



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

ENERGIEASPEKTE STÄDTISCHER QUARTIERE UND LÄNDLICHER SIEDLUNGEN

Zusammenfassung

Ausgearbeitet durch

Walter Ott, Michal Arend, Daniel Philippen, e concept AG
Lavaterstrasse 66, 8002 Zürich, info@econcept.ch, www.econcept.ch

**Kurt Gilgen, Katja Beaujean, Hochschule für Technik Rapperswil,
Institut für Raumentwicklung**
Oberseestrasse 10, 8640 Rapperswil, kgilgen@hsr.ch, www.irap.ch

Stefan Schneider, Planungsbüro Jud AG
Bolleystrasse 29, 8006 Zürich, info@jud-ag.ch, www.jud-ag.ch

Begleitgruppe

Die Arbeiten wurden von einer Begleitgruppe fachlich begleitet.

Charles Filleux, BFE-REN

Mark Zimmermann, BFE-REN (bis 2007)

Andreas Eckmanns, BFE

Fritz Bosshart, ARE

Martin Lenzlinger

Den Mitgliedern sei an dieser Stelle vielmals gedankt!

Kofinanzierung

Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft Kt. Zürich

Amt für Umwelt und Energie Kt. Basel-Stadt

Impressum

Datum: 25. Januar 2008

Im Auftrag des Bundesamt für Energie, Forschungsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden

BFE-Projektnummer 101592

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Bezugsort der Publikation: www.energieforschung.ch

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

Inhalt

Zusammenfassung	1
Résumé	9
Summary	17
1 Ausgangslage	25
2 Fragestellungen, Zielsetzungen, Vorgehen	27
2.1 Fragestellungen und Zielsetzungen	27
2.2 Vorgehen.....	28
3 Untersuchungsgegenstand	31
4 Die vier untersuchten Wohnquartiere	35
4.1 Methodik der Erhebung.....	35
4.2 Auswahl der Wohnquartiere für die Fallstudie	37
4.3 Charakterisierung der Wohnquartiere nach energierelevanten Aspekten	43
5 Wohnungsabhängiger Primärenergieverbrauch	47
5.1 Primärenergieverbrauch von Gebäuden	47
5.1.1 Untersuchungsgegenstand Gebäude	47
5.1.2 Energieverbrauch für Erstellung, Erneuerung und Abbruch der Gebäude	47
5.1.3 Energieverbrauch während der Nutzungsphase von Gebäuden.....	50
5.2 Primärenergieverbrauch der Infrastruktur	55
5.2.1 Untersuchungsgegenstand Infrastruktur.....	55
5.2.2 Energieverbrauch für die Erstellung und Entsorgung der Infrastrukturnetze	56
5.2.3 Endenergieverbrauch für den Betrieb der Infrastrukturnetze.....	59
5.3 Primärenergieverbrauch der wohnungsabhängigen Mobilität.....	60
5.3.1 Untersuchungsgegenstand wohnungsabhängige Mobilität	60

5.3.2	Energieverbrauch durch die Nutzung der Verkehrsmittel	61
5.3.3	Energieverbrauch von Herstellung, Unterhalt und Entsorgung der Verkehrsmittel.....	67
6	Ergebnisse zum Energieverbrauch nach Siedlungstyp	69
6.1	Ergebnisse zum Primärenergieverbrauch von Gebäuden	69
6.2	Ergebnisse zum Primärenergieverbrauch der Infrastruktur	72
6.3	Ergebnisse Primärenergieverbrauch Mobilität (Fahrleistungen und Fahrzeugherstellung)	74
6.4	Synthese der Ergebnisse: Einflüsse verschiedener Strukturmerkmale auf den Primärenergieverbrauch von Siedlungen	77
7	Folgerungen	81
	Abkürzungsverzeichnis	87
	Literatur.....	88
	Anhang.....	91
A-1	Definitionen	91
A-2	Berechnungsgrundlagen Mobilität.....	92
A-3	Energieverbrauch des wohnungsabhängigen Verkehrs in verschiedenen Gemeindetypen	93
A-3.1	Problem- bzw. Fragestellung	93
A-3.2	Mikrozensus 'Verkehrsverhalten 2000' und der gewählte Lösungsansatz	94
A-3.3	Die verwendete Siedlungs- bzw. Gemeindetypologie	97
A-3.4	Ergebnisse und Erklärungen	101
A-4	Ergebnisse Quartiererhebungen der baulichen Strukturen der vier untersuchten Quartiere	114
A-4.1	Erhebungen in den Quartieren.....	114
A-4.2	Zusammenfassung der Resultate	118

Zusammenfassung

Fragestellungen und Zielsetzungen

Um weitere Grundlagen für eine nachhaltigkeitsorientierte Energiepolitik und Raumplanung zu erhalten, wird der gesamte Primärenergieverbrauch unterschiedlicher Wohnquartiere inklusive ihrer Erschliessungs-, Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen sowie der Primärenergieverbrauch der wohnungsinduzierten Mobilität (Fahrleistungen und Fahrzeugerstellung) untersucht. Die Einflüsse verschiedener Strukturmerkmale, durch welche sich die Wohnquartiere unterscheiden, werden anhand von vier unterschiedlichen Wohnquartieren im Kanton Zürich analysiert.

Dabei werden die folgenden Energieverbrauchsarten untersucht:

- Betriebsenergie: Primärenergieverbrauch der Wohnbauten in der Nutzungsphase, ihrer Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen und des siedlungsinduzierten Verkehrs.
- Graue Energie: Primärenergieverbrauch für die Erstellung, die Erneuerung und den Abbruch von Gebäuden und Quartierinfrastrukturen¹ sowie Primärenergieverbrauch für die Herstellung und Entsorgung der Fahrzeuge für den wohnungsinduzierten Verkehr (motorisierter Individualverkehr (MIV) und öffentlicher Verkehr (ÖV)).

Die betrachteten energierelevanten Bereiche gehen wie folgt in die Analyse des wohnspezifischen Primärenergieverbrauchs ein:

- Gebäude:
Erstellung, Betrieb, Erneuerung und Abbruch der untersuchten Gebäude (inklusive Bereitstellung und Entsorgung der Baustoffe und Materialien sowie inklusive Raumwärme- und Warmwasserproduktion sowie Stromverbrauch für Geräte und Beleuchtung).
- Versorgungsinfrastrukturen:
Gebäudegebundene Erschliessung sowie für die Quartierver- und -entsorgung benötigte Infrastrukturelemente der inneren Erschliessung (Quartiersstrassen sowie leitungsgebundene Ver- und Entsorgung).
- Wohnungsinduzierte Mobilität:
Etappen, die als Start oder Ziel die betrachtete Wohnung haben, sowie die Herstellung und Entsorgung der dafür verwendeten Verkehrsmittel.

