

Identifikation, Quantifizierung und
Systematisierung technischer und
verhaltensbedingter
Stromeinsparpotenziale
privater Haushalte

Veit Bürger
Öko Institut e.V.

Freiburg, Januar 2009

transpose

*Transfer von Politikinstrumenten
zur Stromeinsparung*

TRANSPOSE Working Paper No3

Herausgeber

Westfälische Wilhelms-Universität
Institut für Politikwissenschaft
Lehrstuhl für Internationale Politik und Entwicklungspolitik
Scharnhorststr. 100
48151 Münster

Freie Universität Berlin
Forschungsstelle für Umweltpolitik
Innestraße 22
14195 Berlin

Autor

Veit Bürger
Öko-Institut e.V., Freiburg
E-Mail: v.buerger@oeko.de

unter Mitarbeit von Mari Roald Bern

„TRANSPOSE Working Paper“ sind Diskussionspapiere. Sie sollen die Diskussionen im Projektverbund von TRANSPOSE frühzeitig einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich machen. Als „work in progress“ spiegeln sie nicht notwendigerweise die Positionen aller Projektpartner wider.

TRANSPOSE wird im Rahmen des Förderschwerpunktes Sozial-ökologische Forschung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Abstracts

English

Electricity consumption in German households accounts for more than 10% of energy-related CO₂ emissions. In spite of substantial improvements in, for example, the efficiency of household appliances, there is still a considerable electricity savings potential to be tapped in this sector. The possible contribution that the German residential sector can make to climate protection is correspondingly large. This working paper aims to structure and quantify electricity savings potentials which could be exploited in German households either through investment measures or changed user behaviour. The total theoretical potential which can be tapped through the purchase of efficient household appliances and the replacement of electrical heaters and hot water generators (i.e. by encouraging investment) amounts to approx. 90 TWh/a. This corresponds to more than 60% of the current electricity demand of all German households. By means of changed user behaviour, approx. 30 TWh of electricity could be saved according to our calculations. The assessment of energy savings potentials is an important step towards identifying those potentials which are most significant with regard to their volume, the barriers against their deployment and the design of appropriate policy. The results of the analysis give indication which areas should be dealt with as a matter of political priority in order to maximise the effects of political instruments in the area of demand side related electricity efficiency.

Deutsch

Der Stromverbrauch privater Haushalte trägt in Deutschland mehr als 10% der energiebedingten CO₂-Emissionen bei. Trotz erheblicher Verbesserungen beispielsweise bei der Effizienz von Haushaltsgeräten finden sich gerade in diesem Verbrauchssegment nach wie vor beträchtliche Stromsparpotenziale. Entsprechend groß ist der mögliche Klimaschutzbeitrag des Haushaltssektors. Das vorliegende Working Paper dient der Systematisierung und Quantifizierung der Stromeinsparpotenziale, die bei Privathaushalten entweder durch investive Maßnahmen oder durch ein geändertes Nutzungsverhalten erschlossen werden könnten. Das gesamte theoretische Potenzial, das sich durch die Anschaffung effizienter Haushaltsgeräte sowie den Austausch strombetriebener Heizungen und Warmwassererzeuger, also durch investives Verhalten, erschließen ließe, summiert sich auf rund 90 TWh/a. Dies entspricht mehr als 60% des heutigen Strombedarfs aller Privathaushalte. Durch ein geändertes Nutzungsverhalten ließen sich nach eigenen Abschätzungen rund 30 TWh Strom einsparen. Die Potenzialanalyse ist ein wichtiger Schritt zur Identifizierung derjenigen Stromsparpotenziale, die hinsichtlich ihres Volumens, der zu überwindenden Hemmnisse sowie der nationalen Policy-Gestaltung die größte Handlungsrelevanz aufweisen. Die Ergebnisse der Analyse geben somit Hinweise darauf, in welchen Bereichen Lenkungsinstrumente prioritär ansetzen sollten, um die Wirkung politischer Steuerung im Bereich nachfrageseitiger Stromeffizienz zu maximieren.

TRANSPOSE - Transfer von Politikinstrumenten zur Stromeinsparung - das Verbundprojekt im Überblick

TRANSPOSE untersucht die Einsparpotenziale von Strom in privaten Haushalten. Ausgangspunkt für das interdisziplinäre Forschungsprojekt ist die Frage, warum Möglichkeiten zum Stromsparen in Privathaushalten zu wenig ausgeschöpft werden. TRANSPOSE setzt dazu sowohl auf der Ebene der Verbraucherinnen und Verbraucher als auch auf der Ebene der Energieversorger, Gerätehersteller und Händler (Verbraucherumgebung) an.

Dieses Untersuchungsziel wird in vier grundlegenden Arbeitsschritten von folgenden Projektpartnern erarbeitet:

Arbeitsschritt	Arbeitspaket	Inhalt	Projektpartner
Rahmenanalyse	1	Identifizierung von technischen Potenzialen zur Stromeinsparung	Öko-Institut e.V., Freiburg
	2	Erhebung eines Instrumenten-Portfolios	Forschungsstelle für Umweltpolitik, FU Berlin; Institut für Politikwissenschaft, WWU Münster
	3	Analyse der Preiselastizität	Institut für Politikwissenschaft, WWU Münster
Ableitung und Identifizierung wirksamer Politikinstrumente	4	Entwicklung eines integrierten psychologisch-soziologischen Handlungsmodells	Institut für Psychologie, Universität Kassel, Forschungsstelle für Umweltpolitik, FU Berlin
	5	Durchführung einer quantitativen Länder vergleichenden Policy-Analyse	Lehrstuhl für Materielle Staatstheorie, Universität Konstanz; Content ⁵ AG,
Mikrofundierung	6	Analyse der Wirkungsweisen von Politikinstrumenten im Ausland auf Basis qualitativer Erhebungsmethoden	Institut für Politikwissenschaft, WWU Münster, Forschungsstelle für Umweltpolitik, FU Berlin; Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur
Transferanalyse und Politikimport	7	Durchführung Transferanalyse Deutschland	Forschungsstelle für Umweltpolitik, FU Berlin; Öko-Institut e.V., Freiburg; Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur
	8	Transferkatalyse	Institut für Politikwissenschaft, WWU Münster, Forschungsstelle für Umweltpolitik, Öko-Institut e.V., Freiburg;

Working Paper 3 ist in diesen Forschungszusammenhang wie folgt einzuordnen:

Working Paper 3 ist das Ergebnis aus Arbeitspaket 1. Im Fokus dieses Arbeitspakets steht die Zusammenstellung und Systematisierung technischer und wirtschaftlicher Stromsparpotenziale für verschiedene Anwendungsfelder und Gerätegruppen in privaten Haushalten. Dabei wird für diverse Gerätegruppen (z.B. Haushaltsgeräte Küche und Waschen, Unterhaltungselektronik, Information & Kommunikationsanwendungen) getrennt untersucht, welche Einsparpotenziale sich durch investive Maßnahmen adressieren lassen bzw. welche Potenziale durch ein geändertes Nutzungsverhalten erschlossen werden können. Basierend auf der Potenzialanalyse und -systematisierung werden Zielverhaltensweisen abgeleitet, die Gegenstand des integrierten psychologischen Handlungsmodells in Arbeitspaket 4 sind. Ferner lassen sich mit Hilfe der Potenzialanalyse diejenigen Stromsparpotenziale identifizieren, die hinsichtlich ihres Volumens, der zu überwindenden Hemmnisse sowie der nationalen Policy-Gestaltung die größte Handlungsrelevanz aufweisen. Die Ergebnisse des Arbeitspakets geben somit Hinweise darauf, in welchen Bereichen Lenkungsinstrumente prioritär ansetzen sollten, um die Wirkung politischer Steuerung im Bereich nachfrageseitiger Stromeffizienz zu maximieren.

Das Working Paper ist folgendermaßen aufgebaut:

- Kapitel 1 gibt einen Überblick über die Entwicklung des Stromverbrauchs privater Haushalte in den letzten Jahren und nimmt eine knappe ökologische Einordnung dieses Verbrauchssegments vor.
- Kapitel 2 analysiert die Verteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte differenziert nach verschiedenen Anwendungsfeldern und Gerätegruppen. Ferner wird der Stromverbrauch anhand einiger Strukturmerkmale (z.B. Haushaltsgröße, verfügbares Haushalts-Nettoeinkommen) untersucht.
- Kapitel 3 untersucht die Stromeinsparpotenziale im Bereich der privaten Haushalte. Für verschiedene Anwendungsfelder und Gerätegruppen differenziert die Potenzialanalyse nach investiven Einsparpotenzialen und solchen, die sich durch ein geändertes Nutzungsverhalten adressieren lassen. Bei den investiven Einsparpotenzialen werden darüber hinaus Aussagen abgeleitet, wie wirtschaftlich sich ihre Erschließung aus der Perspektive eines Privathaushalts darstellt.
- Auf der Basis der Ergebnisse aus Kapitel 2 und 3 werden in Kapitel 4 abschließend einige Zielverhaltensweisen abgeleitet, die Gegenstand des integrierten psychologischen Handlungsmodells in Arbeitspaket 4 sind.

Inhaltsverzeichnis

1	Entwicklung des Stromverbrauchs privater Haushalte	7
1.1	Entwicklung des Stromverbrauchs in Deutschland	7
1.2	Entwicklung des Stromverbrauchs privater Haushalte in Deutschland	8
1.2.1	Ökologische Einordnung	8
1.2.2	Europäischer Vergleich	9
2	Verteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte.....	10
2.1	Ausgewählte Referenzen	10
2.2	Strukturmerkmale	12
2.2.1	Art der Raumwärme- und Warmwassererzeugung	12
2.2.2	Wohnfläche	13
2.2.3	Haushaltsgröße (Anzahl an Haushaltsmitgliedern).....	13
2.2.4	Geografische Lage	15
2.2.5	Verfügbares Nettoeinkommen.....	16
2.3	Differenzierung des Stromverbrauchs nach verschiedenen Gerätegruppen und Anwendungsarten	17
2.3.1	Stromheizung	19
2.3.2	Elektrische Warmwasserbereitung.....	23
2.3.3	Haushaltsgeräte Küche	24
2.3.4	Haushaltsgeräte Waschen	29
2.3.5	Unterhaltungselektronik.....	32
2.3.6	Information und Kommunikations-Technologie (IKT).....	37
2.3.7	Beleuchtung	40
2.3.8	Infrastruktur & Sonstiges	42
2.3.9	Exkurs Leerlaufverbrauch	43
3	Einsparpotenziale beim Stromverbrauch privater Haushalte	47
3.1	Methodisches Vorgehen	47
3.2	Stromheizung	50
3.2.1	Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten	50
3.2.2	Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten.....	53
3.3	Elektrische Warmwasserbereitung	53
3.3.1	Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten	53
3.3.2	Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten.....	55
3.4	Haushaltsgeräte Küche.....	55
3.4.1	Kühlen und Gefrieren	55
3.4.2	Kochen/Backen	58
3.4.3	Geschirrspülmaschinen	62
3.4.4	Sonstige Küchengeräte	63
3.5	Haushaltsgeräte Waschen	64
3.5.1	Waschmaschinen	64

3.5.2	Trockner.....	65
3.6	Unterhaltungselektronik.....	68
3.6.1	Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten	68
3.6.2	Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten.....	70
3.7	Informations- und Kommunikations-Technologie.....	72
3.7.1	Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten	72
3.7.2	Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten.....	76
3.8	Beleuchtung.....	77
3.8.1	Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten	77
3.8.2	Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten.....	78
3.9	Infrastruktur & Sonstiges	78
3.9.1	Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten	78
3.9.2	Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten.....	79
3.10	Zusammenfassung Einsparpotenziale.....	80
3.10.1	Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten	80
3.10.2	Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten.....	83
4	Ableitung von Zielverhaltensweisen	86
4.1	Hintergrund	86
4.2	Auswahlkriterien	86
5	Literatur.....	90

