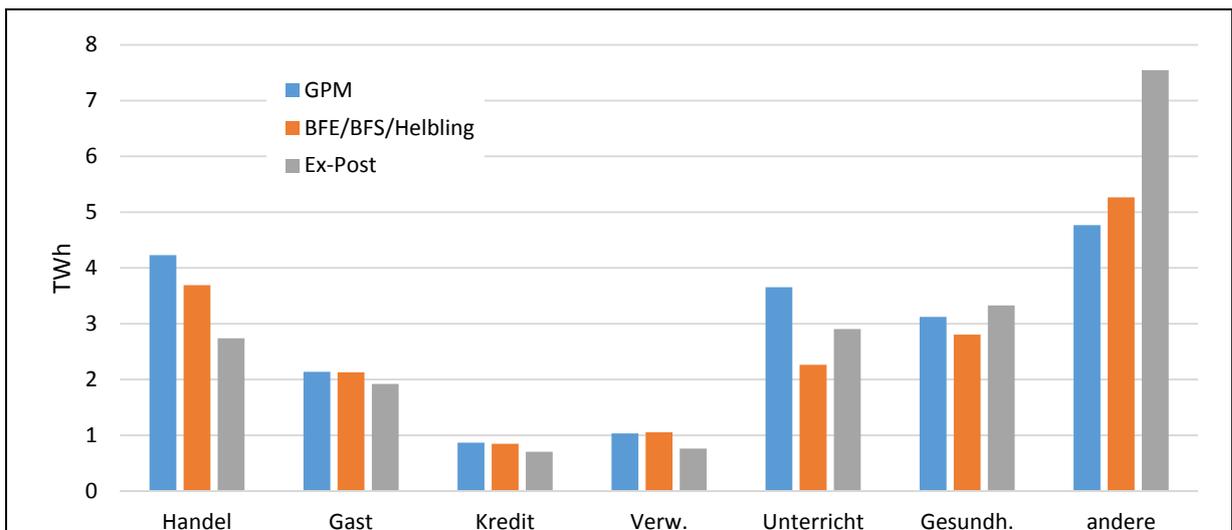
Die Modellergebnisse lassen sich im Fall des Dienstleistungssektors auf der Ebene einzelner Branchengruppen vergleichen und zwar mit der Energieverbrauchserhebung Industrie und Dienstleistungen (Bendel et al. 2012) und den Ex-post Analysen des Bundesamts für Energie. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass die Abgrenzung der Branchengruppen nicht immer ganz trennscharf erfolgen kann, insbesondere was die Gruppe „übrige DL-Branchen“ betrifft. Abgesehen von dieser letztgenannten Branchengruppe kann bei Strom von einer guten Übereinstimmung zwischen Modell und Statistik gesprochen werden (Abbildung 36).



Quelle GPM-Berechnung, Bendel et al. 2012, BFE (2014), Darstellung TEP Energy

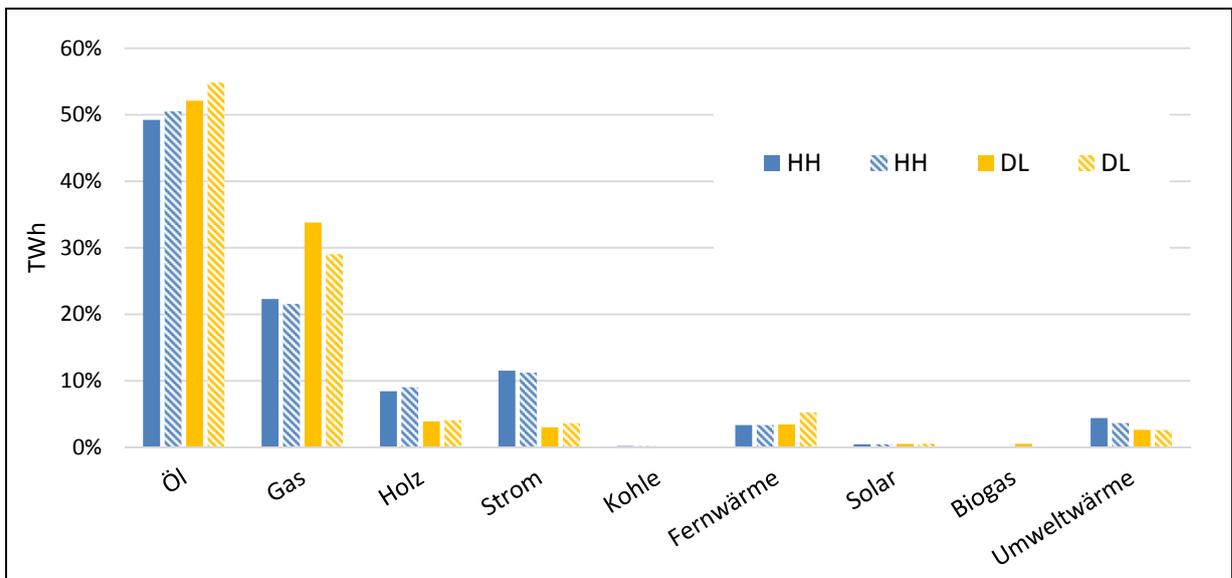
Abbildung 36 Vergleich der Stromnachfrage der Branchen des Dienstleistungssektors zwischen Modell (GPM) und der Energieverbrauchserhebung Industrie und Dienstleistungen für das Jahr 2011 (Bendel et al. 2012) und der BFE-Ex-Post Analyse (BFE 2014).

Auch bei den übrigen Energieträgern (alle Energieträger ausser Strom) kann grundsätzlich von einer guten Übereinstimmung zwischen Modell und empirischen Grundlagen gesprochen werden (siehe Abbildung 37). Wie oben stehend erläutert ist zu berücksichtigen, dass sich die statistischen Grundlagen (Bendel et al. 2012) auf das tatsächliche, die Modellergebnisse auf ein mittleres Witterungsjahr beziehen. Die Modellergebnisse würden mit dem tatsächlichen Witterungsjahr 2010 etwas höher liegen. Umgekehrt ist die Energieverbrauchserhebung Industrie und Dienstleistungen bei den Energieträgern Holz und Fernwärme aus methodischen Gründen unvollständig und die Umweltwärme wird nicht bilanziert, so dass diese empirischen Daten ebenfalls eine gewisse Unterschätzung darstellen. Abbildung 38 zeigt die Endenergienachfrage für Wärme im Haushalts- und Dienstleistungssektor aufgeteilt nach Energieträger, wobei ein Vergleich zwischen den Werten aus dem Modell (GPM) und der BFE Ex-Post Analyse gemacht wird. Bis auf die Energienachfrage aus Öl, bei der das Modell leicht tiefere Werte ermittelt, stimmen die Werte sehr gut überein.



Quelle Berechnung aus GPM, Statistik BFE, Darstellung TEP Energy

Abbildung 37 Vergleich der Endenergienachfrage (alle Energieträger ohne Strom) der Branchen des Dienstleistungssektors zwischen Modell (GPM), Energieverbrauchserhebung Industrie und Dienstleistungen (Holz, FW und Umweltwärme unvollständig) sowie den Ex-Post-Analysen des BFE für das Jahr 2011 (Bendel et al. 2012).

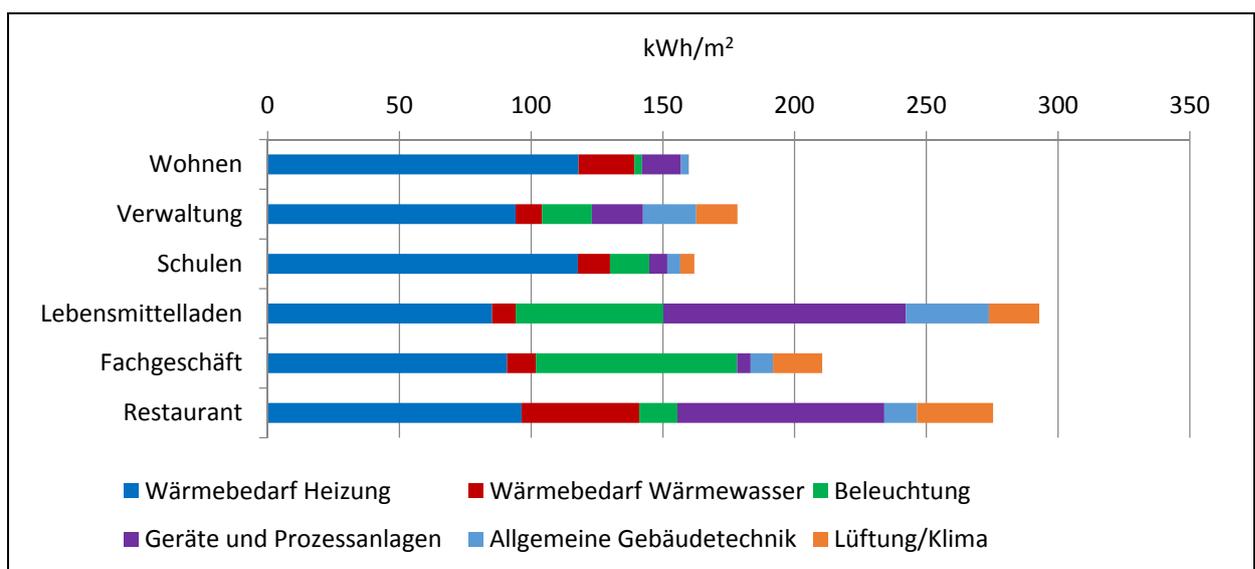


Quelle GPM-Berechnung, Statistik BFE, Darstellung TEP Energy

Abbildung 38 Vergleich der Endenergienachfrage für Wärme der Sektoren Haushalte (HH) und Dienstleistungen (DL) zwischen Modell (GPM) und der BFE Ex-Post Analysen für das Jahr 2010 (Ex-Post, ohne Witterungseinfluss), aufgeteilt nach Energieträger.

3.3.2 Spezifischer Energiebedarf für Wärme und übrige Verwendungszwecke, bzw. Energieanwendungen

In Abbildung 39 sind die spezifischen Endenergiebedarfswerte für Raumwärme und Warmwasser für die jeweiligen Branchen sowie die Energiekennzahlen der übrigen Energieanwendungen bzw. Verwendungszwecke nach SIA 380/4 bzw. SIA 380:2015 dargestellt. Bei Letzteren handelt es sich in der Regel um strombezogenen Verwendungszwecke, welche nur in seltenen Fällen durch andere Energieträger gedeckt werden können, dies im Gegensatz zu Raumwärme und Warmwasser. Für weitere Informationen in Bezug auf die Unterteilung in Sub-Sub-Sektoren wird auf die Tabelle 58 in Anhang 8.8.2 verwiesen.

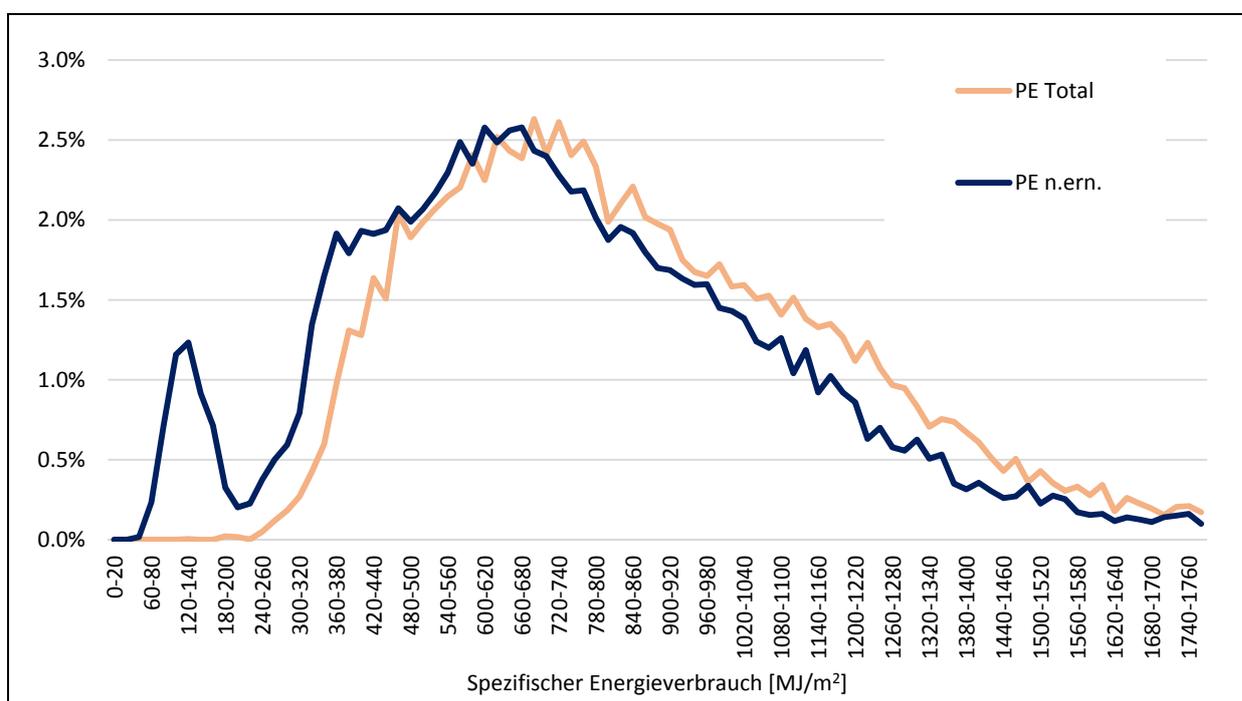


Quelle: TEP Energy

Abbildung 39 Resultierender spezifischer Endenergiebedarf in kWh/m² für die Kategorien des SIA-Effizienzpfades und nach Verwendungszweck entsprechend dem Ist-Zustand des Gebäudebestands im Jahr 2010.

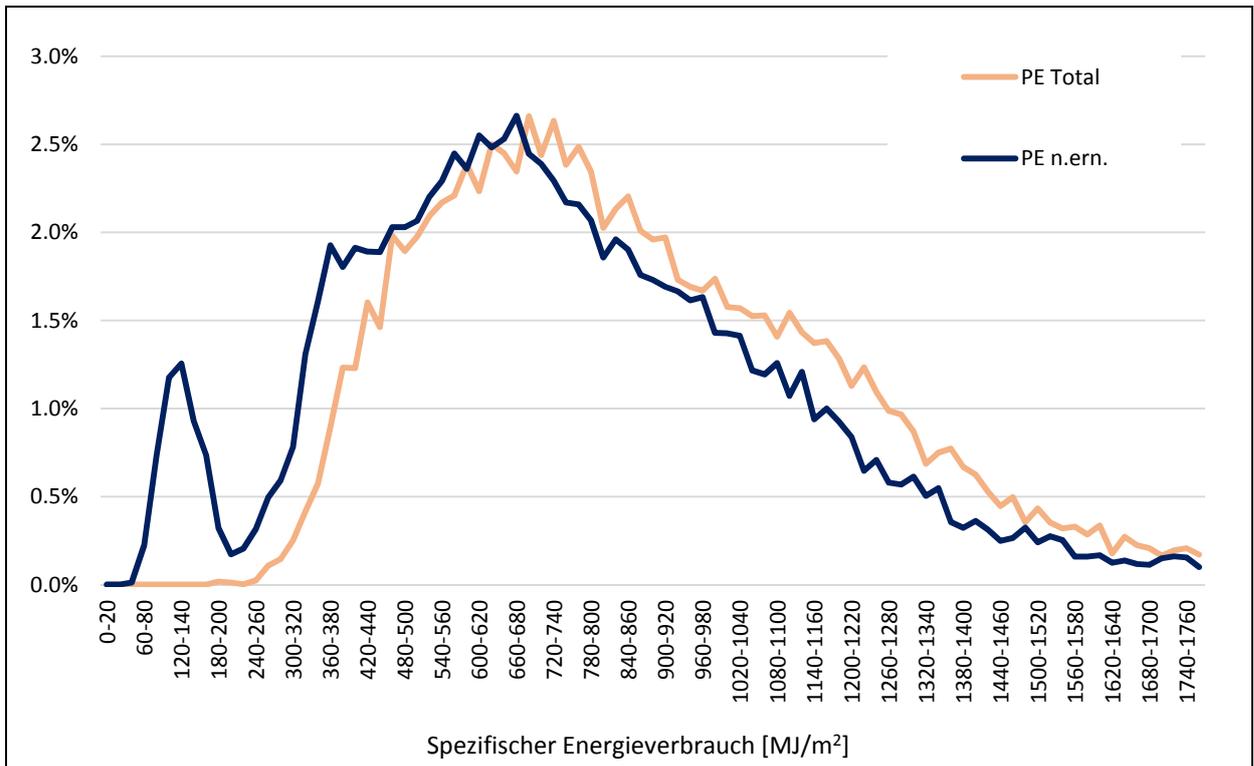
3.3.3 Verteilung der Kennwerte

Je nach Bauperiode, Zustand, Typ, Verwendungszweck und Ausbaustand eines Gebäudes unterscheidet sich dessen spezifischer Primärenergieverbrauch im Vergleich zu anderen. Abbildung 40 zeigt die Häufigkeitsverteilung des Primärenergiebedarfs (aufgeteilt in total und nicht-erneuerbar) über sämtliche Gebäude des Gebäudeparks für den Bestand 2010. Abbildung 41 und Abbildung 42 stellen ebenfalls die Verteilungen des Energiebedarfs für die Nutzungskategorien EFH/MFH bzw. nicht-Wohngebäude dar. Die Verteilungen zeigen deutlich, wie gross die Bandbreite des Verbrauches innerhalb der Gebäude des Gebäudeparks ist. Auffällig ist zudem die erhöhte Anzahl Gebäude mit einem Energiebedarf (nur nicht-erneuerbar) zwischen 60-180 MJ/m². Es handelt sich hierbei um Gebäude, welche ihren Wärmebedarf mit einem erneuerbaren Energieträger (z.B. Pellets) decken, jedoch den Strom aus nicht-erneuerbarer PE erhalten. Im Vergleich zu der Häufigkeitsverteilung mit Stand 2010, werden im Kap. 5.1.2 die Verteilungen des Gebäudeparks für die beiden Szenarien Ref. und Eff. dargestellt.



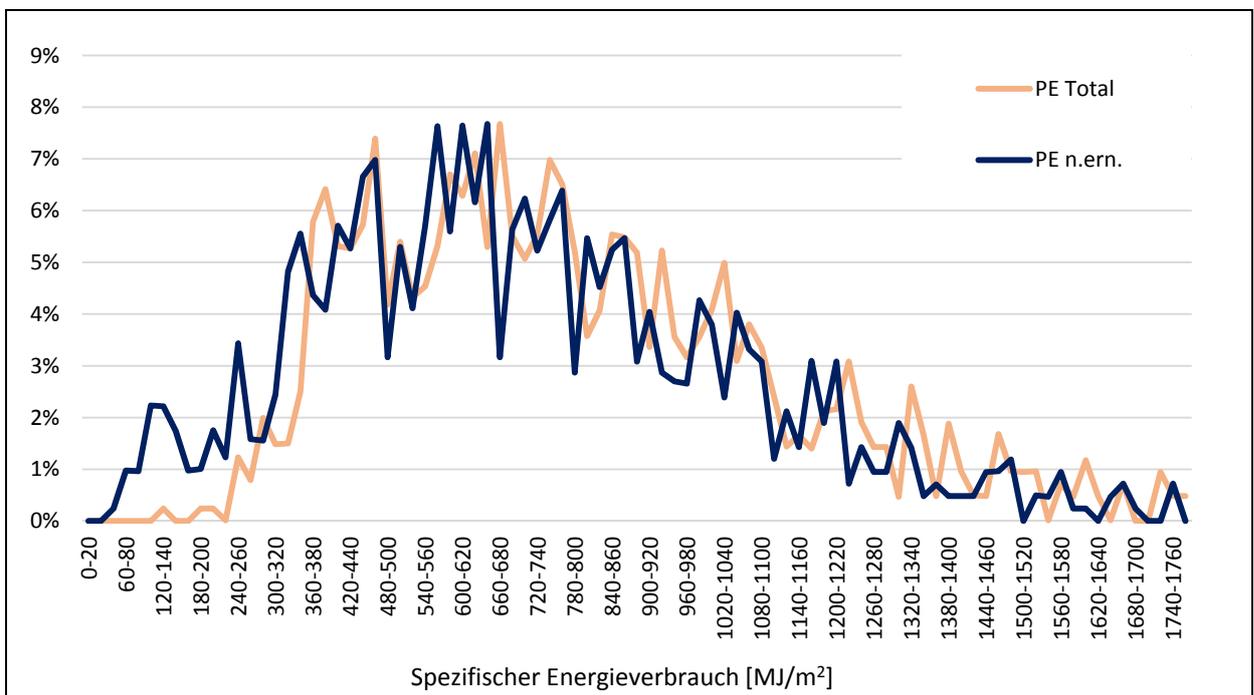
Quelle: TEP Energy

Abbildung 40 Häufigkeitsverteilung des totalen und nicht-erneuerbaren PE_{Betr.} für den Bestand 2010.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 41 Häufigkeitsverteilung der totalen und nicht-erneuerbaren $PE_{Betr.}$ für den Bestand 2010, EFH und MFH.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 42 Häufigkeitsverteilung der totalen und nicht-erneuerbaren $PE_{Betr.}$ für den Bestand 2010, Nicht-Wohngebäude.

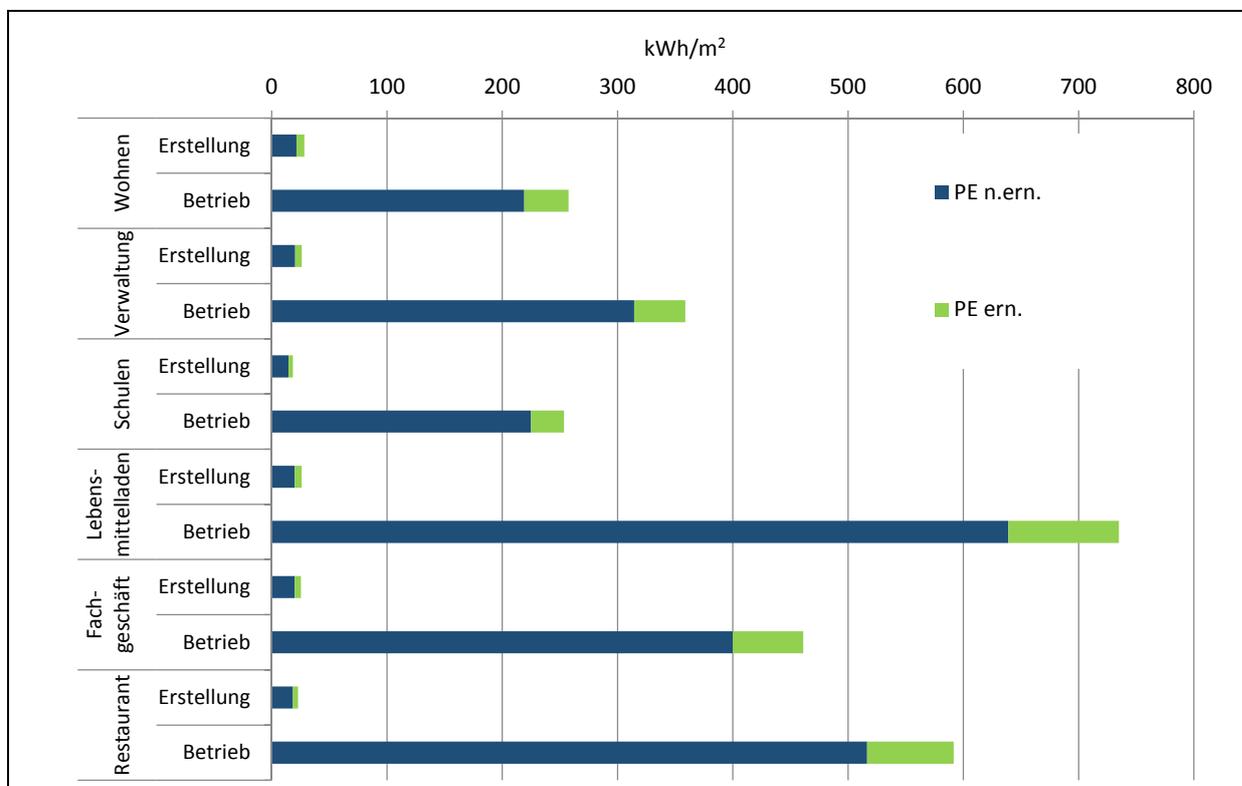
3.4 Flächenspezifische Kennwerte Primärenergie und Treibhausgasemissionen des Ist-Zustands

Unter Verwendung der dargestellten Treiber und Kennzahlen können Primärenergie und Treibhausgasemissionen für die Erstellung und den Betrieb der Gebäude für das Jahr 2010 berechnet werden.

3.4.1 Primärenergie

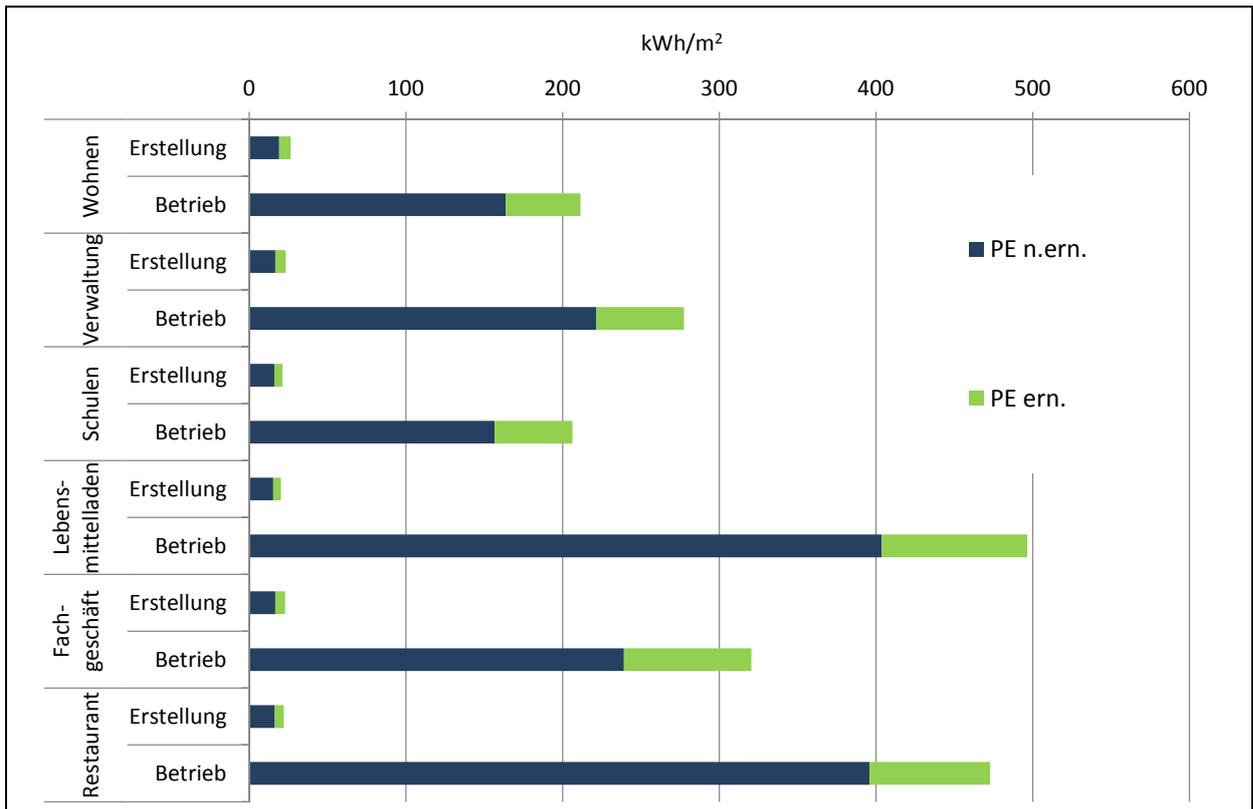
Dabei wird zwischen nicht-erneuerbarer und der totalen Primärenergie (inkl. erneuerbare Energien wie Umweltwärme und Solarenergie) unterschieden, wobei der nicht-erneuerbare Anteil im Gebäudebestand dominiert (siehe Abbildung 43). Bei der Betriebsenergie überwiegt der Energieinput aus nicht-erneuerbaren Quellen gleichermassen. Während die Unterschiede für den jeweiligen Energiebedarf pro Branche in der Erstellung in einem Bereich von 20 kWh/m² bis 40 kWh/m² schwanken, sind die Branchenunterschiede bei der Betriebsenergie wesentlich grösser. Hier schwanken die Beträge zwischen 200 kWh/m² und knapp 800 kWh/m². Klar ersichtlich ist auch das unterschiedliche Niveau, welches für die Betriebsenergie um einen Faktor 10 bis 20 höher liegt als die Erstellungenergie.

Die Primärenergie aus dem Betrieb von Neubauten und Umbauten, welche in den Jahren 2010 bis 2015 realisiert wurden, ist in Abbildung 44 und Abbildung 45 dargestellt. Auf Grund der tieferen Vorgaben für die Energieeffizienz und Umbaustandards im Vergleich zu den Neubaustandards fällt die Energiebilanz für Umbauten bezüglich der Betriebsenergie schlechter aus als bei Neubauten. „Umbauten“ werden dabei wie folgt definiert: Mindestens drei der vier Gebäudehüllenelemente seit 1981 energetisch erneuert. Heizanlagenmix der Gebäude mit einem: Kesselalter von weniger als 15 Jahren. Für weitere Informationen bezüglich der flächenspezifischen Kennwerte Primärenergie, unterteilt in Sub-Sub-Sektoren, wird auf Abbildung 87, Abbildung 88 (PE_{Erst.}), Abbildung 89 und Abbildung 90 (PE_{Betr.}) in Anhang 8.5.1 verwiesen.



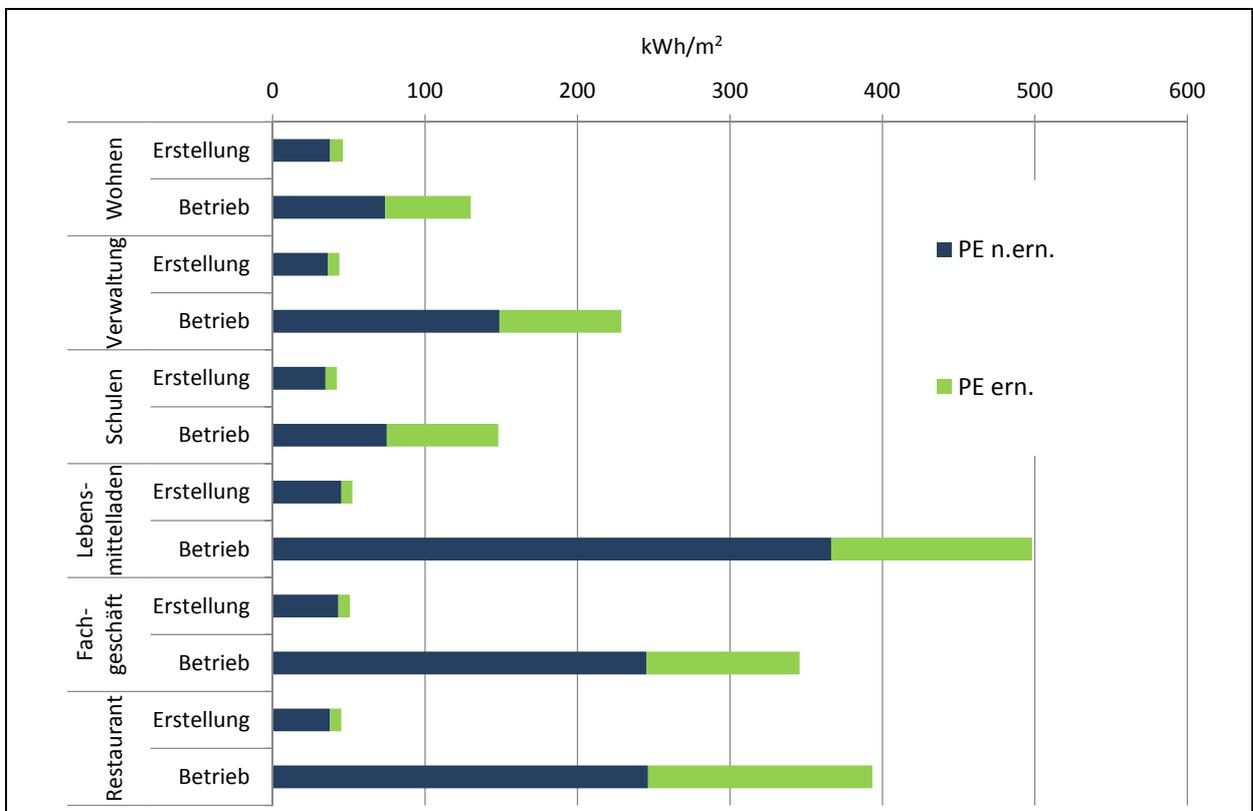
Quelle: TEP Energy

Abbildung 43 Flächenspezifische Primärenergie für die Gebäudekategorien des SIA- Effizienzpfades Energie, Bestand Ist-Situation 2010.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 44 Flächenspezifische Primärenergie für die Gebäudekategorien des SIA- Effizienzpfades Energie, Umbau Ist-Situation 2010.



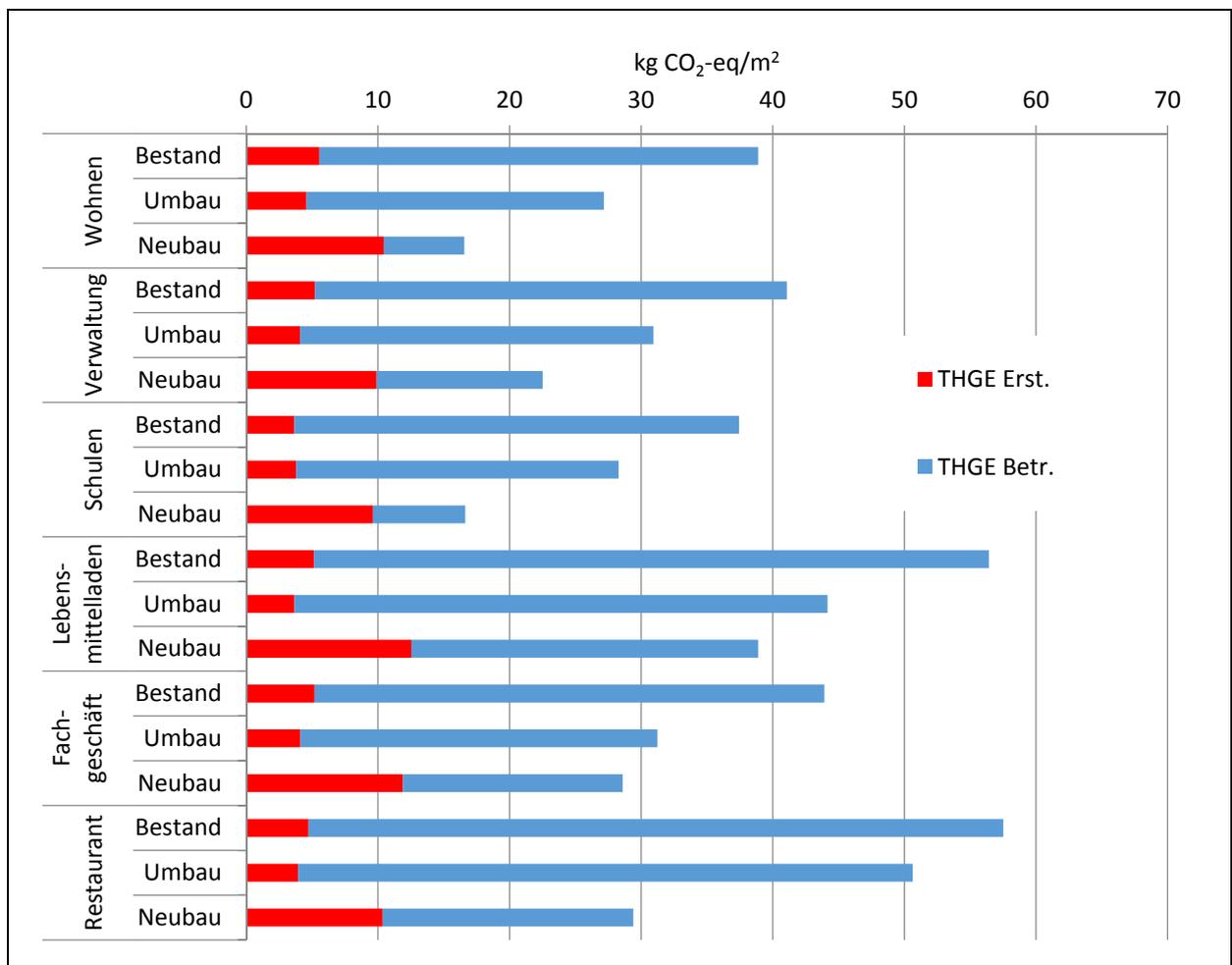
Quelle: TEP Energy

Abbildung 45 Flächenspezifische Primärenergie für die Gebäudekategorien des SIA- Effizienzpfades Energie, Neubau Ist-Situation 2010.

3.4.2 Treibhausgasemissionen

Die Ergebnisse der flächenspezifischen Treibhausgasemissionen für den Ist-Zustand (Bestand, Umbau, Neubau) sind in Abbildung 46 dargestellt. Hieraus wird deutlich, dass die $THGE_{Betr.}$ von Umbauten und Neubauten deutlich geringer sind als diejenigen aus dem Bestand im Jahr 2010. Dies ist besonders ausgeprägt bei den Wohngebäuden der Fall. Relativ gesehen am wenigsten unterschiedlich sind die $THGE_{Betr.}$ im Detailhandel, was auf die relativ gesehen geringere Bedeutung der Gebäudehülle und auf den relativ hohen Stromverbrauch dieser Gebäudekategorien zurück zu führen ist (welcher sich vergleichsweise weniger unterscheidet).

Ebenso wird deutlich, dass die spezifischen $THGE_{Erst.}$ von Neubauten deutlich höher liegen als der Durchschnitt des Gebäudebestandes des Jahres von 2010. Auch die spezifischen $THGE_{Erst.}$ der Umbauten liegen deutlich tiefer als diejenigen der Neubauten, sogar noch etwas tiefer als diejenigen des Gebäudebestandes. Für weitere Informationen bezüglich flächenspezifische Kennwerte Treibhausgasemissionen, unterteilt in Sub-Sub-Sektoren, wird auf die Abbildung 91 (Bestand) und Abbildung 92 (Neu- und Umbau) in Anhang 8.5.2 verwiesen.



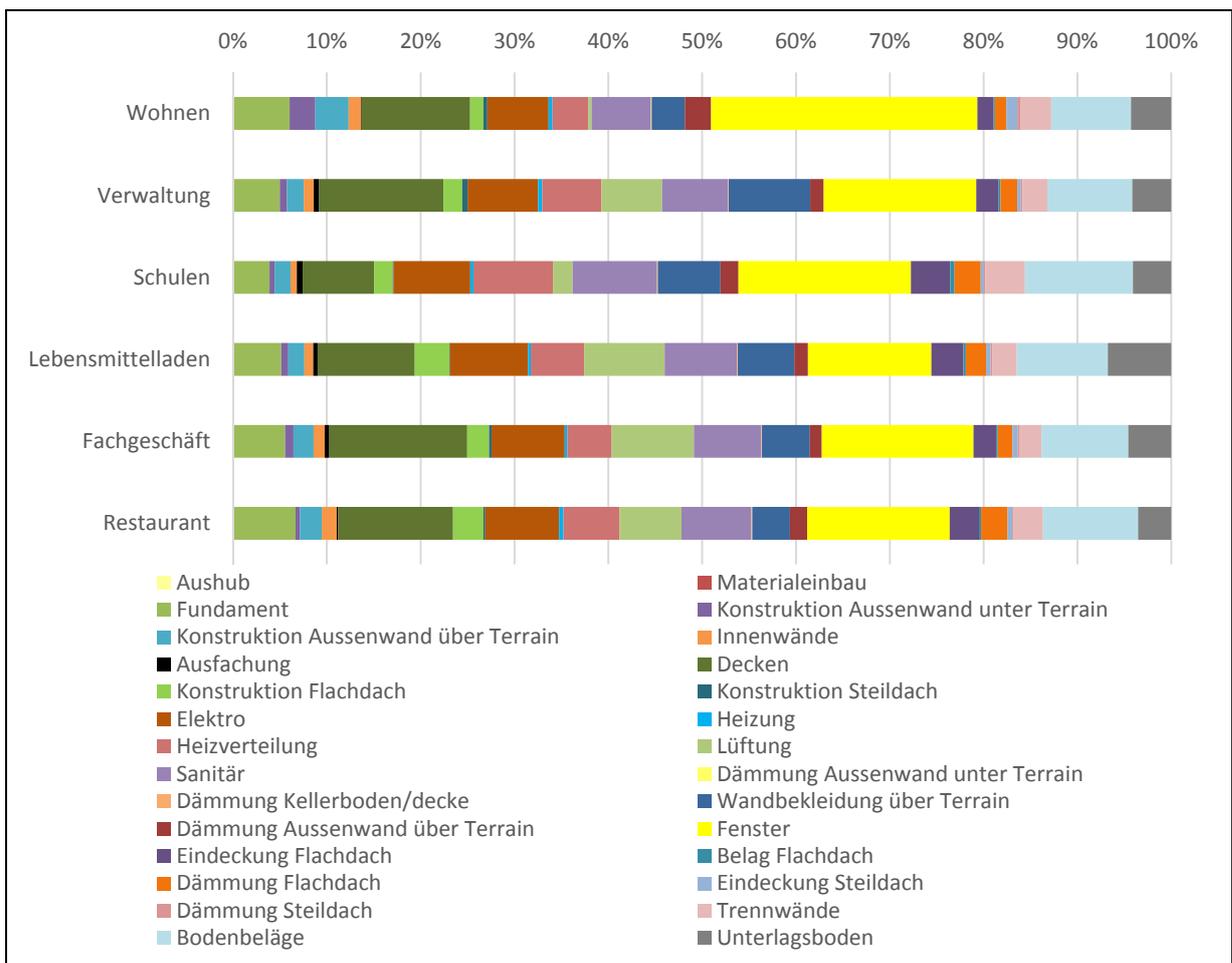
Quelle: TEP Energy

Abbildung 46 Flächenspezifische Treibhausgasemissionen für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie, Gesamtbestand, Umbau, und Neubau der Ist-Situation 2010.

Die $THGE_{Erst}$ setzen sich aus den Beiträgen der verschiedenen Gebäude- und Gebäudetechnikelementen zusammen. Die $THGE_{Erst}$ werden entsprechend von den geometrischen Verhältnissen

beeinflusst, von den spezifischen Emissionskoeffizienten (kg CO₂-eq pro Einheit des jeweiligen Gebäudetechnikelements, siehe KBOB / eco-bau / IPB (2014), und von der Abschreibungszeit beeinflusst.

Im Ergebnis zeigt sich eine relativ feingliedrige Struktur mit vielfältigen Beiträgen, welche zum Teil deutlich hervortreten und zum Teil kaum sichtbar sind (Abbildung 47). Augenfällig ist der Beitrag der Fenster, vor allem im Wohnbereich. Dies ist zum einen auf den hohen spezifischen Emissionswert und zum anderen im Fall der Wohngebäude auf den hohen Flächenanteil der Gebäudehülle im Vergleich zur EBF zurück zu führen. Der Anteil von Rohbau und Konstruktion ist in der Summe bedeutend, aber im Quervergleich nicht überragend, auch wegen der vergleichsweise längeren Abschreibungszeiten (gerade im Vergleich zu Fenstern und Gebäudetechnikelemente wie beispielsweise die Bereiche Elektro, Heizung und Sanitär).



Quelle: SIA 2032, Lemon Consult, TEP Energy

Abbildung 47 Struktur der THGE_{Erst} in kg CO₂-eq/m² nach Gebäudekomponenten für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für Bestand in 2010.

Um die Nachvollziehbarkeit der oben stehenden Ergebnisse zu erhöhen, werden in Tabelle 23 die Marktanteile, Lebensdauern und THG-Emissionskoeffizienten für eine Auswahl von signifikanteren Bauteilen gemäss Abbildung 47 dargestellt (exemplarisch für Mehrfamilienhäuser des Konstruktions-typs Massivebau der Bauperiode 5). Die Signifikanz des Bauteils Decken kommt durch die hohe THG-Emissionskoeffizient der Betondecken zustande, welche jedoch ein Stückweit durch eine hohen Lebensdauer / Amortisationsdauer aller Rohbauteile kompensiert wird. Die deutlich tieferen Anteil der Lüftung im Wohnungsbau hat zum einen mit dem tieferen THGE-Faktor zu tun, dazu kommt zum ande-

ren aber auch, dass der Marktanteil und Diffusionsraten von Lüftungsanlagen im Wohnbauten deutlich tiefer ist als in Verwaltungs- und anderen Nicht-Wohngebäuden. Ein ähnliche Auswirkung ist bei der Wandbekleidung über Terrain zu erkennen, wo der Anteil bei Wohnungsbauten deutlich tiefer als bei Nicht-Wohnbauten liegt, da dort deutlich mehr WDVS eingesetzt wird und weniger hinterlüftete Bauweisen, welche einen höheren THG-Emissionskoeffizienten haben. Das Gegenteil zeigt sich aber dann bei den Dämmmaterialien, wo Wohnbauten einen höheren Anteil verweisen. Dies führt zu einem im Vergleich zur Mineralwolle höheren Anteil von EPS als Dämmmaterial bei WDVS, namentlich bei hinterlüfteten Fassaden. Der hohe Anteil der Fenster an der $THGE_{Erst}$ gemäss Tabelle 23 ist vor allem auf den hohen THG-Emissionskoeffizient sowie die relativ kurze Lebensdauer und daher hohe Ersatzrate zurück zu führen.

Tabelle 23 Auszug der Grundlagen zur Berechnung der $THGE_{Erst}$ für das Fallbeispiel Gebäudekategorie Mehrfamilienhaus, Bauperiode 5, Massivbau.

Bauteil	Element	Bezugsgrösse *	Anteil	Lebensdauer		Spezifische THGE		
			%	SIA 2032 Jahr	GPM Jahr	Total kg/m ²	Pro Jahr kg/m ² a	Pro Jahr kg/m ² a
Decken	Betondecken Dicke (24cm)	BTF	78 %	60	110	87	0.79	
	Betondecken Dicke (32cm)	BTF	19 %	60	110	113	1.02	
	Betondecken Dicke (36cm)	BTF	4 %	60	110	135	1.22	
	Holzdecken	BTF	0 %	60	80	41	0.51	
	Holz-Beton Verbunddecken	BTF	0 %	60	80	70	0.88	
	Aggregiert	BTF						0.85
Lüftung	Wohnen	EBF	100 %	30	30	12	0.41	
	Büro oder ähnlich	EBF	0 %	30	30	28	0.92	
	Aggregiert	EBF						0.41
Wand- bekleidung über Terrain	Verputzte Wärmedämmverbund-Fassade (WDVS)	BTF	68 %	30	30	4	0.12	
	Hinterlüftete Betonelemente	BTF	5 %	40	50	34	0.69	
	Glas / Metall als Vorhangfassade	BTF	0 %	40	50	498	9.95	
	Hinterlüftete Holzelemente	BTF	10 %	40	50	2	0.05	
	Hinterlüftete Natursteine	BTF	10 %	40	50	42	0.83	
	Hinterlüftete Metallverkleidungen	BTF	2 %	40	50	55	1.10	
	Zweischalen Mauerwerk	BTF	5 %	40	50	32	0.65	
Aggregiert	BTF						0.26	
Dämmung Aussenwand über Terrain	Dämmung Holzwand	BTF	0 %	60	100	14	0.14	
	Dämmung Kompaktfassade	BTF	73 %	30	40	25	0.63	
	Dämmung hinterlüftete Fassade	BTF	27 %	40	40	10	0.26	
	Aggregiert	BTF						0.53
Fenster	Holzfenster	BTF	25 %	30	30	134	4.47	
	Kunststofffenster	BTF	28 %	30	30	222	7.40	
	Metallfenster	BTF	6 %	30	30	256	8.54	
	Holz-Metallfenster	BTF	41 %	30	30	179	5.95	
	Aggregiert	BTF						6.14
Bodenbelage	Holz/Parkett	BTF	35 %	30	30	12	0.41	
	Stein/Keramik	BTF	55 %	30	30	22	0.72	
	Kunststoff	BTF	5 %	30	15	17	1.12	
	Textil	BTF	5 %	30	15	15	0.99	
	Aggregiert	BTF						0.65

* BTF = Bauteilfläche, EBF = Energiebezugsfläche

Quelle: TEP Energy.

4 Szenariorechnungen

4.1 Szenariodefinition

In diesem Projekt wurden 2 Szenarien analysiert, welche als Referenz-, bzw. Effizienzscenario bezeichnet werden. Anhand der Analyse soll die Kompatibilität des SIA Effizienzpfades [SIA 2040] (SIA, 2011b) mit den gesamtschweizerischen Zielen überprüft werden. Dies geschieht anhand der Modellierung der Entwicklung des Gebäudebestands bzgl. Betriebsenergie und "grauer Energie" für die Schweiz als Ganzes. Die Grundlagen für SIA 2040 werden mittels einer Abbildung der Entwicklung auf aggregierter Ebene im Sinne einer Szenariobetrachtung einer Plausibilitätsprüfung unterzogen wird. Definiert werden zwei Szenarien, wobei die Entwicklung des Mengengerüsts, also die Bevölkerungs-, Beschäftigten und Flächenentwicklung für beide Szenarien als identisch angenommen wird (siehe Kap. 4.2). Mittels einer Sensitivitätsanalyse wird der Einfluss der Bilanzierungsannahmen (Amortisationsdauer, Berücksichtigung von vergangenen Investitionen) von PE_{Erst} und $THGE_{\text{Erst}}$ aufgezeigt.

4.1.1 Referenzscenario: „Weiter wie bisher“

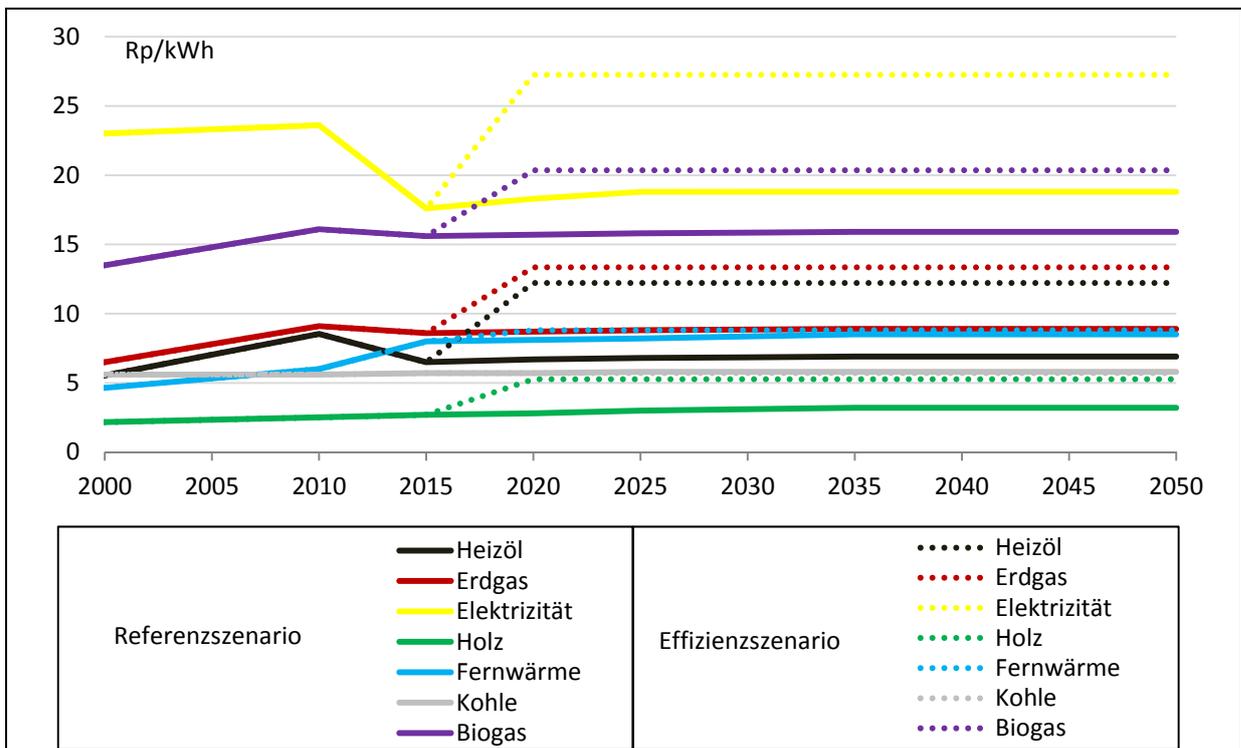
Das Referenzscenario orientiert sich an der Energiestrategie des Bundes und beschreibt das Vorgehen als „weiter wie bisher“. In diesem Szenario werden keine weitergehenden energiepolitischen Instrumente zur Energieeffizienzsteigerung abgebildet. Es beschreibt die erwartete autonome Durchdringung von Gebäudeerneuerungs- und Gebäudetechnikmassnahmen und Effizienzfortschritten, die auch ohne zusätzliche und verstärkte energiepolitische Instrumente umgesetzt würden. Aktuelle gesetzliche Vorgaben von Bund und Kantonen sowie weitere Instrumente wie z. B. Förderprogramme und Aktivitäten von EnergieSchweiz und den Verbänden und Branchen stellen dabei eine Voraussetzung in diesem Szenario dar. Dieses Szenario ist vergleichbar mit dem Szenario „Weiter wie bisher“ der Energieperspektiven des Bundesamts für Energie.

4.1.2 Effizienzscenario zur Erreichung der Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft und der Energiestrategie 2050 des Bundes

Das Effizienzscenario setzt Instrumente und adäquate Rahmenbedingungen zur Förderung von Effizienzmassnahmen voraus, namentlich Vorschriften, Informationsaktivitäten, Aus- und Weiterbildungen, Energiepreissignale und andere Anreizinstrumente. Im Effizienzscenario können durch zusätzliche Anreize und Anforderungen in Form von geeigneten Instrumenten eine stärkere Markt- und Bestandsdurchdringung von energetischen Gebäudeerneuerungs- und Gebäudetechnikmassnahmen sowie von erneuerbaren Energien und damit eine höhere Effizienz- und Reduktionswirkung erzielt werden. Zu diesen Massnahmen gehören die Substitution von Energieträgern bei Heizung und Warmwasser, der Ersatz, die Nachrüstung und der effiziente Betrieb von Lüftungs- und Klimakälteanlagen, Beleuchtungen und viele weitere gebäudetechnische Effizienzmassnahmen bei diesen und weiteren Anwendungen. Das Effizienzscenario ist vergleichbar mit den Szenarien „Politische Massnahmen (POM)“ und „Neuen Energiepolitik (NEP) der Energiestrategie 2050 des Bundes.

4.1.3 Energiepreisannahmen

Die Energiepreise beeinflussen die Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienzmassnahmen an der Gebäudehülle und die relative Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Heizsysteme. Dies wird im Gebäudeparkmodell durch entsprechende Entscheidungsmodelle berücksichtigt. Demzufolge werden für die beiden Szenarien unterschiedliche Energiepreisentwicklungen angenommen (siehe Abbildung 48). Die Annahmen lehnen sich an die Annahmen der Energieperspektiven des Bundes an.



Quelle: GEST(BFE) bis 2013, TEP Energy

Abbildung 48 Energiepreisen für die Referenz- und Effizienzzenarien.

4.1.4 Entwicklung Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen

Entscheidend für die Ergebnisse auf Ebene Primärenergie und Treibhausgasemissionen sind nebst der Entwicklung der Endenergie die Primärenergiefaktoren (PEF) und THG-Emissionskoeffizienten (THG-EK) der Endenergieträger. Um den Effekt der Massnahmen des Effizienzzenarios möglichst unverzerrt aufzeigen zu können (ceteris paribus Betrachtung), werden für beide Szenarien (Referenz und Effizienz) dieselben PEF und THG-EK verwendet (Tabelle 24). Beim Strom liegen hierbei folgende Annahmen zum Mix zugrunde:

- Strommix: 2010: CH_Verbrauchmix (KBOB 2014),
- Strommix 2050: "NEP inkl. Handel, Variante C+E", aus Wyss & Frischknecht (2013).

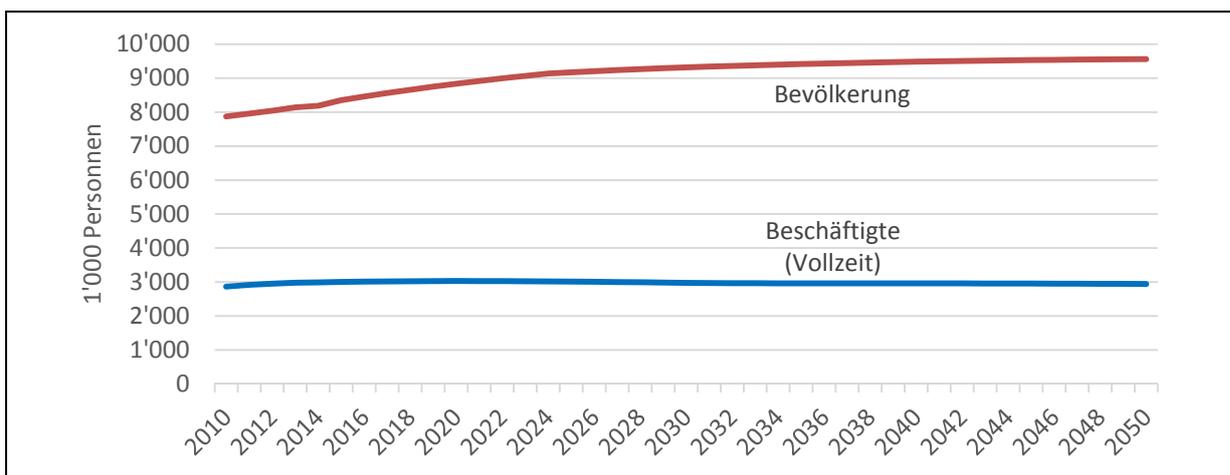
Tabelle 24 Primärenergie Faktoren (total und nicht-erneuerbar, in MJ/MJ) und Treibhausgasemissionen Faktoren (kg CO₂-eq/MJ).

	PE _{Total} 2010	PE _{Total} 2050	PE _{n.ern.} 2010	PE _{n.ern.} 2050	THGE 2010	THGE 2050
Heizöl	1.23	1.23	1.22	1.22	0.0827	0.0827
Erdgas	1.07	1.07	1.06	1.06	0.0633	0.0633
Holz	1.14	1.14	0.0639	0.0639	0.0029	0.0029
Elektrizität	3.14	1.58	2.69	0.41	0.0385	0.0275
Kohle	1.67	1.67	1.67	1.67	0.1220	0.1220
Fernwärme	0.869	0.869	0.548	0.548	0.0301	0.0301
Solar	1	1	0	0	0	0
Biogas	0.338	0.338	0.308	0.308	0.0366	0.0366
Umweltwärme	1	1	0	0	0	0

Quelle: KBOB 2009/1:2014, Wyss & Frischknecht (2013).

4.2 Dynamik-Mengengerüst

Treiber der künftigen Entwicklung des Mengengerüsts bilden die Bevölkerungs- und Beschäftigtenentwicklung des Bundesamts für Statistik (siehe Abbildung 49). Es wird davon ausgegangen, dass die Bevölkerung zwischen 2010 und 2050 um 21.4 % zunimmt und am Ende der Betrachtungsperiode gut 9.5 Mio. betragen wird. Die Wohn-EBF wird demgegenüber deutlich stärker zunehmen (um 40 % inkl. Zweitwohnungen), so dass die Wohn-EBF pro Person um 15 % zunimmt. Diese Entwicklung steht in starkem Kontrast zu den Annahmen des SIA-Effizienzpfads, bei welchem von einer konstanten Entwicklung der Fläche pro Person ausgegangen wird.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 49 Prognostizierte Entwicklung der Bevölkerungszahl und der Anzahl Vollzeitstellen (Beschäftigte) von 2010 bis 2050.