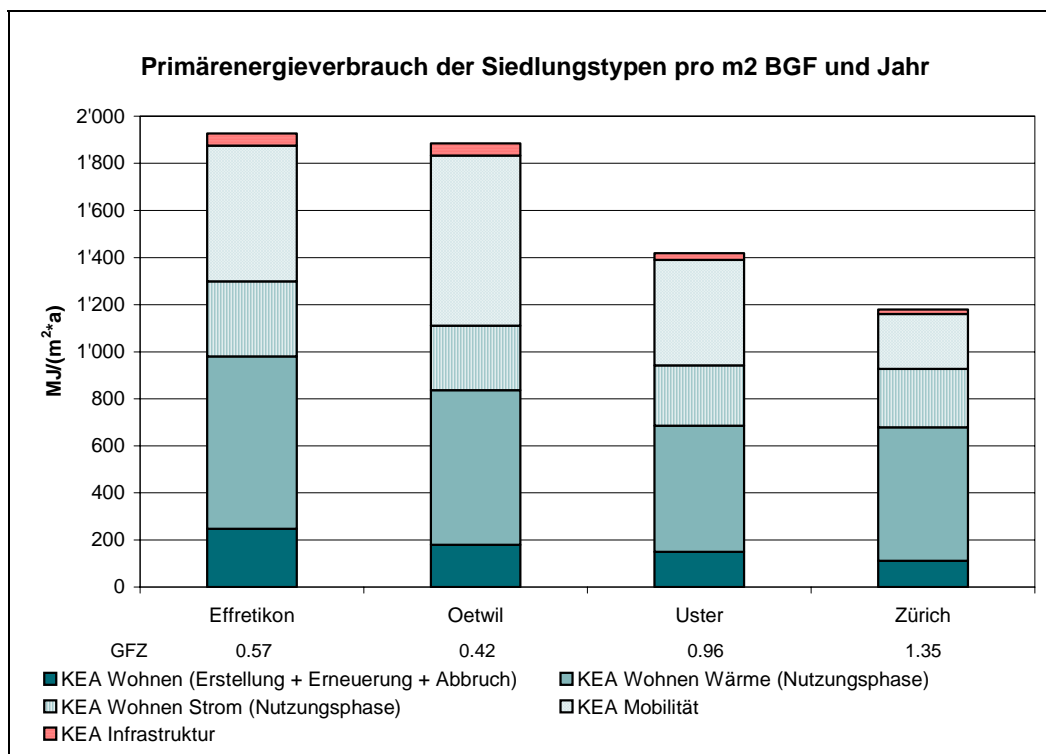
Untersuchte Wohnquartiere

Die Analyse basiert auf vier Fallstudien in weitgehend homogenen Wohnquartieren in Effretikon, Oetwil am See, Uster und der Stadt Zürich. Physische Überbauungs- und Infrastrukturdaten wurden im Rahmen von Begehungen sowie so-

weit verfügbar mit GIS-Auswertungen quartierweise erhoben. Die Quartiere unterscheiden sich stark hinsichtlich Zentralität und Dichte (die Geschossflächenziffern schwanken zwischen 0,42 in Oetwil und 1,35 im Stadtzürcher Quartier).

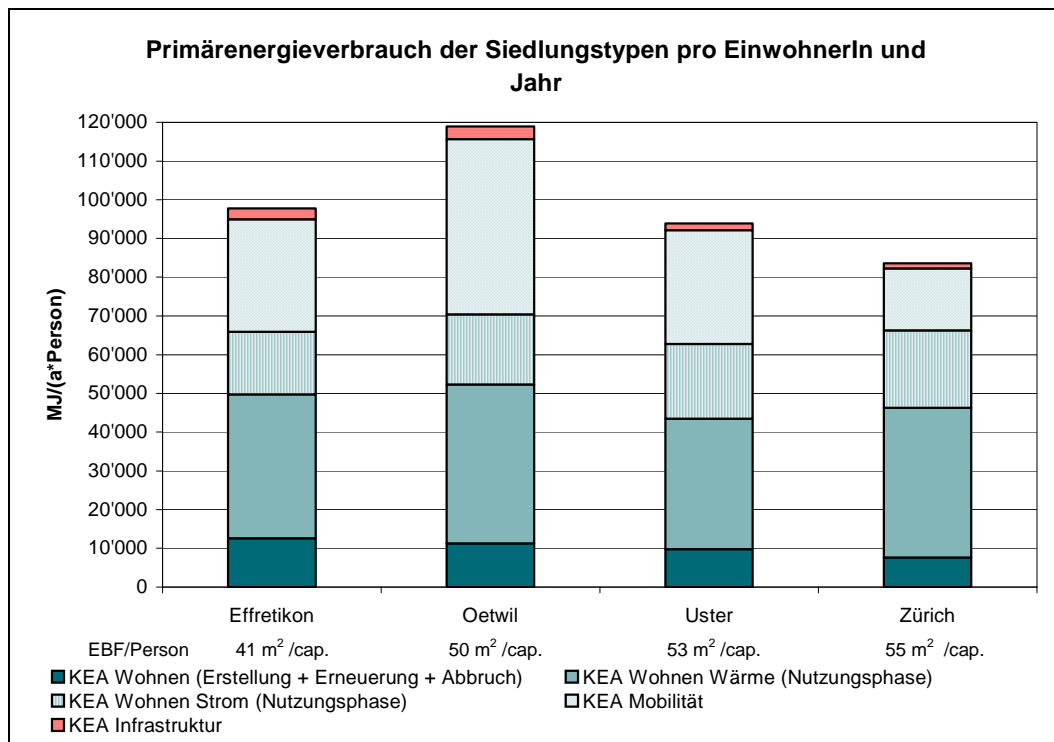
Primärenergieverbrauch pro Quadratmeter Bruttogeschossfläche und pro EinwohnerIn und Jahr

Für das Untersuchungsjahr 2005 ergibt sich der in Figur 1 und in Figur 2 dargestellte Primärenergieverbrauch pro Quadratmeter Bruttogeschossfläche und Jahr beziehungsweise pro EinwohnerIn und Jahr.



Figur 1: Gesamter Primärenergieverbrauch pro Quadratmeter Bruttogeschossfläche (BGF) und Jahr in den vier Untersuchungsgebieten (2005). KEA: Kumulierter Energieaufwand, GFZ: Geschossflächenziffer (s. Fussnote 3).

Der Primärenergieverbrauch pro EinwohnerIn (Figur 2) ist in Oetwil am See am höchsten und nicht mehr in Effretikon wie beim Verbrauch pro m². Dies illustriert den Einfluss unterschiedlicher Belegungsdichten der Wohnungen in den beiden Quartieren.



Figur 2: Gesamter Primärenergieverbrauch pro EinwohnerIn und Jahr in den vier Untersuchungsgebieten (2005). KEA: Kumulierter Energieaufwand; EBF: Energiebezugsfläche

Folgerungen

Der Primärenergieverbrauch während der Nutzungsphase der Gebäude (Betriebsenergie) der Primärenergieverbrauch für die wohnungsinduzierte Mobilität sowie für Elektrizitätsanwendungen dominieren den gesamten Primärenergieverbrauch.

Beim siedlungsabhängigen Primärenergieverbrauch pro Quadratmeter Bruttogeschossfläche dominieren der Einfluss der Gebäude während der Nutzungsphase und derjenige der wohnungsabhängigen Mobilität bei der zurzeit vorhandenen Bauweise und Siedlungsstruktur. Der Primärenergieverbrauch für die Erstellung, Erneuerung und den Abbruch der Gebäude fällt derzeit wenig, derjenige für die Erschliessungs-, Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen kaum ins Gewicht.