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von Gebäudeart und Art der Raumwärmeerzeugung (Stand 2001)	12
Tabelle 2:	Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße (Stand 2005)	14
Tabelle 3:	Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von der geografischen Lage und der Haushaltsgröße (Stand 2005)	15
Tabelle 4:	Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten stromverbrauchenden Geräten (Stand 2005) in Abhängigkeit vom monatlichen Haushaltsnettoeinkommen	17
Tabelle 5:	Aufteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte auf verschiedene Anwendungsfelder und Gerätegruppen (Stand 2004).....	18
Tabelle 6:	Bewohnte Wohneinheiten aufgliedert nach Art der Heizung und Energieträger für die Raumwärmeerzeugung (Stand 2006).....	21
Tabelle 7:	Stromverbrauchende Haushaltsgeräte im Anwendungsfeld Küche (Stand 2004)	25
Tabelle 8:	Stromverbrauchende Haushaltsgeräte im Anwendungsfeld Waschen (Stand 2004)	30
Tabelle 9:	Stromverbrauchende Haushaltsgeräte im Anwendungsfeld Unterhaltungselektronik (Stand 2004)	36
Tabelle 10:	Stromverbrauchende Haushaltsgeräte im Anwendungsfeld Information und Kommunikations-Technologie (Stand 2004).....	39
Tabelle 11:	Beispielhafte Lampenausstattung eines Zweipersonenhaushalts ...	42
Tabelle 12:	Übersicht über die Verteilung des Leerlaufverbrauchs auf verschiedene Anwendungsfelder bzw. Gerätegruppen (Stand 2004).....	45
Tabelle 13:	Nutzertypen bei PCs und Notebooks	73
Tabelle 14:	Leistungsaufnahme verschiedener Lampentypen in Abhängigkeit vom Lichtstrom	77

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland zwischen den Jahren 1996 und 2006, aufgeteilt nach Energieträgern	7
Abbildung 2:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland zwischen den Jahren 1996 und 2006, aufgeteilt nach Verbrauchssektoren	8
Abbildung 3:	Entwicklung des Stromverbrauchs privater Haushalte zwischen 1995 und 2007.....	9
Abbildung 4:	Vergleich des jährlichen Durchschnittsverbrauchs privater Haushalte in den EU-27.....	9
Abbildung 5:	Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von Gebäudeart und Art der Raumwärmeerzeugung (Stand 2001)	13
Abbildung 6:	Spezifischer jährlicher pro-Kopf-Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße (Stand 2005).....	14
Abbildung 7:	Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von der geografischen Lage und der Haushaltsgröße (Stand 2005)	16
Abbildung 8:	Prozentuale Aufteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte auf verschiedene Anwendungsfelder und Gerätegruppen (Stand 2004)	18
Abbildung 9:	Entwicklung des Stromverbrauchs für Stromheizungen und elektrische Warmwassererzeugung zwischen 1995 und 2004.....	21
Abbildung 10:	Altersstruktur der mit Stromheizungen ausgestatteten Wohnungen	22
Abbildung 11:	Altersstruktur der mit elektrischer Warmwasserbereitung ausgestatteten Wohnungen.....	24
Abbildung 12:	Prozentuale Verteilung des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Küche auf verschiedene Gerätegruppen (Stand 2004)	25
Abbildung 13:	Altersstruktur von Kühlgeräten inkl. Kühl-Gefrierkombinationen (Stand 2004).....	26
Abbildung 14:	Entwicklung des durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauchs des Marktabsatzes von Kühl- und Gefriergeräten (Angaben pro 100l Nutzinhalt).....	27
Abbildung 15:	Effizienzklasseneinteilung für Kühl- und Gefriergeräte (KS=Kühlschrank, KG=Kühl-Gefrierkombination, GS=Gefrierschrank, GT=Gefriertruhe)	27
Abbildung 16:	Effizienzklasseneinteilung für Spülmaschinen (9 bzw. 12 Maßgedecke)	28

Abbildung 17:	Verteilung des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Waschen auf verschiedene Gerätegruppen (Stand 2004)	30
Abbildung 18:	Korrelation zwischen Haushaltsgröße und Ausstattungsrate bei Wäschetrocknern (Stand 2003).....	31
Abbildung 19:	Waschgänge pro Jahr in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße	31
Abbildung 20:	Umsatzverteilung des Marktabsatzes an TV-Geräten auf verschiedene Technologien.....	34
Abbildung 21:	Umsatzverteilung des Marktabsatzes an TV-Geräten auf neue Display-Technologien	34
Abbildung 22:	Umsatzverteilung des Marktabsatzes an TV-Geräten auf verschiedene Bildschirmdiagonalen (Angaben in Zoll).....	35
Abbildung 23:	Verteilung des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Unterhaltungselektronik auf verschiedene Gerätegruppen (Stand 2004)	37
Abbildung 24:	Entwicklung des Ausstattungsgrades bei Festnetz- und Mobiltelefonen	38
Abbildung 25:	Verteilung des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Information und Kommunikations-Technologie auf verschiedene Gerätegruppen (Stand 2004)	40
Abbildung 26:	Verteilung der Lampenanzahl in Privathaushalten (Stand 2002)....	41
Abbildung 27:	Korrelation zwischen Anzahl an Energiesparlampen in einem Privathaushalt und der Gesamtzahl an Lampen (Stand 2002)	41
Abbildung 28:	Kategorisierung verschiedener Betriebszustände strombetriebener Haushaltsgeräte	44
Abbildung 29:	Übersicht über die Verteilung des Leerlaufverbrauchs auf verschiedene Anwendungsfelder bzw. Gerätgruppen (Stand 2004).....	45
Abbildung 30:	Vergleich der Jahreskosten für verschiedene Alternativen der Substitution einer Elektroheizung in Abhängigkeit vom Gebäudetyp (Jahreskosten pro Wohneinheit)	51
Abbildung 31:	Vergleich der Jahreskosten der Warmwasserbereitung in Abhängigkeit vom Erzeugungssystem und Gebäudetyp (Jahreskosten pro Wohneinheit)	55
Abbildung 32:	Exemplarischer Vergleich der spezifischen Jahreskosten (pro Liter Nutzinhalt) von auf dem Markt angebotenen A++-Kühl-/Gefriergeräten zu typischen Neugeräten (in der Regel Effizienzklasse A), jeweils des gleichen Herstellers	57
Abbildung 33:	Primärenergiebedarf unterschiedlicher Kochfelder bei unterschiedlichen Einsatzzwecken	59
Abbildung 34:	Vergleich der Jahreskosten unterschiedlicher Kochfelder unter Zugrundelegung eines Standardkochprogramms	61

Abbildung 35:	Exemplarischer Vergleich der Jahreskosten verschiedener Wäschetrocknertypen.....	67
Abbildung 36:	Vergleich der jährlichen Stromkosten verschiedener neuer Kathodenstrahl- und LCD-Fernsehgeräte in Abhängigkeit der Bildschirmdiagonalen	71
Abbildung 37:	Vergleich der Jahreskosten verschiedener SAT-Empfänger	71
Abbildung 38:	Vergleich der jährlichen Stromkosten für PC und Notebook in Abhängigkeit vom Nutzertyp	74
Abbildung 39:	Vergleich der jährlichen Stromkosten verschiedener Computermonitore in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale.....	75
Abbildung 40:	Vergleich der jährlichen durchschnittlichen Stromkosten für Tintenstrahl- und Laserdrucker	76
Abbildung 41:	Vergleich der Jahreskosten für konventionelle Glühbirnen und Energiesparlampen bei einer angenommenen täglichen Brenndauer von 3 Stunden.....	78
Abbildung 42:	Vergleich der Jahreskosten verschiedener Heizungspumpentypen	79
Abbildung 43:	Theoretische technische Stromsparpotenziale durch investives Verhalten	81
Abbildung 44:	Ranking der investiv adressierbaren theoretischen Stromsparpotenziale	81
Abbildung 45:	Stromsparpotenziale eines Musterhaushalts durch Umstellung auf effiziente Bestgeräte	82
Abbildung 46:	Übersicht der durch geändertes Nutzungsverhalten adressierbaren theoretischen Stromsparpotenziale.....	84
Abbildung 47:	Stromsparpotenziale eines Musterhaushalts durch geändertes Nutzungsverhalten	85

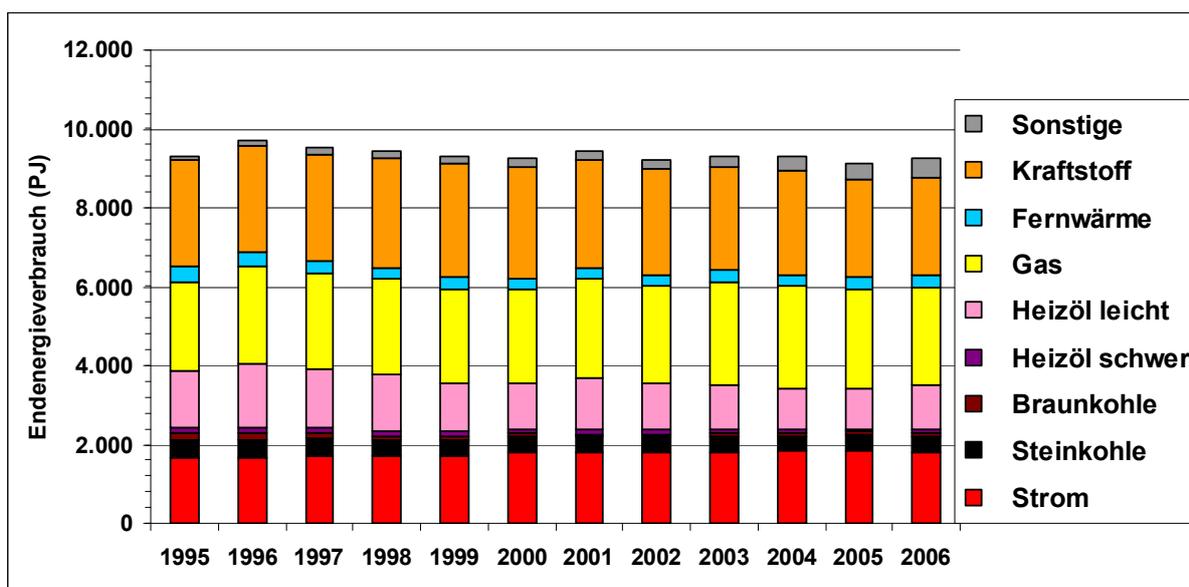
1 Entwicklung des Stromverbrauchs privater Haushalte

1.1 Entwicklung des Stromverbrauchs in Deutschland

Der gesamte Endenergieverbrauch Deutschlands lag in 2006 bei etwa 9.250 PJ. Er blieb zwischen 1990 und 2006 nahezu konstant (vgl. Abbildung 1). Der Endenergieverbrauch Strom stieg im gleichen Zeitraum von 455 auf rund 505 TWh/a um etwa 11 % an (BMWi 2008). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate von knapp 0,7 %.

