



7-Meilenschritte

Wirkungsanalyse anhand des Gebäudeparkmodells Stadt Zürich

Schlussbericht

IMPRESSUM

Auftraggeberin:

Stadt Zürich,
Amt für Hochbauten
Fachstelle nachhaltiges Bauen
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21
8021 Zürich

Auftraggeberin:

Stadt Zürich,
Gesundheits- und Umweltdepartement
Departementssekretariat
Amtshaus Walche, Walchestrasse 31
8021 Zürich

Bearbeitung:

Institut für Bauplanung und Baubetrieb Professur für Nachhaltiges Bauen
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ)
www.ibb.baug.ethz.ch/de/nb

TEP Energy GmbH
Technology Economics Policy - Research and Advice
www.tep-energy.ch

Projektleitung:

Dr. Heinrich Gugerli
Fachstelle Nachhaltiges Bauen,
Amt für Hochbauten

Projektteam:

Prof. Dr. Holger Wallbaum, [wallbaum @ ibb.baug.ethz.ch](mailto:wallbaum@ibb.baug.ethz.ch) (ETHZ)
Niko Heeren (ETHZ)
Dr. Martin Jakob, [martin.jakob @ tep-energy.ch](mailto:martin.jakob@tep-energy.ch) (TEP Energy)
Charilaos Toloumis, TEP Energy

Begleitgruppe:

Marie-Therese Büsser (Departementssekretärin GUD)
Dr. Heinrich Gugerli (Fachstelle nachhaltiges Bauen, AHB)
Toni W. Püntener (Energie und Nachhaltigkeit, UGZ)

Initiiert durch:

Novatlantis, Nachhaltigkeit im ETH-Bereich
www.novatlantis.ch

Download als pdf von
www.stadt-zuerich.ch/nachhaltiges-bauen
> 2000-Watt-Gesellschaft > Technik

Zürich, Mai 2010

Danksagung

Das Projektteam möchte sich an dieser Stelle sehr herzlich bei dem Auftraggeber und der Begleitgruppe für das Vertrauen und die konstruktive und fachkundige Unterstützung bedanken. Dank der guten Zusammenarbeit und dem Austausch von Erfahrungen, gelang es wichtige Erkenntnisse über die Wirkungsmechanismen innerhalb des Gebäudeparks Zürich und zu seiner weiteren Entwicklung zu sammeln.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	1
2	Ausgangslage, Ziele und Vorgehen	6
2.1	Ausgangslage	6
2.2	Ziele	6
2.3	Vorgehen.....	6
3	Ergebnisse	13
3.1	Endenergienachfrage.....	13
3.2	Primärenergienachfrage	19
3.3	Treibhausgasemissionen	27
3.4	Die Wirkung der 7 Meilenstritte im Einzelnen	33
4	Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	37
4.1	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	37
4.2	Empfehlungen	40
5	Literaturhinweise	41
6	Anhang.....	42
6.1	Flächenspezifische <i>Primärenergienachfrage</i>	42
6.2	Personenspezifische Primärenergienachfrage nach Gebäudetyp	44
6.3	Kumulierte Darstellung der Meilenstritte	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Gesamtendenergiebedarf nach Gebäudetyp in PJ – Basis-Szenario.....	14
Abbildung 2:	Gesamtendenergiebedarf nach Gebäudetyp in PJ – 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option).....	14
Abbildung 3:	Gesamtendenergiebedarf nach Gebäudetyp in PJ – 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option).....	15
Abbildung 4:	Gesamtendenergiebedarf nach Energieträger für alle Gebäudenutzungen in PJ – Basis-Szenario	16
Abbildung 5:	Gesamtendenergiebedarf nach Anwendung für alle Gebäudenutzungen in PJ – 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option)	17
Abbildung 6:	Gesamtendenergiebedarf nach Anwendung für alle Gebäudenutzungen in PJ – 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option)	18
Abbildung 7:	Totale Primärenergienachfrage nach Gebäudenutzung in PJ – Basis- und 7-MS-Szenario (inkl. 2000W-Option) im Vergleich (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1 und 3) (MS = 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option); MS+ = 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option))	20
Abbildung 8:	Gesamtenergiebedarf totale Primärenergie nach Primärenergieträgern in PJ – Basis-Szenario und 7-MS-Szenario (inkl. 2000W-Option) im Vergleich (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1 und 3)	22
Abbildung 9:	Personenspezifische Dauerleistung in Primärenergie nach Primärenergieträgern für alle drei Gebäudenutzungen; Basis-Szenario mit ewz-Stromszenario 1 [W/P]	24
Abbildung 10:	Personenspezifische Dauerleistung in Primärenergie nach Primärenergieträgern für alle drei Gebäudenutzungen; 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option) mit ewz-Stromszenario 3 [W/P].....	25
Abbildung 11:	Personenspezifische Dauerleistung in Primärenergie nach Primärenergieträgern für alle drei Gebäudenutzungen; 7-MS-Szenario (mit 2000 W-Option) mit ewz-Stromszenario 3 [W/P].....	26
Abbildung 12:	Totale Treibhausgasemissionen in Mt CO ₂ -äquivalenten nach Gebäudetyp; Basis-Szenario und 7-MS-Szenario (ohne und mit 2000W-Option) im Vergleich (Elektrizität nach ewz-Sz. 1 bzw. 3).....	28
Abbildung 13:	Gesamte Treibhausgasemissionen per capita – Basis-Szenario und 7-MS-Szenario (ohne und mit 2000W-Option) im Vergleich (PEF Elektrizität nach EWZ-Sz. 1 bzw. 3).....	29
Abbildung 14:	Treibhausgasemissionen pro Fläche und Anwendung im Basis-Szenario (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1)	30
Abbildung 15:	Treibhausgasemissionen pro Fläche und Anwendung im 7-MS-Szenario (ohne 2000w-Option, PEF Elektrizität nach ewz-Szenario 3).....	31

Abbildung 16:	Treibhausgasemissionen pro Fläche und Anwendung im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option, PEF Elektrizität nach ewz-Szenario 3).....	32
Abbildung 17:	Endenergie der einzelnen MS in PJ im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, links) und im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option, rechts). Elektrizität oben, restliche Endenergie unten	35
Abbildung 18:	Primärenergie der einzelnen MS in W/P im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, links) und im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option, rechts) (PE _n -ern = nicht erneuerbare Primärenergie, PE _{ern} = erneuerbare Primärenergie)	36
Abbildung 19:	Treibhausgasemissionen in t CO ₂ -äq./P der einzelnen MS im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, links) und im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option, rechts)	36
Abbildung 20:	Spez. Gesamtprimärenergiebedarf nach Gebäudetyp – Basis-Szenario (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1)	42
Abbildung 21:	Spez. Gesamtprimärenergiebedarf nach Gebäudetyp – 7-MS-Szenario (ohne 2000Watt-Option) (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 3).....	43
Abbildung 22:	Spez. Gesamtprimärenergiebedarf nach Gebäudetyp – 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option) (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 3).....	43
Abbildung 23:	Dauerleistung totale Primärenergie pro Person nach Gebäudetyp – Basis-Szenario (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1).....	44
Abbildung 24:	Dauerleistung totale Primärenergie pro Person nach Gebäudetyp – 7-MS-Szenario (ohne 2000Watt-Option) (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 3).....	44
Abbildung 25:	Dauerleistung totale Primärenergie pro Person nach Gebäudetyp – 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option) (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 3)	45
Abbildung 26	Endenergie der MS in PJ als Einzeleffekte (links) und kumuliert (rechts), nur Elektrizität (oben) und Endenergie ohne Elektrizität (unten), 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option)	47
Abbildung 27:	Endenergie der MS in PJ als Einzeleffekte (links) und kumuliert (rechts), nur Elektrizität (oben) und Endenergie ohne Elektrizität (unten), 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option)	48
Abbildung 28:	Primärenergie der MS in W/P als Einzeleffekte (links) und kumuliert (rechts) im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, oben; mit 2000W-Option, unten) (PE _n -ern = nicht erneuerbare Primärenergie, PE _{ern} = erneuerbare Primärenergie).....	49
Abbildung 29:	Treibhausgasemissionen der MS in t CO ₂ -äq./P als Einzeleffekte (links) und kumuliert (rechts) im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, oben; mit 2000W-Option, unten)	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Endenergienachfrage sowie Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen pro Kopf in der Ausgangslage (Jahr 2005) und im Jahr 2050 für das Basis-Szenario und die beiden 7-Meilenstritte-Szenario-Varianten (ohne und mit 2000-Watt-Option).....	3
Tabelle 2:	Überblick über die einzelne Wirkung der betrachteten 7-Meilenstritte (ohne 2000W-Option).....	34
Tabelle 3:	Überblick über die einzelne Wirkung der betrachteten 7-Meilenstritte (mit 2000W-Option).....	34
Tabelle 4:	Wichtigste Pro-Kopf Ergebnisse des Basis-Szenarios (Strommix ewz-Sz.1) und der beiden 7-MS-Szenario-Varianten ohne und mit 2000-Watt-Option (beide Strommix ewz-Sz. 3).....	37
Tabelle 5:	Vergleich der Betriebsenergie-Zielwerte der 2000-Watt-Gesellschaft mit den Ergebnissen des Basis-Szenarios (Strommix ewz-Sz. 1) und 7-MS-Szenario-Varianten (Strommix ewz-Sz. 3).....	39
Tabelle 6	Überblick Einzeldarstellung der Meilenstritte – Kumulierte Darstellung	46
Tabelle 7	Überblick Einzeldarstellung der Meilenstritte (2000 Watt Option) – Kumulierte Darstellung.....	46

Abkürzungen

2kW	2000 Watt
7-MS	7-Meilenschritte
AH	Arbeitshilfen
AHB	Amt für Hochbauten
AR	Abrissrate
B	Beleuchtung
Bas	Basis-Szenario
Bev	Bevölkerung
BFE	Bundesamt für Energie
BFS	Bundesamt für Statistik
BP	Bauperiode
BP1-4	entspricht Bestandsbauten; BP1: Baujahr vor 1947, BP2: 1947-1975, BP3:1976-1986, BP4: 1986-2005
BP5-13	entspricht Neubauten (in Fünf-Jahres-Schritten bis 2050)
CEPE	Centre for Energy Policy and Economics, ETH Zürich
CO ₂ -äq.	CO ₂ -äquivalente / Treibhausgas-Emissionen (Gewichtete klimawirksame Luftemissionen im Verhältnis zu CO ₂)
DL	Dienstleistung, Dienstleistungssektor
DR	Diffusionsrate
EBF	Energiebezugsfläche
EE1	Energieeffizienzscenario (EWZ-Elektrizitätsmix 1 „Weiter wie bisher“ und ECO2-Fernwärmeszenario „Trend“)
EE3	Energieeffizienzscenario (EWZ-Elektrizitätsmix 3 „Geothermie und modifiziertes ECO2-Fernwärmeszenario „2000-Watt“)
EFH	Einfamilienhaus
EKZ	Energiekennzahl
ER	Erneuerungsrate
GPM	Gebäudeparkmodell
GuD	Gas- und Dampf (Kombikraftwerk)
I b	Referenz-Szenario (in Kombination mit BFE-Elektrizitätsmix I b)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IV a	Effizienz-Szenario (in Kombination mit BFE-Elektrizitätsmix IV a)
IV e	Effizienz-Szenario (in Kombination mit BFE-Elektrizitätsmix IV e)
JAZ	Jahresarbeitszahl
JNG	Jahresnutzungsgrad
KEA	Kumulierter (Primär-) Energieaufwand

MFH	Mehrfamilienhaus
Minergie	Schweizerisches Gebäudelabel
MJ	Megajoule (10^6 J)
MS	Meilenschritt (Szenario)
MS+	Meilenschritt-Szenario inklusive 2000-Watt-Option
MuKEn	Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
NE	Nutzenergie
PE	Primärenergie
PEF	Primärenergiefaktor
PJ	Petajoule (10^{15} J)
Ref-Sz.	Referenzszenario (aus Gebäudeparkmodell Zürich)
Qh	Spezifischer Heizwärmebedarf pro Jahr (MJ/m^2 pro Jahr)
RH	Raumheizung
RW	Raumwärme
SEB	Spezifischer Energiebedarf
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
THG	Treibhausgas
TJ	Terajoule (10^{12} J)
TWh	Terawattstunden (10^{12} Wh)
UW	Umweltwärme
VIP	Vakuum Isolations-Panel
VZ	Volkszählung
WP	Wärmepumpe
WW	Warmwasser
ZD	Zentrale Dienste

1 Zusammenfassung

Ausgangslage

Im Jahr 2001 initialisierte die Stadt Zürich unter dem Titel 7-Meilenschritte ein energiepolitisches Programm mit dem Ziel

- den Energiestandard für städtische Bauten gemäss Masterplan Energie festzulegen.
- weitergehende Impulse für eine nachhaltige Entwicklung des Gebäudeparks zu geben.
- die Weichenstellung in Richtung 2000-Watt-Gesellschaft als langfristige Perspektive vorzubereiten (ab 2008).

Zu diesem Zweck formulierte die Stadt Zürich 7 Meilenschritte zum umweltgerechten Bauen. Diese gelten für städtische Bauten und Bauvorhaben mit städtischen Unterstützungsleistungen (Baurechte, finanzielle Beiträge). Bei jedem 7-Meilenschritt bestehen eine Grundvariante zur Umsetzung in der Breite (ohne 2000W-Option) sowie eine weitergehende Vorgabe, um die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen (2000W-Option).

Zielsetzung

Das Ziel des Projekts war eine quantitative Ex-ante Abschätzung der Wirkung der städtischen 7-Meilenschritte-Politik auf den künftigen Primärenergieverbrauch und die Treibhausgas-Emissionen eines Teils des Gebäudesektors mittels des Gebäudeparkmodells (GPM). Hierbei war hypothetisch davon auszugehen, dass die 7-Meilenschritte nicht nur im direkten städtischen Einflussbereich anzuwenden sind, sondern z.B. bei allen Wohn- und Bürogebäuden auf Stadtgebiet.

Vorgehen zur Wirkungsabschätzung der 7 Meilenschritte-Politik

Zur Abschätzung der bisherigen und vor allem auch der künftigen Wirkung kommt das Gebäudeparkmodell (GPM) Stadt Zürich zum Einsatz. Die Wirkungsabschätzung erfolgt unter der Annahme, dass die 7-Meilenschritte nicht nur auf die städtischen, sondern auf alle Gebäude in der Stadt Zürich, welche im GP-Modells enthalten sind, angewendet werden (Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Schulen und Bürogebäude). Die Aussagen umfassen die Betriebsenergie der Gebäude und beziehen sich auf Energie- und Treibhausgasindikatoren, nicht jedoch auf weitere nachhaltigkeitsrelevante Aspekte.

Um den Effekt der 7-Meilenschritte abschätzen zu können, wurde zum einen ein eigenständiges Vergleichsszenario entwickelt, im folgenden Basis-Szenario genannt, welches den Stand der Politikmassnahmen zu Beginn der 2000er Jahre abbildet und zum anderen zwei Varianten eines 7-Meilenschritte-Szenarios: für jeden der 7-Meilenschritte (7-MS) existiert eine Grundvariante ohne 2000-Watt-Option und eine weitergehende 2000-Watt-Option. Die Wirkung der 7-Meilenschritte-Politik ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Basis-Szenario und der jeweiligen Variante des 7-Meilenschritte-Szenario. Für jeden der 7-Meilenschritte wurden entsprechend die Modellparameter festgelegt, sofern diese im Sinne der Zielsetzung des Projekts und Modellierung als relevant identifiziert wurden Sie werden im Folgenden kurz erläutert:

- **Meilenschritt 1 – Neubauten Minergie:** U-Werte werden ab dem Jahresschritt 2011 bis 2015 dergestalt angepasst, dass sämtliche Neubauten den Heizwärmebedarfsgrenzwert von Minergie

(2000-Watt-Option: Minergie P) erfüllen. Zudem wurden Minergie-Lüftungen mit Wärmerückgewinnung unterstellt.

- **Meilenschritt 2 – Sanierungen Minergie:** U-Werte und Erneuerungsraten werden ab dem Jahr 2011 bis 2015 dergestalt angepasst, dass sämtliche ideal-typisch erneuerten Gebäude den Heizwärmebedarfsgrenzwert von Minergie (Option 2000W-Minergie-Neubauten oder Minergie-P) erfüllen. Die Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung kommen bei etwa einem Drittel der energetischen Erneuerungen der Wohngebäude zum Einsatz
- **Meilenschritt 3 – Effizienter Elektrizitätseinsatz:** Für die Wohngebäude wird ein neu entwickeltes Gerätemodell verwendet, wobei als Annahmen „80% Topten-Geräte“ bei den Haushaltsgeräten und die Minergie-Grenz bzw. die Zielwerte SIA 380/4 bei der Beleuchtung zugrunde gelegt wurden. Letzteres gilt auch Büro und Schulgebäuden.
- **Meilenschritt 4 – Erneuerbare Energien:** Erneuerbare Energien werden zum einen in den Gebäuden direkt eingesetzt (ohne 2000-Watt-Option bei Neubauten sowie teilweise beim Warmwasser im Gebäudebestand, mit 2000-Watt-Option flächendeckend über alle Gebäude) und zum anderen bei der Fernwärme- und Stromerzeugung. Zu den Erneuerbaren Energien zählen Wärmeenergie aus Solarenergie, Holz und Umweltwärme (Wärmepumpe); Wärme aus der Kehrlichtverbrennung wird zu 50% als erneuerbarer Energieträger gezählt.
- **Meilenschritt 7 – Bewirtschaftung:** Rein rechnerisch wird davon ausgegangen, dass die Annahme der optimalen energetischen Bewirtschaftung bereits in den oben beschriebenen Meilenschritten enthalten bzw. als ergänzende Massnahme erforderlich ist, um die volle Wirkung der einzelnen MS zu erreichen. Dazu gehören insbesondere auch die Effizienzgewinne, welche Grossverbraucher im Rahmen von Zielvereinbarungen (EWZ-Effizienzbonus) realisieren. Das Stromversorgungs-Szenario wird auf seine Kompatibilität zu der Annahme bezgl. ewz-Strommix „naturemade basic“ hin geprüft.

Aus den Schlussfolgerungen, welche sich aus den Modellrechnungen ziehen lassen, werden Empfehlungen zuhanden der Stadt Zürich und weiterer Akteure abgeleitet.

Ergebnisse: Wirkung der 7-Meilenschritte-Politik

Als erstes kann festgehalten werden, dass die 7-Meilenschritte einen substanziellen Teil der Energienutzung im Gebäudebereich abdecken. Zum einen legt die 7-Meilenschritte-Politik einen starken Fokus auf die Steigerung der Energieeffizienz, welche letztlich sowohl der Reduktion der Primärenergienachfrage als auch der Treibhausgasemissionen dient. Angesprochen wird hierbei der gesamte Neubaubereich, die energetische Gebäudeerneuerung und ein markanter Anteil der Elektrizitätsnutzung, sowohl in Bezug auf Investitions- und Erneuerungsentscheide (Meilenschritte 1 bis 3), als auch in Bezug auf die Energiebeschaffung und -nutzung während der Betriebsphase (Meilenschritt 7: Bewirtschaftung). Zum anderen wird als Ergänzung zur Energieeffizienz mit dem Meilenschritt 4 explizit die Anwendung der erneuerbaren Energien gefördert.

Ohne diese Massnahmen würde die Stromnachfrage der untersuchten Gebäudetypen bis 2050 um rund 20% ansteigen (siehe Tabelle 1). Damit macht sie nahezu zwei Drittel des gesamten Endenergiebedarfs aus. Die übrige Endenergienachfrage (ohne Strom) und die Primärenergienachfrage pro Kopf der Bevölkerung würden zwar um rund 20% sinken und die Treibhausgasemissionen gar um über 40%. Dies ist jedoch zu wenig im Vergleich zur Zielsetzung der 2000 Watt-Gesellschaft. Erst mit

den Massnahmen der 7-Meilenstritte und namentlich mit deren jeweiligen 2000-Watt-Optionen wird eine weitergehende Reduktion erreicht:

- Die Stromnachfrage kann bis ca. 2035 stabilisiert und bis 2050 gar um rund 10% gesenkt werden, dies trotz eines angenommenen Bevölkerungswachstums von 13% bzw. 15%.
- Die gesamte pro-Kopf-Primärenergienachfrage, d.h. der erneuerbare und der nicht-erneuerbare Anteil zusammen, kann bis 2050 um rund die Hälfte reduziert werden, die nicht-erneuerbare sogar um rund 80% bzw. 90% (mit den 2000-Watt-Optionen)
- Die Treibhausgasemissionen pro Kopf gehen in der Basisversion der 7-Meilenstrittepolitik um rund 68% und mit den jeweiligen 2000-Watt-Optionen um 87% zurück.

Tabelle 1: Endenergienachfrage sowie Primärenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen pro Kopf in der Ausgangslage (Jahr 2005) und im Jahr 2050 für das Basis-Szenario und die beiden 7-Meilenstritte-Szenario-Varianten (ohne und mit 2000-Watt-Option)

	Endenergie in PJ		Primärenergie in W/P		Treibhausgas-Emissionen in t/P
	Alle (ohne Strom)	Strom	Total	nicht-erneuerbar	Total
2005 Ausgangslage	13,5	5,8	2767	2460	2,85
	100%	100%	100%	100%	100%
2050 Basis-Szenario	10,8	6,9	2260	1679	1,55
	80%	119%	82%	68%	54%
7-MS-Politik (ohne 2000 Watt Option)	9,2	5,3	1420	514	0,92
	68%	91%	51%	21%	32%
7-MS-Politik (mit 2000 Watt Option)	8,1	5,4	1328	234	0,36
	59%	93%	48%	9%	13%

Die separate Auswertung der einzelnen Meilenstritte zeigt den sehr unterschiedlichen Charakter der verschiedenen 7-Meilenstritte auf:

- Meilenstritt 1 (Neubauten Minergie) hat eine vergleichsweise geringe direkte Wirkung, weil er auf Neubauten (ab 2005) wirkt, welche zum einen bereits im Basis-Szenario relativ effizient sind und zum anderen auch im Jahr 2050 nur eine Minderheit der Bauten auf Stadtgebiet darstellen. MS1 wirkt indirekt jedoch auch auf den Gebäudebestand (siehe MS2) und hat deshalb trotzdem eine hohe Bedeutung als Taktgeber des energetischen Fortschritts.
- Meilenstritt 2 (Minergie-Erneuerungen): dieser MS wirkt sich auf alle Indikatoren (Strom, übrige Endenergie- und Primärenergienachfrage sowie Treibhausgasemissionen) positiv aus.
- Meilenstritt 3 (effizienter Stromeinsatz) wirkt sich v.a. auf die Stromnachfrage und damit auf die Primärenergienachfrage positiv aus. Auf die Treibhausgasemissionen hat MS3 kaum einen Einfluss, weil der Strommix des EWZ bereits im Basis-Szenario mehr oder weniger CO₂-frei ist.
- Meilenstritt 4 erhöht die Stromnachfrage leicht (um 3%-Punkte), ermöglicht aber eine markante Reduktion bei der Primärenergienachfrage und vor allem bei den Treibhausgasen

Abschliessend sei darauf hingewiesen, dass einzelnen Wirkungen nicht einfach zusammengezählt werden dürfen, weil die verschiedenen 7-MS miteinander verknüpft sind. Aufgrund der unterschiedli-

chen Ansatzpunkte und Zielbereiche ergänzen sich die verschiedenen Meilenschritte und entfalten ihre Wirkung vor allem als Paket.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die verschiedene Elemente der 7-Meilenschritte-Politik stellen ein ausgewogenes Set von strategischen Ansatzpunkten dar, welches in der Lage ist, sowohl Breiten- wie Spitzenwirkung zu erzielen.