Die Höhe des Primärenergieverbrauchs der Gebäude während der Nutzungsphase ist in erster Linie von der Wärmedämmung und somit indirekt vom Baujahr

der Gebäude sowie vom Jahr bzw. dem Standard ihrer energetischen Erneuerung sowie vom eingesetzten Energieträgermix abhängig.¹

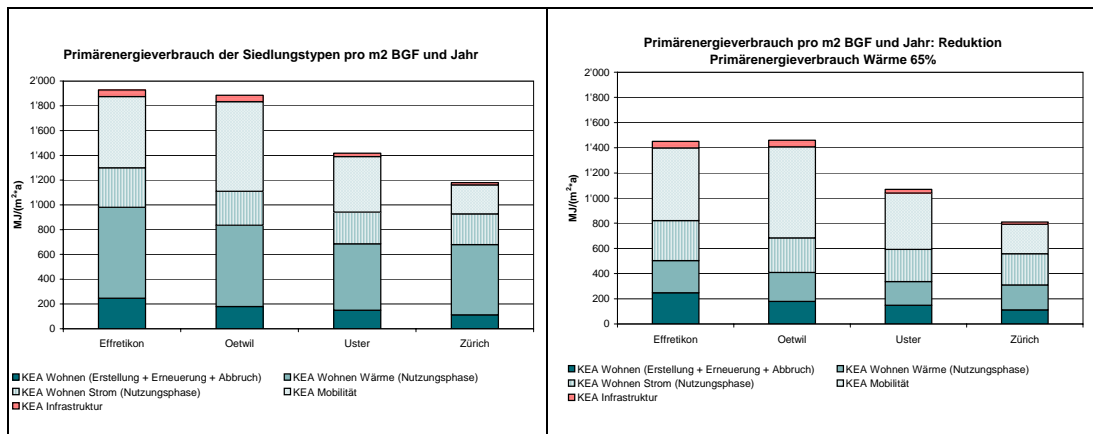
Der Primärenergieverbrauch für Elektrizität ist relevant – seine Bedeutung wird in Zukunft steigen

Der Elektrizitätsverbrauch für Geräte und Beleuchtung hat einen wesentlichen Einfluss auf den gesamten Primärenergieverbrauch der Gebäude während der Nutzungsphase (Anteil am Primärenergieverbrauch der Gebäude in der Nutzungsphase: 25 - 27%). Da damit zu rechnen ist, dass der Stromverbrauch in den Haushalten für Geräte und Beleuchtung weniger stark zurückgehen wird, kommt dem Haushaltsstromverbrauch bei weitergehenden künftigen Primärenergie-Reduktionsmassnahmen ein zentraler Stellenwert zu (wie auch der Mobilität, s. Figur 3).

Vorläufig ist der graue Energieverbrauch von Wohnbauten im Vergleich mit dem Energieverbrauch in der Nutzungsphase von untergeordneter Bedeutung – heute zählt primär der energetische Standard.

Wird angenommen, dass in Zukunft der Gebäudebestand energetisch massiv verbessert wird, dann geht der Primärenergieverbrauch für Wärme in der Nutzungsphase stark zurück und der Anteil des kumulierten Energieaufwandes (KEA) für die Gebäudeerstellung, den Unterhalt und den Abbruch gerät stärker ins Blickfeld weiterer Optimierungen (vgl. Figur 3). Es stellt sich die Frage nach der optimalen Strategie von Massnahmen, welche über den Minergie Standard hinausgehen. Der Fokus muss dabei vermehrt auf den Elektrizitätsverbrauch, den Einsatz erneuerbarer Energien und die Möglichkeiten zur Reduktion des kumulierten Energieaufwandes gerichtet werden.

¹ Dies ergibt sich aus der hier angewandten Methodik: Weil zum Betriebsenergieverbrauch in der Nutzungsphase keine Verbrauchsdaten pro untersuchtes Gebäude vorliegen, wurde der Verbrauch mithilfe des Baujahrs und dem dafür geltenden durchschnittlichen energetischen Standard sowie mithilfe des durchschnittlichen Energieträgermixes je Gemeinde geschätzt. Das hat den Vorteil, dass die Ergebnisse nicht durch Spezialeffekte bei einzelnen Gebäuden im Untersuchungsperimeter verzerrt werden.



Figur 3 Vergleich des gesamten Primärenergieverbrauches pro Quadratmeter Bruttogeschossfläche und Jahr. **Linke Figur:** Heutige Situation in den Quartieren. **Rechte Figur:** Situation mit einem gegenüber heute um 65% reduzierten Primärenergieverbrauch für Wärme.

Auch bei der Mobilität zählt primär der Energieverbrauch in der Nutzungsphase – bei der wohnungsinduzierten Mobilität sind der Einfluss der Siedlungsstruktur, der Lage der Gemeinde und des ÖV-Angebotes zentral.

Je zentraler eine Siedlung liegt, desto kürzer werden tendenziell die Etappen der dort wohnenden Bevölkerung, desto höher wird der Anteil der Langsamverkehrsetappen, desto besser wird in der Regel das ÖV-Angebot und der ÖV-Modalsplit und desto weniger wird der MIV genutzt, was zu einer Senkung des Primärenergieverbrauchs der Wohnbevölkerung für Mobilität führt. Die Bedeutung des Siedlungs- oder Gemeindetyps für den Primärenergieverbrauch der wohnungsinduzierten Mobilität ist beeindruckend, die Unterschiede sind grösser als ein Faktor 4.

Die Analyse der Unterschiede der Verkehrsleistungen pro Person für die verschiedenen wohnungsinduzierten Verkehrszwecke zwischen den 13 Gemeindetypen des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) zeigt, dass die Unterschiede bezüglich der Anzahl Etappen am geringsten und diejenigen bezüglich der Durchschnittslänge der Etappen am grössten sind. Auch die Unterschiede im ÖV-Modal Split sind systematisch und relativ stark ausgeprägt. Der wesentlich höhere wohnungsabhängige Verkehrsenergieverbrauch in touristischen Gemeinden ist aber in erster Linie auf die grossen mittleren Fahrdistanzen - und zwar vorab im Pendler-, Einkaufs- und Freizeitverkehr - zurückzuführen.

Siedlungsdichte und Bauweise haben einen beträchtlichen Einfluss auf den kumulierten Energieaufwand. Beim hohen aktuellen Primärenergieverbrauch für Gebäudenutzung, Mobilität und Elektrizität sind sie vorläufig noch vergleichsweise wenig bedeutsam.

Der Primärenergieaufwand für Gebäudeerstellung, -erneuerung, -abbruch wie auch der der Primärenergieaufwand für die Erschliessungs-, Versorgungs- und Entsorgungsinfrastrukturen sind von der Überbauungsdichte und insbesondere bei den Gebäuden auch von der Bauweise abhängig. Die Bedeutung des kumulierten Energieaufwandes der Erschliessungs-, Versorgungs- und Entsorgungsinfrastrukturen ist angesichts des zurzeit noch hohen Verbrauchs für Wärme, Mobilität und Elektrizität relativ gering. Bei den für die 2000 Watt-Gesellschaft anvisierten Verbrauchsstandards wird die Bedeutung von Siedlungsdichte und Bauweise bei den Gebäuden und Quartierinfrastrukturen jedoch zunehmen.