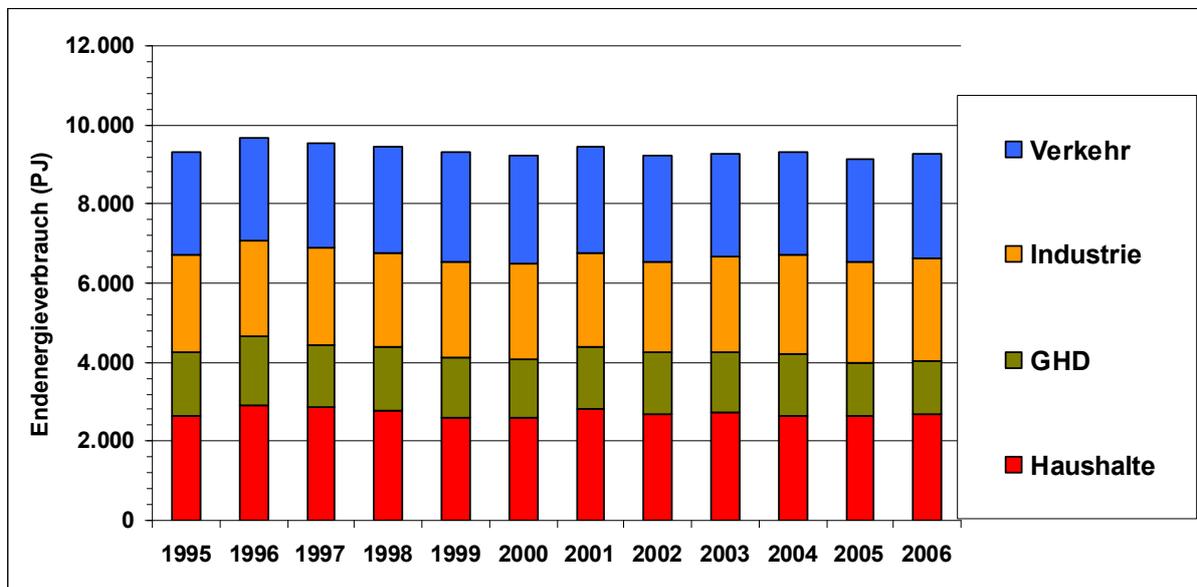
Der Anteil der privaten Haushalte am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland schwankte zwischen den Jahren 1995 und 2006 zwischen 28 % und 31 % (vgl. Abbildung 2). Der Stromverbrauch macht knapp ein Fünftel des gesamten Endenergieverbrauchs der Privathaushalte aus. Dominant ist hier insbesondere der Mineralöl- und Erdgasverbrauch - Energieträger, die vorwiegend für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser eingesetzt werden.

Abbildung 1: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland zwischen den Jahren 1996 und 2006, aufgeteilt nach Energieträgern



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von BMWi 2008

Abbildung 2: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland zwischen den Jahren 1996 und 2006, aufgeteilt nach Verbrauchssektoren



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von BMWi 2008

1.2 Entwicklung des Stromverbrauchs privater Haushalte in Deutschland

Der Stromverbrauch privater Haushalte stieg in den letzten 17 Jahren kontinuierlich mit einer Steigerungsrate von durchschnittlich rund 1,2 % pro Jahr an. Verbrauchten die Privathaushalte 1990 rund 117 TWh Strom, vergrößerte sich der Verbrauch im Jahr 2007 auf rund 141 TWh (BDEW 2008a, vgl. Abbildung 3). RWI/forsa (2008) weisen für den Haushaltssektor für 2004 einen Gesamtstromverbrauch von rund 133,5 TWh aus. Die Autoren begründen den niedrigeren Verbrauchswert mit einer unterschiedlichen Methodik bei der Hochrechnung der Primärdaten (= stichprobenhafte Erhebung des Stromverbrauchs eines Samples aus Haushalten).

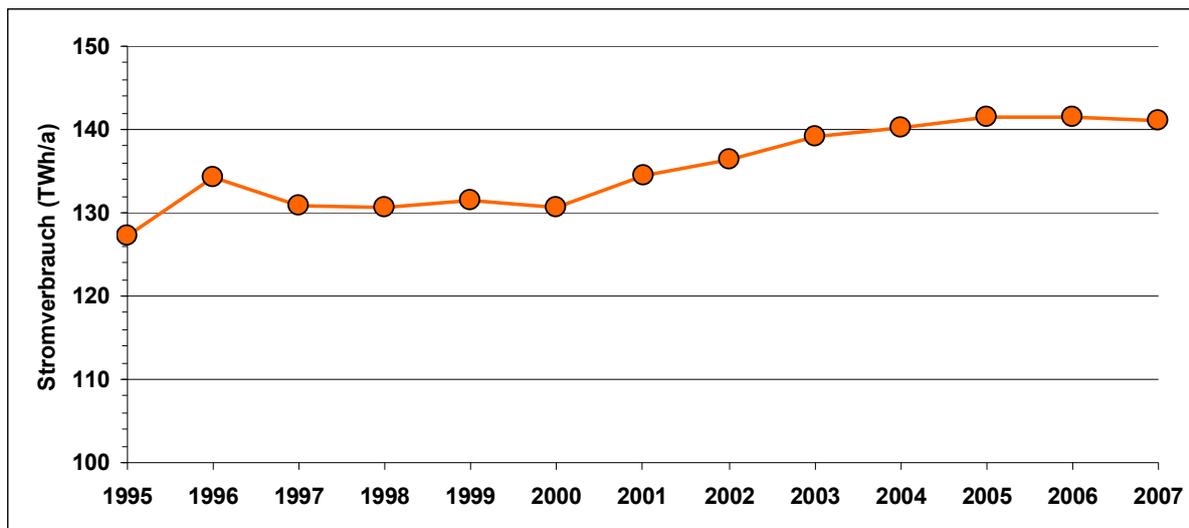
Der Anteil des Stromverbrauchs privater Haushalte am gesamten Endenergieverbrauch Strom lag in Deutschland in den Jahren 1995 bis 2004 nahezu konstant bei rund 28 % (UGR 2006).

1.2.1 Ökologische Einordnung

2006 belief sich der spezifische CO₂-Emissionsfaktor für den Strommix Deutschland auf rund 600 g/kWh (UBA 2008).¹ Der Stromverbrauch der deutschen Haushalte verursachte damit rund 85 Mio. t CO₂. Dies sind rund 10 % der gesamten energiebedingten CO₂-Emissionen Deutschlands. Mit anderen Worten: Jede zehnte Tonne CO₂, die energiebedingt in Deutschland emittiert wird, resultiert aus dem Stromverbrauch der Privathaushalte.

¹ Emissionsfaktor des durchschnittlichen Strommixes kundenseitig bilanziert (Kraftwerkspark + Stromnetz bis Niederspannung), inkl. Vorketten.

Abbildung 3: Entwicklung des Stromverbrauchs privater Haushalte zwischen 1995 und 2007

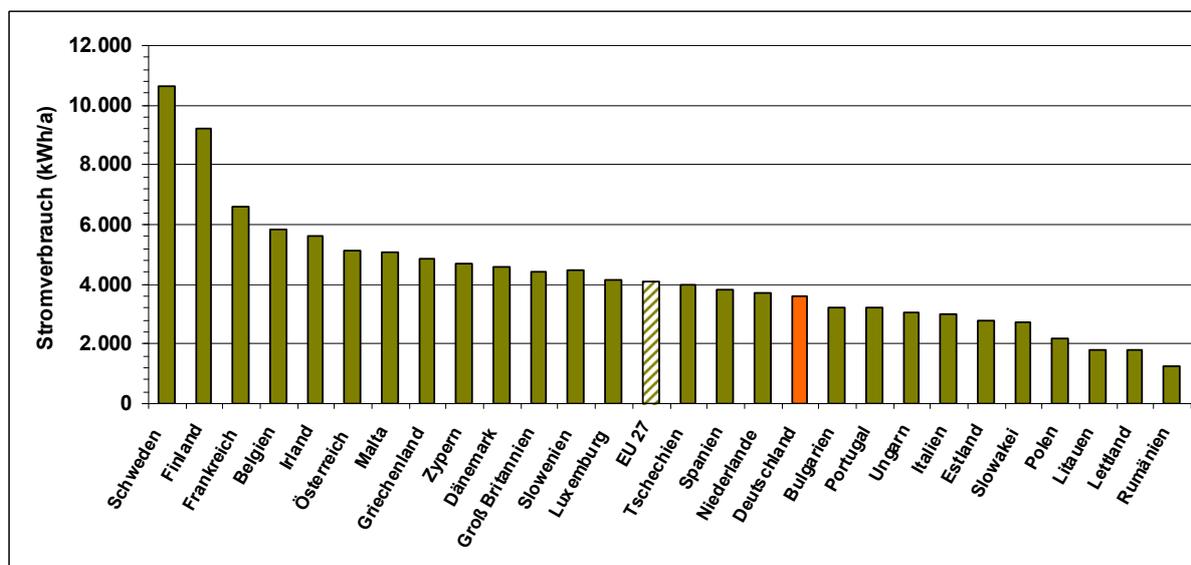


Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von BDEW 2008a

1.2.2 Europäischer Vergleich

Der Gesamtstromverbrauch aller 390 Mio. Haushalte in den EU-27 summiert sich auf rund 1.600 TWh pro Jahr (Eurostat 2008). Dies entspricht einem Jahresstromverbrauch pro Haushalt von rund 4.100 kWh/a. Allerdings unterliegt der spezifische Haushaltsverbrauch einer erheblichen Spreizung zwischen den verschiedenen Mitgliedsstaaten (vgl. Abbildung 4). Länder mit einem hohen Anteil an elektrischer Raumwärme und Warmwassererzeugung weisen einen zum EU-Durchschnitt bis zu 2,5-fachen höheren durchschnittlichen Haushaltsverbrauch auf (vgl. dazu auch Kapitel 2.2.1).

Abbildung 4: Vergleich des jährlichen Durchschnittsverbrauchs privater Haushalte in den EU-27



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von Eurostat 2008

2 Verteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte

2.1 Ausgewählte Referenzen

Die in den folgenden Abschnitten dargestellten Strukturmerkmale sowie Verteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte auf verschiedene Gerätegruppen bzw. Anwendungsfelder entstammen einer Reihe verschiedener Studien. Diese unterscheiden sich sowohl in ihrem (teilweise eingeschränkten) Untersuchungsbereich als auch in der Methodik, mit der die anwendungsfeldbezogenen Stromverbrauchswerte ermittelt werden. Im Folgenden werden die Hauptreferenzen sowie die diesen zugrundeliegende Methodik kurz dargestellt.

- **ISI/CEPE 2003 - Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 - Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen**

Die Studie verfolgte maßgeblich das Ziel, den direkten und indirekten Einfluss moderner Geräte, Systeme und Dienstleistungen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 qualitativ und quantitativ zu analysieren. Dazu wurden systematisch vorliegende Studien, Statistiken, Broschüren und Herstellerinformationen zum Gerätebestand, zum Gesamtsystem stationärer und mobiler Kommunikationsdienstleistungen und deren direkter und indirekter (induzierter) Energieverbrauch sowie erwartete zukünftige Entwicklungen für Deutschland ausgewertet. Die Geräteauswahl sowie -systematisierung orientiert sich dabei an der Vorgängerstudie ISI (2000). Ferner wurden zu einigen Gerätegruppen (Schwerpunkt Telekommunikations- und Datenverarbeitungs-Infrastruktur), für die keine ausreichenden Daten vorlagen, fragebogengestützte Experteninterviews durchgeführt. Ergänzend führten die beteiligten Institute - insbesondere aus Gründen der beschränkten Datenlage - für eine Reihe von Geräten eigene Messungen zur Ermittlung des spezifischen Stromverbrauchs im ausgeschalteten Zustand durch (vgl. Kapitel 2.3.9).

- **ISI et al. 2005 - Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte**

Ziel der Untersuchung war die Prüfung der technischen und rechtlichen Ausgestaltungs- und Anwendungs- sowie der Umsetzungsmöglichkeiten für eine Kennzeichnungspflicht des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte. Die Ermittlung des Gerätebestands sowie der damit verbundenen aktuellen sowie projizierten Stromverbräuche basierte auf der Methodik aus ISI/CEPE 2003. Die dabei zugrunde gelegte Geräteliste wurde vor allem im Bereich der Haushalts-Endgeräte ergänzt (z.B. Festplattenrecorder) bzw. differenziert (z.B. Set-Top-Boxen). Die untersuchten Geräte wurden nach den Hauptfunktionen Unterhaltung, Kommunikation, Datenverarbeitung und Haus-

haltsgeräte differenziert. Basisjahr der Untersuchung ist 2004, der Prognosehorizont umfasst die Jahre 2010 und 2015.

- **ISI et al. 2004 - Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)**

Die Studie verfolgte das Ziel, mittels empirischer Erhebungen belastbare, repräsentative und international vergleichbare energiebezogene Daten für die Sektoren „Private Haushalte“ und „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ zu gewinnen. Dazu wurde für den Sektor der Privathaushalte im Dezember 2002 eine schriftliche Erhebung mit einer Nettostichprobe von 20.325 Haushalten durchgeführt (als Ergänzung einer Mehrthemen-Umfrage der GfK). Auf der Basis der Befragungsdaten sowie deren Gewichtung auf repräsentative Haushaltsstrukturen wurde der Energieverbrauch für das Jahr 2001 hochgerechnet sowie Analysen von energietechnisch relevanten Ausstattungs- und Strukturmerkmalen und Einflussgrößen auf den Energieverbrauch erstellt.