Bei den Beschäftigten verläuft die Entwicklung je nach Branche und entsprechend je nach Gebäudekategorie stark unterschiedlich, siehe Tabelle 25. Für weitere Informationen in Bezug auf die Unterteilung in Sub-Sub-Sektoren wird auf die Tabelle 52 in Anhang 8.4 verwiesen.

Tabelle 25 Entwicklung der VZÄ, der EBF und der EBF pro VZÄ zwischen 2010 und 2050 (inkl. der prozentualen Veränderung), für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfads und den Rest des Gebäudeparks.

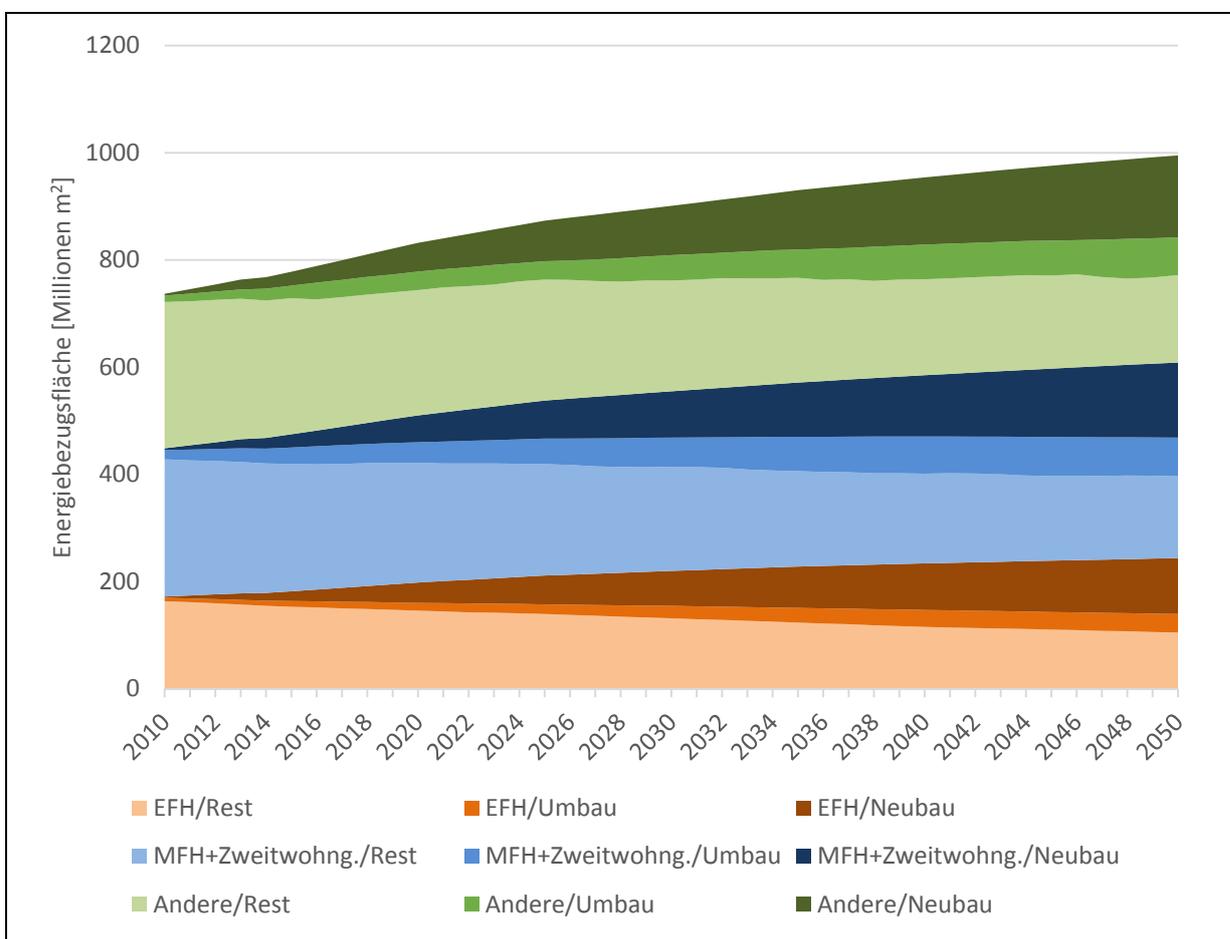
	VZÄ			EBF			Spez. EBF		
	2010 [Tsd. Personen]	2050 [Tsd. Personen]	Veränderung	2010 [Mio. m ²]	2050 [Mio. m ²]	Veränderung	2010 [m ² /VZÄ]	2050 [m ² /VZÄ]	Veränderung
EBF Wohnen				449	609	36 %	57.0	67.8	19 %
EBF Wohnen inkl. Zweitwohnungen				486	682	40 %	61.8	75.9	23 %
Bürobranchen	1'046	1'160	11 %	46	81	77 %	43.9	69.9	59 %
Lebensmittelläden	98	74	-25 %	7	8	28 %	66.4	112.7	70 %
Schulen	84	90	6 %	15	17	10 %	178.9	185.6	4 %
Fachgeschäft	141	106	-25 %	13	17	28 %	91.3	155.0	70 %
Restaurants	120	120	-1 %	8	11	41 %	65.7	93.0	42 %
DL mit bedeutendem Kunden	156	168	8 %	10	12	24 %	60.8	70.2	15 %
Rest	2'189	2'266	4 %	153	253	66 %	69.7	111.6	60 %
Gesamt CH	3'836	3'984	4 %	737	995	35 %	192.1	249.8	30 %

Quelle GWR (2014), BFS, Berechnungen TEP Energy

Am stärksten steigt die EBF bei den Bürobranchen (beinahe 80 % Steigerung innerhalb von 40 Jahren), am geringsten bei den Schulen (hierbei handelt es sich um Primarschulen).

Dem Bedarf nach einer Erweiterung der Energiebezugsfläche liegen die oben aufgeführten Entwicklungen der Bevölkerungs- und Beschäftigtenzahlen zugrunde. Gemeinsam mit dem (gegebenenfalls zeitabhängigen) personenspezifischen Flächenbedarf je Sub-Sub-Sektor (Tabelle 25) legen diese die benötigte Fläche fest, die anschliessend durch den Neubau von entsprechenden Gebäuden gedeckt wird.

Die Entwicklung der EBF ist für drei Kategorien in Bezug auf Gebäudebestand und Neubau dargestellt (Abbildung 50). Der altersbedingte Abriss von Gebäuden führt zu einer Verminderung der verfügbaren Energiebezugsfläche von etwa 18% im Zeitraum von 2010 bis 2050 für jede der drei Kategorien. Durch Neubauten wird dieser Verlust ausgeglichen und gleichzeitig die erhöhte Nachfrage gedeckt, was eine Erhöhung der EBF von 42% (Einfamilienhäuser), 32% (Mehrfamilienhäuser) und 34% (Industrie und Dienstleistungen) zur Folge hat. Über alle drei Kategorien und die gesamte Betrachtungsdauer hinweg, nimmt die totale EBF um rund 35% zu.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 50 Entwicklung der Energiebezugsfläche nach Bestand/Neubau/Umbau und nach teilweise aggregierten Subsektoren im Effizienzscenario.

4.3 Dynamik Gebäudeerneuerung und Effizienzentwicklung im Bereich Wärme

Im Wärmebereich bestehen Einsparpotenziale durch Effizienzmassnahmen in den Bereichen Wärmedämmung, Luftwechsel und Wärmerückgewinnung, Wärmeverteilung und -abgabe, Heizungsregelung inkl. Gebäudeautomation, Effizienzsteigerung von Wärmepumpen sowie durch Substitutionsmassnahmen bei den eingesetzten Energieträgern. Die Effizienzeinsparungen durch optimierte Pumpen werden in dieser Studie als Bestandteil der Allgemeinen Gebäudetechnik quantifiziert. Im Verwendungszweck *Raumwärme* werden nebst Massnahmen im Bereich Gebäudehülle die folgenden Massnahmenpakete quantifiziert oder qualitativ beurteilt:

- Instandsetzungen und energetische Gebäudehüllenerneuerung (Wärmedämmung und Fenstersatz).
- Wärmebedarfsreduktion durch Lüftungstechnische Massnahmen.
- Effiziente Wärmeabgabe, energetische Betriebsoptimierung Heizung, Gebäudeautomation im Bereich Heizung.
- Substitution von fossilen Energieträgern.
- Effizienzsteigerung von feuerungsbasierten Heizanlagen, Effizienzsteigerung von Wärmepumpen.

4.3.1 Instandsetzungen und energetische Gebäudehüllenerneuerung

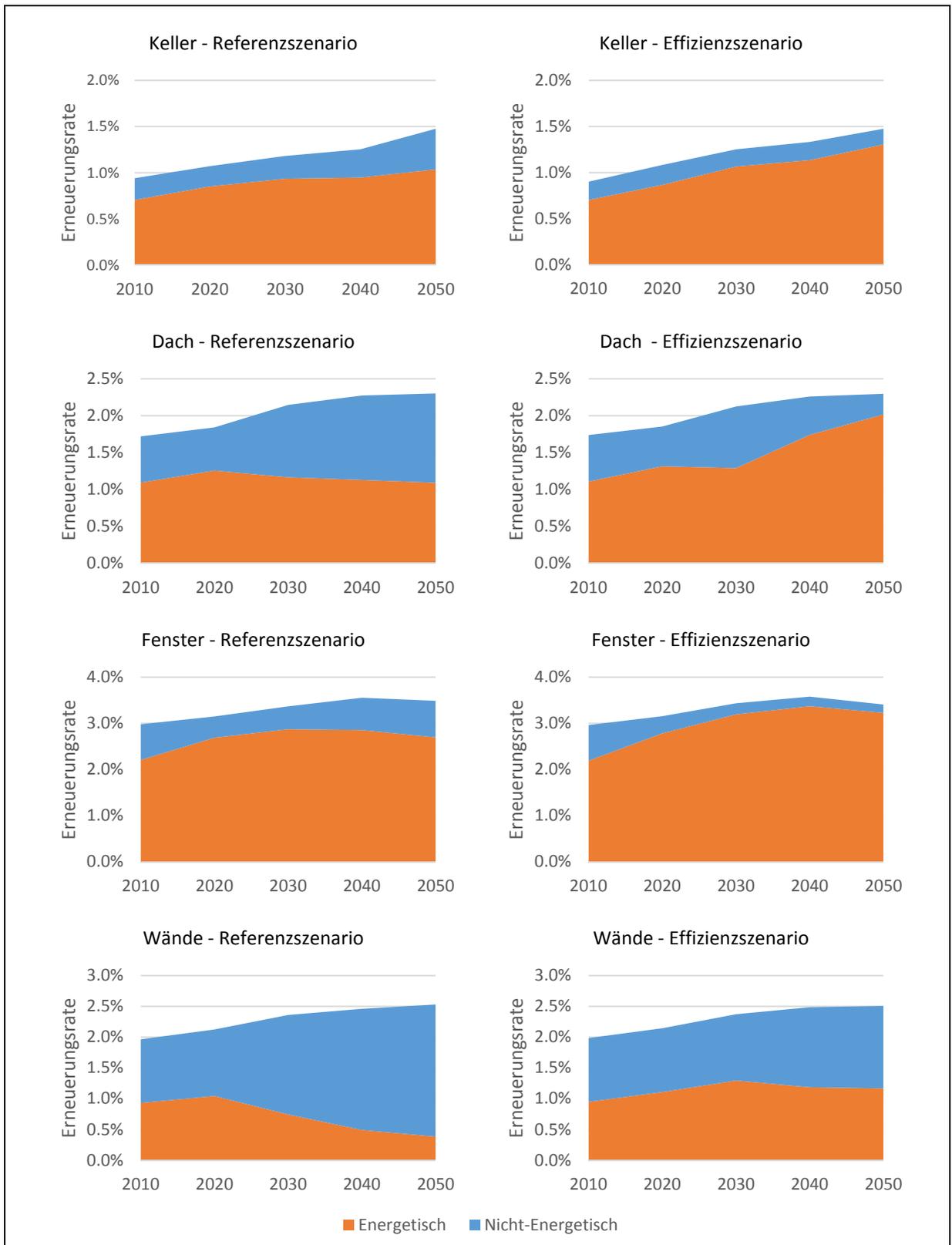
Die Entwicklung des künftigen thermischen Wärmebedarfs im Bereich Gebäudehülle ergibt sich im Gebäudebestand zum einen aus der Rate der energetischen Erneuerungen und zum anderen aus der wärmetechnischen Qualität dieser Erneuerungen (Transmissionsverluste, solare Gewinne). Die letztgenannten Parameter sind auch relevant für den Wärmebedarf von Neubauten, Ersatzneubauten sowie Auf- und Anbauten. Auf diese Aspekte wird nachfolgend eingegangen.

Die Aktivität der Erneuerung der einzelnen Gebäudebestandteile folgt aus der in Kap. 2.9.2 dargelegten Methodik. Abbildung 51 zeigt die resultierenden jährlichen Erneuerungsraten, aufgeteilt nach energetischen Erneuerungen und energetisch nicht wirksamen Instandsetzungen. Die Dynamik der künftigen Massnahmen im Bereich Gebäudehülle wird zum einen durch die Altersstruktur des Gebäudeparks und durch die bereits in der Vergangenheit durchgeführten Massnahmen bestimmt; dies betrifft die Summe von Instandsetzung und Erneuerung. Zum anderen wird das Verhältnis zwischen energetischer Erneuerungsrate und energetisch nicht-wirksamen Instandsetzungen durch den relativen Nutzen dieser beiden Massnahmenvarianten und damit durch ihre Kosten und die angenommenen Energiepreise (siehe Kap. 4.1.3) bestimmt. Die Kosten der Massnahmen basieren auf den Daten, welche im Rahmen des INSPIRE Projekts erarbeitet und aktualisiert wurden (Jakob et al. 2013c, www.inspire-tool.ch).

Im Referenzszenario nimmt die energetische Erneuerungsrate im Vergleich zu 2010 bei Fenster und Kellerdecke leicht zu, im Dachbereich und v. a. bei den Aussenwänden nimmt sie hingegen leicht ab. Dies ist, namentlich bei den Aussenwänden, auf die fehlende wirtschaftliche Attraktivität unter den gegebenen Energiepreisannahmen zurück zu führen. Der Anstieg im Bereich Kellerdecke könnte durch eine gewisse Überschätzung des energetischen Nutzens verursacht sein, weil die Verluste durch SIA 380/1 überschätzt werden könnten, worauf entsprechende Messdaten hinweisen.

Im Effizienzscenario werden dadurch sowohl die erhöhten Erneuerungsraten also auch der grössere Anteil der energetischen Erneuerungen an der Gesamtaktivität als entscheidende Faktoren des verminderten Heizwärmebedarfs augenscheinlich, dies im Vergleich zu 2010 und im Quervergleich zum Referenzscenario. Dies gilt mit gewissen Nuancen für alle Bauteile, wobei die Steigerung bei den

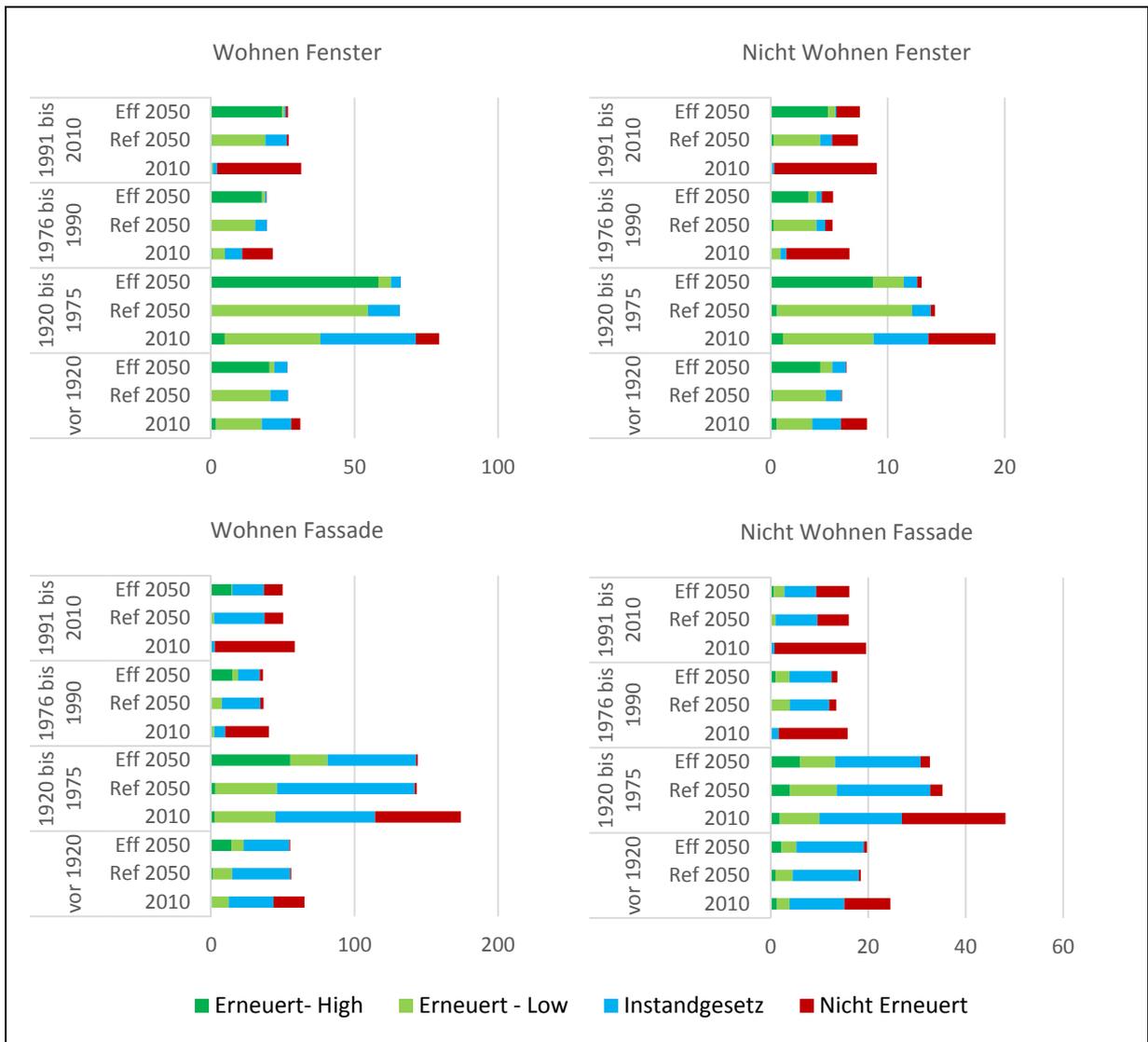
Aussenwänden am geringsten ist. Aber auch bei der Aussenwand ist eine leichte Steigerung der energetischen Erneuerungsrate gegenüber 2010 festzustellen.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 51 Erneuerungsraten (als Anteil der Gesamtfläche) einzelner Bauteile in den zwei Szenarien (Diagramm links = Referenzszenario, Diagramm rechts = Effizienzscenario), Durchschnittswert von allen Gebäuden gebaut vor 2010.

Die resultierenden Flächenanteile für das Jahr 2050 sind für beide Szenarien für die Gebäudehüllenelemente Fenster und Fassade in Abbildung 52 dargestellt (die Werte, auch diejenigen für die Gebäudehüllenelemente Dach und Boden / Kellerdecke, sind in Tabelle 47 im Anhang aufgeführt). Im Effizienzscenario ist der Anteil hocheffizient erneuerter Flächen in der Regel höher als im Referenzscenario, v.a. bei den Fenstern und bei den älteren Wohngebäuden auch im Fall der Fassaden. Bemerkenswert ist jedoch der hohe Anteil an Fassadenflächen, die auch im Jahr 2050 nur instandgesetzt sind, v.a. bei den Nicht-Wohngebäuden. Erklärungsgrund hierfür ist namentlich die Wirtschaftlichkeit von energetischen Fassadenerneuerungen je nach Fassadentyp und Wärme-gestehungs- bzw. -grenzkosten des installierten Heizsystems nicht gegeben ist (z.B. bei Anlagen in grossen Gebäuden und je nach JAZ und Strompreisen bei den WP).

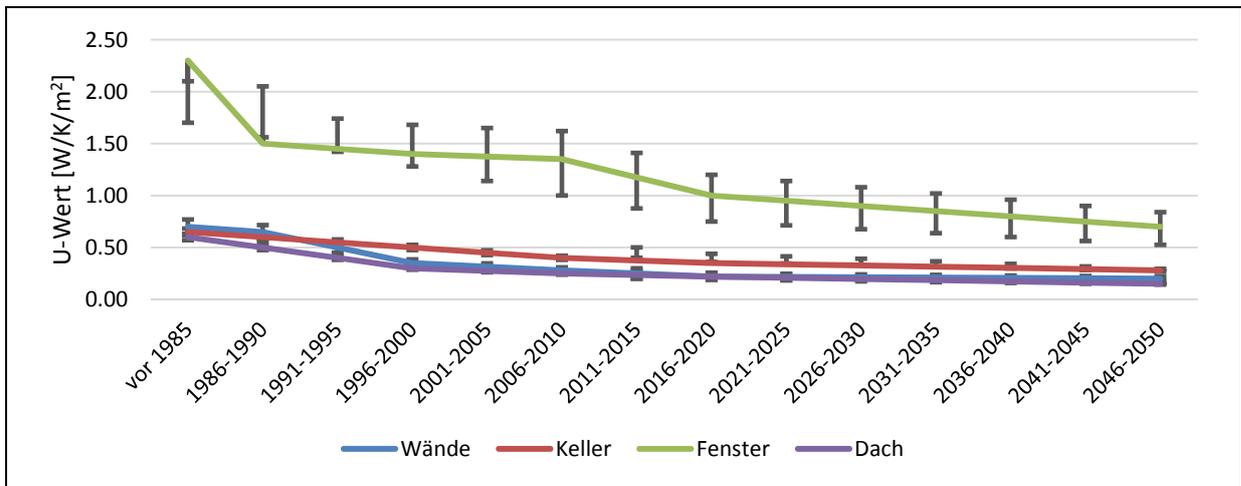


Quelle: TEP Energy

Abbildung 52 Zustand der Fenster (oben) und Fassaden (unten) in 2010 und in 2050 (beide Szenarien) für Wohnen (Diagramm links) und für Nicht-Wohnen (Diagramm rechts), in Mio. m² der Bauelemente.

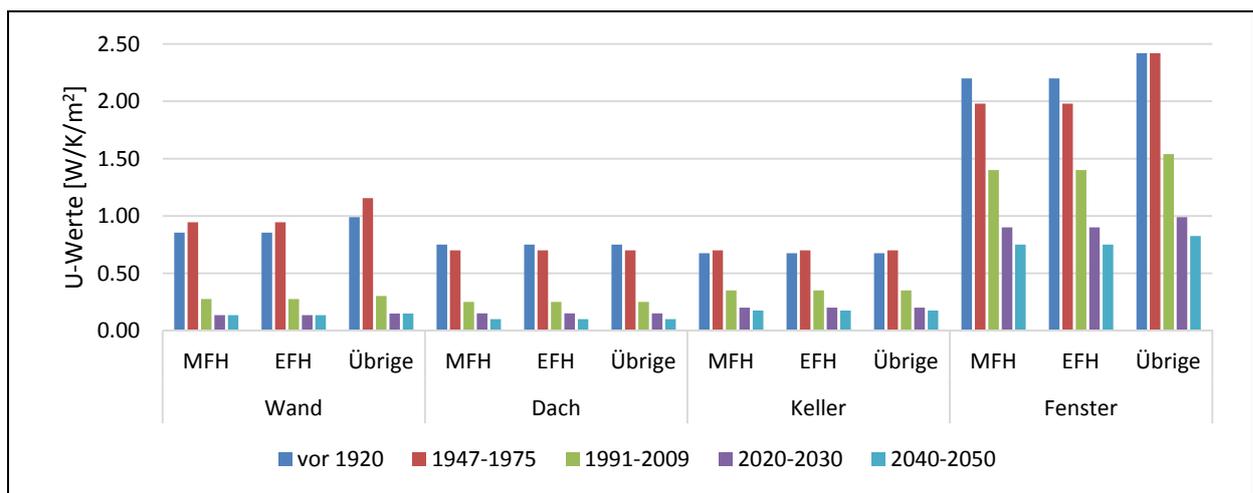
Die Veränderung der energetischen Eigenschaften von Gebäudebestandteilen im Falle einer Erneuerung ergibt sich aus einer Verbesserung der U-Werte im Vergleich zum Ausgangszustand. Die möglichen Werte sind in Abbildung 53 in Abhängigkeit der Renovationsperiode aufgetragen. Der Mittelwert und das untere sowie das obere Ende der Fehlerbalken geben die Bereiche der drei Effizienzoptionen

an, aus welchen das *Discrete Choice Modul* des GPM auswählt. Zwischen 2010 und 2050 wird bei den mittleren Optionen eine Verminderung der U-Werte von 29% (Wände), 44% (Keller), 42% (Fenster) und 40% im Falle einer Dacherneuerung angenommen.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 53 U-Werte der Komponenten für Erneuerungen. Die Balken geben den Bereich der möglichen Optionen an.

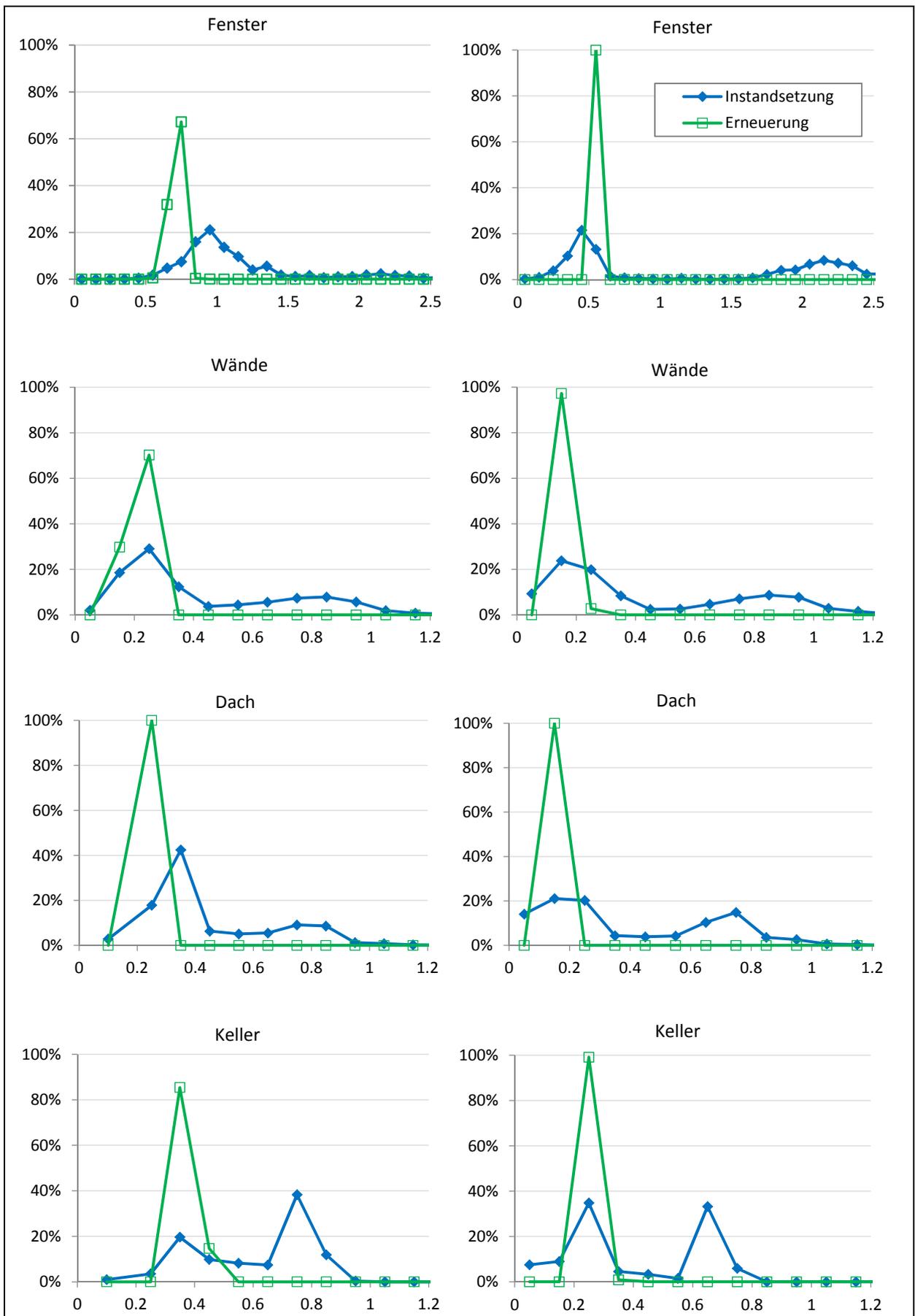


Quelle: TEP Energy

Abbildung 54 U-Werte der Bauteile für Neubauten am Beispiel von fünf Bauperioden.

Wie im Fall der Neubauten, die im Zeitablauf mit zunehmend effizienteren Bauteilen ausgestattet werden, gehen auch bei den energetischen Erneuerungen die U-Werte bis 2050 weiter zurück (siehe Abbildung 54). Diese Entwicklung wird durch entsprechende gesetzliche Anforderungen (v. a. bei Neubauten) und eine weitergehende technische Entwicklung (sinkende Wärmeleitfähigkeit der Dämmstoffe) getrieben. Bis zum Jahr 2050 sinken die U-Werte im Falle von Wohnhäusern auf 0.14 W/K/m² (Wände), 0.10 W/K/m² (Dach), 0.18 W/K/m² (Keller), und 0.75 W/K/m² (Fenster). Leicht höhere Werte werden für Nicht-Wohngebäude angenommen.

Die daraus resultierenden Verteilungen der U-Werte im Jahr 2050 sind in Abbildung 55 dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Szenarien machen sich im Effizienzzenario in einer deutlichen Verschiebung der Verteilungen hin zu niedrigeren Werten bemerkbar.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 55 Verteilung der Werte $[W/K/m^2]$ der Komponenten aller Gebäude im Jahr 2050 in die beiden Szenarien (Diagramme links = Referenzszenario, Diagramme rechts = Effizienzscenario).

4.3.2 Weitere gebäudetechnische Massnahmen im Wärmebereich

Ausgehend von den Annahmen und Ergebnissen von Jakob et al. (2016a) werden im Wärmebereich folgende gebäudetechnische Massnahmen berücksichtigt:

- Effizienzsteigerung von feuerungsbasierten Heizanlagen und von Wärmepumpen.
- Effiziente Wärmeabgabe.
- Energetische Betriebsoptimierung Heizung und Gebäudeautomation im Bereich Heizung.
- Substitution von fossilen Energieträgern.

Für einen Beschrieb dieser Massnahmen und den zugrunde liegenden Annahmen wird auf Jakob et al. (2016a), Unterkapitel 3.1 verwiesen.

4.4 Dynamik und Effizienzentwicklung übrige Verwendungszwecke

Bzgl. Dynamik und Effizienzentwicklung der übrigen Verwendungszwecke (nebst Wärme) wurden die Annahmen und Grundlagen verwendet, die im Rahmen des BFE-Projekts (Jakob et al. 2016a) erarbeitet wurden. Die wichtigsten Eckdaten sind nachfolgend zusammengefasst wiedergegeben.

4.4.1 Übersicht über die Annahmen zu den Massnahmen beim Verwendungszweck Lüftung

In Tabelle 26 ist eine Übersicht der Modellannahmen und der resultierenden Durchdringungsgrade der quantifizierten Massnahmen und Massnahmenpakete dargestellt.

Tabelle 26 Modellannahmen zu Durchdringungsgrad, Erneuerungszyklus und spez. Effizienzsteigerung für die Massnahmen und Massnahmenpakete beim Verwendungszweck Lüftung.

	Durchdringungsgrad / Realisierungsgrad			Erneuerungszyklus (Jahre)	Spezifische Effizienzsteigerung	
	2010	2050 Ref	2050 Eff			Bezug ^a
Erneuerung der Lüftungsanlagen im Bestand ^e	38–90 %	86–95 %	84–91 %	25	50-70 % ^c	IL
Grössere Monoblocs	11–16 %	20–27 %	39–56 %	25	20 % ^d	IL
Optimierte Luftverteilungen	0–0 %	0–0 %	23–43 %	28	5 % ^d	IL
Effiziente Ventilatoren	6–12 %	23–27 %	45–63 %	15	10 % ^d	IL
Effiziente Filter	0–7 %	10–20 %	39–58 %		6–10 %	IL
Bedarfsgerechte Volumestrom- und Druckregelung	3–12 %	9–15 %	31–38 %	20	5-15 %	VLS
Optimierung Abluftanlagen	5–21 %	26–33 %	36–49 %	20	1 % ^d	IL
Anpassung der Betriebszeit	8–31 %	14–20 %	29–53 %	eBO ^b	15 %	VLS
Anpassung der Luftvolumenströme	4–13 %	25–31 %	45–63 %		9 % ^c	IL
Raumluftbefeuchtung nach Bedarf	3–5 %	1–9 %	5–14 %	20	2 %	VLS

a: Energieeinsparung bezieht sich auf Vollaststunden (VLS) oder installierte Leistung (IL)

b: eBO Massnahmen werden periodisch durchgeführt

c: Im Vergleich zu Lüftungsanlagen mit 2400 Pascal Druckverlust

d: Im Vergleich zu Lüftungsanlagen mit rund 1200 Pascal Druckverlust

e: Abhängig von der Bauperiode

Quelle: Einschätzung und Darstellung TEP Energy basierend auf Experteneinschätzungen und diversen Quellen (siehe Jakob et al. 2016a). Tabelle übernommen aus Jakob et al. (2016a).

Der resultierende Durchdringungsgrad kann je nach Gebäudekategorie unterschiedlich sein, da nicht jede einzelne Massnahme in jeder Gebäudekategorie umgesetzt werden kann. Eine detaillierte Tabelle mit einer Übersicht aller Durchdringungsgrade pro Gebäudekategorie ist im Anhang 7.5 in Jakob et al. 2016a aufgeführt.

4.4.2 Übersicht der Annahmen beim Verwendungszweck *Klimakälte*

In Tabelle 27 ist eine Übersicht der Modellannahmen und der resultierenden Durchdringungsgrade der quantifizierten Massnahmen und Massnahmenpakete dargestellt. Der resultierende Durchdringungsgrad kann je nach Gebäudekategorie unterschiedlich sein, da nicht jede einzelne Massnahme in jeder Gebäudekategorie umgesetzt werden kann. Eine detaillierte Tabelle mit einer Übersicht aller Durchdringungsgrade ist im Anhang 7.5 in Jakob et al. (2015) aufgeführt. Für den Verwendungszweck *Klimakälte* sind insbesondere die Bürogebäude und ein Teil der übrigen Gebäude, jedoch wenig Wohn- und Schulgebäude, relevant.

Tabelle 27 Modellannahmen zum Durchdringungsgrad, dem Erneuerungszyklus und der spezifischen Effizienzsteigerung für die Massnahmen und Massnahmenpakete beim Verwendungszweck Klimakälte. Die Effizienzsteigerung bezieht sich jeweils auf den Stand der Technik 2010.

	Durchdringungsgrad / Realisierungsgrad ^b			Erneuerungszyklus (Jahre)	Spezifische Effizienzsteigerung	
	2010	2050 Ref	2050 Eff			Bezug ^a
Effiziente Kälteerzeuger	6–8 %	14–25 %	34–46 %	20	13 %	IL
Gleitende Kaltwassertemperatur	0–8 %	0–15 %	0–47 %	25	5–20 %	VLS
Variable Rückkühltemperatur	0–7 %	0–15 %	0–40 %	20	15–30 %	VLS
Hybridrückkühler	0–11 %	0–12 %	0–44 %	20	10 %	VLS
Free Cooling	0–7 %	0–13 %	0–42 %	20	10–20 %	VLS
eBO und GA Kälte	2–12 %	16–18 %	33–63 %	eBO ^c	5–15 %	VLS
Mischluftverhältnis bei LA optimieren ^d	0–0 %	0–10 %	0–8 %	10	5 %	IL

a: Energieeinsparung bezieht sich auf Volllaststunden (VLS) oder installierte Leistung (IL)
b: inkl. Wohnen mit sehr geringem Durchdringungsgrad
c: eBO Massnahmen werden periodisch durchgeführt
d: Nur für Detailhandel relevant

Quelle: Einschätzung und Darstellung TEP Energy basierend auf Experteneinschätzungen und diversen Quellen (siehe Jakob et al. 2016a), Tabelle übernommen aus Jakob et al. (2016a).

4.4.3 Übersicht der Annahmen beim Verwendungszweck *Beleuchtung*

In Tabelle 28 ist eine Übersicht der Modellannahmen der quantifizierten Massnahmen und Massnahmenpakete, welche bei der *Beleuchtung* getroffen wurden, dargestellt. Der Durchdringungsgrad kann, je nach Gebäudekategorie unterschiedlich sein, da nicht jede einzelne Massnahme in jeder Gebäudekategorie umgesetzt werden kann. Eine detaillierte Tabelle mit einer Übersicht aller Durchdringungsgrade pro Gebäudekategorie ist im Anhang 7.5 in Jakob et al. (2016a) aufgeführt.

Im Vergleich zu den Einsparungen in der SIA 2024 sind die hier gewählten Einsparpotenziale tiefer. Dies ist aus den Workshops und den Gesprächen mit den Experten hervorgegangen. Dabei wurde darauf hingewiesen, dass die SIA 2024:2015-Werte generell zu optimistisch sind (unter anderem aufgrund der Erwartung von zu hohen Effekten der Tageslichtsensorik und Präsenzmelder). Dies ist da-

rauf zurückzuführen, dass die entsprechenden Werte von der SIA 2024:2006 unverändert übernommen wurden, weil die Überarbeitung der SIA 380/4 noch nicht abgeschlossen ist. Eine Anpassung der Werte ist daher in absehbarer Zeit zu erwarten.

Zudem ist ein Rebound-Effekt bei den Nutzern denkbar, da mit der neuen LED-Technologie neue Begehrlichkeiten geweckt werden, die zu mehr Einsatz von Beleuchtungen führen könnten (z. B. Ambientbeleuchtung im Wohnraum, höhere Produktausleuchtung etc.). Bei den LED wird immer eine sehr lange Lebenszeit angenommen. Dies relativiert sich aber, wenn man vorgeschaltete Elektronik in die Betrachtung miteinbezieht, da diese schaltempfindlicher ist als die Diode selbst.

Tabelle 28 Modellannahmen zum Durchdringungsgrad, dem Erneuerungszyklus und der spezifische Effizienzsteigerung für die Massnahmen und Massnahmenpakete. Die Effizienzsteigerung bezieht sich jeweils auf den Stand der Technik 2010.

	Durchdringungsgrad / Realisierungsgrad			Erneuerungszyklus (Jahre)	Spezifische Effizienzsteigerung	
	2010	2050 Ref	2050 Eff			Bezug ^a
Beleuchtung der Hauptsehaufgabe	0–7 %	0–22 %	2–35 %	20	10-15 %	IL
Effiziente Leuchten	1–3 %	51–58 %	54–64 %	20	> 35 %	IL
LED Retrofit Leuchtmittel	0–7 %	3–13 %	12–34 %	5	30 %	IL
Anpassung der Beleuchtungsstärke	0–23 %	51–77 %	43–56 %	20	5-10 %	IL
Bedarfsgerechte Steuerung	0–5 %	12–18 %	33–38 %	20	5-25 %	VLS
Tageslichtabhängige Innenbeleuchtung	0–0 %	0–0 %	3–16 %	25	50 % ^d	VLS
Schwarmregulierung	0–7 %	0–22 %	2–35 %	20	50 % ^c	VLS

a: Energieeinsparung bezieht sich auf Vollaststunden (VLS) oder installierte Leistung (IL)
b: eBO Massnahmen werden periodisch durchgeführt
c: in den relevanten Raumtypen
d: in tageslichtexponierten Räumen

Quelle: Einschätzung und Darstellung TEP Energy basierend auf Experteneinschätzungen und diversen Quellen (siehe Jakob et al. 2016a), Tabelle übernommen aus Jakob et al. (2016a).

4.4.4 Übersicht über die Annahmen beim Verwendungszweck Allgemeine Gebäudetechnik

In Tabelle 29 ist eine Übersicht der Modellannahmen der quantifizierten Massnahmen und Massnahmenpakete dargestellt, welche bei der *Allgemeinen Gebäudetechnik* getroffen wurden. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Massnahmen in allen Sektoren umgesetzt werden können und eine unterschiedliche Wirkung zeigen.

Tabelle 29 Modellannahmen zum Durchdringungsgrad, dem Erneuerungszyklus und der spezifischen Effizienzsteigerung für die Massnahmen und Massnahmenpakete. Die Effizienzsteigerung bezieht sich jeweils auf den Stand der Technik 2010.

	Durchdringungsgrad / Realisierungsgrad			Erneuerungszyklus (Jahre)	Spezifische Effizienzsteigerung	
	2010	2050 Ref	2050 Eff			Bezug ^a
Allgemeine Gebäudetechnik	8–14 %	18–19 %	41–44 %	10	17–43 %	IL & VLS
Pumpen und Hilfsenergie	10–12 %	22–24 %	39–47 %	20	14–60 %	IL & VLS
Energieeffiziente Aufzugstechnik in Liften	14–16 %	31–35 %	48–56 %	20	8–42 %	IL
Energieeffiziente Optimierungen in Liften	20–30 %	41–47 %	52–65 %	20	5–10 %	IL

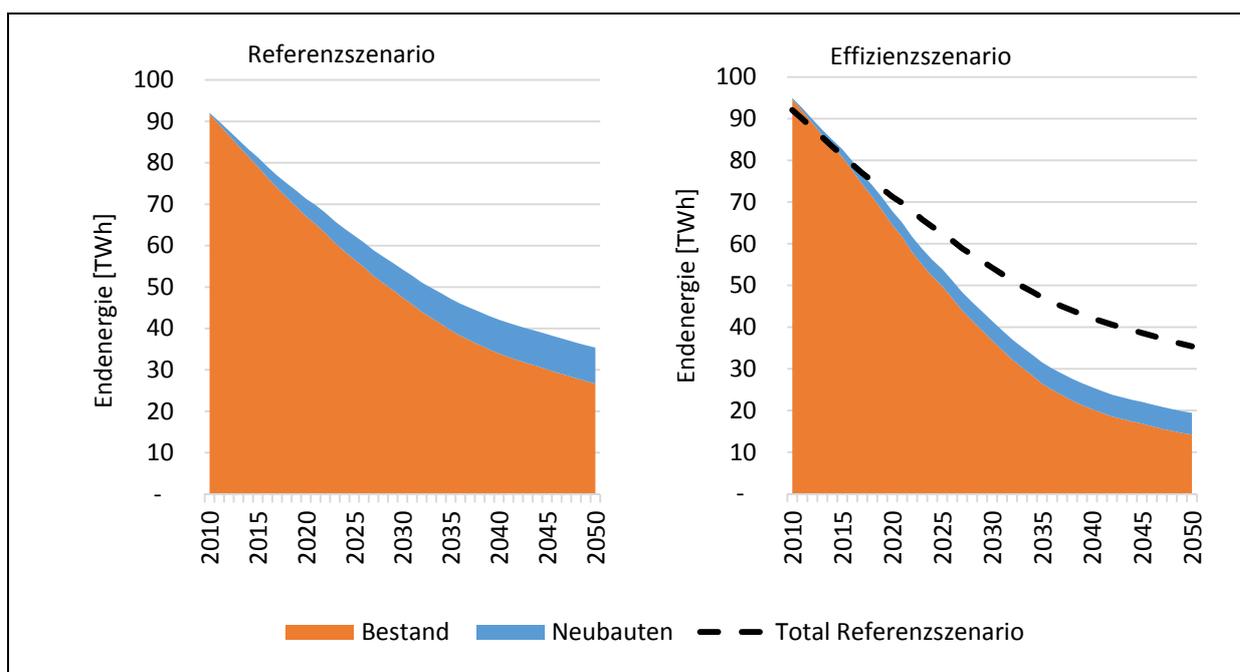
a: Energieeinsparung bezieht sich auf Volllaststunden (VLS) oder installierte Leistung (IL)
b: eBO Massnahmen werden periodisch durchgeführt

Quelle: Einschätzung und Darstellung TEP Energy basierend auf Experteneinschätzungen und diversen Quellen (siehe Jakob et al. 2016a), Tabelle übernommen aus Jakob et al. (2016a).

4.5 Resultierende Endenergienachfrage (Wärme und übrige Verwendungszwecke)

4.5.1 Gesamte Endenergie im Szenarienvergleich

Wie in der jüngeren Vergangenheit reduziert sich der Bedarf an Endenergie für Heizen und Warmwasser auch im Referenzszenario, dies trotz des zugrunde gelegten Flächenwachstums im Gebäudereich von rund 30 %, welches durch Bevölkerungs- und Beschäftigtenwachstum getrieben ist. Im Referenzszenario sinkt die Endenergie für Heizen und Warmwasser um knapp 60 % von gut 90 TWh auf gut 40 TWh (Abbildung 56). Im EffizienzszENARIO ist die Reduktion noch ausgeprägter und liegt im Jahr 2050 um rund 46 % tiefer als im EffizienzszENARIO. Im Vergleich zum Jahr 2010 beträgt die Reduktion gut 80 %.



Quelle: GPM-Berechnungen TEP Energy

Abbildung 56 Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Endenergienachfrage in den beiden Szenarien, differenziert nach Bestand (Baujahr vor 2010) und Neubau (2010 bis 2050).

Der Hauptbeitrag aus der Reduktion kommt, in absoluten Werten, aus der Erneuerung des Gebäudebestands. Relativ gesehen ist der Unterschied zwischen den beiden Szenarien im Jahr 2050 zwischen Neubau und Bestand allerdings vergleichbar.

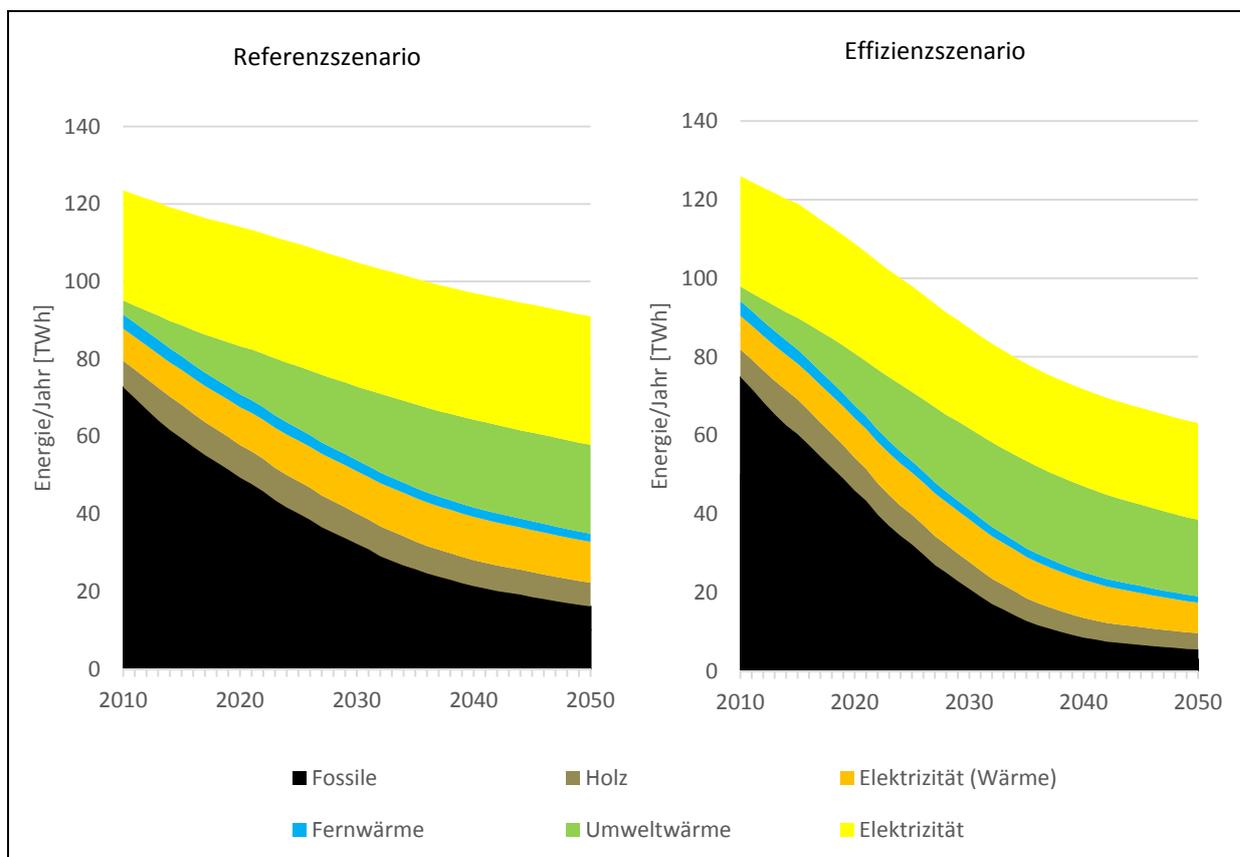
4.5.2 Endenergie nach Energieträger

Abbildung 57 zeigt für die Heizenergie und der Elektrizität der übrigen Verwendungszwecke nach Energieträger. Dem Anstieg des Bedarfs an elektrischer Energie steht ein deutlicher Rückgang der Heizenergienachfrage gegenüber. Zusätzlich sind starke Veränderungen im Energiemix zu verzeichnen. Die Veränderungen zwischen 2010 und 2050 sind in Tabelle 30 zusammengefasst.

Tabelle 30 Vergleich der Veränderung der Endenergieträgerverwendung 2010 und 2050

	Referenzszenario			Effizienzscenario		
	Energie 2010 [TWh]	Energie 2050 [TWh]	Veränderung	Energie 2010 [TWh]	Energie 2050 [TWh]	Veränderung
Fossil	72.7	16.2	-78 %	74.9	5.5	-93 %
Holz	6.8	6.1	-10 %	6.9	4.1	-40 %
Elektrizität (Wärme)	8.3	10.5	27 %	8.5	7.8	-9 %
Fernwärme	3.7	2.1	-43 %	3.8	1.6	-57 %
Umweltwärme	3.6	22.9	537 %	3.7	19.5	422 %
Elektrizität	28.4	33.1	16 %	28.1	24.6	-12 %

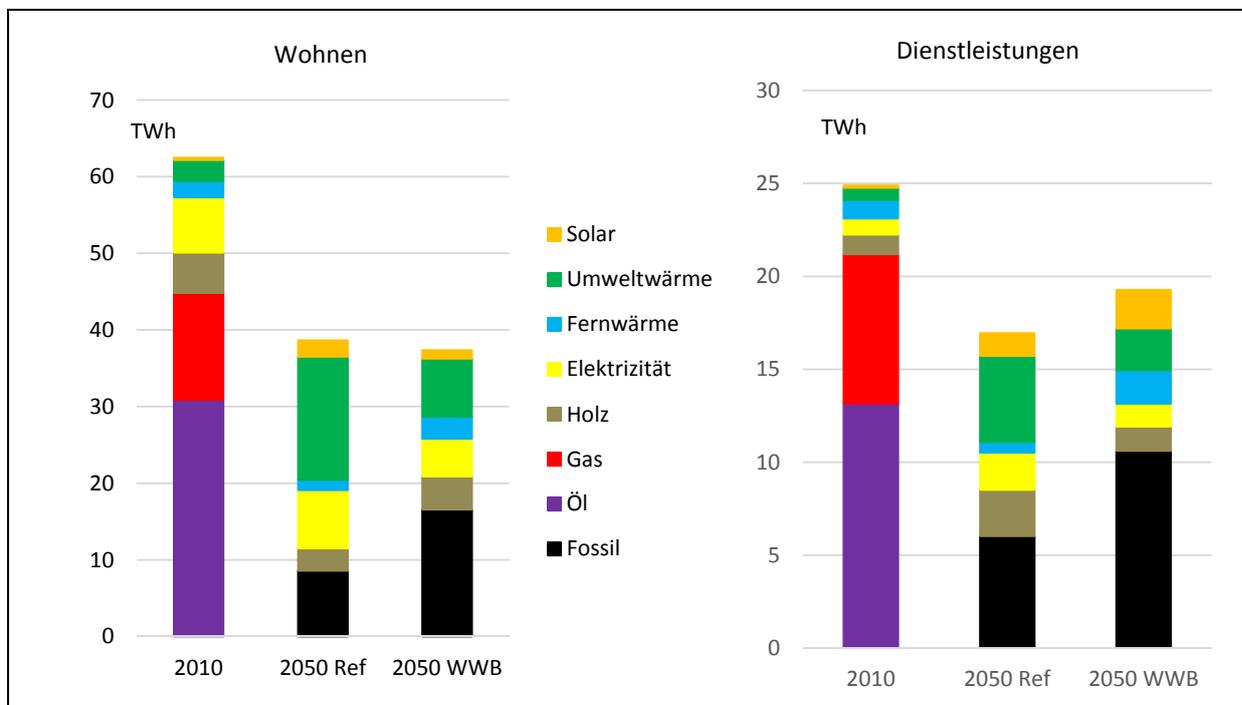
Quelle: GPM-Berechnungen, TEP Energy



Quelle: GPM-Berechnungen, TEP Energy

Abbildung 57 Entwicklung der Endenergienachfrage für Heizwärme- und Warmwasser sowie für die übrigen Verwendungszwecke (mit Elektrizität bezeichnet) nach Energieträger in den beiden Szenarien.

Im Referenzszenario ist die Summe der Endenergienachfrage für Raumwärme (RW) und Warmwasser (WW) für den Wohnsektor ungefähr gleich hoch wie im Szenario „Weiter wie bisher“ (WWB) der Energiestrategie des Bundes (siehe Abbildung 58). Für den Dienstleistungssektor liegt die gesamte Endenergienachfrage für RW und WW im Referenzszenario leicht tiefer als im Szenario WWB. Bezüglich der Energieträgerstruktur bestehen grössere Unterschiede; mit dem GPM resultieren geringere Anteile bei den fossilen Energieträger und höhere Anteile bei den erneuerbaren Energien (inkl. Umweltwärme aus Wärmepumpen).

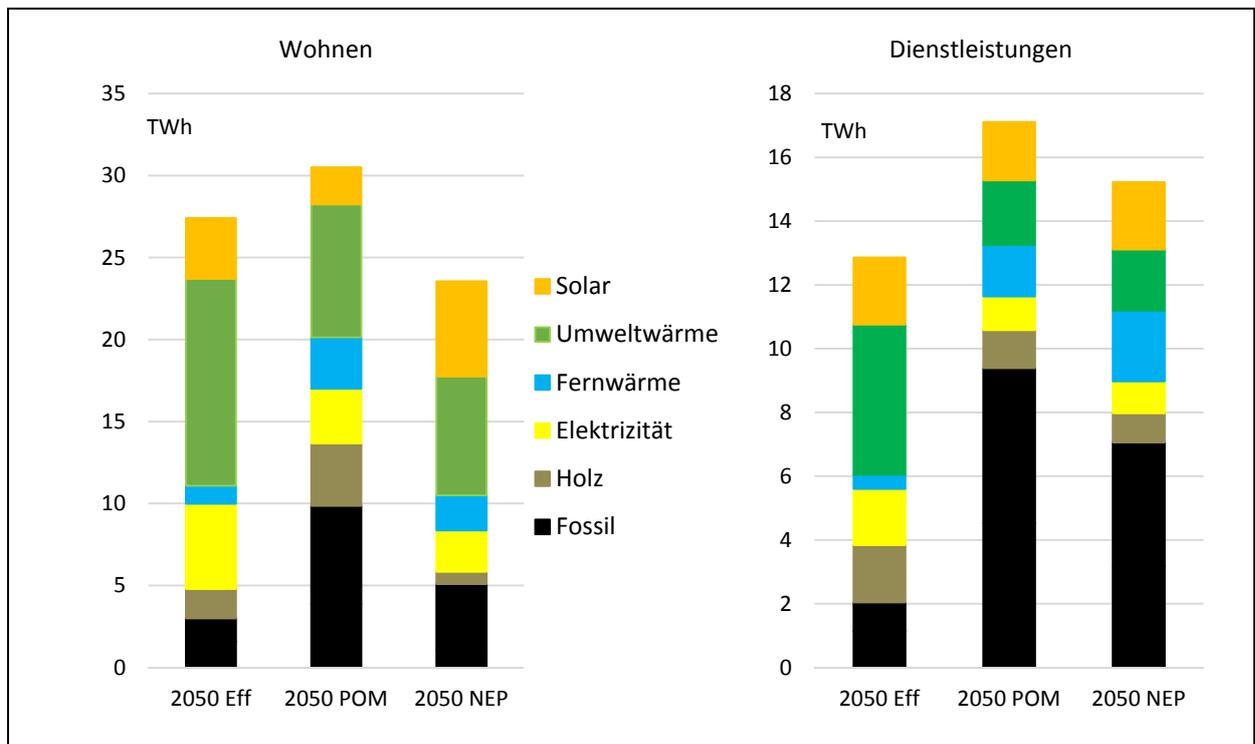


Quelle: GPM-Berechnungen, Kirchner et al (2012), Darstellung TEP Energy

Abbildung 58 Vergleich von Heizwärme- und Warmwasserbedarf zwischen dem Referenzszenario (Ref) und dem Szenario „Weiter wie bisher“ (WWB) der Energiestrategie des Bundes für die beiden Sektoren Wohnen (Diagramm links) und Dienstleistungen (Diagramm rechts mit unterschiedlicher y-Skala).

Für den Wohnsektor liegt die Summe der Endenergienachfrage für Raumwärme (RW) und Warmwasser (WW) im Effizienzscenario zwischen den Szenarien „Politische Massnahmen“ (POM) und „Neue Energiepolitik“ (NEP) der Energiestrategie 2050 des Bundes (siehe Abbildung 59). Für den Dienstleistungssektor liegt die gesamte Endenergienachfrage für RW und WW im Effizienzscenario etwa 15% tiefer als das Szenario NEP.

Wie im Fall des Referenzszenarios resultieren mit dem GPM auch im Effizienzscenario (deutlich) geringere Anteile an fossilen Energieträgern und höhere Anteile an erneuerbaren Energien (vor allem auch bei der Umweltwärme aus Wärmepumpen).



Quelle: GPM-Berechnungen, Kirchner et al (2012), Darstellung TEP Energy

Abbildung 59 Vergleich von Heizwärme- und Warmwasserbedarf zwischen dem Effizienzscenario (Eff) und den Szenarien „Politische Massnahmen“ (POM) und „Neue Energiepolitik“ (NEP) der Energiestrategie 2050 des Bundes für die beiden Sektoren Wohnen (Diagramm links) und Dienstleistungen (Diagramm rechts mit anderer y-Skala).