Der Primärenergieverbrauch ist nicht nur von der Effizienz von Gebäuden und Infrastruktur abhängig: Die Wohnflächennachfrage pro Kopf und die Mobilitätsbedürfnisse spielen eine wichtige Rolle

Die Betrachtungen des siedlungsspezifischen Primärenergieverbrauchs pro Quadratmeter BGF und pro EinwohnerIn zeigen, dass ein hoher Verbrauch pro Quadratmeter durch eine hohe Belegungsdichte der Wohnungen (BGF pro BewohnerIn) relativiert werden kann.

Die Höhe des Primärenergieverbrauchs in den vier Untersuchungsgebieten korreliert in etwa mit ihrer jeweiligen Geschossflächenziffer (GFZ)². Es besteht jedoch kein direkter Zusammenhang zwischen GFZ und Primärenergieverbrauch, da der Primärenergieverbrauch in erster Linie durch die Mobilität (--> indirekter Zusammenhang über das ÖV-Angebot) und die Nutzungsphase der Gebäude bestimmt wird. Wie bereits erwähnt dominiert bei den Gebäuden der energetische Standard. Erst sekundär spielen Bebauungsart und Siedlungsdichte eine Rolle, die allerdings nicht zu vernachlässigen ist. Kompakte und dichte Bebauungen sind eine der Voraussetzungen für massive Energieverbrauchssenkungen. Bei der Mobilität spielen das ÖV-Angebot und die Attraktivität der Langsamverkehrswege eine wichtige Rolle. Dichte Bebauung erleichtert zudem die Bereitstellung eines guten ÖV-Angebotes und schafft damit die Voraussetzungen für einen hohen ÖV-Modalsplit.

² GFZ, Geschossflächenziffer: Die Geschossflächenziffer ist das Verhältnis von Bruttogeschossfläche zur Parzellenfläche und dient als Mass für die Dichte einer Überbauung.

**Hohe Relevanz von Gebäudeenergieeffizienz, Mobilität und Stromverbrauch
– der Einfluss der Siedlungsstruktur ist bei der Mobilität am grössten**

Die grossen Potenziale zur Reduktion des siedlungsabhängigen Primärenergieverbrauchs, liegen damit zurzeit im Bereich der Energieeffizienz bei Gebäuden, bei der wohnungsabhängigen Mobilität und beim Stromverbrauch. Insbesondere der Umfang des Primärenergieverbrauchs für die Mobilität ist von den Siedlungsstrukturen und von der Verkehrserschliessung abhängig und über die Raumplanung beeinflussbar.

Résumé

Problématique et objectifs

Afin de fournir d'autres informations de fond à l'appui d'une politique énergétique et d'aménagement territorial répondant aux critères du développement durable, on a relevé la consommation d'énergie primaire dans différents quartiers, y inclus les infrastructures de desserte, d'approvisionnement et d'élimination³, ainsi que la consommation d'énergie primaire de la mobilité induite par l'habitat (prestations-véhicules et fabrication de véhicules). Les influences des caractéristiques structurelles différenciant les quartiers les uns des autres ont été analysées sur la base de quatre quartiers d'habitation dans le canton de Zurich.

L'analyse porte sur les types de consommation d'énergie suivants :

- Énergie d'exploitation : consommation d'énergie primaire des habitations pendant la phase d'utilisation, de leurs infrastructures d'approvisionnement et d'élimination et du trafic induit par l'habitat.
- Énergie grise : consommation d'énergie primaire pour la construction, la rénovation et la démolition des bâtiments et infrastructures de quartier¹; consommation d'énergie primaire pour la fabrication et l'élimination des véhicules pour le trafic induit par l'habitat (trafic individuel motorisé TIM et transports publics TP).

L'analyse considère les domaines pertinents pour la consommation d'énergie primaire liée à l'habitat comme suit :

- Bâtiments :
Construction, exploitation, rénovation et démolition des bâtiments (y inclus la fourniture et l'élimination des matériaux de construction et autres matériaux, ainsi que la production de chaleur et d'eau chaude et la consommation de courant pour les appareils et l'éclairage).
- Infrastructures :
Exploitation des bâtiments ainsi que des éléments infrastructurels d'approvisionnement et d'élimination internes (routes de quartier, alimentation/évacuation par raccordement).
- Mobilité induite par l'habitat :
Étapes ayant comme point de départ ou point d'arrivée l'habitation considérée, ainsi que la construction et l'élimination des moyens de transport utilisés pour couvrir ces étapes.

³ Infrastructures de desserte, d'approvisionnement et d'élimination : routes de quartier, sentiers pour piétons pédestres, chemins de desserte, infrastructures d'alimentation par raccordement (électricité, gas, eau, chaleur à distance) et eaux usées.

Quartiers d'habitation étudiés

L'analyse se fonde sur quatre études de cas (4 quartiers d'habitation assez homogènes à Effretikon, Oetwil am See, Uster et la ville de Zurich). Des données physiques sur la construction et les infrastructures ont été relevées pour chaque quartier moyennant des visites in situ et des évaluations SIG (dans la mesure de leur disponibilité). Les quartiers sont très différents pour ce qui est de la centralité et de la densité (l'indice de surface de plancher fluctue entre 0,42 à Oetwil et 1,35 à Zurich).

Consommation d'énergie primaire par m² de surface brute de plancher et par habitant/année

Le Figur 1 et le Figur 2 visualisent la consommation d'énergie primaire par m² de surface brute de plancher, par année/habitant (état 2005).