- **RWI/forsa 2005 und 2008 - Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2003 bzw. 2008**

Ziel der Studien war es, auf Basis empirischer Primärerhebungen repräsentative Aussagen über den Energieverbrauch privater Haushalte in Deutschland für die Jahre 2003 bis 2005 zu gewinnen. Die Erhebung wurde mit Hilfe des internetbasierten Erhebungstools forsa.omninet durchgeführt. Die Nettostichprobe belief sich in 2005 auf 8.002, in 2008 auf 6.533 Haushalten des forsa-Panels. Unter Zugrundelage der Befragungsergebnisse wurde der Energiebedarf privater Haushalte hochgerechnet. Die Hochrechnung basierte auf einer Methodik, die sich an der Vorgängerstudie ISI et al. (2004) orientiert. Abweichend zu ISI et al. (2004) wurden bei der Datenauswertung mögliche Korrelationen zwischen allgemeinem Verbraucherverhalten und dem jeweiligen Stromverbrauch durch die Verwendung ökonometrischer Modelle berücksichtigt, d.h. die Befragungsergebnisse durch ein entsprechendes Wichtungsmodell korrigiert.²

Weitere Angaben für anwendungsfeldspezifische sowie gerätespezifische Stromverbrauchs-werte, technologische Entwicklungen und verbrauchsrelevante Verhaltensweisen finden sich in den Produktfelduntersuchungen, die das Öko-Institut im Rahmen der EcoTopTen Verbraucherinformationskampagne durchgeführt hat (z.B. Öko-Institut 2004a-c, 2006a/b, 2007a-c).³ Weitere Quellen sind die Energiewirtschaftliche Referenzprognose des Bundes-

² Beispielsweise könnte es sein, dass Privathaushalte, die bei der Aufbewahrung von Unterlagen wie Strom- und Gasrechnungen keine Sorgfalt zeigen, d.h. diese im Zuge der Befragung auch nicht mehr finden, auch sorglos bei ihrem Stromverbrauch sind. Eine solche Korrelation würde zu einer systematischen Unterschätzung des Stromverbrauchs des befragten Samples führen, da die Stichprobe dann zu wenige "Stromverschwender" umfassen würde.

³ www.ecotopten.de

wirtschaftsministeriums (EWI/prognos 2005) sowie die im Folgejahr erstellte Ölpreisvariante (EWI/prognos 2006).

2.2 Strukturmerkmale

Der Stromverbrauch privater Haushalte hängt von zahlreichen Strukturmerkmalen ab, darunter fallen die Wohnfläche eines Haushalts, die Anzahl der im Haushalt lebenden Personen, die geografische Lage und das Haushaltseinkommen. Die prognostizierte Entwicklung der entsprechenden Strukturparameter beeinflusst damit maßgeblich die Entwicklung des Stromverbrauchs in diesem Verbrauchssegment.

2.2.1 Art der Raumwärme- und Warmwassererzeugung

Den größten Einfluss auf den Stromverbrauch eines Privathaushalts hat die Wahl des Energieträgers für die Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser (vgl. dazu auch Kapitel 2.3.1 und 2.3.2). In Haushalten, in denen Raumwärme und/oder Warmwasser mit Strom bereitgestellt wird, dominiert dieser Bereich den Haushaltsstromverbrauch und übersteigt den eines vergleichbaren Haushalts ohne elektrische Wärmeerzeugung um ein Vielfaches. Während in 2001 der jährliche Durchschnittsverbrauch eines Haushalts ohne elektrische Raumwärmeerzeugung bei rund 3.100 kWh/a lag, verbrauchte ein durchschnittlicher Haushalt mit Elektroheizung mit rund 11.900 kWh/a nahezu das Vierfache (Tabelle 1 und Abbildung 5).

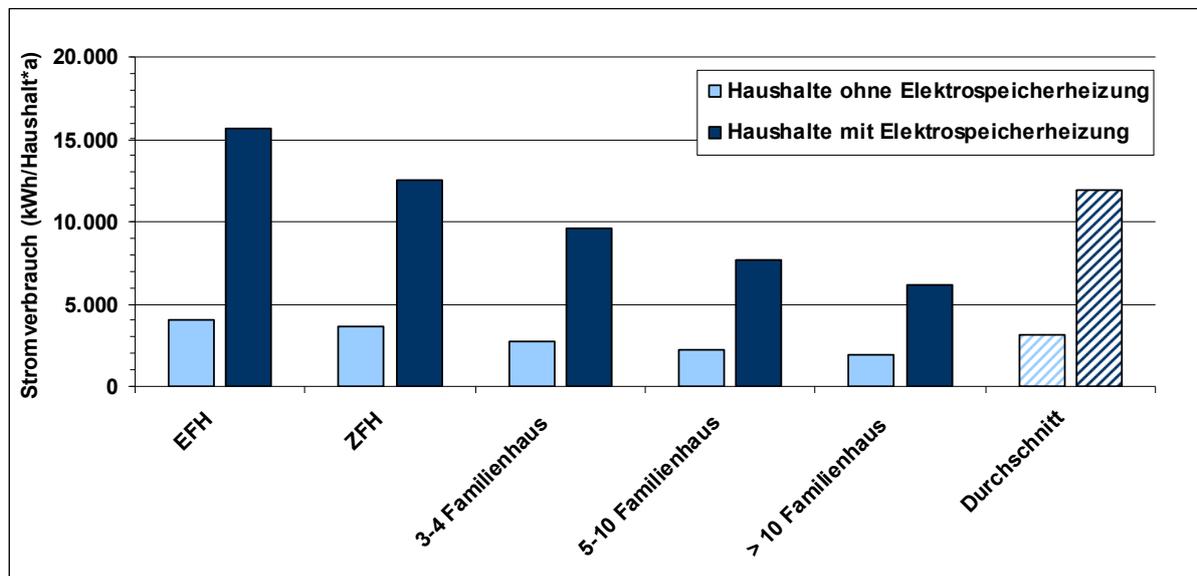
Gleichzeitig erkennt man, dass in Haushalten mit Elektrospeicherheizung der wohnflächen-spezifische Stromverbrauch (kWh/m²*a) bei Einfamilienhäusern (EFH) größer ist als bei Mehrfamilienhäusern (MFH). Dies liegt an der Geometrie sowie dem sich daraus ergebenden Heizwärmebedarf der entsprechenden Gebäude. Während bei einem EFH das Verhältnis aus der an die Außenluft angrenzenden Hüllfläche zum beheizten Volumen relativ groß ist, ist das A/V-Verhältnis von MFH durch die in der Regel kompaktere Bauweise wesentlich kleiner. Entsprechend kleiner sind die auf die Wohnfläche bezogenen Wärmeverluste (ausgedrückt in kWh pro m² Wohnfläche) durch die Außenhülle.

Tabelle 1: Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von Gebäudeart und Art der Raumwärmeerzeugung (Stand 2001)

Gebäudeart	mittlere Wohnfläche pro Wohnung m ²	mit Elektrospeicherheizung		ohne Elektrospeicherheizung	
		Jährlicher Verbrauch je Haushalt kWh/a	Jährlicher Verbrauch pro m ² Wohnfläche kWh/(m ² *a)	Jährlicher Verbrauch je Haushalt kWh/a	Jährlicher Verbrauch pro m ² Wohnfläche kWh/(m ² *a)
EFH	128,8	15.607	131,7	4.063	31,1
ZFH	106,3	12.480	119,0	3.624	32,8
3-4 Familienhaus	83,2	9.585	121,2	2.721	32,1
5-10 Familienhaus	69,8	7.673	107,3	2.188	31,2
> 10 Familienhaus	63,7	6.114	102,4	1.908	29,3
Durchschnitt	97,1	11.872	122,9	3.132	31,3

Quelle: ISI et al. 2004

Abbildung 5: Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von Gebäudeart und Art der Raumwärmeerzeugung (Stand 2001)



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von ISI 2004

2.2.2 Wohnfläche

Bei Wohngebäuden ohne Elektrospeicherheizung ist der wohnflächenbezogene Stromverbrauch (Strombedarf pro m² Wohnfläche) unabhängig von der Gebäudeart. Gemäß Tabelle 1 lag er in 2001 bei rund 31 kWh/m²*a. Hingegen nimmt der absolute Stromverbrauch mit zunehmender Wohnungsgröße (Wohnfläche pro Haushalt) zu. Verbrauchte ein Haushalt in einem EFH im Jahr 2001 rund 4.100 kWh pro Jahr, belief sich der Jahresverbrauch eines Haushalts in einem großen MFH "lediglich" auf rund 1.900 kWh/a. Dabei stand dem Haushalt in einem EFH durchschnittlich die doppelte Wohnfläche zur Verfügung als dem Vergleichshaushalt in einem MFH. Neben dem Mehrverbrauch im Bereich der Beleuchtung (mehr Wohnfläche bedeutet in der Regel auch mehr Beleuchtungsbedarf) erklärt sich der Mehrverbrauch aber im Wesentlichen durch eine soziale Komponente: Haushalte in Einfamilienhäusern verfügen in der Regel über ein höheres durchschnittliches Einkommen und damit eine höhere Ausstattung mit Elektrogeräten als sozial schwächere Haushalte.

Da die meisten Prognosen davon ausgehen, dass der pro-Kopf Wohnflächenbedarf weiter steigen wird (z.B. EWI/prognos 2006), ergibt sich hieraus für die Zukunft einer der potentiellen Treiber für einen größeren Strombedarf im Bereich der Privathaushalte.

2.2.3 Haushaltsgröße (Anzahl an Haushaltsmitgliedern)

Der Stromverbrauch eines Privathaushalts steigt offensichtlich mit der Anzahl der Haushaltsmitglieder. Allerdings nimmt der personenspezifische Stromverbrauch mit jedem zusätzlichen Haushaltsmitglied nur unterproportional zu (vgl. Tabelle 2 und Abbildung 6). Lag der personenbezogene Verbrauch eines Einpersonenhaushalts in 2005 bei rund 1.970 kWh/a, betrug der pro-Kopf-Verbrauch in einem Vierpersonenhaushalt "nur" rund

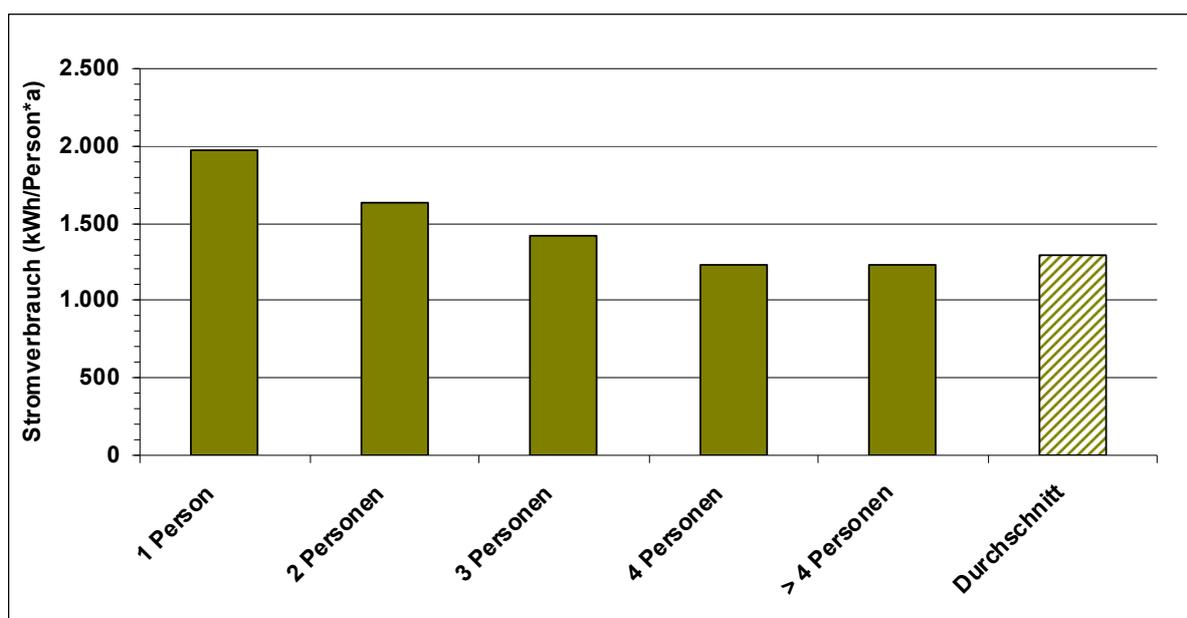
1.230 kWh/a. Der Unterschied resultiert aus der Tatsache, dass sich mit der Vervielfachung der Haushaltsgröße die Anzahl vieler Elektrogerätetypen (z.B. Waschmaschine, Geschirrspüler, Kühlschrank) nicht automatisch vervielfacht. Vielmehr werden die vorhandenen Geräte gemeinsam genutzt und dabei in der Regel besser ausgelastet. Der Trend zu kleineren Haushaltsgrößen (z.B. EWI/prognos 2006) ist damit - vergleichbar dem Trend einer wachsenden spezifischen Wohnfläche pro Person - ein weiterer Treiber für einen höheren Stromverbrauch im Bereich der Privathaushalte.