- **Breitenwirkung:** In Bezug auf die quantitative Wirkung ist es nebst dem Setzen von ambitionierten Anforderungen zentral, möglichst den gesamten Bereich der Energienutzung jeweils mit einzubeziehen. Diese Bedingung ist zu einem grossen Teil erfüllt, auch wenn einige Bereiche noch nicht vollständig abgedeckt sind (ein Teil der Elektrizitätsanwendung im Gebäudebereich, siehe unten). Die Modellrechnungen zeigen eine grosse Wirkung der 7-Meilenschrittepolitik, wobei anzufügen ist, dass sie zum Teil durch die energiepolitischen Massnahmen des Bundes und der Kantone mitunterstützt wird. Bis 2050 können sowohl die Primärenergienachfrage als auch die Treibhausgasemissionen pro Kopf der Bevölkerung in der Basisversion um etwa 49% bzw. 68% verringert werden. Zu verdanken sind diese Wirkungen zum einen den konkreten 7-Meilenschritten und zum anderen zusätzlichen Massnahmen bei der Energieversorgung der Stadt Zürich. Zu nennen sind hierbei die markante Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien bei der Fernwärmeerzeugung (Holzkraftwerk Aubrugg), die geplante Strombeschaffungspolitik des EWZ sowie, noch in geringerem Mass, der Einbezug der erneuerbaren Energien in die Unternehmensausrichtung der Erdgas Zürich.
- **Spitzenwirkung:** Das Setzen von weitgehenden Anforderungen, wie sie mit in den Meilenschritten bezugnehmend auf Minergie, Minergie-P oder die SIA-Zielwerte formuliert werden, ist ein wichtiges Element einer auf Langfristigkeit ausgerichteten Energiepolitik. Mit den jeweiligen weitergehenden Anforderungen (2000 Watt-Option) können bis 2050 sowohl die Primärenergienachfrage als auch die Treibhausgasemissionen pro Kopf der Bevölkerung um gut 52% bzw. 87% verringert werden, wobei die weitergehende Reduktion der Treibhausgasemissionen v.a. dem weiteren Einsatz von erneuerbaren Energien zuzuschreiben ist. Hierbei geht es nicht nur um die Anwendung und die Wirkung der jeweils besten verfügbaren Technik oder Vorgehensweise, sondern vor allem auch um den Prozess der Markttransformation, der damit angestossen wird. Das Setup der 7-Meilenschritte entspricht diesem Grundprinzip. In der Umsetzung konnten hierbei bereits wichtige Erfolge verzeichnet werden, z.B. die Auslösewirkung beim Marktangebot von energieeffizienten Leuchten, beim Aufzeigen der Machbarkeit einer sehr energie-effizienten Bürogebäudeerneuerung (Werdhochhaus) oder bei der Planung eines energieeffizienten Spitals (Triemli). Die Stadt Zürich konnte diesbezüglich ihrem eigenen Anspruch gerecht werden und eine Vorreiterrolle spielen.

Zwei Umstände sind für das weitere energiepolitische Vorgehen zu beachten:

Zum einen ist die quantitative Gesamtwirkung, welche mit der 7-MS-Politik zu erreichen ist, insgesamt geringer als die Wirkung eines umfassenden, zielorientierten Effizienz-Szenarios, wie es z.B. in Wallbaum et al. (2010) dargestellt ist. Der Unterschied ist insbesondere auf die Stromanwendung im Gebäudebereich zurück zu führen, welche durch die 7-Meilenschritte mit Beleuchtung und Büro- und Haushaltegeräten erst teilweise abgedeckt wird.

Zum anderen ist zu bedenken, dass die meisten der 7-Meilenschritte derzeit noch nicht in der Breite und in der Tiefe in der Praxis umgesetzt werden, wie es in den Modellrechnungen angenommen wurde, sowohl bei den städtischen sowie definitionsgemäss bei den nicht-städtischen Gebäuden. Trotz

der initialisierten Wirkung in Richtung Zielerreichung einer 2000-Watt-Gesellschaft besteht für die städtische Energiepolitik sowie alle in der Stadt Zürich aktiven energierelevanten Akteure also weiterer Handlungsbedarf, um die strategischen Ansatzpunkte in konkrete Massnahmen umzusetzen, welche nicht nur die Gebäude und Energieanbieter im direkten städtischen Einflussbereich, sondern auf alle Akteure abzielt. Dies betrifft sowohl die Zielsetzungs- als auch die Umsetzungsebene:

- Auf der **Zielsetzungsebene** ist zu prüfen, wie die bestehenden Meilenschritte ergänzt werden könnten. Dies betrifft insbesondere die gebäudebezogenen Elektrizitäts- und anderen Energieanwendungen, welche derzeit „nur“ Geräte und bei Nicht-Wohngebäuden die Beleuchtung und via Minergie Lüftung und Kühlung umfasst. Zusätzlich einzubeziehen mit quantitativen Vorgaben sind zahlreiche weitere Betriebseinrichtungen sowie eine Vielzahl an weiterer Gebäudetechnik und sowie branchenspezifischen Anwendungen. Beispiele sind Kochen, Waschen und Trocknen im Gesundheitswesen. Weitere Akteure wie die Hochschulen mit ihren Forschungseinrichtungen, der Detailhandel, das Gastronomie- und Hotelwesen und weitere sollten dazu animiert werden analoge Meilenschritt-Programme zu konzipieren, fokussiert auf die jeweiligen Bereiche mit hoher Hebelwirkung (z.B. gewerbliche Kälte im Detailhandel).
- Auf der **Umsetzungsebene** sind ebenfalls weitere Anstrengungen zu unternehmen. Die bei den Modellrechnungen getroffenen Annahmen sind zum Teil sehr ambitioniert und stellen für die praktische Anwendung eine grosse Herausforderung dar. Exemplarisch zu nennen sind hierbei die Anforderungen gemäss Minergie-P, die Stromeffizienz bei Lüftungsanlagen, der Gebäudekühlung und bei der Beleuchtung sowie ganz allgemein ein energieeffizienter Betrieb der Gebäude, Anlagen und Geräte. Angesprochen sind zum einen technische Möglichkeiten, zum anderen aber auch die Aus- und Weiterbildung der betroffenen Branchen auf Seite der Anbieter, die Stärkung der Bestellerkompetenz sowie die Befähigung der für den Betrieb zuständigen Personen und Organisationen.

2 Ausgangslage, Ziele und Vorgehen

Vorbemerkung: Dieser Bericht basiert auf dem Projekt Gebäudeparkmodell Zürich, welches durch die Arbeitsgemeinschaft ETH Zürich und TEP Energy bearbeitet wurde und im April 2010 abgeschlossen wird (Wallbaum et al. 2010). In dem hiermit vorliegenden Bericht werden vornehmlich die vom GPM ZH abweichenden Annahmen und Ergebnisse dokumentiert.

2.1 Ausgangslage

Im Jahr 2001 initialisierte die Stadt Zürich unter dem Titel 7-Meilenschritte ein energiepolitisches Programm mit dem Ziel

- den Energiestandard für städtische Bauten gemäss Masterplan Energie festzulegen.
- weitergehende Impulse für eine nachhaltige Entwicklung des Gebäudeparks zu geben.
- die Weichenstellung in Richtung 2000-Watt-Gesellschaft als langfristige Perspektive vorzubereiten (ab 2008).

Nebst den vier grundsätzlichen Anforderungen, dass städtische Bauten hohe funktionellen Anforderungen erfüllen, kostengünstig, ökologisch nachhaltig und dauerhaft sein sowie architektonische und städtebauliche Qualitäten aufzuweisen müssen, wurden 7 Meilenschritte zum umweltgerechten Bauen formuliert (Amt für Hochbauten, 2008). Diese gelten für städtische Bauten und Bauvorhaben mit städtischen Unterstützungsleistungen (Baurechte, finanzielle Beiträge). Bei jedem der 7-Meilenschritte besteht eine Grundvariante zur Umsetzung in der Breite (als 7-MS ohne 2000W-Option bezeichnet) sowie eine weitergehende Vorgabe, um die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen (2000W-Option).

2.2 Ziele

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung ist eine quantitative Ex-ante-Abschätzung der Wirkung der städtischen 7-Meilenschritte-Politik auf den künftigen Primärenergieverbrauch und die Treibhausgas-Emissionen eines Teils des Gebäudesektors mittels des Gebäudeparkmodells Zürich. Hierbei war – nicht zuletzt aufgrund der Datenlage – hypothetisch davon auszugehen, dass die 7-Meilenschritte auf die städtischen, sondern auf Wohngebäude sowie Schulen und Bürogebäude angewendet würde.

2.3 Vorgehen

Zur Abschätzung der bisherigen und vor allem auch der künftigen Wirkung kommt das Gebäudeparkmodell (GPM) Stadt Zürich zum Einsatz. Die Wirkungsabschätzung erfolgt unter der Annahme, dass die 7-Meilenschritte nicht nur auf die städtischen, sondern hypothetisch auf alle Gebäude in der Stadt Zürich, welche im GP-Modell enthalten sind, angewendet werden. Dies betrifft die Gebäudetypen Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Schulen und Bürogebäude. Dieses Vorgehen ergab sich nicht zuletzt aus der Datenlage, welche innerhalb des Projektrahmens verfügbar gemacht werden konnte.

Die Aussagen umfassen die Betriebsenergie der Gebäude und beziehen sich auf Energie- und Treibhausgasindikatoren, nicht jedoch auf weitere nachhaltigkeitsrelevante Aspekte.

Jeder 7 MS wurde je ohne und mit 2000-Watt-Option untersucht.

Um den Effekt der 7-Meilenschritte abschätzen zu können, wurde zum einen ein eigenständiges Vergleichsszenario entwickelt, im Folgenden Basis-Szenario genannt, welches den Stand der Politikmassnahmen zu Beginn der 2000er Jahre abbildet. Dies war erforderlich, weil das Referenzszenario des GPM Zürich Projekts (Wallbaum et al. 2010) in seinen Annahmen bereits gewisse von der Stadt Zürich in Richtung 7-Meilenschritte unternommenen Anstrengungen berücksichtigt. Deshalb eignet sich das Referenz-Szenario des GPM Zürich Projekts (Wallbaum et al. 2010) nicht als Referenz für die Abschätzung der 7-Meilenschritte-Politik. Beispielsweise wird nachfolgend angenommen, dass Schulen eine geringere und erst später einsetzende Diffusionsrate von Lüftungsgeräten aufweisen. Dieses neue Szenario wird im Folgenden in Abgrenzung zum „Referenzszenario“ in Wallbaum et al. (2010) als „Basisszenario“ bezeichnet.

Zum anderen wurden zwei Varianten eines 7-Meilenschritte-Szenarios definiert: für jeden 7-MS eine Grundvariante ohne und eine weitergehende mit 2000-Watt-Option. Die Wirkung der 7-Meilenschritte-Politik ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Basis-Szenario und der jeweiligen Variante des 7-Meilenschritte-Szenario. Für jeden der 7-Meilenschritte (Kurzbeschreibung im folgenden Unterkapitel 2.3.1) wurden entsprechend die Modellparameter festgelegt, welche im Folgenden kurz erläutert werden (Unterkapitel 2.3.2).

2.3.1 Die 7-Meilenschritte

Nachfolgend werden die 7-Meilenschritte, welche eine direkte Auswirkung auf die Energienachfrage (Betriebsenergie) und die direkten Treibhausgas-Emissionen der Gebäude auf Stadtgebiet haben, kurz erläutert.

Meilenschritt 1 – Neubauten Minergie

U-Werte werden ab dem Jahresschritt 2011 bis 2015 dergestalt angepasst, dass sämtliche Neubauten den Heizwärmebedarfsgrenzwert von Minergie (Option: Minergie-P) erfüllen.

Als Abgrenzung zu MS4 werden in MS1 und MS2 lediglich die Primäranforderungen des Minergie-Labels abgedeckt (Heizwärmebedarf auf Nutzenergieebene). Zudem werden auch Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung verwendet. Sie kommen sowohl bei den Dienstleistungs- als auch bei den Wohngebäuden zum Einsatz.

Wir gehen davon aus, dass der Minergie-Grenzwert für den Heizwärmebedarf in Zukunft nicht weiter verschärft wird. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass auch im Basisszenario eine Absenkung des U-Werts von 0,5% bis 0,7% pro Jahr erreicht wird (siehe Jakob, 2008).

In einer Nebenbetrachtung wird überprüft inwiefern MS4 die Anforderungen an die erneuerbaren Energieträger, welche sich aus den Minergie-Gewichtungsfaktoren ergeben, abdeckt.

Meilenschritt 2 – Sanierungen Minergie

U-Werte und Erneuerungsraten werden ab dem Jahresschritt 2011 bis 2015 dergestalt angepasst, dass sämtliche ideal-typisch erneuerten Gebäude (wir rechnen Erneuerungsraten und U-Werte in eine Gesamterneuerungsrate und Gesamteffizienzwirkung um) den Heizwärmebedarfsgrenzwert von Minergie erfüllen (Option 2000W-Minergie-Neubauten oder Minergie-P) erfüllen (Ausnahme: denkmalgeschützte Gebäude). Die Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung werden auf etwa ein Drittel der

energetischen Sanierungen der Wohngebäude und bei den Dienstleistungsgebäuden gemäss dem Effizienzscenario des Gebäudeparkmodells Zürich angewendet (siehe Wallbaum et al. 2010).

In einer Nebenbetrachtung wird überprüft inwiefern MS4 die Anforderungen, welche sich aus den Minergie-Gewichtungsfaktoren ergeben, abdeckt.

Meilenschritt 3 – Effizienter Elektrizitätseinsatz

Für die Wohngebäude wird ein neu entwickeltes Elektrizitäts-Nachfragemodell verwendet. Bei den elektrischen Geräten werden die Annahmen aus dem Effizienzscenario des Gebäudeparkmodells Zürich verwendet. Auch bei Büro und Schulgebäuden wird bzgl. Elektrizität auf die Effizienz-Entwicklung des Effizienz-Szenarios abgestützt, welches von der Erreichung der Grenz- und Zielwerte gemäss SIA 380/4 ausgeht. Es wird geprüft, ob dieses Szenario mit den Annahmen „80% Topten-Geräte“ bei Haushaltsgeräten und Zielwerte SIA 380/4 bei der Beleuchtung vereinbar ist.

Meilenschritt 4 – Erneuerbare Energien

Es sind Annahmen auf der Ebene der Endenergie (Marktanteile Heizsysteme) und Primärenergieumwandlung zu treffen. Bei letzterem wird eine Entwicklung der Zusammensetzung der Strom- bzw. Fernwärmeerzeuger angenommen; bei den einzelnen Erzeugersystemen wird jedoch keine Effizienzsteigerung in den Vorketten angenommen. Erneuerbare Energien werden wie folgt auf Ebene der Endenergie definiert: Wärmeenergie aus Solarenergie, Holz und Umweltwärme (Wärmepumpe) wird zu 100% und Kehrlichtverbrennung zu 50% als erneuerbarer Energieträger gezählt. Anschliessend wird die Endenergie, wie bereits beim Gebäudeparkmodell Zürich, mit den Faktoren aus Frischknecht et al. 2009 in Primärenergie umgerechnet. Bzgl. der Option 2000 W (100% erneuerbare Wärme) ist zu beachten, dass mit den aktuellen Faktoren 100% nicht ganz erreicht werden können (wegen der nicht-erneuerbaren grauen Energie in den Vorketten).

Es wird geprüft, ob und inwiefern die Szenarien des EWZ und der Fernwärme Zürich die Annahmen des Effizienzscenarios aus dem Gebäudeparkmodell Zürich diese Vorgabe bereits erfüllen.

Meilenschritt 7 – Bewirtschaftung

Wir gehen davon aus, dass diese Annahme bereits in den vorangegangenen Meilenschritten enthalten bzw. als ergänzende Massnahme erforderlich ist, um die volle Wirkung der einzelnen MS zu erreichen. Dazu gehören insbesondere auch die Effizienzgewinne, welche Grossverbraucher im Rahmen von Zielvereinbarungen (Kantonale Zielvereinbarung, EWZ-Effizienzbonus) realisieren. Das Stromversorgungs-Szenario wird auf seine Kompatibilität zu der Annahme bezgl. ewz-Strommix „naturemade basic“ hin geprüft.

In der Folge werden die speziellen Annahmen des Gebäudeparkmodells 7 Meilenstritte (GPM 7-MS) erläutert. Zudem wird auf die Unterschiede zwischen dem Referenzscenario des GPM ZH und des GPM 7-MS (wie in Kapitel 2.3.1 beschrieben) eingegangen. Um das Referenzscenario des GPM 7-MS klar von demjenigen des GPM ZH abzugrenzen, wird es Basisszenario genannt.

2.3.2 Die wichtigsten Annahmen im Bereich Wohngebäude in der Übersicht

Nachfolgend werden die wichtigsten Annahmen dokumentiert, wobei der Fokus auf diejenigen Modellparameter gelegt wird, welche von den Annahmen in Wallbaum et al. (2010) abweichen.

Raumwärme

- Bei den Wohngebäuden liegt, der massgebliche Unterschied zu dem Referenzszenario des Gebäudeparkmodells Zürich in den Annahmen zu den Wärmedurchgangswerten. Sie orientieren sich im GPM 7-MS, anstatt an der MuKE 2008 (wie in Wallbaum et al. 2010), an den Vorschriften der MuKE 2000. Der resultierende mittlere Heizwärmebedarf des Basisszenarios ist somit 2050 durchschnittlich etwa 6 % (Bestandsbauten vor 2005) und 30 % (Neubauten) höher als im Referenzszenario des GPM ZH.
- In dem 7-Meilenstritte-Szenario sind die U-Werte (von Sanierungen und Neubau) derart gewählt, dass die Anforderungen von Minergie resp. in der 2000 Watt Option Minergie (Neubau) eingehalten werden können. Das entspricht in etwa einer Annäherung an die U-Werte der sogenannten Minergie Standardlösungen bzw. an die Zielwerte für Sanierungen der SIA 380/1 (2009). Zudem wurde von Minergie-Lüftungen mit einer hohen Stromeffizienz ausgegangen (siehe Wallbaum et al. 2010). Durch diese Massnahmen und durch die Einhaltung der gewichteten Energiekennzahl werden die Primäranforderungen von Minergie in BP5 (2006-10) knapp erfüllt. Bis 2050 werden sie um 15 bis 20 % übererfüllt.

Diffusionsraten und spezifische Energienachfrage

- **Elektrizität:** Im Basisszenario geht das Elektrizitätsbedarfsmodell davon aus, dass bis etwa 2035 sämtliche Altgeräte mit sehr geringer Effizienz vom Markt genommen werden. Bis 2050 werden die Haushalte, je nach Gerätekategorie, mit 20-40 % effizienten Geräten (A+, TopTen) ausgestattet sein. Zudem erhöht sich die Effizienz der Geräteklassen von 2020 an um 0,1 % bis 0,5 % pro Jahr. Im 7-MS-Szenario wird davon ausgegangen, dass die Altgeräte bereits ein bis zwei Jahresschritte eher durch effizientere Geräte ersetzt werden. Die effizienten Geräte erreichen bis 2050 einen Marktanteil von ca. 80% und erfahren eine geringfügig höhere Effizienzsteigerung (0,25 % bis 1,0 %) bis 2050. Im Basisszenario steigt der Elektrizitätsbedarf bis 2050 kontinuierlich auf 119 % des Stands 2005 an. Im Vergleich dazu haben die getroffenen Annahmen der Meilenstritte zur Folge, dass der Elektrizitätsbedarf ab 2025 wieder zurückgeht und 2050 bei 93 % des Ausgangsniveaus liegt.
- **Raumwärme:** Die Diffusionsraten der Heizwärmeerzeuger sind im Referenzszenario des GPM ZH (Wallbaum et al. 2010) und im Basisszenario des vorliegenden GPM 7-MS-Berichts identisch. Bzgl. Energieträgeranteilen der erneuerbaren Energien kommen die Vorgaben des Meilenstritte-Szenarios 4 zum Tragen. Zudem wurde sichergestellt, dass die in MS 1 und 2 geforderte gewichtete Energiekennzahl für Minergie erfüllt wird. Es ergibt sich bis 2050 ein Anteil erneuerbarer Energien von knapp 60 % für Neubauten und 30 % für Sanierungen. Im Fall der 2000-Watt- Option sind es 89 % bzw. 77 %. Das bedeutet, dass die Vorgaben des Meilenstritt 4 im ersten Fall übererfüllt und im zweiten nicht ganz erfüllt werden. Eine vollkommene Erzeugung der Wärmenachfrage durch erneuerbare Energien hätte allerdings weitreichende Implikationen und wird als sehr schwie-

rig eingeschätzt. Aktuell arbeiten die Autoren an einem weiteren Projekt,¹ in dem mögliche Energienachfrage- und -versorgungsszenarien räumlich differenziert und damit bezugnehmend auf eine konkrete Nutzung der Potenziale abgestützt werden. Zudem entsprechen die Diffusionsraten der Lüftungssysteme den Annahmen zu Minergie bzw. Minergie-P.

- **Warmwasser:** Der Anteil der erneuerbaren Energieträger bei der Warmwasserproduktion beträgt im 7-MS-Szenario ca. 60 %, respektive 70 % für die 2000-Watt-Option.

2.3.3 Die wichtigsten Annahmen im Bereich Büro und Schulgebäude in der Übersicht

Es folgt eine Übersicht über die Annahmen der Diffusionsraten und der spezifischen Energieverbräuche bei den Büro- und Schulgebäuden.

Diffusionsraten

- **Betriebseinrichtungen:** Die Diffusionsrate ist in allen Szenarien gleich: Für Büro mit RZ beträgt sie ungefähr 100%. Für alle anderen Gebäudetypen bleibt sie auch konstant, allerdings auf einem tieferen Niveau. Nur für die Gebäudetypen "Büro Handel" und "übrige DL" bleibt die DR nicht konstant, sondern nimmt zwischen 2005 und 2050 um ungefähr 20% zu.
- **Diverse Gebäudetechnik:** Es werden die gleichen Diffusionsraten zu Grunde gelegt wie bei den Betriebseinrichtungen, das heisst die Diffusionsraten ändern sich nicht über die Zeit ausser für die Gebäudetypen "Büro Handel" und "übrige DL", wo sie zwischen 2005 und 2050 um ungefähr 20% zunehmen.
- **Klima/Lüftung:** Hier unterscheiden sich die Diffusionsraten im 7-MS-Szenario von denjenigen im Basis-Szenario. Im 7-MS-Szenario (ohne und mit 2000W-Option) erreicht die Diffusionsrate nach 2015 100% für Neubauten, während für den bestehenden Gebäudepark angenommen wird, dass die Diffusionsrate im Jahr 2050 60% erreicht.
- **Beleuchtung und Hilfsenergie** für Raumwärme und Warmwasser (Pumpen, Heizungsgebläse): Die Diffusionsrate ist beträgt in allen Szenarien 100% und ändert sich auch über die Zeit nicht.
- **Raumwärme und Warmwasser:** Hier sind die Diffusionsraten im Basis-Szenario und im 7-MS-Szenario unterschiedlich ausgeprägt: Die Diffusionsrate für Raumwärme sind im Basis-Szenario in allen Bürogebäuden ziemlich hoch, in den „Büro mit RZ“ sogar 100%, für die Schulgebäude liegen die Diffusionsraten aber sogar im Jahr 2050 nicht über 50%.

Im 7-MS-Szenario (ohne und mit 2000W-Option) hingegen wird angenommen, dass die Diffusionsraten für Raumwärme ab 2015 bei allen Neubauten (Büro- und Schulgebäude) 100% beträgt. Bei alten Gebäuden werden aber dieselben Diffusionsraten angenommen wie im Basis-Szenario. Für Warmwasser wird angenommen, dass der Anteil von Öl, Gas und Elektrizität im 7-MS-Szenario fast verschwinden wird, während die Diffusionsraten von Wärmepumpen bis 2050 um fast 50% zunehmen wird. Das gleiche gilt für die Solarenergie (um 23%) und Fernwärme (um 13%).

¹ 2000-Watt-Gesellschafts-taugliches Energiekonzept für die Stadt Zürich

Spezifische Energiebedarfswerte

- **Raumwärme und Warmwasser:** Der spezifische Energiebedarf ist unterschiedlich in den verschiedenen Szenarien. Im Basis-Szenario werden U-Werte von 0.25-0.29 W/m²K angenommen für Flachdach, Steildach und Wand und 1,32-1,54 W/m²K für die Fenster. Somit ergibt sich ein spezifischer Wärmebedarf von 200-250 MJ/m² für alte Gebäude und von 55-60 MJ/m² für Neubauten.

Im 7-MS-Szenario sind die U-Werte tiefer angesetzt (Flachdach, Steildach und Wand: 0.17-0.22 W/m²K; Fenster: 1.01-1.3 W/m²K), was in einem Wärmebedarf von 155-165 MJ/m² für alte Gebäude und 55-60 MJ/m² für Neubauten resultiert.