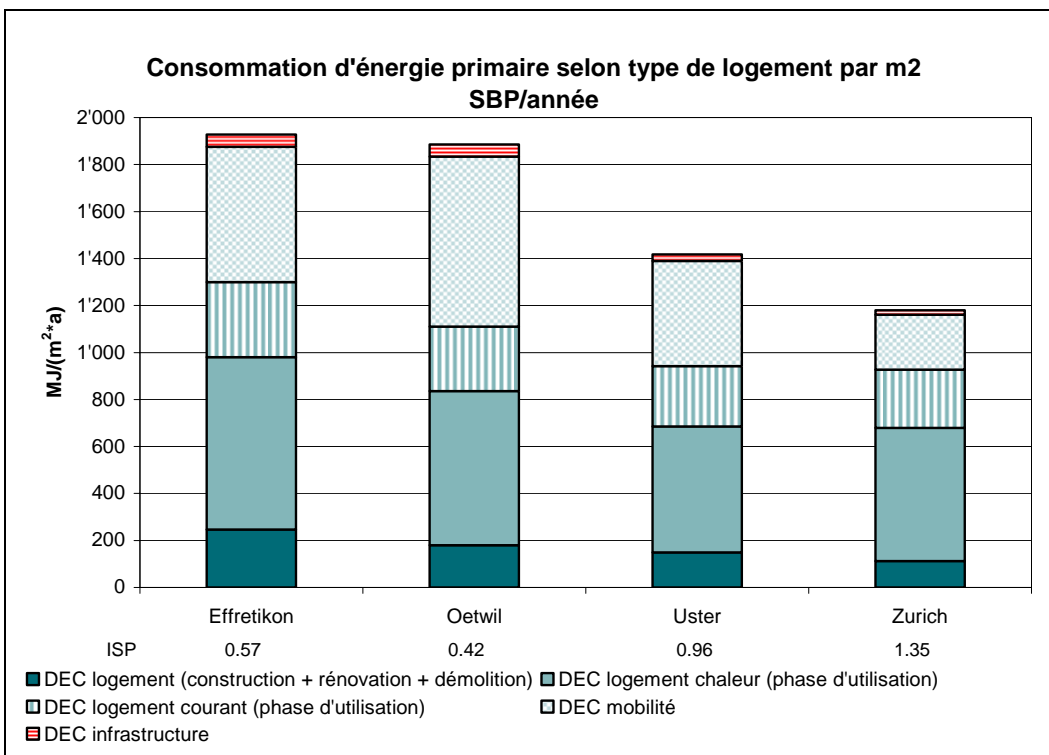


Diagramme 4: Total de la consommation d'énergie primaire par m² de surface brute de plancher (SBP) et par année dans les quatre quartiers étudiés (2005). DEC: dépense d'énergie cumulée ; ISP: indice de surface de plancher (cf. note de bas de page 3).

La consommation d'énergie primaire par habitant (Figur 2) est la plus élevée à Oetwil am See, et non plus, comme pour la consommation par m², à Effretikon. Un résultat qui démontre bien l'influence de la densité d'occupation des logements dans les deux quartiers.

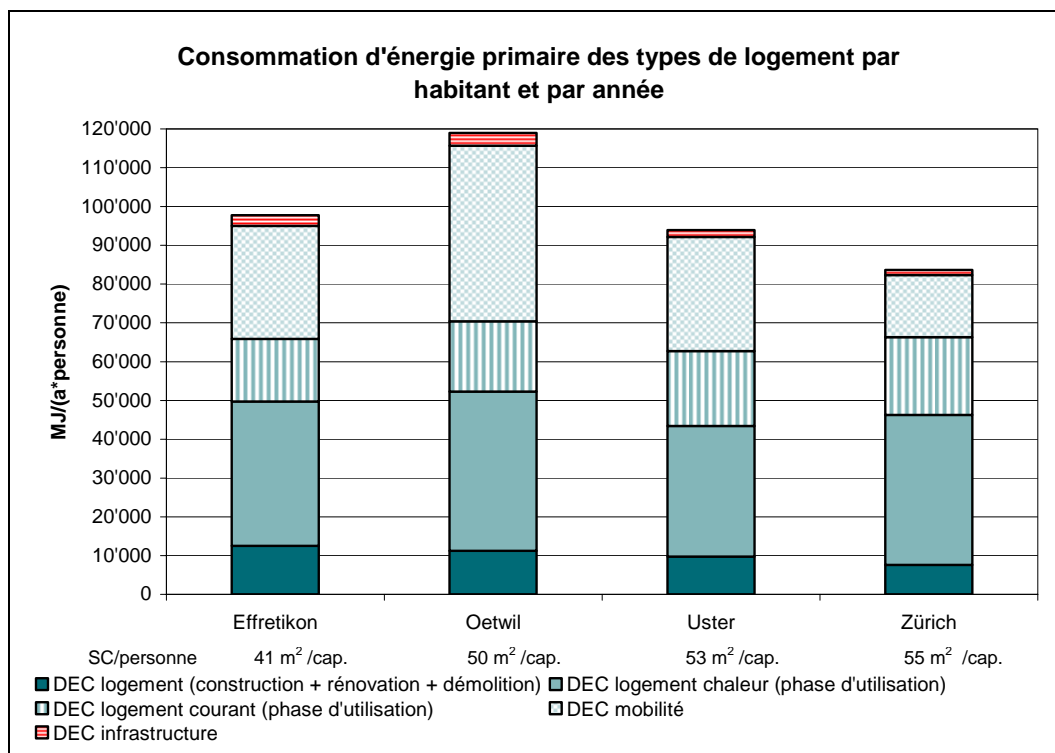


Diagramme 5: Total de la consommation d'énergie primaire par habitant et par année dans les quatre quartiers étudiés (2005). DEC: dépense d'énergie cumulée ;SC: Surface chauffée

Conclusions

La consommation d'énergie primaire pendant la phase d'utilisation des bâtiments (énergie d'exploitation), pour la mobilité induite par l'habitat et pour les applications électriques dominent le total de la consommation d'énergie primaire.

La consommation d'énergie primaire des quartiers d'habitation par m² SBP est dominée par les facteurs « bâtiments en phase d'utilisation » et « mobilité induite par l'habitat », compte tenu du mode de construction et de la structure urbaine. La consommation d'énergie primaire pour la construction, la rénovation et la démolition de bâtiments a peu de poids à l'heure actuelle, celle pour les infrastructures de desserte, d'approvisionnement et d'élimination n'en a guère.

L'ampleur de la consommation d'énergie primaire des bâtiments pendant la phase d'utilisation dépend en premier lieu de l'isolation thermique et donc, indirectement, de l'année de construction des bâtiments, ainsi que de l'année et du standard de leur renouvellement énergétique et du mix énergétique.⁴

La consommation d'énergie primaire pour l'électricité, déjà importante à l'heure actuelle, va encore augmenter à l'avenir.

La consommation de courant pour les appareils et l'éclairage a une influence essentielle sur le total de la consommation d'énergie primaire des bâtiments pendant la phase d'utilisation (part à la consommation d'énergie primaire des bâtiments en phase d'utilisation : 25 à 27%). Comme il faut s'attendre à un moindre recul de la consommation de courant des ménages pour les appareils et l'éclairage, les futures mesures visant à réduire la consommation d'énergie primaire devront se concentrer sur ce secteur-là (comme aussi sur la mobilité, cf. Figur 3).

Pour l'heure, la consommation d'énergie grise est accessoire par rapport à celle des bâtiments en phase d'utilisation. Aujourd'hui, c'est principalement le standard énergétique qui compte.

En admettant une amélioration massive des bâtiments en termes énergétiques à l'avenir, la consommation d'énergie primaire pour la chaleur pendant la phase d'utilisation reculera fortement. On pourrait alors se concentrer sur l'optimisation des dépenses d'énergie cumulées (DEC) pour la construction, l'entretien et la démolition de bâtiments pourraient (cf. Figur 3). Se pose la question de la stratégie optimale pour des mesures allant au-delà du standard Minergie. Il faudra se focaliser davantage sur la consommation d'électricité, l'utilisation d'énergies renouvelables et les possibilités de réduire la DEC.