4.5.3 Endenergie nach Verwendungszwecken: Kennwerte für die verschiedenen Kategorien des SIA-Effizienzpfades Energie

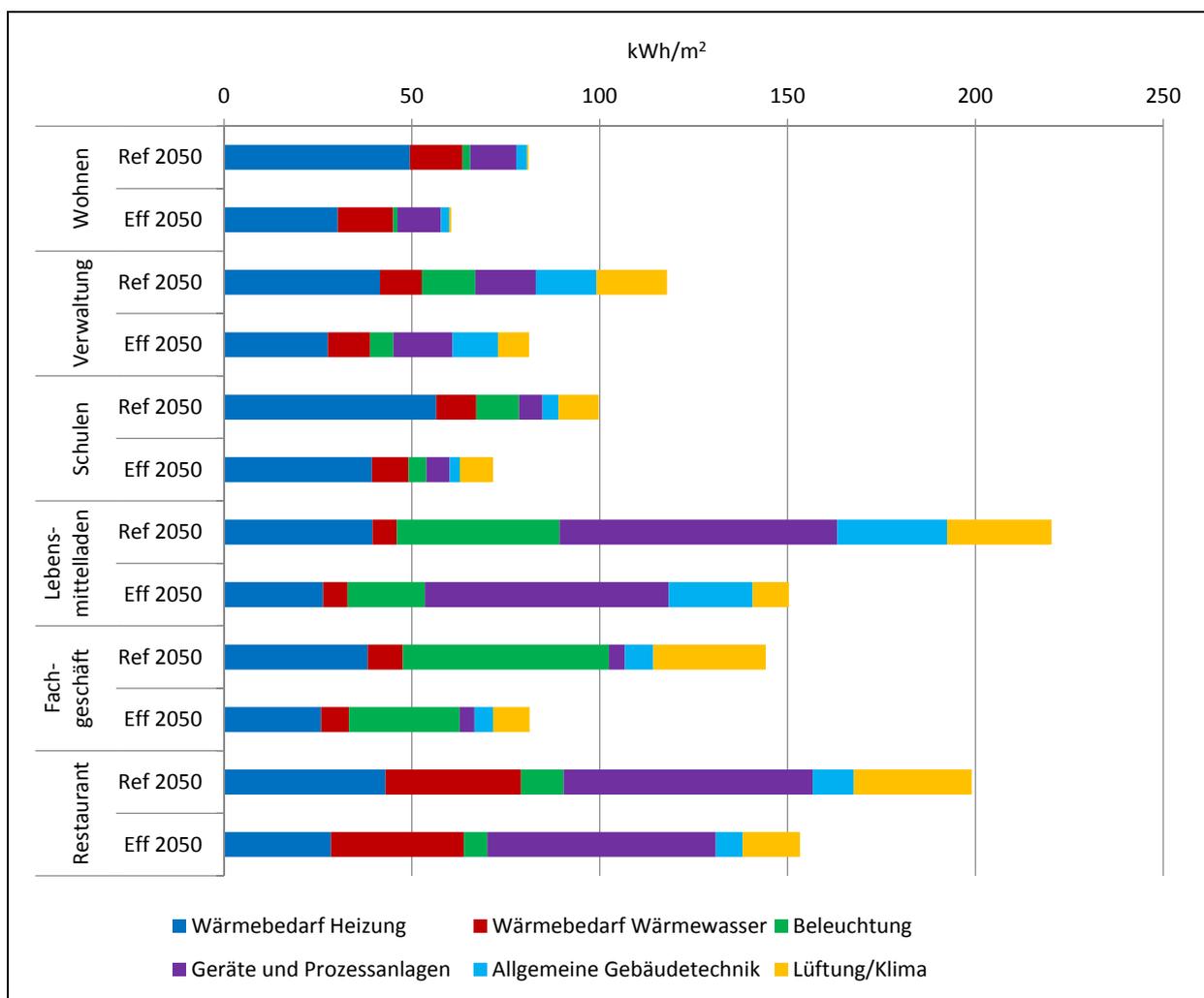
Die Verteilung der Endenergie auf die verschiedenen Verwendungszwecke zeigt starke Unterschiede je nach Gebäudekategorien (siehe Abbildung 60, bzw. genaue Werte im Anhang 8.8.1 Tabelle 56).

Folgende Feststellungen können gemacht werden:

- Bei den Wohngebäuden werden 60 bis 80% der Energie für Raumheizung verwendet, in der Lebensmittelhandel – die das Schlusslicht bildet – sind dies nur etwa 20%.
- Der Anteil der Energie, der auf die Erwärmung von Wasser entfällt, macht in den meisten Fällen weniger als 10% des Gesamtenergiebedarfs aus. Eine Ausnahme bilden hier Krankenhäuser und Pflegeheime mit 35%.
- Die Energie zu Beleuchtungszwecken nimmt insbesondere im Detailhandel mit bis zu 42% einen grossen Anteil des Gesamtbedarfs ein. Dieser Verwendungszweck ist im Wohnsektor mit weniger als 2% des Energiebedarfs im Vergleich der Sub-Sub-Sektoren am wenigsten dominant.
- Beim Anteil der Betriebseinrichtungen am energetischen Gesamtverbrauch stehen insbesondere der Lebensmittelhandel sowie die Gastronomie- und Hotelbranche hervor.
- Lüftung und Klima beanspruchen besonders im Finanzwesen, sowie der Informations- und Kommunikationstechnik (inkl. Postverteilzentren) einen grossen Anteil der Gesamtenergie.

Im Vergleich der absoluten Werte wird augenscheinlich, dass dieser letzte Posten zusammen mit den Betriebseinrichtungen in besonderem Masse für den überdurchschnittlich hohen flächenspezifischen Endenergieverbrauch im Lebensmittelhandel und in der Gastronomie verantwortlich ist.

Für weitere Informationen in Bezug auf die Unterteilung in Sub-Sub-Sektoren wird auf die Tabelle 62 in Anhang 8.8.2 verwiesen.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 60 Spezifische Wärmeenergie in kWh/m² für Heizung und Warmwasser sowie der spezifische Stromverbrauch für übrige Verwendungszweck aufgeteilt für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie in kWh/m² für das Referenz- und das Effizienzzenario, Bestand 2050.

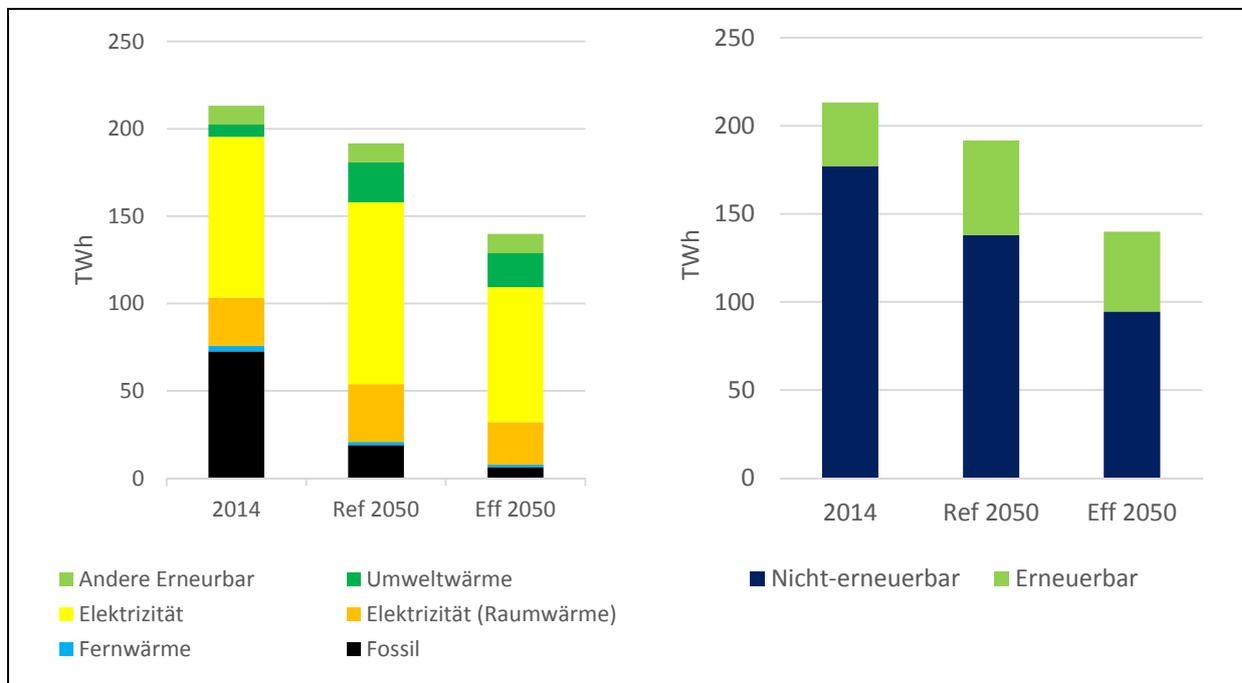
4.6 Primärenergie und Treibhausgasemissionen

Auf Basis der Szenarioergebnisse auf Ebene Endenergie und der Annahmen zu den PEF und den THG-EK (siehe Kap. 4.1.4) werden die resultierende PE und die THGE berechnet.

4.6.1 Totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie

Im Jahr 2010 betrug der Primärenergieverbrauch des Gebäudeparks in der Schweiz rund 210 bis 213 TWh. Elektrizität stellt dabei der Energieträger mit dem grössten Beitrag dar; sein Anteil betrug rund 55 %. Der Beitrag aus fossilen Energieträgern betrug rund ein Drittel. Der Rest von gut 10% entfällt auf Umweltwärme, andere erneuerbare Energie und Fernwärme. Der grösste Teil der Primärenergie (über 80 %) stammte aus nicht-erneuerbaren Quellen, wie aus Abbildung 61 (rechte Grafik) hervorgeht. Der erneuerbare Anteil stammt aus Umweltwärme und anderen erneuerbaren Endenergieträgern, aber auch aus dem erneuerbaren Anteil der Elektrizität.

Bis 2050 reduziert sich der Primärenergieverbrauch im Referenzszenario um rund 10 %, im Effizienz-szenario um ein Drittel. Während im Referenzszenario der Beitrag der Elektrizität zunimmt (um rund 15 % von rund 120 TWh auf 137 TWh), sinkt er im Effizienz-szenario um den gleichen Anteil (minus 15 %). Dies ist zum einen auf die Endenergie-Nachfrageentwicklung (Kap. 4.5) und zum anderen auf die angenommene Primärenergiefaktoren (siehe Kap. 4.1.4) zurück zu führen. Relativ gesehen nimmt der Anteil der fossilen Primärenergie am stärksten ab.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 61 PE_{Total} für alle Gebäudetypen für die Jahre 2010 und 2050 (beide Szenarien).

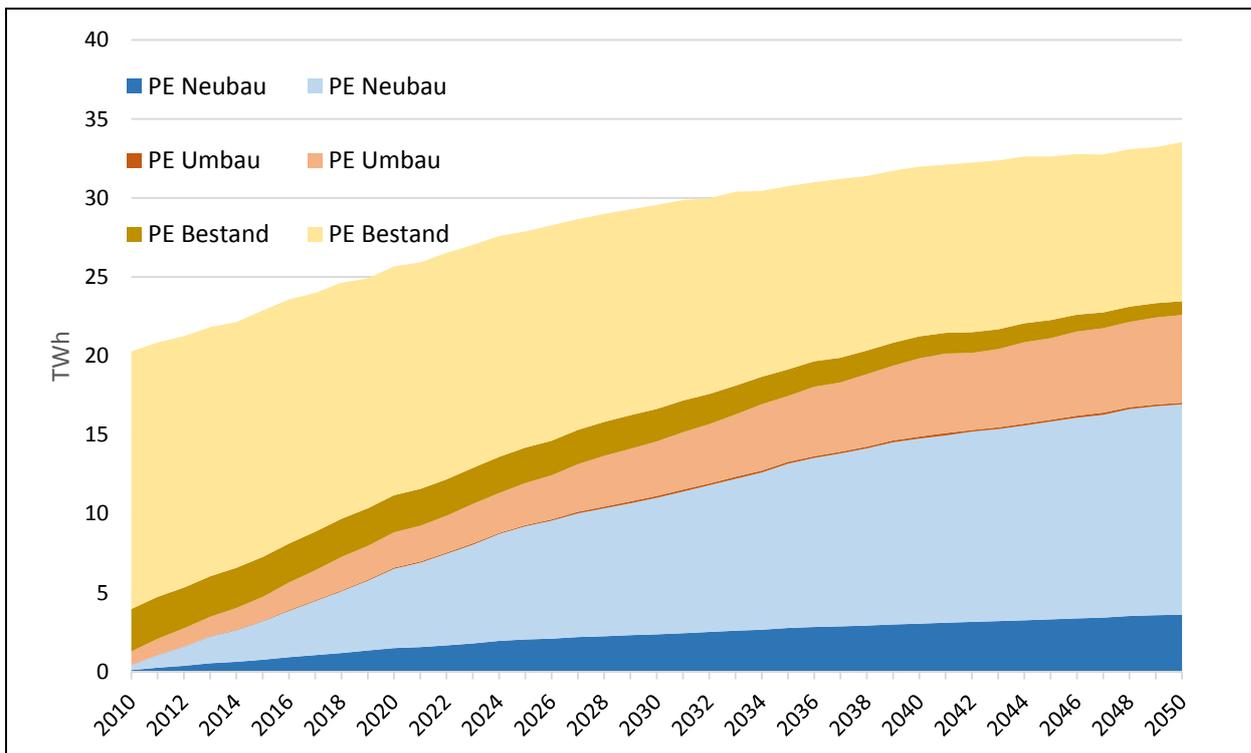
Die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs wird durch zwei gegenläufige, sich überlagernde Effekte bestimmt: die betriebliche End- und Primärenergie nehmen deutlich ab, währenddem die PE_{Erst} auch im Effizienz-szenario zunimmt (siehe Tabelle 31 und Abbildung 62).

Die totale PE_{Erst} nimmt von rund 20 TWh im Jahr 2010 auf etwa 34 TWh zu. Der Anteil aus der PE_{Erst} nimmt damit von weniger als 10 % im Jahr 2010 auf rund 25% zu. Verursacht wird dies durch die neuen Gebäude, die ab 2010 erstellt werden. Der grössere Beitrag stammt hierbei nicht aus dem Rohbau, sondern aus den übrigen Gebäude- und Gebäudetechnikelementen, siehe Abbildung 62.

Tabelle 31 Änderung der PE zwischen 2010 und die Effizienz-szenario 2050, je für Betrieb und Erstellung und das Total von Betrieb und Erstellung aufgeteilt für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie.

	Endenergie Betrieb	PE _{Total} Erstellung	PE _{Total} Betrieb	PE _{n.ern.} Erstellung	PE _{n.ern.} Betrieb	PE _{Total} Total	PE _{n.ern.} Total
Wohnen	-62 %	23 %	-71 %	26 %	-92 %	-61 %	-82 %
Verwaltung	-56 %	22 %	-69 %	26 %	-91 %	-63 %	-84 %
Schulen	-56 %	47 %	-64 %	50 %	-89 %	-57 %	-81 %
Lebensmittel	-49 %	31 %	-70 %	34 %	-90 %	-66 %	-87 %
Fachgeschäft	-61 %	26 %	-75 %	28 %	-92 %	-70 %	-87 %
Restaurant	-44 %	40 %	-64 %	44 %	-91 %	-60 %	-86 %

Quelle: TEP Energy

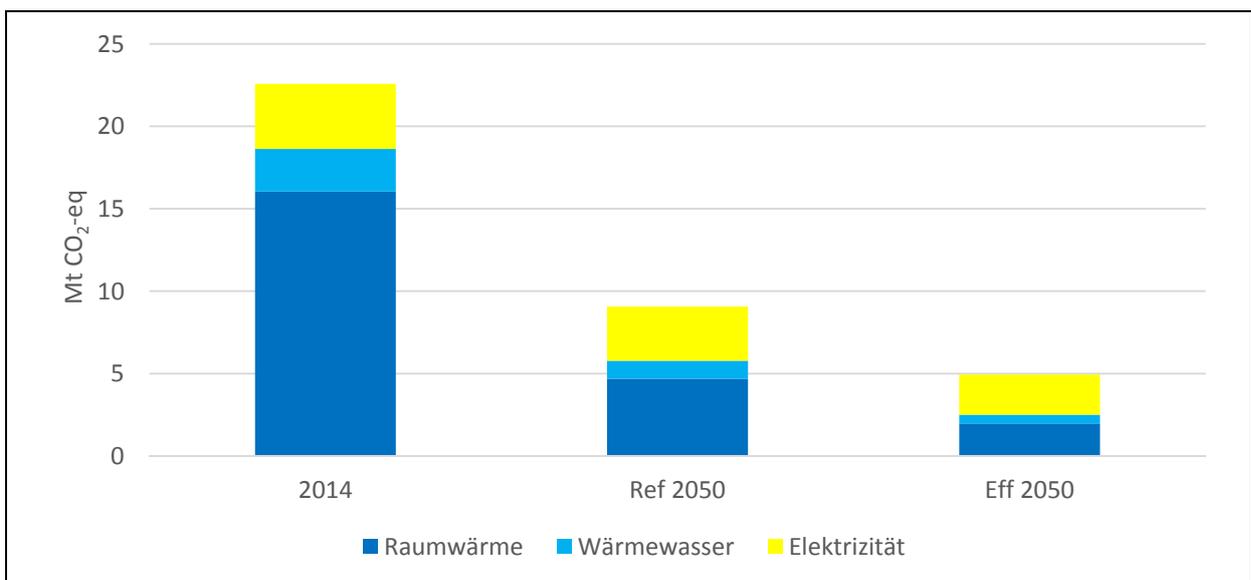


Quelle: TEP Energy

Abbildung 62 PE_{Total, Erst.} zwischen 2010 und 2050, aufgeteilt nach Gebäudebestand (bis 2010), Neubau und Umbau (ab 2010) und weiter nach langfristig (Rohbau) und kurzfristig (Rest), für die Effizienzzenario.

4.6.2 Treibhausgasemissionen

Die Treibhausgasemissionen des Gebäudeparks in der Schweiz beliefen sich im Jahr 2010 auf gut 23 Millionen Tonnen CO₂-eq (Mt CO₂-eq). Die Raumwärme stellt dabei den Bereich mit dem grössten Beitrag dar; sein Anteil betrug rund 70 %. Die übrigen Anteile entfallen auf den Bereich Warmwasser sowie die Summe aller übrigen Verwendungszwecke. Diese sind strombasiert und in Abbildung 63 entsprechend mit Elektrizität bezeichnet.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 63 THGE für alle Gebäudetypen für die Jahre 2010 und 2050 (beide Szenarien).

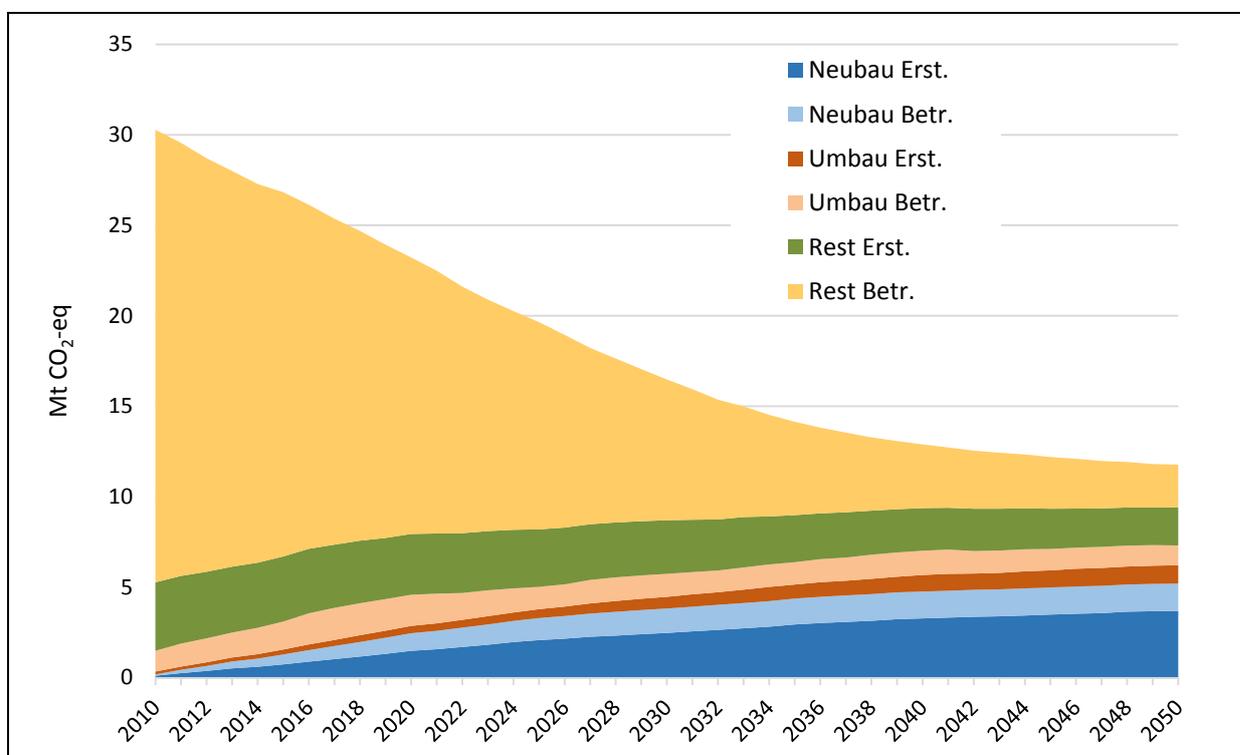
Bis 2050 reduzieren sich die THGE im Referenzszenario um rund drei Fünftel und im Effizienzscenario um rund vier Fünftel. Die rückläufige Entwicklung lässt sich zum einen auf den starken Rückgang der betrieblichen Emissionen zurückführen aufgrund von Wärmedämmungen, dem Einsatz erneuerbarer Energien (siehe Ergebnisse auf Ebene der Endenergie im Kap. 4.5) und dem Rückgang der spezifischen Emissionen des Stroms zurück führen (siehe Kap. 4.1.4). Der Rückgang der betrieblichen Emissionen wird jedoch zum Teil durch den Anstieg der THGE_{Erst.} kompensiert. der THGE_{Erst.} nimmt je nach Gebäudekategorie um einen Viertel bis um die Hälfte zu, (siehe Tabelle 32).

Tabelle 32 Änderung der THGE zwischen 2010 und Eff. Szenario 2050, je für Betrieb und Erstellung aufgeteilt für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie.

	THGE Erstellung	THGE Betrieb	THGE Total
Wohnen	26 %	-88 %	-72 %
Verwaltung	27 %	-82 %	-69 %
Schulen	54 %	-84 %	-70 %
Lebensmittel	34 %	-71 %	-61 %
Fachgeschäft	29 %	-81 %	-68 %
Restaurant	46 %	-79 %	-69 %

Quelle: TEP Energy

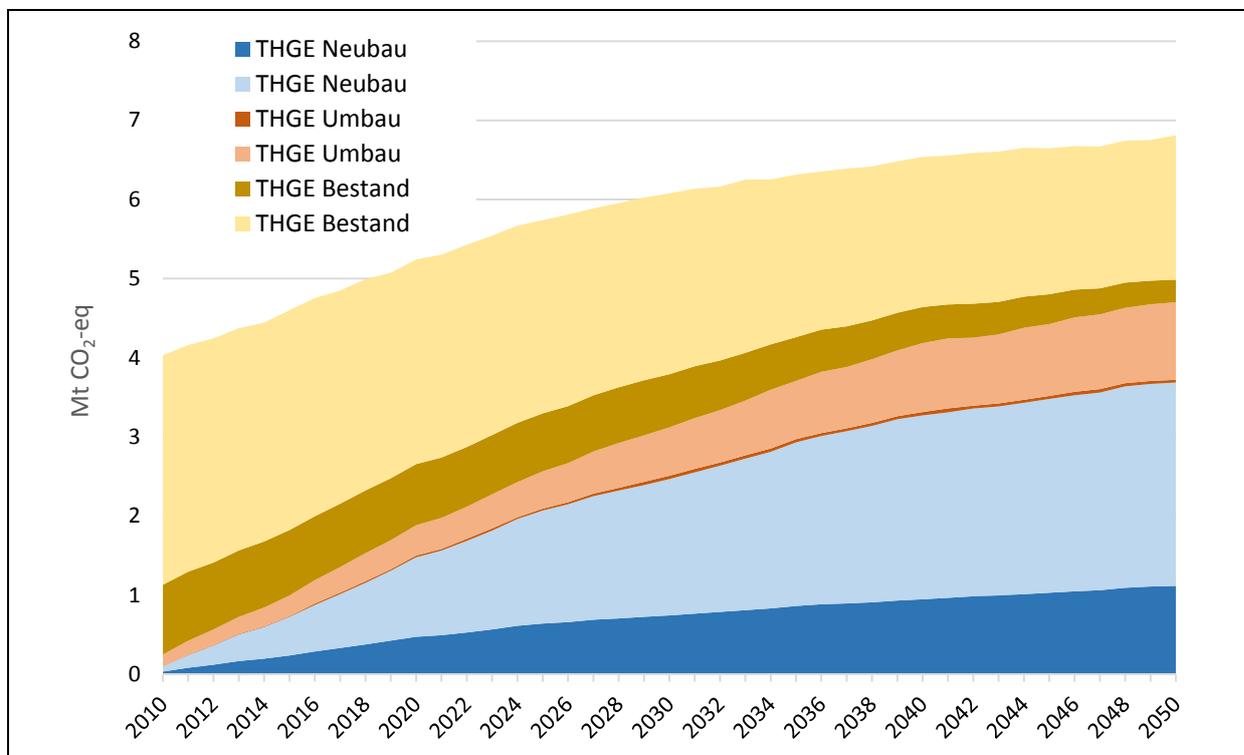
Die Beiträge der THGE_{Erst.} stammen zum einen aus Beiträgen des Gebäudebestands im Ausgangsjahr der Betrachtung und zum anderen aus Neubauten. Dies gilt sowohl für die THGE_{Erst.} als auch für die THGE_{Betr.} Der Neubau wirkt entsprechend nicht nur in Bezug auf die THGE_{Erst.} kompensatorisch, sondern auch bzgl. der betrieblichen THGE, wie aus Abbildung 64 hervorgeht.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 64 THGE_{Erst.} und THGE_{Betr.} zwischen 2010 und 2050, aufgeteilt nach Gebäudebestand (bis 2010), und Neubau und Umbau (ab 2010) für das Referenzszenario.

Weil die $THGE_{Erst.}$ ansteigen (und damit den eingangs erwähnten Zielsetzungen entgegen wirken) ist eine Aufschlüsselung deren Beiträge von Interesse. Aus Abbildung 65 geht hervor, dass der Hauptbeitrag nicht aus dem Rohbau stammt (wie man intuitiv annehmen könnte), sondern aus den übrigen Bereichen wie z.B. Fenster, Gebäudetechnik, Innenausbau etc. Dieses Ergebnis ist kompatibel mit der Darstellung der Struktur der $THGE_{Erst.}$ im Ausgangsjahr, siehe Kap. 3.4.2.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 65 $THGE_{Erst.}$ zwischen 2010 und 2050 für das Effizienzzenario, aufgeteilt nach Gebäudebestand (bis 2010), Umbau und Neubau (ab 2010), und weiter nach langfristig (Rohbau) und kurzfristig (Rest).

5 Entwicklung des spezifischen Primärenergieverbrauchs und der Treibhausmissionen für die beiden Szenarien

Bezugnehmend auf den SIA-Effizienzpfad Energie und auf die 2000-Watt-Gesellschaft erfolgt in diesem Kapitel eine Darstellung der Ergebnisse sowohl flächenbezogen als auch die Einwohner bezogen. Einleitend wird auf die hohe Bedeutung der Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades hingewiesen. Diese decken im Vergleich zum gesamten Gebäudepark der Schweiz je nach Betrachtungsgrösse zwischen 70 % bis 75 % ab, also einen markanten Anteil (siehe Tabelle 33). Die relativen Anteile nehmen bis 2050 in gewissen Bereichen leicht ab, was darauf hindeutet, dass die Reduktionspotenziale bei diesen Gebäudekategorien leicht höher sind als beim Rest des Gebäudeparks.

Tabelle 33 Anteile der Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades im Vergleich zum gesamten Gebäudepark der Schweiz

	2010	2050
EBF	75%	75%
PE _{Erst., Total}	74%	76%
PE _{Betr., Total}	72%	70%
PE _{Erst., n.ern.}	74%	75%
PE _{Betr., n.ern.}	72%	69%
THGE _{Erst.}	74%	75%
THGE _{Betr.}	74%	69%
Endenergie _{Betr.}	74%	70%

Quelle: TEP Energy

5.1 Resultierender Primärenergieverbrauch für die beiden Szenarien

Die Ergebnisse des Gebäudeparkmodells können grundsätzlich auf vielfältige Weise ausgewertet werden. In diesem Unterkapitel wird auf die flächenspezifische Primärenergie für verschiedene Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie (Kap. 5.1.1) und auf ausgewählte Auswertungen bezüglich der Verteilung der flächenspezifischen Primärenergie der Gebäuderepräsentanten (Kap. 5.1.2) fokussiert. Die flächenspezifische Primärenergie für alle Sub-Sub-Sektoren ist im Anhang (Kap.8.6) in Form von grafischen Darstellungen dokumentiert, dies aufgeschlüsselt nach Erstellung und Betrieb sowie nach erneuerbar und nicht-erneuerbar (und als totale PE als Summe der beiden).

5.1.1 Flächenspezifische Primärenergie für die verschiedenen Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie im Überblick

Die Ergebnisse bzgl. PE_{Total} und PE_{n.ern.} werden als spezifische Kennwerte pro m² Energiebezugsfläche ausgewiesen, wobei folgende Darstellungsformen zur Anwendung kommen, dies jeweils für die nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) und erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) und je Sub-Sub-Sektor in kWh/m² für den Bestand 2050:

- Erstellung: Kennwerte für Neu- und Umbauten (gemäss Definition im Kap. 3.1.6).
- Betrieb: Kennwerte für Neu- und Umbauten im Jahr 2050.
- Betrieb: Mittlere Kennwerte für den Bestand im Jahr 2050.

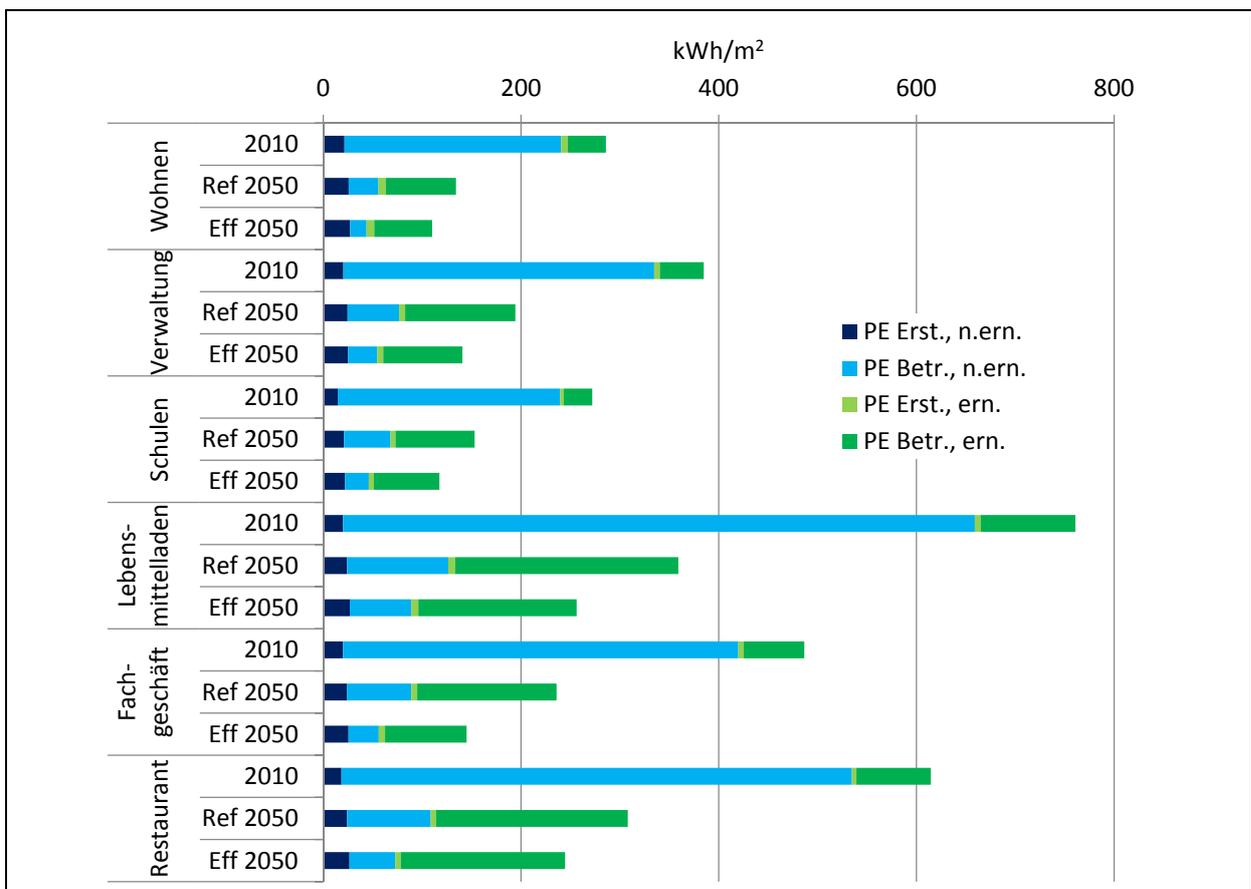
Die totale Primärenergie (PE_{Total}) ergibt sich in aus den grafischen Darstellungen aus der Summe von nicht-erneuerbarer Primärenergie (PE_{n.ern.}) und erneuerbarer Primärenergie (PE_{ern.}). Die detaillierten

Werte sind für das Referenzszenario im Anhang im Kap. 8.6.1, für das Effizienzzenario im Kap. 8.6.2 und für die beiden Szenarien im Vergleich im Kap. 8.6.3 dargestellt.

Nachfolgend werden für die Gebäudekategorien, welche in der überarbeiteten Version des SIA-Effizienzpfades berücksichtigt werden, Auswertungen für die Fälle Bestand, Neubau und Umbau dargestellt, dies gemäss folgender Definition:

- Bei „Bestand“ handelt es sich um alle Gebäude, welche zum Betrachtungszeitpunkt (also z. B. 2010 oder 2050) stehen.
- Bei Neubau und Umbau handelt es sich um typische Neu- und Umbauten der Zehnjahresperiode, welche dem angegebenen Betrachtungszeitpunkt vorangeht, also z. B. 2040 bis 2050 (für den Fall von 2010 aus modelltechnischen Gründen 2010 bis 2020).

Aus dem Quervergleich über die drei Fälle wird ersichtlich, dass die $PE_{Erst.}$ die geringste (relative) Bedeutung im Umbaufall hat und die grösste im Neubaufall. Bei den flächenspezifischen Primärenergie-Kennwerten fallen zunächst die grossen Unterschiede zwischen den verschiedenen Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie auf. Während Schulen im Ist-Zustand 2010 auf einem ähnlichen Niveau liegen wie Wohngebäude, weisen die übrigen Gebäudekategorien deutlich höhere spezifische Primärenergieverbräuche auf (Abbildung 66). Hierbei liegen Verwaltungsgebäude (gemäss SIA-Terminologie), bestehend aus Bürogebäuden des Finanzsektors, der öffentlichen Verwaltung sowie weiteren Bürobranchen, etwas, die übrigen Gebäudekategorien deutlich höher. Dies ist nicht zuletzt auf den sehr unterschiedlich hohen Stromverbrauch zurück zu führen, welcher v. a. bei Lebensmittel-läden aufgrund der gewerblichen Kälte und der Beleuchtung zu hohen spezifischen Primärenergieverbräuchen führt.



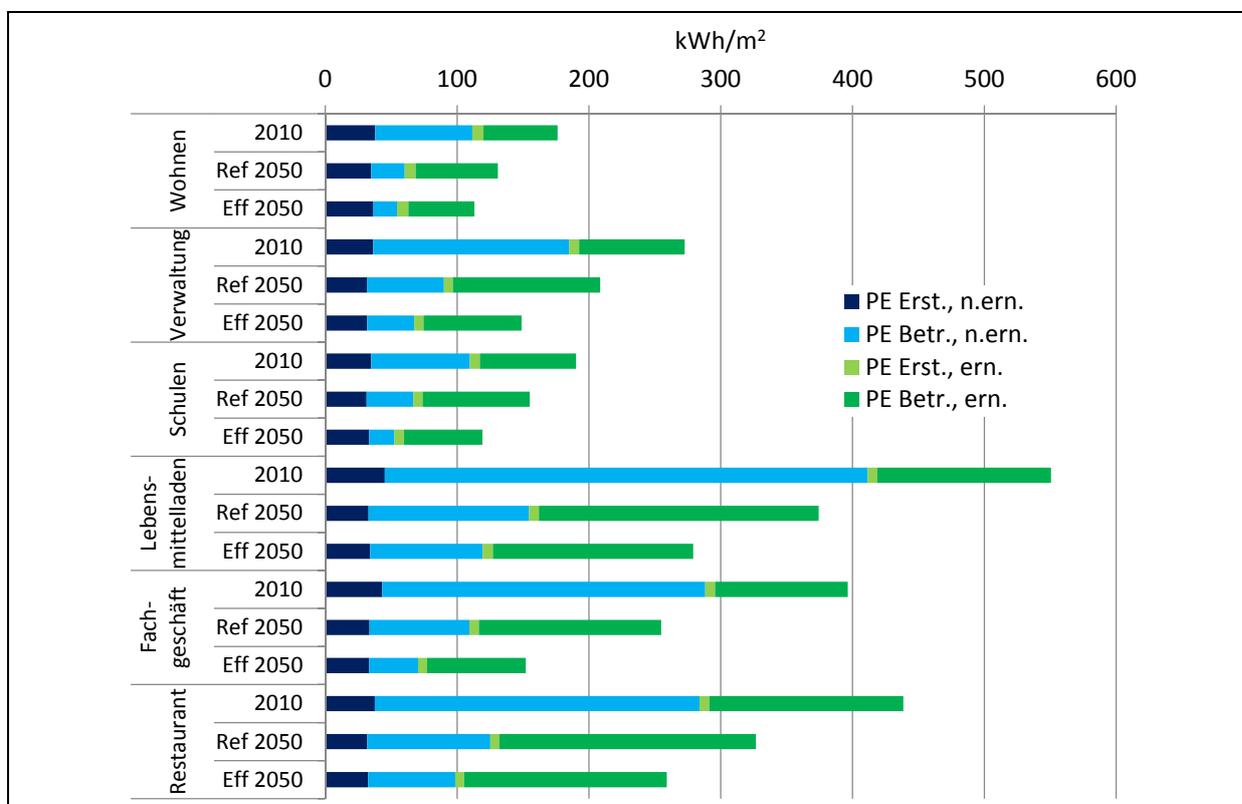
Quelle: TEP Energy

Abbildung 66 Flächenspezifische Primärenergie für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie 2010 und 2050 für die beiden Szenarien, Gesamtbestand, unterteilt nach Erstellung und Betrieb, erneuerbar und nicht-erneuerbar.

Bis ins Jahr 2050 gehen die Primärenergieverbräuche gemäss Modellrechnungen stark zurück, dies bereits im Referenzszenario und in verstärktem Ausmass im EffizienzszENARIO. In letzterem beträgt der Durchschnittswert über den Bestand des Jahres 2050 im Fall der Wohngebäude und der Schulen rund 150 kWh/m², derjenige für Bürogebäude rund ein Drittel höher bei 200 kWh/m². Wie im Ist-Zustand sind grosse Unterschiede zwischen den Gebäudekategorien zu verzeichnen. Die höchsten Werte treten im Detailhandel- und Restaurationsbereich auf (270 bis 300 kWh/m²). Die stark sinkenden Primärenergieverbräuche zwischen 2010 und 2050 lassen sich zum einen auf den effizienteren Gebäudepark in 2050 (v. a. im Betrieb) und zum andern auch auf die Veränderung des Strommixes zwischen 2010 und 2050, vgl. Kap. 4.1.4 zurück führen. Der Primärenergieverbrauch zwischen den beiden Szenarien (Referenz und Effizienz) lässt sich direkt vergleichen, da der Strommix in den beiden Szenarien gleich ist.

Im Jahr 2050 handelt es sich zum grössten Teil um erneuerbare PE; die Werte für nicht-erneuerbare PE liegen bei den Wohngebäuden unter 50 kWh/m² und auch bei den übrigen Gebäudekategorien liegen sie „nur“ bei knapp unter 100 kWh/m².

Die Werte der Neubauten des Ist-Zustands, d. h. der Neubauten der Periode 2010 bis 2020, liegen erwartungsgemäss tiefer als die Werte des Bestandes im Jahr 2010 (vgl. Abbildung 67 mit Abbildung 66). Der relative Unterschied ist bei den Gebäudekategorien, bei welchen die Raumwärme dominiert, am grössten. Bei Gebäudekategorien wie Lebensmittelhandel oder Restaurants ist der Unterschied zwischen Neubau und Bestand geringer, weil in diesen Fällen die PE durch den Stromverbrauch geprägt ist und die Unterschiede in diesem Bereich weniger gross sind, dies v. a. begründet durch die wesentlich kürzere Lebens- bzw. Nutzungsdauer der gebäude- und prozesstechnischen Anlagen und v. a. der Geräte (auch in bestehenden Lebensmittelläden ist der Gerätebestand relativ neu und die Effizienzunterschiede zu neuen Läden sind entsprechend gering).

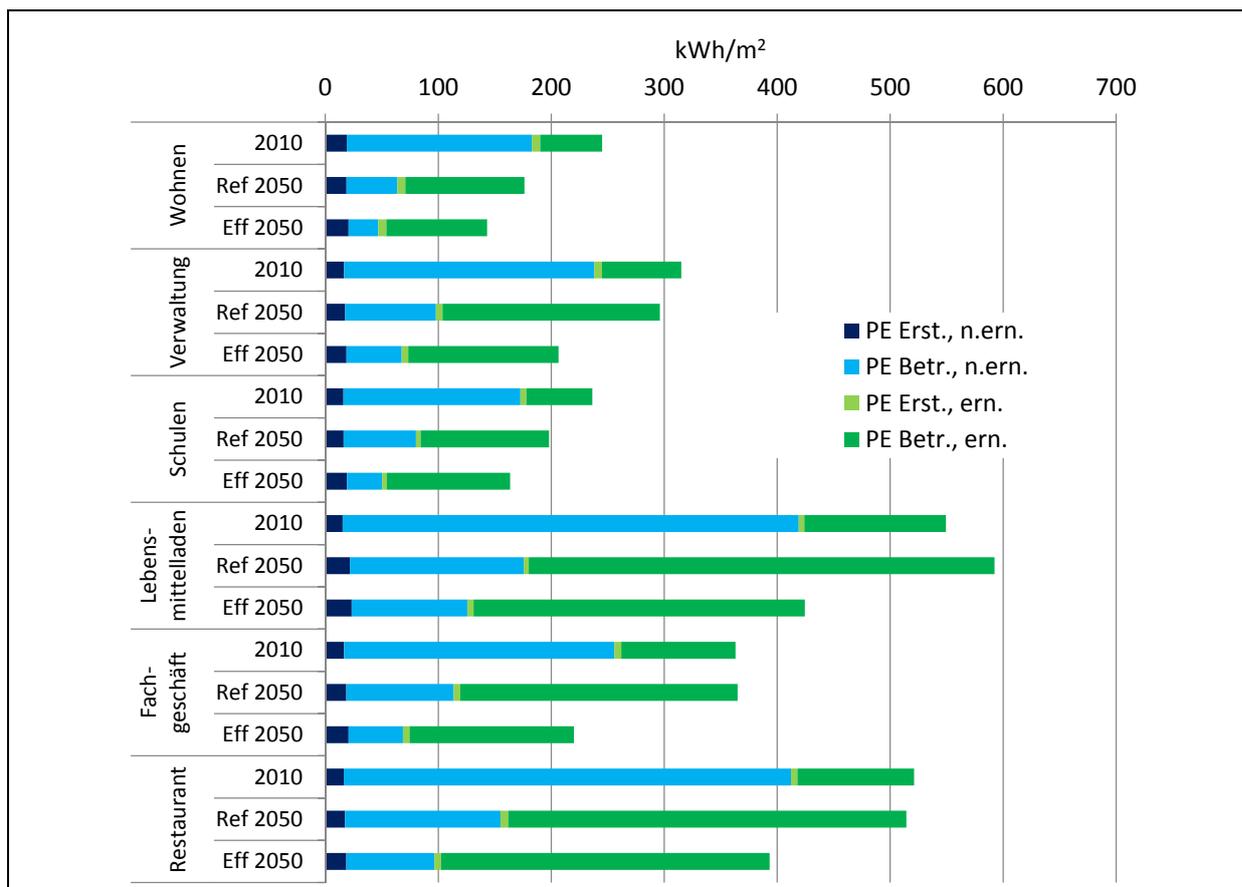


Quelle: TEP Energy

Abbildung 67 Flächenspezifische Primärenergie für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie 2010 und 2050 für die beiden Szenarien, Neubau, unterteilt nach Erstellung und Betrieb, erneuerbar und nicht-erneuerbar.

Im Jahr 2050 liegen die Werte für die Neubauten sogar beinahe gleich hoch wie der Durchschnitt des Bestands. Hier kompensieren sich eine höhere Effizienz bei der Betriebsenergie und höhere Werte für die $PE_{\text{Erst.}}$ sowie der Umstand, dass im Bestand ein Teil der $PE_{\text{Erst.}}$ bereits abgeschrieben ist, dies im Gegensatz zu den Neubauten, bei denen er vollumfänglich zu Buche schlägt.

Beim Umbau liegen die Werte im Ist-Zustand zwischen den Werten des Bestandes und der Neubauten (vgl. Abbildung 68 mit Abbildung 67). Die Betriebsenergie ist gegenüber dem Bestandesmittel geringer, jedoch höher als bei Neubauten. Im Effizienzscenario liegen sie leicht höher als die Neubauten (trotz geringerer Beiträge aus der Erstellung) und auch etwas höher als der Bestand (siehe Abbildung 66). Diese Befunde lassen sich wiederum durch vergleichbare Verbräuche bei den Stromwendungen begründen.

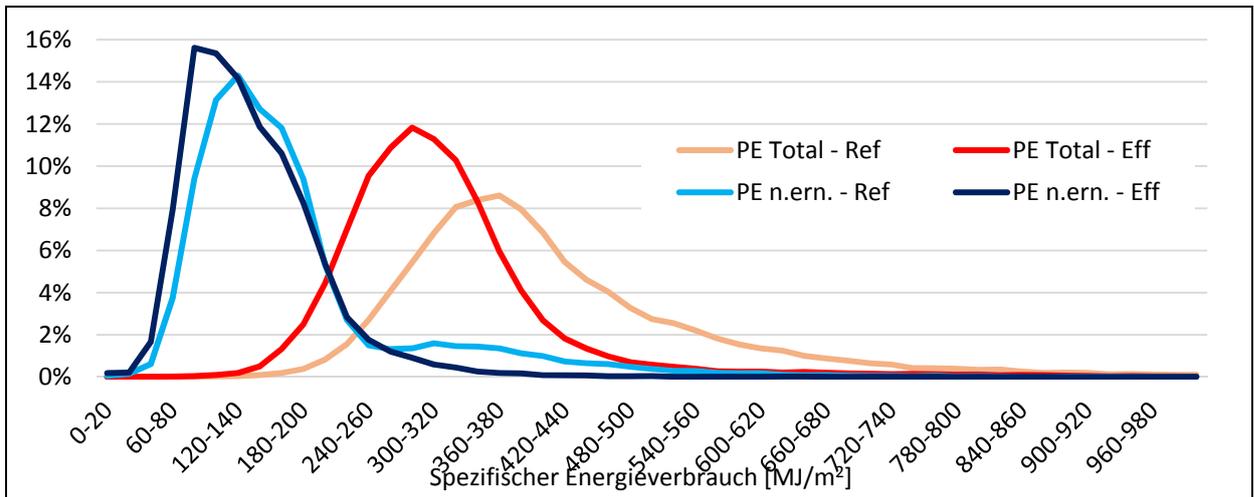


Quelle: TEP Energy

Abbildung 68 Flächenspezifische Primärenergie für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie 2010 und 2050 für die beiden Szenarien, Umbau, unterteilt nach Erstellung und Betrieb, erneuerbar und nicht-erneuerbar

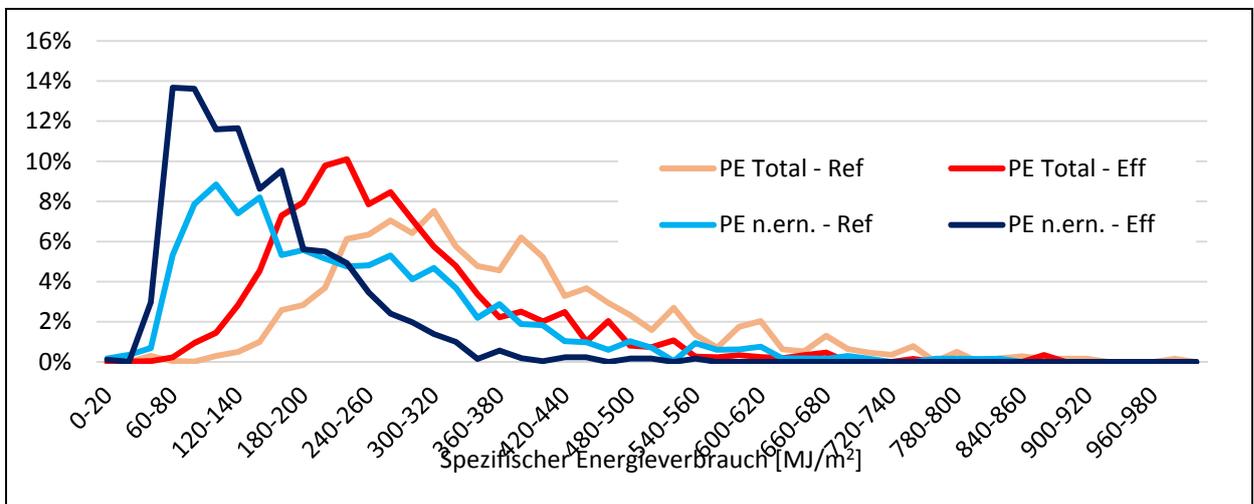
5.1.2 Ausgewählte Auswertungen bezüglich der Gebäuderepresentanten

Die Auswertung der Häufigkeitsverteilung der flächenspezifischen PE-Kennwerte zeigt, dass beim Effizienzscenario im Vergleich zum Referenzscenario v. a. die hohen Kennwerte in ihrer Häufigkeit deutlich abnehmen (die Verteilung wird weniger „langschwänzig“) und dass sich der Median bzw. der Wert mit der höchsten Häufigkeit nach links in Richtung tieferer flächenspezifischer PE-Kennwerte verschiebt (siehe Abbildung 69 für Wohngebäude, Abbildung 70 für Bürogebäude und Abbildung 71 für das Total aller Gebäude). Dies gilt besonders ausgeprägt für die PE_{Total} , in geringerem Mass auch für die $PE_{\text{n.ern.}}$.



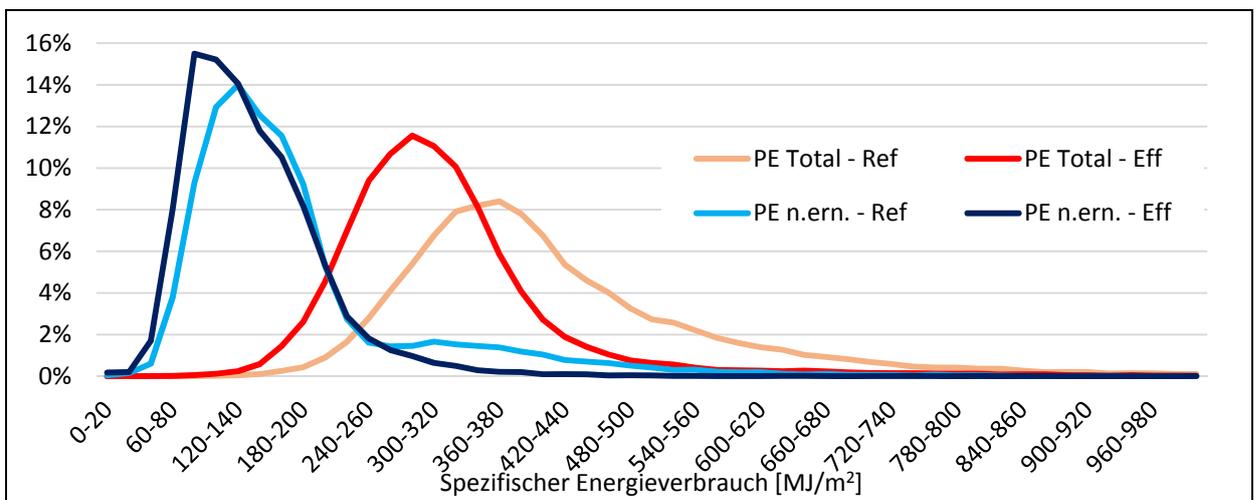
Quelle: TEP Energy

Abbildung 69 Verteilung von PE_{Total} und PE_{n.ern.} für die beiden Szenarien am Beispiel der beiden Gebäudetypen EFH und MFH, Bestand im Jahr 2050.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 70 Verteilung von PE_{Total} und PE_{n.ern.} für die beiden Szenarien am Beispiel der Bürogebäude, Bestand im Jahr 2050.



Quelle: TEP Energy

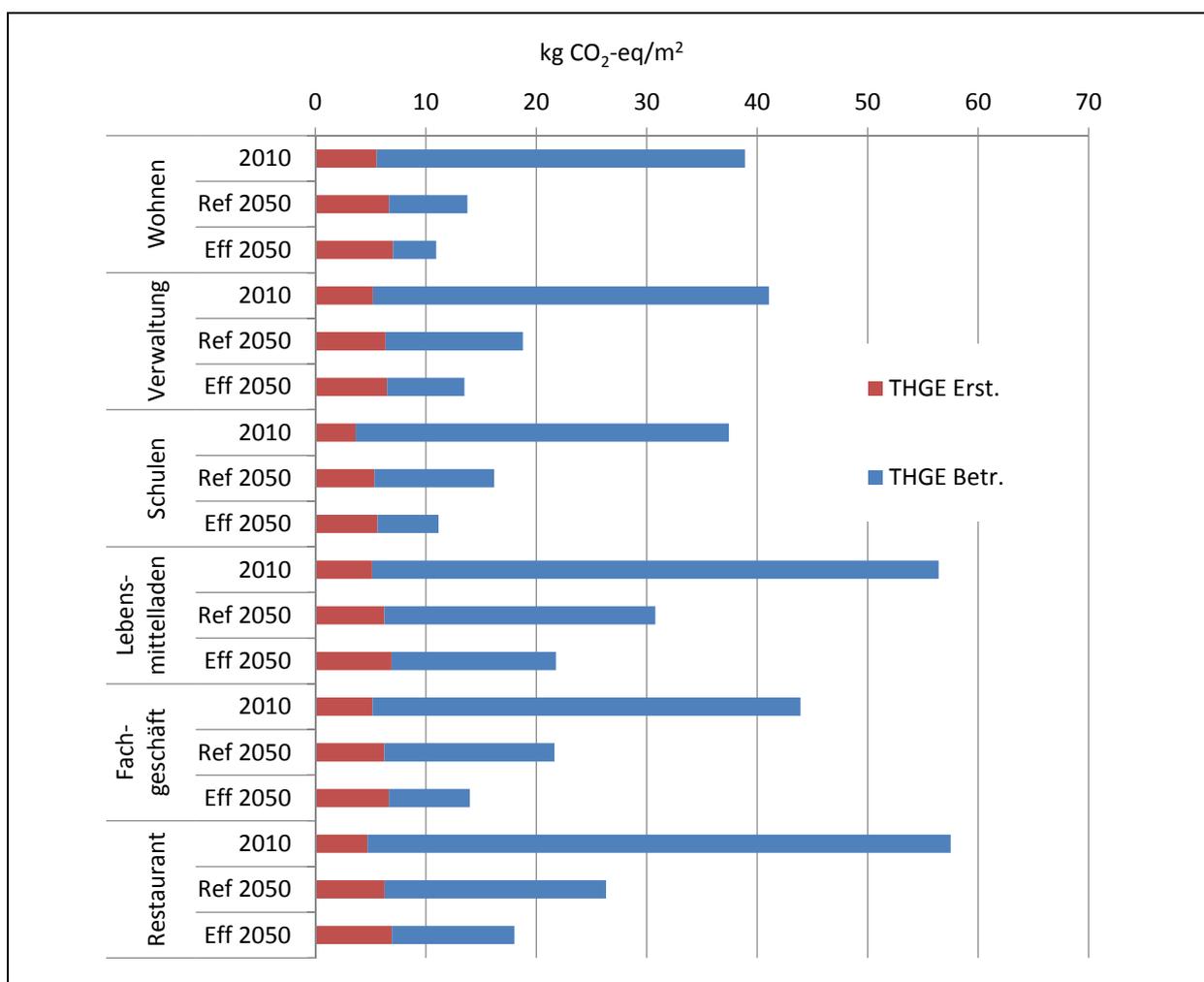
Abbildung 71 Verteilung von PE_{Total} und PE_{n.ern.} für die beiden Szenarien für das Total aller Gebäude, Bestand im Jahr 2050.

5.2 Resultierende Treibhausgasemissionen für die beiden Szenarien

In diesem Unterkapitel wird auf die flächenspezifischen Treibhausgasemissionen für die verschiedenen Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie (Kap. 5.2.1) und auf ausgewählte Auswertungen bezüglich der Struktur der $THGE_{Erst.}$ (Kap. 5.1.2) fokussiert. Die Werte zu den hier grafisch dargestellten Resultaten sind im Anhang 8.8.1 in Tabelle 56 und Tabelle 57 zu finden. Die flächenspezifischen Treibhausgasemissionen für alle Sub-Sub-Sektoren sind im Anhang in Form von grafischen (Kap. 8.7) und Werte (Kap. 8.8.2) Darstellungen dokumentiert.