In der 2000W-Option des 7-MS-Szenarios ist der Wärmebedarf nochmals tiefer, nämlich 145-155 MJ/m² für alte Gebäude und 30-40 MJ/m² für Neubauten. Die zugrundeliegenden Schätzungen für die U-Werte betragen 0.13-0.2 W/m²K für Flachdach, Steildach und Wand und 0.69-1 W/m²K für die Fenster.

- **Betriebseinrichtungen:** Hier wird in beiden Szenarien die gleichen spezifische Energiebedarfswerte angenommen. Diese betragen im Jahr 2050 51 MJ/m² für Neubauten und 170 MJ/m² für Altbauten (in den Bürogebäuden mit RZ liegt der Wert höher). Es wird angenommen, dass der spezifische Energiebedarf zwischen 2005 und 2050 um 15% (bei Neubauten) bzw. 43% (bei bestehenden Gebäuden) abnimmt.²
- **Diverse Gebäudetechnik:** Auch hier wird in beiden Szenarien die gleichen spezifischen Energiebedarfswerte angenommen. Sie liegen im Jahr 2050 zwischen 2-36 MJ/m² für Neubauten und 22-53 MJ/m² für Altbauten (in den Bürogebäuden mit RZ liegt der Wert höher). Es wird angenommen, dass der spezifische Energiebedarf zwischen 2005 und 2050 um 42% (bei Neubauten) bzw. 32% (bei bestehenden Gebäuden) abnimmt.
- **Hilfsenergie für Raumwärme und Warmwasser** (Pumpen, Heizungsgebläse): Wie schon bei den Betriebseinrichtungen und der diversen Gebäudetechnik unterscheiden sich auch hier die Energiebedarfswerte nicht zwischen den Szenarien: Es werden Werte zwischen 15-23 MJ/m² für Neubauten und 19-25 MJ/m² für Altbauten angenommen (in den Bürogebäuden mit RZ liegt der Wert höher). Bei den Neubauten wird zwischen 2005 und 2050 mit einer Zunahme von 14% gerechnet, beim bestehenden Gebäudepark mit einer leichten Abnahme von 12% abnimmt.
- **Beleuchtung:** Der spezifische Energiebedarf der Bürogebäude ist unterschiedlich in den verschiedenen Szenarien. Im Basis-Szenario sinkt der spezifische Energiebedarf für den Gebäudetyp „Büro Handel“ bis 2050 um 23% von 90 MJ/m² auf 69 MJ/m² bei den Altbauten und um 45% auf 49 MJ/m² bei den Neubauten.

Im 7-MS-Szenario wurde eine sukzessive Diffusion der Beleuchtungseffizienz in Richtung Miner-Grenzwert (ohne 2000-Watt-Option) bzw. Zielwert der SIA 380/4 unterstellt. In der Varianten ohne 2000-Watt-Option beträgt die Abnahme bis 2050 44% bei den Altbauten (auf 50 MJ/m²) und 48% bei den Neubauten (auf 42 MJ/m²). In der 2000W-Option wird ein noch stärkerer Rückgang des spezifischen Energiebedarfs erwartet: Im Jahr 2050 erreicht er den Wert von 40 MJ/m² (-55%) für Altbauten und 30 MJ/m² (-66%) für Neubauten.

² Grundsätzlich wäre auch denkbar gewesen, in den 7-MS-Szenario-Varianten auch bzgl. Betriebsenergie effizientere Werte anzunehmen, da ein Teil der sogenannten Betriebsenergie aus Bürogeräten besteht, welche Bestandteil des Meilenschritt 3 sind.

Bei den Schulgebäuden sinkt der spezifische Energiebedarf in ähnlichem Masse, aber da der Ausgangswert 2005 schon tiefer lag, erreichen sie 2050 tiefere Werte als die Bürogebäude.

Für Neubauten wird ab 2015 für die neuen effizienten Beleuchtungssysteme eine Rate von 100% angenommen, das heisst ab diesem Zeitpunkt wird der Minergie-Grenzwert (ohne 2000-Watt-Option) bzw. die SIA Zielvorgabe (mit 2000-Watt-Option) für die Beleuchtung erreicht.

- **Klima/Lüftung:** Auch hier ist der spezifische Energiebedarf unterschiedlich in den verschiedenen Szenarien. Im Basisszenario wird für neue Bürogebäude zwischen 2005 und 2050 eine Abnahme von 150 MJ/m^2 auf 100 MJ/m^2 angenommen (-33%), für neue Schulgebäude eine Abnahme von 48 MJ/m^2 auf 36 MJ/m^2 (-25%), für alte Bürogebäude eine Abnahme von 188 MJ/m^2 auf 143 MJ/m^2 (-24%) und für alte Schulgebäude eine Abnahme von 60 MJ/m^2 auf 52 MJ/m^2 (-13%).

Im 7MS-Szenario sinkt der spezifische Energiebedarf für neue Bürogebäude auf 36 MJ/m^2 (-76%), für neue Schulgebäude auf 21 MJ/m^2 (-56%), für alte Bürogebäude auf 51 MJ/m^2 (-73%) und für alte Schulgebäude auf 30 MJ/m^2 (-50%).

In der 2000W-Option des 7-MS-Szenarios werden noch tiefere Werte für 2050 angenommen, nämlich 31 MJ/m^2 für neue Bürogebäude (-79%), 15 MJ/m^2 für neue Schulgebäude (-68%), 42 MJ/m^2 für alte Bürogebäude (-77%) und 18 MJ/m^2 für alte Schulgebäude (-70%).

Wie bei der Beleuchtung wird angenommen, dass die neuen Gebäude nach 2020 in allen Szenarien die SIA Zielvorgabe erreichen.

3 Ergebnisse

In der Folge werden die Resultate aus den Modellrechnungen der 7-Meilen Schritte-Szenarien ausgewiesen. Die wichtigsten Ergebnisse sind in Kapitel 1 sowie in einer separaten Präsentationsunterlage zusammengefasst.

In der gesamthaften Betrachtung der Büro-, Schul- und Wohngebäude zeigt sich, dass zwar der flächenspezifische Verbrauch an Primärenergie bei den Büros am höchsten ist, jedoch die Wohngebäude den pro-Kopf und absoluten Primärenergieverbrauch dominieren, wenn auch nicht so stark wie im gesamtschweizerischen Fall (siehe Wallbaum et al. 2009).³ Die Wohngebäude weisen zudem ein grosses Potential für eine Reduktion des flächenspezifischen Energiebedarfs auf. Diese beiden Faktoren lassen ihnen eine Schlüsselrolle auf dem Weg hin zu einer 2000-Watt-Gesellschaft zukommen.

3.1 Endenergienachfrage

Im Basis-Szenario sind nur geringe Einsparungen des Endenergiebedarfs zu erwarten. Während bei den Schulgebäuden bis 2050 eine geringe Änderung bei der gesamten Endenergienachfrage festzustellen ist, lässt sich bei den Wohn- und Bürogebäuden festhalten, dass der Mehrbedarf an Energiebezugsfläche bereits im Basis-Szenario kompensiert wird. Der Endenergiebedarf sinkt gesamthaft um gut 1,5 PJ, d.h. um 8% (Abbildung 1).

Im 7-MS-Szenario reduziert sich der Endenergiebedarf über den Betrachtungszeitraum hinweg für alle Gebäudetypen merklich. Die stärkste Reduktion gegenüber 2005 wird mit 32 % bzw. 31 % für die Büros und Wohngebäude erwartet; aber auch die Schulen leisten mit 20% einen gewichtigen Beitrag. Insgesamt sinkt der Endenergiebedarf bis 2050 um 24 % (Abbildung 2). In der 2000W-Option des 7-MS-Szenarios liegen die Werte bei allen Gebäudetypen nochmals 7% tiefer, was mit 5,8 PJ einer Reduktion von 30% des gesamten Endenergiebedarfs gleichkommt (Abbildung 3).

³ Zur Erinnerung: Die Pro-Kopf-Angaben beziehen sich auf die Stadtzürcher Wohnbevölkerung und nicht auf die jeweiligen Gebäudenutzer.

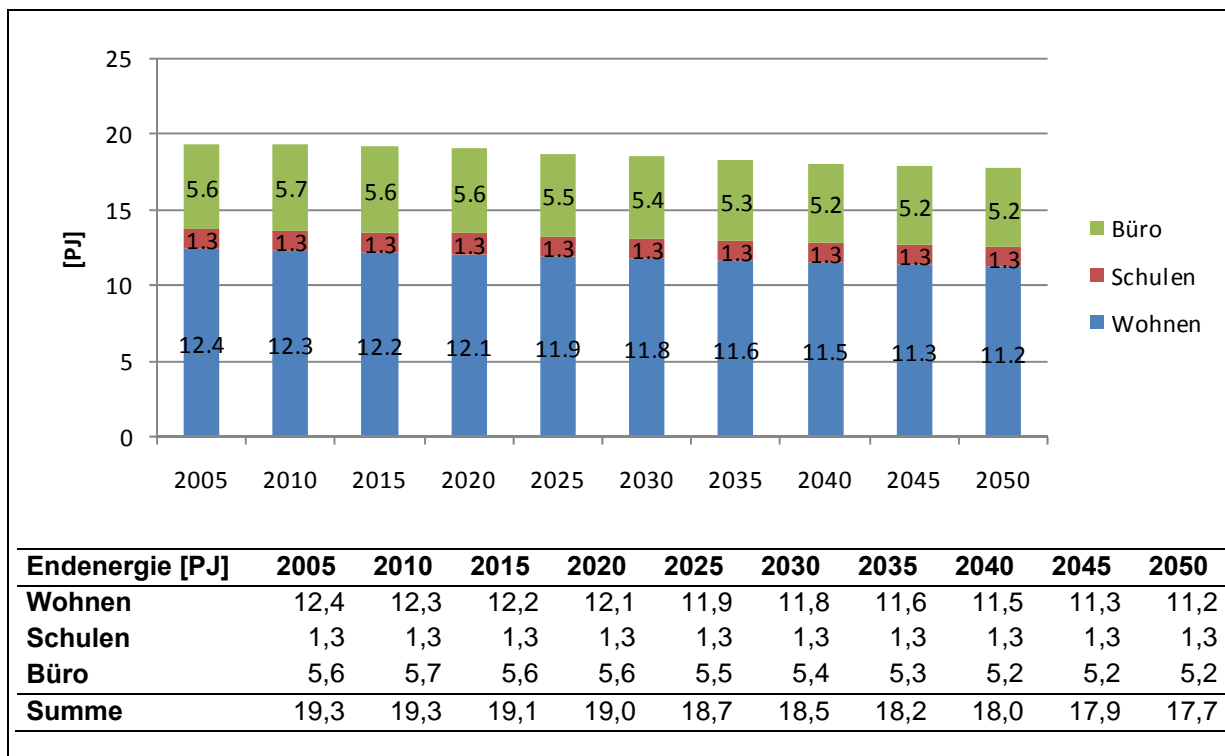


Abbildung 1: Gesamtendenergiebedarf nach Gebäudetyp in PJ – Basis-Szenario

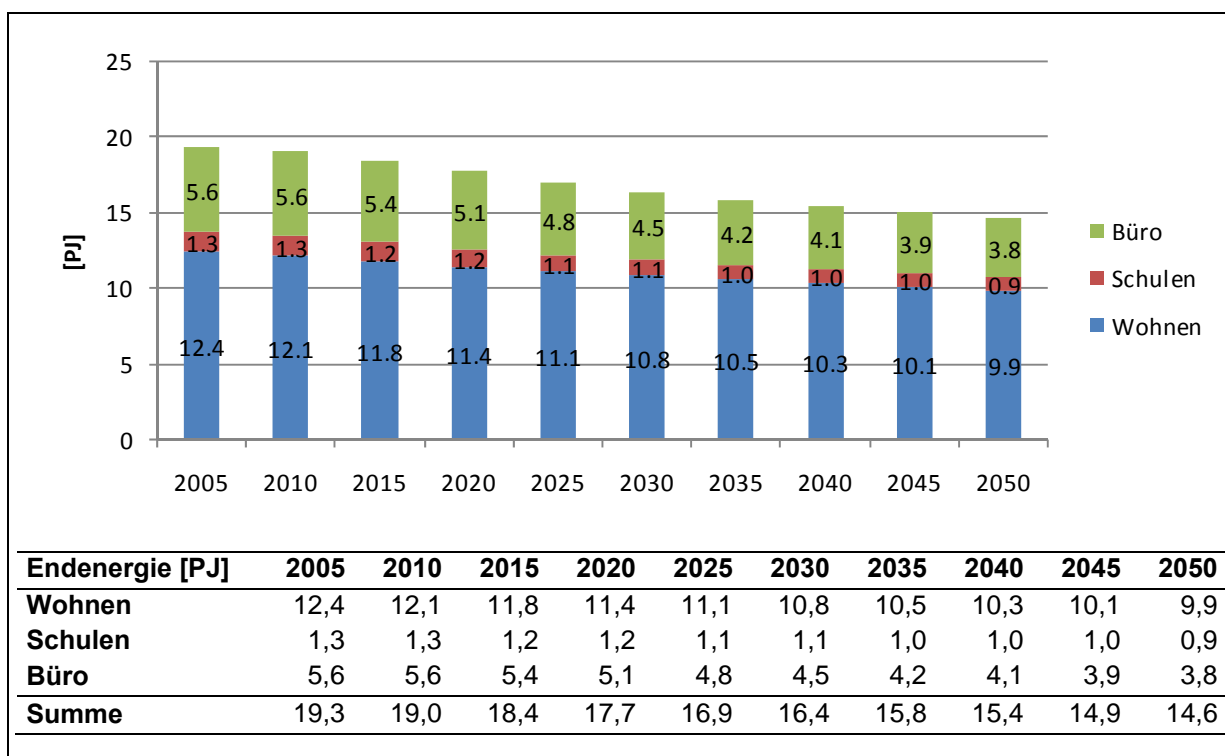


Abbildung 2: Gesamtendenergiebedarf nach Gebäudetyp in PJ – 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option)

Sowohl im Basis- als auch im 7-MS-Szenario ist ein Strukturwandel zwischen den einzelnen Endenergeträger erkennbar. Die steigende Nachfrage nach Elektrizität wird in der Aufgliederung nach Ener-

gieträgern, vor allem im Basis-Szenario (Abbildung 1), klar erkennbar – Elektrizität macht 40 % der gesamten Endenergienachfrage im Jahr 2050 aus. Im 7-MS-Szenario (Abbildung 2) kann ein bedeutender Anteil des Endenergiebedarfs mittels erneuerbaren Energien (Umweltwärme, Hydrothermie, Solar und Holz,) gedeckt werden. Im Jahr 2050 werden noch etwa 28% der Endenergienachfrage direkt durch fossile Energieträger (mehrheitlich Gas mit einem Restanteil Öl) gedeckt; im 7-MS-Szenario (2000W-Option) sind es nur noch knapp 7% (Abbildung 3). Der Elektrizitätserzeugerpark spielt potentiell auch im 7-MS-Szenario eine bedeutende Rolle, denn die Elektrizität hat auch hier einen Anteil von 37% (ohne 2000W-Option) bzw. 40% (mit 2000W-Option).

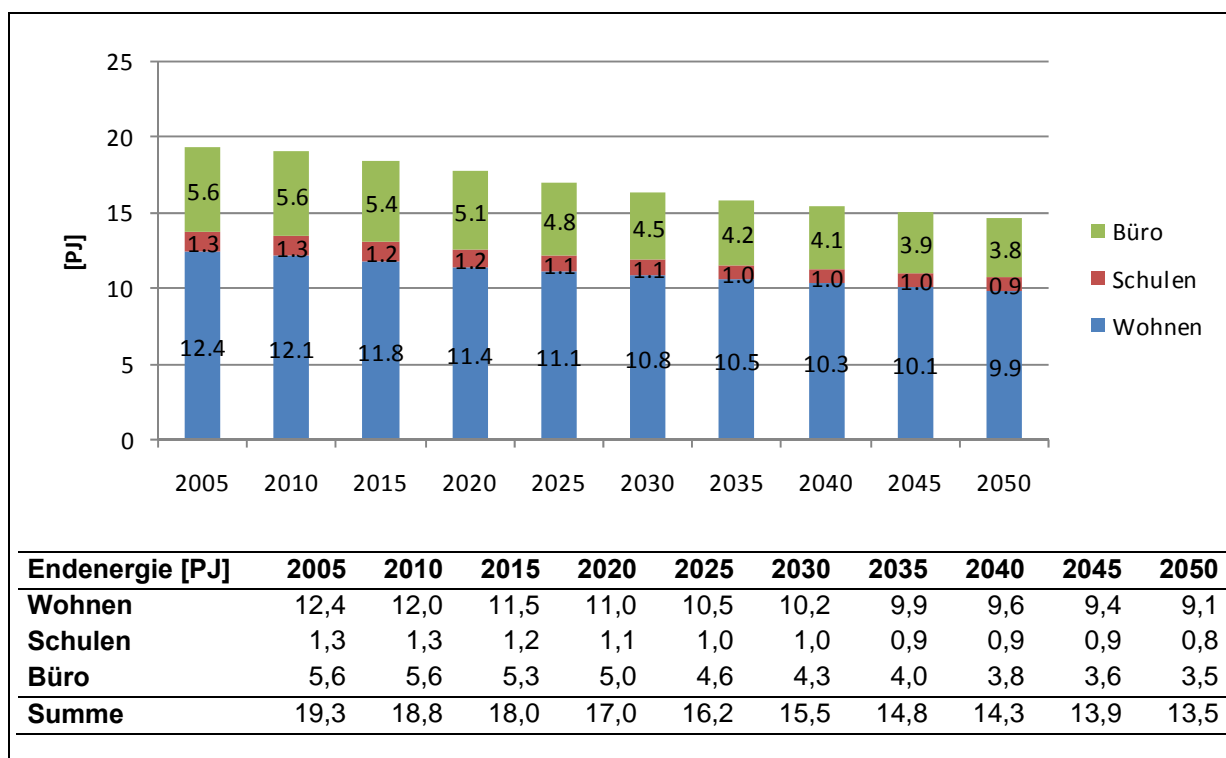


Abbildung 3: Gesamtendenergiebedarf nach Gebäudetyp in PJ – 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option)

Absolut gesehen steigt die Stromnachfrage im Basis-Szenario bis 2050 um 22% weiter an (Abbildung 4). Im 7-MS-Szenario erfolgt nach einem anfänglichen Anstieg bis etwa 2010 und einer Stagnation bis 2015 wieder eine Reduktion der Stromnachfrage, so dass diese 2050 rund 7% unter dem Niveau von 2005 zu liegen kommt (Abbildung 5). Die Nachfrage nach Erdgas und vor allem Öl nehmen in beiden Szenarien ab 2005 ab. Während die Holznachfrage nur leicht zunimmt, ist bei den übrigen erneuerbaren Energien, vor allem bei der Umweltwärme, ein stärkerer Zuwachs festzustellen.

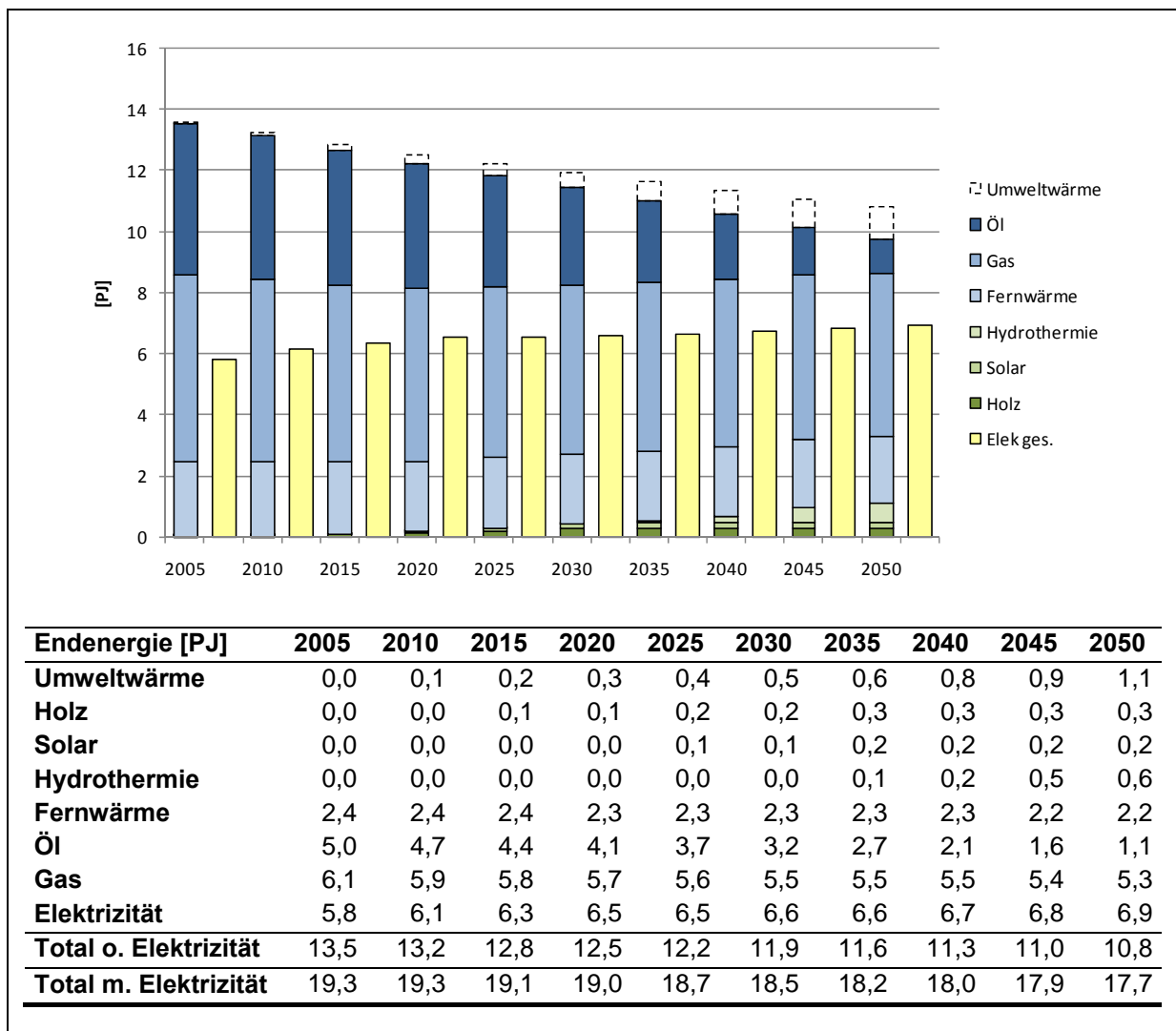


Abbildung 4: Gesamtendenergiebedarf nach Energieträger für alle Gebäudenutzungen in PJ – Basis-Szenario