⁴ C'est ce qui ressort de la méthode utilisée ici : en l'absence de données sur la consommation d'énergie pendant la phase d'utilisation pour tous les bâtiments examinés, cette consommation a été estimée sur la base de l'année de construction et du standard énergétique moyen d'alors, ainsi qu'à l'aide du mix énergétique moyen par commune. Cette estimation présente l'avantage que les résultats ne sont pas biaisés par les particularités de bâtiments individuels dans le périmètre étudié.

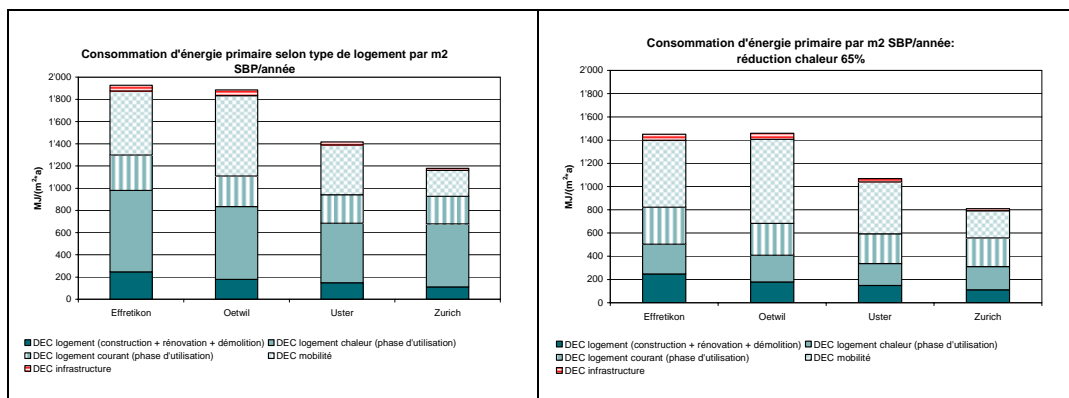


Diagramme 6: Comparaison de la consommation d'énergie primaire par m² SBP et année. **À gauche** : situation actuelle dans les quartiers ; **à droite** : situation avec une réduction de 65% de la consommation d'énergie primaire pour la chaleur.

Au chapitre de la mobilité également, c'est la consommation d'énergie pendant la phase d'exploitation qui prime. Pour la mobilité induite par l'habitat, les critères déterminants sont le type du quartier ou de la commune (ses caractéristiques structurelles), sa situation (centralité) et l'offre des TP.

Plus le quartier est central, plus les étapes de ses habitants sont tendanciellement plus courtes, et plus la part des étapes parcourues par mobilité douce est élevée. En outre, l'offre des TP et le split modal TP sont généralement mieux utilisés, avec une baisse proportionnelle du trafic individuel motorisé (TIM), ce qui se solde par une diminution de la consommation d'énergie primaire de la population pour la mobilité. L'importance du type de quartier pour la consommation d'énergie primaire liée à la mobilité induite par l'habitat est impressionnante ; les différences peuvent aller du simple au quadruple.

L'analyse des différences de prestations de transport par personne pour les différents objectifs de la mobilité induite par l'habitat dans les 13 types de communes définies par l'Office fédéral du développement territorial (ARE) montre que ces différences sont les plus faibles pour le nombre d'étapes et les plus grandes pour la longueur moyenne des étapes. Les différences en matière de split modal TP sont elles aussi systématiquement et relativement fortement marquées. La consommation d'énergie nettement plus élevée pour les transports liés à l'habitat dans les communes touristiques s'explique en premier lieu par des distances en moyenne plus longues, parcourues avant tout pour le travail (pendulaires), les achats et les loisirs.

La densité du tissu urbanisé et le mode de construction ont une influence notable sur les dépenses d'énergie cumulées. Vue la forte consommation d'énergie primaire actuelle pour l'exploitation des bâtiments, la mobilité et l'électricité, ces dépenses sont pour l'heure relativement peu importantes.

Les dépenses d'énergie primaire pour la construction, la rénovation et la démolition de bâtiments ainsi que pour les infrastructures de desserte, d'approvisionnement et d'élimination dépendent de la densité de logements et, pour les bâtiments, du mode de construction. Les dépenses d'énergie cumulées pour lesdites infrastructures sont relativement faibles par rapport à la consommation d'énergie, encore élevée aujourd'hui, pour la chaleur, la mobilité et le courant. Toutefois, avec le standard de consommation visé à terme (société à 2000 Watt), l'importance de la densité du tissu urbanisé et du mode de construction des bâtiments et des infrastructures de quartier va augmenter.

La consommation d'énergie primaire ne dépend pas seulement de l'efficacité énergétique des bâtiments et des infrastructures ; la demande de surface de logement par habitant et les besoins en matière de mobilité jouent un rôle important.

L'analyse de la consommation d'énergie primaire par m² SBP et par habitant dans les quartiers étudiés montre qu'une forte consommation par m² peut être relativisée par une plus forte densité d'occupation des logements (SBP/habitant).

L'ampleur de la consommation d'énergie primaire dans les quatre communes analysées est en corrélation avec leurs indices de surface de plancher respectifs (ISP)⁵. Il n'existe toutefois pas de lien direct entre l'ISP et la consommation d'énergie primaire, dès lors que celle-ci est déterminée en premier lieu par la mobilité (--> rapport indirect via l'offre de TP) et par les bâtiments en phase d'utilisation. Comme déjà mentionné, le standard énergétique est le principal facteur au niveau des bâtiments. Le mode de construction et la densité de l'habitat ne jouent qu'un rôle secondaire, quoique non négligeable. Un mode de construction compact et dense est une des conditions requises pour arriver à une réduction massive de la consommation d'énergie. Pour la mobilité, ce sont l'offre des TP et l'attractivité des voies de mobilité douce qui importent surtout. Une construction dense facilite en outre la mise à disposition d'une bonne offre de TP, ce qui favorise un split modal TP élevé.

⁵ ISP (indice de surface de plancher) : rapport entre la somme des surfaces de plancher et la surface de terrain imputable. L'ISP sert d'étalon pour la densité de logement d'un projet de construction.

Grande importance des facteurs efficacité énergétique des bâtiments, mobilité et consommation de courant – l'influence de la structure du quartier est la plus grande pour la mobilité

Les grands potentiels pour la réduction de la consommation d'énergie primaire dans les quartiers d'habitation résident actuellement dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments, la mobilité induite par l'habitat et la consommation de courant. L'ampleur de la consommation d'énergie primaire pour la mobilité dépend tout spécialement de la structure du quartier et de l'accès aux transports ; elle peut être influencée par l'aménagement du territoire.

Summary

Issues and objectives

The entire primary energy consumption of different residential districts including their development, supply and disposal infrastructures as well as the primary energy consumption of home-induced mobility (distances covered and vehicle production) is to be investigated to obtain further principles for energy policies and town and country planning based on sustainability. The influences of different structural features by which the residential districts differ are analysed using four different residential districts in the canton of Zurich.

The analysis looks into the following types of energy consumption:

- Operating energy: this is the consumption of primary energy by residential buildings in their period of use, their supply and disposal infrastructures and of the traffic induced by settlement.
- Grey energy: this is the primary energy consumption for the construction, renovation and demolition of buildings and district infrastructures⁶ as well as the consumption of primary energy for the production and disposal of vehicles for home-induced traffic (individual motor vehicle traffic and public transport).