5.2.1 Flächenspezifische Treibhausgasemissionen für die verschiedenen Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie im Überblick

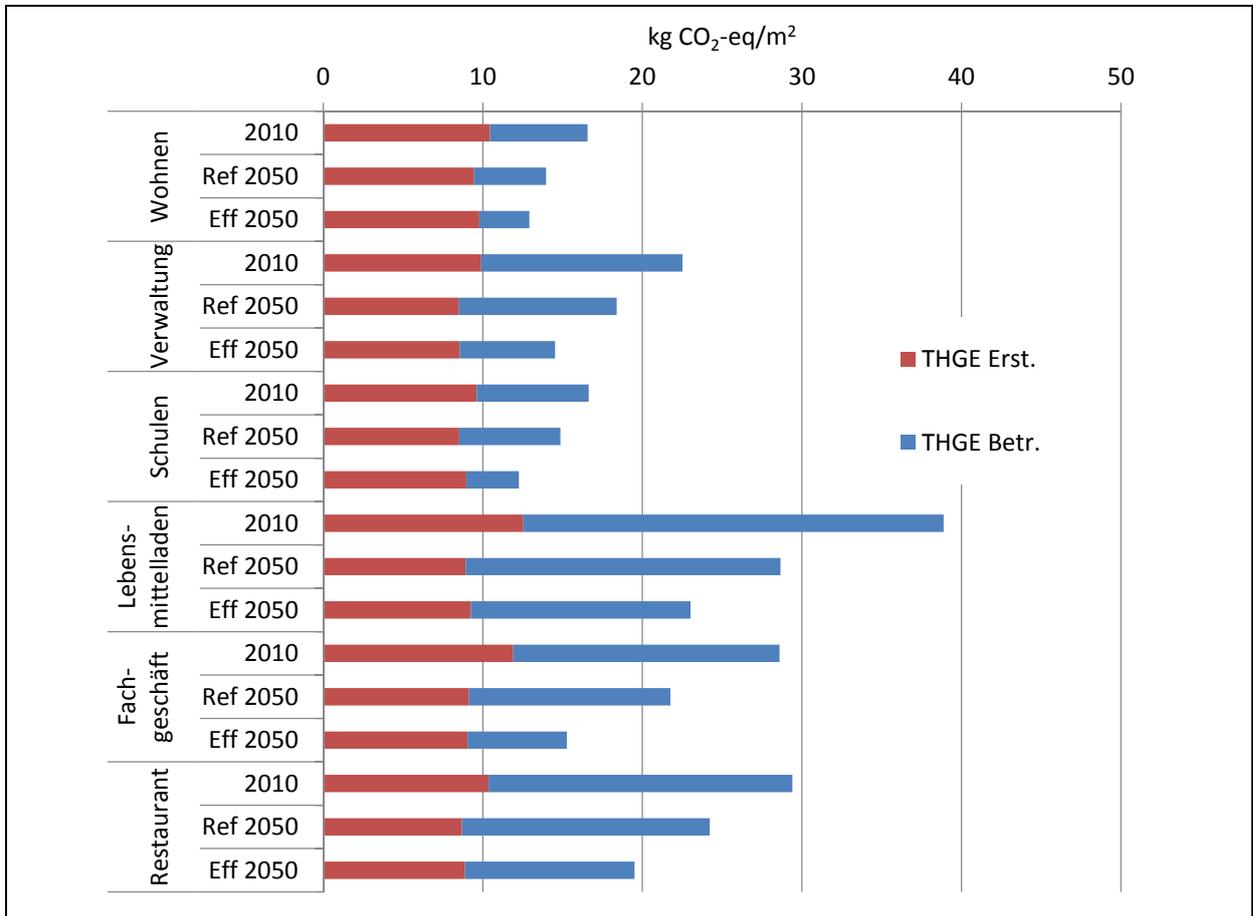
Im Gebäudebestand 2010 werden die flächenspezifischen Treibhausgasemissionen (THGE) durch den Betrieb der Gebäude dominiert. Dies betrifft alle Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie, besonders aber den Detailhandels- und Restaurationsbereich (siehe Abbildung 72). In Bezug auf die spezifischen Werte der $THGE_{Erst.}$ sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen Gebäudekategorien gering, v. a. im Vergleich zu den THGE aus dem Betrieb der Gebäude. Letztere nehmen im Bestandesdurchschnitt deutlich ab, dies bereits im Referenzszenario, noch deutlicher im Effizienz-szenario. Beim letzteren betragen die Werte inkl. $THGE_{Erst.}$ bei den Wohn-, Büro- und Schulgebäuden bei gut 10 kg $CO_2\text{-eq}/m^2$ pro Jahr, bei den Fachgeschäften bei knapp 15 kg $CO_2\text{-eq}/m^2$ und im Fall der Restaurants und des Lebensmitteldetailhandels bei rund 20 kg $CO_2\text{-eq}/m^2$.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 72 Flächenspezifische $THGE_{Erst.}$ und $THGE_{Betr.}$ für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie 2010 und 2050 für die beiden Szenarien, Gesamtbestand.

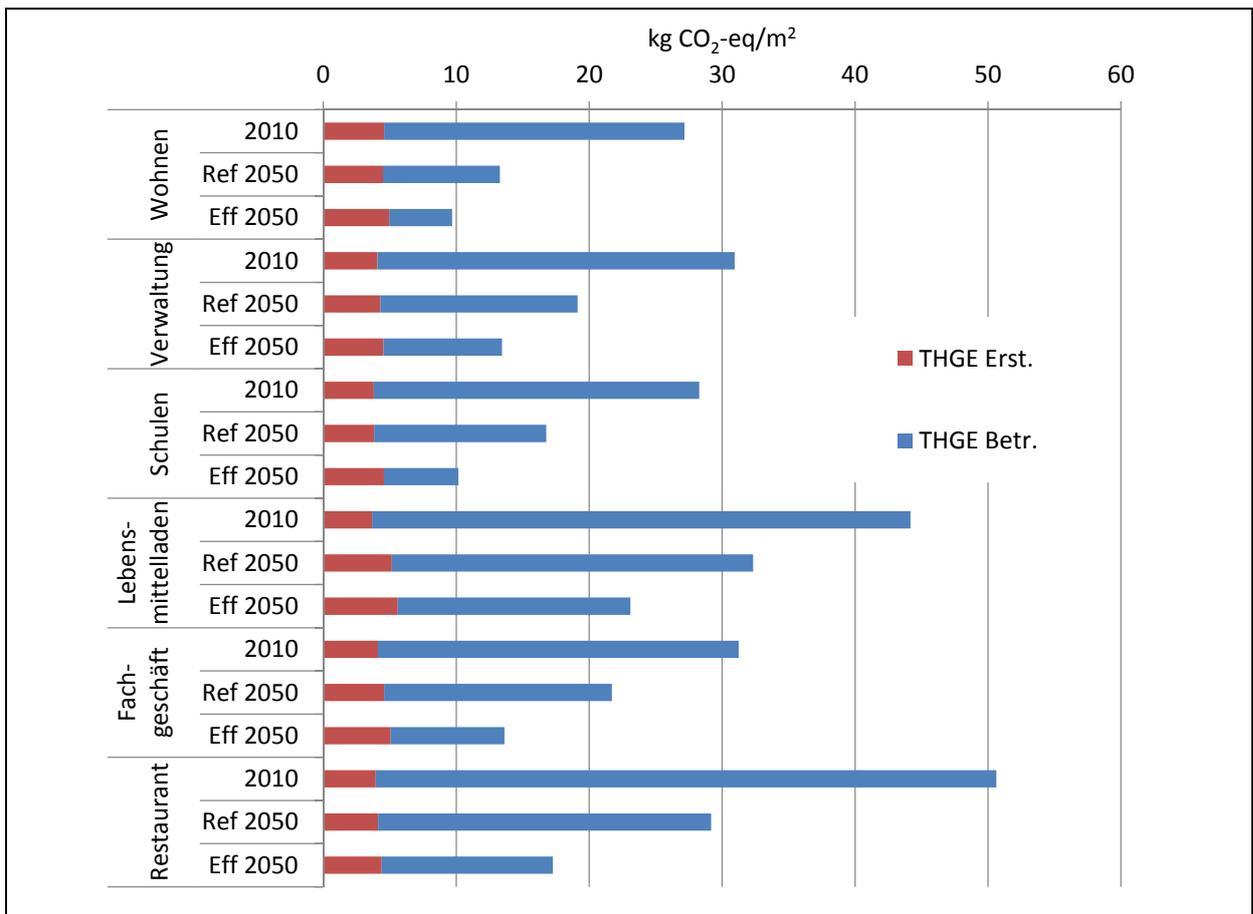
Bei den Neubauten (Abbildung 73) fällt auf, dass die $THGE_{Erst.}$ im Vergleich zum Bestand deutlich höher liegen, nämlich bei etwa $10 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$ (statt gut $5 \text{ kg CO}_2\text{-eq/m}^2$ wie in Abbildung 72). Umgekehrt liegen die betrieblichen THGE deutlich tiefer. In der Summe liegen die THGE der Neubauten im Jahr 2050 eher etwas höher als der Bestandesdurchschnitt. Zum einen lässt sich dies durch die Amortisationseffekte begründen (siehe entsprechende Ausführungen im Kapitel zur Primärenergie), zum anderen weist es auf den Umstand der grossen Bedeutung hin, welche die $THGE_{Erst.}$ gewinnen, v. a. wenn sich, wie hier angenommen, die Graue Energie der Materialien nicht verbessert.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 73 Flächenspezifische $THGE_{Erst.}$ und $THGE_{Betr.}$ für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie 2010 und 2050 für die beiden Szenarien, Neubau.

Im Vergleich zum Gesamtbestand liegen die gesamten THGE der Umbauten im Ausgangsjahr je nach Gebäudekategorie um ein Viertel bis ein Drittel tiefer (vgl. Abbildung 74 mit Abbildung 72). Dies ist v. a. auf die tieferen Beiträge aus der Erstellung zurück zu führen; die $THGE_{Erst.}$ liegen in einer ähnlichen Grössenordnung. Im Jahr 2050 liegen die gesamten THGE von Umbau und Gesamtbestand auf einem vergleichbaren Niveau; im Gesamtbestand sind die $THGE_{Erst.}$ etwas höher, dies aufgrund der Beiträge der zwischen 2010 und 2050 erstellten Neubauten.



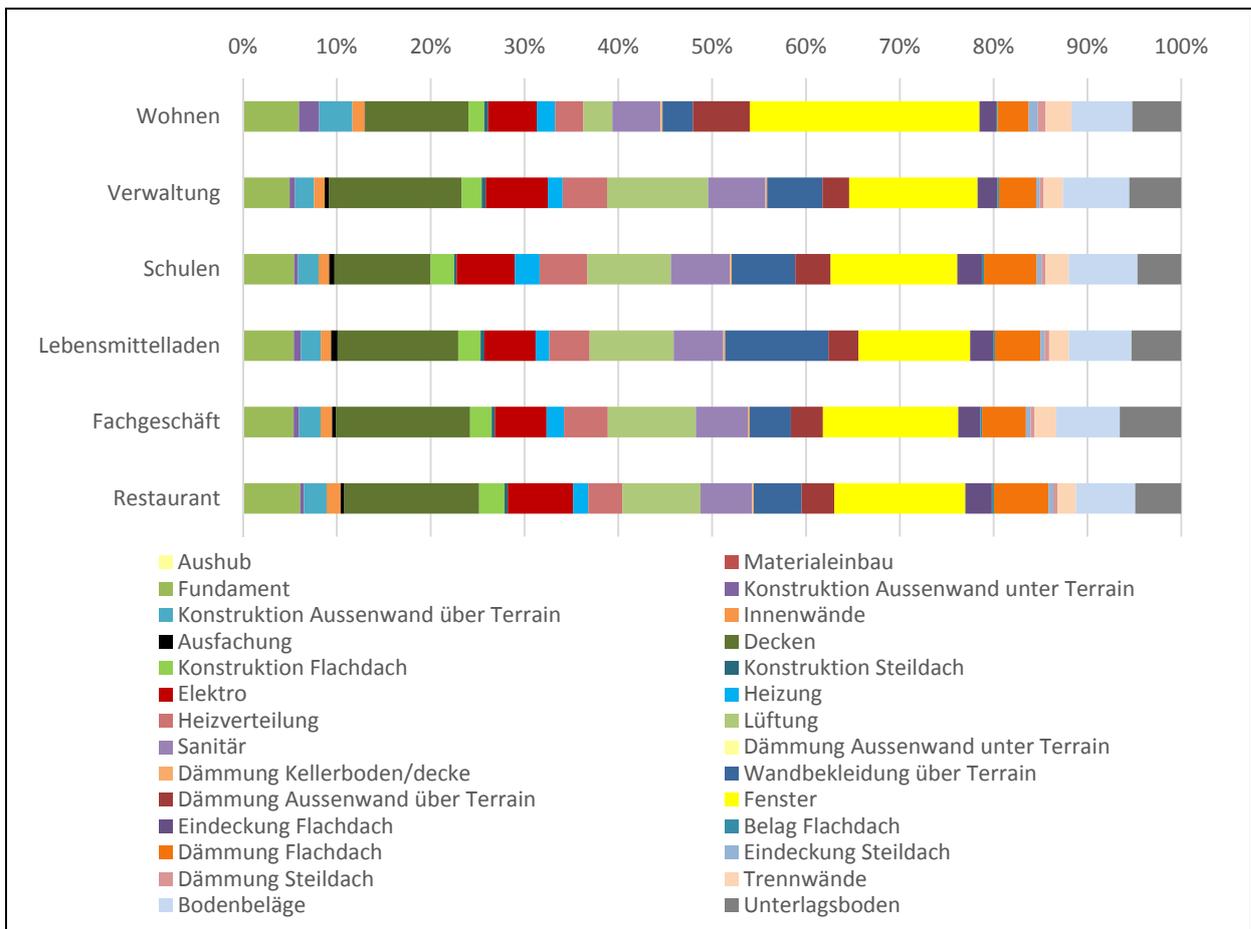
Quelle: TEP Energy

Abbildung 74 Flächenspezifische $THGE_{Erst.}$ und $THGE_{Betr.}$ für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie 2010 und 2050 für die beiden Szenarien, Umbau.

5.2.2 Struktur der Treibhausgasemissionen_{Erst.} im Effizienzzenario im Jahr 2050

Die Struktur der $THGE_{Erst.}$ im Bestand im Jahr 2050 des Effizienzzenarios verändert sich nur geringfügig im Vergleich mit dem Bestand 2010 (vgl. Abbildung 75 mit Abbildung 47). Besonders augenscheinig ist die Zunahme der Anteile der verschiedenen Dämmmaterialien auf grund der höheren Dämmdicken. Dazu kommt auch einen deutlichen anstieg des Anteils der Lüftung, was durch die verstärkte Diffusion von Lüftungsanlagen im Gebäudebestand hervorgerufen wird. Dies ist besonders augenfällig bei den Wohngebäuden. Entsprechend der Zunahme der Anteile dieser Bauteile nehmen die Anteil anderer Bauteile ab.

Für weitere Informationen in Bezug auf die Unterteilung in Sub-Sub-Sektoren für Bestand in 2050, Effizienzzenario wird auf die Abbildung 102 in Anhang 8.7.3 verwiesen.

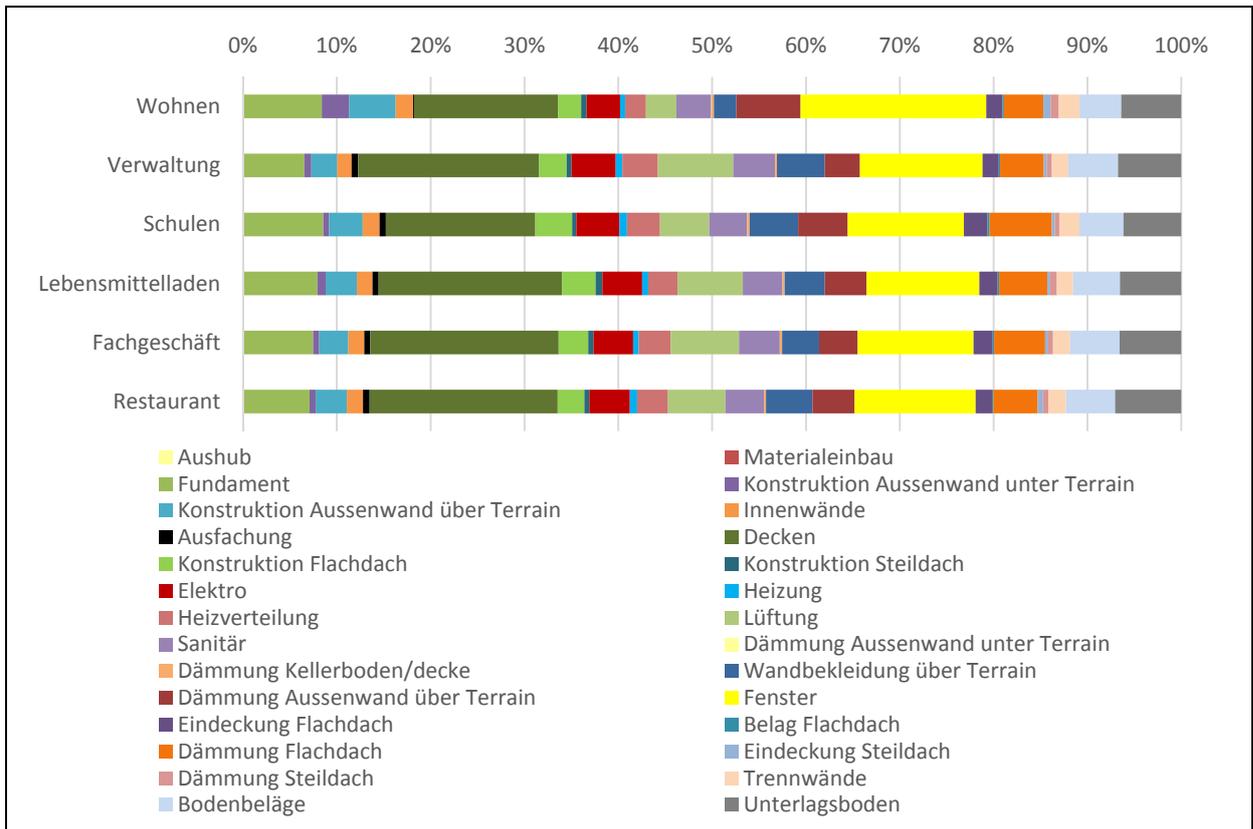


Quelle: TEP Energy

Abbildung 75 Struktur der $THGE_{Erst}$ in $kg\ CO_2\text{-eq}/m^2$ für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für Bestand in 2050, Effizienzscenario.

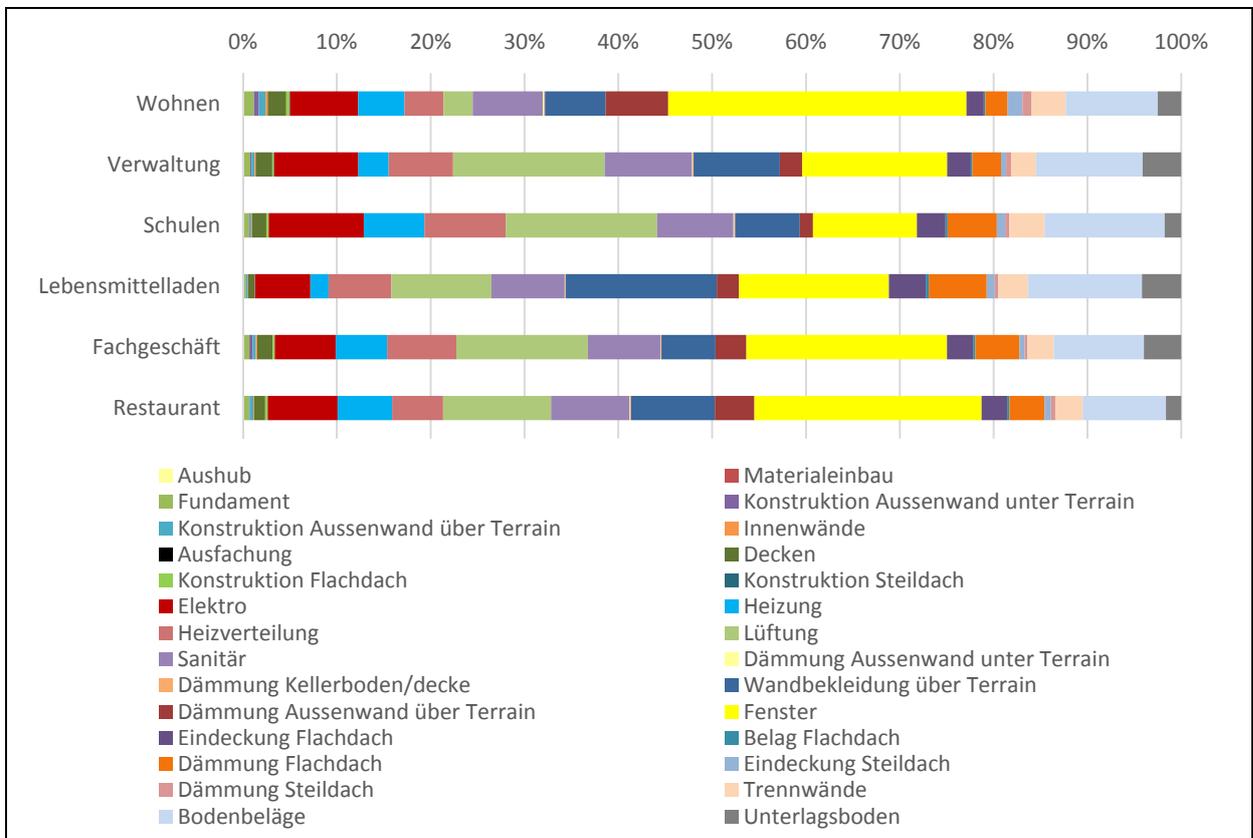
Die Struktur der $THGE_{Erst}$ im Neubau gemäss Abbildung 76 weist gewisse Veränderungen im Vergleich zum Bestand aus. Augenfällig ist der deutlich höhere Anteil der Bauteile des Rohbaus besonders der Decken, da diese im Gegensatz zum Bestand nicht schon teilweise abgeschrieben sind. Auch sind höhere Anteile der Dämmmaterialien ersichtlichauf grund der höheren Dämmstärken im Neubau.

Die Struktur der $THGE_{Erst}$ im Umbau gemäss Abbildung 77 weist deutlich grössere Unterschiede zu Abbildung 75 auf. Der Haupt unterschied ist, dass der Rohbau (Decken, Konstruktionsbauteile, etc.) kaum noch einen Anteil haben, da diese in einem Grossteil der Gebäude schon abgeschrieben sind (Das Gebäudealter also grösser als die 60 Jahre Abschreibungsdauer ist). Entsprechend vergrössern sich die Anteile der anderen Bauteile. Augenfällig ist auch der Anteil der Fenster, der im Wohnungsbau einen deutlich höheren Anteil haben als in Nicht-Wohnungsbauten. Dies ist besonders auf die deutlich höhere Ersatzrate im Wohnungsbau zurückzuführen (vgl. Tabelle 16).



Quelle: TEP Energy

Abbildung 76 Struktur der THGE_{Erst} in kg CO₂-eq/m² für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für Neubau in 2050, Effizienzzenario.



Quelle: TEP Energy

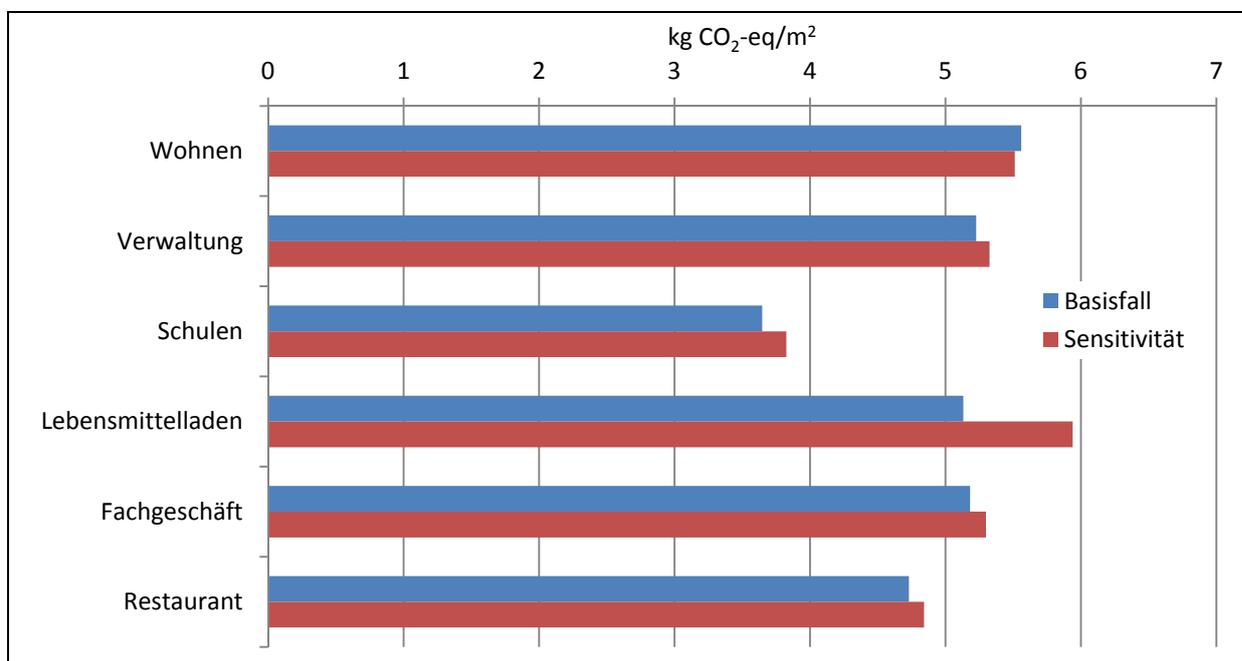
Abbildung 77 Struktur der THGE_{Erst} in kg CO₂-eq/m² für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für Umbau in 2050, Effizienzzenario.

5.3 Sensitivität Bilanzierungsparameter (Amortisationszeit, Betrachtungshorizont)

Über den gesamten Gebäudebestand betrachtet bestehen im Jahr 2050 nur relativ geringe Unterschiede zwischen der Abschreibungsmethodik des Basisfalls gemäss SIA MB 2032 (alle Bauteile inkl. Rohbau und Anlagen werden mit standardisierten Amortisationszeiten über max. 60 Jahre abgeschrieben) und des MB prSIA 2040:2016 (vor 1970 getätigte Investitionen und Erneuerungen werden nicht bilanziert) und der Abschreibungsmethodik, welche sich an der tatsächlichen Verweildauer der Gebäudeelemente gemäss Tabelle 48 im Anhang orientiert (in Abbildung 78 bis Abbildung 81 als Sensitivität bezeichnet; die Werte dazu sind im Anhang 8.8.1 in Tabelle 56 zu finden):

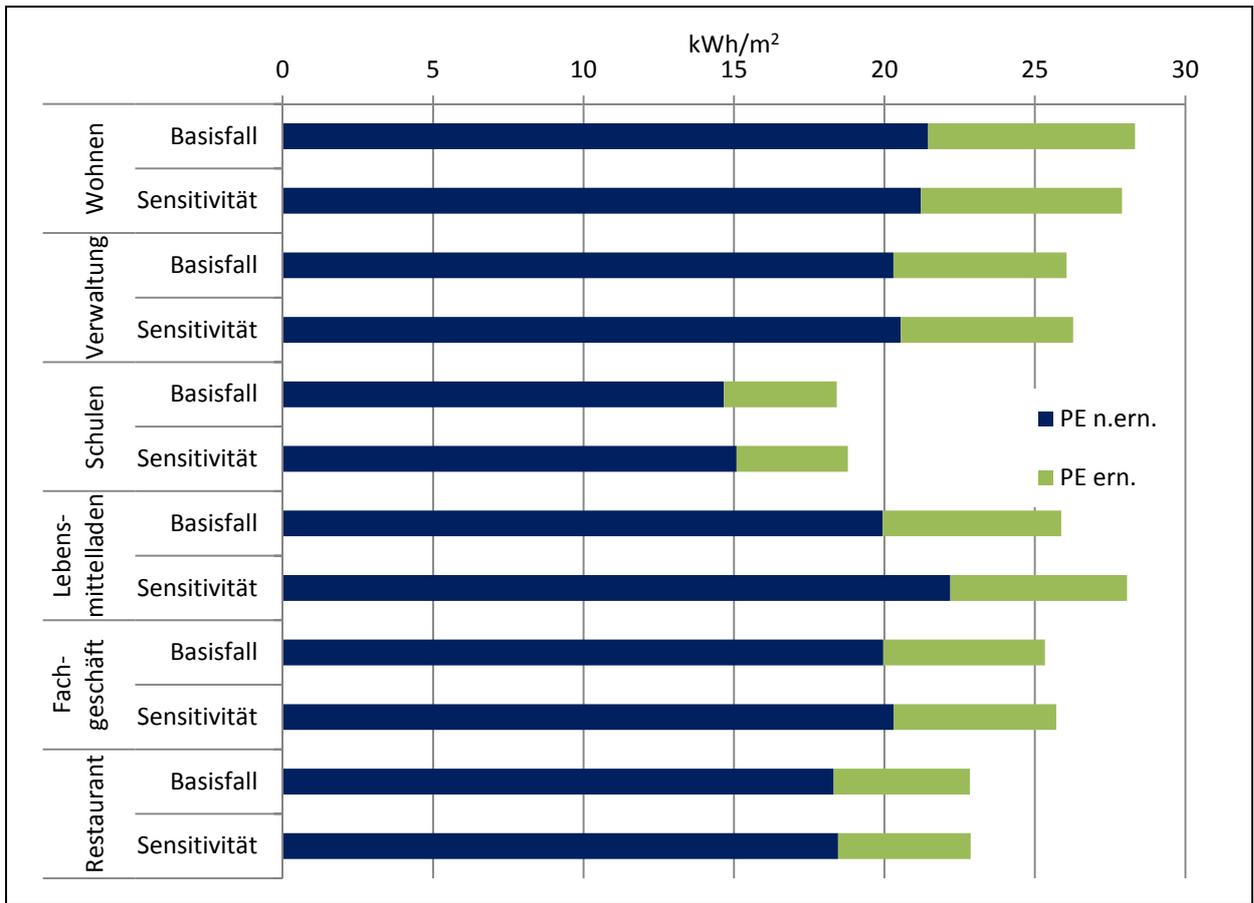
- Bei den Wohngebäuden liegen die flächenspezifischen THGE im Sensitivitätsfall etwas tiefer als im Basisfall. Die längere Amortisationszeit, welche die THGE_{Erst.} über die Jahre „verteilt“, überwiegt den Effekt des weitergehenden Bilanzierungsperimeters (die Beiträge aller Gebäude aller Bauperioden und nicht nur die nach 1970 entstandenen Beiträge).
- Bei den übrigen Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie ist es umgekehrt, vor allem bei den Gebäudekategorien mit einem hohen Anteil Gebäudetechnik und einem vergleichsweise geringen Anteil Rohbau (gering z.B. im Vergleich zu Wohngebäuden). Ebenso zum Ergebnis tragen die Annahmen zur Amortisationszeit bei: diese ist bei den Nicht-Wohngebäuden nicht wesentlich länger als die Werte des MS SIA 2032, v.a. bei den Lebensmittelläden, wo sie z.T. gleich lang oder gar kürzer ist, z.B. bei den Lüftungsanlagen, den Bodenbelägen und den äusseren Wandbekleidungen (siehe Tabelle 48 im Anhang).

Am deutlichsten zeigen sich die unterschiedlichen Amortisationszeiten erwartungsgemäss für den Fall der Neubauten, siehe Abbildung 103 und Tabelle 57 im Anhang 8.8.1. Die flächenspezifischen THGE_{Erst.} liegen bei den Gebäudekategorien Wohnen und Schulen rund 20 % tiefer, bei den übrigen Kategorien rund 12 % bis 16 %.



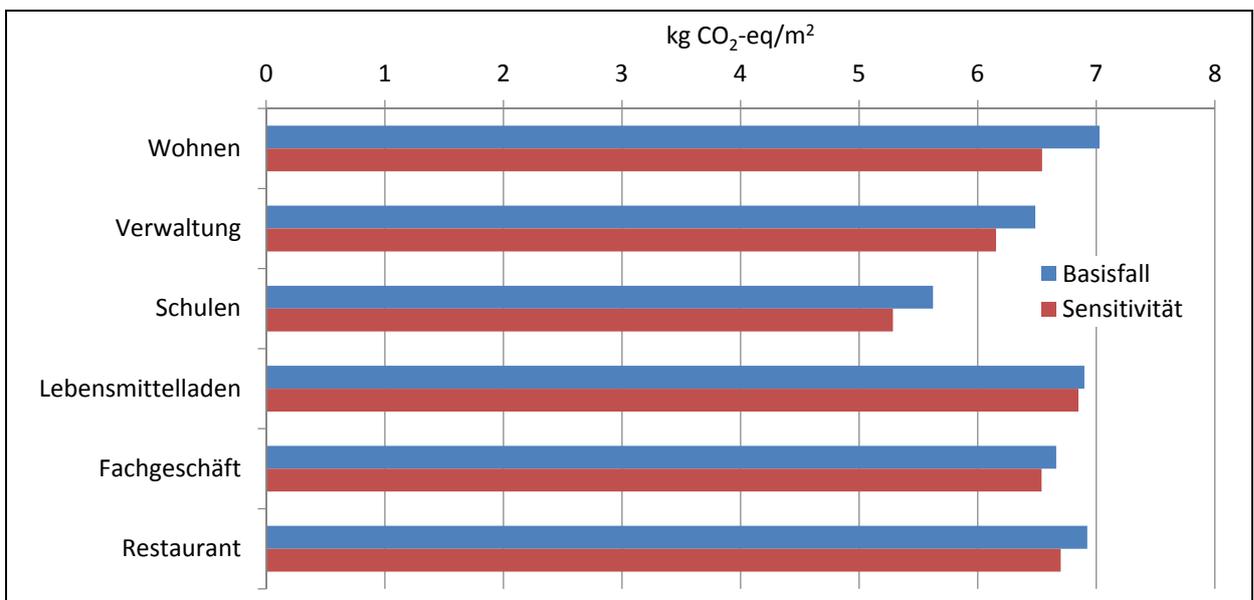
Quelle: TEP Energy

Abbildung 78 Flächenspezifische THGE_{Erst.} für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für den Bestand im Jahr 2010 für den Basisfall (Abschreibung gemäss SIA 2032) und für den Sensitivitätsfall (Abschreibung gemäss Tabelle 48).



Quelle: TEP Energy

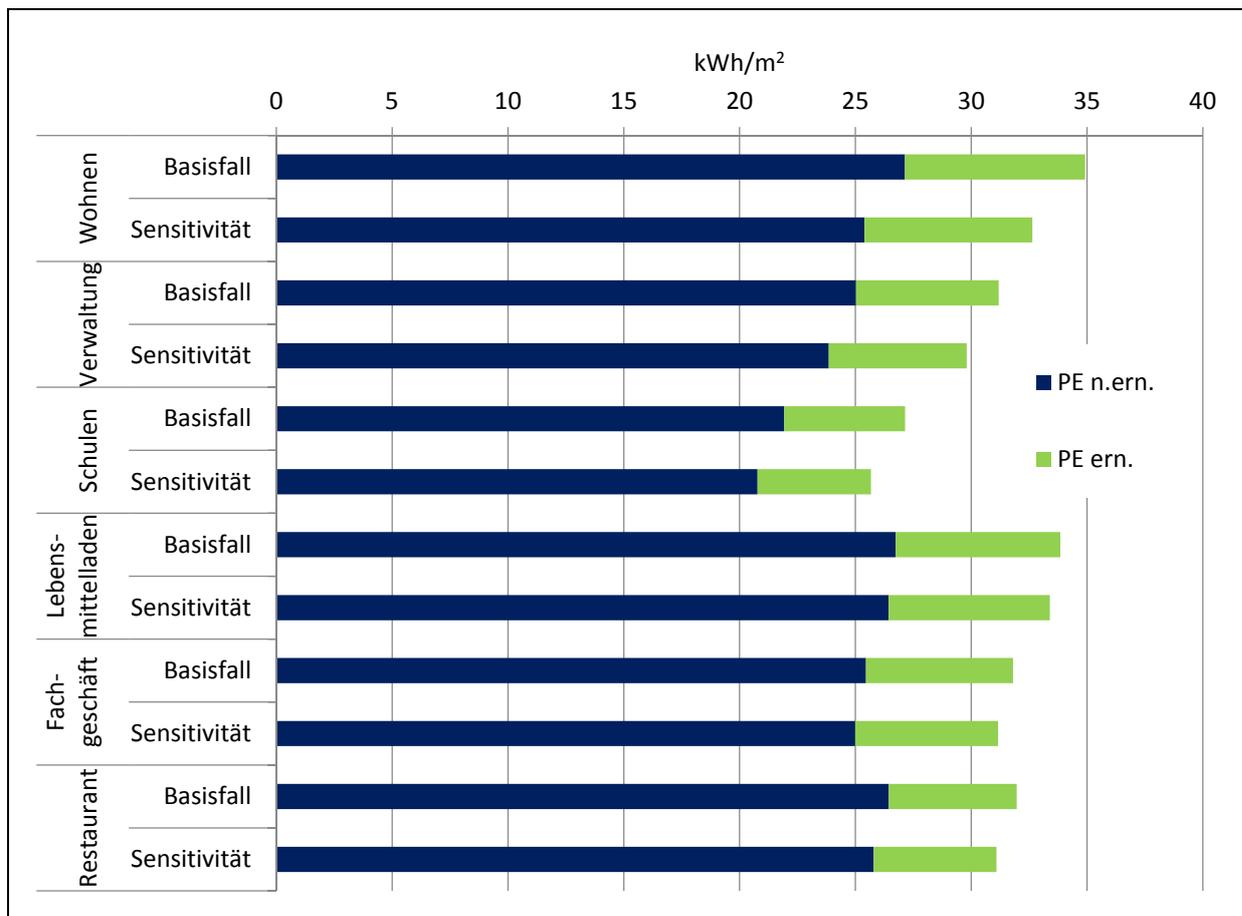
Abbildung 79 Flächenspezifische Primärenergie_{Erst.} für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für den Bestand im Jahr 2010 für den Basisfall (Abschreibung gemäss SIA 2032) und für den Sensitivitätsfall (Abschreibung gemäss Tabelle 48).



Quelle: TEP Energy

Abbildung 80 Flächenspezifische THGE_{Erst.} für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für den Bestand im Jahr 2050 für den Basisfall (Abschreibung gemäss SIA 2032) und für den Sensitivitätsfall (Abschreibung gemäss Tabelle 48 im Anhang in Anlehnung an Jakob et al. 2013b).

Bei der PE_{Erst} sind die Unterschiede zwischen Basisfall und Sensitivität ähnlich wie bei den $THGE_{\text{Erst}}$. (siehe unten stehende Abbildung 81 und Abbildung 104 im Anhang). Für weitere Informationen in Bezug auf die Unterteilung in Sub-Sub-Sektoren wird auf die Tabellen im Anhang 8.8.2 verwiesen.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 81 Flächenspezifische Primärenergie $_{\text{Erst}}$ für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für den Bestand im Jahr 2050 für den Basisfall (Abschreibung gemäss SIA) und für den Sensitivitätsfall (Abschreibung gemäss Tabelle 48 im Anhang und in Anlehnung an Jakob et al. 2013b).

5.4 Querbezug zum SIA-Effizienzpfad Energie: Ist-Werte und Szenariobetrachtung

Die im vorliegenden Projekt erarbeiteten Grundlagen dienen zum einen der Herleitung der Ist-Werte 2010 des Merkblatts SIA 2040. Die entsprechenden Ergebnisse sind in den Kap. 3.1 (Mengengerüst, d.h. Flächen und Personen) und in Kap 3.4 (flächenspezifische Kennwerte Primärenergie und Treibhausgasemissionen des Ist-Zustands) dokumentiert. Neben dem Ausgangsjahr 2010 ist ein Querbezug zum SIA-Effizienzpfad Energie ebenfalls für das Jahr 2050, dem Etappenziel der 2000-Watt-Gesellschaft und dem Betrachtungshorizont des SIA-Effizienzpfades von Interesse. Hierbei sind zum einen die unterschiedlichen Zielsetzungen und zum anderen die (sich teilweise daraus ergebenden) methodischen und inhaltlichen Unterschiede zwischen dem SIA-Effizienzpfad und der hier vorliegenden Gebäudeparkbetrachtung zu berücksichtigen:

- Zielsetzung des SIA-Effizienzpfades ist es, Richt- und Zielwerte zu Verfügung zu stellen, welche mit dem heute verfügbaren Stand der Technik erreicht werden können. Entsprechend blenden die im Vorwort von SIA 2040 genannten Annahmen gewisse Entwicklungen im Verlauf der Jahre bis 2050 aus. Diese Annahmen z. B. bzgl. konstantem Strommix, konstantem spezifischen Flächenbedarf, kompletter Erneuerung und Neubaupweise nach SIA 2040, die-

nen der Vereinfachung des Ansatzes und lassen ein Bauen nach den Zielwerten mit den heute verfügbaren Mitteln zu.

- Zielsetzung in diesem Projekt „Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA Effizienzpfad“ ist u. a., in unterschiedlichen Szenarien die Entwicklung in den Bereichen Betrieb und Erstellung für den gesamten Gebäudeparks in der Schweiz bis ins Jahr 2050 zu untersuchen und mit diversen Annahmen bezüglich Bevölkerungsentwicklung, Flächenentwicklung, Bauweisen, technischen Entwicklungen, Verteilung von Energieträgern und bei unterschiedlichen Erneuerungsraten und Eingriffstiefen zu modellieren, um so die Bedeutung der verschiedenen Bereiche aufzuzeigen und Stellschrauben und Massnahmepotenziale ableiten zu können.

Beim Querbezug sind zudem die einleitend in Kap. 1.1.1 dargelegten methodischen und inhaltlichen Unterschiede zwischen dem SIA-Effizienzpfad und der hier vorliegenden Gebäudeparkbetrachtung mit dem GPM in Erinnerung zu rufen. Dies betrifft dies die folgenden Bereiche:

- Betrachtungsperimeter (Gebäudekategorien)
- Bevölkerungs-und Beschäftigtenwachstum
- Flächenbedarf pro Person
- Zielerreichungsgrad bei Gebäudeerneuerung und Neubau
- Technischer Fortschritt
- Entwicklung Strommix
- Amortisation PE und THG Erstellung

Auf diese Aspekte wird im Folgenden eingegangen:

Betrachtungsperimeter (Gebäudekategorien)

Im Vergleich zum gesamten Gebäudepark der Schweiz decken die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades je nach Betrachtungsgrösse zwischen 70 % bis 75 % ab (siehe Tabelle 33), also einen markanten Anteil. Am bedeutendsten ist der Bereich Wohnen, dessen Anteil der Energiebezugsfläche 2010 83 % (bezogen auf die Kategorien von SIA 2040) bzw. 66 % (bezogen auf den gesamten Gebäudepark) beträgt. Die zusätzlich im Vergleich zum prSIA 2040:2015 berücksichtigten Gebäudekategorien Lebensmittelverkauf, Fachgeschäfte und Restaurants entsprechen 3 % der Energiebezugsfläche des Gebäudeparks Schweiz.

Bevölkerungs-und Beschäftigtenwachstum

Für die Einwohner der Schweiz wird davon ausgegangen, dass die Anzahl von 2010 bis 2050 von 7'871'787 auf 9'558'000 (+21 %) steigt, siehe Abbildung 49. Die Beschäftigung steigt nur leicht auf 3'984'000 (+1.2 %) Vollzeitäquivalente, siehe Tabelle 25.

Flächenbedarf pro Person

Die Energiebezugsfläche des Gebäudeparks Schweiz soll gleichzeitig von 737 auf 995 Mio. m² (+35%) steigen. Dies entspricht einer Zunahme von 93.6 auf 111 m²/Einwohner (+18.3%) in den Szenariorechnungen. Die Personenfläche beim Wohnen steigt von 61.8 auf 75.9 m²/Person (+23%). Zudem nimmt die Fläche von Büronutzungen zu, dies u. a. aufgrund des Anstiegs der Beschäftigten in diesem Bereich (+11 % Beschäftigte in klassischen Bürobranchen, mehr Bürofläche in den übrigen Branchen). Umgerechnet ergibt sich ein Anstieg von rund 44 m² auf knapp 70 m² pro Einwohner (+58%). Bei den übrigen Gebäudekategorien beträgt die Zunahme der Fläche pro Einwohner zwischen +14 % bei Schulen und +70 % bei Lebensmittelläden und Fachgeschäft. Letztere Zunahme ist u. a. in der zunehmenden Personaleffizienz im Detailhandel begründet, basierend auf einer Strukturbe-

reinigung und weniger Personal pro Fläche aufgrund zunehmender Automatisierung (z. B. bei den Kassen) und Skaleneffekten. Diese Zunahme bei den Personenflächen im vorliegenden Projekt steht im Gegensatz zu Annahmen des SIA 2040, wo von konstanten Personenflächen ausgegangen wird.

Es ist darauf hinzuweisen, dass diese starke Ausdehnung der Flächen pro Einwohner die Erreichung der personenspezifischen Zielwerte erschwert, dies weil Neubauten zusätzliche Primärenergie verbrauchen und Treibhausgasemissionen verursachen, nicht zuletzt auch aus dem Bereich Erstellung. Flächenspezifisch schneiden die Neubauten im Jahr 2050 insgesamt (Betrieb plus Erstellung) sogar etwas schlechter ab als der Gesamtgebäudebestand (Neubau, Umbau, Rest) im Jahr 2050.

Zielerreichungsgrad bei Gebäudeerneuerung und Neubau

Der SIA-Effizienzpfad geht davon aus, dass bis 2050 alle bestehenden Bauten energetisch saniert werden und zwar entsprechend den vom Effizienzpfad festgelegten Zielwerten für Umbauten. Bei der Gebäudeparkbetrachtung mit dem Gebäudeparkmodell (GPM) stellt der Anteil der erneuerten Gebäude nicht eine Annahme dar, sondern ein Modellergebnis, welches von den unterstellten Rahmenbedingungen und den Massnahmenkosten abhängt. Gemäss den Modellrechnungen ist der Anteil der erneuerten Bauteile (high und low) bei den Wohnbauten im Jahr 2050 am höchsten bei den Fenstern (Effizienzscenario 93%), gefolgt von Dach (69%) und Keller (52%), während die Fassade am wenigsten häufig (48%) erneuert wird. Bei den Nicht-Wohnbauten liegen die Anteile generell etwas tiefer. Vor allem der Bereich Fassade und Kellerdecke stellt also eine grosse Herausforderung dar.

Der Anteil der Gebäudeflächen, welche einem umfassenden Umbau unterzogen wurden, sind nach folgender Definition für Umbau ausgewertet worden: drei der vier Gebäudehüllenelemente sind energetisch erneuert und die Heizanlage ist weniger als 15 Jahre alt. Im Jahr 2050 entsprechen auch im Effizienzscenario weniger als ein Viertel (22%) der Gebäudeflächen einem solchen umfassenden Umbau und immer noch mehr als ein Drittel der Gebäude sind nicht umfassend erneuert, siehe Tabelle 34. Werden jedoch auch teil-erneuerte Gebäude einbezogen, erhöht sich der Anteil der energetisch erneuerten Gebäudehülle (siehe Kap. 4.3.1, Seite 94). Diese Ergebnisse unterscheiden sich deutlich von der Annahme des Merkblatts prSIA 2040, dass alle Gebäude die Werte für Umbauten erreichen und damit umfassend saniert werden.

Tabelle 34 EBF in 2010 und 2050 (beide Szenarien) unterteilt nach Neubau, Umbau und Rest, dies für den Gebäudepark als Ganzes und für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie.

	Ist 2010		2050 Ref		2050 Eff	
	Gebäudepark	SIA 2040	Gebäudepark	SIA 2040	Gebäudepark	SIA 2040
	Mio. m ²					
Neubau (ab 2010)	8.1	6.6	391.8	296.0	397.6	300.1
Umbau (ab 1981)	35.5	27.5	176.7	129.5	213.0	163.3
Rest	693.3	516.4	426.8	316.4	384.7	278.5
Gesamtbestand	736.9	550.5	995.3	741.9	995.3	741.9

Quelle TEP Energy

Bei den Neubauten geht der SIA-Effizienzpfad von der heuigen Neubauweise aus sowie von der Annahme, dass alle Gebäude die Richt- und Zielwerte erreichen. Bei der Gebäudeparkbetrachtung mit dem GPM wird jedoch zum einen von gegenüber dem Ausgangsjahr weitergehend verbesserten U-Werten ausgegangen (siehe Abbildung 53). Zum anderen erreichen im Modell nicht alle Einfamilienhausneubauten die Richt- und Zielwerte (v.a. wegen der grossen spezifischen Gebäudehüllfläche, welche zu relativ hohen THGE_{Erst.} führt), was die Zielerreichung im Vergleich zum SIA-Effizienzpfad Energie erschwert.

In der Summe reduziert sich der Heizwärmebedarf des Gebäudeparks 2050 beim Effizienzscenario gegenüber 2010 auf ca. 25 % bis 30 % (wie aus Tabelle 54 auf S. 172 im Anhang abgeleitet werden kann). Bei Neubauten sind die Werte im Effizienzscenario im Jahr 2050 rund gut die Hälfte bis knapp 60 % tiefer als im Jahr 2010 (sie liegen bei 43 % bzw. bei 48 % des Wertes von 2010). Bei den Umbauten liegen die Werte im Jahr 2050 im Effizienzscenario um rund zwei Drittel tiefer als 2010. Hierbei ist anzumerken, dass sich der Wert im Jahr 2050 aus anderen Gebäuden zusammensetzt als im Jahr 2010 (namentlich sind bei den Umbauten im Jahr 2050 auch Gebäude mit späteren Bauperioden enthalten; konkret um solche, welche 2010 noch nicht erstellt oder noch nicht erneuerungsbedürftig waren).

Technischer Fortschritt

Beim SIA-Effizienzpfad wird vom heutigen Stand der Technik im Sinne von Best practice («hart, aber machbar») ausgegangen. Bei den GPM-Modellrechnungen wurde hingegen an verschiedenen Stellen ein technischer Fortschritt unterstellt, z. B. im Bereich U-Werte (namentlich bei den Fenstern und aufgrund sinkender Wärmeleitfähigkeit bei den Dämmstoffen) und bei der Heiz- und Gebäudetechnik. Die Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen zur Gewinnung von Umweltwärme verbessert sich beispielsweise von 2.5 bis 3 im Jahr 2010 auf 3.0 bis 4 (nicht-erneuerte Gebäude) und 4.5 bis 6.5 (Neubauten) im Effizienzscenario 2050 (siehe Jakob 2016a). Dank solcher Verbesserungen nimmt bei der Wärme der fossile Anteil der Endenergie von 77 % im Jahr 2010 auf rund 15 % im Effizienzscenario 2050 ab. Der Elektrizitätsbedarf für übrige Verwendungszwecke sinkt im Jahr 2050 im Effizienzscenario bei Wohnen und Schulen auf ca. 75 %, bei den übrigen Gebäudekategorien auf ca. 60 %. Auch diesbezüglich wurde ein moderater technischer Fortschritt unterstellt, zumindest im Sinn einer weitgehenden Durchdringung der heutigen Best practice. Beim SIA-Effizienzpfad Energie wurde kein technischer Fortschritt unterstellt, was die Zielerreichung erschwert.

Entwicklung Strommix

Beim Strommix wird im vorliegenden Projekt für 2050 eine massgebende Verbesserung beim CH-Verbrauchermix zugrunde gelegt (Ausstieg aus der Kernenergie und Entkarbonisierung des Erzeugerparks). Der Primärenergiefaktor nicht-erneuerbar sinkt von 2.69 auf 0.41 (d. h. um 85 % auf 15 %) und der Treibhausgasemissionskoeffizient geht von 0.0385 auf 0.0275 kg/MJ (d. h. auf 71 %) zurück. Zum Vergleich: dies entspricht ungefähr den heutigen Werten für Elektrizität von PV-Anlagen aus Netz. Der Strommix 2050 trägt damit bei der Gebäudeparkbetrachtung massgebend zur guten Zielerreichung bei der Primärenergie nicht-erneuerbar bei. Beim SIA-Effizienzpfad Energie wird diese Möglichkeit nicht einbezogen, was die Zielerreichung erschwert.

Ergebnisse auf Ebene Endenergie

Wie oben stehend erwähnt nimmt bei der Wärme der fossile Anteil der Endenergie von 77 % im Jahr 2010 auf rund 15 % im Effizienzscenario 2050 ab. Der Anteil bei der Elektrizität nimmt deutlich zu von 8.7 % auf 20.3 % (Ausstieg aus Elektrodirektheizung wird durch die starke Zunahme Wärmepumpen überkompensiert). Der Elektrizitätsbedarf für übrige Verwendungszwecke sinkt im Jahr 2050 im Effizienzscenario bei Wohnen und Schulen auf ca. 75 %, bei den übrigen Gebäudekategorien auf ca. 60 %.

Ergebnisse auf Ebene Primärenergie und Treibhausgasemissionen

Wie aus Tabelle 35 hervorgeht, nehmen die flächenspezifischen Treibhausgasemissionen (bezogen auf die Energiebezugsfläche) im Effizienzscenario bis 2050 um gut 70 % ab. Die flächenspezifische $PE_{n.ern.}$ nimmt im selben Szenario um 83 % ab, also um deutlich mehr als die Abnahme gemäss Zwischenziel der 2000-Watt-Gesellschaft (-63 %). Über den Gebäudepark als Ganzes liegen die flächenspezifischen THG-Emissionen im Effizienzscenario im Jahr 2050 bei knapp 12 kg CO₂-eq/m², wovon

knapp 7 kg CO₂-eq/m² auf die Erstellung und 5 kg CO₂-eq/m² auf den Betrieb zurück zu führen sind, siehe Tabelle 35. Bei der flächenspezifischen nicht-erneuerbaren Primärenergie liegen die Werte bei knapp 50 kWh/m² (gut die Hälfte davon ist auf die Erstellung zurück zu führen).

Bei der Primärenergie nicht-erneuerbar werden bei den Neubauten die Zielwerte SIA 2040 im Referenz- und Effizienzscenario 2050 unterschritten, besonders deutlich bei den Gebäudekategorien Verwaltung, Lebensmittelverkauf, Fachgeschäft und Restaurants, welche einen hohen Elektrizitätsverbrauch aufweisen. Bei den Treibhausgasemissionen werden bei den Neubauten die Zielwerte SIA 2040 im Effizienzscenario 2050 leicht und im Referenzscenario deutlich überschritten.

Tabelle 35 Flächenspezifische THG-Emissionen und PE im Jahr 2010 und im Jahr 2050 für den gesamten Gebäudepark für die beiden Szenarien, kg CO₂-eq/m² bzw. kWh/m².

	2010		2050		Verbesserung i.Vgl. zu 2010		2050
	Referenz- scenario	Referenz- scenario	Effizienz- scenario	Referenz- scenario	Effizienz- scenario	Effizienz- vs. Referenz- scenario	
EBF (Tsd. m ²)	736'892		995'269			35 %	
THGE _{Erst.} [kg CO ₂ -eq/m ²]	5.5	6.5	6.8	18 %	24 %	5 %	
THGE _{Betr.} [kg CO ₂ -eq/m ²]	34.8	9.1	5.0	-74 %	-86 %	-45 %	
THGE _{Total} [kg CO ₂ -eq/m ²]	40.3	15.6	11.8	-61 %	-71 %	-24 %	
PE _{Erst., n.ern.} [kWh/m ²]	21	25	26	18 %	24 %	5 %	
PE _{Betr., n.ern.} [kWh/m ²]	253	39	21	-85 %	-92 %	-45 %	
PE _{Total, n.ern.} [kWh/m ²]	274	64	47	-77 %	-83 %	-26 %	
PE _{Erst., Total} [kWh/m ²]	28	32	34	16 %	21 %	5 %	
PE _{Betr., Total} [kWh/m ²]	294	124	90	-58 %	-69 %	-27 %	
PE _{Total, Total} [kWh/m ²]	321	156	124	-51 %	-62 %	-21 %	

Quelle: Berechnungen und Darstellung TEP Energy

Bei der Erstellung ist zwischen 2010 und 2050 ein Zuwachs von knapp 30 % zu verzeichnen. Deutlich ausgeprägter in die umgekehrte Richtung ist die Reduktion im Betrieb, nämlich auf 8 % bei der Primärenergie nicht-erneuerbar und 13 % bei den Treibhausgasemissionen. Das Verhältnis zwischen Erstellung und Betrieb kehrt sich völlig um. Während der Anteil der Erstellung im Jahre 2010 lediglich 8 % bei der Primärenergie nicht-erneuerbar respektive 14 % bei den Treibhausgasen beträgt, wächst er im Jahre 2050 beim Effizienzscenario auf 55 % bei der Primärenergie nicht-erneuerbar respektive 58 % bei den Treibhausgasen. Der hohe relative Anteil bei der Primärenergie nicht-erneuerbar für die Erstellung ergibt sich indirekt: der Anteil für den Betrieb wird wegen des ökologischen Strommixes im Jahre 2050 sehr stark reduziert. Bei all diesen Ergebnissen gilt es zu beachten, dass die nicht amortisierte Erstellungenergie (der Vergangenheit, d.h. im Basisfall der letzten 40 Jahre) eingerechnet ist. Fortschritte bei der Baustoff- und Materialproduktion wurden jedoch in dieser Studie nicht berücksichtigt werden.

Mit dem Effizienzscenario werden die Reduktionsfaktoren im Jahre 2050 gegenüber 2010 (gemäss Tabelle 2 des MB prSIA 2040:2016) bei der nicht-erneuerbaren (Reduktionsfaktor 0.26 statt 0.36) und der gesamten Primärenergie (Reduktionsfaktor 0.38 statt 0.56) deutlich erreicht, bei den Treibhausgasemissionen dagegen knapp verfehlt (Reduktionsfaktor 0.29 statt 0.26). Die Unterschiede zwischen den Reduktionsfaktoren der Gebäudekategorien der SIA 2040 und dem gesamten Gebäudepark sind gering. Wegen der grösseren Energiebezugsflächen pro Einwohner im vorliegenden Projekt GEPAMOD im Jahre 2050 gegenüber 2010 fallen die flächenbezogenen Reduktionsfaktoren kleiner aus

als die personenbezogenen gemäss Abschnitt 5.5. Es zeigt sich, dass das Etappenziel 2050 für die Treibhausgasemissionen äusserst ambitioniert ist und voraussichtlich nur unter Ausschöpfung weitergehender Massnahmen z. B. im Bereich der Erstellung, der Materialeffizienz oder der Suffizienz erreichbar bleibt.

Die in Tabelle 36 dargestellten flächenspezifischen THGE der Kategorien des SIA-Effizienzpfades Energie (gemäss prSIA 2040) liegen auf einem ähnlichen Niveau wie diejenigen des gesamten Gebäudeparks. Dieses Ergebnis ist durchaus plausibel, denn die Kategorien des SIA-Effizienzpfades Energie umfassen einen substantziellen Anteil des gesamten Gebäudeparks.

Tabelle 36 Flächenspezifische THG-Emissionen und PE im Jahr 2010 und im Jahr 2050 für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für die beiden Szenarien, kg CO₂-eq/m² bzw. kWh/m².

	2010		2050		Verbesserung i.Vgl. zu 2010		2050
	Referenz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Effizienz- vs. Referenz- szenario	
EBF (Tsd. m ²)	550'529		741'926			35 %	
THGE _{Erst.} [kg CO ₂ -eq/m ²]	5.4	6.6	6.9	21 %	27 %	5 %	
THGE _{Betr.} [kg CO ₂ -eq/m ²]	34.2	8.3	4.6	-76 %	-87 %	-45 %	
THGE _{Total} [kg CO ₂ -eq/m ²]	39.7	14.9	11.5	-62 %	-71 %	-23 %	
PE _{Erst., n.ern.} [kWh/m ²]	21	25	27	20 %	27 %	5 %	
PE _{Betr., n.ern.} [kWh/m ²]	243	35	19	-85 %	-92 %	-45 %	
PE _{Total, n.ern.} [kWh/m ²]	264	61	46	-77 %	-83 %	-24 %	
PE _{Erst., Total} [kWh/m ²]	28	33	34	18 %	24 %	5 %	
PE _{Betr., Total} [kWh/m ²]	284	116	84	-59 %	-70 %	-28 %	
PE _{Total, Total} [kWh/m ²]	311	149	118	-52 %	-62 %	-21 %	

Quelle: Berechnungen und Darstellung TEP Energy

Im Fall der Sensitivitätsanalyse, d.h. bei der Anwendung der längeren Amortisationszeiten und ohne 40-Jahresbeschränkung beim Einbezug der Gebäudeneubauten und Erneuerungen, steigen die PE_{Erst.} (nicht-erneuerbar und total) und die THGE_{Erst.} bis 2050 etwas weniger stark an als im Basisfall (vgl. Tabelle 37 mit siehe Tabelle 35), aber wegen der bereits erwähnten kompensatorischen Effekte nur relativ geringfügig. Entsprechend ändert sich das Gesamtbild inkl. der betrieblichen Beiträge noch weniger: der Unterschied beträgt nur einen bis zwei Prozentpunkte.

Tabelle 37 Flächenspezifische THG-Emissionen und PE im Jahr 2010 und im Jahr 2050 für dem Gebäudepark für die beiden Szenarien, Sensitivitätsanalyse, kg CO₂-eq/m² bzw. kWh/m².