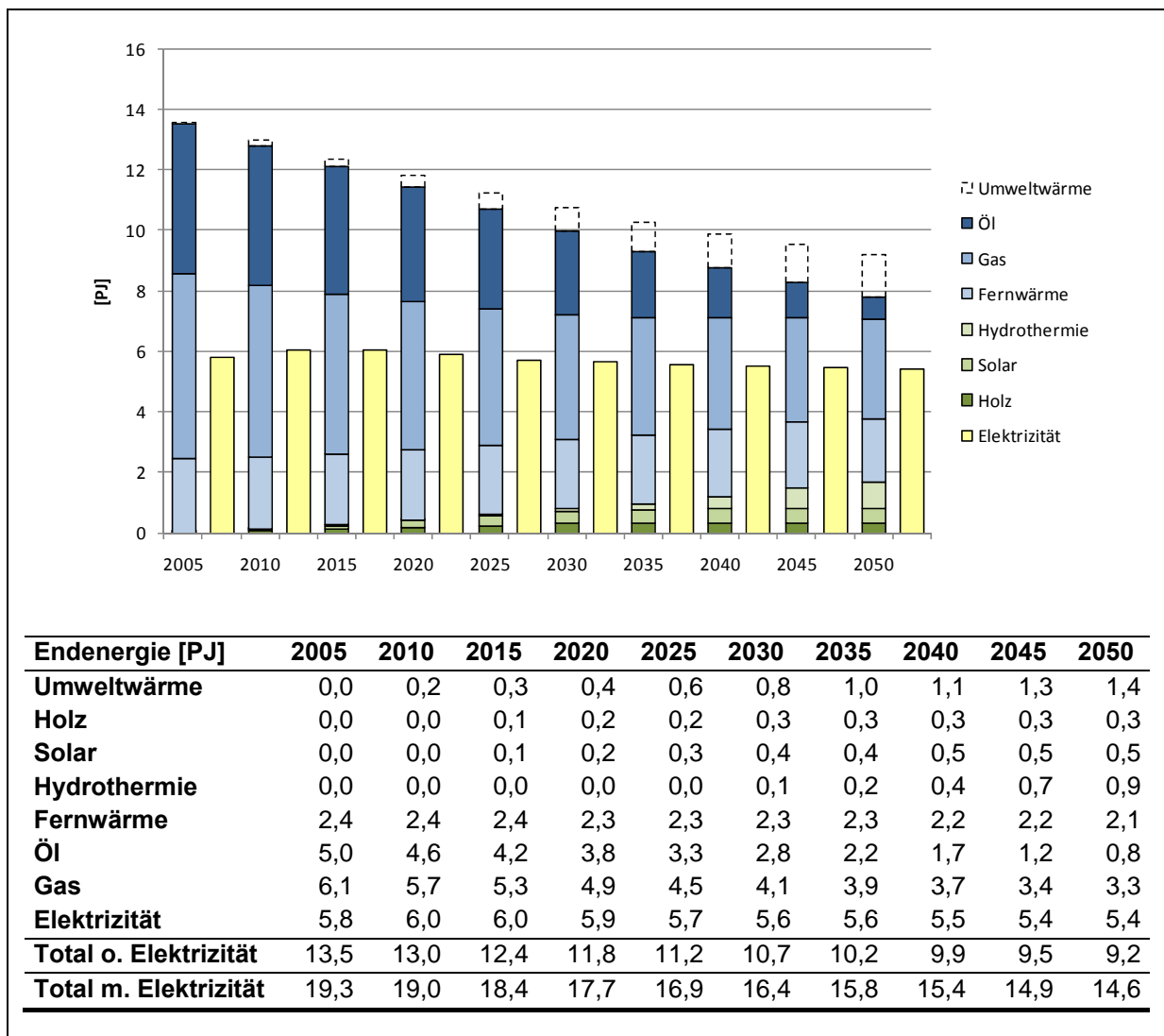


Abbildung 5: Gesamtenergiebedarf nach Anwendung für alle Gebäudenutzungen in PJ – 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option)

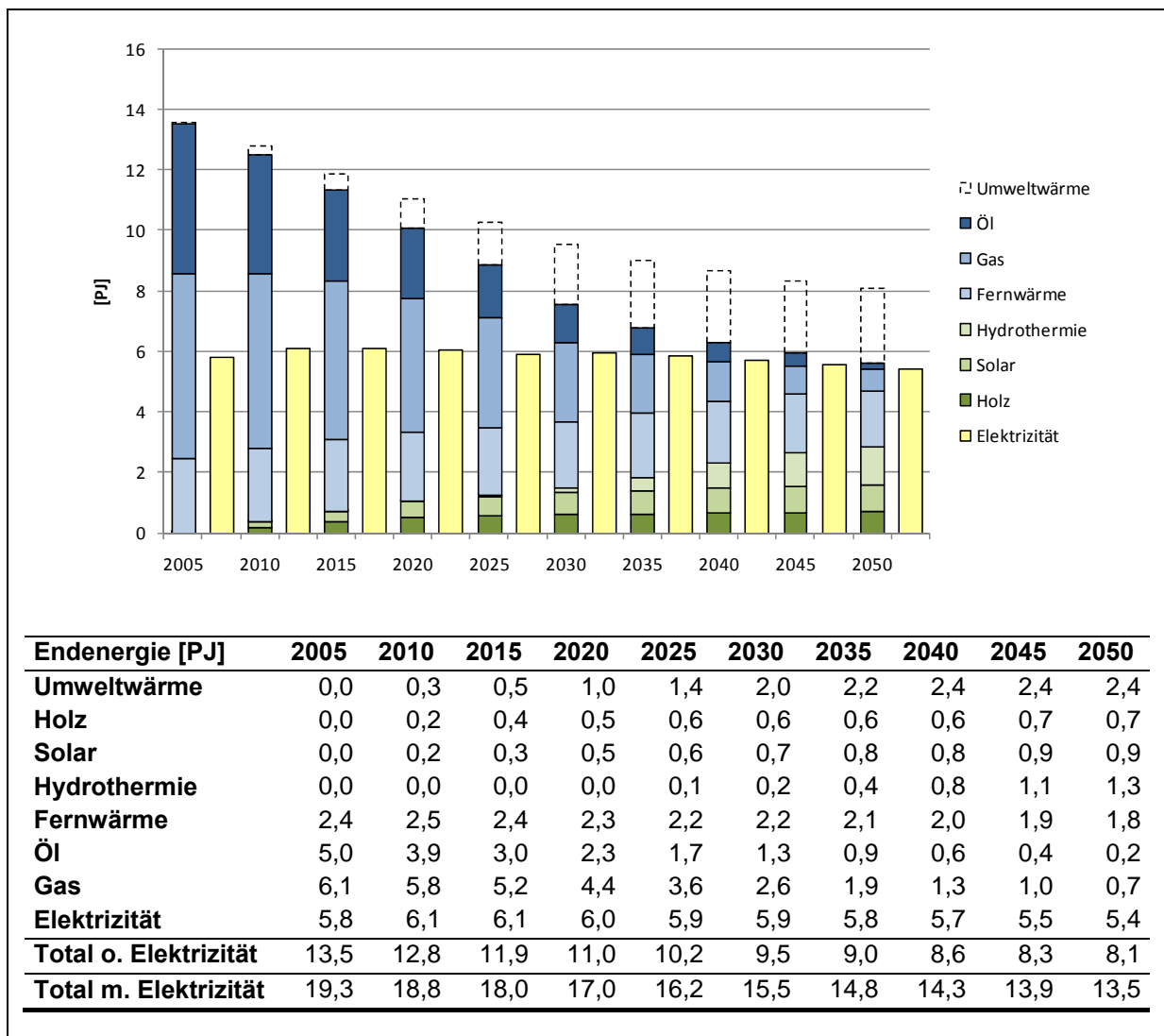


Abbildung 6: Gesamtenergiebedarf nach Anwendung für alle Gebäudenutzungen in PJ – 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option)

3.2 Primärenergienachfrage

Im Folgenden wird die Entwicklung der Primärenergienachfrage präsentiert. Das Kapitel ist folgendermassen unterteilt: Zuerst wird der Primärenergiebedarf aufgeschlüsselt nach Gebäudenutzung (Kapitel 3.2.1) und Art der Energieträger (Kapitel 3.2.2) dargestellt und danach und per capita (Kapitel 3.2.3) und flächenspezifisch (Kapitel 6.1 im Anhang) angegeben.

3.2.1 Primärenergienachfrage gesamt nach Gebäudenutzung

Die Gesamt*primäre*nergienachfrage nimmt im Basis-Szenario um etwa 6% ab, d.h. etwas weniger stark als die Endenergie (8%). Die Differenz lässt sich mit der Zunahme der Elektrizitätsnachfrage bis 2050 erklären, denn im Vergleich zu den anderen Energieträgern ist Elektrizität primärenergieintensiver. Auch auf Ebene der Primärenergienachfrage kann die Steigerung der Energiebezugsfläche in der Summe kompensiert werden; dies aufgrund einer sinkenden Nachfrage, v.a. bei den Wohngebäuden. Im Teilbereich der Schulgebäude ist dies jedoch nicht der Fall – es ist ein leichter Anstieg zu beobachten (Abbildung 7), was vornehmlich auf die Ausbautwicklung im Hochschulbereich zurückzuführen ist.

Im 7-MS-Szenario (EWZ Szenario 3) kann die Gesamt-Primärenergienachfrage bis 2050 durch eine weiterreichende Nachfragereduktion und eine strukturelle effizientere Elektrizitätserzeugung um 40 % gesenkt werden, mit der 2000W-Option des 7-MS-Szenarios sogar um 45%; dies trotz Bevölkerungswachstum, zunehmender Elektrizitätsnachfrage und Steigerung der EBF pro Person. Im Gegensatz zum Basis-Szenario nimmt im 7-MS-Szenario auch der Primärenergiebedarf der Schulhäuser ab.

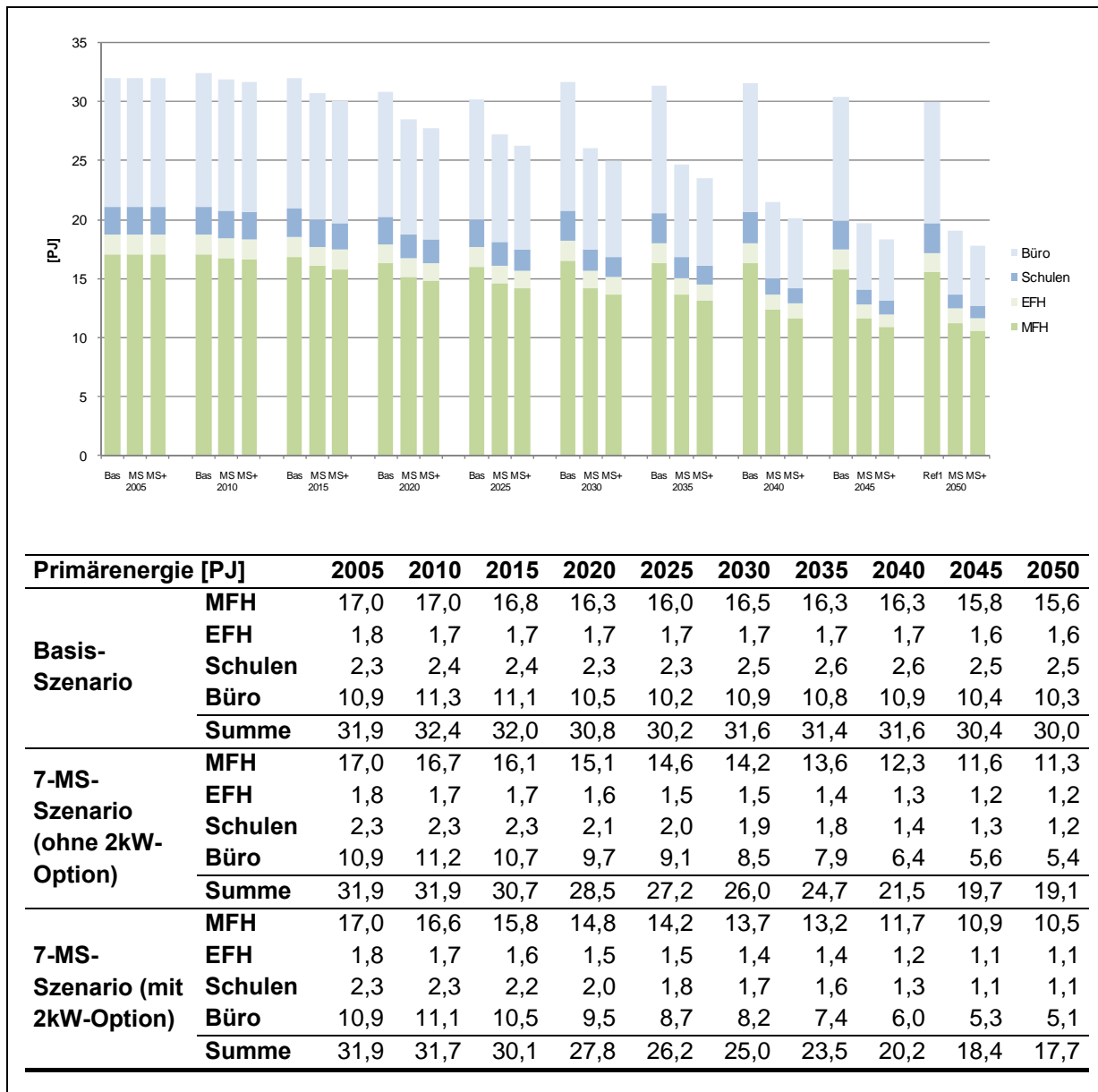


Abbildung 7: Totale Primärenergienachfrage nach Gebäudenutzung in PJ – Basis- und 7-MS-Szenario (inkl. 2000W-Option) im Vergleich (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1 und 3) (MS = 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option); MS+ = 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option))

3.2.2 Gesamtprimärenergienachfrage nach Art der Energieträger

Die Aufteilung des Gesamtprimärenergiebedarfs nach Energieträgern zeigt im Basis-Szenario (Abbildung 8) die Bedeutung der Reduzierung der fossilen Energieträger. Die Reduktion des fossilen Anteils an Primärenergie (von rund der Hälfte auf ein Drittel) wird durch eine relative Zunahme des nuklearen Anteils und einer relativen und absoluten Zunahme der erneuerbaren Energien kompensiert.

siert. Dieser Übergang zu überwiegend kohlenstofffreien Energieträgern erklärt die sinkenden Treibhausgasemissionen im folgenden Abschnitt 0.

Das 7-MS-Szenario unterscheidet sich neben der grösseren Reduktion der Energienachfrage bis 2050 auch in Bezug auf die Energieträger vom Basis-Szenario: Der nukleare (4%) und der fossile Anteil (31% bzw. 13% für die 2000W-Option) sind bis im Jahr 2050 bedeutend kleiner als im Basis-Szenario, dafür entwickelt sich der erneuerbare Anteil um so mehr (64% bzw. 82% für die 2000W-Option).

Die Art der Elektrizitätsproduktion hat einen gewissen, aber nicht einen dominierenden Einfluss auf die Gesamtprimärenergienachfrage. Die Erzeugung von Elektrizität durch nukleare Energieträger ist, nach den Daten aus Frischknecht und Tuchschnid (2008), weniger primärenergieeffizient. Dies resultiert in einem erhöhten Primärenergiefaktor, woraus sich im Effizienz-Szenario mit dem EWZ Szenario 1 ein im Vergleich zum EWZ Szenario 3 geringfügig erhöhter Bedarf (ca. +4.4 PJ / +22 %) im Jahr 2050 ergibt. Von diesem Unterschied ist jedoch nur der Primärenergieaufwand der nuklearen und erneuerbaren Stromproduktion, nicht jedoch der Sockel der Wasserkraft, der allen Szenarien gemeinsam ist, betroffen.

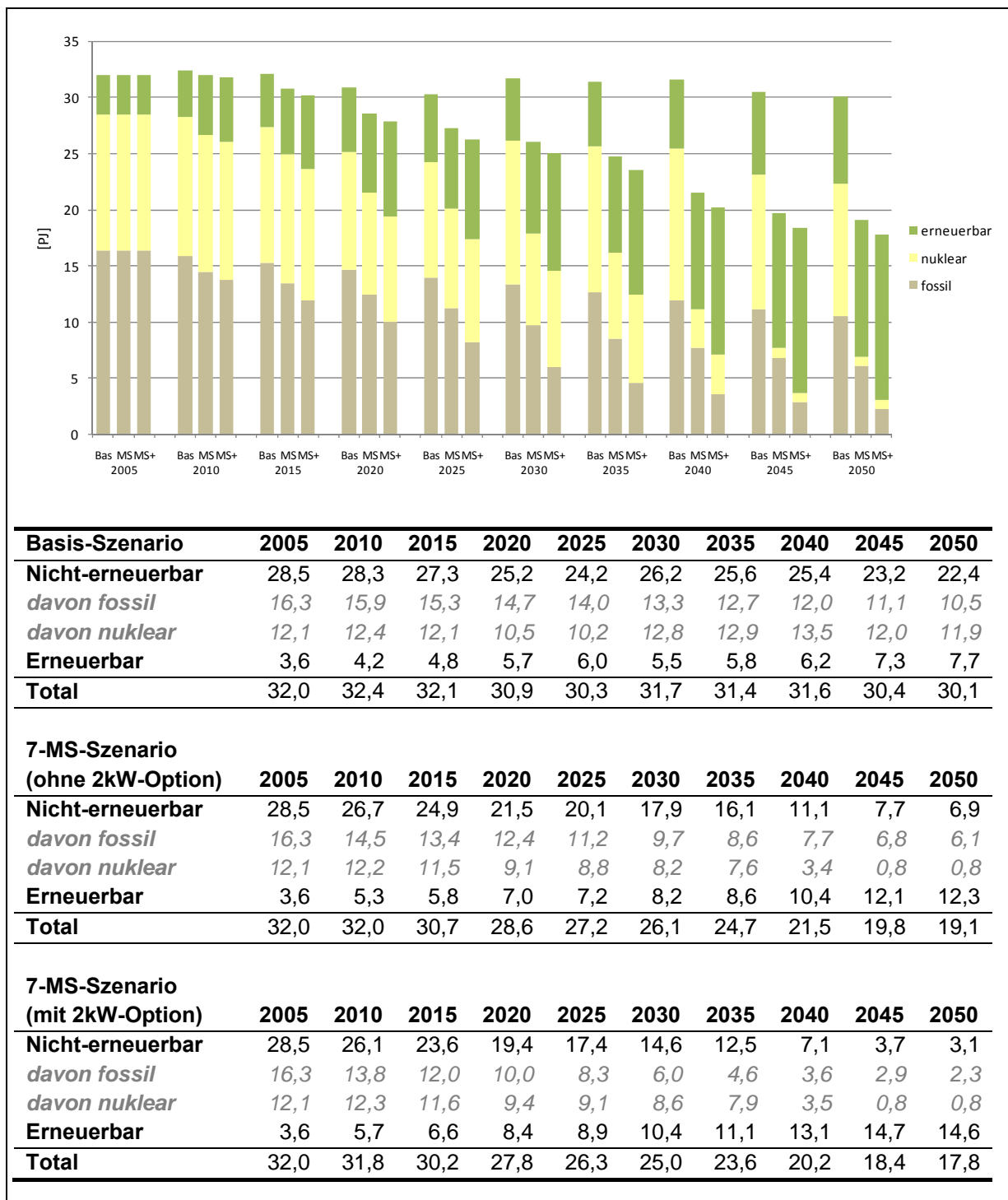


Abbildung 8: Gesamtenergiebedarf totale Primärenergie nach Primärenergieträgern in PJ – Basis-Szenario und 7-MS-Szenario (inkl. 2000W-Option) im Vergleich (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1 und 3)

3.2.3 Personenspezifische *Primärenergienachfrage*

Die spezifische Dauerleistung an totaler Primärenergie pro Kopf der Bevölkerung verhält sich in etwa analog zur Gesamtprimärenergienachfrage im vorhergehenden Kapitel. Im Vergleich zur Gesamtprimärenergienachfrage reduziert sich durch den Anstieg der Bevölkerung die personenbezogene Dauerleistung weniger stark, d.h. im Basis-Szenario (Abbildung 9) gesamthaft von rund 2767 Watt im Jahr 2005 auf 2260 Watt in 2050 (-18 %). Im 7-MS-Szenario wird 2050 eine spez. Dauerleistung von 1438 Watt pro Person erreicht (Abbildung 9), was gegenüber 2005 einer Reduktion um 48 % entspricht und im 7-MS-Szenario (2000W-Option) einer Reduktion auf 1334 Watt pro Person um 52%.

Die pro-Kopf-Dauerleistung an erneuerbaren Primärenergien steigt im Basis-Szenario vor allem bei den Wohngebäuden an. Die Dienstleistungsgebäude weisen bei der Primärenergie aus erneuerbaren Quellen eine etwas geringere Steigerung auf im Vergleich zu den Wohngebäuden (bedingt durch ihren vergleichsweise höheren Elektrizitätsbedarf). Bei zwei der drei Gebäudenutzungstypen reduziert sich der Anteil an nuklearer Primärenergie bis 2050, bei den Schulen bleibt er im Basis-Szenario ungefähr konstant. Jedoch können alle drei Gebäudenutzungstypen den Pro-Kopf-Bedarf an fossiler Primärenergie bereits im Basis-Szenario reduzieren (Abbildung 9).

Im 7-MS-Szenario werden die bereits im Basis-Szenario festgestellten Effekte weiter verstärkt. Auch hier steigt die pro-Kopf-Dauerleistung an erneuerbaren Primärenergien vor allem bei den Wohngebäuden an. Im Unterschied zum Basis-Szenario nimmt aber im 7-MS-Szenario der fossile Anteil auch bei den Schulgebäuden ab. Den grössten Anteil an der Reduktion der totalen Pro-Kopf-Nachfrage machen im 7-MS-Szenario die fossilen Primärenergieträger aus, die mit -956 PJ (ohne 2000W-Option, Abbildung 10) bzw. -1239 PJ (mit 2000W-Option, Abbildung 11) Reduktion ausmachen.

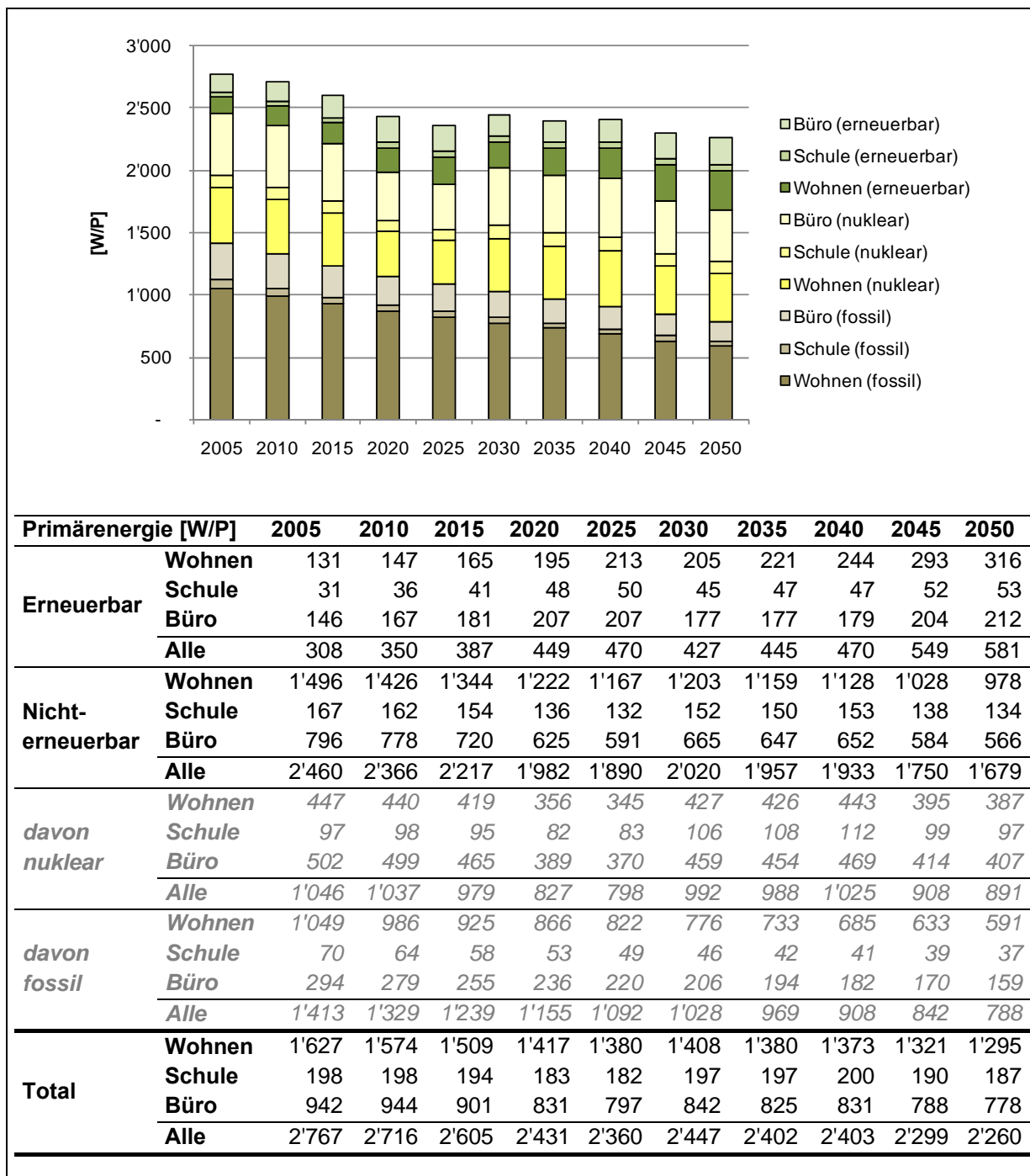


Abbildung 9: Personenspezifische Dauerleistung in Primärenergie nach Primärenergieträgern für alle drei Gebäudenutzungen; Basis-Szenario mit ewz-Stromszenario 1 [W/P]