Tabelle 2: Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße (Stand 2005)

Haushaltsgröße	Jährlicher Verbrauch je Haushalt	Jährlicher Verbrauch je Person
	kWh/a	kWh/(Person*a)
1 Person	1.973	1.973
2 Personen	3.261	1.631
3 Personen	4.240	1.413
4 Personen	4.902	1.226
> 4 Personen	6.147	1.229
Durchschnitt	3.165	1.297

Quelle: RWI/forsa 2008

Abbildung 6: Spezifischer jährlicher pro-Kopf-Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße (Stand 2005)



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von RWI/forsa 2008

2.2.4 Geografische Lage

Belief sich in 2005 der jährliche Stromverbrauch eines Haushalts in den neuen Bundesländern (einschließlich Berlin) auf rund 2.590 kWh, lag er in Westdeutschland mit etwa 3.380 kWh fast um ein Drittel höher (vgl. Tabelle 3 und Abbildung 7). Die Differenz lässt sich unter anderem über den Ausstattungsgrad stromverbrauchender Geräte erklären: Während in 2003 der Ausstattungsgrad eines Stichprobenhaushalts in den alten Bundesländern bei Fernsehgeräten bei durchschnittlich 1,8 und bei Computern bei durchschnittlich 1,3 Geräten lag, lagen die entsprechenden Werte in den neuen Bundesländern bei 1,6 bzw. 1,0 (RWI/forsa 2005). Auch das Kochen mit Strom ist in Westdeutschland verbreiteter als in den neuen Bundesländern. Zu dem Ausstattungseffekt kommt der Effekt der Haushaltsgrößenverteilung zwischen Ost und West. In der Stichprobe der Untersuchung von RWI/forsa (2008) waren in den neuen Bundesländern prozentual mehr Ein-, Zwei- und Dreipersonenhaushalte (mit den entsprechend niedrigeren Stromverbräuchen pro Haushalt) vertreten, als in der Stichprobe in Westdeutschland (80,7 % im Gegensatz zu 69,6 %).

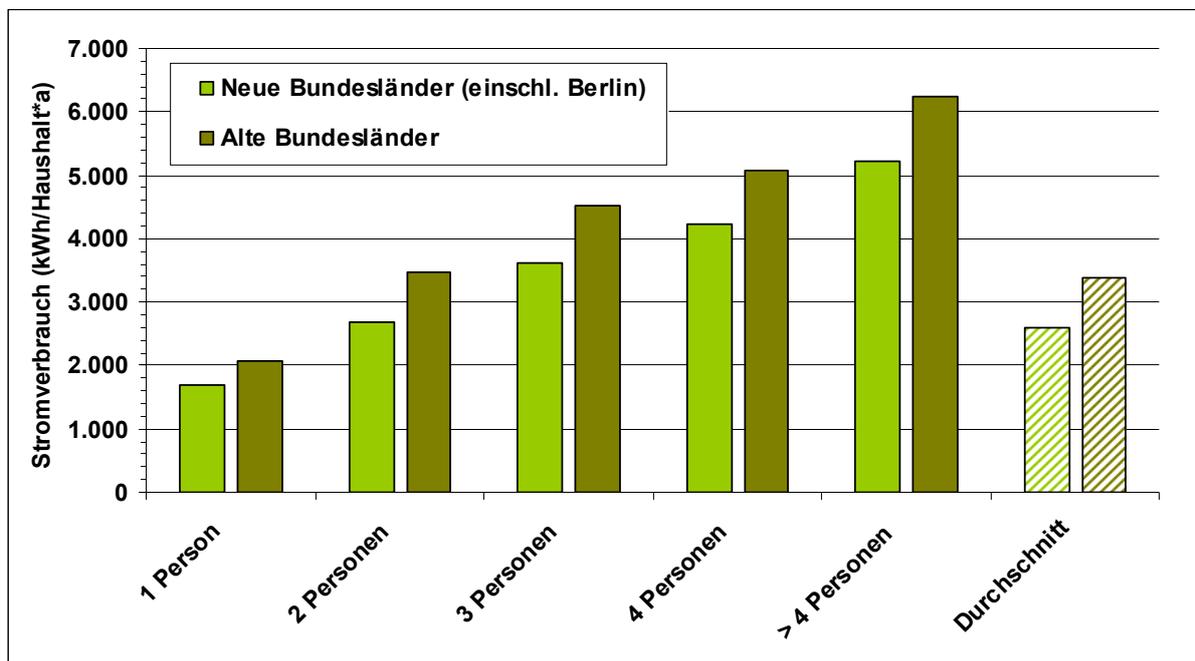
Ein weiterer Effekt ergibt sich aus der geografischen Verteilung der Elektroheizungen in Deutschland. Während in der Stichprobe von RWI/forsa (2008) in Westdeutschland bei 4,9% aller Haushalte eine Nachtspeicherheizung als Hauptheizsystem ermittelt wurde, lag der Anteil in den neuen Bundesländern bei lediglich 2,6 %. ISI et. al (2004) geben für 2001 einen Anteil von 7,6% für die alten Bundesländer (inkl. West Berlin) und 4,1 % für die neuen Bundesländer an. Auch in der Erhebung von IZES/BEI (2007) ist der Anteil an Gebäuden, die elektrisch beheizt werden in Westdeutschland vergleichsweise hoch (IZES/BEI 2007). Mit der höheren Ausstattungsrate an Elektroheizungen steigt auch der Durchschnittsverbrauch pro Haushalt in den alten Bundesländern.

Tabelle 3: Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von der geografischen Lage und der Haushaltsgröße (Stand 2005)

Haushaltsgröße	Jährlicher Verbrauch je Haushalt Ost-Deutschland	Jährlicher Verbrauch je Haushalt West-Deutschland
	kWh/a	kWh/a
1 Person	1.697	2.080
2 Personen	2.685	3.476
3 Personen	3.616	4.520
4 Personen	4.218	5.082
> 4 Personen	5.208	6.254
Durchschnitt	2.589	3.376

Quelle: RWI/forsa 2008

Abbildung 7: Spezifischer jährlicher Stromverbrauch privater Haushalte in Abhängigkeit von der geografischen Lage und der Haushaltsgröße (Stand 2005)



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von RWI/forsa 2008

2.2.5 Verfügbares Nettoeinkommen

Auch das verfügbare Nettoeinkommen hat Einfluss darauf, wie viel Strom in einem Haushalt verbraucht wird. Ein steigendes Nettoeinkommen korreliert mit einem höheren durchschnittlichen Stromverbrauch. Dies liegt vor allem an der Ausstattungsrate mit Elektrogeräten: Finanziell bessergestellte Haushalte verfügen über eine durchschnittlich größere Wohnfläche (und z.B. damit einhergehendem höheren Stromverbrauch infolge eines höheren Beleuchtungsanspruches), höhere Komfortansprüche (z.B. Klimageräte) sowie mehr Sonderausstattungen im Haushalt (z.B. Wasserbett, Sauna). Tabelle 4 illustriert den Ausstattungsbestand privater Haushalte für ausgewählte stromverbrauchende Geräte in Abhängigkeit vom verfügbaren Nettoeinkommen des Haushalts. Befinden sich in 100 Haushalten mit einem Nettoeinkommen unter 1.300 EUR pro Monat rund 51 stationäre PCs und rund 12 mobile Computer (Notebooks, Palms), sind es in Haushalten mit einem monatlichen Nettoeinkommen zwischen 3.600 und 5.000 EUR 140 respektive 51 Geräte.

Neben der Geräteausstattung als Begründung für eine positive Korrelation zwischen verfügbarem Nettoeinkommen und Haushaltsstromverbrauch scheinen sich Haushalte mit niedrigem Einkommen auch stärker um das Energiesparen zu bemühen (Öko-Institut 2000).

Tabelle 4: Ausstattung privater Haushalte mit ausgewählten stromverbrauchenden Geräten (Stand 2005) in Abhängigkeit vom monatlichen Haushaltsnettoeinkommen

	Nettoeinkommen eines Haushalts (EUR/Monat)				
	unter 1.300	1.300-1.700	1.700-2.600	2.60-3.600	3.600-5.000
Gefrierschrank, Gefriertruhe	59,4	78,6	92,8	105,4	103,8
Geschirrspülmaschine	35,7	52,6	73,5	88,5	93,0
Mikrowellengerät	57,3	67,7	75,2	80,4	86,8
PC stationär	51,6	62,7	88,1	120,2	140,3
PC mobil (Notebook, Laptop, Palmtop)	11,5	18,9	24,0	34,1	51,1
DVD-Player/Recorder	48,9	59,3	82,3	105,8	120,7
CD-Player/CD-Recorder (auch im PC)	80,3	101,6	131,9	173,7	198,4

(Darstellung als Ausstattungsbestand, d.h. Anzahl von Geräten eines Gerätetypus pro 100 Haushalte)

Quelle: DESTATIS 2007a

2.3 Differenzierung des Stromverbrauchs nach verschiedenen Gerätegruppen und Anwendungsarten

Nach BDEW (2008a) lässt sich den Privathaushalten in Deutschland für 2004 ein Stromverbrauch von rund 140 TWh zuordnen (s.o.). In den folgenden Abschnitten wird eine Bottom-up-Analyse des Stromverbrauchs vorgenommen. Dazu wird für die verschiedenen Anwendungsfelder und Gerätegruppen des Stromverbrauchs in Privathaushalten auf der Basis verfügbarer Statistiken und Abschätzungen eine genaue Aufgliederung der Verbrauchswerte vorgenommen. Auf der Basis dieser Analyse ergibt sich ein Wert für den Gesamtstromverbrauch der deutschen Privathaushalte von rund 151 TWh, also ein um etwa 11 TWh erhöhter Stromverbrauch, als von BDEW (2008a) ausgewiesen wird. Über die Ursachen der Abweichung in Höhe von rund 7 % kann an dieser Stelle nur spekuliert werden. Denkbar sind hier vor allem mögliche Inkonsistenzen in den angewandten Erhebungsmethoden und Gerätekategorisierungen in den verschiedenen zugrunde gelegten Studien. Da der Schwerpunkt der vorliegenden Ausarbeitung jedoch auf der Identifizierung von Einsparpotenzialen sowie der Herausarbeitung entsprechender Zielverhaltensweisen liegt, wird darauf verzichtet, tiefer gehende Untersuchungen anzustellen, um die Abweichung zu erklären.