	2010		2050		Verbesserung i.Vgl. zu 2010		2050
	Referenz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Effizienz- vs. Referenz- szenario	
EBF (Tsd. m ²)	736'892		995'269			35 %	
THGE _{Erst.} [kg CO ₂ -eq/m ²]	5.6	6.2	6.5	11 %	16 %	4 %	
THGE _{Betr.} [kg CO ₂ -eq/m ²]	34.8	9.1	5.0	-74 %	-86 %	-45 %	
THGE _{Total} [kg CO ₂ -eq/m ²]	40.4	15.3	11.4	-62 %	-72 %	-25 %	
PE _{Erst., n.ern.} [kWh/m ²]	21	24	25	12 %	17 %	5 %	
PE _{Betr., n.ern.} [kWh/m ²]	253	39	21	-85 %	-92 %	-45 %	
PE _{Total, n.ern.} [kWh/m ²]	274	63	46	-77 %	-83 %	-26 %	
PE _{Erst., Total} [kWh/m ²]	28	31	32	10 %	14 %	4 %	
PE _{Betr., Total} [kWh/m ²]	294	124	90	-58 %	-69 %	-27 %	
PE _{Total, Total} [kWh/m ²]	321	155	122	-52 %	-62 %	-21 %	

Quelle: Berechnungen und Darstellung TEP Energy

5.5 Vergleich mit den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft

Im Jahr 2010 betragen die gesamten THGE aus dem Gebäudepark knapp 30 Millionen Tonnen (Mt) CO₂-eq pro Jahr (inkl. aller energetischer Verwendungszwecke im Gebäudebereich, aber mit Ausnahme der industriellen Produktionsprozesse). Hierbei handelt es sich mehrheitlich um Emissionen aus dem Betrieb der Gebäude (inkl. indirekte Emissionen aus den vorgelagerten Ketten der Energiebereitstellung) und minderheitlich (4 Mt CO₂-eq pro Jahr) aus der Erstellung der Gebäude. Bis ins Jahr 2050 sinken die gesamthaften Jahresemissionen markant, auf gut die Hälfte im Referenzszenario und um 60 % auf 12 Mt CO₂-eq im EffizienzszENARIO (siehe Tabelle 38). Interessant hierbei ist die Verschiebung von den Emissionen aus dem Betrieb hin zu den Emissionen aus der Erstellung; letztere steigen von rund 4 Mt CO₂-eq im Jahr 2010 auf knapp 7 Mt CO₂-eq im Jahr 2050 (im EffizienzszENARIO). Ihr Anteil steigt damit von 14 % im Jahr 2010 auf 42 % im Jahr 2050 im Referenzszenario bzw. 58 % im EffizienzszENARIO.

Umgerechnet ergeben sich für das Jahr 2010 THGE von 3.8 t CO₂-eq pro Kopf der Bevölkerung. Dieser Wert sinkt im Referenzszenario bis ins Jahr 2050 auf 1.7 t CO₂-eq und im EffizienzszENARIO auf 1.3 t CO₂-eq d. h. um 65 %. Mit einem Reduktionsfaktor von rund 3 wird das Etappenziel der 2000-Watt-Gesellschaft, welches von einem Reduktionsfaktor 4 ausgeht, nicht ganz erreicht. Dies liegt vor allem an den THGE_{Erst.}, welche um beinahe 70 % ansteigen (dies im Gegensatz zu den THGE_{Betr.}, welche absolut um den Faktor 5 und spezifisch beinahe um den Faktor 6 sinken). Der Anstieg der THGE_{Erst.} lässt sich v. a. inhaltlich begründen und sich diesbezüglich auf die starke Ausdehnung der Energiebezugsflächen zurückführen. Der relative Anstieg der THGE_{Erst.} ist z. T. auch bilanztechnisch begründet; im Basisjahr 2010 werden vergleichsweise weniger THGE_{Erst.} von Neubauten mitbilanziert als am Ende der Betrachtungsperiode im Jahr 2050, dies weil die Beträge der Erstellung von Neubauten und Erneuerungen vor 1970 nicht bilanziert werden. Entsprechend steigen die THGE_{Erst.} 60 % bis 70 % deutlich stärker als die Bevölkerung (gut 20 %) oder die Energiebezugsflächen (rund 35 %).

Tabelle 38 Absolute und personenspezifische Treibhausgasemissionen und PE im Jahr 2010 und im Jahr 2050 für alle Kategorien des Gebäudeparks für die beiden Szenarien, Mt CO₂-eq bzw. TWh sowie t CO₂-eq/P bzw. W/P.

	2010	2050		Verbesserung i. Vgl. zu 2010		2050
	Referenz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Effizienz- vs. Referenz- szenario
Einwohner	7'871'787	9'558'000 ^a		+21 %		
THGE _{Erst.} [Mt CO ₂ -eq]	4.1	6.5	6.8	60 %	68 %	5 %
THGE _{Betr.} [Mt CO ₂ -eq]	25.6	9.1	5.0	-65 %	-81 %	-45 %
THGE _{Total} [Mt CO ₂ -eq]	29.7	15.6	11.8	-48 %	-60 %	-24 %
THGE pro-Kopf [t CO ₂ -eq/P]	3.8	1.6	1.2	-57 %	-67 %	-24 %
PE _{Erst., n.ern.} [TWh]	16	25	26	60 %	68 %	5 %
PE _{Betr., n.ern.} [TWh]	186	38	21	-79 %	-89 %	-45 %
PE _{Total, n.ern.} [TWh]	202	63	47	-69 %	-77 %	-26 %
PE _{Total, n.ern. pro-Kopf} [W/P]	2932	757	564	-74 %	-81 %	-26 %
PE _{Erst., Total} [TWh]	21	32	34	56 %	63 %	5 %
PE _{Betr., Total} [TWh]	216	124	90	-43 %	-59 %	-27 %
PE _{Total} [TWh]	237	156	123	-34 %	-48 %	-21 %
PE _{Total pro-Kopf} [W/P]	3435	1858	1470	-46 %	-57 %	-21 %

Quelle: ^aBFS (2015) und TEP Energy, GPM-Berechnungen. Darstellung TEP Energy

Dem Anstieg THGE_{Erst.} ist entsprechend eine hohe Bedeutung beizumessen, sowohl in Bezug auf die Bilanzierungsmethodik (siehe auch das Kapitel mit der Sensitivität mit der alternativen Amortisationsmethodik) als auch inhaltlich in Bezug auf die Entwicklung der in Materialien, Bauelementen und Gebäudekonstruktionen enthaltenen Treibhausgasemissionen.

Bei der PE_{n.ern.} ergibt sich bei der Pro-Kopf-Betrachtung im Effizienzscenario eine Abnahme um den Faktor 5 (-80%). Damit ist die Reduktion deutlich ausgeprägter als bei den Treibhausgasemissionen. Dies liegt v. a. am Beitrag aus der Erstellung, welcher bei der PE_{n.ern.} ebenfalls um gut 70 % zunimmt. Aufgrund des geringeren Anteils zu Beginn der Betrachtungsperiode (weniger als 10 %) wirkt sich dies im Total jedoch nicht so stark aus wie bei den THGE.

Im Fall der Sensitivitätsanalyse, d.h. bei der Anwendung der längeren Amortisationszeiten und ohne 40-Jahresbeschränkung beim Einbezug der Gebäudeneubauten und Erneuerungen, steigen die PE_{Erst.} (nicht-erneuerbar und total) und die THGE_{Erst.} bis 2050 etwas weniger stark an als im Basisfall (vgl. Tabelle 39 mit Tabelle 38), aber wegen der bereits erwähnten kompensatorischen Effekte nur relativ geringfügig. Entsprechend ändert sich das Gesamtbild inkl. der betrieblichen Beiträge noch weniger.

Werden nur die Kategorien des SIA-Effizienzpfads Energie (gemäss prSIA 2040) betrachtet (Tabelle 40), liegt das Niveau der PE und der THGE aus nachvollziehbaren Gründen tiefer. Interessanter ist ein Blick auf die relative Entwicklung. Dieser zeigt für die Kategorien des SIA-Effizienzpfads Energie ein ähnliches Bild wie für den Gesamtbestand. Dieses Ergebnis ist durchaus plausibel, denn die Kategorien des SIA-Effizienzpfads Energie umfassen einen substantiellen Anteil des gesamten Gebäudeparks.

Tabelle 39 Absolute und personenspezifische Treibhausgasemissionen und PE im Jahr 2010 und im Jahr 2050 für den Gebäudepark für die beiden Szenarien, Sensitivitätsanalyse, Mt CO₂-eq bzw. TWh sowie t CO₂-eq/P bzw. W/P.

	2010		2050		Verbesserung i. Vgl. zu 2010		2050
	Referenz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Effizienz- vs. Referenz- szenario	
Einwohner	7'871'787		9'558'000				21%
THGE _{Erst.} [Mt CO ₂ -eq]	4.1	6.2	6.4	50 %	57 %	4 %	
THGE _{Betr.} [Mt CO ₂ -eq]	25.6	9.1	5.0	-65 %	-81 %	-45 %	
THGE _{Total} [Mt CO ₂ -eq]	29.7	15.2	11.4	-49 %	-62 %	-25 %	
THGE pro-Kopf [t CO ₂ -eq/P]	3.8	1.6	1.2	-58 %	-68 %	-25 %	
PE _{Erst., n.ern.} [TWh]	16	24	25	51 %	58 %	5 %	
PE _{Betr., n.ern.} [TWh]	186	38	21	-79 %	-89 %	-45 %	
PE _{Total, n.ern.} [TWh]	202	62	46	-69 %	-77 %	-26 %	
PE _{Total, n.ern. pro-Kopf} [W/P]	2933	743	548	-75 %	-81 %	-26 %	
PE _{Erst., Total} [TWh]	21	31	32	49 %	55 %	4 %	
PE _{Betr., Total} [TWh]	216	124	90	-43 %	-59 %	-27 %	
PE _{Total} [TWh]	237	154	121	-35 %	-49 %	-21 %	
PE _{Total pro-Kopf} [W/P]	3434	1840	1449	-46 %	-58 %	-21 %	

Quelle: ^aBFS (2015) und TEP Energy, GPM-Berechnungen. Darstellung TEP Energy

Tabelle 40 Absolute und personenspezifische Treibhausgasemissionen und PE im Jahr 2010 und im Jahr 2050 für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für die beiden Szenarien, Mt CO₂-eq bzw. TWh sowie t CO₂-eq/P bzw. W/P.

	2010		2050		Verbesserung i. Vgl. zu 2010		2050
	Referenz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Referenz- szenario	Effizienz- szenario	Effizienz- vs. Referenz- szenario	
Einwohner	7'871'787		9'558'000 ^a		+21 %		
THGE _{Erst.} [Mt CO ₂ -eq]	3.0	4.9	5.1	63%	71%	5%	
THGE _{Betr.} [Mt CO ₂ -eq]	18.8	6.2	3.4	-67%	-82%	-45%	
THGE _{Total} [Mt CO ₂ -eq]	21.8	11.1	8.5	-49%	-61%	-23%	
THGE pro-Kopf [t CO ₂ -eq/P]	2.8	1.2	0.9	-58%	-68%	-23%	
PE _{Erst., n.ern.} [TWh]	12	19	20	62%	71%	5%	
PE _{Betr., n.ern.} [TWh]	134	26	14	-80%	-89%	-45%	
PE _{Total, n.ern.} [TWh]	145	45	34	-69%	-76%	-24%	
PE _{Total, n.ern. pro-Kopf} [W/P]	2108	537	409	-75%	-81%	-24%	
PE _{Erst., Total} [TWh]	15	24	25	59%	67%	5%	
PE _{Betr., Total} [TWh]	156	86	62	-45%	-60%	-28%	
PE _{Total} [TWh]	171	110	88	-36%	-49%	-21%	
PE _{Total pro-Kopf} [W/P]	2484	1317	1046	-47%	-58%	-21%	

Quelle: ^aBFS (2015) und TEP Energy, GPM-Berechnungen. Darstellung TEP Energy

6 Resumé, Fazit und Ausblick

Resumé

Mit dem hier dokumentierten Projekt „Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA Effizienzpfad“ konnte zum einen das Gebäudeparkmodell (GPM) auf einen neuen methodischen, strukturellen und inhaltlichen Stand gebracht und erprobt werden. Zum anderen konnte im Rahmen von konkreten Anwendungen die Praxisrelevanz des Projektvorhabens und der Gebäudeparkmodellierung aufgezeigt werden. Auf diesen beiden Betrachtungsebenen lassen sich folgende konkrete Ergebnisse resümieren:

Methodisch und modellseitig lässt sich festhalten, dass das GPM nun auf einem innovativen Ansatz mittels sogenannter Repräsentanten basiert, der die Situation einzelner konkreter Gebäude und Anlagen sowie die energierelevanten Entscheidungsmechanismen realitätsgetreuer als bisher abbildet. Statt Kohorten mit Durchschnittswerten werden konkrete Gebäudekonstellationen mit diskreten Attributen betrachtet. Die Veränderung des Gebäudeparks über die Zeit basiert auf einem Entscheidungsmodell und gängigen energetischen und ökonomischen Methoden (Energiebedarfsrechnungen gemäss diversen SIA-Normen, Jahreskosten, Nutzenfunktionen). Zu diesem Zweck wurde das GPM für die wichtigsten Bereiche bauteil-, anlagen- und geräteorientiert konzipiert und umgesetzt. Zudem wurde ein methodisches Konzept bzgl. des Einbezugs der Indikatoren_{Erst.} (Totale Primärenergie, nicht-erneuerbare Primärenergie sowie Treibhausgasemissionen) in einer Gebäudeparkbetrachtung erarbeitet und im GPM umgesetzt. Das Gebäudeparkmodell wurde entsprechend strukturell erweitert und enthält nun Module zum Einbezug des Bereichs Erstellung (gemäss Terminologie des MB SIA 2040) für Konstruktion, Gebäudehülle, Gebäudetechnik (inkl. Sanitär, Elektro), Raumstruktur, dies beziehungsweise auf die Systematik der SIA 2032, so dass $PE_{Erst.}$, $THGE_{Erst.}$ und prospektiv Materialflüsse auf konkrete Gebäude- und Anlagenelemente bezogen werden können. Zu guter Letzt ist zu erwähnen, dass das GPM nun auf einer Programmier- und Datenbankumgebung aufgebaut ist und aus einer Gebäudeparkmodell-Datenbank (GPM-DB) und einem ausführbaren Code besteht.

Auf der anwendungsseitigen und inhaltlichen Ebene kann konstatiert werden, dass im Rahmen der vorbereitenden Arbeiten zunächst ein Bezug zwischen SIA-Gebäude- und Nutzungskategorien auf der einen Seite und gesamtschweizerischen Statistiken und Registern, namentlich zum Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregister (GWR (2014)) sowie der Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT (2013)), auf der anderen Seite hergestellt wurde. Damit konnte das Gebäudeparkmodell inhaltlich erweitert werden, so dass es nun alle bisher noch nicht abgedeckten Gebäude- und Nutzungstypen enthält. Die Datenspezifikation wurde entsprechend bzgl. Mengengerüst (Bevölkerung, Gebäude, Energiebezugsfläche (EBF), Beschäftigte und Branchenstrukturen), Technisierung und Ausrüstung der Gebäude sowie bzgl. Energieträgermix (Gebäude- und Umwandlungssektor) erweitert und aktualisiert. Unter Einbezug eines parallel laufenden Projekts (Jakob et al. 2016a) wurde eine Technologie-datenbasis geschaffen, welche den installierten und den heute üblichen Stand der Technik (Bestand bzw. Neubau) und weitergehende Effizienzoptionen enthält. Dies erlaubt einen Querbezug zwischen technikbezogener Betrachtung und normen- und standardbezogenen Grundlagen (z. B. das überarbeitete Merkblatt SIA 2024 und Merkblatt SIA 2056). Darüber hinaus wurde das GPM datenseitig bzgl. Konstruktionsweise, Bauelementen und der entsprechenden spezifischen Werte $PE_{Erst.}$ und $THGE_{Erst.}$ erweitert, dies beziehungsweise auf die etablierte Systematik des CRB und Daten der KBOB. Die unterstellten Amortisationszeiten der verschiedenen Gebäudeelemente könnten in die laufende Revision des MB SIA 2032 einfließen.

Mit dem auf dieser Weise erweiterten und aktualisierten Gebäudeparkmodell wurden für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie das Mengengerüst (inkl. personenspezifischer Flächenbedarf) und die flächenspezifischen Kennwerte PE_{Total} , $PE_{n.ern.}$ und THG-Emissionen berechnet,

dies sowohl für die Bilanzgrössen Erstellung, Betrieb und Total. Die Werte für diese Kategorien sind in den Kapiteln 4.6 und 5.2 dargestellt und kommentiert und zusammen mit diejenigen der übrigen Gebäudenutzungskategorien in diversen Abbildungen grafisch aufbereitet, siehe Tabelle 41 mit einer Übersicht mit entsprechenden Querverweisen. Die Werte für das Basisjahr 2010 dienen den Kommissionen des MB SIA 2039 (standortbezogene Mobilität) und des MB SIA 2040 (SIA-Effizienzpfad Energie) als Ausgangsbasis für das Festlegen Richt- und Zielwerte. Die Festlegung dieser Richt- und Zielwerte erfolgt mit einer von diesem Bericht unabhängigen Methodik, siehe prSIA 2020 und Kap. 1.1.1). Beim Vergleich der Ergebnisse dieses Berichts sind diese Unterschiede zu beachten, siehe Kap. 5.4).

Tabelle 41 Übersicht über die im Anhang aufgeführten Abbildungen mit den Ergebnissen der flächenspezifischen Kennwerte PE_{Total} , $PE_{n.ern.}$ und THGE.

			Ist 2010	Ref 2050	Eff 2050
PE_{Total} und $PE_{n.ern.}$	Bestand	Erstellung	Abbildung 87	Abbildung 98	
		Betrieb	Abbildung 89	Abbildung 97	
	Um-/Neubau	Erstellung	Abbildung 88	Abbildung 93	Abbildung 95
		Betrieb	Abbildung 90	Abbildung 94	Abbildung 96
THGE	Bestand	Erstellung	Abbildung 91	Abbildung 101	
		Betrieb			
	Um-/Neubau	Erstellung	Abbildung 92	Abbildung 99	Abbildung 100
		Betrieb			

Quelle: TEP Energy

Diese mit dem Gebäudeparkmodell erzeugten Ergebnisse sind in der aggregierten Betrachtung im Ausgangsjahr der Betrachtung (2010) grundsätzlich kohärent mit den verfügbaren energiestatistischen Grundlagen und im Zeitablauf bis 2050 mit den Szenarien der Energiestrategie des Bundes. In einzelnen Teilbereichen, namentlich bei der Entwicklung des Energieträgermixes im Wärmebereich, weichen die Ergebnisse von den Teilergebnissen der Energiestrategie ab. Diese Abweichungen stellen jedoch keinen grundsätzlichen Widerspruch dar, sondern zeigen auf, dass energie- und klimapolitische Ziele auf verschiedenen Wegen erreicht werden können. Entsprechend können die inputseitigen Grundlagen auf Ebene der einzelnen Gebäude, welche den Gebäudeparkmodellergebnissen zugrunde liegen, sowie die Zwischenergebnisse der Modellierung (z.B. die energetischen Erneuerungsraten) als eine mögliche Konkretisierung der Energiestrategie verstanden werden.

In Bezug auf die Etappenziele der 2000-Watt-Gesellschaft ist festzustellen, dass bei den THGE die angestrebte Reduktion um rund den Faktor 4 (-74 %) nicht ganz erreicht wird; die Reduktion beträgt rund zwei Drittel (-67 %), siehe Tabelle 42. Dies liegt v. a. am Anstieg der $THGE_{Erst.}$ zum einen verursacht durch die starke Ausdehnung der Energiebezugsflächen und zum anderen bilanztechnisch begründet, siehe Kap.5.5. Diesbezüglich ist anzumerken, dass der erstgenannte Einflussfaktor, die Ausdehnung der EBF, den grösseren Effekt hat. Bei der $PE_{n.ern.}$ wird das Etappenziel der 2000-Watt-Gesellschaft hingegen erreicht.

Tabelle 42 Personenspezifische THGE und PE im Jahr 2010 und im Jahr 2050 für die beiden Szenarien, t CO₂-eq/P und W/P.

	2010	2050		Verbesserung	
	Referenz-szenario	Referenz-szenario	Effizienz-szenario	Referenz-szenario	Effizienz-szenario
THG emissionen [t CO ₂ -eq./P]	3.8	1.6	1.2	-57 %	-67 %
Nicht-erneuerbare PE [W/P]	2932	757	564	-74 %	-81 %
Total PE [W/P]	3435	1858	1470	-46 %	-57 %

Quelle: TEP Energy

Fazit

Auf den beiden Betrachtungsebenen Forschung/Methodik auf der einen Seite und Anwendung auf der anderen Seite lassen sich folgende konkrete Fazits ziehen. Es konnte gezeigt werden, dass mit der methodischen Weiterentwicklung das Gebäudeparkmodell für die Untersuchung weitergehender Forschungsfragen und Anwendungsfälle tauglich gemacht werden konnte. Mit dem Projekt „Erweiterung des Gebäudeparkmodells gemäss SIA Effizienzpfad“ (GEPAMOD) konnten Grundlagen für in der Praxis anwendbare Kennwerte im Rahmen von Umsetzungsinstrumenten (SIA 2040, SIA 2024, SIA 380, Zertifikat 2000-Watt-Areale) geschaffen werden, welche mit den erwähnten Zielen kompatibel sind. Nebst der Bereitstellung der Grundlagen für den SIA-Effizienzpfad wurden mit dem GPM Massnahmen und ihre Potenziale im Bereich Gebäudetechnik abgeschätzt (siehe Jakob et al. 2016a). Die im Rahmen des GEPAMOD-Projekts erarbeiteten Grundlagen helfen zudem, die Ex-post Analysen des BFE zu verbessern und weitere BFE-Projekte sowie die normenübergreifende Gebäudekategorisierung des SIA zu unterstützen.

Im Zusammenhang mit den spezifischen Kennwerten des SIA-Effizienzpfades lassen sich folgende inhaltlichen Fazits festhalten.

- Es hat sich gezeigt, dass im Wärmebereich die Verbesserung der Gebäudehülle dazu beiträgt, die Ziele zu erreichen, dass aber v. a. die Umstellung der Energieversorgung von fossilen auf erneuerbare Energien einen Schlüsselfaktor darstellt.
- Die Analyse der Ergebnisstruktur zeigt die Bedeutung der Gebäudetechnik und der übrigen strombasierten Verwendungszwecke auf, v. a. bei den Nicht-Wohngebäuden. Diesen ist bei der Umsetzung eine entsprechend hohe Bedeutung beizumessen. In diesem Bereich sind auch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Gebäudekategorien am grössten und entsprechend ist den Spezifitäten der jeweiligen Nutzungstypen und Branchen Rechnung zu tragen, dies sowohl bei der Festlegung von Richt- und Zielwerten als auch bei der Konzeption von Massnahmen.
- Bei Neubauten nehmen PE_{Erst.} und THGE_{Erst.} im Vergleich zum Bestand eine zunehmend hohe Bedeutung ein. Um die Richt- und Zielwerte des SIA-Effizienzpfades zu erreichen, ist entsprechend bei der Konzeption (kompakte Bauweise), bei Konstruktionsweise und bei der Materialwahl auf Materialeffizienz und Varianten mit geringem „Gehalt“ an spezifischer PE_{Erst.} und spezifischen THGE_{Erst.} zu achten. Auch die Baumaterialindustrie ist angesprochen, entsprechende Fortschritte zu erzielen.

Ausblick

Wie erwähnt sind die dem Gebäudeparkmodell zugrunde liegenden Daten und Annahmen sowie die erzeugten Ergebnisse in der aggregierten Betrachtung grundsätzlich kohärent mit den verfügbaren statistischen Grundlagen, dies sowohl input- als auch outputseitig. Allerdings deckten die Modellierungsarbeiten auch Unsicherheiten auf und es verdichten sich die Hinweise, dass zwischen energetischen Berechnungen und empirischen und gemessenen Daten gewisse Diskrepanzen bestehen, sowohl auf der aggregierten Ebene¹⁵ als auch auf der Ebene individueller Gebäude.

Diese Diskrepanz wird als sogenannter „Energy Performance Gap (EPG)“ bezeichnet und dessen Verständnis ist entscheidend für die Frage, ob die Energiepolitik des Bundes und der Kantone im Gebäudebereich die erwartete Wirkung erreicht hat und erreichen wird. Der Energy Performance Gap ist mit spezifischen Forschungsarbeiten weitergehend zu untersuchen. Hierbei kann auch das Gebäudeparkmodell zur Anwendung kommen, z. B. mittels einer Modellierung von empirisch abgestützten Gebäudezustands- und Energieverbrauchsdaten, idealerweise von einem Gebäudepanel mit Daten mehrerer Jahre. Hierbei sind insbesondere die im Rahmen des GEPAMOD Projekts festgestellten Unsicherheiten aufzugreifen, vermutete Diskrepanzen aufzuzeigen und Lücken zu schliessen. Zu nennen sind u. a.

- Gebäudehüllzahl, d. h. das Verhältnis der Gebäudehüllenfläche zur Energiebezugsfläche, in der Vergangenheit durchgeführte Erneuerungen und weitere Parameter wie tatsächliche Raumtemperaturen, Luftwechsel, Abminderungsfaktoren etc., welche den Raumwärmebedarf bestimmen, sind empirisch besser zu erfassen und zu aktualisieren.
- Die energetische Wirkung von Gebäudeerneuerungen wird im Modell, welches diesbezüglich in den Grundsätzen und bzgl. der Parameter auf SIA 380/1 beruht, rechnerisch tendenziell überschätzt (der Ausgangszustand wird eher über-, der energetisch erneuerte Zustand bzgl. Heizwärmebedarf eher unterschätzt).
- Die im Modell enthaltenen Entscheidungsmodelle im Bereich Gebäudehülle und Heizanlagen sind weitergehend zu validieren, um die Entwicklung im Bereich Energieträger besser zu verstehen und damit energiepolitische Massnahmen und Instrumente im Rahmen von Szenario-rechnungen besser begründen zu können
- Die empirische Basis im Bereich Stromanwendungen ist zu verbessern, zum einen was die Ausrüstung und Ausstattung der Gebäude mit gebäudetechnischen Einrichtungen, Prozessanlagen und Geräten und zum anderen was die spezifischen Energieverbräuche (installierte Leistung und Nutzungsstunden) betrifft.
- Modelltechnisch und methodisch ist die Bildung der Gebäuderepräsentanten zu verfeinern, z.B. mittels des Ansatzes von geschichteten Stichproben oder um Korrelationen zwischen Gebäudeattributen weitergehend zu berücksichtigen.
- Erhobene und mehrere Jahre abdeckende Verbrauchs- und/oder Messdaten von Gebäuden, von welchen ebenfalls die energiebedarfsbestimmenden Grössen erfasst werden, würden eine bessere Modellkalibrierung und damit ein verbessertes Verständnis der Energienutzung in

¹⁵ In der Tendenz sinkt der Energiebedarf für Raumwärme im Vergleich zur tatsächlichen Entwicklung zu stark ab, wenn U-Wert-Annahmen auf gängige Fachinformationen abgestützt werden. Im Modell wurden inputseitig Massnahmen getroffen, um Modell und tatsächliche Entwicklung besser in Übereinstimmung zu bringen. So wurden die U-Werte in der Ausgangslage eher tief angesetzt und die Raumtemperatur wurde nach der energetischen Erneuerung etwas höher angesetzt.

Gebäuden ermöglichen, indem die gebäudespezifische, individuelle und die aggregierte Ebene zusammen gebracht werden. Inputs dazu könnten das vom SIA vorgeschlagene Projekt GIS Energie, Energieverbrauchsdaten der EVU, die beschlossene Erweiterung des Eidgenössischen Gebäude- und Wohnungsregisters des BFS sowie die Feuerungskontrolldaten der Kantone bieten.

Ungeachtet dieser Verbesserungsmöglichkeiten bietet das vorliegende Gebäudeparkmodell vielfältige Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Zielüberprüfung von energie- und klimapolitischen Zielsetzungen von Ländern, Kantonen, Städten und Gemeinden, bei der Strategischen Energieplanung, bei der Konzeption und Planung von thermischen Netzen, bei der Bewirtschaftung von Gebäudeportfolios, für das Abschätzen von Urban mining und Marktpotenzialen etc. Aufgrund des gebäudeelementspezifischen Aufbaus und des Repräsentantenansatzes kommen unterschiedlich Module und Ebenen des Modells zur Anwendung.

7 Literaturverzeichnis

Dieses Verzeichnis enthält explizit zitierte Literatur sowie wichtige Grundlagen, welche bei der Erstellung der Gebäudeparkmodell-Datenbank berücksichtigt wurden.

- Aiulfi D., Primas, A., Jakob M. et al. (2009). Energieverbrauch von Bürogebäuden und Grossverteilern - Erhebung des Strom- und Wärmeverbrauchs, der Verbrauchsanteile, der Entwicklung in den letzten 10 Jahre und Identifizierung der Optimierungspotentiale. Basler & Hofmann, Sorane, CEPE, ETH Zürich, i.A. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- Bendel et al. (2012). Energieverbrauch in der Industrie und im Dienstleistungssektor – Resultate 2011. Helbling, Polyquest und Bundesamt für Statistik (BFS), i.A. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- BFE (2014). Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2013 nach Verwendungszwecken. Prognos AG, TEP Energy GmbH und Infrass AG i.A. Bundesamt für Energie. Bern, September.
- BFE (2007). Vorstudie zur Erhebung von Energiekennzahlen von Wohnbauten. Amstein+Walthert und Econcept i.A. Bundesamt für Energie, Bern, November.
- BFS (2015). Kantonale Bevölkerungsszenarien 2015-2045, Referenzszenario AR-00-2015 - Zukünftige Bevölkerungsentwicklung der Kantone nach Staatsangehörigkeit, Geschlecht, Alter und Jahr. Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Kantone 2015–2045. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel.
- CRB (2009). SN 506 511 Baukostenplan Hochbau. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich.
- CRB (2011). Energiekennwerte Elementarten Katalog. Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich.
- Fischer, Robert; Schwehr, Peter (2010). Building Typology and Morphology of Swiss Multi-Family Homes 1919-1990; Hochschule Luzern, Kompetenzzentrum Typologie & Planung in Architektur (CCTP).
- Frischknecht R., Wyss F. (2014). Bilanzierungskonzept 2000-Watt-Gesellschaft; EnergieSchweiz für Gemeinden, Stadt Zürich, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA).
- Gantner U, Jakob M., Hirschberg S. (2000). Grundlagen sowie ökologische und ökonomische Vergleiche von zukünftigen Energieversorgungsoptionen der Schweiz. Beitrag zum VSE-Projekt: Dezentral - Möglichkeiten, Grenzen und Auswirkungen einer verstärkt dezentralen Stromproduktion aus nicht erneuerbaren Energieträgern. PSI, Villigen i.A. VSE, Zürich (unveröffentlicht).
- GWR (2014). Eidgenössisches Gebäude- und Wohnungsregister. Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel (Datenlieferung BFS an TEP Energy im Rahmen des Projekts GEPAMOD, Datenstand 1. Juli 2014).
- Heeren N., Jakob M., Martius G., Gross N., Wallbaum H. (2013). A component based bottom-up building stock model for comprehensive environmental impact assessment and target control. Renewable and Sustainable Energy Reviews 20 (2013), DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.064>: pp. 45–56.
- Jakob et al. (2016a). Potenzialabschätzung von Massnahmen im Bereich der Gebäudetechnik – Grundlagen für ein Potenzial- und Massnahmenkonzept der Gebäudetechnik zur Reduktion von Endenergie, Primärenergie und Treibhausgasemissionen. TEP Energy i.A. EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie, Bern, Januar.
- Jakob M., Catenazzi G., Sunarjo B, Nägeli C. (2016b, in Vorbereitung). Wirkungsabschätzung des überarbeiteten Energiegesetzes des Kantons BL mit dem Gebäudeparkmodell (GPM). TEP Energy i.A. AUE des Kantons BL.

- Jakob M., Rubli S., Sunarjo B. (2016c). Urban Mining Potenzial – Dämmmaterialien im Gebäudepark der Schweiz – Eine Bestandesaufnahme. TEP Energy und Energie- und Ressourcen-Management i.A. Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Zürich
- Jakob M., Catenazzi G., Melliger, M., Forster, R., Martius, G., Ménard, M., Egli, T. (2016d). Efficiency potentials of building technologies and their contribution to the energy and climate change mitigation goals in Switzerland. In: Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings Conference 2016. (IEECB'16) Frankfurt, 13-18 March 2016.
- Jakob M., Catenazzi G., Sunarjo B, Nägeli C. (2015). Aktuelle und zukünftige thermische Energienachfrage sowie lokales Angebot an Abwärme und erneuerbaren Energien in der STZH – Update der Nachfrageszenarien mit dem Gebäudeparkmodell und der Angebotsbeurteilung mittels Expertensystem (nach Konzept EK 2050). TEP Energy i.A. Stadt Zürich.
- Jakob M., Martius G., Catenazzi G. (2014a). Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich - Synthesebericht zu Gebäudehülle und Heizanlagen. TEP Energy i.A. Bundesamt für Energie, Bern, Februar.
- Jakob M., Martius G., Ostermeyer Y., Wallbaum H., Heeren N. (2014b). Graue Energie und Graue Treibhausgasemissionen der Neubau- und Erneuerungstätigkeit im Gebäudepark in der Stadt Zürich bis 2050 – Eine ergänzende Abschätzung auf Grundlage des Gebäudeparkmodells und des Konzepts Energieversorgung 2050. TEP Energy und Chalmers University of Technology i.A. Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Zürich, Juni.
- Jakob M., Catenazzi G (2013). Umsetzung des Modellkonzepts Energienachfrage im Dienstleistungssektor – Ex-post Analysen nach Verwendungszwecken und Bestimmungsfaktoren. TEP Energy im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern (unveröffentlicht).
- Jakob M., Flury K., Gross N., Martius G., Sunarjo B. (2013a). Konzept Energieversorgung 2050 für die Stadt Zürich. i.A. der Stadt Zürich, Departement der Industriellen Betriebe, Zürich.
- Jakob M., Wallbaum H., York O., Martius G. (2013b) Graue Energie im Gebäudepark der Stadt Zürich bis 2050. ETH Zürich und TEP Energy i.A. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle nachhaltiges Bauen, Zürich, erscheint in Kürze.
- Jakob M., Kallio S., Nägeli C., Ott W., Bolliger R., von Grünigen S. (2013c). Integrated strategies and policy instruments for retrofitting buildings to reduce primary energy use and GHG emissions (INSPIRE) – Final synthesis report regarding generic strategies for buildings in Switzerland. TEP Energy GmbH und econcept GmbH. Zürich, März.
- Jakob M. (2008). Grundlagen zur Wirkungsabschätzung der Energiepolitik der Kantone im Gebäudebereich. Bundesamt für Energie (Hrsg.). Bern. September.
- Jakob M., Jochem E., Christen K. (2002). Grenzkosten bei forcierten Energieeffizienz-massnahmen bei Wohngebäuden, CEPE und HBT, ETH Zürich, Studie im Auftrag des Forschungsprogramms EWG des Bundesamts für Energie (BFE). September.
- KBOB / eco-bau / IPB (2014). Ökobilanzdaten im Baubereich – Empfehlung 2009/1, Stand Oktober.
- Kirchner et al. (2012). Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050: Energienachfrage und Elektrizitätsangebot in der Schweiz 2000 – 2050. Prognos i.A. Bundesamt für Energie, Bern
- Kobler R., Heim Th., Dott R. Schwehr P, Geissler A., Ehrbar D. (2013). Eracobuild, SchoolVentCool – Energetische und Raumluftechnische Erneuerung von Schulgebäuden. FHNW und HSLU i.A. Bundesamt für Energie (BFE), Bern, Juli.
- Loga T., Stein B., Diefenbach N., Born R. (2015). Deutsche Wohngebäudetypologie Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Zweite er-

weiterte Auflage. Erarbeitet im Rahmen der EU Projekte TABULA, EPISCOPE durch das IWU, Darmstadt, Oktober.

- Madelenat J. (2014). Towards using Discrete Choice Experiment in modelling building retrofit. Climate Economics Chair & EconomiX, University of Paris Ouest Nanterre La Défense.
- Meyer P., Büchler M., Christen K., Waibel A. (1995). Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten – Grundlagendaten für den Unterhalt und die Erneuerung von Wohnbauten. Impulsprogramm IP BAU, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, Februar.
- Nägeli C. (2013). Further developing the Building Stock Model – Towards a building specific hybrid energy demand model. Master Thesis, ETH Zürich, Zürich
- Nägeli C., Jakob M. Sunarjo B. Catenazzi G. (2015). A building specific, economic building stock model to evaluate energy efficiency and renewable energy. Conference CISBAT, 10-11 September Lausanne.
- NOGA (2008). NOGA 2008: Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige: Erläuterungen, BFS, Neuchâtel 2008
- Ott W., Jakob M., Berleth H., Bolliger R., Bade S., Karlegger A., Jaberg A. (2013). Erneuerungstätigkeit und Erneuerungsmotive bei Wohn- und Bürobauten. Econcept und TEP Energy im Rahmen von Energieforschung Stadt Zürich, Zürich.
- Ott W. und Grünigen S. (2011). Wirtschaftlichkeit von Neubau- und Erneuerungsinvestitionen. Econcept, i.A. Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, Fachstelle nachhaltiges Bauen, Zürich.
- Pfeiffer M. und Arlt J. (2005). Lebensdauer der Baustoffe und Bauteile zur Harmonisierung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer im Wohnungsbau. Fraunhofer IRB Verlag, Karlsruhe.
- Rivers N. Jaccard M. (2005). Combining Top-Down and Bottom-Up approaches to energy-economy modeling using Discrete Choice Methods. The Energy Journal, 26, January.
- Rubli S., Gugerli H., Schneider M. (2009). Ressourcenstrategie Bauwerk Stadt Zürich. Materialflüsse und Energiebedarf bis 2050. I.A. der Stadt Zürich, Zürich.
- SBB (2000). Kursunterlagen zu Kurs „Betriebsoptimierung (BO) von haustechnischen Anlagen“, SBB Energie, 2000, Liestal. http://www.energieantworten.ch/pdf/BO_M2_EBH_Beurteilung.pdf
- SIA (2015a). SIA Merkblatt 2039 Mobilität – Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort. Entwurf für die Vernehmlassung, Stand 1. Oktober 2015. SIA (Hrsg.), Zürich.
- SIA (2015b). SIA Merkblatt 2040 – Effizienzpfad Energie. Entwurf für die Vernehmlassung Stand 13. Oktober 2015. SIA (Hrsg.), Zürich.
- SIA (2011a). SIA Merkblatt 2039 Mobilität – Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort. SIA, Zürich
- SIA (2011b). SIA Merkblatt 2040 – Effizienzpfad Energie. SIA, Zürich
- SIA (2010). Graue Energie von Gebäuden, Merkblatt 2032. SIA, Zürich.
- SIA (2009). SIA Norm 380/1 - Thermische Energie im Hochbau. SIA, Zürich.
- SIA (2006a). SIA Merkblatt 2024. Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik. SIA, Zürich.
- SIA (2006b). SIA Empfehlung 380/4. Elektrische Energie im Hochbau, Ausgabe 2006. SIA, Zürich.
- SIA (2004). Leitfaden zur Anwendung der Norm SIA 480 – Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau. SIA, Zürich.

- STATENT (2013). Statistik der Unternehmensstruktur STATENT 2011. Bundesamt für Statistik (BFS), Neuchâtel (Datenlieferung BFS an TEP Energy im Rahmen des Projekts GEPAMOD, Datenstand 2011).
- UWE (2013). Gebäude-Heizenergiebedarf - Methodik zur Schätzung des Heizenergiebedarfs von Wohngebäude mittels kantonalem Gebäude- und Wohnungsregister. Amt für Umwelt und Energie (UWE) des Kantons Luzern. Luzern.
- Wallbaum H., Heeren N., Jakob M., Gabathuler M., Gross N., Martius G. (2009). Gebäudeparkmodell SIA Effizienzpfad Energie Dienstleistungs- und Wohngebäude - Vorstudie zum Gebäudeparkmodell Schweiz – Grundlagen zur Überarbeitung des SIA Effizienzpfades Energie. ETH Zürich und TEP Energy i.A. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- Wallbaum H., Heeren N., Jakob M., Martius G., Gross N. (2010). Gebäudeparkmodell Dienstleistungs- und Wohngebäude – Vorstudie zur Erreichbarkeit der Ziele der 2000W Gesellschaft für den Gebäudepark der Stadt Zürich. ETH Zürich und TEP Energy i.A. Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, Zürich.
- Wüest und Partner (1998). „Energieplanungsbericht 1998 – Kontrollrechnung Sanierungstätigkeit“, i.A. des AWEL, Baudirektion des Kantons ZH. Zürich
- Wüest & Partner (2004). Zukünftige Entwicklung der Energiebezugsflächen, Perspektiven bis 2035, A-11. I.A. Bundesamt für Energie (BFE), Bern.
- Wüest & Partner (2012). „Immo-Monitoring.“ Zürich.
- Wüest & Partner (2014). Gebäudebestandsentwicklung 1990-2013. Energiebezugsflächen. Excel-Datei. Wüest & Partner i.A. Bundesamt für Energie, Bern.
- Wyss F., Frischknecht R. (2013). Life Cycle Assessment of Electricity Mixes according to the Energy Strategy 2050. treeze Ltd. i.A. AHB Stadt Zürich. Zürich.

8 Anhang

8.1 Gebäude- und Nutzungsmix: Datengrundlage

8.1.1 GWR und STATENT des Bundesamts für Statistik

Wie bereits in Kap. 2.4.1 erwähnt, werden das GWR (2014) und die STATENT (2013) als Datengrundlage für die Beschreibung der Gebäuderepräsentanten genutzt. Beide Grundlagen werden durch das Bundesamt für Statistik (BFS) geführt und laufend aktualisiert. Anhand der Auflösung, der Einteilung und der für die Modellierung relevanten Attribute (siehe Tabelle 43) werden die Daten aus dem GWR (2014) und der STATENT (2013) in das Gebäudeparkmodell (GPM) übernommen. Die Auswertung der Register konzentriert sich jedoch auf die Kantone Glarus und Baselland, da diese als einzige Kantone auch Nicht-Wohngebäude komplett erfasst haben. Je nach Kanton und Gemeinde fehlen gewisse Nicht-Wohngebäude vollständig und andere sind nur unvollständig vorhanden da gewisse wichtige Merkmale (z. B. Baujahr oder Grundfläche) fehlen.

Die Nutzungsformen werden grösstenteils basierend auf der NOGA-Klassifizierung aus der STATENT (2013) vorgenommen und nur in Einzelfällen durch eine weitergehende Unterteilung ergänzt. Basierend auf dieser Einteilung und der Anzahl beschäftigten wird das Grundmengengerüst erstellt.

Tabelle 43 Spezifikation der verwendeten Datengrundlage

	Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT (2013))	Eidg. Gebäude- und Wohnungsregister (GWR (2014))
Auflösung	Arbeitsstätten	Gebäude und Wohnungen
Einteilung	Einteilung in Branchensektoren basierend auf NOGA-Code	Einteilung nach Gebäudekategorie basierend auf Attributen GKLAS-GWR und GKAT-GWR
Umfang	327'000 Betriebe	1,8 Mio. Gebäude und 4.27 Mio. Wohnungen
Relevante Attribute	Beschäftigte (Anzahl und Vollzeitäquivalente)	Gebäudegrundriss, Anzahl Geschosse, Baujahr, Wohnungsfläche
Georeferenziert	Ja	Ja

Quelle: STATENT (2013), GWR (2014), TEP Energy

8.1.2 Konferenz der Bau- und Liegenschaftsorgane der öffentlichen Bauherren (KBOB)

Die KBOB verfolgt das Ziel, Ressourcen zu sparen und die Qualität der geleisteten Arbeiten zuhanden der KBOB-Mitglieder zu sichern. Unter anderem gibt die KBOB die Liste der Ökobilanzdaten heraus, auf welche im GPM zurückgegriffen wird. Es werden Daten zu den Themen „Energie, Baumaterialien und Gebäudetechnik“ berücksichtigt.

8.1.3 Elementartenkatalog (EAK)

Der EAK ist ein Hilfsmittel, welches bei der Erstellung von Baubeschrieben eingesetzt wird. In drei Datenbanken stellt der EAK Informationen zu Baukostenkennwerten, Baupreisstatistiken und Energiekennwerten zur Verfügung. Wo sinnvoll, wurde innerhalb des GPM auf Daten aus dem EAK zurückgegriffen.

8.1.4 Bauteilkatalog

Anhand des elektronischen Bauteilkataloges können dynamische Ausführungsvarianten von Bauprojekten simuliert werden. Dabei werden verschiedene Materialien und Schichtdicken berücksichtigt, um U-Werte und ökologische Kennwerte zu berechnen [Bauteilkatalog 2015]. Die Datenbasis des Bauteilkatalogs wird innerhalb des GPM berücksichtigt. Überschneidungen mit anderen Informationsquellen werden gefiltert und über eine Einzelfallbetrachtung eliminiert.

8.2 Abrissfunktion

Die Funktionswerte für die Abrissfunktion wurden direkt im Quellcode integriert und sind hier der Vollständigkeit halber aufgeführt. Die Parameter der log-logistic Funktion (siehe Abbildung 18 in Kap. 2.9.1) sind:

- Gamma = 0.73
- Lambda, welches je nach Gebäudetyp und Bauperiode variiert.

Tabelle 44 Variable Lambda-Werte der Abrissfunktion in Abhängigkeit zum Gebäudetyp und der Bauperiode (Neubauperiode = Bauperiode 5).

	BP1	BP2	BP3	BP4	BP5
Mehrfamilienhaus	5.66	5.23	5.35	5.85	5.51
Einfamilienhaus	5.23	4.80	4.92	5.42	5.08
Bürogebäude	5.19	4.76	4.88	5.38	5.03
Hotelgebäude	6.00	5.58	5.70	6.19	5.85
Schulgebäude	4.79	4.37	4.49	4.98	4.64
Spital und Pflegeheime	4.74	4.31	4.43	4.92	4.58
Heime	5.59	5.17	5.29	5.78	5.44
Kultur- und Freizeitgebäude	4.53	4.10	4.22	4.72	4.38
Handelsgebäude	4.51	4.08	4.20	4.70	4.36
Industriegebäude	3.98	3.56	3.68	4.17	3.83
Verkehrsgebäude	5.34	4.92	5.03	5.53	5.19
Landwirtschaftsgebäude	3.98	3.56	3.68	4.17	3.83
Lagergebäude	4.51	4.08	4.20	4.70	4.36
Sonstige Gebäude	4.53	4.10	4.22	4.72	4.38

Quelle: TEP Energy

Tabelle 45 Ergebnisse des Regressionsmodells

Variable	Koeffizient	Standard error	
Wohnfläche	1.69	0.01	***
Vollzeitäquivalente in Urbane Gemeinden (IA)	-9.66	1.84	***
Vollzeitäquivalente in Ländlichen Gemeinden (IA)	-20.92	4.05	***
Anzahl Arbeitsstätten	21.75	5.54	***
Vollzeitäquivalente	49.67	1.91	***
Vollzeitäquivalente kleiner 10 VZÄ (IA)	16.61	1.76	***
Vollzeitäquivalente 50-250 VZÄ (IA)	-22.78	0.68	***
Vollzeitäquivalente grösser 250 VZÄ (IA)	-33.68	0.75	***
Vollzeitäquivalente Branche Grosshandel: Lebensmittel (IA)	42.91	7.57	***
Vollzeitäquivalente Branche Grosshandel: Nicht-Lebensmittel (IA)	32.98	1.52	***

Vollzeitäquivalente Branche Food, Fachgeschäft klein (IA)	55.76	1.78	***
Vollzeitäquivalente Branche Non-Food, Fachgeschäft klein (IA)	59.23	2.84	***
Vollzeitäquivalente Branche Poststellen (IA)	-16.54	3.12	***
Vollzeitäquivalente Branche Restlicher Verkehr (IA)	15.15	1.6	***
Vollzeitäquivalente Branche IKT (IA)	18.76	1.13	***
Vollzeitäquivalente Branche Hotels (IA)	76.04	4.46	***
Vollzeitäquivalente Branche Restaurants und Bars (IA)	5.59	2.29	*
Vollzeitäquivalente Branche Caterer (IA)	99.72	10.76	***
Vollzeitäquivalente Branche Finanzwesen (IA)	21.82	0.54	***
Vollzeitäquivalente Branche öffentl. Verwaltung (IA)	23.17	1.32	***
Vollzeitäquivalente Branche Volksschulen (IA)	50	3.25	***
Vollzeitäquivalente Branche Gymnasien (IA)	56.87	3.99	***
Vollzeitäquivalente Branche Hochschulen (IA)	44.59	2.08	***
Vollzeitäquivalente Branche Sonstige Unterricht (IA)	33.49	4.58	***
Vollzeitäquivalente Branche Krankenhäuser (IA)	26.61	5.23	***
Vollzeitäquivalente Branche Arztpraxen (IA)	4.6	4.92	
Vollzeitäquivalente Branche Sonstige Gesundheitswesen (IA)	7.82	1.69	***
Vollzeitäquivalente Branche Sozialwesen (IA)	11.52	2.29	***
Vollzeitäquivalente Branche Pflegeheime (IA)	61.77	2.58	***
Vollzeitäquivalente Branche Altersheime (IA)	14.38	3.41	***
Vollzeitäquivalente Branche restliche andere Dienstleistungen (IA)	14.37	2.11	***
Vollzeitäquivalente Branche persönliche andere Dienstleistungen (IA)	20.94	5.65	***
Vollzeitäquivalente Branche Landwirtschaft (IA)	-31.34	12.45	*
Vollzeitäquivalente Branche Nahrungsmittel (IA)	5.85	3.79	
Vollzeitäquivalente Branche Textil und Leder (IA)	46.12	21.4	*
Vollzeitäquivalente Branche Papier und Druck (IA)	17.09	3.75	***
Vollzeitäquivalente Branche Geräte und Maschinen (IA)	21.11	1.29	***
Vollzeitäquivalente Branche Andere Industriezweige (IA)	15.74	1.44	***
Vollzeitäquivalente Branche Bau (IA)	1.8	0.79	*
Anzahl Arbeitsstätten Branche Grosshandel: Lebensmittel (IA)	-9.33	60.6	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Grosshandel: Nicht-Lebensmittel (IA)	167.82	17.23	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Food, Fachgeschäft klein (IA)	-106.38	27.94	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Non-Food, Fachgeschäft klein (IA)	-18.22	16.45	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Poststellen (IA)	22.81	53.51	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Restlicher Verkehr (IA)	-102.16	21.24	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche IKT (IA)	2.82	15.77	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Hotels (IA)	519.61	88.42	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Restaurants und Bars (IA)	103.9	21.87	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Caterer (IA)	222.68	78.25	**
Anzahl Arbeitsstätten Branche Finanzwesen (IA)	-37.1	14.21	**
Anzahl Arbeitsstätten Branche öffentl. Verwaltung (IA)	27.88	38.45	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Volksschulen (IA)	420.35	34.93	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Gymnasien (IA)	2'645.63	200.88	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Hochschulen (IA)	661.84	88.88	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Sonstige Unterricht (IA)	35.15	21.95	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Krankenhäuser (IA)	1'504.57	408.53	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Arztpraxen (IA)	-12.09	15.95	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Sonstige Gesundheitswesen (IA)	-25.97	12.11	*
Anzahl Arbeitsstätten Branche Sozialwesen (IA)	119.38	27.57	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Pflegeheime (IA)	105.7	129.08	

Anzahl Arbeitsstätten Branche Altersheime (IA)	277.16	68.99	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche restliche andere Dienstleistungen (IA)	-19.09	14.97	
Anzahl Arbeitsstätten Branche persönliche andere Dienstleistungen (IA)	2.63	14.38	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Landwirtschaft (IA)	314.85	34.13	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Nahrungsmittel (IA)	22.48	73.31	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Textil und Leder (IA)	-55.13	56.7	
Anzahl Arbeitsstätten Branche Papier und Druck (IA)	172.2	50.96	**
Anzahl Arbeitsstätten Branche Geräte und Maschinen (IA)	298.7	32.99	***
Anzahl Arbeitsstätten Branche Andere Industriezweige (IA)	68.04	26.68	*
Anzahl Arbeitsstätten Branche Bau (IA)	-96.25	15.89	***
Konstante	58.18	7.68	***

Quelle: TEP Energy

Tabelle 46 Berücksichtigte Gebäudeelemente

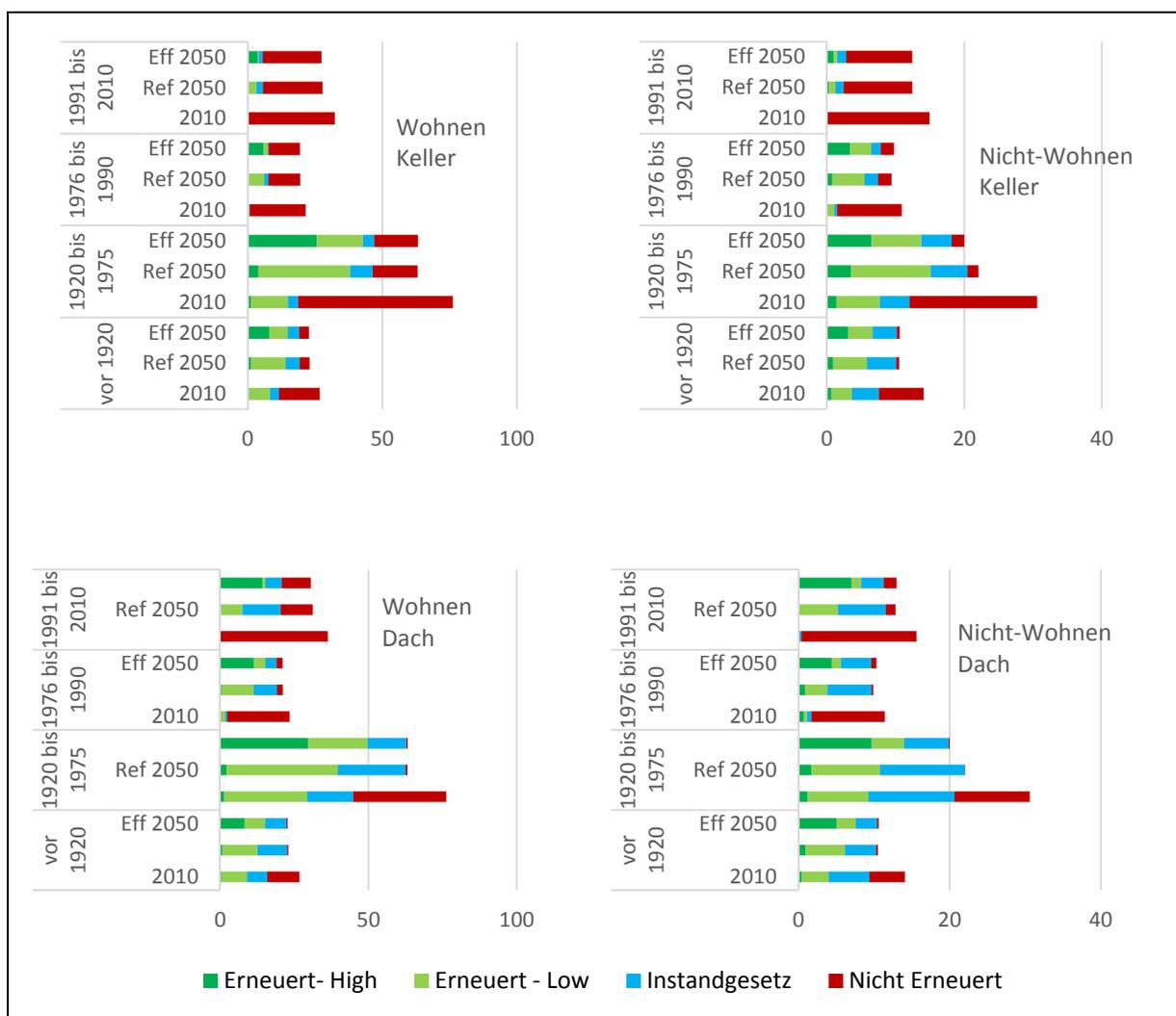
Hauptkategorie	Elementgruppe	Elementgruppe (Zuteilung CRB)	
Rohbau	Aushub	B 6.2	
	Materialeinbau	B 6.6	
	Fundament	C 1	
	Aussenwand unter Terrain	C 2.1 (A)	
	Aussenwand über Terrain	C 2.1 (B)	
	Ausfachung	C 2.1	
	Innenwände	C 2.2	
	Stützenkonstruktion	C 3	
	Decken	C 4.1	
	Flachdach (Tragkonstruktion)	C 4.4	
	Steildach (Tragkonstruktion)	C 4.4	
	Hülle	Wandbekleidung	E 1 und E 2
		Fenster	E 3
Flachdach (Bekleidung)		F 1.2	
Steildach (Bekleidung)		F 1.3	
Technik	Elektro	D 1	
	Wärmeerzeugung	D 5.1	
	Wärmeverteilung	D 5.2/5.3	
	Lüftung	D 7	
	Sanitär	D 8	
Innenausbau	Trennwände	G 1	
	Bodenbeläge	G 2	

Quelle: SIA 2032

Tabelle 47 Anteile der energetischen Erneuerungszustände bei Wohn- und Nicht-Wohngebäuden.

		Wohnen			Nicht Wohnen		
		2010	Ref 2050	Eff 2050	2010	Ref 2050	Eff 2050
Fenster	Nicht erneuert	31.5 %	0.5 %	0.7 %	51.2 %	9.9 %	32.6 %
	Erneuert - Low	33.0 %	78.0 %	5.6 %	26.9 %	72.0 %	15.3 %
	Erneuert- High	4.3 %	0.8 %	87.3 %	3.8 %	3.8 %	65.4 %
Fassade	Nicht erneuert	49.7 %	16.6 %	6.0 %	58.9 %	13.1 %	12.8 %
	Erneuert - Low	16.6 %	22.8 %	13.6 %	10.1 %	21.2 %	18.3 %
	Erneuert- High	0.9 %	1.7 %	34.5 %	2.9 %	6.4 %	12.2 %
Keller	Nicht erneuert	80.3 %	40.9 %	40.4 %	70.1 %	25.9 %	5.3 %
	Erneuert - Low	14.0 %	41.4 %	19.4 %	14.5 %	40.4 %	27.1 %
	Erneuert- High	1.1 %	4.4 %	32.6 %	3.1 %	10.3 %	26.6 %
Dach	Nicht erneuert	61.2 %	10.2 %	9.4 %	55.3 %	3.5 %	5.2 %
	Erneuert - Low	23.4 %	48.6 %	23.0 %	16.7 %	40.2 %	17.0 %
	Erneuert- High	1.2 %	2.7 %	46.2 %	3.3 %	6.6 %	48.6 %

Quelle: TEP Energy



Quelle: TEP Energy

Abbildung 82 Zustand der Kellerdecken (oben) und der Dächer (unten) in den Jahren 2010 und 2050 (beide Szenarien) für Wohnen (Diagramm links) und für Nicht-Wohnen (Diagramm rechts), in Mio. m² der Bauelemente.