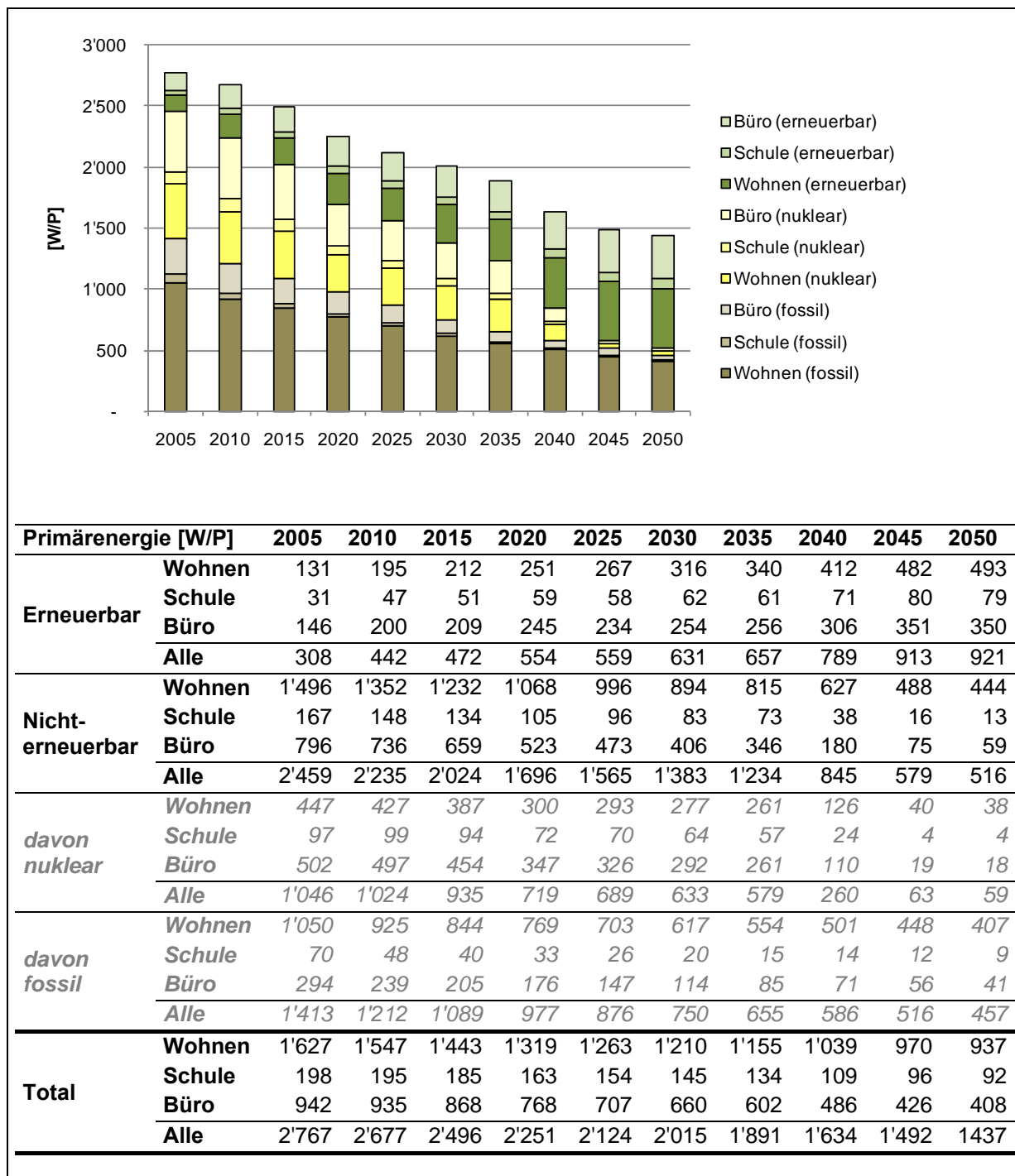


Abbildung 10: Personenspezifische Dauerleistung in Primärenergie nach Primärenergieträgern für alle drei Gebäudenutzungen; 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option) mit ewz-Stromszenario 3 [W/P]

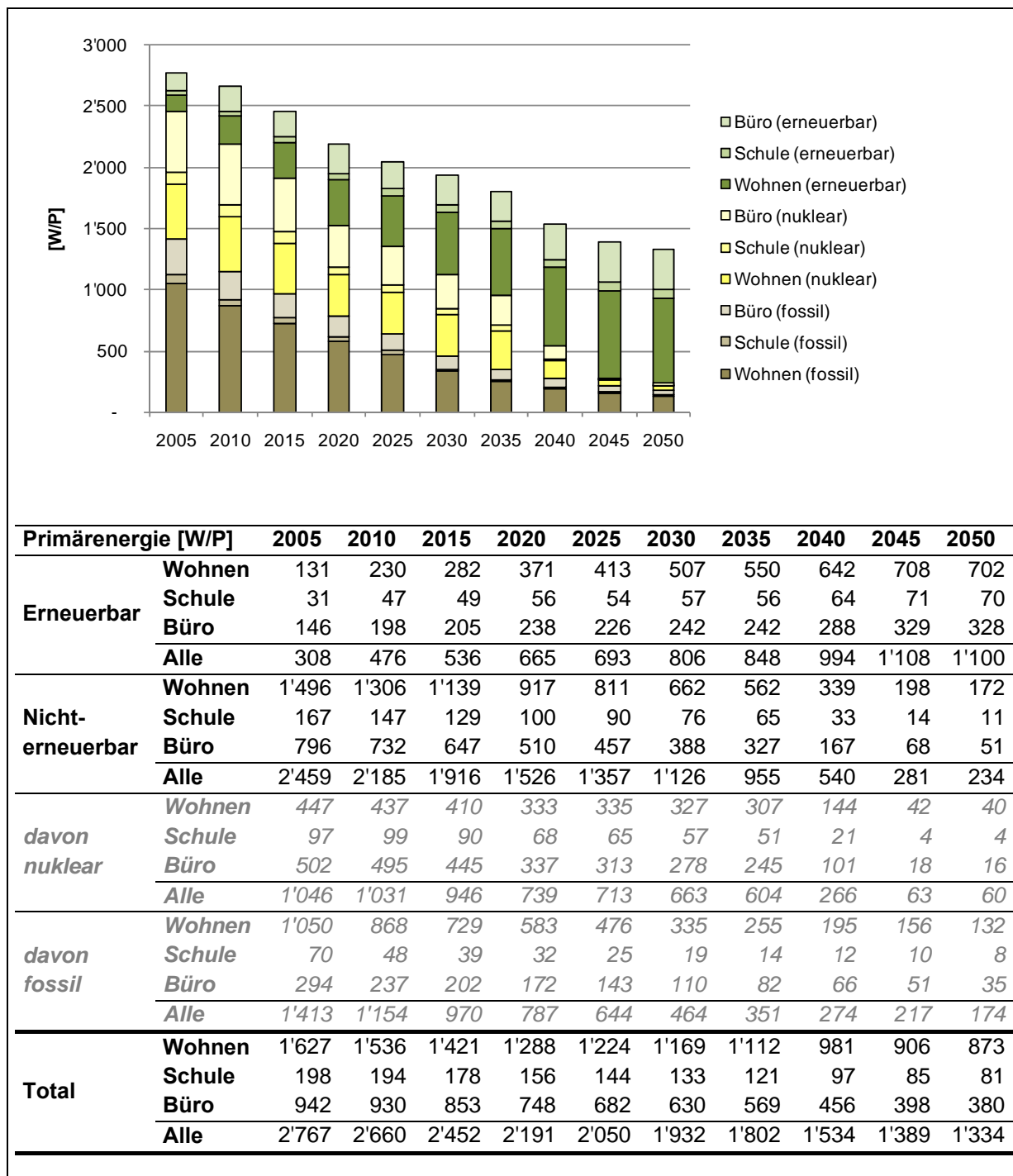


Abbildung 11: Personenspezifische Dauerleistung in Primärenergie nach Primärenergieträgern für alle drei Gebäudenutzungen; 7-MS-Szenario (mit 2000 W-Option) mit ewz-Stromszenario 3 [W/P]

3.3 Treibhausgasemissionen

Auch bei den Treibhausgasemissionen gilt, dass der zunehmende Bedarf an Elektrizität eine entscheidende Rolle spielt. In allen Szenarien erfolgt die Deckung des Elektrizitätsbedarfs in Zukunft anahmengenässig durch weniger treibhausgasintensive Energieträger (vgl. Kapitel 3.1). Da bereits das Basis-Szenario auf CO₂-arme oder -freie Stromerzeugung setzt, lässt sich durch Substitutionseffekte bis 2050 eine bedeutende Reduktion der jährlichen Treibhausgasemissionen von knapp 0,4 Mt CO₂-äq. bzw. 38 % erreichen. Der Trend der sinkenden Treibhausgasemissionen verstärkt sich weiter, wenn, wie im 7-MS-Szenario, gleichzeitig die Energienachfrage reduziert wird. So kann in der Variante ohne die 2000W-Option bis 2050 eine Reduktion von 0,65 Mt CO₂-äq bzw. 62% verzeichnet werden; mit der 2000W-Option sogar um 0,89 Mt CO₂-äq bzw. 87% (Abbildung 12). Im Vergleich zu den absoluten Emissionen sinken die Pro-Kopf-Treibhausgasemissionen in den kommenden Jahren etwas stärker, da die Bevölkerung leicht wächst, wodurch strukturelle Effekte, wie zum Beispiel der eines höheren Anteils an effizienteren Neubauten, zum Tragen kommen (Abbildung 13).

Im Basis-Szenario werden im Jahre 2050 etwa 1,55 t CO₂-äq. pro Person für den in diesem Projekt betrachteten Gebäudepark ausgestossen (Abbildung 13). Unter Berücksichtigung weiterer, hier nicht näher betrachteter Emittentengruppen (wie Verkehr und weitere Dienstleistungsgebäude) würden die Zielwerte der 2000-Watt-Gesellschaft damit im Basis-Szenario sicherlich verfehlt werden. Im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option) werden im Jahr 2050 etwa 0,92 t CO₂-äq. pro Person ausgestossen und im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option) etwa 0,36 t CO₂-äq. pro Person. Damit macht der betrachtete Teil des Gebäudesektors rund 90% bzw. 40% der angestrebten Zielgrösse der 2000-Watt-Gesellschaft aus, was mutmasslich einen zu hohen Anteil für die hier betrachteten Bereiche darstellt, deren Emissionen im Jahr 2005 ca. 2,8 t CO₂-äq. pro Person betragen.

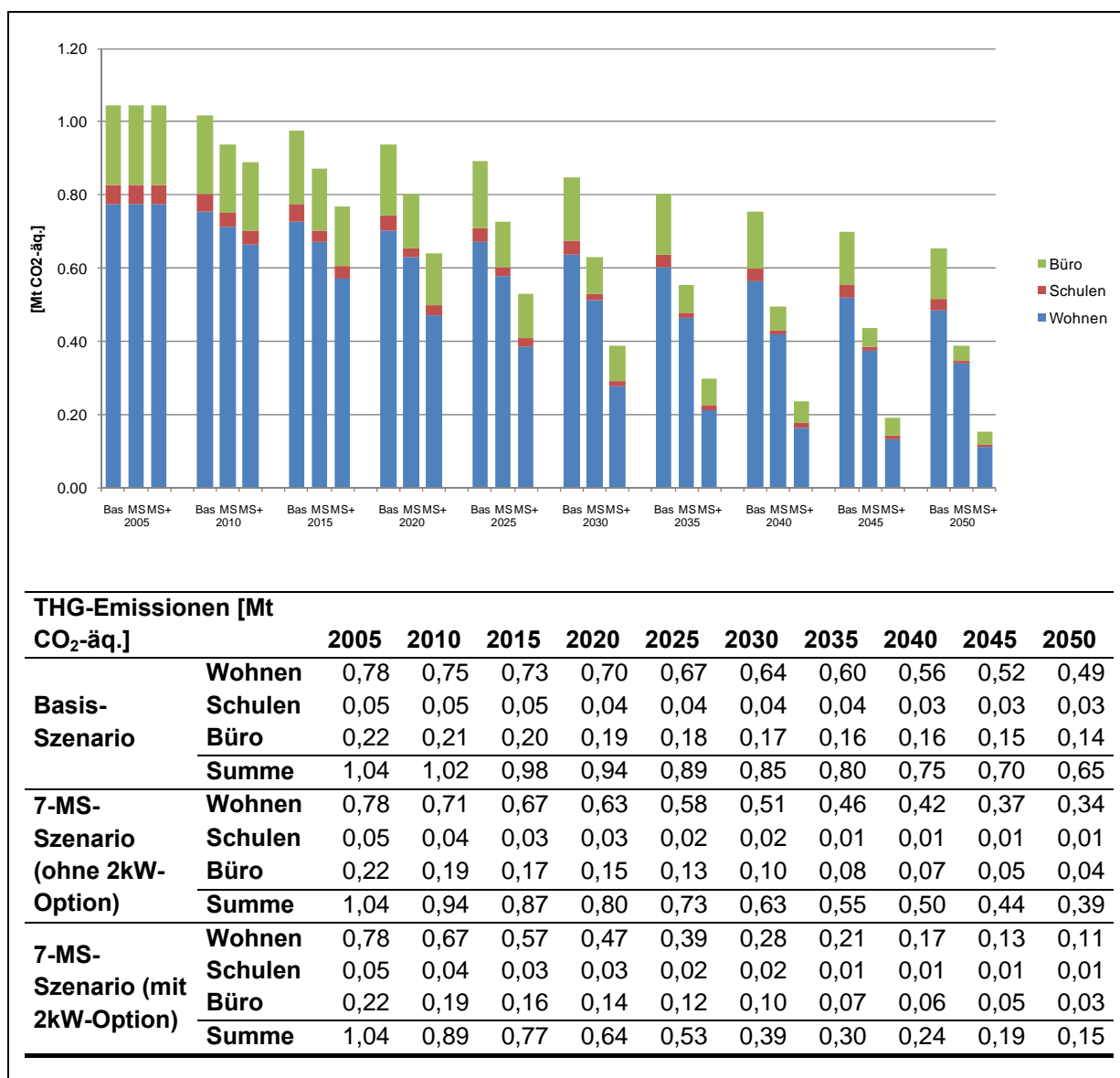


Abbildung 12: Totale Treibhausgasemissionen in Mt CO₂-äquivalenten nach Gebäudetyp; Basis-Szenario und 7-MS-Szenario (ohne und mit 2000W-Option) im Vergleich (Elektrizität nach ewz-Sz. 1 bzw. 3)

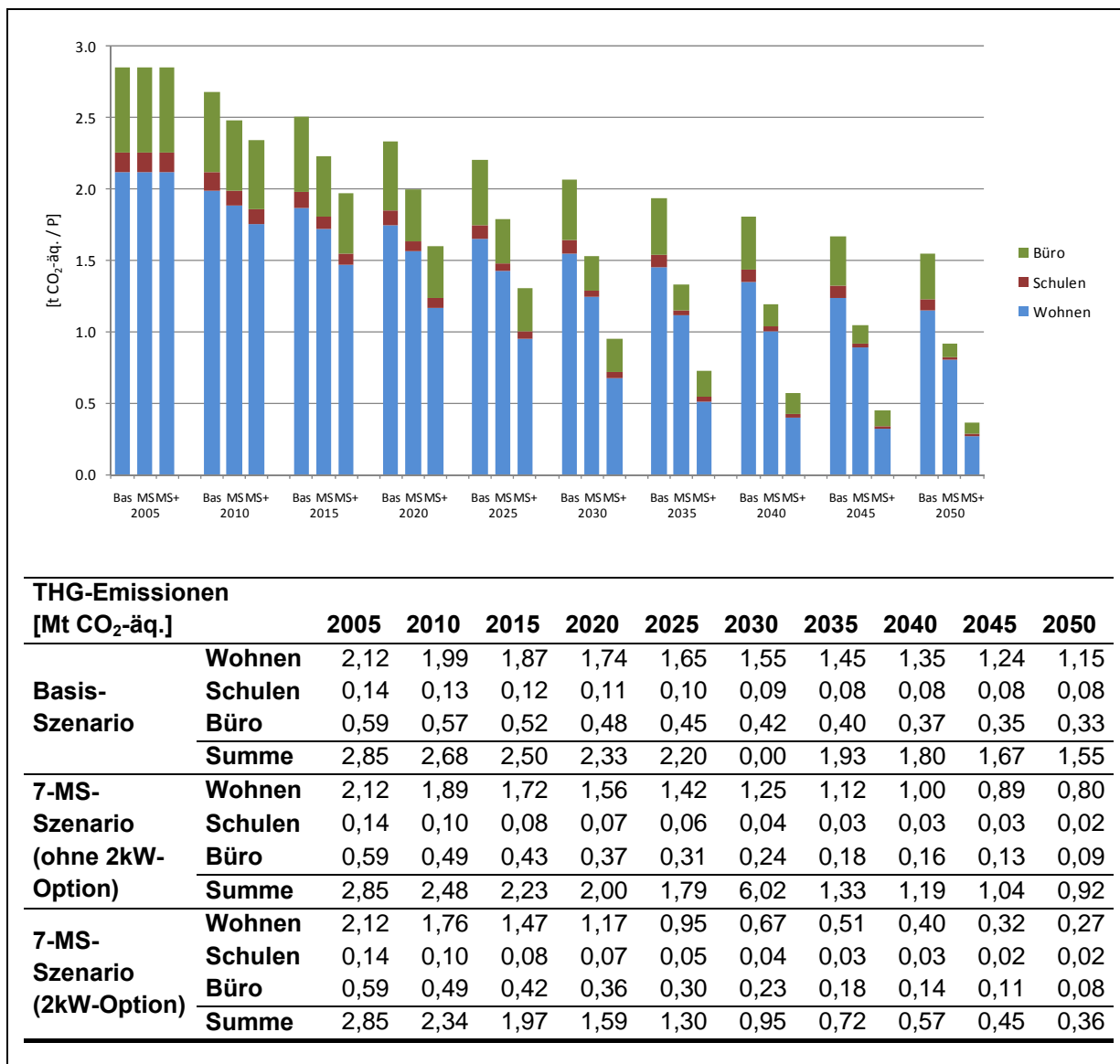


Abbildung 13: Gesamte Treibhausgasemissionen per capita – Basis-Szenario und 7-MS-Szenario (ohne und mit 2000W-Option) im Vergleich (PEF Elektrizität nach EWZ-Sz. 1 bzw. 3)

Das Total der flächenspezifischen Treibhausgasemissionen (Abbildung 14 bis Abbildung 16) verhält sich analog zu den eben erläuterten personenspezifischen Emissionskennwerten (Abbildung 13). Dies ist nachvollziehbar, da bis 2050 einerseits die Bevölkerung und andererseits auch der Pro-Kopf-Flächenbedarf wächst (vgl. Bericht zum GPM Zürich, Wallbaum et al. 2010). Sowohl die personenspezifischen, als auch die flächenspezifischen Emissionen gehen bis 2050 die Emissionen im Basis-Szenario um etwa die Hälfte zurück (Abbildung 13 und Abbildung 14). Bei allen drei Gebäudetypen ist es sowohl absolut wie auch relativ gesehen das Raumklima, welches die grösste Reduktion ausmacht. Dennoch bleibt dieser Anwendungsbereich bis ins Jahr 2050 der wichtigste Verursacher von Treibhausgasemissionen. Erwartungsgemäss hat das Warmwasser in allen Szenarien die geringste Elastizität und leistet entsprechend den kleinsten Beitrag zur Reduktion der Emissionen. Wie im Basis-Szenario, ist es auch im 7-MS-Szenario (Abbildung 15) das Raumklima, welches einen hohen Anteil der Treibhausgasemissionen im Jahre 2050 verursacht. Es verliert im Vergleich zu den anderen

Anwendungen allerdings an Bedeutung. Dies spricht für eine vergleichsweise höhere Elastizität des Raumklimas.

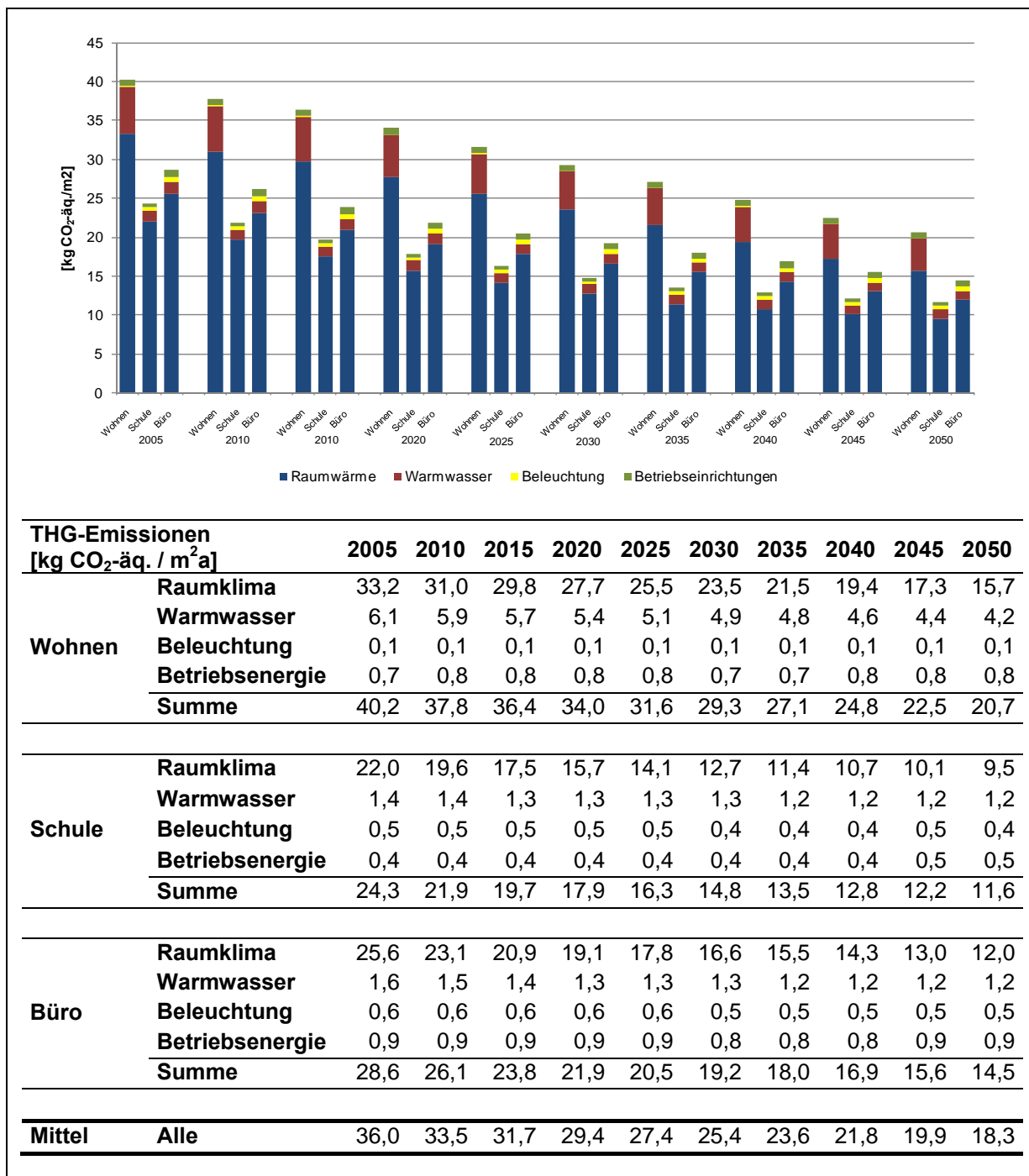


Abbildung 14: Treibhausgasemissionen pro Fläche und Anwendung im Basis-Szenario (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1)