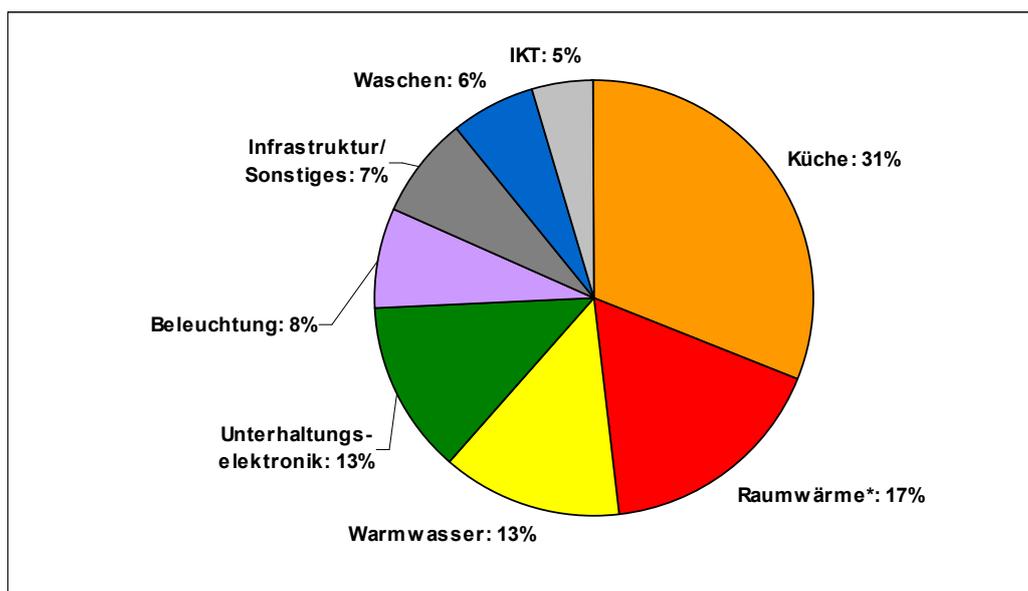
Tabelle 5 und Abbildung 8 illustrieren die Ergebnisse der Bottom-up-Analyse.

Tabelle 5: Aufteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte auf verschiedene Anwendungsfelder und Gerätegruppen (Stand 2004)

Anwendungsfeld/ Gerätegruppe	Stromverbrauch pro Jahr
	GWh/a
Stromheizungen (einschl. elektrische Wärmepumpen)	25.830
Elektrische Warmwassererzeuger	20.070
Küche	46.980
davon Kühlen und Gefrieren	24.510
davon Elektroherd	12.320
davon Geschirrspülmaschine	5.560
davon Mikrowelle	1.760
davon Sonstige	2.840
Waschen	9.490
davon Waschmaschine	5.480
davon Trockner	3.690
davon Sonstige	320
Unterhaltungselektronik	19.360
davon TV-Geräte	12.230
davon Audio-Geräte	4.830
davon Video-Geräte	1.390
davon TV-Infrastruktur	650
davon Sonstige	270
IKT	6.860
davon Computer+Zubehör	4.280
davon Kommunikation Infrastruktur	1.080
davon Telefon (Festnetz+mobil)	1.490
davon Sonstige	20
Beleuchtung	11.390
Infrastruktur & Sonstiges (v.a. Heizungspumpen)	11.170
Summe	151.150

Quelle: s. folgende Abschnitte und Berechnungen/Abschätzungen des Öko-Instituts

Abbildung 8: Prozentuale Aufteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte auf verschiedene Anwendungsfelder und Gerätegruppen (Stand 2004)



(*einschl. elektrische Wärmepumpen)

Quelle: s. folgende Abschnitte und Berechnungen/Abschätzungen des Öko-Instituts

Aus der Zusammenstellung wird Folgendes deutlich:

- Der Stromverbrauch privater Haushalte verteilt sich auf eine Vielzahl verschiedener Anwendungsfelder und Gerätegruppen.
- Den größten Anteil macht das Anwendungsfeld Küche aus. Rund 31 % des Stromverbrauchs von Privathaushalten entsteht durch die Nutzung der Haushaltsgeräte in der Küche. Dominant sind hierbei die Anwendungen Kühlen und Gefrieren, gefolgt von Kochen/Backen und Spülen (Geschirrspülmaschinen).
- Den zweitgrößten Stromverbraucher machen Stromheizungen aus. Dies ist umso bemerkenswerter, als nur ein Bruchteil der Privathaushalte seinen Raumwärmebedarf über Stromheizungen erzeugt (vgl. Kapitel 2.3.1).
- Der drittgrößte Verbrauchsbereich ist die elektrische Warmwassererzeugung (z.B. in Elektroboilern). Analog der elektrischen Raumwärmeerzeugung ist auch hier zu berücksichtigen, dass bei nur rund einem Viertel aller Haushalte die Warmwassererzeugung durch Strom erfolgt (vgl. Kapitel 2.3.2).

Im Anwendungsfeld Unterhaltungselektronik dominieren die TV-Geräte den Stromverbrauch, bei den Anwendungen im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sind es die Computer inkl. Zubehör (z.B. Monitore und Drucker). Bei den Infrastrukturverbrauchern weisen insbesondere die Heizungspumpen einen hohen Stromverbrauch aus.

2.3.1 Stromheizung

Stromheizungen können in die beiden Hauptkategorien "Elektrische Widerstandsheizungen" und "Wärmepumpen" aufgegliedert werden. Elektrische Widerstandsheizungen umfassen elektrische Direktheizungen (z.B. Radiatoren, Konvektoren, Flächenheizungen, Lüftungsheizungen) und Speicherheizungen (v.a. Nachtspeicherheizungen).

Während bei elektrischen Direktheizungen die Heizwärme direkt beim Durchfluss von Strom durch einen großen elektrischen Widerstand entsteht, werden Speicherheizungen in der Regel in Schwachlastzeiten (und damit in der Regel Niedertarifzeiten) "aufgeladen" und geben die Heizwärme durch Konvektion (Gebläse) erst mit zeitlichem Verzug ab.⁴

Elektrische Wärmepumpen "transformieren" unter Einsatz von Strom Umgebungswärme auf ein für Heizzwecke nutzbares Temperaturniveau. Obwohl der Absatz von Wärmepumpen - u.a. infolge öffentlicher Förderung wie dem Marktanreizprogramm - in den Jahren 2006

⁴ Speicherheizungen wurden in den 1950er und 1960er Jahren stark propagiert, um die Lastkurve des Kraftwerksparks auch in der Nacht möglichst gleichmäßig zu halten. Die Energieversorger unterstützten den Einsatz von Nachtspeicherheizungen durch großflächige Förderprogramme und subventionierte Nachtstromtarife (NT-Tarife).

und 2007 stark angestiegen ist⁵, tragen diese nach eigenen Abschätzungen einen Anteil kleiner 5 % des Stromverbrauchs für die Heizwärmeerzeugung bei (derzeit rund 1,2 TWh/a, allerdings mit steigender Tendenz), sie werden deswegen im Folgenden vernachlässigt.⁶

Ebenso nicht berücksichtigt werden kleine mobile elektrische Kleinheizgeräte (z.B. mobile Heizlüfter), die oftmals additiv zu einer bestehenden stationären Hauptheizung verwendet werden.

Nach UGR (2006) gingen in Deutschland in 2004 rund 25,8 TWh Strom in die Erzeugung von Heizwärme in privaten Haushalten. Laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft belief sich der Stromverbrauch für die Raumwärmeerzeugung in 2005 auf 22,8 TWh, in 2006 auf 20,4 TWh und in 2007 auf 17,1 TWh (VDEW 2007, BDEW 2008a, BDEW 2008b). Dies entspricht in etwa 4 % des gesamten Endenergiebedarfs bei Privathaushalten für den Bereich der Raumwärmeerzeugung. Der Anteil des Stromverbrauchs elektrischer Heizungen am gesamten Stromverbrauch der privaten Haushalte lag auf der Basis der UGR-Daten bei rund 17 %. Damit verbrauchten die Privathaushalte fast jede fünfte Kilowattstunde Strom für die Beheizung ihrer Wohnungen.

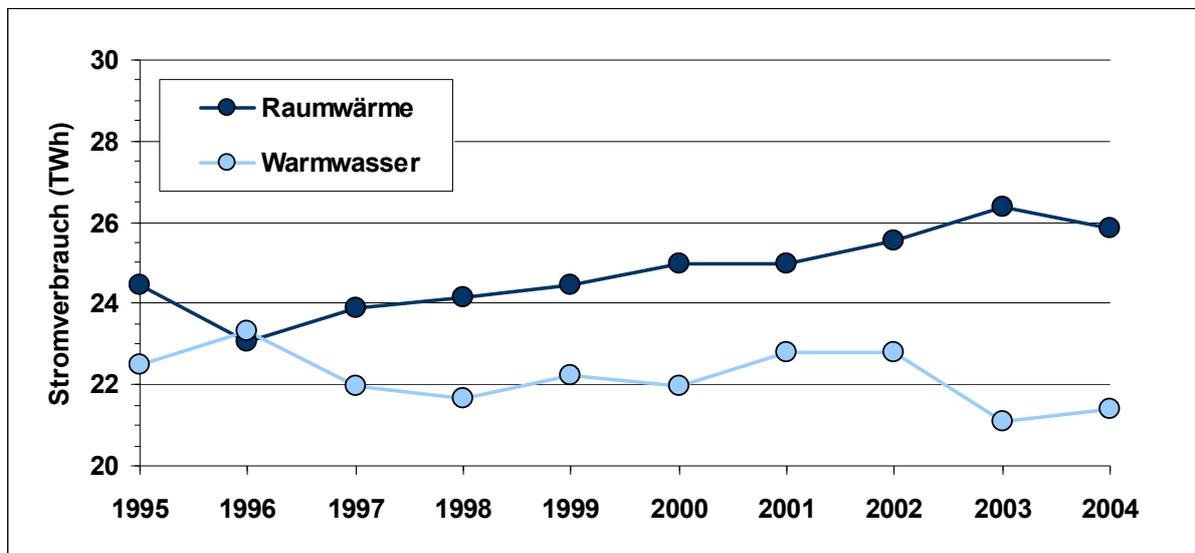
Der absolute Stromverbrauch elektrischer Heizungssysteme stieg zwischen 1995 und 2004 deutlich an (vgl. Abbildung 9). Inwieweit die BDEW-Zahlen für 2005 und 2006 auf eine Umkehr in dieser Entwicklung hindeuten, kann hier wegen fehlender Information über die jeweilige Erhebungsmethodik nicht eindeutig beantwortet werden.

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Beheizungsstruktur in Deutschland. Gemäß Mikrozensus-Zusatzerhebung 2006 werden rund 4 % aller Wohnungen mit Strom beheizt, in Summe rund 1,46 Mio. Wohneinheiten (DESTATIS 2008). Dies entspricht in etwa den Ergebnissen aus der RWI/forsa Umfrage, nach der rund 1,55 Mio. Wohneinheiten über eine Stromheizung verfügen (RWI/forsa 2008). In VDEW (2002) hingegen wird die Zahl der Haushaltskunden mit Elektro-Raumheizung mit 2,1 Mio. angegeben (Stand 2000).

⁵ Pressemitteilung des Bundesverband Wärmepumpe e.V. vom 11.02.2008: Wärmepumpen 2007 mit leichtem Absatzplus.

⁶ Auch wenn Wärmepumpen gemeinhin als erneuerbare Energie eingestuft werden, haben sie nicht per se einen ökologischen Mehrwert. Dieser wird nur dann erreicht, wenn beispielsweise ein strombetriebenes Wärmepumpensystem aus primärenergetischer Perspektive mehr Nutzwärme erzeugt, als in Form von Strom für den Betrieb der Wärmepumpe eingesetzt wird. Um nennenswert Primärenergie einzusparen, ist eine Jahresarbeitszahl (definiert als Verhältnis von Wärme am Ausgang einer Wärmepumpe zum notwendigen Stromverbrauch an deren Eingang) von über drei erforderlich. Ergebnisse von Feldtests belegen jedoch, dass viele Wärmepumpensysteme unter realen Betriebsbedingungen die Mindestarbeitszahlen nicht erreichen (z.B. Lahr 2008).