The areas of relevance for energy have been integrated into the analysis of home-specific primary energy consumption as follows:

- Buildings:
Construction, operation, renovation and demolition of the buildings examined (including the provision and disposal of construction material and other materials as well as including the production of room heating and hot water as well as power consumed by equipment and lighting).
- Supply infrastructures:
Building-linked development as well as infrastructural elements of inner development (local streets as well as line and pipe supply and disposal) required for the supply and disposal of the district.
- Home-induced mobility:
Distances covered whose starting or finishing points are the home in question as well as the construction and disposal of the means of transport used for this purpose.

⁶ Development, supply and disposal infrastructures: local streets, footpaths, access routes, line and pipe supply infrastructures (electricity, gas, water, district heating, if provided) as well as waste water.

Residential districts investigated

The analysis is based on four case studies, which were conducted in largely homogenous residential districts in Effretikon, Oetwil am See, Uster and the city of Zurich. Physical constructional and infrastructure data was acquired within the framework of on-site inspections as well as with GIS evaluations by district where available. The districts differ greatly in terms of central location and density (the floor surface figures fluctuate between 0.42 in Oetwil and 1.35 in the district in Zurich city).

Primary energy consumption per square metre of gross floor area and per inhabitant and year

For 2005, which was the year of the investigation, this results in the primary energy consumption per square metre of gross floor area and year or per inhabitant and year shown in Fig. 7 and Fig. 8.

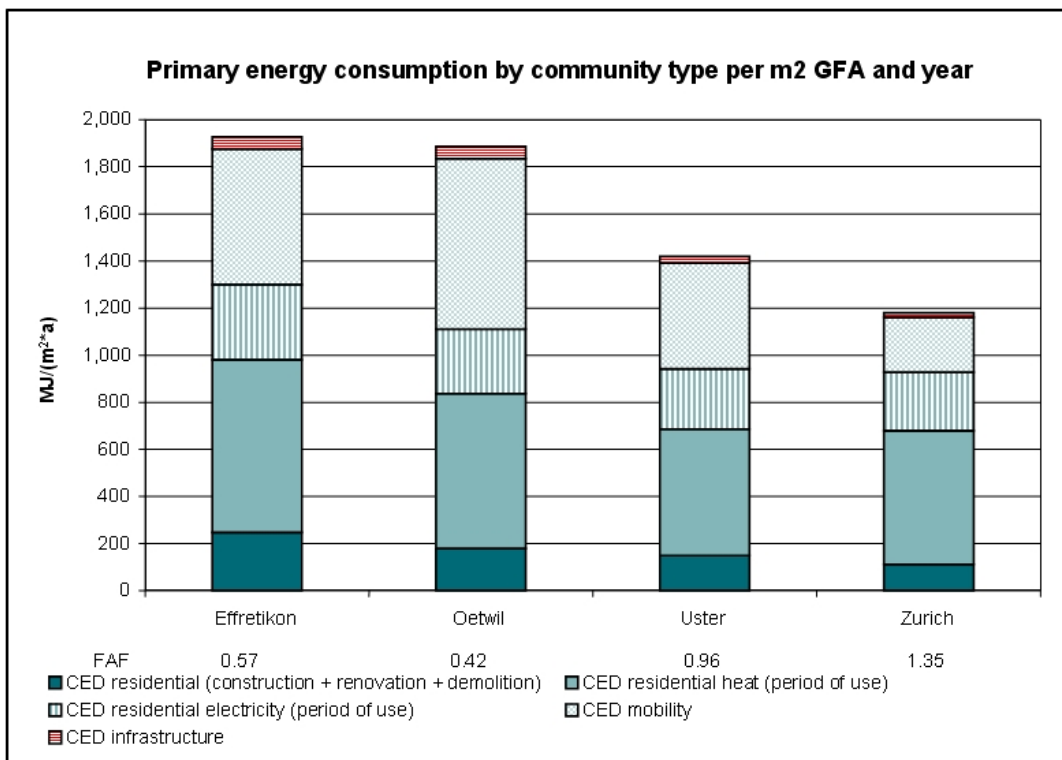


Fig. 7: Total primary energy consumption per square metre of gross floor area (GFA) and year in the four areas investigated (2005). CED: cumulated energy demand, FAF: floor area factor (q.v. footnote 8).

The consumption of primary energy per inhabitant (Fig. 8) is highest in Oetwil am See and no longer in Effretikon as with consumption per m². This illustrates the influence of the different occupancy densities of homes in the two districts.

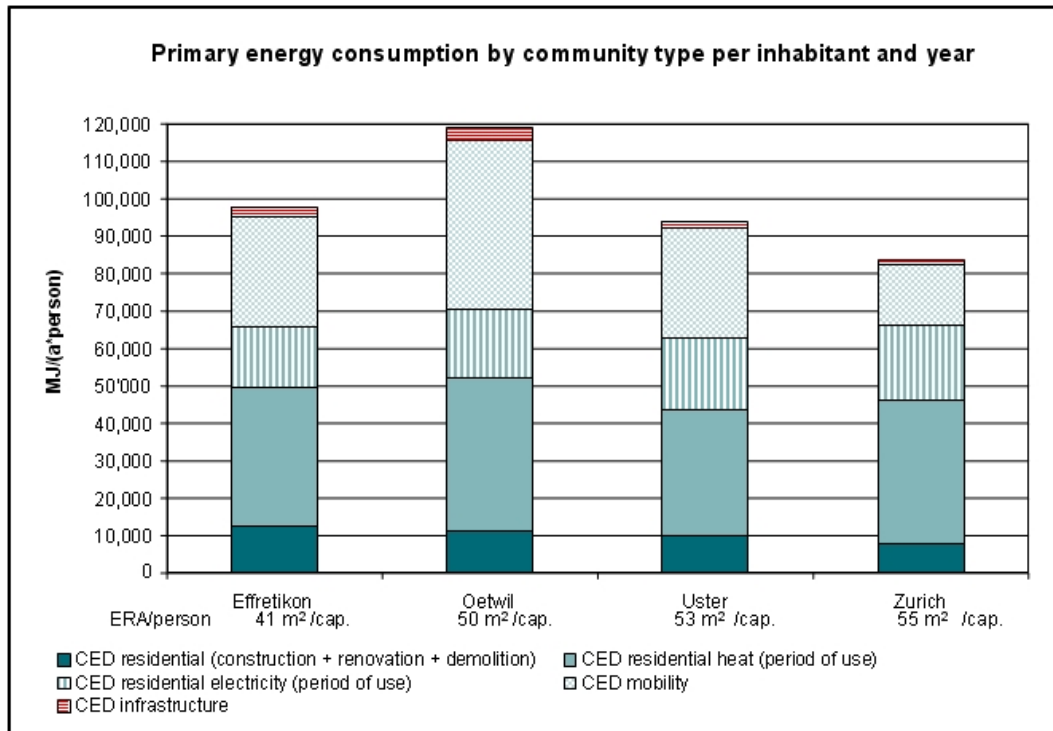


Fig. 8: Overall primary energy consumption per resident and year in the four areas investigated (2005).