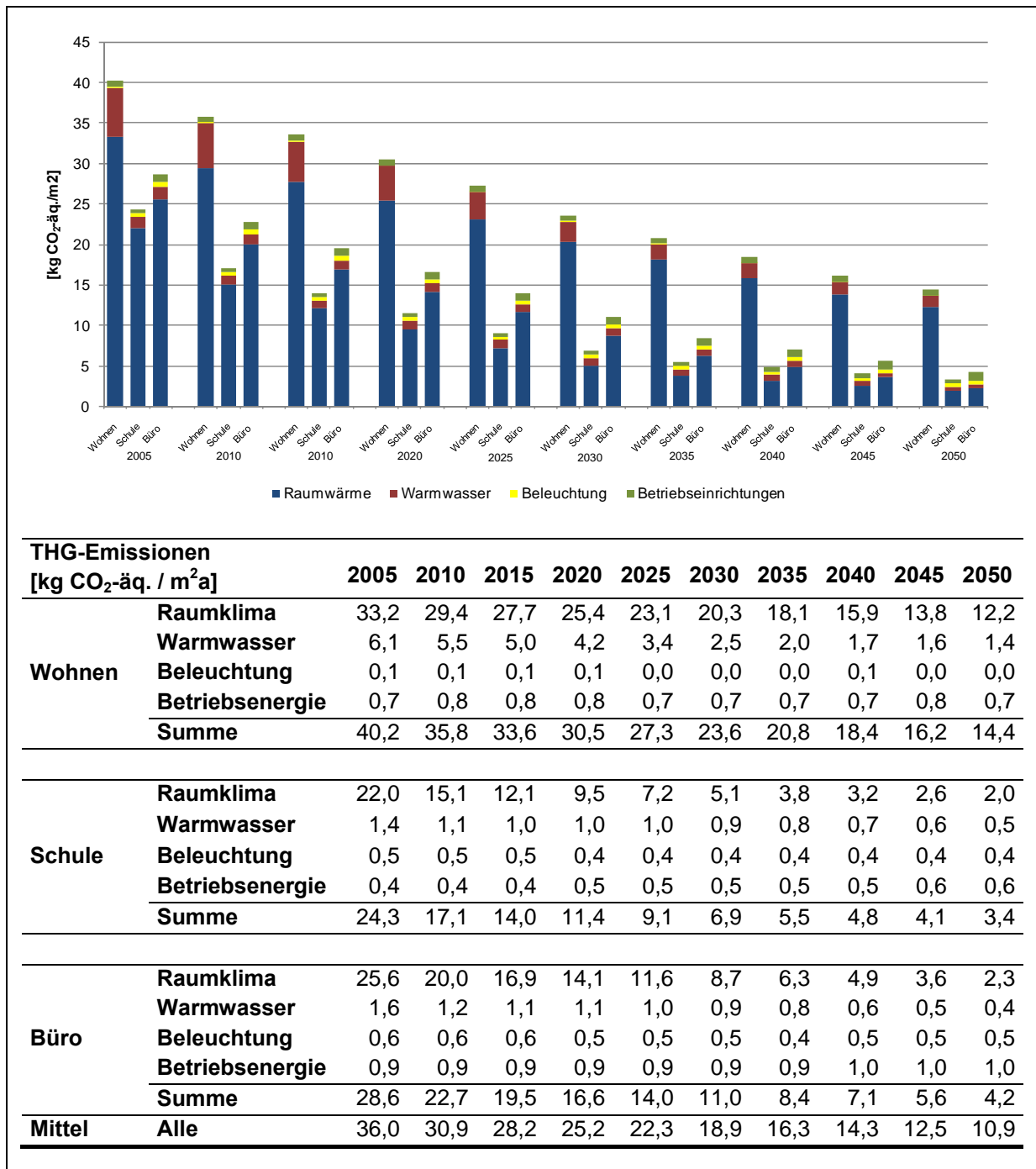


Abbildung 15: Treibhausgasemissionen pro Fläche und Anwendung im 7-MS-Szenario (ohne 2000w-Option, PEF Elektrizität nach ewz-Szenario 3)

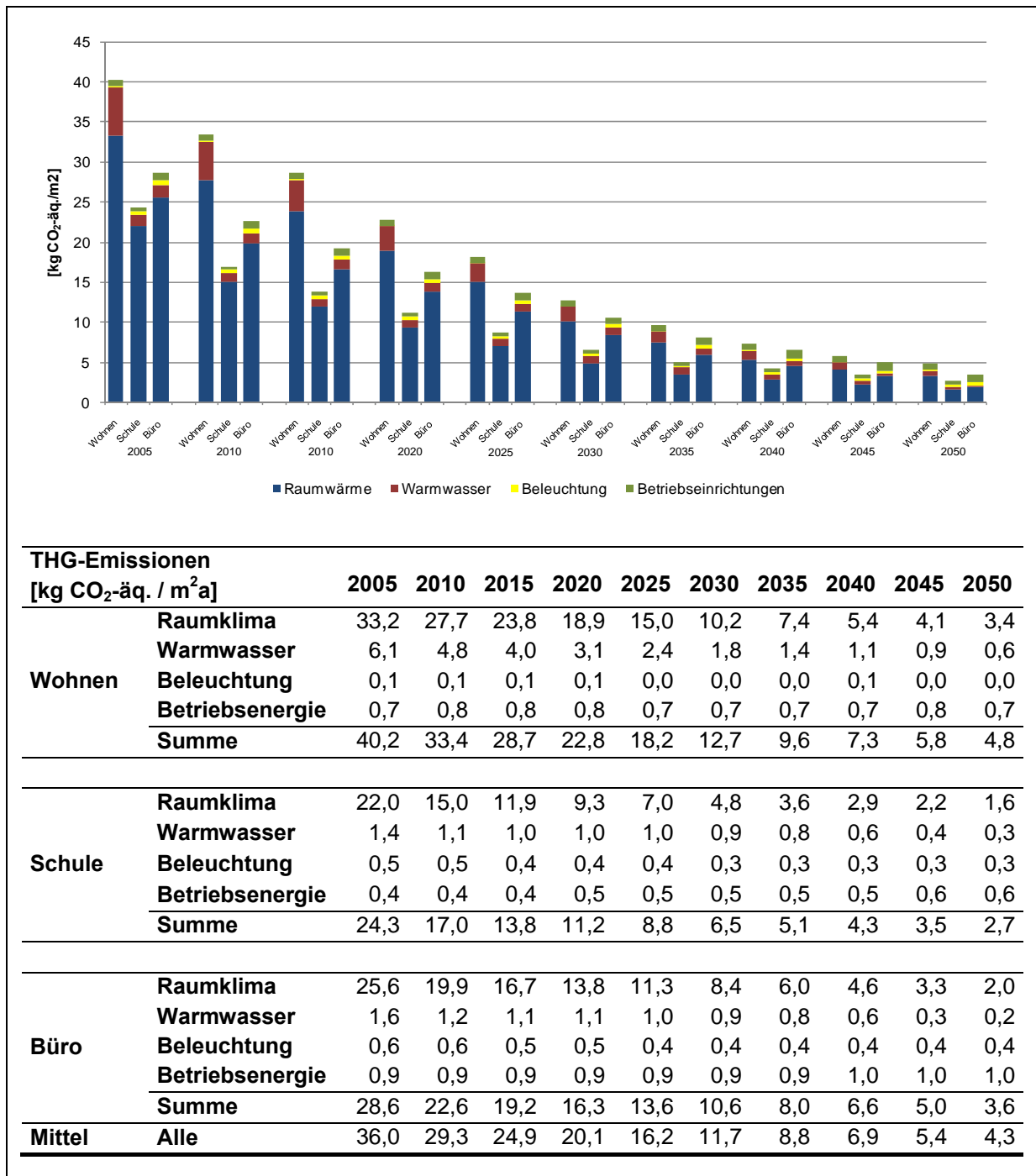


Abbildung 16: Treibhausgasemissionen pro Fläche und Anwendung im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option, PEF Elektrizität nach ewz-Szenario 3)

3.4 Die Wirkung der 7 Meilenstritte im Einzelnen

Die Auswertung der einzelnen Meilenstritte zeigt den sehr unterschiedlichen Charakter der verschiedenen 7-Meilenstritte auf (siehe Tabelle 2 für die 7-MS-Szenario-Variante ohne 2000-Watt-Option und Tabelle 3 mit 2000-Watt-Option):

- Meilenstritt 1 (Neubauten Minergie) hat eine vergleichsweise geringe direkte Wirkung, da er auf Neubauten (ab 2005) wirkt, welche zum einen bereits im Basis-Szenario relativ effizient sind und zum anderen auch im Jahr 2050 nur eine Minderheit der Bauten auf Stadtgebiet darstellen. Da die Anzahl der Neubauten stetig steigt und MS1 sich in Form von Ersatzneubauten auch auf den Gebäudebestand auswirkt, gewinnt MS1 jedoch mit der Zeit zunehmend an Bedeutung. Zudem kommt ihm als Taktgeber des energetischen Fortschritts eine bedeutsame Rolle zu. Auf dem Weg hin zu einer 2000-Watt-Gesellschaft wäre es nicht zielführend die Gebäude von morgen in einem schlechten Energiestandard auszuführen. Denn diese Gebäude stellen in Zukunft eine Grundlage für weitere Optimierungen, in Form ihres „Sanierungspotentials“, dar.
- Meilenstritt 2 (Minergie-Erneuerungen): In Bezug auf den *Endenergiebedarf* weist dieser Meilenstein das grösste Reduktionspotential auf, denn er erhöht sowohl die Stromeffizienz (Erneuerungen von Lüftungsanlagen in Bürogebäuden) als auch die Effizienz der übrigen Endenergieanwendungen, namentlich der Raumwärmenachfrage. Auch der *Primärenergiebedarf* und die Treibhausgasemissionen werden damit stark reduziert. Bei diesen beiden Indikatoren erweist sich nur MS4 als noch effektiver.
- Meilenstritt 3 (effizienter Stromeinsatz) wirkt sich v.a. auf die Stromnachfrage und damit auf die Primärenergienachfrage positiv aus. Auf die Treibhausgasemissionen hat MS3 nur einen geringen Einfluss, weil der Strommix des EWZ bereits im Basis-Szenario mehr oder weniger frei von Treibhausgasemissionen ist.
- Meilenstritt 4 (erneuerbare Energien) erhöht die Stromnachfrage leicht (um 3%- bzw. 10%-Punkte in den 7-MS-Szenario-Varianten ohne bzw. mit 2000-Watt-Option). Der Meilenstritt hat nur eine geringe Auswirkung auf die *Endenergienachfrage* als Ganzes, beinhaltet jedoch starke strukturelle Veränderungen. Entsprechend ermöglicht MS4 eine markante Reduktion bei der Primärenergienachfrage und vor allem beim Ausstoss an Treibhausgasen.

Eine interessante Beobachtung ist, dass MS3 (Stromeffizienz) es weder ohne und noch mit 2000-Watt-Option vermag, den Anstieg der Elektrizitätsnachfrage des Basis-Szenarios vollständig zu kompensieren. Allein die Kombination aller Meilenstritte bewirkt eine Reduzierung auf ein Niveau unterhalb desjenigen von 2005. Hierzu trägt vor allem auch MS2 (Minergie im Bestand) mit einer grossen Reduktion bei.

Abschliessend sei darauf hingewiesen, dass Wirkungen der einzelnen Meilenstritte nicht einfach aufsummiert werden dürfen, weil die verschiedenen Meilenstritte miteinander verknüpft sind. Aufgrund der unterschiedlichen Ansatzpunkte und Zielbereiche ergänzen sich die verschiedenen Meilenstritte und entfalten ihre Wirkung vor allem als Paket (vgl. auch kumulierte Darstellungen in Anhang 6.3).

Tabelle 2: Überblick über die einzelne Wirkung der betrachteten 7-Meilenstritte (ohne 2000W-Option)

		Endenergie in PJ		Primärenergie in W/P		Treibhausgas-Emissionen in t/P
		Alle ausser Strom	Strom	Total	nicht-erneuerbar	Total
2005	Ausgangslage	13,5 100%	5,8 100%	2767 100%	2460 100%	2,85 100%
2050	Basisszenario	10,8 80%	6,9 119%	2260 82%	1679 68%	1,55 54%
	MS 1	10,5 77%	6,8 118%	2219 80%	1651 67%	1,52 53%
	MS 2	9,9 73%	6,1 105%	2027 73%	1508 61%	1,42 50%
	MS 3	10,8 80%	6,2 106%	2121 77%	1581 64%	1,54 54%
	MS 4	10,3 76%	7,1 122%	1736 63%	576 23%	1,02 36%
	Alle MS	9,2 68%	5,4 93%	1438 52%	516 21%	0,92 32%

Tabelle 3: Überblick über die einzelne Wirkung der betrachteten 7-Meilenstritte (mit 2000W-Option)

		Endenergie in PJ		Primärenergie in W/P		Treibhausgas-Emissionen in t/P
		Alle ausser Strom	Strom	Total	nicht-erneuerbar	Total
2005	Ausgangslage	13,5 100%	5,8 100%	2767 100%	2460 100%	2,85 100%
2050	Basisszenario	10,8 80%	6,9 119%	2260 82%	1679 68%	1,55 54%
	MS 1	10,3 76%	6,8 117%	2190 79%	1632 66%	1,49 52%
	MS 2	9,3 69%	6,0 103%	1953 71%	1451 59%	1,34 47%
	MS 3	10,8 80%	6,0 104%	2098 76%	1565 64%	1,53 54%
	MS 4	9,9 73%	7,5 129%	1739 63%	294 12%	0,46 16%
	Alle MS	8,1 59%	5,4 93%	1334 48%	234 10%	0,36 13%

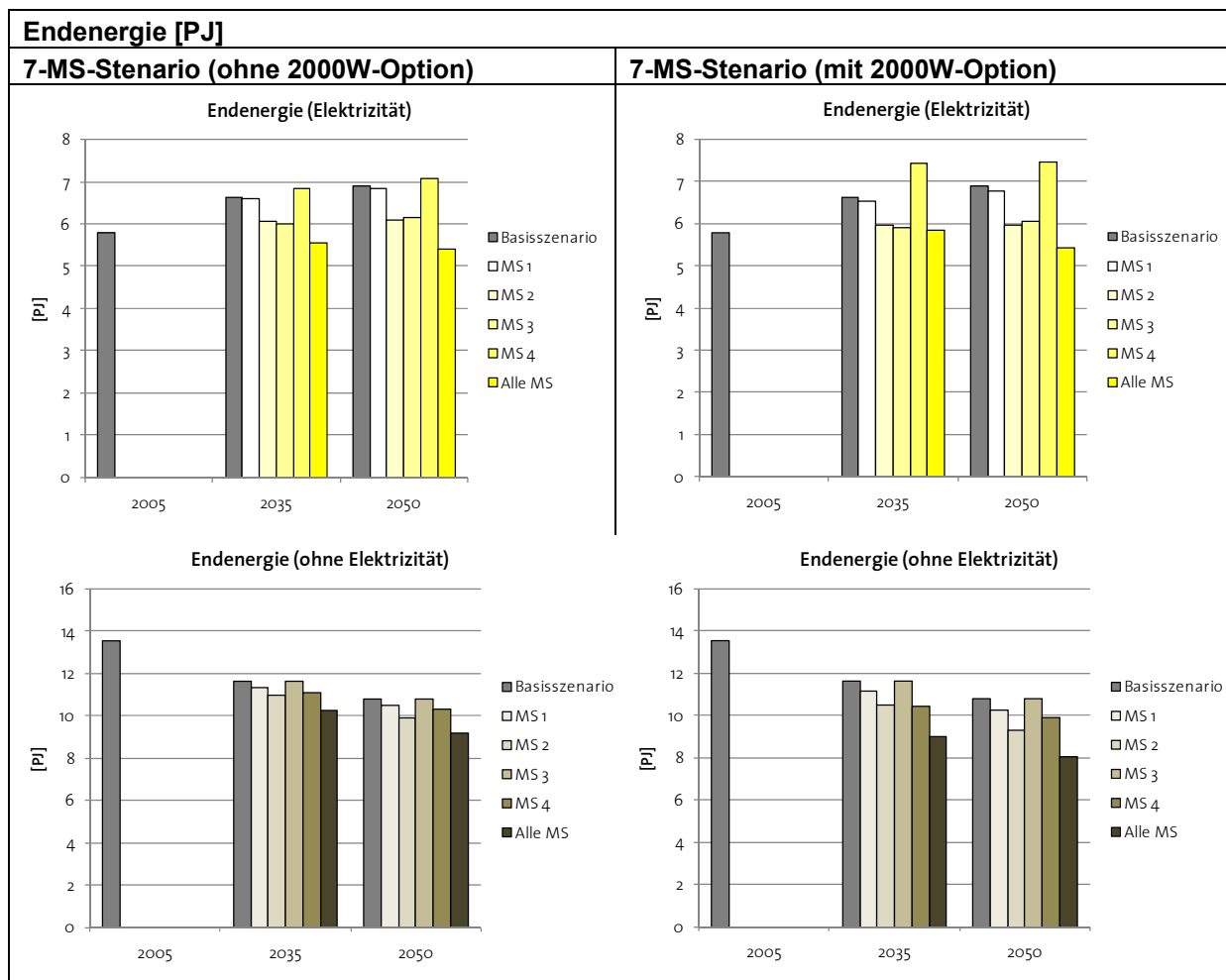


Abbildung 17: Endenergie der einzelnen MS in PJ im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, links) und im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option, rechts). Elektrizität oben, restliche Endenergie unten

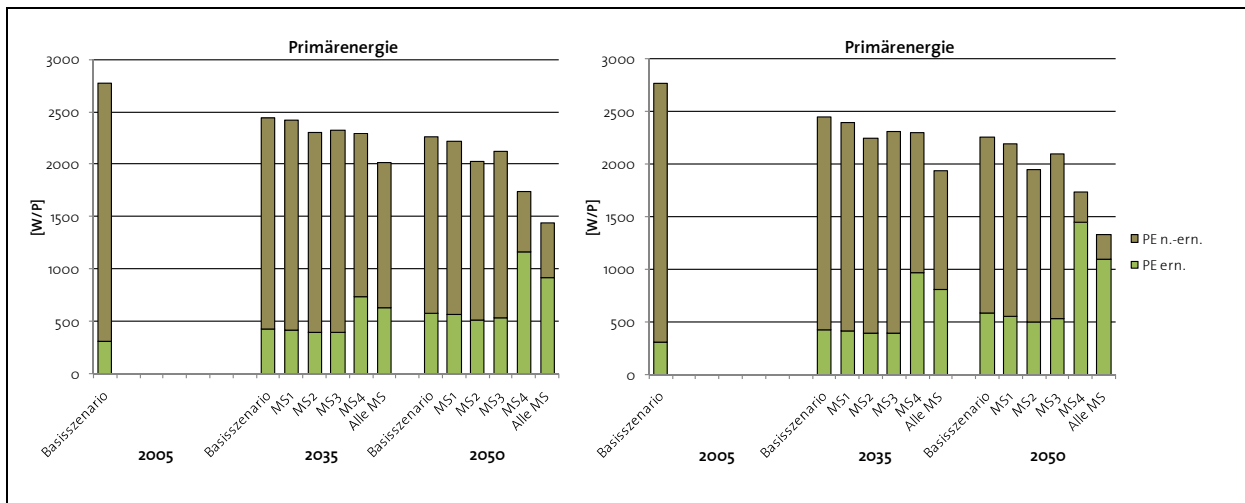


Abbildung 18: Primärenergie der einzelnen MS in W/P im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, links) und im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option, rechts) (PE n.-ern = nicht erneuerbare Primärenergie, PEern = erneuerbare Primärenergie)

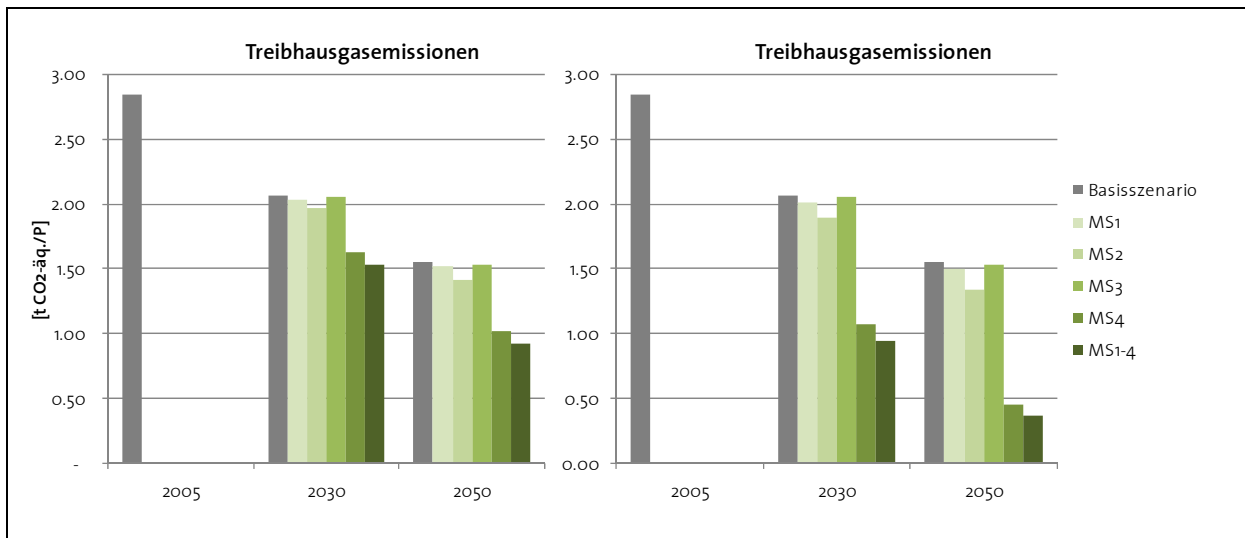


Abbildung 19: Treibhausgasemissionen in t CO₂-äq./P der einzelnen MS im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, links) und im 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option, rechts)

4 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Dieses Kapitel beinhaltet eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse, eine Zielüberprüfung, wobei gleichzeitig auf die Beiträge der einzelnen 7-MS eingegangen wird, eine energiepolitische Einschätzung der 7-MS-Politik sowie daraus abgeleitete Empfehlungen.

4.1 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

4.1.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Mittels des Gebäudeparkmodells für Wohn-, Schul- und Bürogebäude wurden die gesamte und die nicht-erneuerbare Primärenergienachfrage und die THG-Emissionen pro Kopf für zwei Szenarien bzw. drei Szenario-Varianten bis 2050 berechnet. Im Ausgangsjahr 2005 betrug die gesamte Primärenergie der betrachteten Gebäudekategorien rund 2800 Watt pro Kopf der Stadtzürcher Bevölkerung (W/P), wovon gut 2500 W/P auf nicht-erneuerbare Energien entfallen (Tabelle 4). Bis 2050 nehmen diese Primärenergiekategorien im Basis-Szenario ohne weitere energiepolitische Massnahmen um 18 % bzw. 32 % ab. In der 7-Meilenschritte-Szenario-Variante ohne 2000-Watt-Option ist die Abnahme mit 48 % bzw. 79 % deutlich stärker. Kommt die 2000-Watt-Option hinzu, reduziert sich der Primärenergieverbrauch um -52 % bzw. -90 %. Entsprechend ebenfalls sehr ausgeprägt ist die Abnahme bei den Treibhausgasemissionen. Als Muster kann festgehalten werden, dass im Basis-Szenario die Reduktion zunehmend grösser wird, beginnend bei der totalen Primärenergie (PE) über die nicht-erneuerbare Primärenergie hin zu den Treibhausgasemissionen. In den beiden 7-MS-Szenario-Varianten (mit und ohne 2000W-Option) ist die relative Reduktion bei der nicht-erneuerbaren Primärenergie am höchsten.

Tabelle 4: Wichtigste Pro-Kopf Ergebnisse des Basis-Szenarios (Strommix ewz-Sz.1) und der beiden 7-MS-Szenario-Varianten ohne und mit 2000-Watt-Option (beide Strommix ewz-Sz. 3)

Kriterium	2005 Basis- jahr	2050			Δ 2005/2050		
		Basis- Szenario	7-MS- Szenario (o. 2kW- Option)	7-MS- Szenario (m. 2kW- Option)	Basis- Szenario	7-MS- Szenario (o. 2kW- Option)	7-MS- Szenario (m. 2kW- Option)
Totale Primärenergie [W/P]	2767	2260	1438	1334	-18%	-48%	-52%
Nicht-erneuerbare PE [W/P]	2460	1679	516	234	-32%	-79%	-90%
THG-Emissionen [t CO₂äq./P]	2,85	1,55	0,92	0,36	-46%	-68%	-87%

Die einzelnen Meilenschritte tragen dabei in mengenmässig und strukturell in unterschiedlichem Mass und zu den einzelnen Reduktionen bei.