Abbildung 9: Entwicklung des Stromverbrauchs für Stromheizungen und elektrische Warmwassererzeugung zwischen 1995 und 2004



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von UGR 2006

Tabelle 6: Bewohnte Wohneinheiten aufgegliedert nach Art der Heizung und Energieträger für die Raumwärmeerzeugung (Stand 2006)

	Sammelheizungen	Einzel-/Mehrraumöfen	Summe
Fernwärme	4.793		4.793
Gas	17.152	427	17.579
Strom	193	1.271	1.464
Heizöl	10.547	368	10.915
Erneuerbare Energien	633	445	1.078
Sonstige	104	267	371
Summe	33.422	2.778	36.200

Quelle: DESTATIS 2008

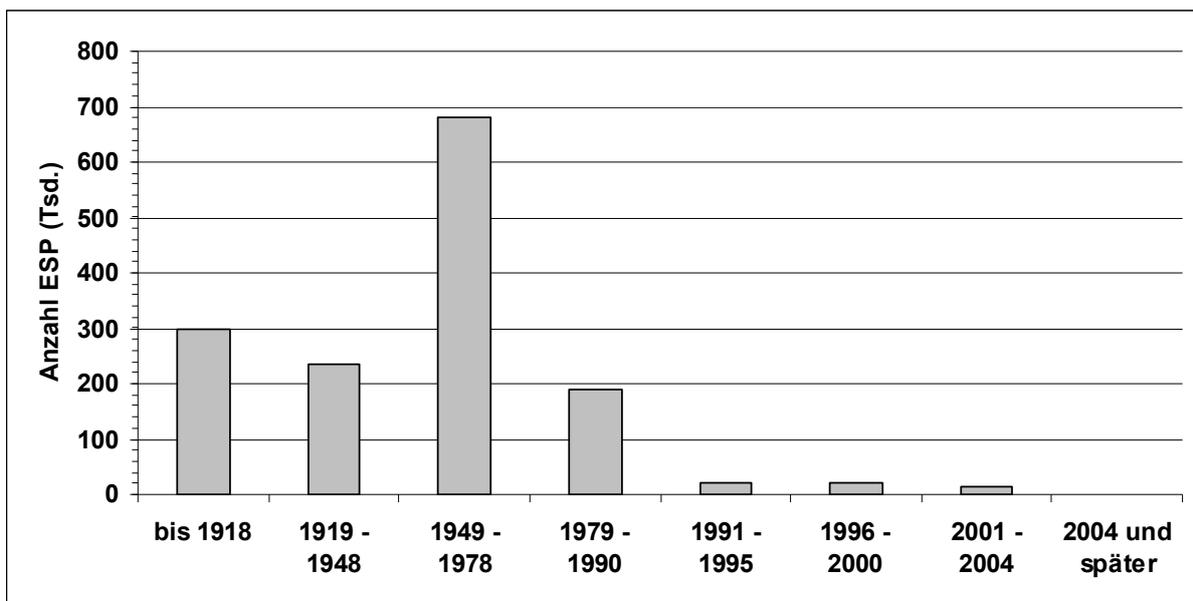
Nach der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2006 lassen sich weitere Aussagen über die Verteilung von Stromheizungen in Wohngebäuden ableiten:

- Bei Elektroheizungen handelt es sich in der großen Mehrheit um Einzel- und Mehrraumöfen (im Gegensatz zu elektrischen Sammelheizungen).⁷ Ihr Anteil beträgt rund 87 %.
- Rund 78 % aller Elektroheizungen sind in Gebäuden mit sechs oder weniger Wohneinheiten installiert.

⁷ Einzelöfen beheizen jeweils nur den Raum in dem sie stehen. Ein Mehrraumofen ist ein zwischen den Räumen eingebauter Ofen, der mehrere Räume gleichzeitig (auch durch Luftkanäle) heizt. Zu den Sammelheizungen zählen u.a. Fern-/Nahwärme-, Zentral- und Etagenheizungen.

- Mit rund 52 % befindet sich etwas mehr als die Hälfte aller Elektroheizungen in Mietwohnungen.
- Besonders hoch ist der Anteil von Elektroheizungen in Gebäuden, die vor 1979, also vor Inkrafttreten der 1. WSchV gebaut wurden (Anteil von 83 %; vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: Altersstruktur der mit Stromheizungen ausgestatteten Wohnungen



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von DESTATIS 2008

Auch die regionale Verteilung von Stromheizungen ist in Deutschland sehr unterschiedlich. Der Durchdringungsgrad liegt insbesondere in der Freien und Hansestadt Hamburg (>6 %) sowie in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen (jeweils >5 %) über dem Bundesdurchschnitt (IZES/BEI 2007).

Bei Privathaushalten, bei denen die Heizwärme elektrisch erzeugt wird, dominiert der Stromverbrauch der Elektroheizung den gesamten Stromverbrauch des Haushalts um ein Vielfaches. Wie in Kapitel 2.2.1 gezeigt, liegt zwischen den durchschnittlichen Stromverbrauchswerten eines Haushalts mit bzw. ohne Elektrospeicherheizung fast ein Faktor 4.

Zum Bereich der stromgestützten Raumwärmeerzeugung gehört theoretisch auch der Bereich der Raumkühlung. In den letzten Jahren kommen auch in Deutschland (trotz gemäßigtem Klima) verstärkt Klimaanlage zum Einsatz. Der Bereich der Raumkühlung wird zwar vor allem von Büros und Dienstleistungsgebäuden dominiert, dennoch gibt es auch bei Privathaushalten einen Trend zur aktiven Raumkühlung. Dieser Bereich wird jedoch mangels belastbarer Absatzzahlen sowie aufgrund fehlender Information des mit den Klimaanlage verbundenen Stromverbrauchs nicht weiter thematisiert.

2.3.2 Elektrische Warmwasserbereitung

Wie bei den Stromheizungen kann die elektrische Warmwassererzeugung in die Kategorien Direkterzeugung und Speichernerzeugung unterteilt werden. Bei Ersterer handelt es sich um elektrische Durchlauferhitzer (z.B. in Form von Untertischboilern). Letztere sind bekannt als Elektroboiler, bei denen das Wasser in der Regel thermostatgesteuert erwärmt und in einem gedämmten Brauchwasserspeicher gespeichert wird.

Nach eigenen Berechnungen beläuft sich der Stromverbrauch für die Warmwassererzeugung in Deutschland auf 20,7 TWh. Die Abschätzung deckt sich recht gut mit den Werten aus der Umweltökonomischen Gesamtrechnung, die für 2004 einen Stromverbrauch für die Warmwassererzeugung von 21,4 TWh ausweist (UGR 2006, vgl. Abbildung 9). Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft weist für die Jahre 2005-2007 einen Stromverbrauch zwischen 23,3-23,6 TWh aus (VDEW 2007; BDEW 2008a, BDEW 2008b). Die Differenz zu der BDEW-Statistik dürfte sich insbesondere damit erklären lassen, dass die BDEW-Werte auch den Stromverbrauch zur Warmwassererzeugung in Wasch- und Geschirrspülmaschinen mit einbeziehen und damit systematisch höher liegen.

Der ausgewiesene Stromverbrauch entsprach in etwa 25 % des gesamten Endenergiebedarfs für Warmwasser in diesem Verbrauchssegment. Der Anteil des Strombedarfs für die Warmwassererzeugung am gesamten Stromverbrauch aller Privathaushalte betrug nach eigenen Berechnungen rund 13 %. Mit anderen Worten: Fast jede achte Kilowattstunde Strom, die die deutschen Privathaushalte verbrauchen, geht in die Erzeugung warmen Wassers.

Bei den Strukturdaten für die Verteilung der elektrischen Warmwassererzeugung weisen verschiedene Quellen unterschiedliche Daten aus.

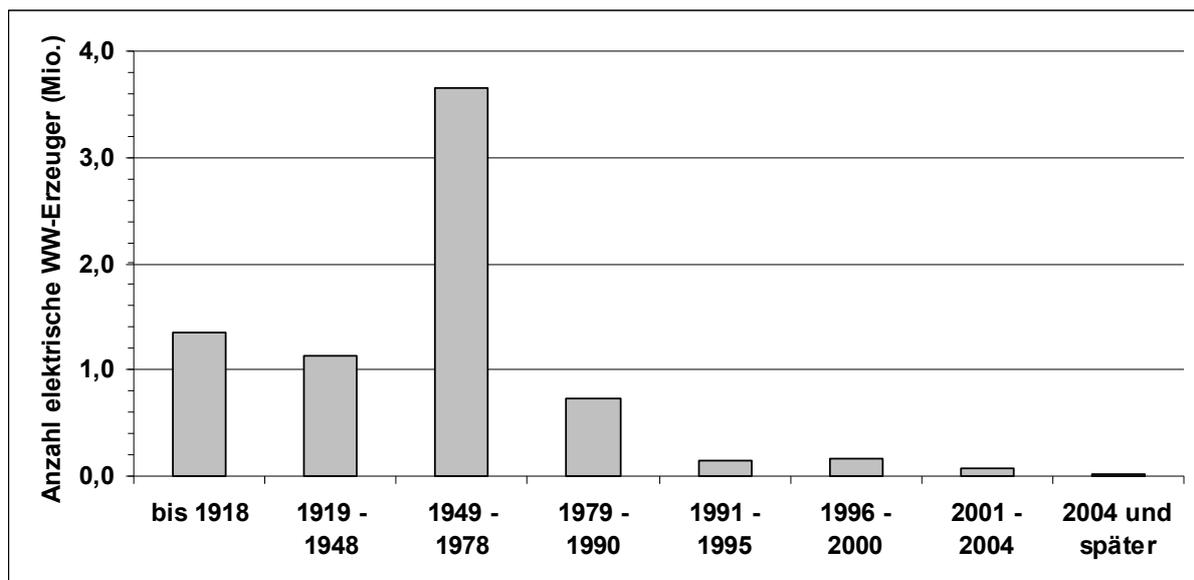
- Nach EWI/prognos (2006) wurden in 2002 rund 21 Mio. Personen in Deutschland mit Warmwasser versorgt, das aus einem dezentralen elektrischen Erzeugungssystem stammt. Damit wäre rund ein Viertel aller Wohnungen mit elektrischen Warmwassererzeugern ausgestattet. Dies deckt sich auch nahezu mit den Umfrageergebnissen aus RWI/forsa (2008), nach denen 22,4 % aller befragten Haushalte angeben, ihr Warmwasser mit Hilfe von Strom zu erzeugen.
- Nach der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2006 erzeugten in 2006 rund 7,3 Mio. Wohneinheiten, also rund 20 % aller Wohnungen, ihr Warmwasser mittels Strom (DESTATIS 2008).

In der Mikrozensus-Zusatzerhebung finden sich noch weitere interessante Verteilungsdaten:

- Zwei Drittel aller elektrischen Warmwassererzeuger fallen auf Mietwohnungen.
- In der großen Mehrzahl findet man elektrische Warmwassererzeuger in Gebäuden, die vor 1979 errichtet wurden (vgl. Abbildung 11).
- Rund 85 % aller elektrischen Warmwassererzeuger fallen auf die alten Bundesländer ohne Berlin.

- Wohnungen, die elektrisch beheizt werden, verfügen in der überwiegenden Mehrzahl auch über eine elektrische Warmwasserbereitung.
- Hingegen finden sich elektrische Warmwassererzeuger in der Mehrzahl der Fälle (rund 80 %) in Wohnungen, deren Raumwärme über eine nicht elektrische Zentralheizung (z.B. auf Heizöl oder Erdgasbasis) erzeugt wird.

Abbildung 11: Altersstruktur der mit elektrischer Warmwasserbereitung ausgestatteten Wohnungen



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von DESTATIS 2008

2.3.3 Haushaltsgeräte Küche

Das Anwendungsfeld Küche umfasst die Gerätegruppen Kühlen und Gefrieren (Kühlschränke, Gefrierschränke- und -truhen, Kühl-Gefrier-Kombinationen), Kochen (Elektroherde und -backöfen), Geschirrspülmaschinen und sonstige Geräte (z.B. Kaffee- und Espressomaschinen, Dunstabzugshauben, Mikrowellenherde, Wasserkocher).