Tabelle 48 Vergleich der Annahmen zur Amortisationszeit zwischen SIA 2032 und der im GPM unterstellten Amortisationszeit

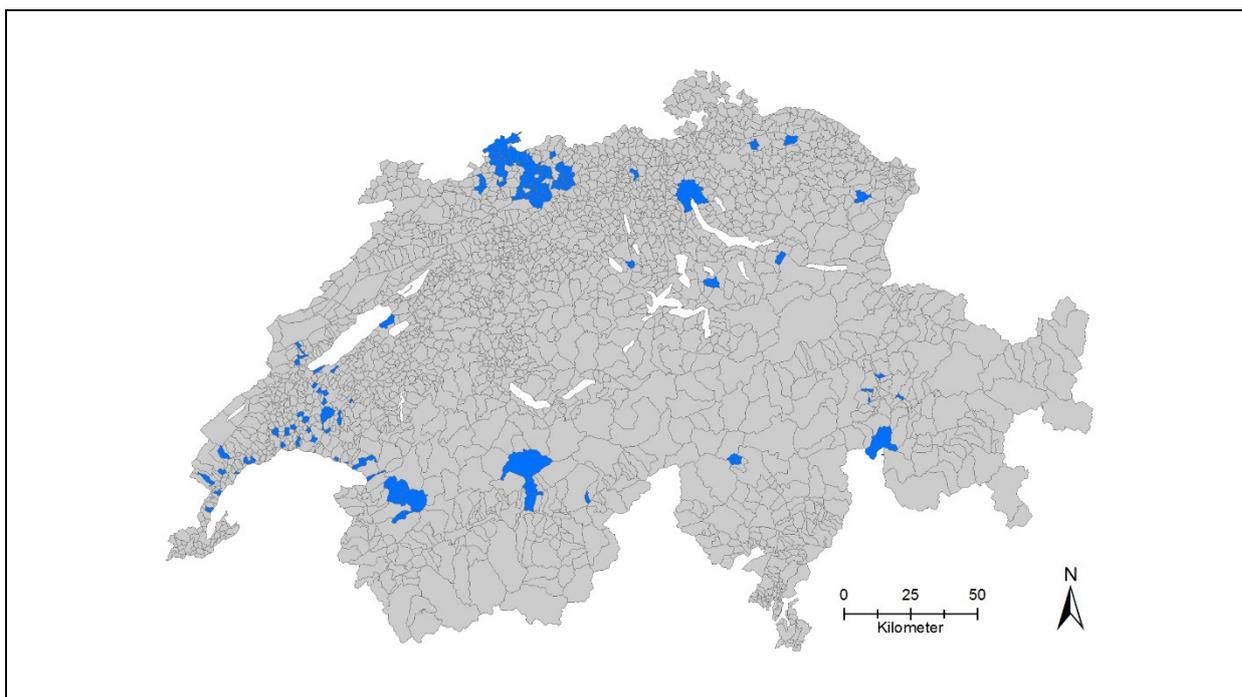
Elementgruppe	Bezeichnung nach BKP	Element	Gemäss SIA 2032	Lebensdauer TEP													
				Mehrfamilienhaus	Einfamilienhaus	Bürogebäude	Hotelgebäude	Schulgebäude	Spital und Pflegeheime	Heime	Kultur- und Freizeitgebäude	Handelsgebäude	Industriegebäude	Verkehrsbauwerke	Landwirtschaftsgebäude	Lagergebäude	Sonstige Gebäude
B	Vorbereitung																
B 6.2	Aushub nicht kontaminiert	Aushub nicht kontaminiert	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
B 6.6	Materialeinbau	Materialeinbau	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
C	Konstruktion Gebäude																
C 1.3	Einzel-, Streifenfundament	Einzel-, Streifenfundament	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
C 1.5	Bodenplatte tragend	Bodenplatte tragend	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
C 2.1(A)	Aussenwand unter Terrain	Betonwand (Ref. 25cm STB)	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
C 2.1(B)	Aussenwand über Terrain	Betonwand (Ref. 20cm STB)	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Mauerwerkswand KS	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Mauerwerkswand Backstein	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Holz wand -Grundk (ohne Wärmedämmung)	60	100	100	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	100
C 2.2	Innenwandkonstruktion	Betonwand (Ref. 25cm STB)	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Mauerwerkswand KS	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Mauerwerkswand Backstein (zweischalig)	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Mauerwerkswand Backstein (einschalig)	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Holz wand	60	100	100	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	100
C 3.2	Stützenkonstruktion	Betonskelettbau	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Stahlskelettbau	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Holzskellettbau	60	100	100	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	100
	Ausfachung (bei Skelettbauweise)	Stein	60	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80
		Beton	60	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80
		Holz	60	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80
		Stahl	60	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80
C 4.1	Decke	Betondecken Dicke (24cm)	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Betondecken Dicke (32cm)	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Betondecken Dicke (36cm)	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Holzdecken	60	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80
		Holz-Beton Verbunddecken	60	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80
C 4.4(A)	Flachdachkonstruktion	Betontragwerk	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Stahltragwerk	60	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80
		Holztragwerk (ohne Wärmedämmung)	60	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	80
C 4.4(B)	geneigte Dachkonstruktionen	Stahltragwerk	60	110	110	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	110
		Holztragwerk (ohne Wärmedämmung)	60	100	100	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	100

D Technik Gebäude																			
D 1	Elektroanlage	Elektroanlagen, tiefer Installationsgrad	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
		Elektroanlagen, mittlerer Installationsgrad	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
		Elektroanlagen, hoher Installationsgrad	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
D 5	Wärmeanlage	Wärmeerzeugung	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
D 5.3		Wärmeverteilung Bodenheizung Wohnen	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
		Wärmeverteilung Radiator Wohnen	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
		Wärmeverteilung Bodenheizung Büro	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
D 7	Lufttechnische Anlage	Wohnen	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Büro oder ähnlich	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
D 8	Wassertechnische Anlage	Wohnen	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Büro oder ähnlich	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
E äussere Wandbekleidung Gebäude																			
E 1	äussere Wandbekleidung unter Terrain	Wanddämmung	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
		Bodendämmung XPS	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
		Bodendämmung (Schüttung)	60	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
E 2.1	äussere Wandbekleidung über Terrain	Verputzte Verbund-Fassade	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
E 2.2, E 2.3	Hinterlüftete Fassade	Hinterlüftete Betonelemente	40	50	50	40	40	50	40	50	30	30	30	30	30	30	30	50	
		Glas / Metall Fassade als Vorhangfassade	40	50	50	40	40	50	40	50	30	30	30	30	30	30	30	50	
		Hinterlüftete Holzelemente	40	50	50	40	40	50	40	50	30	30	30	30	30	30	30	50	
		Hinterlüftete Natursteine	40	50	50	40	40	50	40	50	30	30	30	30	30	30	30	50	
		Hinterlüftete Metallverkleidungen	40	50	50	40	40	50	40	50	30	30	30	30	30	30	30	50	
		Zweischalen Mauerwerk	40	50	50	40	40	50	40	50	30	30	30	30	30	30	30	50	
		Wärmedämmung Fassade	Dämmung Holzwand	60	100	100	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	70	70	100
			Dämmung Kompaktfassade	30	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
E 3.1	Fenster	Dämmung hinterlüftete Fassade	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
		Holzfenster	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Kunststofffenster	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Metallfenster	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Holz-Metallfenster	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
F Bedachung Gebäude																			
F 1.2	Dachhaut Flachdach	Metalleindeckung (1)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Bitumen/Plastikdachbahn (1)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Platten (Terrasse) (2)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Begrünt / bekiest (2)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
		Dämmung Dach Holztragwerk (3)	30	80	80	80	70	80	70	80	80	70	70	70	70	70	70	80	
		Dämmung Dach trittfest (3)	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
F 1.3	Dachhaut geneigtes Dach	Ziegel (1)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40		

		Metalleindeckung (1)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
		Dämmung Dach Holztragwerk (3)	40	100	100	100	70	100	70	100	100	70	70	70	70	100
		Dämmung Dach trittfest (3)	40	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
G	Ausbau Gebäude															
G 1	Trennwand nicht tragend	Holzständerwand	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Ständerwand Gipskartonplatte	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Mauerwerk mittelschwer	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
G 2	Bodenbelag	Holz/Parkett	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Stein/Keramik	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		Kunststoff	30	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
		Textil	30	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Bodenaufbau	Schwimmender Unterlagsboden	30	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		Hohl- / Doppelboden	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
		nicht vorhanden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quelle: Jakob et al. (2014b), SIA 2032, TEP Energy und Lemon Consult

8.3 Stichprobencharakterisierung



Quelle: BFS, Darstellung TEP Energy

Abbildung 83 Gemeinden in der Stichprobe

Tabelle 49 Vergleich einzelner Eigenschaften zwischen der Stichprobe und der Gesamtschweiz.

	Gesamtschweiz	Stichprobe	Abdeckung durch Stichprobe
Anzahl Gemeinden	2352	123	5.2%
Einwohner	8'139'631	917'447	11.3%
Anzahl Privathaushalte	3'540'641	432'144	12.2%
Beschäftigte total	4'905'389	803'225	16.4%

Quelle GWR (2014), STATENT (2013), Berechnungen und Darstellung TEP Energy

Tabelle 50 Klassifizierung der Gemeinden in der Stichprobe nach deren Einwohneranzahl.

Gemeinde-Grössenklasse 2014	Gesamtschweiz	Stichprobe	Abdeckung durch Stichprobe
≥ 100'000 Einwohner/innen	6	2	33.3%
50'000 - 99'999 Einwohner/innen	4	0	0.0%
20'000 - 49'999 Einwohner/innen	34	3	8.8%
10'000 - 19'999 Einwohner/innen	104	9	8.7%
5'000 - 9'999 Einwohner/innen	222	9	4.1%
2'000 - 4'999 Einwohner/innen	549	18	3.3%
1'000 - 1'999 Einwohner/innen	491	30	6.1%
< 1'000 Einwohner/innen	884	52	5.9%

Quelle GWR (2014), STATENT (2013), Berechnungen und Darstellung TEP Energy

Tabelle 51 Charakterisierung der Stichprobe sowie des Modells in Bezug auf die Anzahl Gebäude und Beschäftigte für die unterschiedlichen Sub-Sub-Sektoren.

	Gebäuden (pro Teil)			Beschäftigte		
	Stichprobe	Model	Anteil in Stichprobe	Stichprobe	Statistik	Anteil in Stichprobe
Wohnen (EFH)	61'854	953'306	6.5 %			
MFH Erstwohnungen	55'633	475'322	11.7 %			
Grosshandel: Lebensmittel	62	1'242	5.0 %	4'074	33'713	12.1 %
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	663	16'600	4.0 %	24'422	282'152	8.7 %
Detailhandel: Lebensmittel, gross	46	831	5.6 %	8'089	86'384	9.4 %
Detailhandel: Lebensmittel, klein	150	4'984	3.0 %	2'418	42'321	5.7 %
Fachgeschäft gross	152	1'779	8.5 %	11'383	111'345	10.2 %
Fachgeschäft klein	536	10'170	5.3 %	6'400	72'032	8.9 %
Poststellen	37	1'159	3.2 %	2'757	44'351	6.2 %
Postverteilzentren	2	26	6.8 %	371	2'607	14.2 %
Restlicher Verkehr	210	5'690	3.7 %	17'694	185'191	9.6 %
IKT	515	6'748	7.6 %	32'403	154'893	20.9 %
Hotels	108	2'798	3.8 %	6'161	71'897	8.6 %
Ferienunterkünfte	16	757	2.2 %	162	4'958	3.3 %
Restaurants und Bars	493	10'814	4.6 %	16'835	150'815	11.2 %
Caterer	86	936	9.2 %	2'677	19'295	13.9 %
Finanzwesen	460	4'937	9.3 %	70'752	258'977	27.3 %
Öffentl. Verwaltung	187	3'312	5.6 %	18'030	186'949	9.6 %
Volksschulen	375	6'552	5.7 %	5'687	126'726	4.5 %
Gymnasien	49	426	11.4 %	5'757	53'149	10.8 %
Hochschulen	125	390	32.1 %	16'793	77'194	21.8 %
Sonstiger Unterricht	336	6'135	5.5 %	4'629	65'723	7.0 %
Krankenhäuser	22	201	11.1 %	25'265	177'217	14.3 %
Arztpraxen	362	4'388	8.2 %	9'206	82'906	11.1 %
Sonstiges Gesundheitswesen	542	9'424	5.7 %	6'908	83'319	8.3 %
Sozialwesen	372	3'861	9.6 %	9'151	89'953	10.2 %
Pflegeheime	86	1'023	8.4 %	9'892	106'630	9.3 %
Altersheime und psych. Betreuung	141	1'298	10.9 %	4'725	62'411	7.6 %
Unternehmensdienstleistungen	2'719	40'621	6.7 %	107'413	712'194	15.1 %
Bibliotheken, Museen, etc.	46	497	9.2 %	1'683	11'965	14.1 %
Restliche andere DL	691	10'325	6.7 %	14'298	125'566	11.4 %
Persönliche andere DL	715	14'746	4.8 %	8'332	101'157	8.2 %
Landwirtschaft	406	30'975	1.3 %	2'723	167'806	1.6 %
Nahrungsmittel	56	2'075	2.7 %	4'800	85'188	5.6 %
Textil und Leder	50	1'171	4.3 %	691	16'229	4.3 %
Papier und Druck	78	1'169	6.7 %	3'740	36'732	10.2 %
Chemie und Pharma	29	510	5.7 %	20'925	69'995	29.9 %
Zement und Beton	2	38	3.9 %	245	996	24.6 %
Metalle und Mineralien	42	1'086	3.8 %	1'014	31'788	3.2 %
Geräte und Maschinen	242	8'678	2.8 %	13'780	355'872	3.9 %
Andere Industriezweige	249	7'088	3.5 %	5'877	118'416	5.0 %
Bau	553	20'897	2.6 %	28'501	336'024	8.5 %
Energie	27	1'006	2.7 %	2'282	35'293	6.5 %
Total	129'521	1'675'991	7.7 %	538'943	4'838'329	11.1 %

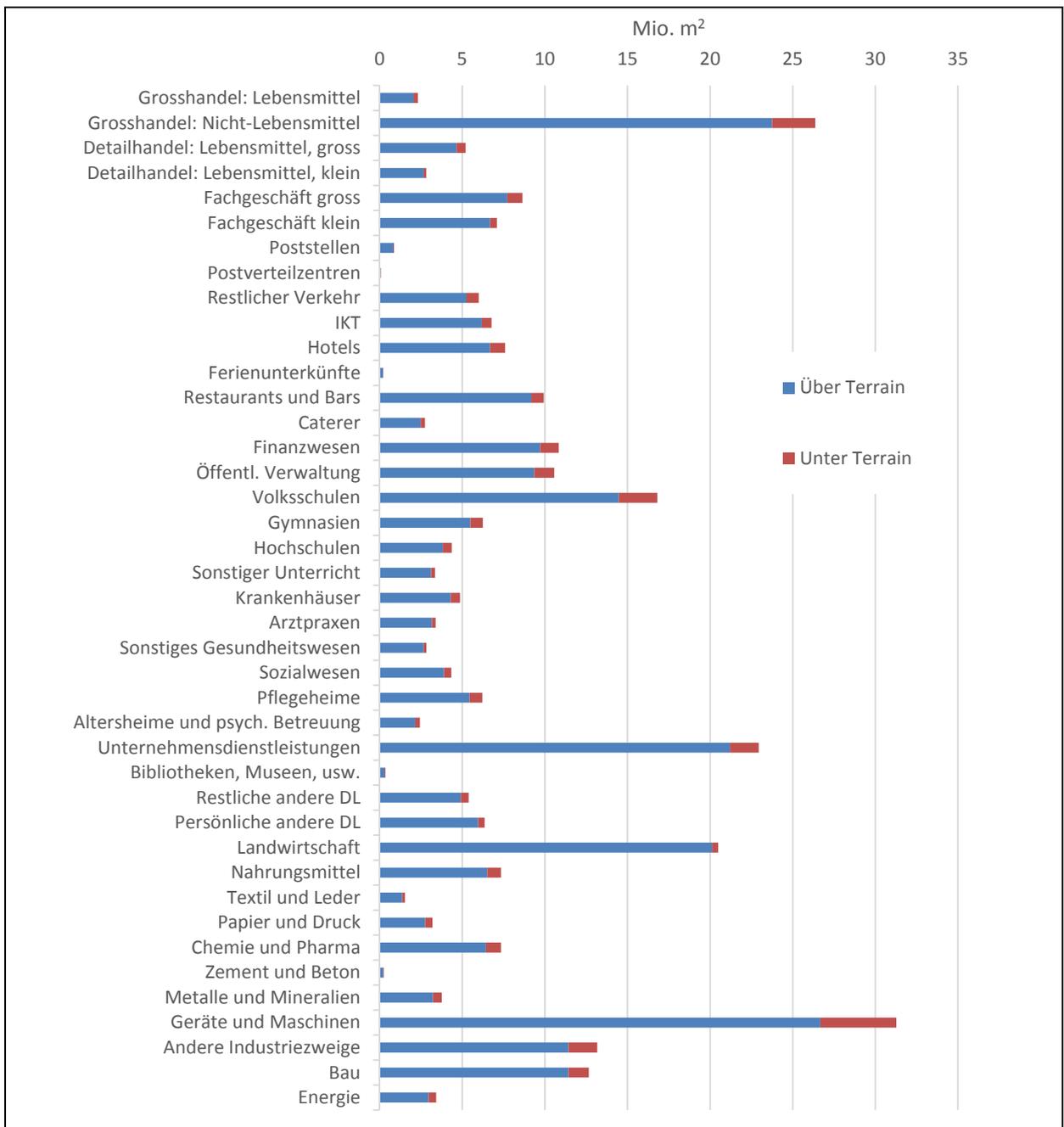
Quelle GWR (2014), STATENT (2013), Berechnungen und Darstellung TEP Energy

8.4 Beschäftigte und Energiebezugsflächen

Tabelle 52 Entwicklung der Beschäftigten, der Vollzeitstellen (VOLLZ) und der Vollzeitäquivalente (VZÄ) zwischen 2010 und 2050 für die verschiedenen Sub-Sub-Sektoren.

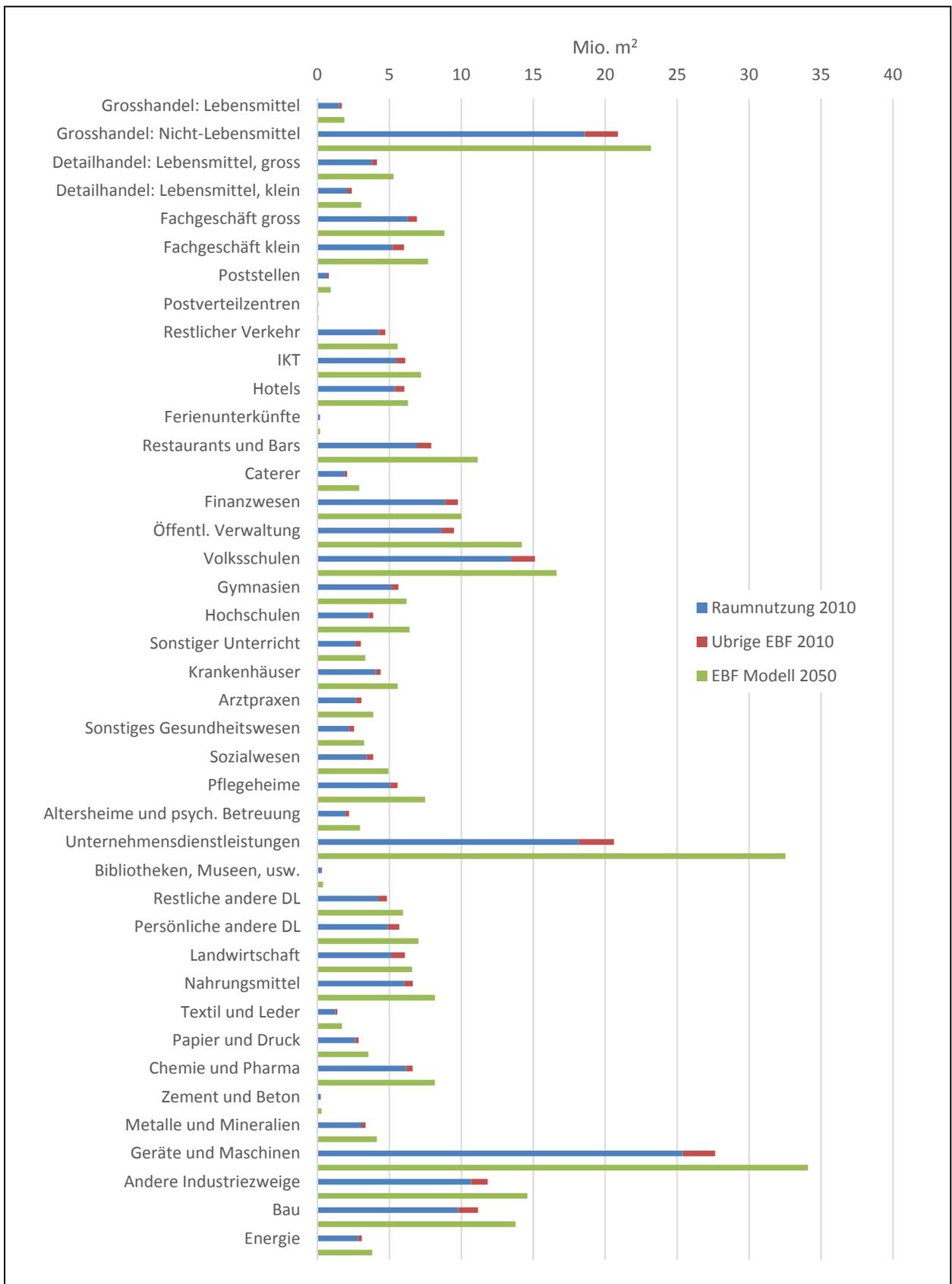
	Beschäftigte	VOLLZ		VZÄ
	2010	2010	2050	2050
Wohnen (EFH)				
MFH Erstwohnungen				
Zweitwohnungen				
Grosshandel: Lebensmittel	33'565	23'855	19'798	28'617
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	279'637	213'889	177'511	244'991
Detailhandel: Lebensmittel, gross	87'375	51'341	38'666	65'852
Detailhandel: Lebensmittel, klein	42'808	25'154	18'944	32'263
Fachgeschäft gross	113'579	66'941	50'415	85'862
Fachgeschäft klein	73'478	43'307	32'615	55'547
Poststellen	47'791	22'620	21'191	35'115
Postverteilzentren	3'152	1'492	1'397	2'316
Restlicher Verkehr	180'284	131'867	123'538	157'485
IKT	150'597	97'568	101'334	129'873
Hotels	75'979	56'823	55'364	63'912
Ferienunterkünfte	5'055	3'126	3'045	3'516
Restaurants und Bars	160'480	77'426	76'944	120'419
Caterer	20'763	9'568	9'508	14'881
Finanzwesen	261'515	187'023	220'914	231'332
Öffentl. Verwaltung	182'450	120'101	116'749	150'386
Volksschulen	124'834	44'403	47'048	84'486
Gymnasien	49'082	16'836	17'839	32'035
Hochschulen	73'545	26'230	31'552	49'909
Sonstiger Unterricht	63'613	15'900	16'848	30'254
Krankenhäuser	170'928	77'596	95'133	136'381
Arztpraxen	78'586	31'030	38'043	54'537
Sonstiges Gesundheitswesen	80'450	29'781	36'511	51'936
Sozialwesen	86'101	25'609	31'396	55'120
Pflegeheime	101'001	37'630	47'103	72'936
Altersheime und psych. Betreuung	62'237	22'681	28'390	43'960
Unternehmensdienstleistungen	689'500	321'955	365'048	534'366
Bibliotheken, Museen, etc.	12'163	3'192	3'272	7'163
Restliche andere DL	124'490	39'304	40'285	88'111
Persönliche andere DL	100'288	29'799	30'543	66'815
Landwirtschaft	157'461	101'695	113'633	101'695
Nahrungsmittel	84'487	53'663	55'003	73'584
Textil und Leder	16'090	11'854	12'149	13'124
Papier und Druck	37'913	29'645	30'385	33'566
Chemie und Pharma	71'292	60'515	62'026	67'587
Zement und Beton	1'892	1'646	1'687	1'806
Metalle und Mineralien	31'988	27'543	28'231	30'264
Geräte und Maschinen	349'828	308'890	316'602	329'016
Andere Industriezweige	120'116	96'121	98'520	109'329
Bau	331'703	283'922	291'011	307'505
Energie	34'035	28'383	29'092	30'823
TOTAL	4'781'681	2'863'562	2'939'528	3'835'909

Quelle: VOLLZ aus BFS, Einschätzung und Darstellung TEP Energy basierend auf diversen Quellen.



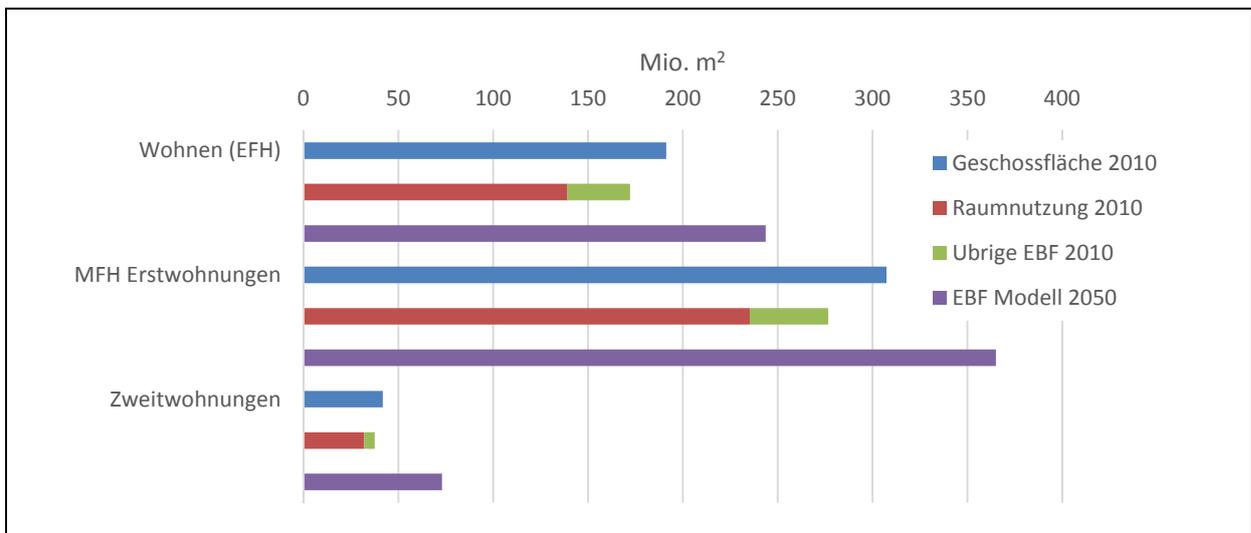
Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Abbildung 84 Geschossfläche der Nicht-Wohnen Gebäude, abteilt nach über und unter Terrain, und auch nach Sub-Sub-Sektoren.



Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Abbildung 85 Raumnutzungsfläche, und Energiebezugsflächen der Nicht-Wohnen Gebäude, nach Sub-Sub-Sektoren.



Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Abbildung 86 Geschossfläche, Raumnutzungsfläche, und Energiebezugsflächen der Wohnen Gebäude.

Tabelle 53 EBF für die Jahre 2010 und 2050 (beide Szenarien) für den Gebäudepark und für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie.

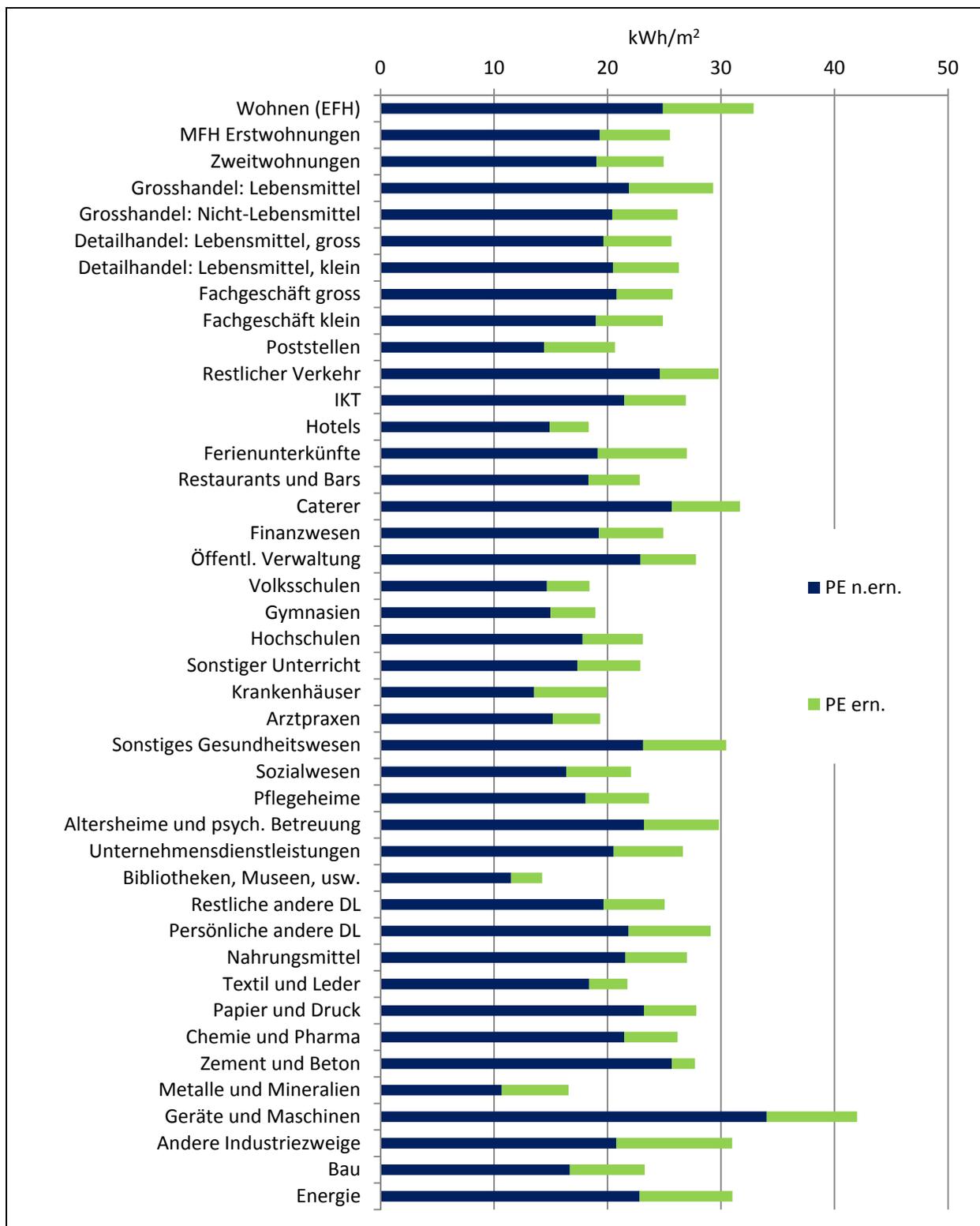
	Ist 2010		2050 Ref		2050 Eff	
	Gebäudepark	SIA 2040	Gebäudepark	SIA 2040	Gebäudepark	SIA 2040
	Mio. m ²					
Neubau	8.1	6.6	391.8	296.0	397.6	300.1
Umbau	35.5	27.5	176.7	129.5	213.0	163.3
Rest	693.3	516.4	426.8	316.4	384.7	278.5
Gesamt Bestand	736.9	550.5	995.3	741.9	995.3	741.9

Quelle TEP Energy

8.5 Primärenergie und Treibhausgasemissionen des Ist-Zustands

8.5.1 Primärenergie

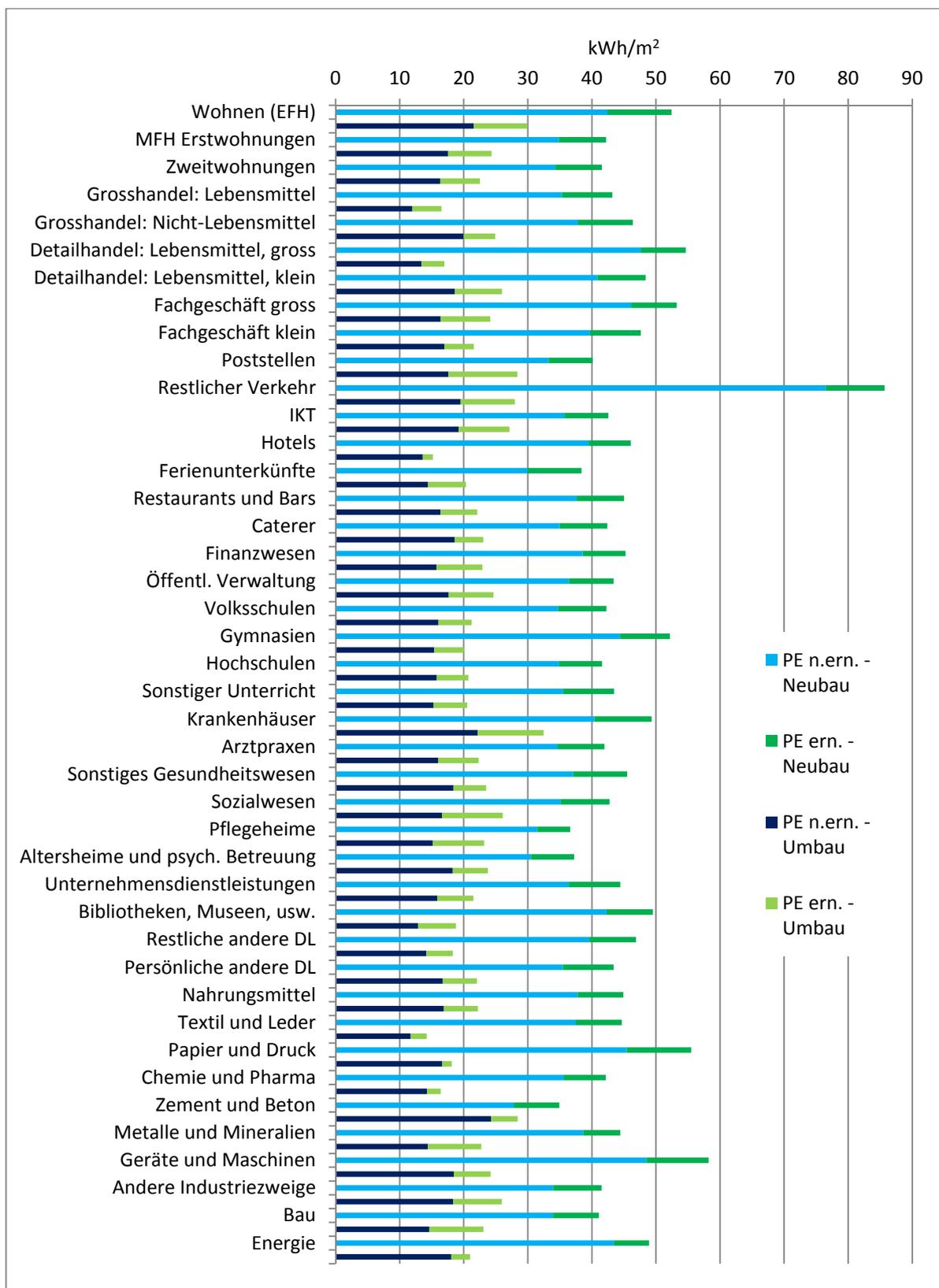
Bei der PE_{Erst} dominiert im Gebäudebestand der nicht-erneuerbare Anteil (Abbildung 87).



Quelle: TEP Energy

Abbildung 87 Erneuerbare Primärenergie ($PE_{\text{ern.}}$) und nicht-erneuerbare Primärenergie ($PE_{\text{n.ern.}}$) je Sub-Sub-Sektor aus Erstellungsenergie in kWh/m^2 für den Ist-Bestand 2010.

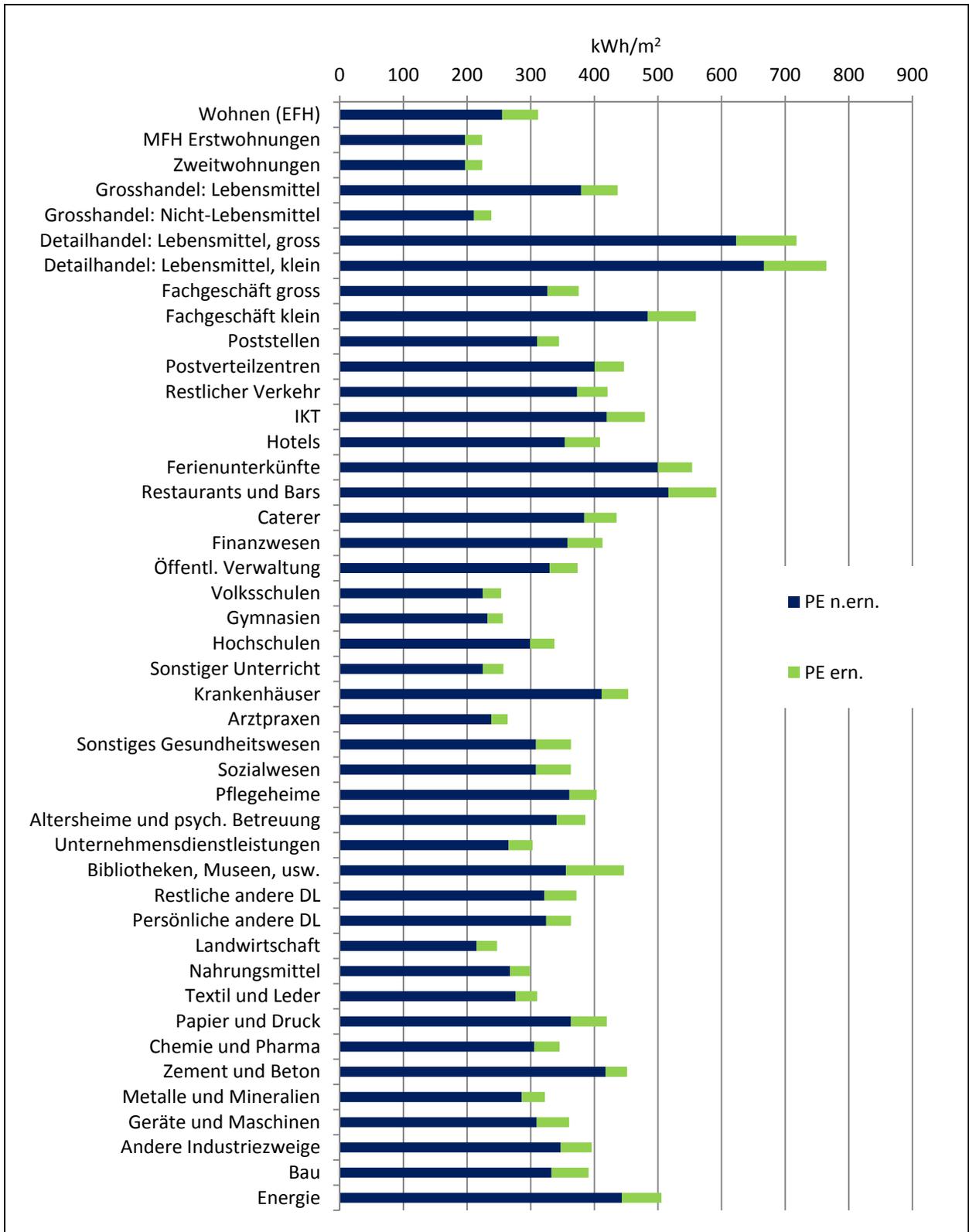
Die $PE_{Betr.}$ von Neubauten und Umbauten sind in Abbildung 88 dargestellt. Bei Postverteilzentren sind keine Werte für den Umbau angegeben, da die Datenmenge zu gering ist.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 88 Erneuerbare Primärenergie ($PE_{ern.}$) und nicht-erneuerbare Primärenergie ($PE_{n.ern.}$) je Sub-Sub-Sektor aus Erstellung in kWh/m^2 für Neubauten und Umbauten im Zeitraum zwischen 2010 und 2015

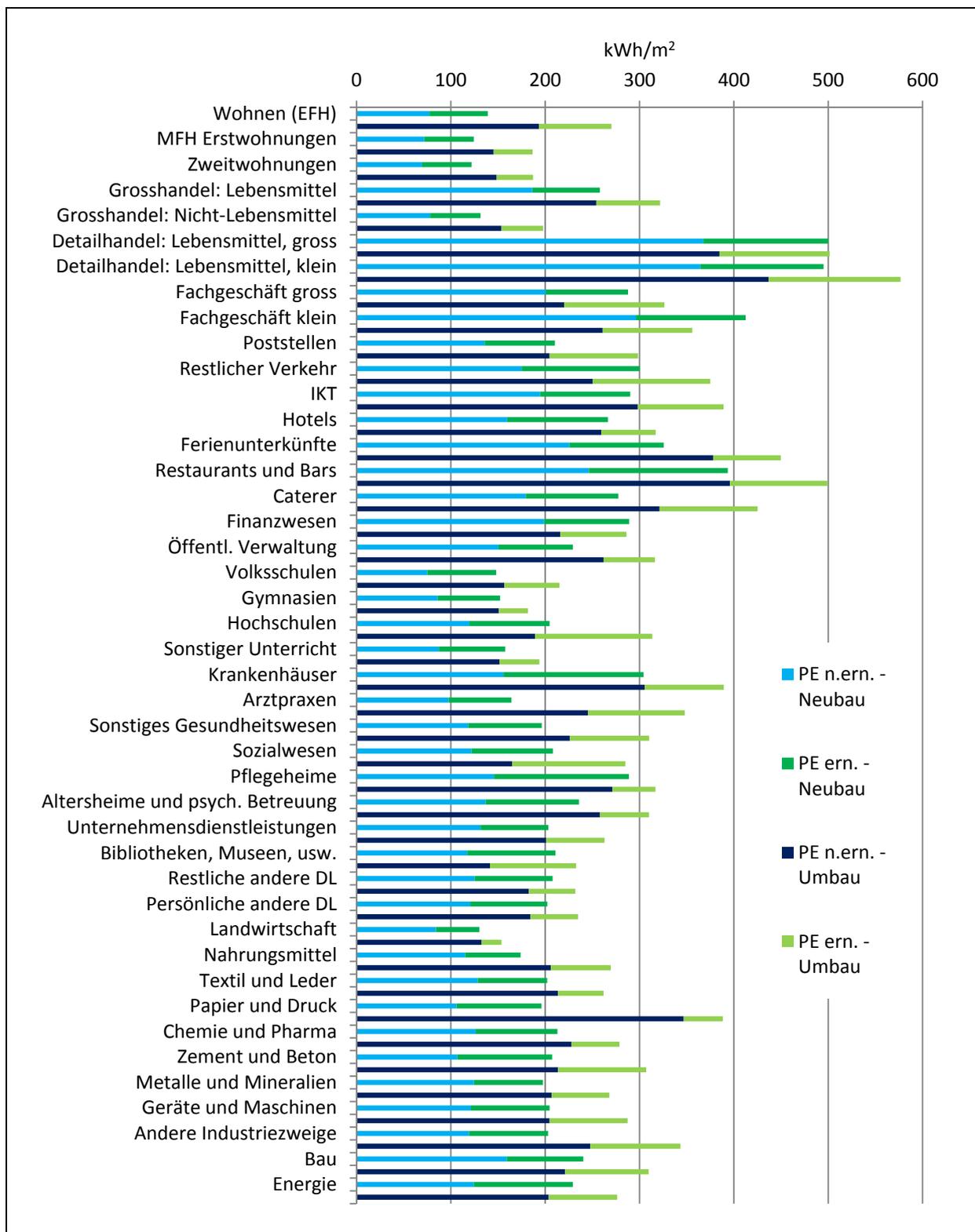
Bei der Betriebsenergie (siehe Abbildung 89) überwiegt der Energieinput aus nicht-erneuerbaren Quellen gleichermassen. Während die Unterschiede für den jeweiligen Energiebedarf pro Branche in der Erstellung in einem Bereich von 20 kWh/m² bis 40 kWh/m² schwanken, sind die Branchenunterschiede bei der Betriebsenergie wesentlich grösser. Hier schwanken die Beträge zwischen 200 kWh/m² und knapp 800 kWh/m².



Quelle: TEP Energy

Abbildung 89 Erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) und nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) je Sub-Sub-Sektor aus Betriebsenergie in kWh/m² für den Ist-Bestand in 2010.

Die Primärenergie aus dem Betrieb von Neubauten und Umbauten, welche in den Jahren 2010 bis 2015 realisiert wurden, ist in Abbildung 90 dargestellt. Auf Grund der tieferen Vorgaben für die Energieeffizienz und Umbaustandards im Vergleich zu den Neubaustandards fällt die Energiebilanz für Umbauten bezüglich der Betriebsenergie schlechter aus als bei Neubauten.

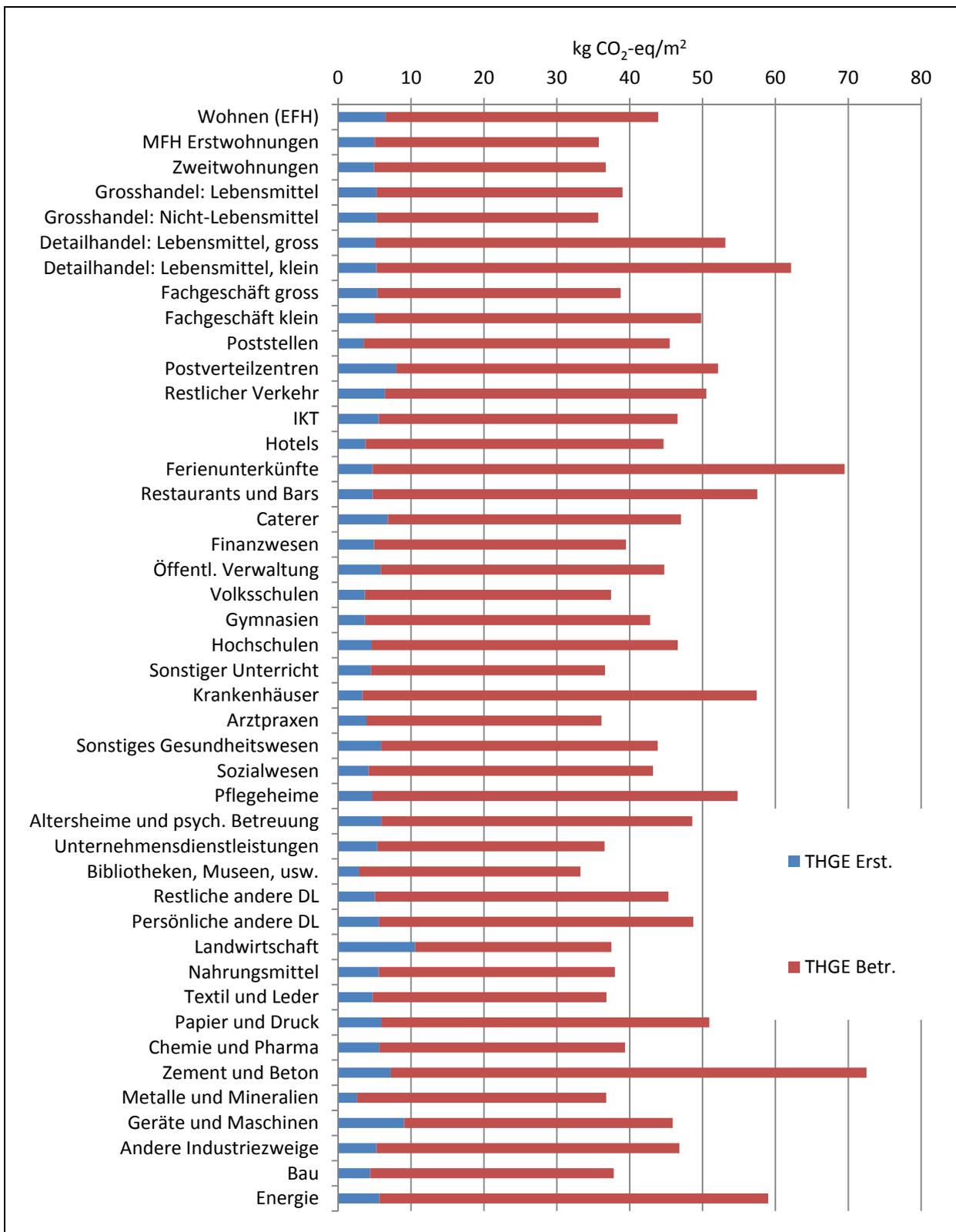


Quelle: TEP Energy

Abbildung 90 Erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) und nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) aus dem Betrieb je Sub-Sub-Sektor für Neubauten und Umbauten in kWh/m² für den Zeitraum 2010-2015.

8.5.2 Treibhausgasemissionen

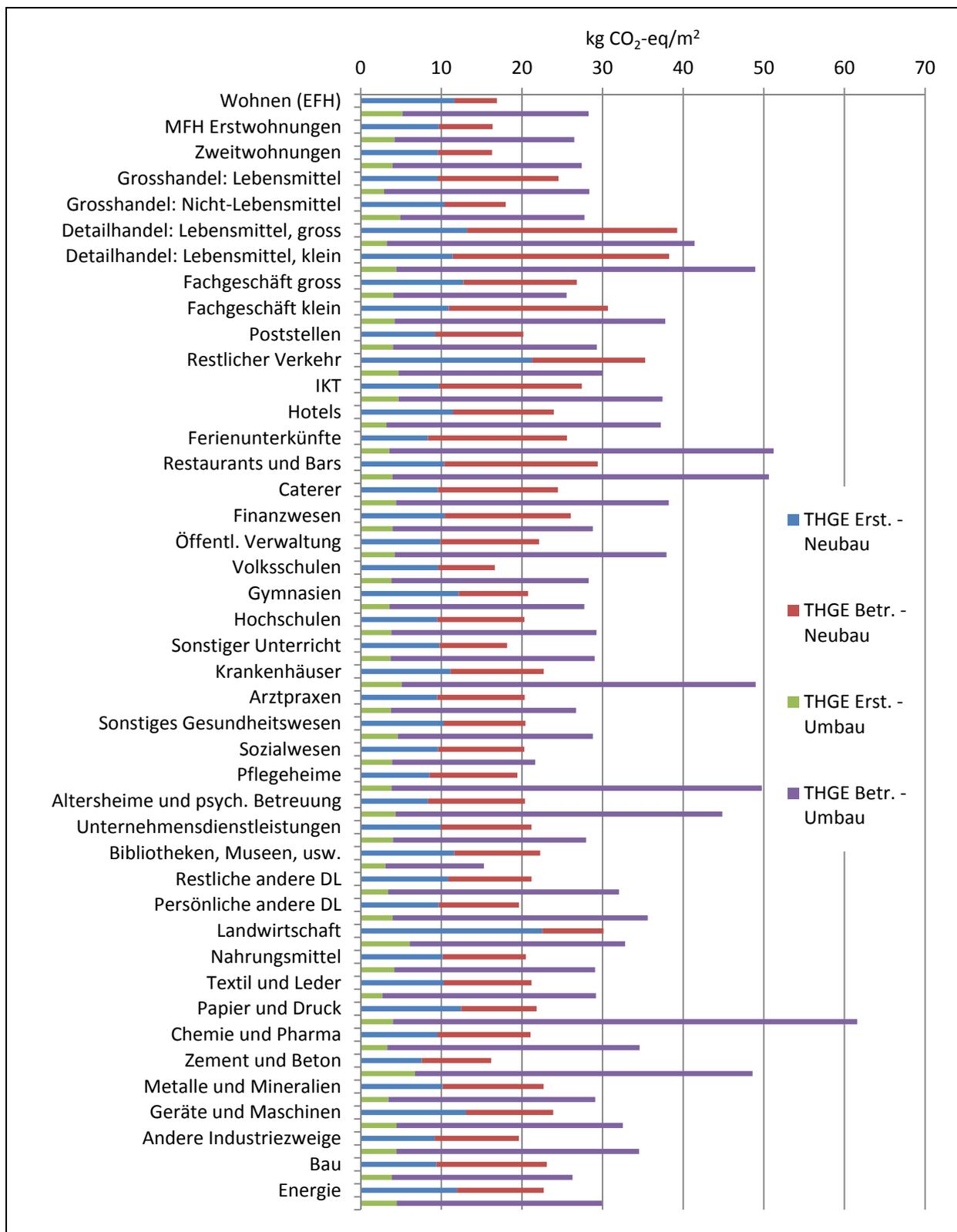
Die spezifischen Treibhausgasemissionen werden entsprechend der Energienachfrage durch die Emissionen aus dem Betrieb dominiert (siehe Abbildung 91 für die Daten aus dem Gebäudebestand 2010).



Quelle: TEP Energy

Abbildung 91 Treibhausgasemissionen (THGE) je Sub-Sub-Sektor und aufgeteilt nach Erstleistungsenergie und Betriebsenergie in kg CO₂-eq/m² für den Ist-Bestand in 2010.

Die spezifische Treibhausgasbilanz für Neubauten und Umbauten zeigt für die Betriebsenergie geringere Emissionen als im Bestand, für die Erstellungenergie sind die Unterschiede zwischen den Bestandsgebäuden und Neubauten gering, bei Umbauten verringert sich die THGE-Belastung teilweise (siehe Abbildung 92).

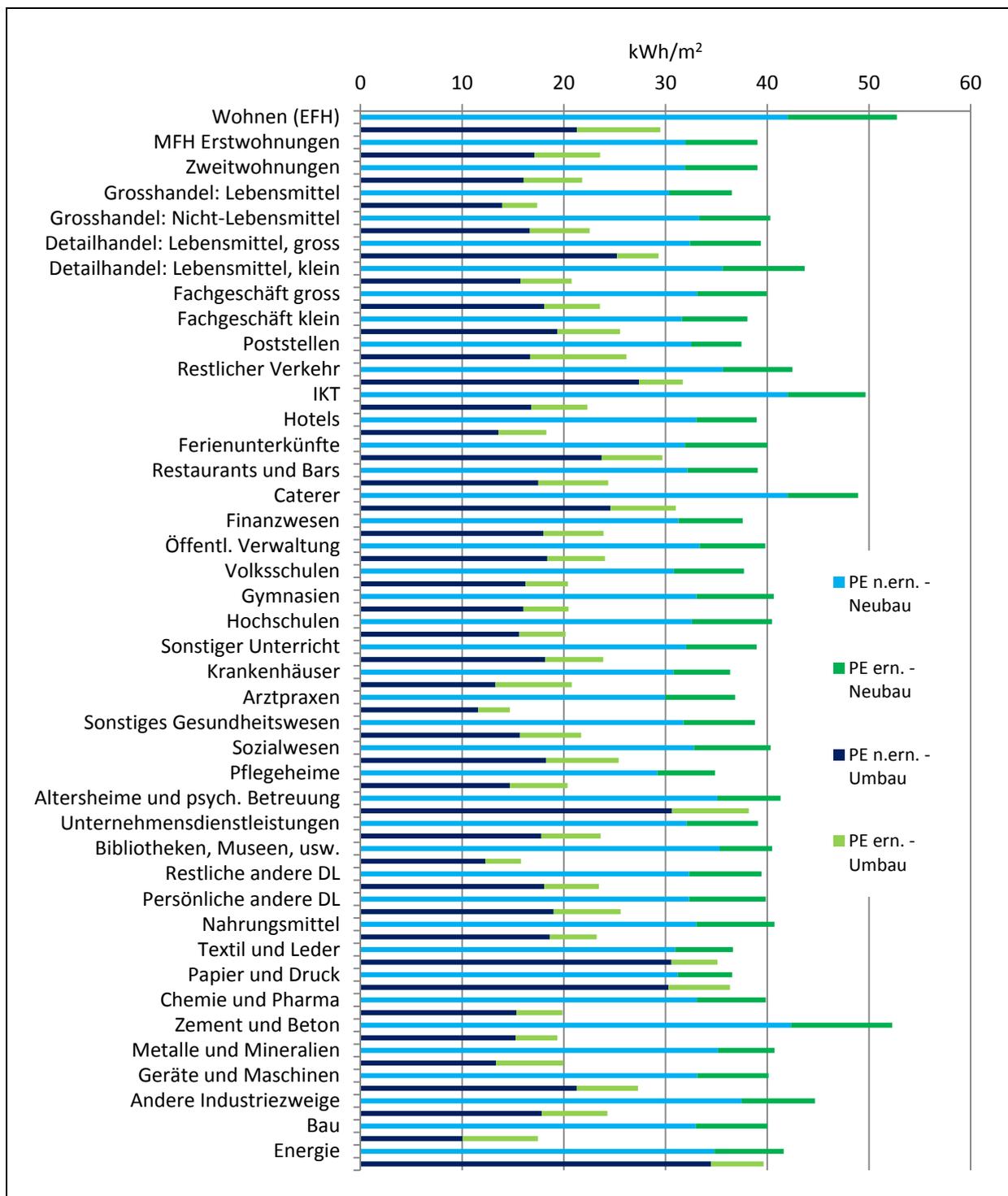


Quelle: TEP Energy

Abbildung 92 THG-Emissionen aus der Erstellung (THGE_{Erst.}) und dem Betrieb (THGE_{Betr.}) je Sub-Sub-Sektor je für Neu- und Umbauten in den Jahren 2010 bis 2015, in kg CO₂-eq/m².