- Meilenschritt 1 (Neubauten Minergie) hat zwar eine vergleichsweise geringe direkte Wirkung wirkt jedoch als Taktgeber des energetischen Fortschritts indirekt jedoch auch auf den Gebäudebestand und hat damit trotzdem eine hohe Bedeutung.
- Meilenschritt 2 (Minergie-Erneuerungen) wirkt sich auf alle Zielüberprüfungskriterien positiv aus, denn er erhöht sowohl die Stromeffizienz (Erneuerungen von Lüftungsanlagen in Bürogebäuden) als auch die Effizienz der übrigen Endenergieanwendungen, namentlich der Raumwärmenachfrage.
- Meilenschritt 3 (effizienter Stromeinsatz) wirkt sich v.a. auf die Stromnachfrage und damit auf die Primärenergienachfrage positiv aus. Auf die Treibhausgasemissionen hat MS3 kaum einen Einfluss, weil der Strommix des EWZ bereits im Basis-Szenario mehr oder weniger CO₂-frei ist.
- Meilenschritt 4 (Einsatz von erneuerbaren Energie) erhöht für sich genommen die Stromnachfrage leicht (um 3%- bzw. 10%-Punkte in den 7-MS-Szenario-Varianten ohne bzw. mit 2000-Watt-Option), ermöglicht aber eine markante Reduktion bei der Primärenergienachfrage und vor allem bei den Treibhausgasen.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass sich die einzelnen Meilenschritte aufgrund ihren unterschiedlichen Ansatzpunkten und Wirkungsweisen ergänzen und entsprechend als komplettes Massnahmenbündel umgesetzt werden sollten.

4.1.2 Zielüberprüfung

Eine wichtige Zielsetzung dieser Studie bestand darin aufzuzeigen, inwiefern die in den 7-Meilenstritten ergriffenen Massnahmen den Gebäudepark der Stadt Zürich näher an die Zwischenziele der 2000-Watt-Gesellschaft für das Jahr 2050 bewegen können. Da diese Ziele (noch) nicht für einzelne Bereiche, Anwendungsfelder und Gebäudekategorien definiert sind (vgl. Bébié et al. 2009, S. 10), ist eine Überprüfung nur näherungsweise möglich und erfolgt nachfolgend anhand der relativen Reduktion gegenüber dem Ausgangsjahr.

Im Vergleich zur Zielsetzung der 2000-Watt-Gesellschaft, welche eine Reduktion der totalen Primärenergie pro Kopf von 44% impliziert (Tabelle 5), fällt die Reduktion in der 7-MS-Szenario-Variante mit 48 % (ohne 2000W-Option) bzw. mit 52 % (mit 2000W-Option) höher aus (Tabelle 5), d.h. das Ziel dieses Indikators wird übererfüllt. Dies gilt im verstärkten Mass beim nicht erneuerbaren Teil der Primärenergie (66 %) mit einer Reduktion von 79 % bzw. 90 %. Der Zielerreichungsgrad der betrachteten Gebäudekategorien ist also in Bezug auf die Primärenergie überproportional zur gesamtschweizerischen Zielsetzung, was auf eine ambitioniertere Zielsetzung der Stadt Zürich in diesem Bereich zurückzuführen ist. Die Aussage der Zielerreichung bzw. -übererfüllung gilt hingegen nicht im selben Ausmass für die Treibhausgasemissionen. Ohne die 2000W-Option wird eine Reduktion von 68 % erreicht, während das Ziel gemäss Bébié et al. (2009) bei 77 % liegt (Tabelle 5). Wird die 2000W-Option hinzugenommen, so kann das Ziel dennoch mit 87 % Reduktion übererfüllt werden.

Tabelle 5: Vergleich der Betriebsenergie-Zielwerte der 2000-Watt-Gesellschaft mit den Ergebnissen des Basis-Szenarios (Strommix ewz-Sz. 1) und 7-MS-Szenario-Varianten (Strommix ewz-Sz. 3)

	Ziele 2000-Watt-Gesellschaft			Basis-Szenario 2050 *	7-MS-Szenario-Varianten*	
	2005	Ziel 2050	Reduktion		(ohne 2000W-Option)	(mit 2000W-Option)
Totale PE**ⁱ [W/P]	6300	3500	-44%	-18%	-48%	-52%
Nicht-erneuerbare PE [W/P]	5800*	2000 ⁱⁱ	-66%	-32%	-79%	-90%
THG-Emissionenⁱ [t CO₂-äq./P]	8,7	2,0	-77%	-46%	-68%	-87%

*gemäss Ergebnissen dieser Analysen ** bezogen auf KEA

ⁱ Methodikpapier der Stadt Zürich (Bébié et al. 2009)

ⁱⁱ Annahme der Autoren

Fazit: Die pro rata Zwischenziele der 2000 Watt Gesellschaft werden mit den getroffenen Annahmen jeweils mehr oder weniger knapp erreicht. Bei den 7-MS-Szenario-Varianten wurde in vielen Bereichen sehr ambitionierte Annahmen getroffen, dabei aber noch nicht der gesamte Spielraum ausgenutzt. Inhaltlich stehen dabei eine weitere Erhöhung der Gebäudeerneuerungsraten sowie eine raschere und weitergehende Durchdringung im Bereich der Stromeffizienz im Vordergrund. Diese Massnahmen sind zum Teil bereits in Effizienz-Szenario des Gebäudeparkmodells Zürich eingeflossen und erzielen vor allem im Bezug auf die nicht-erneuerbare Primärenergie und die Treibhausgasemissionen stärkere Reduktionen (siehe Wallbaum et al. 2010).

4.1.3 Energiepolitische Einschätzung der 7-MS-Politik

Die verschiedene Elemente der 7-Meilenstritte-Politik stellen ein ausgewogenes Set von strategischen Ansatzpunkten dar, welches in der Lage ist, sowohl Breiten- wie Spitzenwirkung zu erzielen:

Breitenwirkung: In Bezug auf die quantitative Wirkung ist es nebst dem Setzen von ambitionierten Anforderungen zentral, möglichst den gesamten Bereich der Energienutzung jeweils mit einzubeziehen. Diese Bedingung ist zu einem grossen Teil erfüllt, auch wenn einige Bereiche noch nicht vollständig abgedeckt sind (ein Teil der Elektrizitätsanwendung im Gebäudebereich, siehe unten). Die Modellrechnungen zeigen eine grosse Wirkung der 7-Meilenstrittepolitik, wobei anzufügen ist, dass sie zum Teil durch die energiepolitischen Massnahmen des Bundes und der Kantone mit unterstützt wird. Bis 2050 können sowohl die Primärenergienachfrage als auch die Treibhausgasemissionen pro Kopf der Bevölkerung in der Basisversion um etwa 49% bzw. 68% verringert werden. Mit den jeweiligen weitergehenden Anforderungen (2000 Watt-Option) sind dies gut 52% bzw. 87%, wobei die weitergehende Reduktion der Treibhausgasemissionen v.a. dem weiteren Einsatz von erneuerbaren Energien zu zuschreiben ist. Zu verdanken sind diese Wirkungen zum einen den konkreten 7-Meilenstritten und zum anderen zusätzlichen Massnahmen bei der Energieversorgung der Stadt Zürich. Zu nennen sind hierbei die markante Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien bei der Fernwärmeerzeugung (Holzkraftwerk Aubrugg), die geplante Strombeschaffungspolitik des EWZ sowie, noch in geringerem Mass, der Einbezug der erneuerbaren Energien in die Unternehmensausrichtung der Erdgas Zürich.

Spitzenwirkung: Das Setzen von weitgehenden Anforderungen, wie sie mit in den Meilenschritten bezugnehmend auf Minergie, Minergie-P oder die SIA-Zielwerte formuliert werden, ist ein wichtiges Element einer auf Langfristigkeit ausgerichteten Energiepolitik. Hierbei geht es nicht nur um die Anwendung und die Wirkung der jeweils besten verfügbaren Technik oder Vorgehensweise, sondern vor allem auch um den Prozess der Markttransformation, der damit angestossen wird. Das Setup der 7-Meilenschritte entspricht diesem Grundprinzip. In der Umsetzung konnten hierbei bereits wichtige Erfolge verzeichnet werden, z.B. die Auslösewirkung beim Marktangebot von energieeffizienten Leuchten, beim Aufzeigen der Machbarkeit einer sehr energieeffizienten Bürogebäudeerneuerung (Werdhochhaus) oder bei der Planung eines energieeffizienten Spitals (Triemli). Die Stadt Zürich konnte diesbezüglich ihrem eigenen Anspruch gerecht werden und eine Vorreiterrolle spielen.

Einordnung der Ergebnisse und Fazit: Die oben aufgeführte quantitative Gesamtwirkung ist geringer als die Wirkung, welche im Effizienz-Szenario erreicht wurde (siehe Wallbaum et al. 2010). Der Unterschied ist insbesondere auf die Stromanwendung im Gebäudebereich zurück zu führen, welche durch die 7-Meilenschritte erst teilweise abgedeckt wird. Zudem ist zu bedenken, dass die meisten der 7-Meilenschritte derzeit noch nicht in der Breite und in der Tiefe in der Praxis umgesetzt werden, wie es in den Modellrechnungen angenommen wurde.

4.2 Empfehlungen

Trotz der initialisierten Wirkung in Richtung Zielerreichung einer 2000-Watt-Gesellschaft besteht für die städtische Energiepolitik sowie alle in der Stadt Zürich aktiven energierelevanten Akteure also weiterer Handlungsbedarf. Dies betrifft sowohl die Zielsetzungs- als auch die Umsetzungsebene:

- Auf der **Zielsetzungsebene** ist zu prüfen, wie die bestehenden Meilenschritte ergänzt werden könnten. Dies betrifft insbesondere die gebäudebezogenen Elektrizitäts- und anderen Energieanwendungen, welche derzeit „nur“ Geräte und bei Nicht-Wohngebäuden die Beleuchtung und via Minergie Lüftung und Kühlung umfasst. Zusätzlich einzubeziehen mit quantitativen Vorgaben sind zahlreiche weitere Betriebseinrichtungen sowie eine Vielzahl an weiterer Gebäudetechnik und sowie branchenspezifischen Anwendungen. Beispiele sind Kochen, Waschen und Trocknen im Gesundheitswesen. Weitere Akteure wie die Hochschulen mit ihren Forschungseinrichtungen, der Detailhandel, das Gastronomie- und Hotelwesen und weitere sollten dazu animiert werden analoge Meilenschritt-Programme zu konzipieren, fokussiert auf die jeweiligen Bereiche mit hoher Hebelwirkung (z.B. gewerbliche Kälte im Detailhandel).
- Auf der **Umsetzungsebene** sind ebenfalls weitere Anstrengungen zu unternehmen. Die bei den Modellrechnungen getroffenen Annahmen sind zum Teil sehr ambitioniert und stellen für die praktische Anwendung eine grosse Herausforderung dar. Exemplarisch zu nennen sind hierbei die Anforderungen gemäss Minergie-P, die Stromeffizienz bei Lüftungsanlagen, der Gebäudekühlung und bei der Beleuchtung sowie ganz allgemein ein energieeffizienter Betrieb der Gebäude, Anlagen und Geräte. Angesprochen sind zum einen technische Möglichkeiten, zum anderen aber auch die Aus- und Weiterbildung der betroffenen Branchen auf Seite der Anbieter, die Stärkung der Bestellkompetenz sowie die Befähigung der für den Betrieb zuständigen Personen und Organisationen.

5 Literaturhinweise

- Bébié B., Gugerli H., Püntener T. W., Lenzlinger M., Frischknecht R., Hartmann C., Hammer S. (2008). Grundlagen für ein Umsetzungskonzept der 2000-Watt-Gesellschaft, LSP 4 - "Nachhaltige Stadt Zürich - auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft", i.A. Stadt Zürich, EnergieSchweiz für Gemeinden, Bundesamt für Energie, Zürich, Juli.
- Frischknecht R., Tuchschnid M. (2008). Primärenergiefaktoren von Energiesystemen – Version 1.4, 18. Dezember 2008. I.A. Amt für Hochbauten der Stadt Zürich und Novatlantis. ESU-services GmbH. Uster, Dezember.
- Hochbaudepartement Stadt Zürich (2008) (Hrsg). Nachhaltiges Bauen – Massstäbe für umwelt- und energiegerechtes Bauen. Stadtratsbeschluss Nr. 1094 vom 17. September 2008.
- Jakob M. (2008). Grundlagen zur Wirkungsabschätzung der Energiepolitik der Kantone im Gebäudebereich. Bundesamt für Energie (Hrsg.). Bern. September.
- Wallbaum et al. (2010). Gebäudeparkmodell Dienstleistungs- und Wohngebäude - Vorstudie zur Erreichbarkeit der Ziele der 2000W Gesellschaft für den Gebäudepark der Stadt Zürich, Zürich, geplant April 2010.
- Wallbaum et al. (2009). Gebäudeparkmodell SIA Effizienzpfad Energie Dienstleistungs- und Wohngebäude - Vorstudie zum Gebäudeparkmodell Schweiz – Grundlagen zur Überarbeitung des SIA Effizienzpfades Energie, im Auftrag des BFE, Bern, 2009.

6 Anhang

6.1 Flächenspezifische Primärenergienachfrage

Der Vergleich der spezifischen Gesamtprimärenergienachfrage und dessen Reduktion zwischen den verschiedenen Gebäudetypen gibt Aufschluss über den Energiebedarf pro m² und somit auch über den möglichen Beitrag hin zu einer 2000-Watt-Gesellschaft. Im Basis-Szenario (Abbildung 20) reduziert sich die flächenspezifische Nachfrage bis 2050 vor allem bei den Wohn- und Bürogebäuden, nämlich um 25% bzw. 24%. Für die Schulen wird eine etwas geringere Reduktion von 17% erwartet. Die abnehmenden Trends an Primärenergienachfrage-Reduktion im Basis-Szenario verdeutlichen auch den sich bereits abzeichnenden Effizienzgewinn durch den techno-ökonomischen Fortschritt, neue Baunormen und ähnliche Massnahmen sowie strukturelle Effekte (zunehmender Anteil an effizienteren Neubauten). Im Basis-Szenario weisen am Ende der Betrachtungsperiode die Wohngebäude die geringsten spezifischen Werte (732 MJ/m²a) auf.

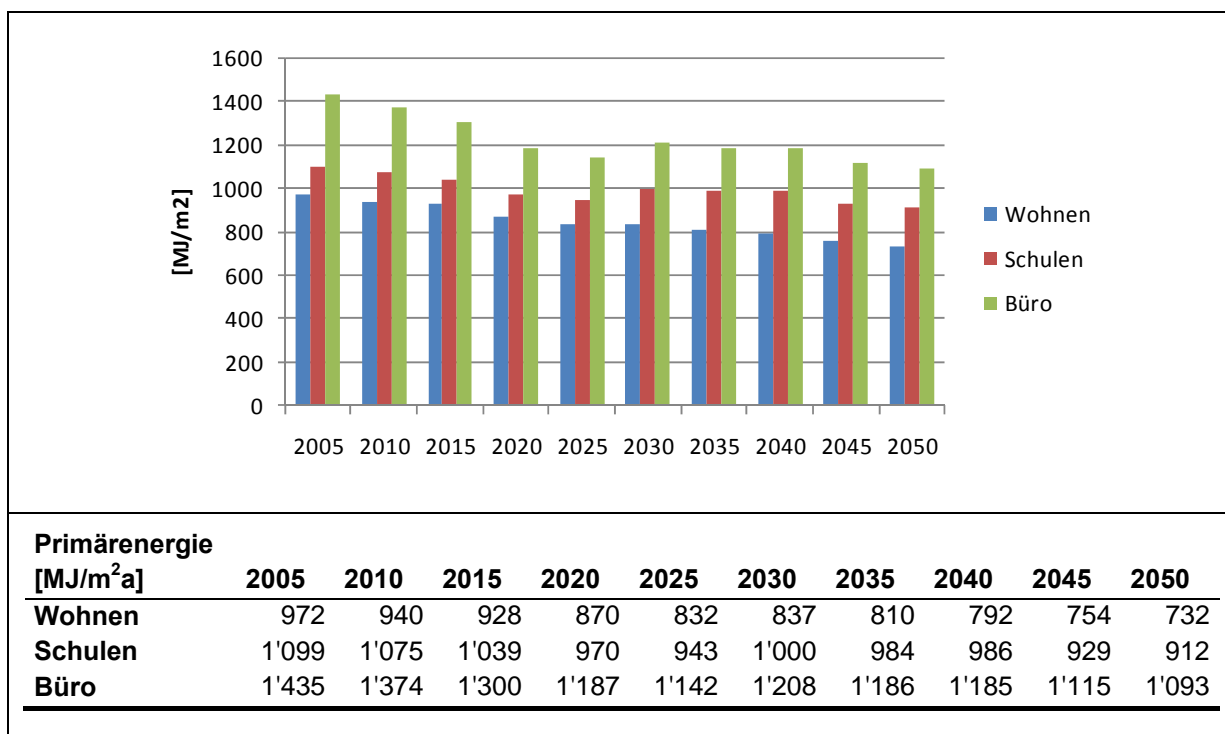


Abbildung 20: Spez. Gesamtprimärenergiebedarf nach Gebäudetyp – Basis-Szenario (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1)

Im 7-MS-Szenario (EWZ-Strommix 3) resultiert bei allen drei Gebäudetypen eine signifikante Reduktion der flächenspez. Gesamtprimärenergienachfrage bis 2050 (Abbildung 21). Vor allem die Büros und die Schulgebäude können einen wichtigen Beitrag in Richtung der 2000-Watt-Gesellschaft leisten und reduzieren ihre spez. Nachfrage um je 60 % (gemäss der 2000W-Option sogar um 63% bzw. 64%). Die Wohngebäude verhalten sich mit einer Reduktion um 46 % (49% gemäss der 2000W-Option) etwas weniger elastisch. Die geringsten spezifischen Werte weisen am Ende der Betrachtungsperiode mit 448 MJ/m²a (394 MJ/m²a gemäss der 2000W-Option) die Schulgebäude auf.

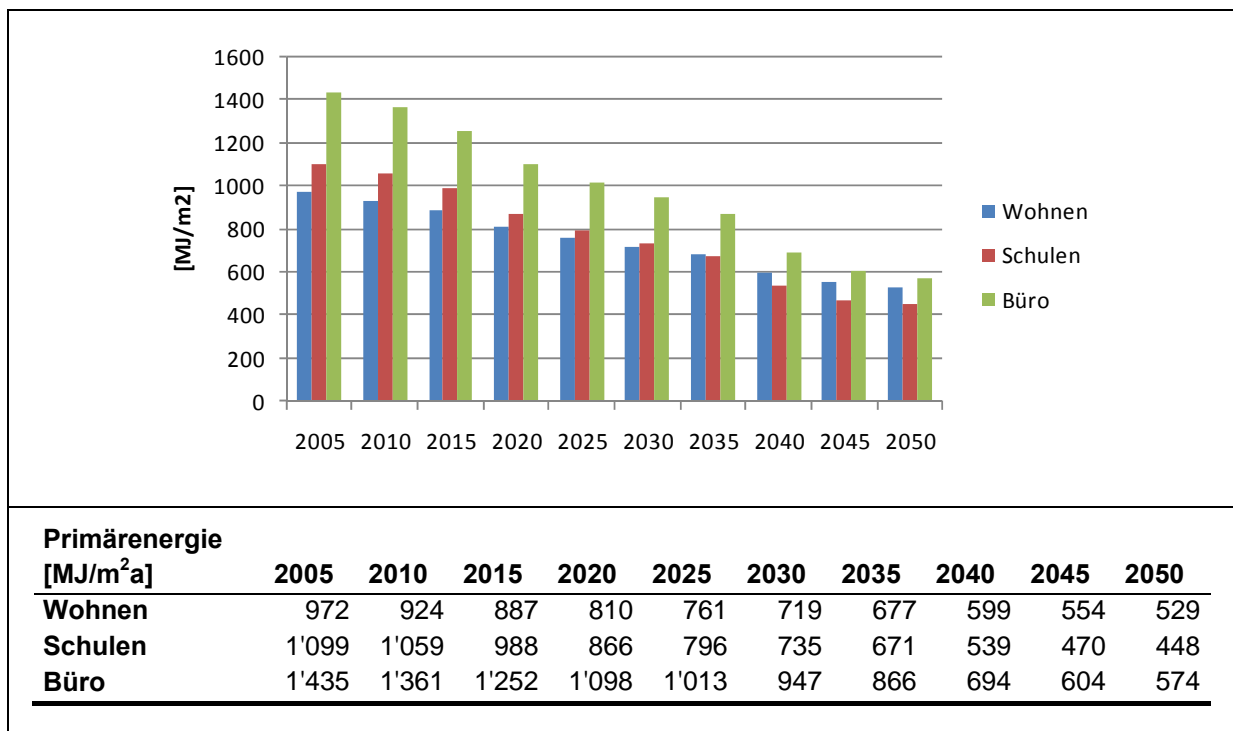


Abbildung 21: Spez. Gesamtprimärenergiebedarf nach Gebäudetyp – 7-MS-Szenario (ohne 2000Watt-Option) (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 3)

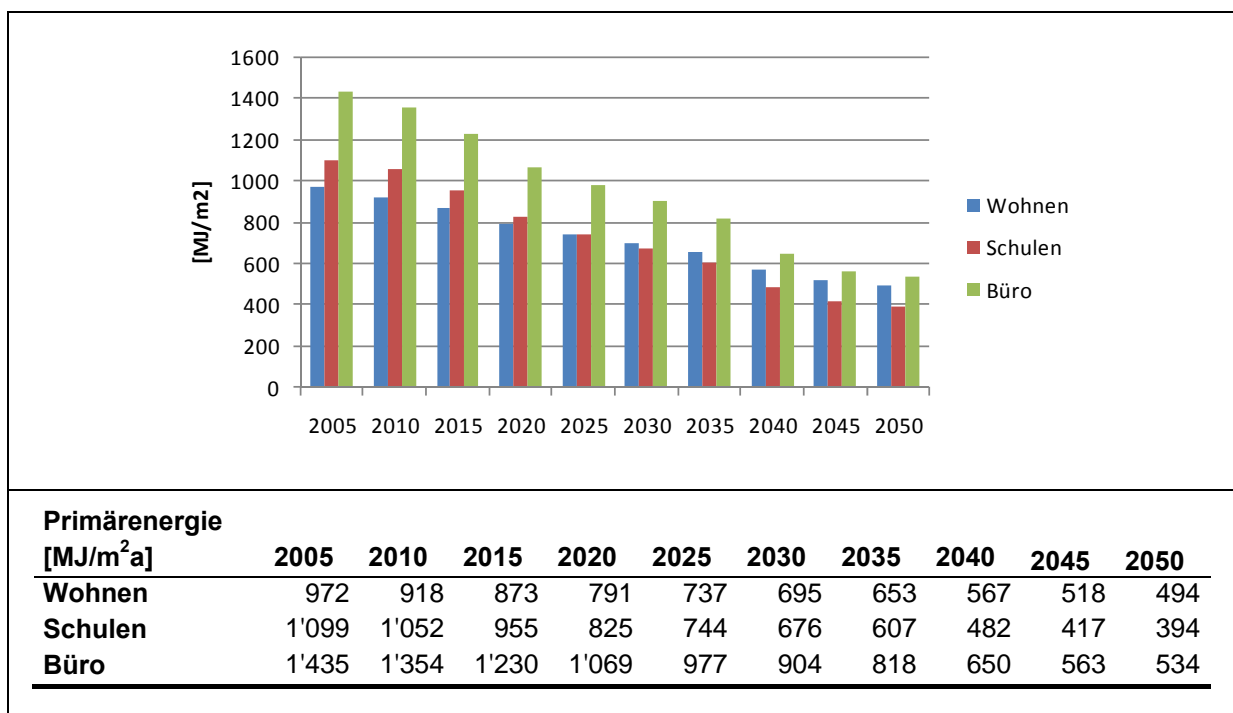


Abbildung 22: Spez. Gesamtprimärenergiebedarf nach Gebäudetyp – 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option) (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 3)