Conclusions

The consumption of primary energy during the period of use of the buildings (operating energy) and the primary energy consumption for home-induced mobility as well as for electricity applications dominate the entire primary energy consumption.

In the case of the community-related consumption of primary energy per square metre of gross floor area, the influence of the buildings during the period of use and that of home-dependent mobility dominate given the current style of construction and housing structure. The primary consumption of energy for construction, renovation and demolition of the buildings is of little importance and that of the development, supply and disposal infrastructures of hardly any importance at all.

The amount of primary energy consumed in the buildings during the period of use is primarily dependent on heat insulation and thus indirectly on the year of con-

struction of the buildings as well as on the year or the standard of their energy-related renovation as well as on the source of energy used.⁷

The primary energy consumption of electricity is relevant – it will gain in importance in future.

The amount of electricity consumed by equipment and lighting has a substantial influence on the buildings' entire primary energy consumption in the period of use (share of primary energy consumption in the period of use: 25 - 27%). As the consumption of power for household equipment and lighting is not expected to decline to a substantial degree, the consumption of household power accompanied by future, further-reaching primary energy reduction measures becomes an issue of pivotal importance (as well as mobility, q.v. Fig. 9).

For the moment, the grey energy consumption of residential buildings is of subordinate importance compared with energy consumption in the period of use – today, it is primarily the standard relevant for energy that counts.

If we assume that, in future, the number of existing buildings is improved enormously in terms of energy, then the consumption of primary energy for heat will experience a major decline in the period of use and the proportion of the cumulated energy demand (CED) for building construction, maintenance and demolition will become subject to greater interest in terms of further optimization (cf. Fig. 9). The question arises as to the best-possible strategy of measures that go beyond the Minergie standard. Greater focus must be placed on electricity consumption, on the use or renewable energies and on possibilities of reducing cumulated energy demand.

⁷ This results from the methodology used here: because no data is available for the consumption of operating energy for each building investigated in the period of use, consumption was estimated on the basis of the year of construction and the applicable average standard relevant for energy as well as on the average mix of energy sources per municipality. The benefit is that results are not distorted by special effects in the case of individual buildings in the scope of the investigation.

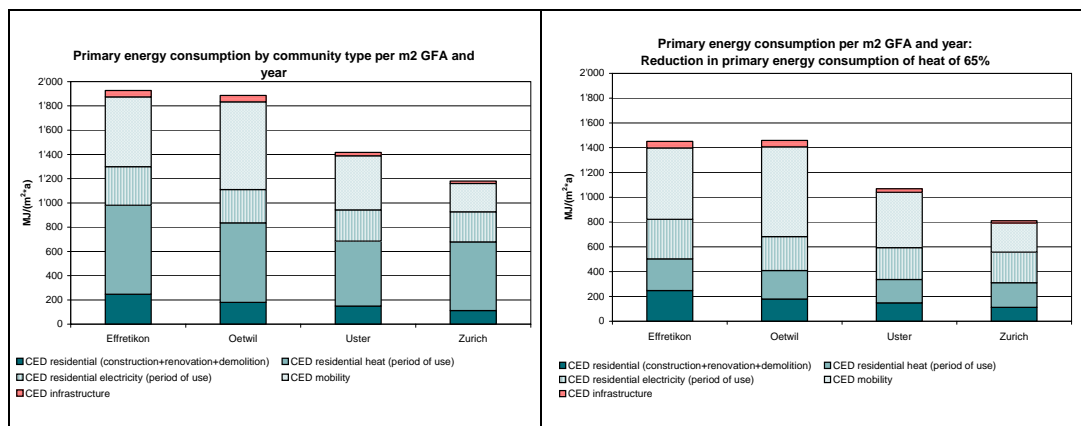


Fig. 9 Comparison of the total primary energy consumption per square metre of gross floor area and year.
Left-hand chart: Current situation in the districts.
Right-hand chart: Situation with a primary energy consumption for heat reduced by 65% compared with today.

Where mobility is concerned, too, energy consumption counts primarily in the period of use – in the case of home-induced mobility, the influence of the residential structure, the location of the municipality and the availability of public transport are of central importance.

The distances covered by people living in a housing development tend to be shorter when it is more centrally located. In addition, when the share of slow traffic distances is higher, both the public transport facilities as well as the public transport modal split are usually better and motorized individual traffic declines, which results in a reduction in primary energy consumption by the residential population for mobility. The importance of the type of settlement or community for the primary energy consumption that results from home-induced mobility is impressive, the differences being greater than a factor of 4.

The analysis of the differences in transport performance per person for the various home-induced transport purposes between the 13 types of municipalities of the Federal Office for Spatial Development (ARE) shows that the differences relating to the number of distances are lowest while those relating to the average length of the distances are largest. The differences in the public transport modal split are also systematic and fairly strongly pronounced. The substantially higher home-dependent traffic energy consumption in tourist communities is, however, primarily attributable to the large average travelling distances - mainly in commuter, shopping and leisure traffic.

Population density and style of construction have a substantial influence on cumulated energy demand. Given the current high primary energy consumption for building usage, mobility and electricity, they are still comparably unimportant for the present.

The amount of primary energy for building construction, renovation, demolition as well as the amount of primary energy for development, supply and disposal infrastructures are dependent on the density of construction and, particularly where the buildings are concerned, on the style of construction, too. The importance of cumulated energy demand of the development, supply and disposal infrastructure is fairly low in view of the currently fairly high level of consumption for heat, mobility and electricity. In the case of the consumption standard targeted for the 2000-watt society, the importance of population density and style of construction among buildings and district infrastructures will increase, however.

Primary energy consumption not only depends on the efficiency of buildings and infrastructures: individual demand for floor area as well as mobility requirements play an important role.

A look at the specific primary energy consumption per square metre of gross floor area and per inhabitant for each area show that a high consumption per square metre can be explained by the high occupancy density of the homes (gross floor area per resident).

The amount of primary energy consumption in the four areas investigated roughly correlates with their floor area factors (FAF)⁸. However, there is no direct connection between the FAF and primary energy consumption as the consumption of primary energy is largely determined by mobility (→ indirect connection via the public transport facilities available) and the period of use of the buildings. As previously mentioned, the energy-relevant standard dominated in the case of the buildings. The type of development and density of a settlement only play a secondary role and this must not be neglected. Dense, compact building developments are one of the prerequisites for enormous reductions in energy consumption. Where mobility is concerned, the public transport facilities available and the attractiveness of slow traffic routes play an important role. Dense building developments also facilitate the provision of a good public transport system and this creates the prerequisites for a high public transport modal split.

⁸ FAF, floor area factor: the floor area factor is the ratio between the gross floor area and the area of the plot and this serves as a measure of the density of a built-up area.

High relevance of building energy efficiency, mobility and electricity consumption – the influence of a settlement structure is greatest where mobility is concerned.

The great potentials for reducing the consumption of settlement-dependent primary energy thus currently lie in the field of energy efficiency of buildings, home-dependent mobility and power consumption. In particular, the extent of primary energy consumption for mobility depends on settlement structures and transport connections and can be influenced via the medium of regional planning.