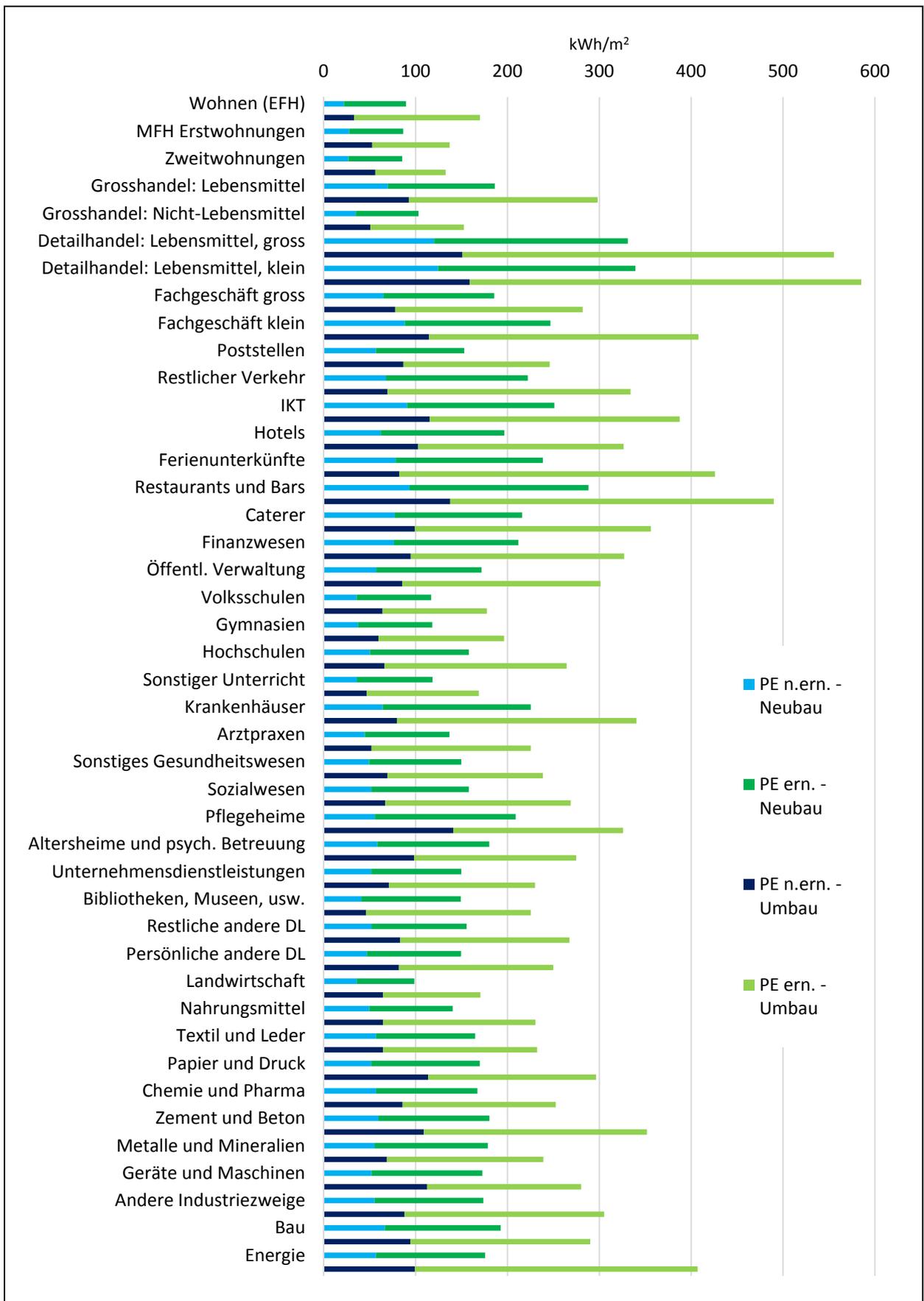
8.6 Flächenspezifische totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie für die beiden Szenarien

8.6.1 Referenzszenario: Totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie



Quelle: TEP Energy

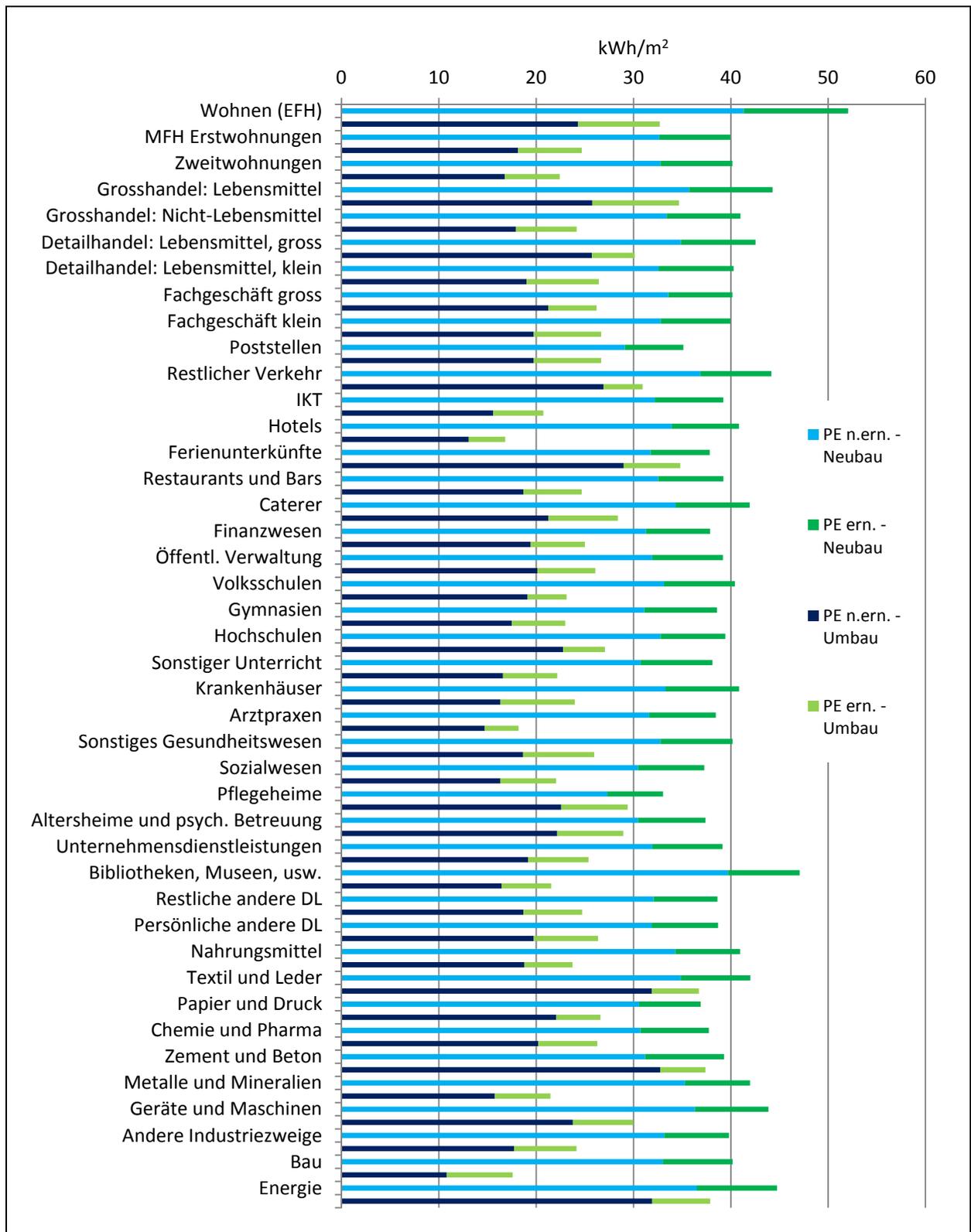
Abbildung 93 Erstellung: Nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) und erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) je Sub-Sub-Sektor in kWh/m² für Neubauten und Umbauten im Zeitraum zwischen 2045 und 2050, Referenzszenario



Quelle: TEP Energy

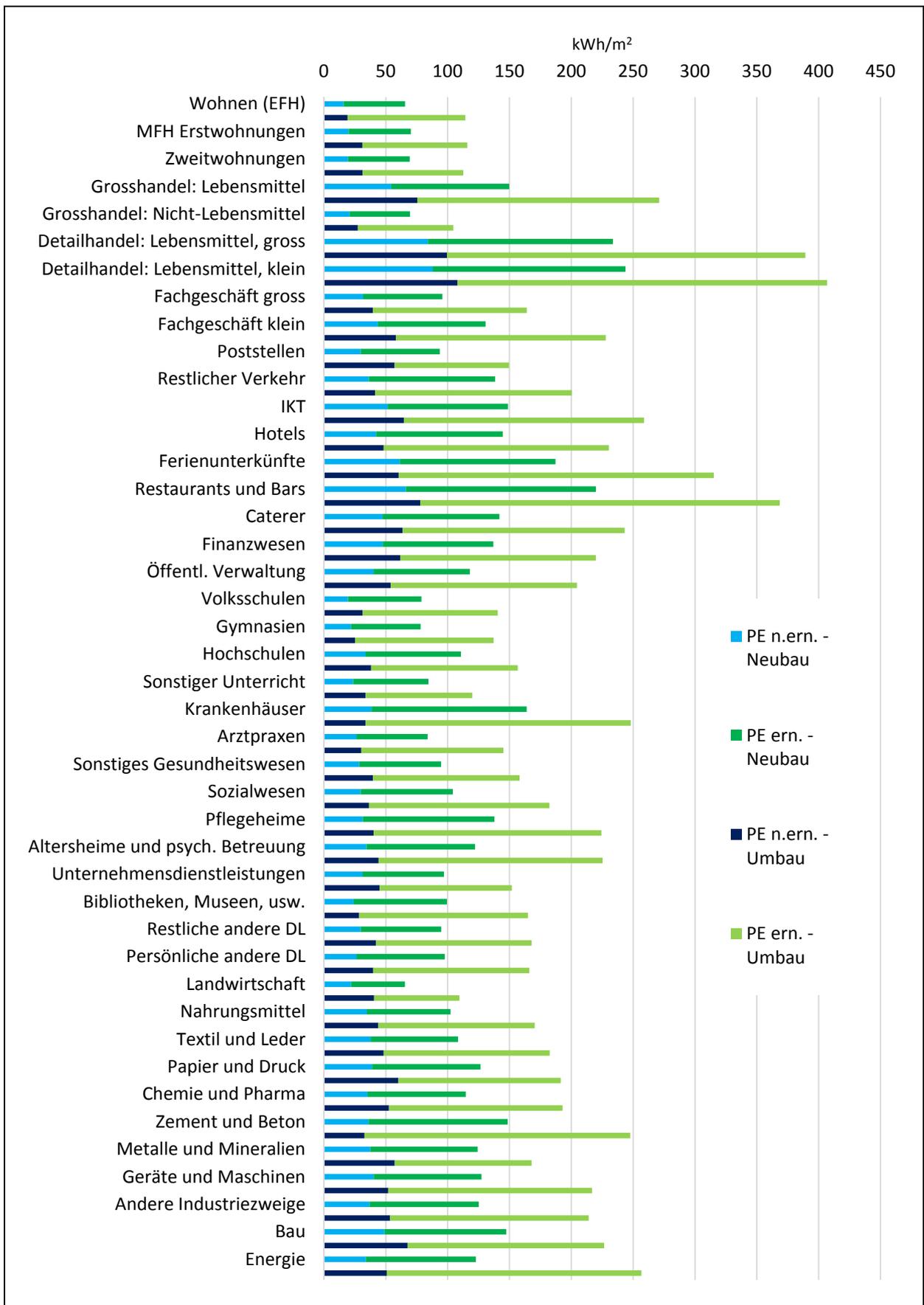
Abbildung 94 Betrieb: Nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) und erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) und je Sub-Sub-Sektor für Neubauten und Umbauten in kWh/m² für den Zeitraum 2045-2050, Referenzszenario

8.6.2 Effizienzscenario: Totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie



Quelle: TEP Energy

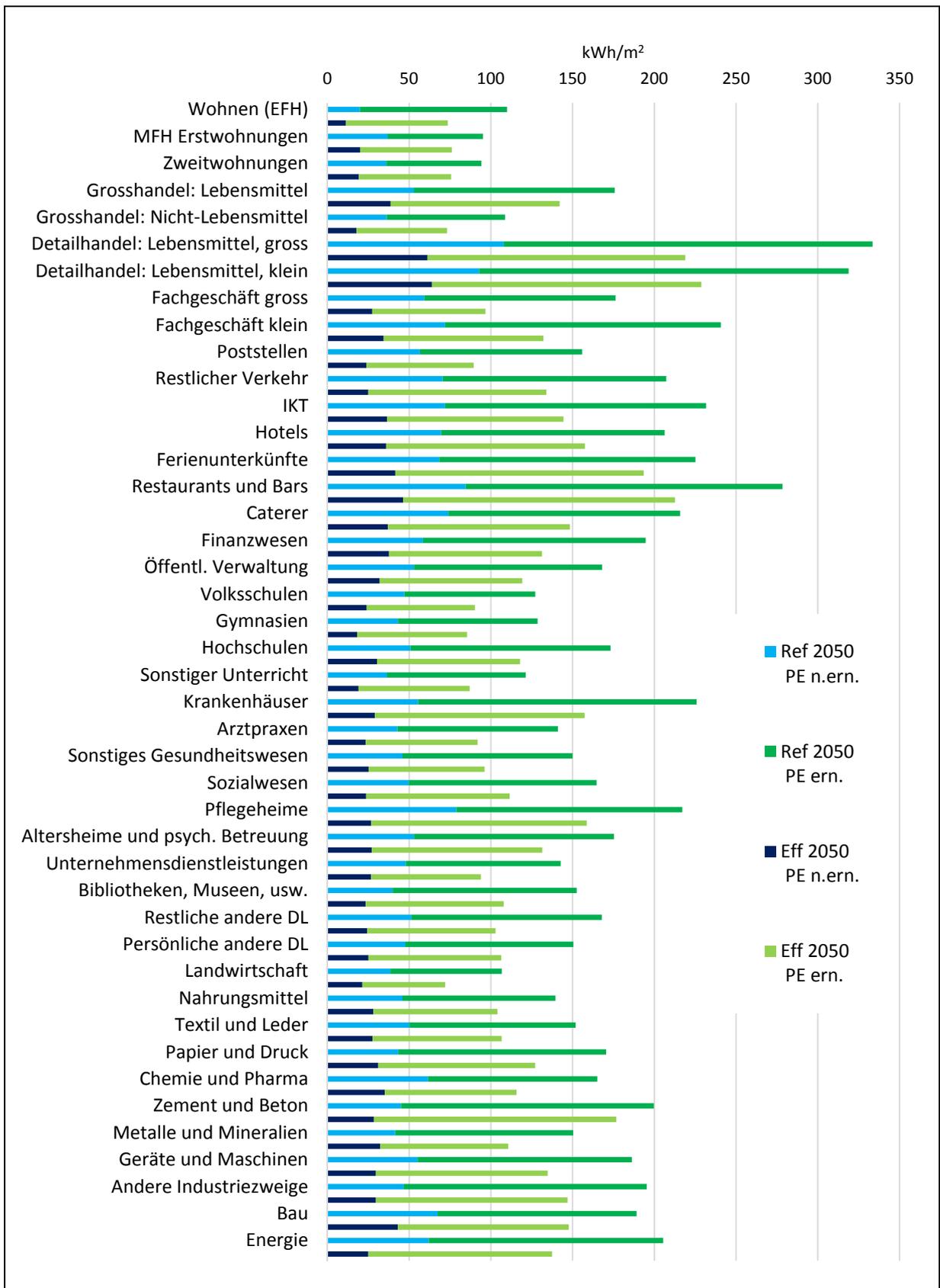
Abbildung 95 Erstellung: Nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) und erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) je Sub-Sub-Sektor in kWh/m² für Neubauten und Umbauten im Zeitraum zwischen 2045 und 2050, Effizienzscenario.



Quelle: TEP Energy

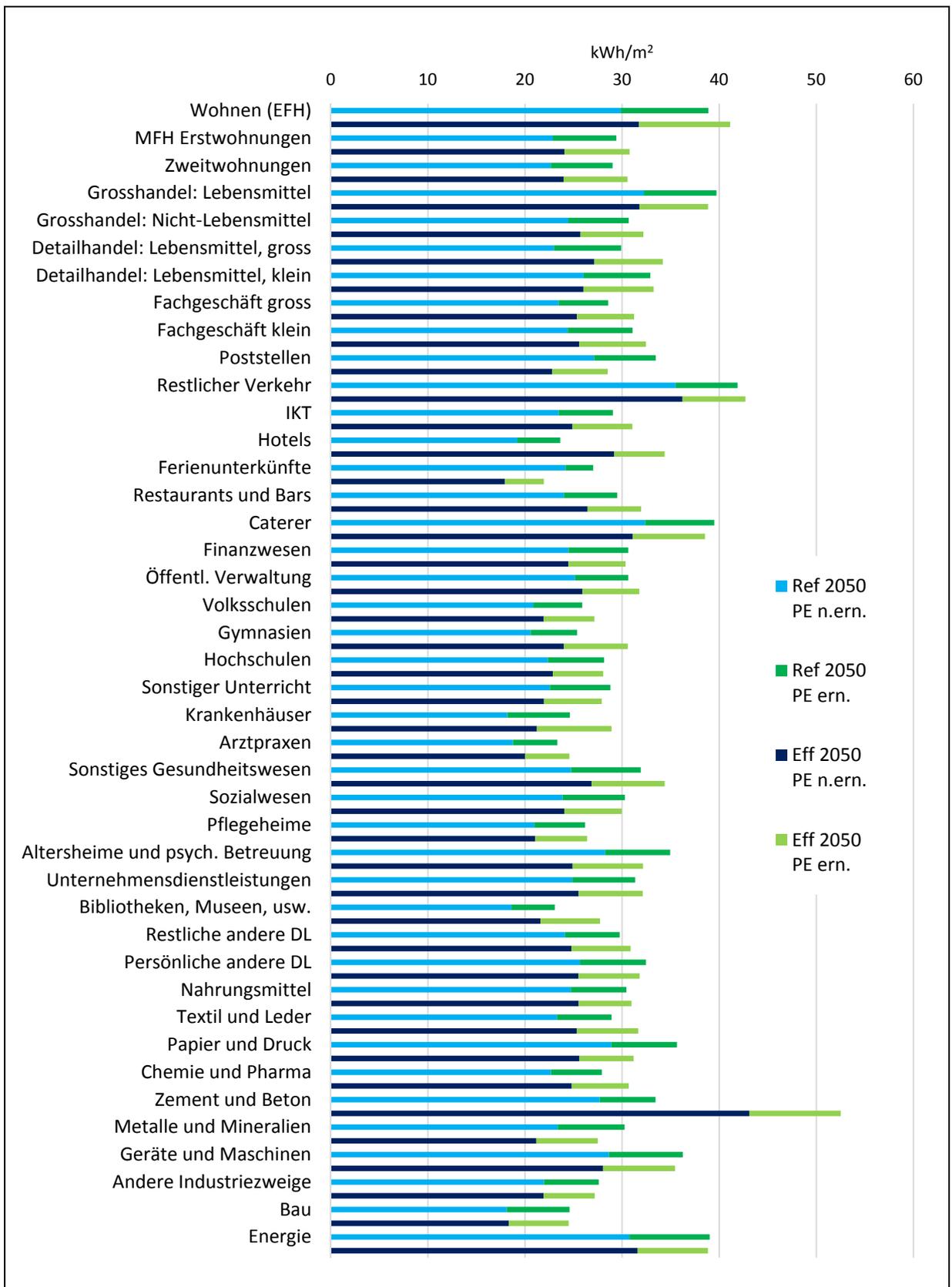
Abbildung 96 Betrieb: Nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) und erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) je Sub-Sub-Sektor aus Betriebsenergie für Neubauten und Umbauten in kWh/m² für den Zeitraum 2045-2050, Effizienzzenario.

8.6.3 Szenarien im Vergleich: Totale, nicht-erneuerbare und erneuerbare Primärenergie



Quelle: TEP Energy

Abbildung 97 Betrieb: Nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) und erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) je Sub-Sub-Sektor aus in kWh/m² für den Bestand 2050 für die beiden Szenarien.

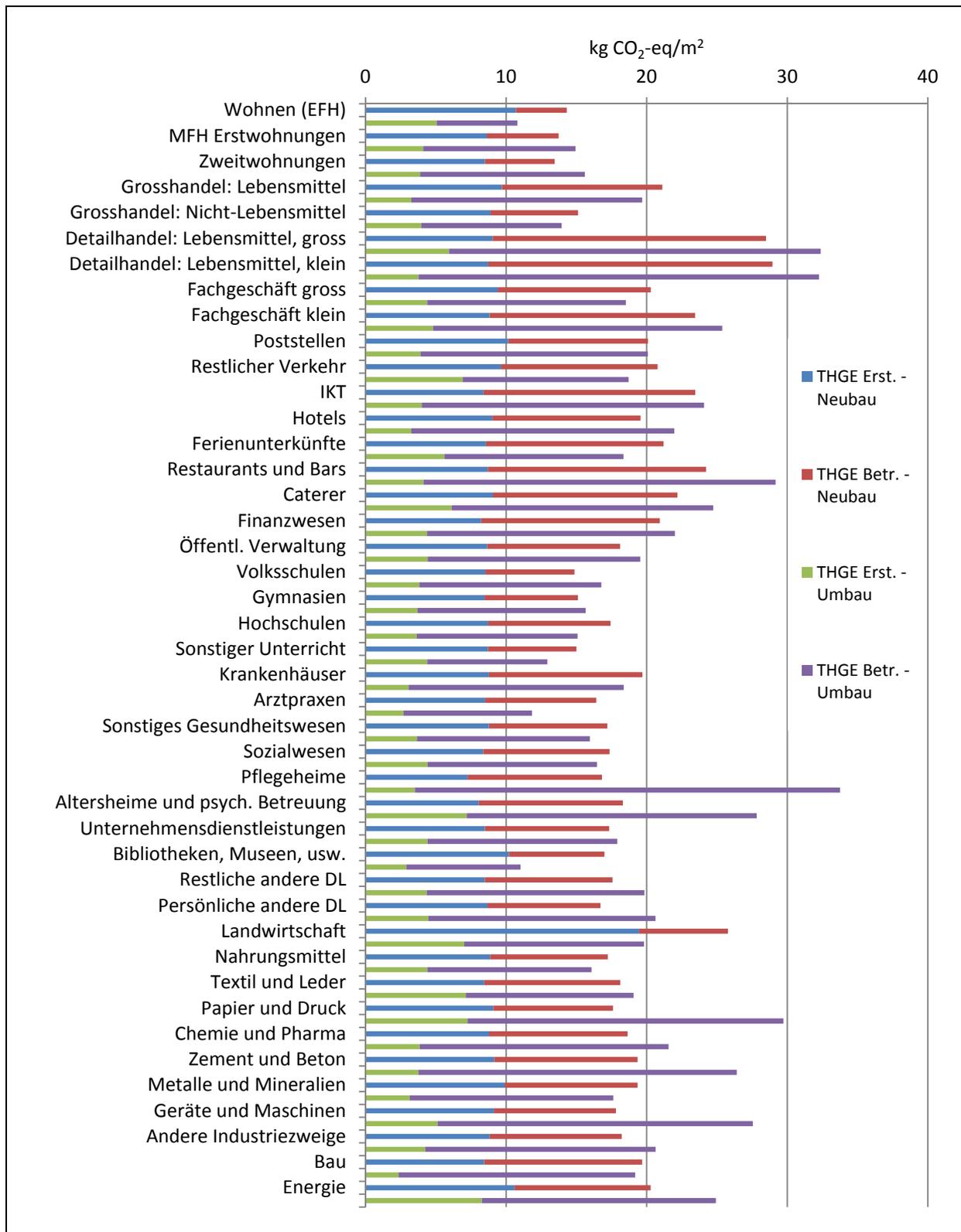


Quelle: TEP Energy

Abbildung 98 Erstellung: Nicht-erneuerbare Primärenergie (PE_{n.ern.}) und erneuerbare Primärenergie (PE_{ern.}) je Sub-Sub-Sektor aus in kWh/m² für den Bestand 2050 für die beiden Szenarien.

8.7 Flächenspezifische Treibhausgasemissionen für die beiden Szenarien

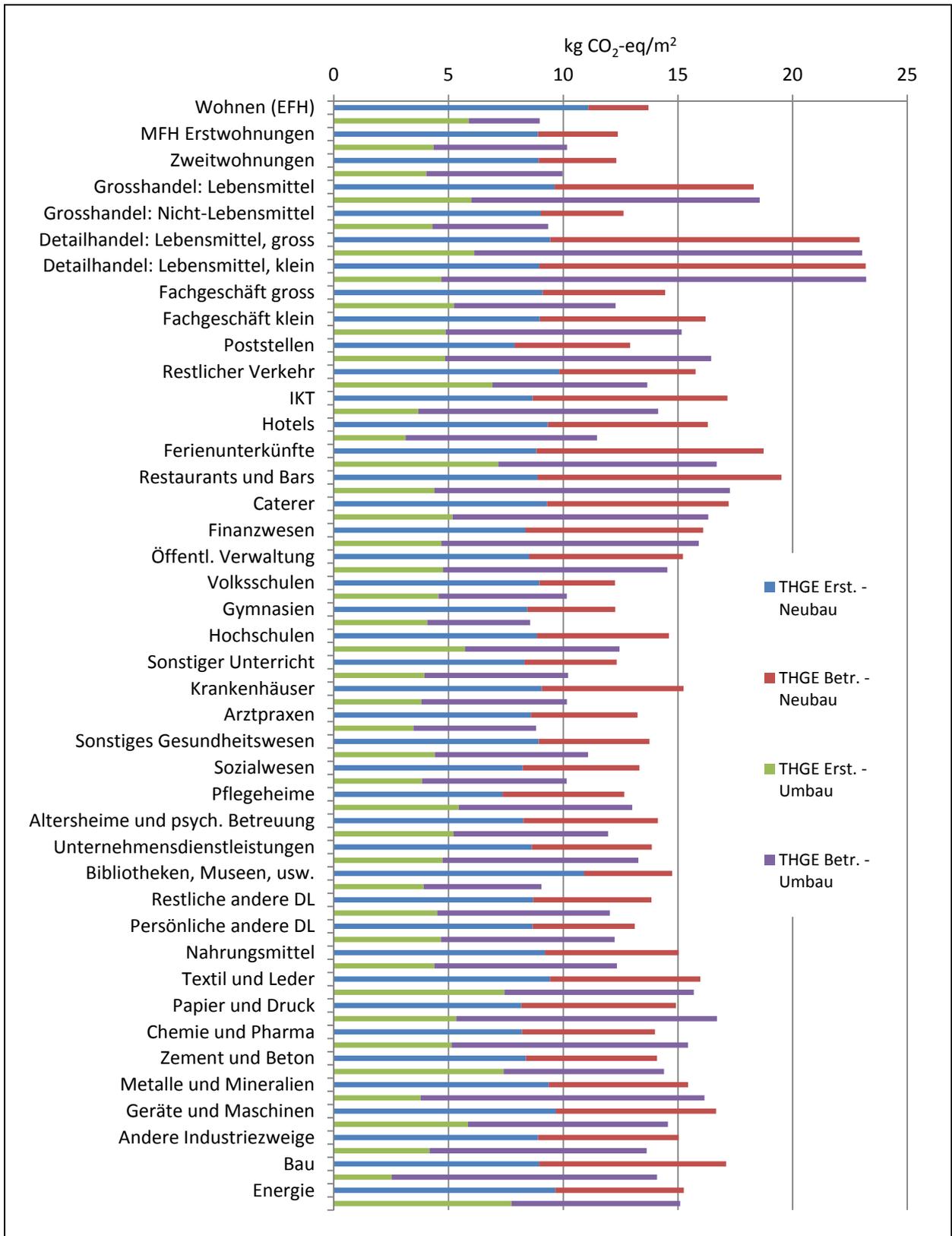
8.7.1 Referenzszenario: Treibhausgasemissionen



Quelle: TEP Energy

Abbildung 99 Erstellung und Betrieb: Treibhausgasemissionen (THGE) in kg CO₂-eq/m² für Neu- und Umbauten in den Jahren 2045 bis 2050, Referenzszenario.

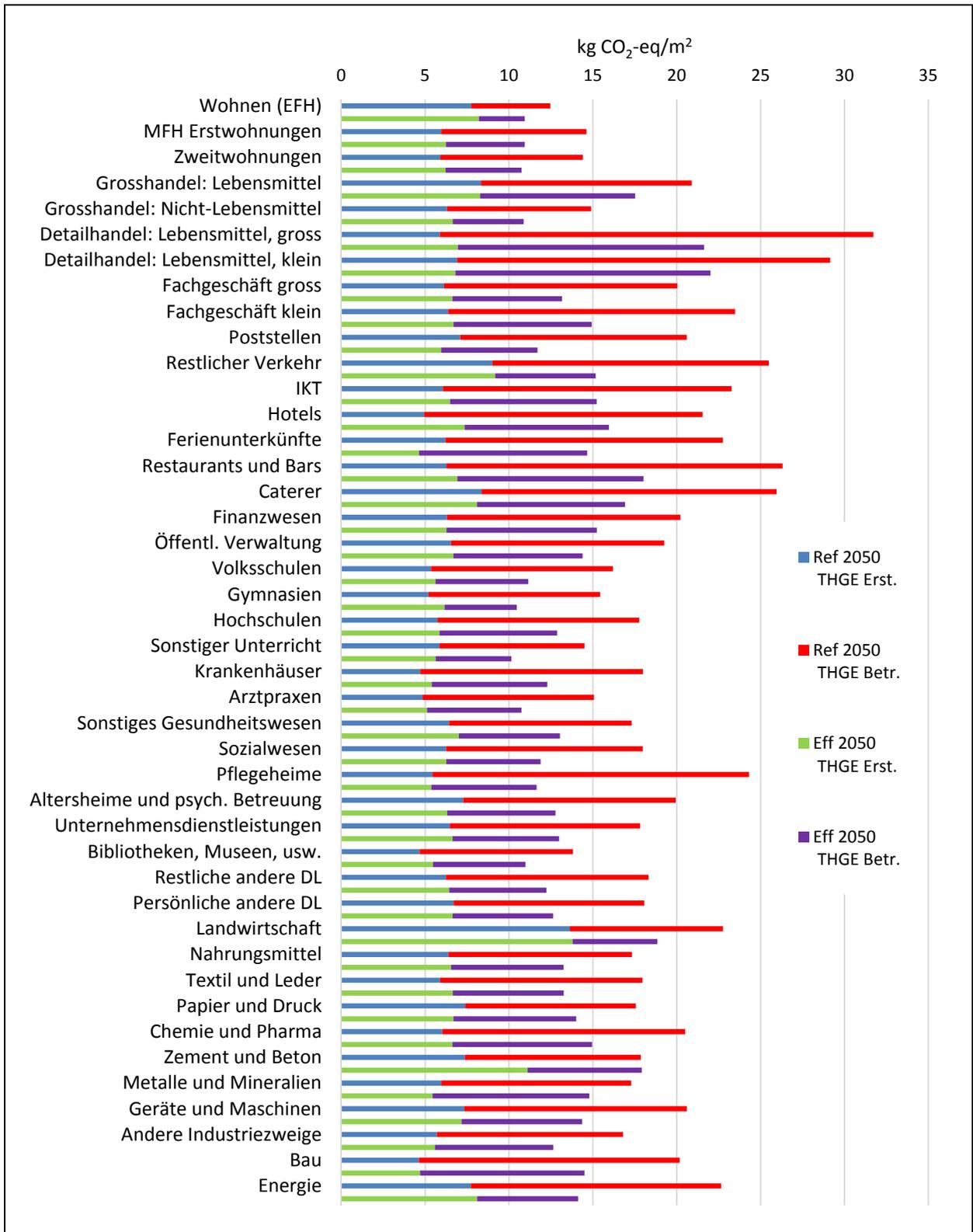
8.7.2 Effizienzscenario: Treibhausgasemissionen



Quelle: TEP Energy

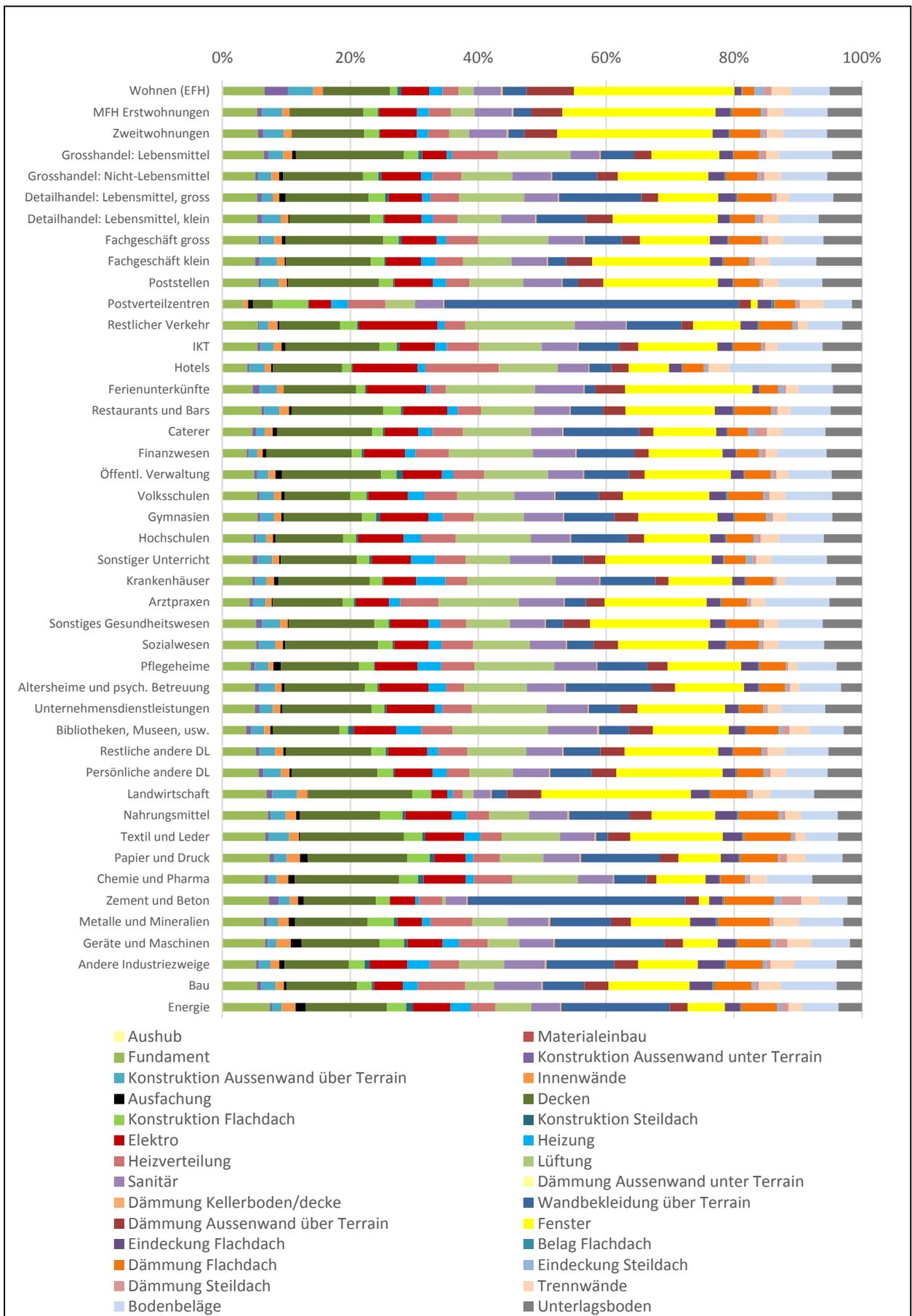
Abbildung 100 Erstellung und Betrieb: Treibhausgasemissionen (THGE) in kg CO₂-eq/m² für Neu- und Umbauten in den Jahren 2045 bis 2050, Effizienzscenario.

8.7.3 Szenarien im Vergleich: Flächenspezifische Treibhausgasemissionen



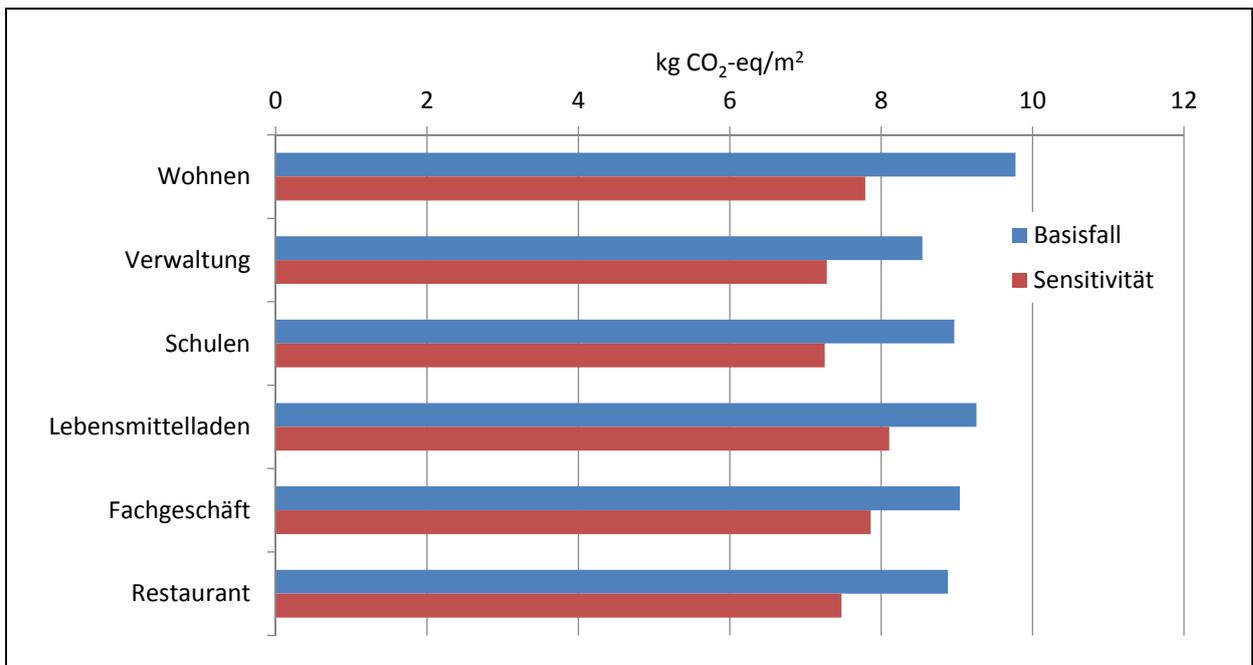
Quelle: TEP Energy

Abbildung 101 Erstellung und Betrieb: Treibhausgasemissionen (THGE) je Sub-Sub-Sektor und aufgeteilt in kg CO₂-eq/m² für den Bestand in 2050, Referenzszenario und Effizienzzenario.



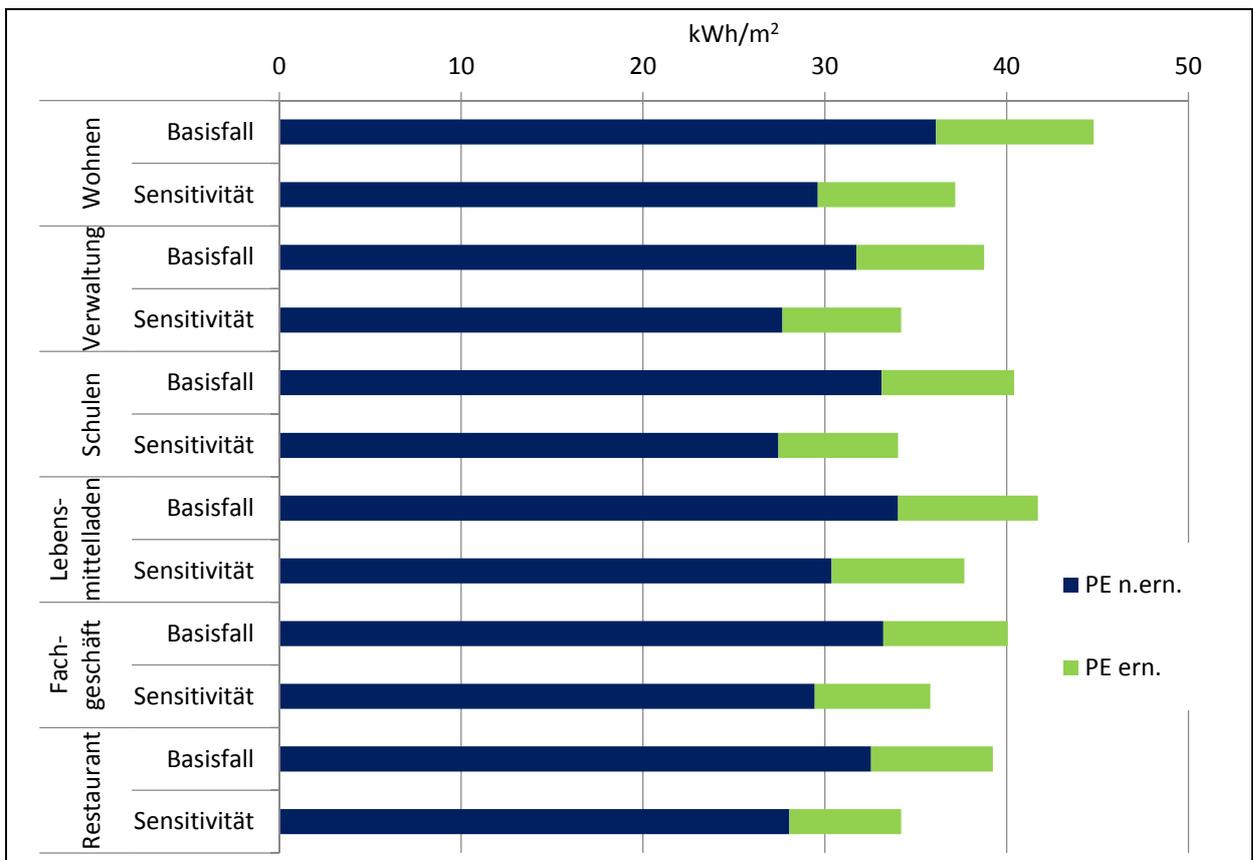
Quelle: TEP Energy

Abbildung 102 Struktur der THGE_{Erst} in kg CO₂-eq/m² für den Bestand im Jahr 2050, Effizienz-szenario.



Quelle: TEP Energy

Abbildung 103: Flächenspezifische Treibhausgasemissionen für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für Neubauten im Jahr 2050 für den Basisfall (Abschreibung gemäss SIA) und für den Sensitivitätsfall (Abschreibung gemäss Tabelle 48 im Anhang und in Anlehnung an Jakob et al. 2013).



Quelle: TEP Energy

Abbildung 104 Flächenspezifische Primärenergie für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie für Neubauten im Jahr 2050 für den Basisfall (Abschreibung gemäss SIA) und für den Sensitivitätsfall (Abschreibung gemäss Tabelle 48 im Anhang und in Anlehnung an Jakob et al. 2013b).

8.8 Ergebnistabellen spezifische Primärenergie, Endenergie, Nutzenergie und Treibhausgasemissionen

8.8.1 Gebäudekategorien gemäss SIA-Effizienzpfad

Tabelle 54 Spezifische Endenergie für den gesamten Gebäudepark und die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie, Gesamtbestand, Neubau und Umbau, 2010 und beide Szenarien in 2050.

	Gesamtbestand						Neubau						Umbau					
	2010		Ref 2050		Eff 2050		2010		Ref 2050		Eff 2050		2010		Ref 2050		Eff 2050	
	RH	WW	RH	WW	RH	WW	RH	WW	RH	WW	RH	WW	RH	WW	RH	WW	RH	WW
SIA-Gebäudekategorien	114.1	19.7	48.2	13.5	30.0	14.0	46.1	15.5	32.8	13.1	19.9	13.3	96.8	18.6	51.2	13.4	32.3	14.1
Gebäudeparks	112.2	18.2	49.2	13.1	31.9	13.6	44.9	16.0	34.2	12.6	21.5	12.8	97.2	19.3	50.7	13.2	32.9	14.2

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 55 Spezifische Endenergie nach Verwendungszwecken, für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie, Neubau und Umbau, 2010 und 2050 (beide Szenarien).

	Neubau								Umbau									
	Endenergie						Nutzenergie		Endenergie						Nutzenergie			
	Beleuchtung	Geräte	Prozessanlagen	Lüftung / Klima	Allg. Gebäudetechnik	Heizung	Warmwasser	Heizung	Warmwasser	Beleuchtung	Geräte	Prozessanlagen	Lüftung / Klima	Allg. Gebäudetechnik	Heizung	Warmwasser	Heizung	Warmwasser
2010	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²				
Wohnen	2.1	3.0	11.4	0.5	2.9	44.1	17.3	41.2	14.7	2.9	3.3	12.3	0.0	3.0	97.3	20.5	87.1	15.7
Verwaltung	14.4	17.1	5.4	20.7	20.0	46.5	8.8	35.4	6.9	18.8	15.3	5.1	12.2	19.3	95.2	9.4	83.4	7.3
Schulen	9.9	2.1	4.7	5.1	4.1	57.2	11.0	46.3	9.0	15.5	2.1	4.7	0.1	5.2	126.1	10.8	109.0	8.2
Lebensmittelladen	48.5	2.0	90.8	32.4	30.5	42.0	8.8	29.9	7.3	58.4	1.7	87.5	9.8	34.4	82.4	9.0	72.7	7.3
Fachgeschäft	59.6	1.4	3.7	33.9	8.5	48.8	7.3	36.1	5.7	78.3	1.4	3.7	13.4	8.0	100.0	13.4	81.2	9.7
Restaurant	10.7	2.8	75.7	28.7	12.1	51.5	42.3	34.4	26.2	14.6	2.8	75.7	38.4	12.1	116.1	42.1	103.7	32.4
2050 Ref																		
Wohnen	1.8	2.0	10.1	0.9	2.8	32.6	13.5	31.3	12.2	2.2	2.1	10.5	0.0	2.9	52.7	14.1	50.7	12.5
Verwaltung	12.6	12.8	3.5	21.6	18.0	33.0	8.9	27.2	7.3	14.2	12.0	2.8	19.9	17.7	43.4	8.4	41.0	6.8
Schulen	10.6	1.8	4.4	10.9	4.4	41.7	10.0	35.7	8.3	12.6	1.8	4.4	10.6	4.4	61.3	8.3	57.9	7.1
Lebensmittelladen	37.7	1.6	71.1	22.8	30.0	28.9	7.3	23.9	6.0	46.4	1.7	71.4	29.5	30.3	33.0	7.5	31.5	6.8
Fachgeschäft	52.3	1.2	2.9	32.1	7.6	31.4	7.8	26.1	6.4	64.1	1.2	2.9	28.1	7.4	39.8	8.5	37.6	6.6
Restaurant	10.1	2.5	63.8	26.2	11.0	36.6	35.8	29.5	28.8	11.9	2.5	63.8	37.2	10.7	41.9	34.8	37.6	27.5
2050 Eff																		
Wohnen	1.0	1.9	9.5	0.8	2.2	19.5	14.0	18.0	12.2	1.2	1.9	9.6	0.3	2.2	32.8	15.0	31.5	12.4
Verwaltung	4.9	12.9	3.3	9.2	13.1	20.7	8.5	15.7	7.2	6.1	12.7	2.9	9.1	13.0	28.9	8.4	27.3	6.5
Schulen	4.2	1.8	4.4	6.0	2.7	29.3	9.9	23.6	8.2	4.6	1.8	4.4	11.8	2.8	39.3	8.6	38.4	7.3
Lebensmittelladen	19.1	1.8	63.0	9.0	22.4	18.5	6.9	14.1	5.5	22.0	1.9	63.4	9.8	21.9	24.0	6.6	22.4	5.4
Fachgeschäft	27.0	1.3	2.6	9.2	4.9	19.8	7.2	15.3	6.1	32.1	1.2	2.6	9.9	5.0	24.8	8.0	23.7	7.0
Restaurant	5.7	2.5	58.3	12.5	7.1	23.9	32.8	17.8	28.7	6.8	2.5	58.3	17.7	7.2	29.9	33.9	27.3	27.9

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 56 Spezifische Primärenergie, Treibhausgasemissionen, Endenergie und Nutzenergie nach Verwendungszwecken für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie, Gesamtbestand (2010 bzw. 2050), 2010 und 2050 (beide Szenarien), Basisfall und Sensitivitätsanalyse.

	Primärenergie und Treibhausgasemissionen						Endenergie							Nutzenergie	
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	Beleuchtung	Geräte	Prozessanlagen	Lüftung / Klima	Allg. Gebäude-technik	Heizung	Warmwasser	Heizung	Warmwasser
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq / m ²	kgCO ₂ -eq / m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²				
Basisfall 2010															
Wohnen	28	257	21	219	5.6	33.3	2.9	3.1	11.7	0.1	2.9	118.0	21.2	99.1	15.1
Verwaltung	26	359	20	314	5.2	35.8	18.9	15.5	4.0	15.6	20.2	94.1	10.0	80.1	7.7
Schulen	18	254	15	225	3.6	33.8	14.9	2.1	4.7	5.3	5.0	117.7	12.3	101.3	9.6
Lebensmittelladen	26	735	20	639	5.1	51.3	56.1	2.0	90.1	19.1	31.5	85.2	8.9	71.7	6.8
Fachgeschäft	25	461	20	400	5.2	38.7	76.4	1.4	3.7	18.7	8.5	90.9	10.9	77.4	8.4
Restaurant	23	592	18	516	4.7	52.8	14.5	2.8	75.7	28.9	12.4	96.4	44.7	82.0	32.0
2050 Ref															
Wohnen	33	101	26	30	6.7	7.1	2.0	2.1	10.2	0.4	2.8	49.5	14.0	47.5	12.3
Verwaltung	31	164	24	52	6.4	12.4	13.2	12.8	3.3	20.9	18.0	40.3	8.6	36.2	7.0
Schulen	26	127	21	47	5.4	10.8	11.4	1.8	4.4	10.7	4.3	56.5	10.7	51.9	8.9
Lebensmittelladen	31	328	24	102	6.3	24.5	43.3	1.8	72.1	27.8	29.3	39.5	6.5	35.7	5.3
Fachgeschäft	30	206	24	65	6.2	15.4	54.9	1.3	3.0	29.9	7.6	38.2	9.3	34.6	7.3
Restaurant	30	278	24	85	6.3	20.0	11.3	2.5	63.8	31.4	11.0	43.0	36.1	37.9	29.3
2050 Eff															
Wohnen	35	75	27	17	7.0	3.9	1.1	1.9	9.6	0.5	2.2	30.3	14.7	28.7	12.3
Verwaltung	31	110	25	29	6.5	7.0	5.6	12.8	3.0	9.4	13.2	27.0	8.8	23.9	6.9
Schulen	27	90	22	24	5.6	5.5	4.8	1.8	4.4	8.8	2.8	39.4	9.8	36.3	8.1
Lebensmittelladen	34	223	27	62	6.9	14.9	20.6	1.8	63.1	9.7	22.3	26.4	6.5	23.1	5.1
Fachgeschäft	32	113	25	31	6.7	7.3	29.5	1.3	2.6	9.7	5.0	25.8	7.4	23.0	6.1
Restaurant	32	213	26	46	6.9	11.1	6.2	2.5	58.3	15.3	7.1	28.4	35.4	24.7	29.4
Sensitivität 2010															
Wohnen	28	257	21	219	5.5	33.3	2.9	3.1	11.7	0.1	2.9	118.0	21.2	99.1	15.1
Verwaltung	26	359	21	314	5.3	35.8	18.9	15.5	4.0	15.6	20.2	94.1	10.0	80.1	7.7
Schulen	19	254	15	225	3.8	33.8	14.9	2.1	4.7	5.3	5.0	117.7	12.3	101.3	9.6
Lebensmittelladen	28	735	22	639	5.9	51.3	56.1	2.0	90.1	19.1	31.5	85.2	8.9	71.7	6.8
Fachgeschäft	26	461	20	400	5.3	38.7	76.4	1.4	3.7	18.7	8.5	90.9	10.9	77.4	8.4
Restaurant	23	592	18	516	4.8	52.8	14.5	2.8	75.7	28.9	12.4	96.4	44.7	82.0	32.0
2050 Ref															
Wohnen	31	101	24	30	6.2	7.1	2.0	2.1	10.2	0.4	2.8	49.5	14.0	47.5	12.3
Verwaltung	29	164	23	52	6.0	12.4	13.2	12.8	3.3	20.9	18.0	40.3	8.6	36.2	7.0
Lebensmittelladen	30	328	23	102	6.0	24.5	43.3	1.8	72.1	27.8	29.3	39.5	6.5	35.7	5.3
Fachgeschäft	29	206	24	65	6.2	15.4	54.9	1.3	3.0	29.9	7.6	38.2	9.3	34.6	7.3
Restaurant	29	278	24	85	6.2	20.0	11.3	2.5	63.8	31.4	11.0	43.0	36.1	37.9	29.3
2050 Eff															
Wohnen	33	75	25	17	6.5	3.9	1.1	1.9	9.6	0.5	2.2	30.3	14.7	28.7	12.3
Verwaltung	30	110	24	29	6.2	7.0	5.6	12.8	3.0	9.4	13.2	27.0	8.8	23.9	6.9
Schulen	26	90	21	24	5.3	5.5	4.8	1.8	4.4	8.8	2.8	39.4	9.8	36.3	8.1
Lebensmittelladen	33	223	26	62	6.8	14.9	20.6	1.8	63.1	9.7	22.3	26.4	6.5	23.1	5.1
Fachgeschäft	31	113	25	31	6.5	7.3	29.5	1.3	2.6	9.7	5.0	25.8	7.4	23.0	6.1
Restaurant	31	213	26	46	6.7	11.1	6.2	2.5	58.3	15.3	7.1	28.4	35.4	24.7	29.4

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 57 Spezifische Primärenergie und Treibhausgasemissionen für die Gebäudekategorien des SIA-Effizienzpfades Energie, Neu- und Umbau für die Jahre 2010 und 2050 (beide Szenarien), Basisfall und Sensitivitätsanalyse.

	Neubau						Umbau					
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²
Basisfall 2010												
Wohnen	46	130	38	74	10.4	6.1	26	211	19	164	4.6	22.6
Verwaltung	44	229	36	149	9.9	12.6	23	277	17	222	4.1	26.9
Schulen	42	148	35	75	9.6	7.0	21	206	16	157	3.8	24.5
Lebensmittelladen	52	498	45	366	12.5	26.3	20	497	15	404	3.7	40.5
Fachgeschäft	51	346	43	245	11.9	16.7	23	320	17	239	4.1	27.1
Restaurant	45	393	38	246	10.4	19.0	22	473	16	396	3.9	46.7
2050 Ref												
Wohnen	43	88	35	25	9.5	4.5	26	116	19	45	4.5	8.8
Verwaltung	38	170	32	58	8.5	9.9	23	188	18	80	4.3	14.8
Schulen	38	117	31	36	8.5	6.3	20	134	16	64	3.8	12.9
Lebensmittelladen	40	334	33	122	8.9	19.7	26	363	22	154	5.1	27.2
Fachgeschäft	41	214	34	76	9.1	12.6	24	227	19	95	4.6	17.1
Restaurant	39	288	32	93	8.7	15.5	24	331	17	138	4.1	25.1
2050 Eff												
Wohnen	45	68	36	18	9.8	3.1	28	88	21	26	5.0	4.7
Verwaltung	39	110	32	36	8.5	6.0	25	126	19	49	4.5	8.9
Schulen	40	79	33	19	9.0	3.3	23	102	19	31	4.6	5.6
Lebensmittelladen	42	237	34	85	9.3	13.8	29	256	23	103	5.6	17.5
Fachgeschäft	40	112	33	37	9.0	6.2	26	131	21	48	5.1	8.6
Restaurant	39	220	33	66	8.9	10.6	25	251	19	78	4.4	12.9
Sensitivität 2010												
Wohnen	38	137	31	74	8.3	6.1	28	219	21	164	5.3	22.6
Verwaltung	39	246	32	149	8.5	12.6	25	292	18	222	4.7	26.9
Schulen	36	157	29	75	7.9	7.0	23	215	17	157	4.4	24.5
Lebensmittelladen	48	539	41	366	11.4	26.3	21	529	16	404	4.0	40.5
Fachgeschäft	46	369	39	245	10.5	16.7	25	340	19	239	5.0	27.1
Restaurant	40	422	33	246	8.8	19.0	24	499	18	396	4.6	46.7
2050 Ref												
Wohnen	36	88	29	25	7.5	4.5	28	259	21	220	5.5	33.4
Verwaltung	34	170	28	58	7.2	9.9	26	352	21	309	5.3	35.5
Lebensmittelladen	36	334	29	122	7.8	19.7	28	735	22	639	5.9	51.3
Fachgeschäft	37	214	30	76	8.0	12.6	26	461	20	400	5.3	38.7
Restaurant	34	288	27	93	7.3	15.5	23	592	18	516	4.8	52.8
2050 Eff												
Wohnen	37	68	30	18	7.8	3.1	29	88	22	26	5.6	4.7
Verwaltung	34	110	28	36	7.3	6.0	26	126	20	49	5.1	8.9
Schulen	34	79	27	19	7.3	3.3	22	102	18	31	4.5	5.6
Lebensmittelladen	38	237	30	85	8.1	13.8	29	256	23	103	5.7	17.5
Fachgeschäft	36	112	29	37	7.9	6.2	27	131	21	48	5.4	8.6
Restaurant	34	220	28	66	7.5	10.6	27	251	21	78	5.2	12.9

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

8.8.2 Sub-Subsektoren

Tabelle 58 Spezifischer Primärenergieverbrauch, THGE und Endenergie nach Verwendungszwecken, Gesamtbestand 2010.

	Spezifischer Verbrauch Gesamtbestand 2010						Gesamtbestand 2010 Endenergie						
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	Be- leuch- tung	Geräte	Pro- zessan- lagen	Lüftung / Klima	Allg. Gebäude- technik	Heizung	Warm- wasser
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Wohnen (EFH)	33	312	25	255	6.5	37.4	2.6	2.3	8.5	0.1	2.5	157.1	18.4
MFH Erstwohnungen	26	224	19	197	5.0	30.8	3.0	3.6	13.6	0.0	3.2	93.7	23.0
Zweitwohnungen	25	224	19	197	4.9	31.8	3.1	3.8	14.1	0.0	1.7	97.3	23.1
Grosshandel: Lebensmittel	29	437	22	379	5.3	33.7	8.7	3.9	69.4	7.4	20.5	71.1	6.3
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	26	238	20	211	5.3	30.4	11.5	3.1	10.0	4.3	6.9	98.2	5.8
Detailhandel: Lebensmittel, gross	26	718	20	623	5.1	48.1	51.2	2.4	93.5	22.6	28.0	77.3	6.0
Detailhandel: Lebensmittel, klein	26	765	20	667	5.2	56.9	64.5	1.3	84.3	13.1	37.4	99.0	13.9
Fachgeschäft gross	26	375	21	327	5.4	33.4	53.4	1.8	4.1	17.8	8.5	84.2	10.2
Fachgeschäft klein	25	560	19	484	5.0	44.9	102.8	0.9	3.2	19.8	8.5	98.6	11.7
Poststellen	21	345	14	310	3.5	42.0	27.1	5.6	4.3	13.5	12.1	114.2	8.7
Postverteilzentren	40	447	31	400	8.0	44.2	11.1	4.2	3.2	31.5	50.4	110.3	3.2
Restlicher Verkehr	30	421	25	373	6.4	44.1	34.2	4.7	3.7	23.3	17.6	99.1	31.9
IKT	27	479	21	420	5.5	41.0	16.2	21.1	2.4	35.0	39.5	91.7	7.7
Hotels	18	409	15	354	3.7	40.9	18.6	2.8	38.3	11.2	9.8	100.0	29.4
Ferienunterkünfte	27	554	19	500	4.7	64.8	14.8	5.3	77.8	4.4	7.2	154.4	15.7
Restaurants und Bars	23	592	18	516	4.7	52.8	14.5	2.8	75.7	28.9	12.4	96.4	44.7
Caterer	32	435	26	384	6.8	40.2	12.3	1.4	35.5	28.7	21.2	91.1	12.0
Finanzwesen	25	413	19	358	4.9	34.6	18.3	28.8	2.6	24.2	22.8	82.8	6.1
Öffentl. Verwaltung	28	374	23	330	5.8	38.9	17.4	20.6	10.0	10.9	19.4	104.6	4.5
Volksschulen	18	254	15	225	3.6	33.8	14.9	2.1	4.7	5.3	5.0	117.7	12.3
Gymnasien	19	256	15	232	3.7	39.1	14.7	2.5	4.7	1.4	4.7	122.9	10.6
Hochschulen	23	337	18	299	4.6	42.0	16.3	5.6	10.6	10.4	8.3	140.1	9.2
Sonstiger Unterricht	23	257	17	225	4.5	32.1	15.2	3.7	7.2	4.9	4.3	106.5	12.6
Krankenhäuser	20	453	14	411	3.3	54.1	17.1	6.1	24.5	20.0	16.0	108.0	58.3
Arztpraxen	19	264	15	238	3.9	32.2	11.1	3.3	6.3	9.8	14.9	91.0	13.2
Sonstiges Gesundheitswesen	30	363	23	308	5.9	37.9	20.2	4.4	7.3	13.7	20.2	112.9	14.4
Sozialwesen	22	363	16	308	4.2	39.0	20.7	2.6	9.7	13.7	16.0	115.4	23.8
Pflegeheime	24	404	18	361	4.7	50.2	18.1	1.8	9.5	11.7	26.2	116.1	45.6
Altersheime und psych. Betreuung	30	386	23	341	5.9	42.7	15.4	2.8	15.5	5.4	25.5	117.8	24.6
Unternehmensdienstleistungen	27	303	21	265	5.4	31.2	17.9	13.1	1.8	9.7	17.7	85.9	8.3
Bibliotheken, Museen, etc.	14	447	12	355	2.8	30.4	24.6	6.4	0.7	12.0	13.6	153.3	6.5
Restliche andere DL	25	372	20	322	5.0	40.3	30.1	5.1	0.9	12.9	14.2	130.9	9.2
Persönliche andere DL	29	363	22	324	5.6	43.1	30.9	3.3	0.6	14.3	12.4	112.8	23.4
Landwirtschaft	53	247	40	215	10.6	26.9	15.8	0.3	3.6	5.1	18.0	82.3	8.1
Nahrungsmittel	27	299	22	268	5.6	32.4	13.3	9.0	3.7	4.0	31.2	83.2	5.6
Textil und Leder	22	310	18	276	4.7	32.1	22.8	9.5	3.9	5.0	24.5	80.1	6.3
Papier und Druck	28	420	23	363	5.9	45.0	23.2	11.3	4.7	15.9	25.8	138.2	6.3
Chemie und Pharma	26	345	21	306	5.6	33.7	16.5	10.2	4.2	16.5	26.4	89.1	4.0
Zement und Beton	28	451	26	418	7.2	65.3	22.9	7.8	3.2	10.6	26.3	184.1	2.4
Metalle und Mineralien	17	322	11	286	2.6	34.2	23.6	9.0	3.7	11.2	24.2	122.9	6.0
Geräte und Maschinen	42	360	34	310	9.0	36.9	21.1	12.1	5.0	9.0	24.1	113.7	3.8
Andere Industriezweige	31	396	21	347	5.2	41.6	24.9	9.0	3.7	11.7	26.5	123.5	6.9
Bau	23	391	17	333	4.4	33.4	20.9	27.6	11.3	3.7	23.3	100.7	6.5
Energie	31	505	23	443	5.6	53.4	23.8	10.3	4.2	16.7	24.7	173.1	4.0

Tabelle 59 Spezifische Primärenergie und Treibhausgasemissionen, Neu- und Umbau 2010.