6.2 Personenspezifische Primärenergienachfrage nach Gebäudetype

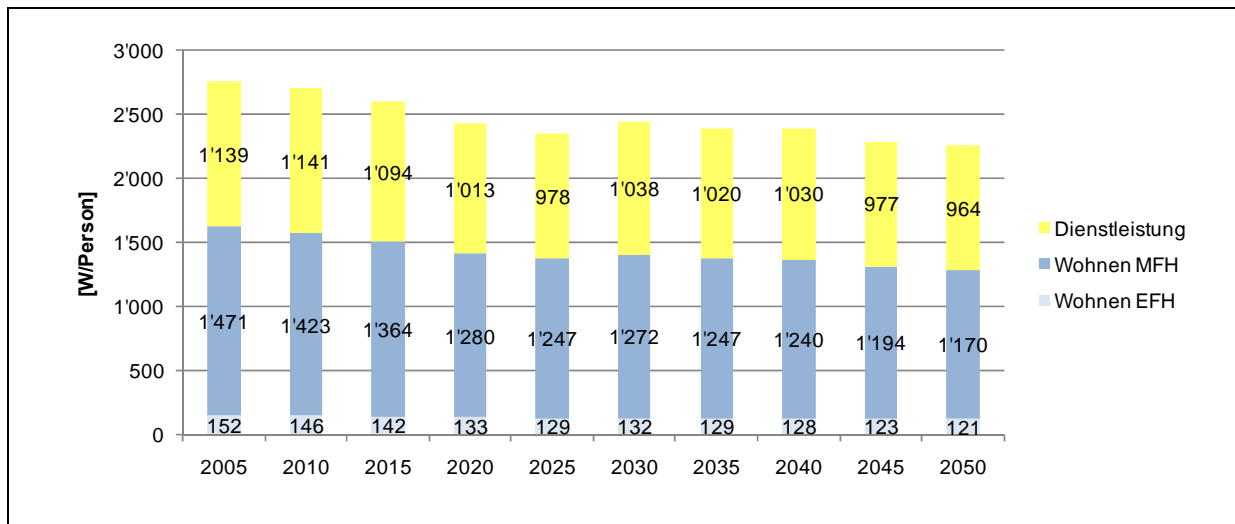


Abbildung 23: Dauerleistung totale Primärenergie pro Person nach Gebäudetype – Basis-Szenario (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 1)

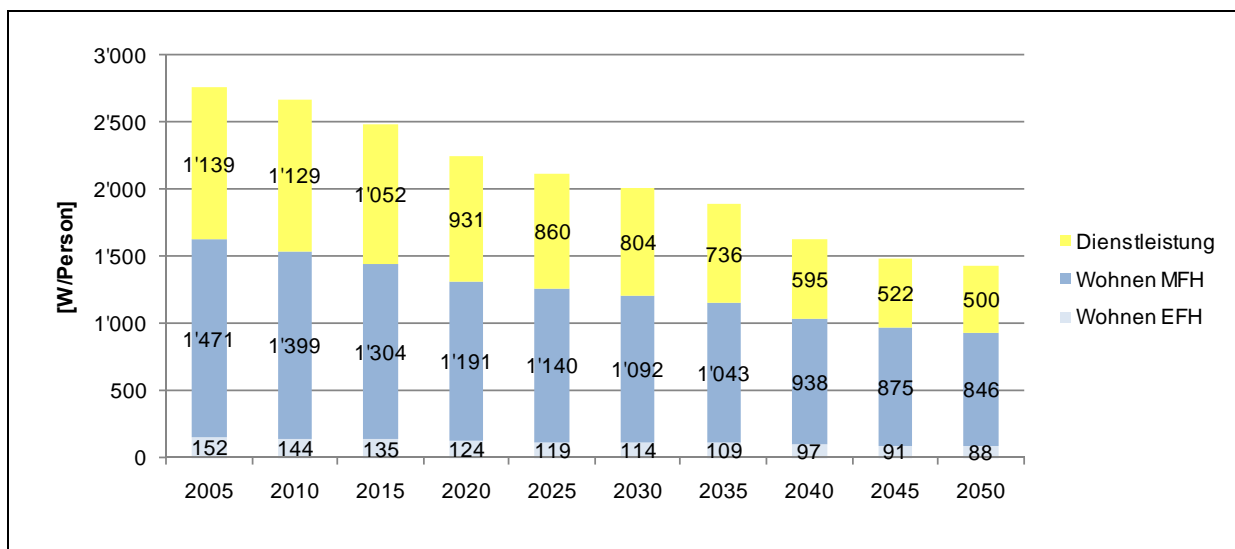


Abbildung 24: Dauerleistung totale Primärenergie pro Person nach Gebäudetype – 7-MS-Szenario (ohne 2000Watt-Option) (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 3)

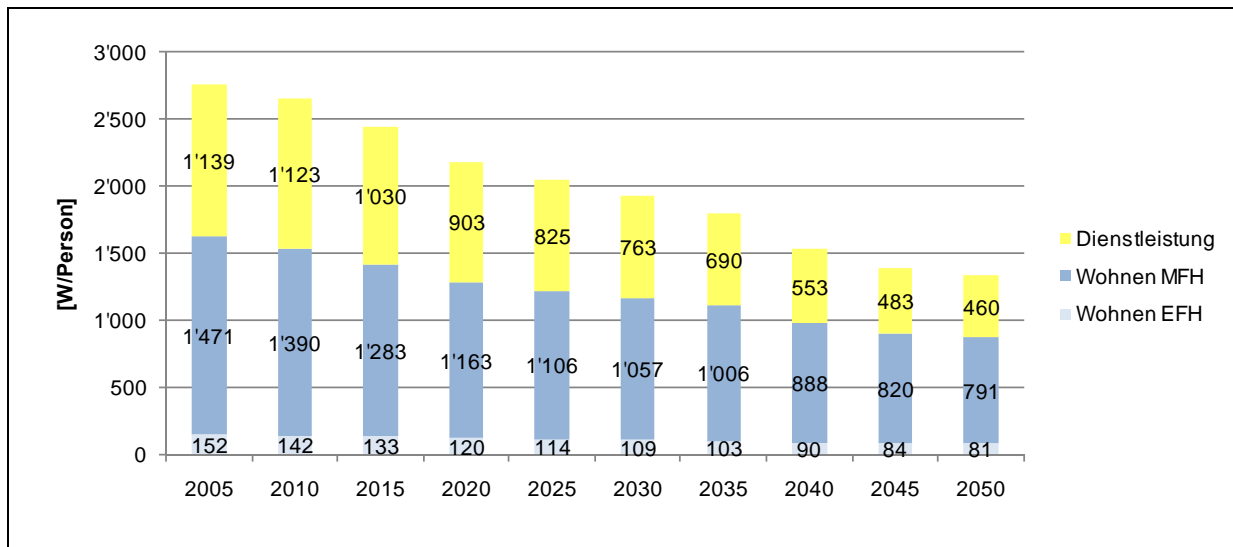


Abbildung 25: Dauerleistung totale Primärenergie pro Person nach Gebäudetyp – 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option) (PEF Elektrizität nach ewz-Sz. 3)

6.3 Kumulierte Darstellung der Meilenstritte

Tabelle 6 und Tabelle 7 stellen die jeweils kumulierte Wirkung verschiedener Meilenstritt-Pakete dar, welche sukzessive die Meilenstritte 1 bis 4 enthalten.

Tabelle 6 Überblick Einzeldarstellung der Meilenstritte – Kumulierte Darstellung

		Endenergie		Primärenergie		Treibhaus-Emissionen t CO ₂ -äq./P
		ohne Strom PJ	Strom PJ	Total W/P	nicht-erneuerbar W/P	
2005	Ausgangslage	13,5 100%	5,8 100%	2767 100%	2460 100%	2,85 100%
2050	Basisszenario	10,8 80%	6,9 119%	2260 82%	1679 68%	1,55 54%
	MS 1	10,5 77%	6,8 118%	2219 80%	1651 67%	1,52 53%
	MS 1+2	9,6 71%	6,0 104%	1986 72%	1481 60%	1,39 49%
	MS 1+2+3	9,6 71%	5,3 91%	1847 67%	1383 56%	1,37 48%
	Alle MS (1+2+3+4)	9,2 68%	5,4 93%	1438 52%	516 21%	0,92 32%

Tabelle 7 Überblick Einzeldarstellung der Meilenstritte (2000 Watt Option) – Kumulierte Darstellung

		Endenergie		Primärenergie		Treibhaus-Emissionen t CO ₂ -äq./P
		ohne Strom PJ	Strom PJ	Total W/P	nicht-erneuerbar W/P	
2005	Ausgangslage	13,5 100%	5,8 100%	2767 100%	2460 100%	2,85 100%
2050	Basisszenario	10,8 80%	6,9 119%	2260 82%	1679 68%	1,55 54%
	MS 1	10,3 76%	6,8 117%	2190 79%	1632 66%	1,49 52%
	MS 1+2	8,8 65%	5,8 101%	1884 68%	1404 57%	1,28 45%
	MS 1+2+3	8,8 65%	5,0 86%	1722 62%	1291 52%	1,27 44%
	Alle MS (1-4)	8,1 59%	5,4 93%	1334 48%	234 10%	0,36 13%

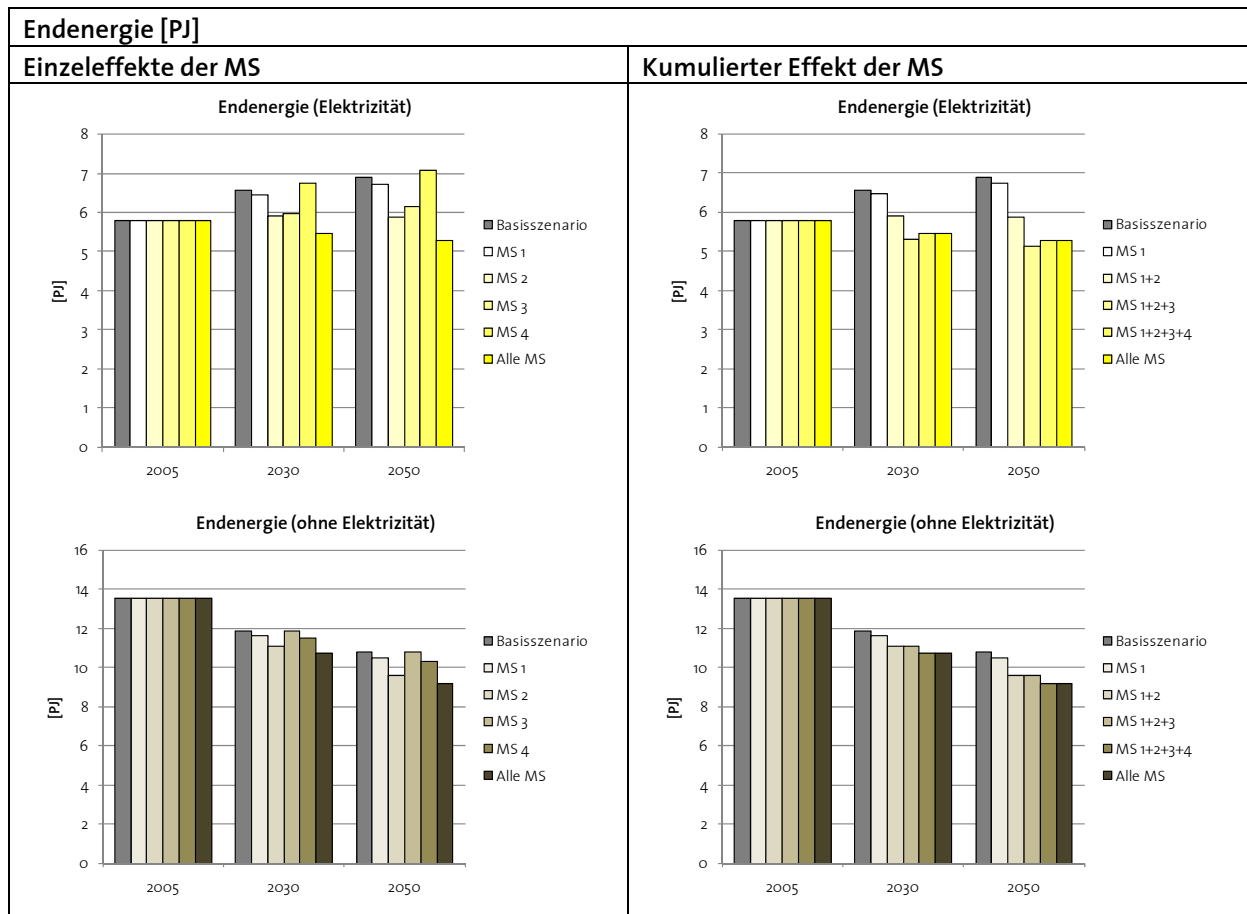


Abbildung 26 Endenergie der MS in PJ als Einzeleffekte (links) und kumuliert (rechts), nur Elektrizität (oben) und Endenergie ohne Elektrizität (unten), 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option)

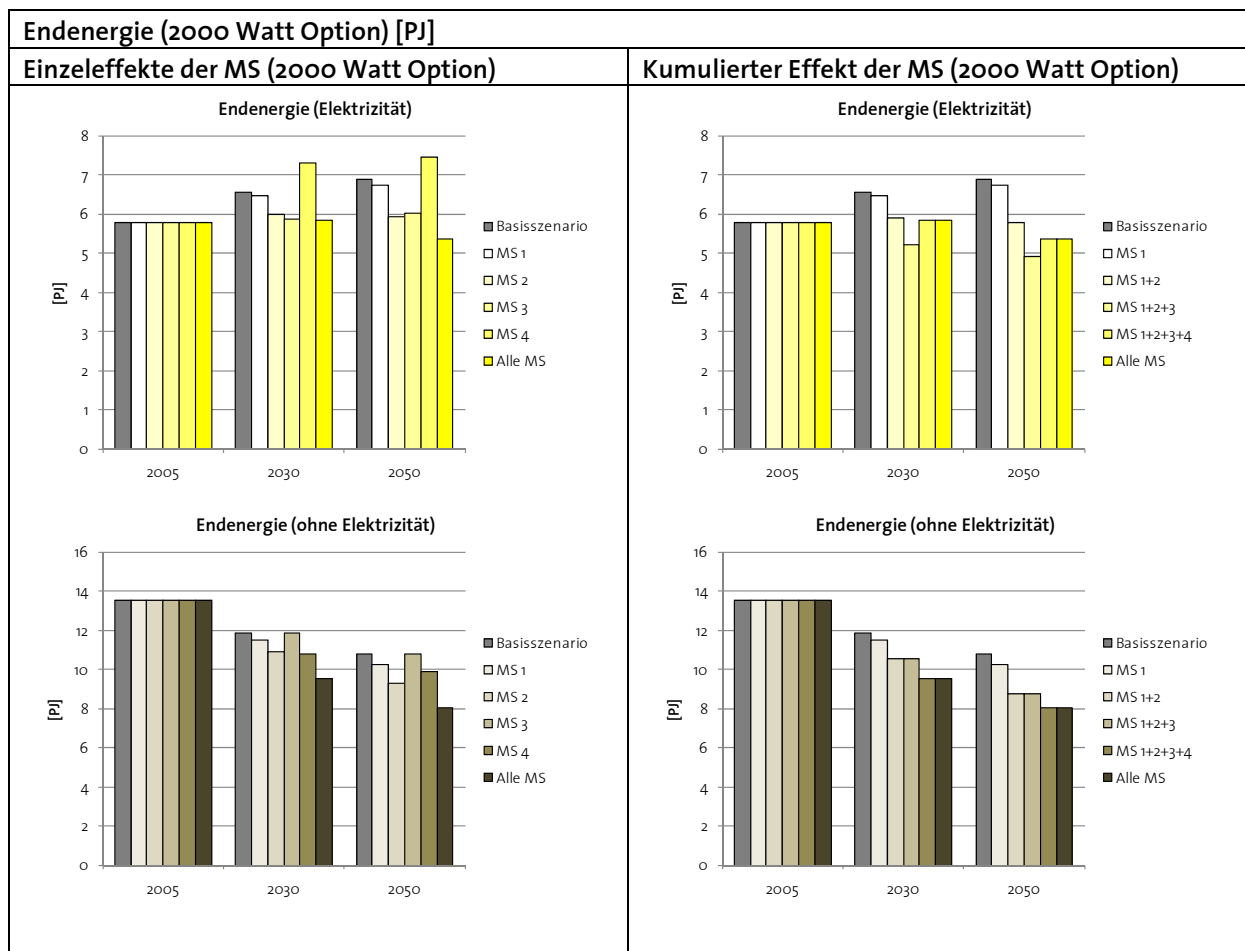


Abbildung 27: Endenergie der MS in PJ als Einzeleffekte (links) und kumuliert (rechts), nur Elektrizität (oben) und Endenergie ohne Elektrizität (unten), 7-MS-Szenario (mit 2000W-Option)

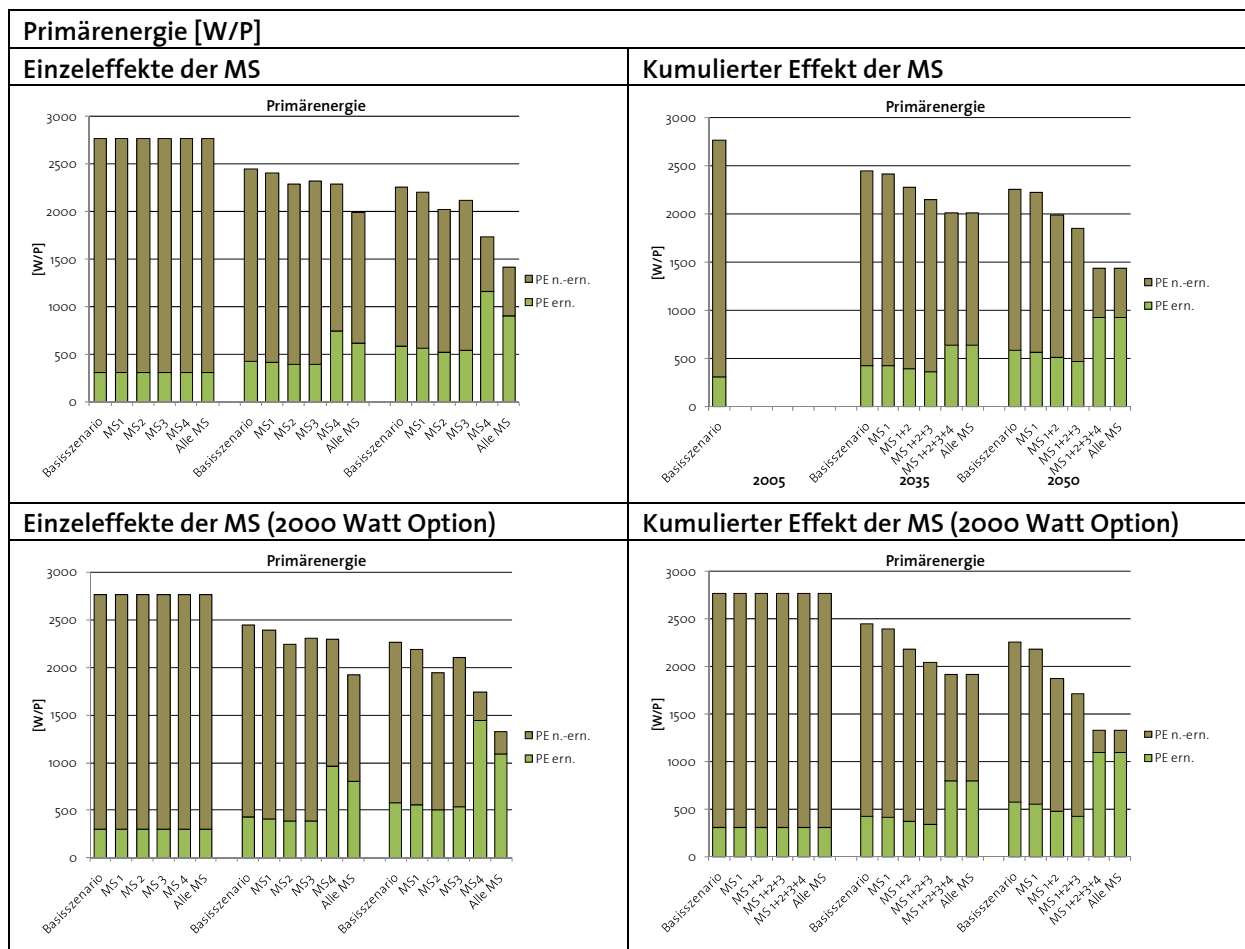


Abbildung 28: Primärenergie der MS in W/P als Einzeleffekte (links) und kumuliert (rechts) im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, oben; mit 2000W-Option, unten) (PE n.-ern. = nicht erneuerbare Primärenergie, PE ern. = erneuerbare Primärenergie)

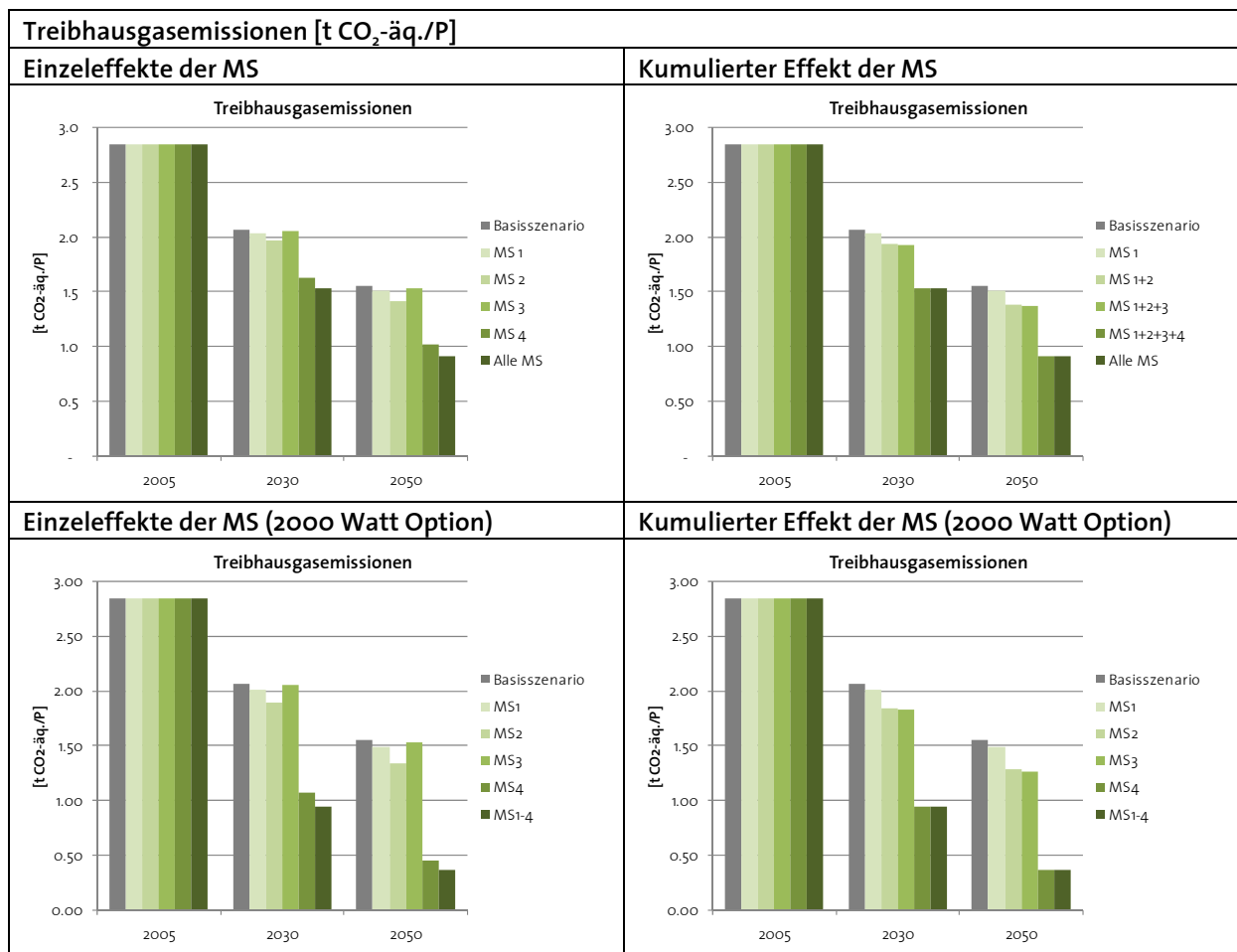


Abbildung 29: Treibhausgasemissionen der MS in t CO₂-äq./P als Einzeleffekte (links) und kumuliert (rechts) im 7-MS-Szenario (ohne 2000W-Option, oben; mit 2000W-Option, unten)