	Neubau 2010						Umbau 2010					
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²
Wohnen (EFH)	52	139	42	77	11.6	5.3	30	261	22	193	5.2	23.1
MFH Erstwohnungen	42	124	35	72	9.7	6.7	24	181	18	145	4.2	22.3
Zweitwohnungen	42	122	34	69	9.6	6.7	23	182	16	149	3.9	23.5
Grosshandel: Lebensmittel	43	258	35	186	9.5	15.0	17	304	12	254	2.9	25.4
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	46	131	38	78	10.4	7.6	25	191	20	154	4.9	22.9
Detailhandel: Lebensmittel, gross	55	500	48	367	13.2	26.1	17	469	13	385	3.2	38.2
Detailhandel: Lebensmittel, klein	48	495	41	364	11.4	26.8	26	545	19	437	4.4	44.5
Fachgeschäft gross	53	288	46	201	12.8	14.0	24	310	16	220	4.1	21.5
Fachgeschäft klein	48	412	40	296	10.9	19.7	22	333	17	261	4.2	33.6
Poststellen	40	210	33	136	9.2	10.9	28	283	18	205	4.0	25.3
Postverteilzentren	44	222	39	182	11.0	23.0	67	107	45	52	10.7	19.2
Restlicher Verkehr	86	300	76	175	21.3	14.0	28	355	20	250	4.7	25.3
IKT	43	290	36	195	9.7	17.7	27	368	19	298	4.7	32.7
Hotels	46	266	39	160	11.5	12.5	15	305	14	260	3.2	34.0
Ferienunterkünfte	38	326	30	226	8.3	17.2	20	433	14	378	3.5	47.7
Restaurants und Bars	45	393	38	246	10.4	19.0	22	473	16	396	3.9	46.7
Caterer	42	277	35	179	9.6	14.9	23	398	19	321	4.4	33.8
Finanzwesen	45	289	39	199	10.4	15.6	23	268	16	216	4.0	24.8
Öffentl. Verwaltung	43	229	36	151	9.9	12.2	25	305	18	262	4.2	33.7
Volksschulen	42	148	35	75	9.6	7.0	21	206	16	157	3.8	24.5
Gymnasien	52	152	44	86	12.2	8.6	20	176	15	151	3.6	24.2
Hochschulen	42	205	35	120	9.5	10.8	21	303	16	189	3.8	25.4
Sonstiger Unterricht	43	158	35	87	9.8	8.4	21	188	15	152	3.7	25.3
Krankenhäuser	49	304	40	156	11.1	11.5	32	368	22	305	5.1	43.9
Arztpraxen	42	164	35	98	9.5	10.9	22	332	16	245	3.7	23.0
Sonstiges Gesundheitswesen	46	196	37	118	10.3	10.1	23	294	18	226	4.6	24.2
Sozialwesen	43	208	35	122	9.6	10.7	26	276	17	165	3.9	17.8
Pflegeheime	37	289	31	146	8.5	10.9	23	303	15	271	3.8	45.9
Altersheime und psych. Betreuung	37	236	30	137	8.4	12.0	24	298	18	258	4.3	40.5
Unternehmensdienstleistungen	44	203	36	132	9.9	11.3	22	250	16	201	4.0	23.9
Bibliotheken, Museen, etc.	50	211	42	117	11.6	10.7	19	218	13	141	3.1	12.2
Restliche andere DL	47	208	40	125	10.9	10.3	18	222	14	183	3.4	28.6
Persönliche andere DL	43	202	35	121	9.7	10.0	22	221	17	184	4.0	31.7
Landwirtschaft	95	130	79	84	22.5	7.6	40	147	26	133	6.1	26.7
Nahrungsmittel	45	174	38	115	10.2	10.3	22	255	17	206	4.2	24.9
Textil und Leder	45	202	37	129	10.3	10.9	14	249	12	213	2.7	26.5
Papier und Druck	55	196	45	106	12.4	9.4	18	381	17	347	4.0	57.6
Chemie und Pharma	42	213	36	126	9.5	11.5	16	265	14	228	3.3	31.3
Zement und Beton	35	207	28	107	7.6	8.6	28	265	24	214	6.7	41.9
Metalle und Mineralien	44	198	39	124	10.2	12.5	23	261	14	207	3.4	25.6
Geräte und Maschinen	58	205	49	121	13.1	10.8	24	276	18	205	4.4	28.1
Andere Industriezweige	42	203	34	119	9.2	10.5	26	327	18	248	4.4	30.1
Bau	41	240	34	159	9.4	13.7	23	289	15	221	3.9	22.4
Energie	49	229	43	124	11.9	10.7	21	265	18	204	4.5	25.5

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 60 Spezifische Primärenergie, Treibhausgasemissionen und Endenergie nach Verwendungszwecken, Gesamtbestand, Referenzszenario 2050.

	Gesamtbestand 2050 Ref						Gesamtbestand 2050 Ref Endenergie						
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	Be- leuch- tung	Geräte	Pro- zessan- lagen	Lüftung / Klima- tisierung	Allg. Gebäu- detechnik	Heizung	Warm- wasser
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Wohnen (EFH)	39	110	30	20	7.7	4.7	1.8	1.8	7.5	0.5	2.3	63.4	11.6
MFH Erstwohnungen	29	95	23	37	6.0	8.7	2.2	2.3	12.0	0.3	3.2	40.2	15.6
Zweitwohnungen	29	94	23	36	5.9	8.5	2.2	2.3	12.4	0.2	1.6	41.2	15.4
Grosshandel: Lebensmittel	40	176	32	53	8.3	12.6	6.1	3.4	55.5	5.9	18.8	26.2	4.4
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	31	109	24	36	6.3	8.6	8.7	2.7	8.0	7.8	6.3	43.3	5.4
Detailhandel: Lebensmittel, gross	30	333	23	108	5.9	25.8	41.0	2.2	74.8	32.6	26.2	41.6	5.3
Detailhandel: Lebensmittel, klein	33	319	26	93	6.9	22.2	47.2	1.1	67.4	19.5	34.6	36.0	8.5
Fachgeschäft gross	29	176	23	59	6.1	13.9	38.2	1.7	3.3	28.7	7.6	35.6	9.7
Fachgeschäft klein	31	241	24	72	6.4	17.1	74.0	0.8	2.6	31.3	7.6	41.2	8.9
Poststellen	33	156	27	57	7.1	13.5	19.9	4.4	3.5	24.5	10.6	40.8	7.9
Postverteilzentren	50	265	40	126	9.8	29.7	7.5	3.3	2.6	58.0	39.4	74.9	3.3
Restlicher Verkehr	42	207	36	70	9.0	16.5	27.4	3.7	2.9	28.7	14.3	46.2	29.8
IKT	29	232	23	72	6.1	17.2	11.3	18.2	1.9	46.2	34.2	41.3	6.9
Hotels	24	206	19	70	4.9	16.6	13.7	2.4	33.4	15.8	8.6	50.6	27.0
Ferienunterkünfte	27	225	24	69	6.2	16.5	9.2	4.7	67.8	5.5	6.0	52.9	12.6
Restaurants und Bars	30	278	24	85	6.3	20.0	11.3	2.5	63.8	31.4	11.0	43.0	36.1
Caterer	39	216	32	74	8.4	17.6	9.6	1.2	29.9	37.1	18.8	43.8	11.4
Finanzwesen	31	195	24	58	6.3	13.9	12.8	24.5	2.1	33.2	21.0	35.3	6.1
Öffentl. Verwaltung	31	168	25	53	6.5	12.7	11.8	17.7	8.4	16.4	17.8	41.9	5.6
Volksschulen	26	127	21	47	5.4	10.8	11.4	1.8	4.4	10.7	4.3	56.5	10.7
Gymnasien	25	129	21	43	5.2	10.2	11.7	2.0	4.4	12.0	4.3	54.0	9.9
Hochschulen	28	173	22	51	5.7	12.0	12.3	4.6	9.9	21.0	7.3	66.0	9.4
Sonstiger Unterricht	29	121	23	36	5.9	8.6	10.7	3.1	6.7	9.8	3.8	47.9	10.9
Krankenhäuser	25	226	18	56	4.7	13.3	13.4	5.1	21.8	18.9	13.8	50.6	44.1
Arztpraxen	23	141	19	43	4.8	10.2	9.2	2.8	5.2	15.9	13.4	49.8	9.8
Sonstiges Gesundheitswesen	32	150	25	46	6.4	10.9	14.7	3.7	6.1	15.0	16.9	42.5	10.7
Sozialwesen	30	165	24	50	6.2	11.7	15.1	2.2	8.7	15.5	13.7	48.7	19.3
Pflegeheime	26	217	21	79	5.4	18.9	13.9	1.6	8.5	15.0	22.0	60.5	42.8
Altersheime und psych. Betreuung	35	175	28	53	7.3	12.7	11.1	2.4	13.7	9.3	20.8	51.0	22.6
Unternehmensdienstleistungen	31	143	25	48	6.5	11.4	12.4	11.1	1.4	16.2	16.5	37.9	7.3
Bibliotheken, Museen, etc.	23	152	19	40	4.7	9.1	18.0	5.3	0.6	11.4	12.5	60.5	7.5
Restliche andere DL	30	168	24	51	6.2	12.1	22.8	4.2	0.7	20.8	12.6	54.7	8.3
Persönliche andere DL	32	151	26	48	6.7	11.4	21.8	2.7	0.5	14.8	11.3	43.2	17.6
Landwirtschaft	63	107	50	38	13.6	9.1	11.8	0.1	2.9	6.3	16.7	34.9	6.0
Nahrungsmittel	30	140	25	46	6.4	10.9	10.0	8.1	2.9	5.6	28.7	40.1	4.7
Textil und Leder	29	152	23	50	5.9	12.1	16.2	8.5	3.1	12.7	21.8	39.7	5.7
Papier und Druck	36	171	29	43	7.4	10.2	16.5	10.2	3.7	9.6	22.9	58.8	5.2
Chemie und Pharma	28	165	23	62	6.0	14.5	12.7	9.2	3.4	18.4	24.3	47.1	4.1
Zement und Beton	33	200	28	45	7.4	10.5	16.6	7.0	2.6	8.1	23.9	93.1	2.2
Metalle und Mineralien	30	150	23	41	6.0	11.3	15.1	8.1	3.0	9.6	22.9	64.2	3.4
Geräte und Maschinen	36	186	29	55	7.3	13.3	16.1	10.9	4.0	8.1	22.5	73.8	3.8
Andere Industriezweige	28	195	22	47	5.7	11.1	18.5	8.1	2.9	11.9	23.6	67.3	13.6
Bau	25	189	18	67	4.6	15.5	17.8	24.8	9.0	6.4	20.4	57.1	5.5
Energie	39	205	31	62	7.7	14.9	18.5	9.2	3.4	13.8	23.4	82.0	1.2

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 61 Spezifische Primärenergie und Treibhausgasemissionen, Neu- und Umbau, Referenzszenario 2050.

	Neubau 2050 Ref						Umbau 2050 Ref					
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst. kgCO ₂ -eq/m ²	THGE Betr. kgCO ₂ -eq/m ²	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst. kgCO ₂ -eq/m ²	THGE Betr. kgCO ₂ -eq/m ²
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²
Wohnen (EFH)	50	90	40	22	10.7	3.6	29	129	21	33	5.1	5.7
MFH Erstwohnungen	39	87	32	28	8.6	5.1	24	107	17	53	4.1	10.8
Zweitwohnungen	38	85	31	27	8.5	5.0	22	106	16	56	3.9	11.7
Grosshandel: Lebensmittel	44	186	36	70	9.7	11.4	17	200	14	93	3.3	16.4
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	40	103	33	35	8.9	6.2	23	110	17	51	4.0	10.0
Detailhandel: Lebensmittel, gross	41	331	33	120	9.0	19.5	29	354	25	151	5.9	26.4
Detailhandel: Lebensmittel, klein	39	339	32	124	8.7	20.2	21	377	16	159	3.8	28.5
Fachgeschäft gross	42	186	35	65	9.4	10.9	24	190	18	78	4.4	14.1
Fachgeschäft klein	40	247	32	88	8.8	14.6	26	269	19	115	4.8	20.6
Poststellen	45	153	38	57	10.2	9.9	26	174	17	87	3.9	16.2
Postverteilzentren	113	193	96	63	25.5	10.8	50	317	40	155	9.6	24.2
Restlicher Verkehr	44	222	36	68	9.6	11.2	32	225	27	69	6.9	11.8
IKT	38	251	31	91	8.4	15.0	22	261	17	115	4.0	20.1
Hotels	39	196	33	62	9.0	10.5	18	234	14	103	3.3	18.7
Ferienunterkünfte	37	238	30	78	8.6	12.6	30	289	24	82	5.6	12.7
Restaurants und Bars	39	288	32	93	8.7	15.5	24	331	17	138	4.1	25.1
Caterer	40	216	33	77	9.1	13.1	31	233	25	99	6.1	18.6
Finanzwesen	37	212	31	76	8.2	12.7	24	216	18	95	4.4	17.6
Öffentl. Verwaltung	39	172	32	57	8.7	9.5	24	208	18	85	4.4	15.1
Volksschulen	38	117	31	36	8.5	6.3	20	134	16	64	3.8	12.9
Gymnasien	38	118	31	37	8.5	6.6	20	142	16	60	3.7	12.0
Hochschulen	39	158	32	50	8.7	8.7	20	190	16	66	3.6	11.4
Sonstiger Unterricht	39	118	32	36	8.7	6.3	24	122	18	47	4.4	8.6
Krankenhäuser	40	225	32	64	8.8	10.9	21	234	13	80	3.1	15.3
Arztpraxen	38	137	31	45	8.5	7.9	15	160	12	52	2.7	9.1
Sonstiges Gesundheitswesen	40	150	32	49	8.8	8.4	22	169	16	69	3.7	12.3
Sozialwesen	38	158	31	52	8.4	9.0	25	190	18	67	4.4	12.1
Pflegeheime	32	209	27	56	7.3	9.6	20	251	15	141	3.5	30.3
Altersheime und psych. Betreuung	37	180	30	58	8.1	10.2	38	198	31	98	7.2	20.6
Unternehmensdienstleistungen	38	150	31	52	8.5	8.8	24	160	18	71	4.4	13.5
Bibliotheken, Museen, etc.	43	149	37	41	10.2	6.8	16	161	12	46	2.9	8.1
Restliche andere DL	38	156	31	52	8.5	9.1	23	193	18	83	4.4	15.5
Persönliche andere DL	39	149	32	47	8.7	8.0	26	179	19	82	4.5	16.1
Landwirtschaft	84	99	69	36	19.5	6.3	42	123	30	65	7.0	12.8
Nahrungsmittel	41	140	33	50	8.9	8.4	23	156	19	65	4.4	11.7
Textil und Leder	39	165	32	57	8.4	9.7	35	156	31	64	7.1	11.9
Papier und Druck	42	170	34	52	9.1	8.5	36	224	30	114	7.3	22.5
Chemie und Pharma	40	167	33	57	8.8	9.9	20	172	15	86	3.9	17.7
Zement und Beton	42	180	34	59	9.2	10.2	19	250	15	109	3.8	22.6
Metalle und Mineralien	44	179	37	56	9.9	9.4	20	164	13	69	3.1	14.5
Geräte und Maschinen	41	173	34	52	9.1	8.7	27	208	21	113	5.1	22.4
Andere Industriezweige	40	174	33	55	8.8	9.4	24	215	18	88	4.2	16.4
Bau	38	193	31	66	8.4	11.2	17	202	10	94	2.3	16.8
Energie	47	176	40	57	10.6	9.7	40	281	34	99	8.3	16.7

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 62 Spezifische Primärenergieverbrauch, Treibhausgasemissionen und Endenergie nach Verwendungszwecken, Gesamtbestand, Effizienzzenario 2050.

	Gesamtbestand Eff 2050						Gesamtbestand 2050 Eff Endenergie						
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	Be- leuch- tung	Geräte	Pro- zessan- lagen	Lüftung / Klima- tisierung	Allg. Gebäu- detechnik	Heizung	Warmwas- ser
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Wohnen (EFH)	41	74	32	11	8.2	2.7	1.1	1.4	7.1	0.6	1.7	35.7	12.5
MFH Erstwohnungen	31	76	24	20	6.2	4.7	1.2	2.3	11.3	0.5	2.6	26.7	16.2
Zweitwohnungen	31	76	24	19	6.2	4.5	1.2	2.3	11.7	0.3	1.3	27.3	16.5
Grosshandel: Lebensmittel	39	142	32	39	8.3	9.2	2.7	3.4	48.6	2.8	14.5	20.9	4.4
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	32	73	26	18	6.7	4.2	3.0	2.7	7.0	3.3	4.8	30.3	5.8
Detailhandel: Lebensmittel, gross	34	219	27	61	7.0	14.7	18.6	2.2	65.5	10.0	19.5	25.9	5.8
Detailhandel: Lebensmittel, klein	33	229	26	64	6.8	15.2	24.0	1.1	59.0	9.0	27.2	27.2	7.6
Fachgeschäft gross	31	97	25	27	6.6	6.5	20.0	1.7	2.9	9.8	5.0	24.6	6.3
Fachgeschäft klein	32	132	26	34	6.7	8.2	40.4	0.8	2.3	9.7	4.9	27.3	8.7
Poststellen	29	89	23	24	6.0	5.7	9.8	4.4	3.0	9.6	6.6	22.9	9.7
Postverteilzentren	44	158	34	46	8.4	10.3	3.3	3.3	2.2	16.4	25.2	66.4	3.2
Restlicher Verkehr	43	134	36	25	9.2	6.0	13.5	3.7	2.6	14.4	10.4	33.2	23.6
IKT	31	144	25	37	6.5	8.7	5.2	18.2	1.7	21.3	21.5	26.6	7.0
Hotels	34	158	29	36	7.4	8.6	7.1	2.4	31.3	7.6	5.3	36.3	27.9
Ferienunterkünfte	22	193	18	42	4.6	10.0	7.6	4.7	63.6	2.6	3.9	37.2	17.0
Restaurants und Bars	32	213	26	46	6.9	11.1	6.2	2.5	58.3	15.3	7.1	28.4	35.4
Caterer	39	148	31	37	8.1	8.8	5.0	1.2	27.4	14.5	12.8	32.6	14.1
Finanzwesen	30	131	24	38	6.3	9.0	5.3	24.5	1.8	14.5	15.8	24.4	5.7
Öffentl. Verwaltung	32	119	26	32	6.7	7.7	4.5	17.7	7.7	7.0	14.2	28.8	5.3
Volksschulen	27	90	22	24	5.6	5.5	4.8	1.8	4.4	8.8	2.8	39.4	9.8
Gymnasien	31	85	24	18	6.2	4.3	4.8	2.0	4.3	5.8	2.8	39.2	9.4
Hochschulen	28	118	23	30	5.9	7.0	5.8	4.6	9.7	12.2	4.8	43.0	10.4
Sonstiger Unterricht	28	87	22	19	5.6	4.5	4.8	3.1	6.6	6.0	2.4	33.4	12.5
Krankenhäuser	29	157	21	29	5.4	6.9	7.7	5.1	20.8	7.6	8.2	31.0	43.2
Arztpraxen	25	92	20	23	5.1	5.6	4.6	2.8	4.7	6.9	8.0	33.4	10.9
Sonstiges Gesundheitswesen	34	96	27	25	7.0	6.0	7.9	3.7	5.4	6.8	9.5	28.6	10.2
Sozialwesen	30	111	24	24	6.3	5.6	8.0	2.2	8.3	7.0	7.5	31.2	22.5
Pflegeheime	26	159	21	27	5.4	6.3	7.2	1.6	8.1	6.7	12.9	44.7	45.0
Altersheime und psych. Betreuung	32	131	25	27	6.3	6.5	6.0	2.4	13.1	6.5	12.6	34.6	25.7
Unternehmensdienstleistungen	32	94	26	27	6.6	6.3	4.7	11.1	1.2	7.3	12.9	24.3	7.1
Bibliotheken, Museen, etc.	28	108	22	23	5.5	5.5	8.7	5.3	0.5	9.1	8.8	39.0	11.7
Restliche andere DL	31	103	25	24	6.4	5.8	10.9	4.2	0.6	9.0	8.8	35.6	9.0
Persönliche andere DL	32	106	25	25	6.6	6.0	10.9	2.7	0.4	7.3	8.2	33.8	19.4
Landwirtschaft	65	72	51	21	13.8	5.1	5.5	0.1	2.5	3.1	12.4	24.3	6.4
Nahrungsmittel	31	104	26	28	6.5	6.7	5.0	8.1	2.6	3.3	23.0	29.3	4.2
Textil und Leder	32	107	25	28	6.7	6.6	8.1	8.5	2.7	6.8	17.3	26.6	6.7
Papier und Druck	31	127	26	31	6.7	7.3	8.9	10.2	3.3	4.1	17.8	47.4	5.0
Chemie und Pharma	31	116	25	35	6.6	8.3	5.5	9.2	2.9	9.2	19.4	34.0	3.6
Zement und Beton	53	177	43	28	11.1	6.8	8.9	7.0	2.2	1.6	17.8	98.2	2.5
Metalle und Mineralien	27	111	21	32	5.4	9.3	9.4	8.1	2.6	3.9	18.4	54.0	4.6
Geräte und Maschinen	35	135	28	30	7.2	7.2	8.1	10.9	3.5	3.9	17.5	56.0	3.4
Andere Industriezweige	27	147	22	30	5.6	7.1	9.9	8.1	2.6	5.6	18.3	55.4	12.7
Bau	24	148	18	43	4.7	9.8	7.2	24.8	7.9	2.6	16.5	47.7	5.6
Energie	39	137	32	25	8.1	6.0	9.2	9.2	2.9	5.5	18.2	54.8	3.4

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 63 Spezifische Primärenergie und Treibhausgasemissionen, Neu- und Umbau, Effizienzscenario 2050.

	Neubau 2050 Eff						Umbau 2050 Eff					
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²
Wohnen (EFH)	52	66	41	16	11.1	2.6	33	87	24	19	5.9	3.1
MFH Erstwohnungen	40	70	33	20	8.9	3.5	25	88	18	31	4.3	5.8
Zweitwohnungen	40	69	33	19	8.9	3.4	22	86	17	31	4.0	5.9
Grosshandel: Lebensmittel	44	150	36	54	9.6	8.7	35	182	26	75	6.0	12.6
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	41	70	33	21	9.0	3.6	24	76	18	27	4.3	5.1
Detailhandel: Lebensmittel, gross	43	234	35	84	9.4	13.5	30	251	26	99	6.1	16.9
Detailhandel: Lebensmittel, klein	40	244	33	88	9.0	14.2	26	264	19	108	4.7	18.5
Fachgeschäft gross	40	96	34	32	9.1	5.3	26	112	21	39	5.2	7.1
Fachgeschäft klein	40	131	33	44	9.0	7.2	27	153	20	58	4.9	10.3
Poststellen	35	94	29	30	7.9	5.0	29	109	20	57	4.9	11.6
Postverteilzentren	92	117	76	34	19.9	5.7	51	208	41	86	9.7	13.5
Restlicher Verkehr	44	138	37	36	9.8	5.9	31	138	27	41	6.9	6.7
IKT	39	149	32	52	8.7	8.5	21	173	16	65	3.7	10.5
Hotels	41	145	34	42	9.3	7.0	17	168	13	48	3.1	8.3
Ferienunterkünfte	38	187	32	61	8.8	9.9	35	212	29	60	7.2	9.5
Restaurants und Bars	39	220	33	66	8.9	10.6	25	251	19	78	4.4	12.9
Caterer	42	142	34	47	9.3	7.9	28	168	21	64	5.2	11.2
Finanzwesen	38	137	31	47	8.4	7.7	25	145	19	62	4.7	11.2
Öffentl. Verwaltung	39	118	32	40	8.5	6.7	26	140	20	54	4.8	9.8
Volksschulen	40	79	33	19	9.0	3.3	23	102	19	31	4.6	5.6
Gymnasien	39	78	31	22	8.4	3.8	23	103	18	25	4.1	4.5
Hochschulen	39	111	33	34	8.9	5.8	27	110	23	38	5.7	6.7
Sonstiger Unterricht	38	84	31	23	8.3	4.0	22	88	17	34	3.9	6.3
Krankenhäuser	41	164	33	38	9.1	6.2	24	175	16	34	3.8	6.3
Arztpraxen	38	84	32	26	8.6	4.6	18	107	15	30	3.5	5.3
Sonstiges Gesundheitswesen	40	95	33	29	8.9	4.8	26	112	19	40	4.4	6.7
Sozialwesen	37	104	30	30	8.2	5.1	22	136	16	36	3.8	6.3
Pflegeheime	33	138	27	31	7.4	5.3	29	168	23	40	5.4	7.6
Altersheime und psych. Betreuung	37	122	30	34	8.3	5.9	29	160	22	44	5.2	6.7
Unternehmensdienstleistungen	39	97	32	31	8.6	5.2	25	106	19	45	4.7	8.5
Bibliotheken, Museen, etc.	47	99	40	24	10.9	3.8	22	124	16	28	3.9	5.1
Restliche andere DL	39	95	32	30	8.7	5.2	25	123	19	42	4.5	7.5
Persönliche andere DL	39	98	32	26	8.7	4.5	26	122	20	40	4.7	7.6
Landwirtschaft	87	65	71	22	19.7	3.8	49	79	34	40	8.3	7.9
Nahrungsmittel	41	102	34	35	9.2	5.8	24	116	19	44	4.4	8.0
Textil und Leder	42	108	35	38	9.4	6.6	37	123	32	48	7.4	8.3
Papier und Druck	37	127	31	39	8.2	6.7	27	136	22	60	5.3	11.4
Chemie und Pharma	38	115	31	35	8.2	5.8	26	132	20	52	5.1	10.3
Zement und Beton	39	149	31	36	8.4	5.7	37	163	33	33	7.4	7.0
Metalle und Mineralien	42	124	35	38	9.4	6.1	21	119	16	57	3.8	12.4
Geräte und Maschinen	44	127	36	40	9.7	7.0	30	156	24	52	5.8	8.7
Andere Industriezweige	40	125	33	37	8.9	6.1	24	153	18	53	4.2	9.5
Bau	40	147	33	49	9.0	8.1	18	159	11	68	2.5	11.6
Energie	45	123	36	34	9.7	5.6	38	183	32	51	7.7	7.3

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 64 Spezifischer Primärenergieverbrauch, Treibhausgasemissionen und Endenergie nach Verwendungszwecken, Gesamtbestand 2010, Sensitivitätsanalyse.

	Gesamtbestand 2010 Sensitivität						Gesamtbestand 2010 Sensitivität Endenergie						
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	Be- leuch- tung	Geräte	Pro- zessan- lagen	Lüftung / Klima	Allg. Gebäu- detechnik	Heizung	Warm- wasser
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Wohnen (EFH)	31	312	24	255	6.1	37.4	2.6	2.3	8.5	0.1	2.5	157.1	18.4
MFH Erstwohnungen	26	224	20	197	5.1	30.8	3.0	3.6	13.6	0.0	3.2	93.7	23.0
Zweitwohnungen	25	224	19	197	5.0	31.8	3.1	3.8	14.1	0.0	1.7	97.3	23.1
Grosshandel: Lebensmittel	33	437	25	379	6.2	33.7	8.7	3.9	69.4	7.4	20.5	71.1	6.3
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	27	238	21	211	5.6	30.4	11.5	3.1	10.0	4.3	6.9	98.2	5.8
Detailhandel: Lebensmittel, gross	29	718	23	623	6.1	48.1	51.2	2.4	93.5	22.6	28.0	77.3	6.0
Detailhandel: Lebensmittel, klein	27	765	22	667	5.7	56.9	64.5	1.3	84.3	13.1	37.4	99.0	13.9
Fachgeschäft gross	26	375	21	327	5.5	33.4	53.4	1.8	4.1	17.8	8.5	84.2	10.2
Fachgeschäft klein	25	560	19	484	5.1	44.9	102.8	0.9	3.2	19.8	8.5	98.6	11.7
Poststellen	24	345	17	310	4.4	42.0	27.1	5.6	4.3	13.5	12.1	114.2	8.7
Postverteilzentren	30	447	21	400	5.7	44.2	11.1	4.2	3.2	31.5	50.4	110.3	3.2
Restlicher Verkehr	29	421	24	373	6.4	44.1	34.2	4.7	3.7	23.3	17.6	99.1	31.9
IKT	27	479	21	420	5.5	41.0	16.2	21.1	2.4	35.0	39.5	91.7	7.7
Hotels	19	409	16	354	4.1	40.9	18.6	2.8	38.3	11.2	9.8	100.0	29.4
Ferienunterkünfte	27	554	19	500	4.9	64.8	14.8	5.3	77.8	4.4	7.2	154.4	15.7
Restaurants und Bars	23	592	18	516	4.8	52.8	14.5	2.8	75.7	28.9	12.4	96.4	44.7
Caterer	31	435	25	384	6.6	40.2	12.3	1.4	35.5	28.7	21.2	91.1	12.0
Finanzwesen	26	413	20	358	5.2	34.6	18.3	28.8	2.6	24.2	22.8	82.8	6.1
Öffentl. Verwaltung	28	374	23	330	5.9	38.9	17.4	20.6	10.0	10.9	19.4	104.6	4.5
Volksschulen	19	254	15	225	3.8	33.8	14.9	2.1	4.7	5.3	5.0	117.7	12.3
Gymnasien	21	256	17	232	4.4	39.1	14.7	2.5	4.7	1.4	4.7	122.9	10.6
Hochschulen	23	337	17	299	4.4	42.0	16.3	5.6	10.6	10.4	8.3	140.1	9.2
Sonstiger Unterricht	23	257	18	225	4.6	32.1	15.2	3.7	7.2	4.9	4.3	106.5	12.6
Krankenhäuser	23	453	16	411	4.1	54.1	17.1	6.1	24.5	20.0	16.0	108.0	58.3
Arztpraxen	20	264	16	238	4.0	32.2	11.1	3.3	6.3	9.8	14.9	91.0	13.2
Sonstiges Gesundheitswesen	30	363	23	308	5.9	37.9	20.2	4.4	7.3	13.7	20.2	112.9	14.4
Sozialwesen	23	363	17	308	4.4	39.0	20.7	2.6	9.7	13.7	16.0	115.4	23.8
Pflegeheime	22	404	17	361	4.4	50.2	18.1	1.8	9.5	11.7	26.2	116.1	45.6
Altersheime und psych. Betreuung	27	386	21	341	5.5	42.7	15.4	2.8	15.5	5.4	25.5	117.8	24.6
Unternehmensdienstleistungen	26	303	20	265	5.3	31.2	17.9	13.1	1.8	9.7	17.7	85.9	8.3
Bibliotheken, Museen, etc.	16	447	13	355	3.4	30.4	24.6	6.4	0.7	12.0	13.6	153.3	6.5
Restliche andere DL	26	372	20	322	5.3	40.3	30.1	5.1	0.9	12.9	14.2	130.9	9.2
Persönliche andere DL	30	363	23	324	5.9	43.1	30.9	3.3	0.6	14.3	12.4	112.8	23.4
Landwirtschaft	54	247	41	215	10.8	26.9	15.8	0.3	3.6	5.1	18.0	82.3	8.1
Nahrungsmittel	28	299	22	268	5.8	32.4	13.3	9.0	3.7	4.0	31.2	83.2	5.6
Textil und Leder	21	310	18	276	4.6	32.1	22.8	9.5	3.9	5.0	24.5	80.1	6.3
Papier und Druck	31	420	26	363	6.9	45.0	23.2	11.3	4.7	15.9	25.8	138.2	6.3
Chemie und Pharma	26	345	21	306	5.5	33.7	16.5	10.2	4.2	16.5	26.4	89.1	4.0
Zement und Beton	28	451	26	418	7.3	65.3	22.9	7.8	3.2	10.6	26.3	184.1	2.4
Metalle und Mineralien	17	322	11	286	2.8	34.2	23.6	9.0	3.7	11.2	24.2	122.9	6.0
Geräte und Maschinen	43	360	35	310	9.3	36.9	21.1	12.1	5.0	9.0	24.1	113.7	3.8
Andere Industriezweige	33	396	23	347	5.9	41.6	24.9	9.0	3.7	11.7	26.5	123.5	6.9
Bau	25	391	17	333	4.5	33.4	20.9	27.6	11.3	3.7	23.3	100.7	6.5
Energie	38	505	29	443	7.4	53.4	23.8	10.3	4.2	16.7	24.7	173.1	4.0

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 65 Spezifische Primärenergie und Treibhausgasemissionen, Neu- und Umbau 2010, Sensitivitätsanalyse.

	Neubau 2010 Sensitivität						Umbau 2010 Sensitivität					
	PE Erst.	PE Betr.	PE Erst.,	PE Betr.,	THGE Erst.	THGE Betr.	PE Erst.	PE Betr.	PE Erst.,	PE Betr.,	THGE Erst.	THGE Betr.
	Total	Total	n.ern.	n.ern.	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	Total	Total	n.ern.	n.ern.	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²
Wohnen (EFH)	43	139	34	77	9.0	5.3	32	261	24	193	6.0	23.1
MFH Erstwohnungen	36	124	29	72	7.8	6.7	26	181	20	145	5.0	22.3
Zweitwohnungen	35	122	28	69	7.7	6.7	24	182	18	149	4.7	23.5
Grosshandel: Lebensmittel	37	258	30	186	8.1	15.0	22	304	17	254	4.4	25.4
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	41	131	33	78	8.9	7.6	27	191	22	154	5.6	22.9
Detailhandel: Lebensmittel, gross	52	500	45	367	12.3	26.1	16	469	13	385	3.3	38.2
Detailhandel: Lebensmittel, klein	43	495	36	364	9.7	26.8	28	545	21	437	5.3	44.5
Fachgeschäft gross	49	288	42	201	11.5	14.0	27	310	19	220	5.0	21.5
Fachgeschäft klein	42	412	34	296	9.3	19.7	24	333	19	261	5.0	33.6
Poststellen	32	210	26	136	7.0	10.9	29	283	19	205	4.5	25.3
Postverteilzentren	41	222	37	182	10.2	23.0	73	107	50	52	12.2	19.2
Restlicher Verkehr	83	300	74	175	20.5	14.0	30	355	22	250	5.5	25.3
IKT	38	290	32	195	8.5	17.7	28	368	21	298	5.2	32.7
Hotels	43	266	37	160	10.6	12.5	17	305	15	260	3.7	34.0
Ferienunterkünfte	30	326	23	226	6.1	17.2	26	433	20	378	5.2	47.7
Restaurants und Bars	40	393	33	246	8.8	19.0	24	473	18	396	4.6	46.7
Caterer	37	277	30	179	8.0	14.9	25	398	21	321	5.5	33.8
Finanzwesen	41	289	35	199	9.2	15.6	24	268	17	216	4.4	24.8
Öffentl. Verwaltung	39	229	33	151	8.7	12.2	27	305	21	262	5.3	33.7
Volksschulen	36	148	29	75	7.9	7.0	23	206	17	157	4.4	24.5
Gymnasien	46	152	39	86	10.4	8.6	22	176	18	151	4.8	24.2
Hochschulen	36	205	30	120	8.0	10.8	23	303	19	189	4.8	25.4
Sonstiger Unterricht	38	158	30	87	8.1	8.4	23	188	18	152	4.6	25.3
Krankenhäuser	46	304	38	156	10.4	11.5	33	368	23	305	5.4	43.9
Arztpraxen	36	164	29	98	7.7	10.9	24	332	18	245	4.2	23.0
Sonstiges Gesundheitswesen	39	196	31	118	8.5	10.1	24	294	19	226	5.1	24.2
Sozialwesen	37	208	30	122	8.0	10.7	28	276	19	165	4.8	17.8
Pflegeheime	32	289	27	146	7.3	10.9	26	303	18	271	4.8	45.9
Altersheime und psych. Betreuung	33	236	26	137	7.1	12.0	25	298	20	258	5.1	40.5
Unternehmensdienstleistungen	39	203	32	132	8.5	11.3	23	250	17	201	4.4	23.9
Bibliotheken, Museen, etc.	44	211	38	117	10.2	10.7	22	218	16	141	4.1	12.2
Restliche andere DL	41	208	34	125	9.3	10.3	19	222	14	183	3.6	28.6
Persönliche andere DL	37	202	30	121	8.1	10.0	24	221	19	184	4.8	31.7
Landwirtschaft	79	130	65	84	18.0	7.6	45	147	31	133	7.8	26.7
Nahrungsmittel	41	174	34	115	9.2	10.3	26	255	21	206	5.4	24.9
Textil und Leder	38	202	31	129	8.2	10.9	13	249	11	213	2.6	26.5
Papier und Druck	54	196	44	106	11.9	9.4	22	381	20	347	5.2	57.6
Chemie und Pharma	38	213	32	126	8.6	11.5	18	265	16	228	4.2	31.3
Zement und Beton	31	207	24	107	6.5	8.6	28	265	25	214	6.8	41.9
Metalle und Mineralien	40	198	34	124	8.9	12.5	23	261	15	207	3.8	25.6
Geräte und Maschinen	57	205	47	121	12.7	10.8	31	276	25	205	6.4	28.1
Andere Industriezweige	39	203	32	119	8.4	10.5	27	327	20	248	4.9	30.1
Bau	37	240	30	159	8.1	13.7	22	289	14	221	3.7	22.4
Energie	48	229	42	124	11.6	10.7	24	265	22	204	5.7	25.5

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 66 Spezifische Primärenergie, Treibhausgasemissionen und Endenergie nach Verwendungszwecken, Gesamtbestand, Ref 2050, Sensitivitätsanalyse.

	Gesamtbestand 2050 Ref Sensitivität						Gesamtbestand 2050 Ref Sensitivität Endenergie						
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	Be- leuch- tung	Geräte	Pro- zessan- lagen	Lüftung / Klima- tisierung	Allg. Gebäu- detechnik	Heizung	Warm- wasser
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Wohnen (EFH)	36	110	27	20	7.0	4.7	1.8	1.8	7.5	0.5	2.3	63.4	11.6
MFH Erstwohnungen	28	95	22	37	5.7	8.7	2.2	2.3	12.0	0.3	3.2	40.2	15.6
Zweitwohnungen	28	94	22	36	5.6	8.5	2.2	2.3	12.4	0.2	1.6	41.2	15.4
Grosshandel: Lebensmittel	39	176	32	53	8.1	12.6	6.1	3.4	55.5	5.9	18.8	26.2	4.4
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	30	109	24	36	6.1	8.6	8.7	2.7	8.0	7.8	6.3	43.3	5.4
Detailhandel: Lebensmittel, gross	29	333	22	108	5.8	25.8	41.0	2.2	74.8	32.6	26.2	41.6	5.3
Detailhandel: Lebensmittel, klein	31	319	25	93	6.5	22.2	47.2	1.1	67.4	19.5	34.6	36.0	8.5
Fachgeschäft gross	28	176	23	59	6.2	13.9	38.2	1.7	3.3	28.7	7.6	35.6	9.7
Fachgeschäft klein	30	241	24	72	6.2	17.1	74.0	0.8	2.6	31.3	7.6	41.2	8.9
Poststellen	33	156	27	57	7.0	13.5	19.9	4.4	3.5	24.5	10.6	40.8	7.9
Postverteilzentren	61	265	49	126	12.1	29.7	7.5	3.3	2.6	58.0	39.4	74.9	3.3
Restlicher Verkehr	42	207	36	70	9.2	16.5	27.4	3.7	2.9	28.7	14.3	46.2	29.8
IKT	28	232	23	72	5.8	17.2	11.3	18.2	1.9	46.2	34.2	41.3	6.9
Hotels	24	206	20	70	5.0	16.6	13.7	2.4	33.4	15.8	8.6	50.6	27.0
Ferienunterkünfte	25	225	23	69	5.7	16.5	9.2	4.7	67.8	5.5	6.0	52.9	12.6
Restaurants und Bars	29	278	24	85	6.2	20.0	11.3	2.5	63.8	31.4	11.0	43.0	36.1
Caterer	40	216	33	74	8.7	17.6	9.6	1.2	29.9	37.1	18.8	43.8	11.4
Finanzwesen	30	195	24	58	6.1	13.9	12.8	24.5	2.1	33.2	21.0	35.3	6.1
Öffentl. Verwaltung	29	168	24	53	6.1	12.7	11.8	17.7	8.4	16.4	17.8	41.9	5.6
Volksschulen	25	127	20	47	5.1	10.8	11.4	1.8	4.4	10.7	4.3	56.5	10.7
Gymnasien	26	129	21	43	5.4	10.2	11.7	2.0	4.4	12.0	4.3	54.0	9.9
Hochschulen	28	173	22	51	5.7	12.0	12.3	4.6	9.9	21.0	7.3	66.0	9.4
Sonstiger Unterricht	28	121	22	36	5.6	8.6	10.7	3.1	6.7	9.8	3.8	47.9	10.9
Krankenhäuser	26	226	19	56	5.0	13.3	13.4	5.1	21.8	18.9	13.8	50.6	44.1
Arztpraxen	23	141	18	43	4.7	10.2	9.2	2.8	5.2	15.9	13.4	49.8	9.8
Sonstiges Gesundheitswesen	31	150	24	46	6.1	10.9	14.7	3.7	6.1	15.0	16.9	42.5	10.7
Sozialwesen	29	165	23	50	5.8	11.7	15.1	2.2	8.7	15.5	13.7	48.7	19.3
Pflegeheime	24	217	19	79	5.0	18.9	13.9	1.6	8.5	15.0	22.0	60.5	42.8
Altersheime und psych. Betreuung	34	175	27	53	7.0	12.7	11.1	2.4	13.7	9.3	20.8	51.0	22.6
Unternehmensdienstleistungen	30	143	24	48	6.1	11.4	12.4	11.1	1.4	16.2	16.5	37.9	7.3
Bibliotheken, Museen, etc.	26	152	21	40	5.4	9.1	18.0	5.3	0.6	11.4	12.5	60.5	7.5
Restliche andere DL	28	168	23	51	5.9	12.1	22.8	4.2	0.7	20.8	12.6	54.7	8.3
Persönliche andere DL	31	151	24	48	6.3	11.4	21.8	2.7	0.5	14.8	11.3	43.2	17.6
Landwirtschaft	59	107	46	38	12.4	9.1	11.8	0.1	2.9	6.3	16.7	34.9	6.0
Nahrungsmittel	29	140	24	46	6.2	10.9	10.0	8.1	2.9	5.6	28.7	40.1	4.7
Textil und Leder	29	152	24	50	6.1	12.1	16.2	8.5	3.1	12.7	21.8	39.7	5.7
Papier und Druck	36	171	29	43	7.5	10.2	16.5	10.2	3.7	9.6	22.9	58.8	5.2
Chemie und Pharma	28	165	22	62	5.9	14.5	12.7	9.2	3.4	18.4	24.3	47.1	4.1
Zement und Beton	33	200	28	45	7.3	10.5	16.6	7.0	2.6	8.1	23.9	93.1	2.2
Metalle und Mineralien	30	150	24	41	6.0	11.3	15.1	8.1	3.0	9.6	22.9	64.2	3.4
Geräte und Maschinen	36	186	29	55	7.3	13.3	16.1	10.9	4.0	8.1	22.5	73.8	3.8
Andere Industriezweige	27	195	22	47	5.7	11.1	18.5	8.1	2.9	11.9	23.6	67.3	13.6
Bau	25	189	18	67	4.6	15.5	17.8	24.8	9.0	6.4	20.4	57.1	5.5
Energie	37	205	29	62	7.3	14.9	18.5	9.2	3.4	13.8	23.4	82.0	1.2

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 67 Spezifische Primärenergie und Treibhausgasemissionen, Neu- und Umbau, Referenzszenario 2050, Sensitivitätsanalyse.

	Neubau 2050 Ref Sensitivität						Umbau 2050 Ref Sensitivität					
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst. kgCO ₂ -eq/m ²	THGE Betr. kgCO ₂ -eq/m ²	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst. kgCO ₂ -eq/m ²	THGE Betr. kgCO ₂ -eq/m ²
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²
Wohnen (EFH)	41	90	32	22	8.4	3.6	31	312	24	255	6.1	37.4
MFH Erstwohnungen	33	87	26	28	7.0	5.1	26	224	20	197	5.1	30.8
Zweitwohnungen	32	85	26	27	6.8	5.0	25	224	19	197	5.0	31.8
Grosshandel: Lebensmittel	40	186	32	70	8.5	11.4	33	437	25	379	6.2	33.7
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	35	103	29	35	7.7	6.2	27	238	21	211	5.6	30.4
Detailhandel: Lebensmittel, gross	38	331	30	120	8.1	19.5	29	718	23	623	6.1	48.1
Detailhandel: Lebensmittel, klein	34	339	27	124	7.3	20.2	27	765	22	667	5.7	56.9
Fachgeschäft gross	39	186	32	65	8.5	10.9	26	375	21	327	5.5	33.4
Fachgeschäft klein	34	247	28	88	7.4	14.6	25	560	19	484	5.1	44.9
Poststellen	42	153	34	57	9.1	9.9	24	345	17	310	4.4	42.0
Postverteilzentren	114	193	97	63	25.7	10.8	30	447	21	400	5.7	44.2
Restlicher Verkehr	39	222	32	68	8.6	11.2	29	421	24	373	6.4	44.1
IKT	34	251	28	91	7.3	15.0	27	479	21	420	5.5	41.0
Hotels	37	196	30	62	8.3	10.5	19	409	16	354	4.1	40.9
Ferienunterkünfte	31	238	26	78	7.1	12.6	27	554	19	500	4.9	64.8
Restaurants und Bars	34	288	27	93	7.3	15.5	23	592	18	516	4.8	52.8
Caterer	36	216	30	77	7.9	13.1	31	435	25	384	6.6	40.2
Finanzwesen	33	212	27	76	7.1	12.7	26	413	20	358	5.2	34.6
Öffentl. Verwaltung	35	172	29	57	7.5	9.5	28	374	23	330	5.9	38.9
Volksschulen	32	117	26	36	6.9	6.3	19	254	15	225	3.8	33.8
Gymnasien	33	118	27	37	7.0	6.6	21	256	17	232	4.4	39.1
Hochschulen	35	158	29	50	7.6	8.7	23	337	17	299	4.4	42.0
Sonstiger Unterricht	34	118	27	36	7.2	6.3	23	257	18	225	4.6	32.1
Krankenhäuser	38	225	31	64	8.3	10.9	23	453	16	411	4.1	54.1
Arztpraxen	33	137	27	45	7.1	7.9	20	264	16	238	4.0	32.2
Sonstiges Gesundheitswesen	34	150	27	49	7.2	8.4	30	363	23	308	5.9	37.9
Sozialwesen	33	158	26	52	7.0	9.0	23	363	17	308	4.4	39.0
Pflegeheime	28	209	23	56	6.1	9.6	22	404	17	361	4.4	50.2
Altersheime und psych. Betreuung	33	180	26	58	7.0	10.2	27	386	21	341	5.5	42.7
Unternehmensdienstleistungen	34	150	27	52	7.2	8.8	26	303	20	265	5.3	31.2
Bibliotheken, Museen, etc.	38	149	33	41	8.9	6.8	16	447	13	355	3.4	30.4
Restliche andere DL	33	156	27	52	7.1	9.1	26	372	20	322	5.3	40.3
Persönliche andere DL	33	149	27	47	7.2	8.0	30	363	23	324	5.9	43.1
Landwirtschaft	69	99	56	36	15.2	6.3	54	247	41	215	10.8	26.9
Nahrungsmittel	37	140	30	50	7.9	8.4	28	299	22	268	5.8	32.4
Textil und Leder	34	165	27	57	7.2	9.7	21	310	18	276	4.6	32.1
Papier und Druck	40	170	33	52	8.6	8.5	31	420	26	363	6.9	45.0
Chemie und Pharma	37	167	31	57	8.0	9.9	26	345	21	306	5.5	33.7
Zement und Beton	41	180	33	59	8.8	10.2	28	451	26	418	7.3	65.3
Metalle und Mineralien	41	179	35	56	9.1	9.4	17	322	11	286	2.8	34.2
Geräte und Maschinen	39	173	33	52	8.6	8.7	43	360	35	310	9.3	36.9
Andere Industriezweige	36	174	30	55	7.9	9.4	33	396	23	347	5.9	41.6
Bau	34	193	27	66	7.2	11.2	25	391	17	333	4.5	33.4
Energie	44	176	37	57	9.9	9.7	38	505	29	443	7.4	53.4

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 68 Spezifische Primärenergie, Treibhausgasemissionen und Endenergie nach Verwendungszwecken, Gesamtbestand, Eff 2050, Sensitivitätsanalyse.

	Gesamtbestand 2050 Eff Sensitivität						Gesamtbestand 2050 Eff Sensitivität Endenergie						
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	Beleuch- tung	Geräte	Pro- zessan- lagen	Lüftung / Klima- tisierung	Allg. Gebäu- detechnik	Heizung	Warm- wasser
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Wohnen (EFH)	37	74	29	11	7.4	2.7	1.1	1.4	7.1	0.6	1.7	35.7	12.5
MFH Erstwohnungen	29	76	23	20	6.0	4.7	1.2	2.3	11.3	0.5	2.6	26.7	16.2
Zweitwohnungen	29	76	23	19	5.9	4.5	1.2	2.3	11.7	0.3	1.3	27.3	16.5
Grosshandel: Lebensmittel	37	142	30	39	7.7	9.2	2.7	3.4	48.6	2.8	14.5	20.9	4.4
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	31	73	25	18	6.5	4.2	3.0	2.7	7.0	3.3	4.8	30.3	5.8
Detailhandel: Lebensmittel, gross	34	219	27	61	6.9	14.7	18.6	2.2	65.5	10.0	19.5	25.9	5.8
Detailhandel: Lebensmittel, klein	33	229	26	64	6.8	15.2	24.0	1.1	59.0	9.0	27.2	27.2	7.6
Fachgeschäft gross	31	97	25	27	6.6	6.5	20.0	1.7	2.9	9.8	5.0	24.6	6.3
Fachgeschäft klein	31	132	25	34	6.5	8.2	40.4	0.8	2.3	9.7	4.9	27.3	8.7
Poststellen	28	89	22	24	5.8	5.7	9.8	4.4	3.0	9.6	6.6	22.9	9.7
Postverteilzentren	52	158	41	46	10.0	10.3	3.3	3.3	2.2	16.4	25.2	66.4	3.2
Restlicher Verkehr	43	134	37	25	9.4	6.0	13.5	3.7	2.6	14.4	10.4	33.2	23.6
IKT	30	144	24	37	6.1	8.7	5.2	18.2	1.7	21.3	21.5	26.6	7.0
Hotels	34	158	29	36	7.2	8.6	7.1	2.4	31.3	7.6	5.3	36.3	27.9
Ferienunterkünfte	23	193	19	42	5.0	10.0	7.6	4.7	63.6	2.6	3.9	37.2	17.0
Restaurants und Bars	31	213	26	46	6.7	11.1	6.2	2.5	58.3	15.3	7.1	28.4	35.4
Caterer	38	148	31	37	8.0	8.8	5.0	1.2	27.4	14.5	12.8	32.6	14.1
Finanzwesen	30	131	24	38	6.3	9.0	5.3	24.5	1.8	14.5	15.8	24.4	5.7
Öffentl. Verwaltung	30	119	24	32	6.2	7.7	4.5	17.7	7.7	7.0	14.2	28.8	5.3
Volksschulen	26	90	21	24	5.3	5.5	4.8	1.8	4.4	8.8	2.8	39.4	9.8
Gymnasien	29	85	23	18	6.0	4.3	4.8	2.0	4.3	5.8	2.8	39.2	9.4
Hochschulen	28	118	23	30	6.0	7.0	5.8	4.6	9.7	12.2	4.8	43.0	10.4
Sonstiger Unterricht	27	87	21	19	5.4	4.5	4.8	3.1	6.6	6.0	2.4	33.4	12.5
Krankenhäuser	29	157	21	29	5.4	6.9	7.7	5.1	20.8	7.6	8.2	31.0	43.2
Arztpraxen	24	92	20	23	5.0	5.6	4.6	2.8	4.7	6.9	8.0	33.4	10.9
Sonstiges Gesundheitswesen	33	96	26	25	6.8	6.0	7.9	3.7	5.4	6.8	9.5	28.6	10.2
Sozialwesen	28	111	22	24	5.7	5.6	8.0	2.2	8.3	7.0	7.5	31.2	22.5
Pflegeheime	26	159	21	27	5.3	6.3	7.2	1.6	8.1	6.7	12.9	44.7	45.0
Altersheime und psych. Betreuung	32	131	25	27	6.3	6.5	6.0	2.4	13.1	6.5	12.6	34.6	25.7
Unternehmensdienstleistungen	31	94	24	27	6.3	6.3	4.7	11.1	1.2	7.3	12.9	24.3	7.1
Bibliotheken, Museen, etc.	29	108	23	23	5.9	5.5	8.7	5.3	0.5	9.1	8.8	39.0	11.7
Restliche andere DL	29	103	23	24	5.9	5.8	10.9	4.2	0.6	9.0	8.8	35.6	9.0
Persönliche andere DL	30	106	24	25	6.2	6.0	10.9	2.7	0.4	7.3	8.2	33.8	19.4
Landwirtschaft	60	72	47	21	12.5	5.1	5.5	0.1	2.5	3.1	12.4	24.3	6.4
Nahrungsmittel	31	104	26	28	6.7	6.7	5.0	8.1	2.6	3.3	23.0	29.3	4.2
Textil und Leder	31	107	25	28	6.4	6.6	8.1	8.5	2.7	6.8	17.3	26.6	6.7
Papier und Druck	31	127	25	31	6.6	7.3	8.9	10.2	3.3	4.1	17.8	47.4	5.0
Chemie und Pharma	29	116	23	35	6.2	8.3	5.5	9.2	2.9	9.2	19.4	34.0	3.6
Zement und Beton	61	177	51	28	13.0	6.8	8.9	7.0	2.2	1.6	17.8	98.2	2.5
Metalle und Mineralien	27	111	21	32	5.3	9.3	9.4	8.1	2.6	3.9	18.4	54.0	4.6
Geräte und Maschinen	35	135	28	30	7.1	7.2	8.1	10.9	3.5	3.9	17.5	56.0	3.4
Andere Industriezweige	27	147	22	30	5.6	7.1	9.9	8.1	2.6	5.6	18.3	55.4	12.7
Bau	25	148	18	43	4.7	9.8	7.2	24.8	7.9	2.6	16.5	47.7	5.6
Energie	35	137	29	25	7.4	6.0	9.2	9.2	2.9	5.5	18.2	54.8	3.4

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen.

Tabelle 69 Spezifische Primärenergie, Neu- und Umbau, Effizienzscenario 2050, Sensitivitätsanalyse.

	Neubau 2050 Eff Sensitivität						Umbau 2050 Eff Sensitivität					
	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.	PE Erst. Total	PE Betr. Total	PE Erst., n.ern.	PE Betr., n.ern.	THGE Erst.	THGE Betr.
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²	kgCO ₂ -eq/m ²
Wohnen (EFH)	42	66	33	16	8.7	2.6	33	87	25	19	6.4	3.1
MFH Erstwohnungen	34	70	27	20	7.2	3.5	26	88	20	31	5.0	5.8
Zweitwohnungen	34	69	27	19	7.2	3.4	24	86	19	31	4.7	5.9
Grosshandel: Lebensmittel	39	150	31	54	8.3	8.7	39	182	30	75	7.4	12.6
Grosshandel: Nicht-Lebensmittel	36	70	29	21	7.8	3.6	25	76	18	27	4.5	5.1
Detailhandel: Lebensmittel, gross	39	234	32	84	8.5	13.5	30	251	25	99	6.2	16.9
Detailhandel: Lebensmittel, klein	35	244	28	88	7.5	14.2	27	264	19	108	4.8	18.5
Fachgeschäft gross	37	96	31	32	8.2	5.3	27	112	22	39	5.5	7.1
Fachgeschäft klein	35	131	28	44	7.5	7.2	28	153	21	58	5.4	10.3
Poststellen	31	94	26	30	6.7	5.0	31	109	23	57	5.7	11.6
Postverteilzentren	92	117	76	34	19.9	5.7	64	208	53	86	13.1	13.5
Restlicher Verkehr	40	138	33	36	8.7	5.9	28	138	24	41	6.2	6.7
IKT	35	149	29	52	7.6	8.5	22	173	17	65	4.3	10.5
Hotels	38	145	31	42	8.5	7.0	18	168	14	48	3.4	8.3
Ferienunterkünfte	30	187	25	61	6.6	9.9	32	212	26	60	6.7	9.5
Restaurants und Bars	34	220	28	66	7.5	10.6	27	251	21	78	5.2	12.9
Caterer	37	142	30	47	8.0	7.9	29	168	22	64	5.6	11.2
Finanzwesen	34	137	28	47	7.2	7.7	27	145	22	62	5.5	11.2
Öffentl. Verwaltung	35	118	28	40	7.4	6.7	29	140	23	54	5.8	9.8
Volksschulen	34	79	27	19	7.3	3.3	22	102	18	31	4.5	5.6
Gymnasien	34	78	27	22	7.2	3.8	25	103	20	25	4.8	4.5
Hochschulen	35	111	29	34	7.7	5.8	26	110	22	38	5.6	6.7
Sonstiger Unterricht	33	84	26	23	6.9	4.0	25	88	20	34	5.0	6.3
Krankenhäuser	38	164	31	38	8.4	6.2	24	175	17	34	3.9	6.3
Arztpraxen	33	84	27	26	7.1	4.6	17	107	14	30	3.3	5.3
Sonstiges Gesundheitswesen	34	95	28	29	7.4	4.8	29	112	21	40	5.4	6.7
Sozialwesen	32	104	26	30	6.8	5.1	23	136	17	36	4.2	6.3
Pflegeheime	29	138	24	31	6.3	5.3	29	168	22	40	5.5	7.6
Altersheime und psych. Betreuung	33	122	27	34	7.1	5.9	29	160	23	44	5.6	6.7
Unternehmensdienstleistungen	34	97	28	31	7.3	5.2	27	106	21	45	5.3	8.5
Bibliotheken, Museen, etc.	42	99	35	24	9.5	3.8	24	124	19	28	4.6	5.1
Restliche andere DL	34	95	28	30	7.3	5.2	26	123	20	42	4.9	7.5
Persönliche andere DL	33	98	27	26	7.2	4.5	26	122	20	40	5.0	7.6
Landwirtschaft	71	65	56	22	15.3	3.8	50	79	36	40	9.2	7.9
Nahrungsmittel	37	102	31	35	8.3	5.8	28	116	23	44	5.8	8.0
Textil und Leder	39	108	32	38	8.5	6.6	38	123	33	48	7.8	8.3
Papier und Druck	35	127	29	39	7.6	6.7	29	136	25	60	6.2	11.4
Chemie und Pharma	34	115	28	35	7.2	5.8	26	132	20	52	5.2	10.3
Zement und Beton	39	149	31	36	8.1	5.7	37	163	32	33	7.3	7.0
Metalle und Mineralien	39	124	33	38	8.7	6.1	24	119	17	57	4.4	12.4
Geräte und Maschinen	41	127	34	40	9.0	7.0	32	156	25	52	6.4	8.7
Andere Industriezweige	36	125	30	37	7.9	6.1	25	153	19	53	4.5	9.5
Bau	35	147	29	49	7.6	8.1	20	159	13	68	3.3	11.6
Energie	41	123	34	34	8.8	5.6	40	183	34	51	8.4	7.3

Quelle: TEP Energy basierend auf diversen Quellen