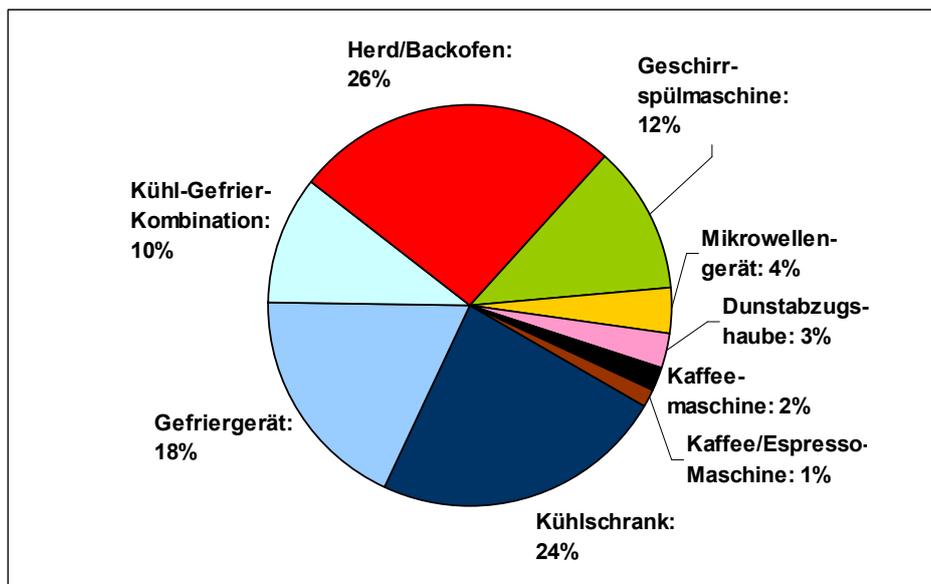
Auf das Anwendungsfeld Küche fiel in 2004 rund ein Drittel des Stromverbrauchs im Sektor der Privathaushalte (47 TWh).

Tabelle 7: Stromverbrauchende Haushaltsgeräte im Anwendungsfeld Küche (Stand 2004)

Gerätetyp	Gerätebestand	Ausstattungsrate	Nutzzeit im Normalbetrieb	Spezifischer Geräteverbrauch				Gesamtverbrauch			
				Normalbetrieb	Bereitstellungsbetrieb	Scheinaus	Summe	Normalbetrieb	Bereitstellungsbetrieb	Scheinaus	Summe
	Tsd.		h/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Kühlschrank	38.561	78%	8.760	289,1	0	0	289,1	11.147	0	0	11.147
Gefriergerät	21.633	55%	8.760	394,2	0	0	394,2	8.528	0	0	8.528
Kühl-Gefrier-Kombination	12.255	31%	8.760	394,2	0	0	394,2	4.831	0	0	4.831
Herd/Backofen	32.831	84%	300	360,0	25,4	0	385,4	11.819	500	0	12.319
Geschirrspülmaschine	23.222	60%	270	237,6	1,8	1,1	240,5	5.518	41	3	5.561
Mikrowellengerät	25.782	66%	75	52,5	26,1	0	78,6	1.354	403	0	1.757
Dunstabzugshaube	25.567	65%	300	45,0	16,9	0	61,9	1.151	173	0	1.324
Kaffeemaschine	33.565	86%	50	22,5	2,9	17,2	42,6	755	67	58	880
Kaffee/Espresso-Maschine	7.416	19%	14	22,4	43,8	19,1	85,3	166	325	142	633
Summe											46.979

Quelle: ISI et al. 2005 / ISI et al. 2004 / eigene Berechnungen des Öko-Instituts

Abbildung 12: Prozentuale Verteilung des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Küche auf verschiedene Gerätegruppen (Stand 2004)



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von ISI et al. 2005

2.3.3.1. Kühlen und Gefrieren

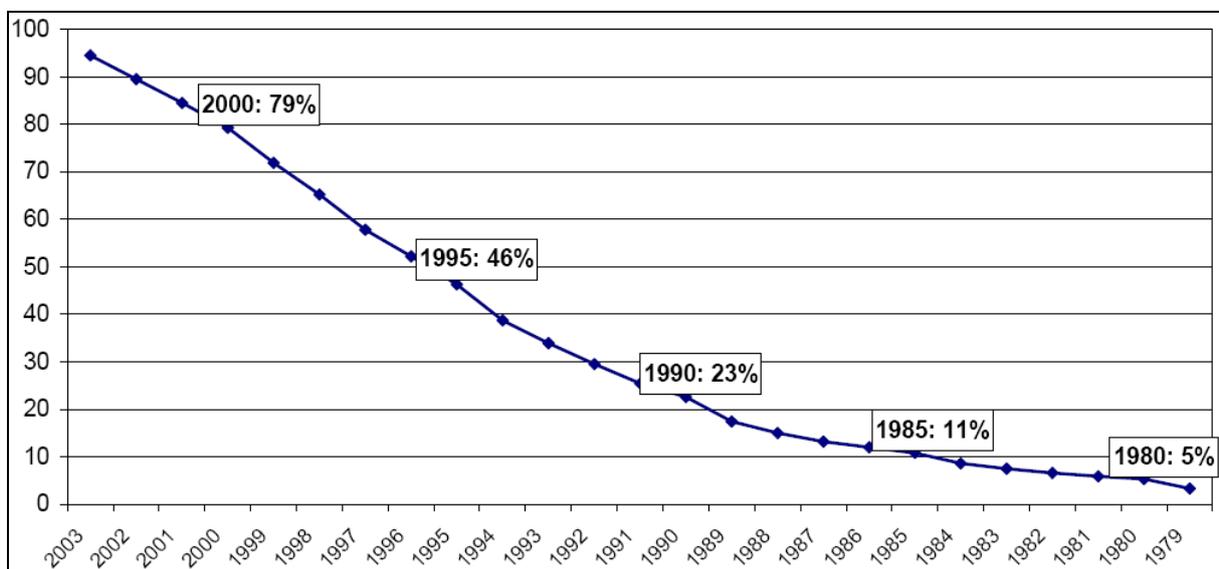
Mit rund 52 % fällt mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs in der Küche auf die Bereiche Kühlen und Gefrieren (vgl. Tabelle 7 und Abbildung 12). Dominant sind hier Kühlschränke (11,1 TWh/a), gefolgt von Gefrierschränken und -truhen (8,5 TWh/a) und Kühl-Gefrier-Kombinationen (4,8 TWh/a). Die hohen Jahresverbräuche resultieren vor allem aus der langen Nutzungszeit dieser Geräte (Nutzungszeit in der Regel 8.760 h/a).

Der jährliche durchschnittliche Stromverbrauch eines Kühlschranks liegt bei rund 290 kWh. Dabei fallen für ein Erstgerät rund 300 kWh/a an, für das Zweitgerät rund 205 kWh/a (Öko-Institut 2006a). Bei Gefrierschränken- und -truhen liegt der Durchschnittsverbrauch bei rund 390 kWh/a (ISI et al. 2004).

Der Markt für Kühlgeräte ist in Deutschland weitgehend gesättigt. Nach Öko-Institut (2006) liegt der Ausstattungsgrad dieser Gerätegruppe bei nahezu 100 %, d.h. jeder Haushalt verfügt über einen Kühlschrank oder eine Kühl-Gefrier-Kombination. Der Ausstattungsbestand lag in 2003 sogar bei 115 %, d.h. zahlreiche Haushalte verfügen über zwei oder mehr Kühlgeräte.⁸

Nach Öko-Institut (2006a) waren im Jahr 2004 in Deutschland 34 % aller Kühlschränke im Bestand (inklusive Kühl-Gefrierkombinationen) 10 Jahre alt oder älter (vgl. Abbildung 13). Bei Gefrierschränken und -truhen sind dies sogar 41 %. In der Zwischenzeit hat sich diese Alterstruktur weiter „verschlechtert“. Nach Angaben des Zentralverbands der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) ist von den etwa 60 Mio. Kühl- und Gefriergeräten in deutschen Haushalten inzwischen knapp die Hälfte mindestens 10 Jahre alt.⁹

Abbildung 13: Altersstruktur von Kühlgeräten inkl. Kühl-Gefrierkombinationen (Stand 2004)¹⁰



Quelle: Öko-Institut 2006a

Kühl- und Gefriergeräte haben in den letzten 20-25 Jahren stark an Effizienz gewonnen. Abbildung 14 gibt einen Überblick über die Entwicklung des Stromverbrauchs pro 100 Liter Nutzvolumen und Jahr für die vier verschiedenen Hauptkategorien an Kühl- und Gefriergeräten. Ein Kühlschrank der Effizienzklasse A verbrauchte in 2005 rund 53 % weniger Strom

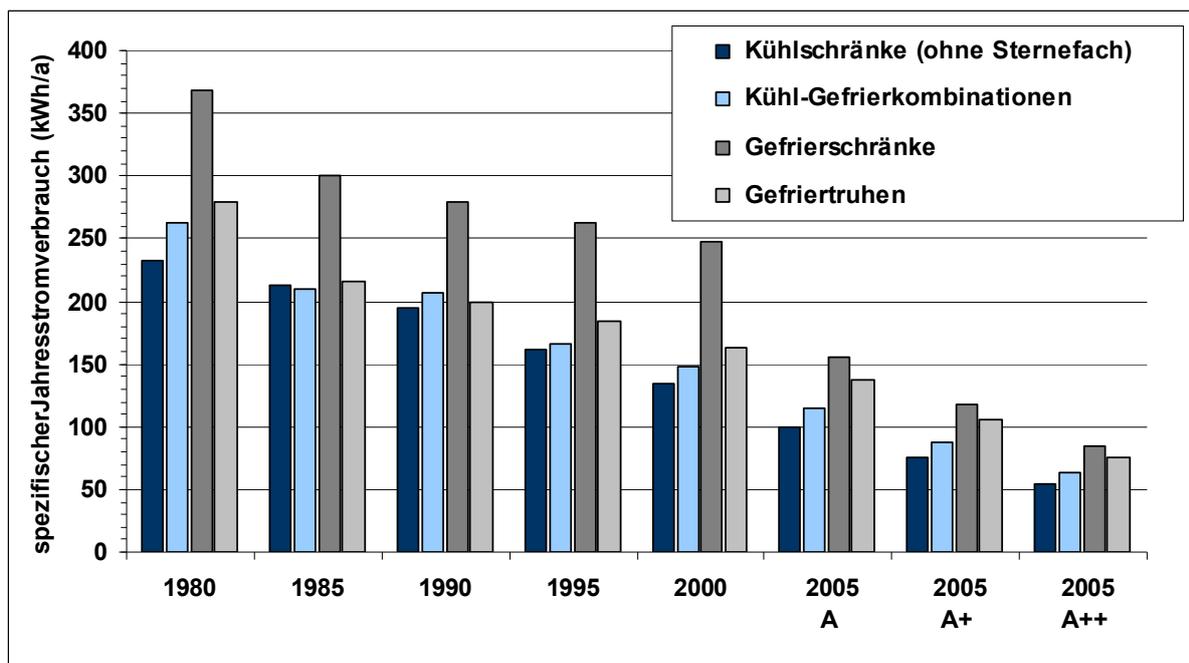
⁸ Der Ausstattungsgrad bezeichnet die Anzahl der Haushalte, in denen ein bestimmtes Produkt vorhanden ist, bezogen auf die Gesamtzahl an Haushalten. Der Ausstattungsbestand bezieht die Anzahl der in den Haushalten vorhandenen langlebigen Gebrauchsgüter auf die Anzahl der Haushalte. Ein Ausstattungsbestand über 100% bedeutet also, dass in einigen Haushalten mehrere Geräte vorhanden sind.

⁹ Pressemitteilung des BMU vom 16.10.2008: Gabriel: Wir müssen die Effizienzlücke schnellstens schließen - Soziale Effizienzinitiative soll Privathaushalte von Stromkosten entlasten.

¹⁰ Die prozentualen Angaben sind kumulierte Werte, d.h. der Wert für 2000 (79%) bedeutet beispielsweise, dass 79% aller Kühlgeräte in oder vor 1995 gekauft wurden.

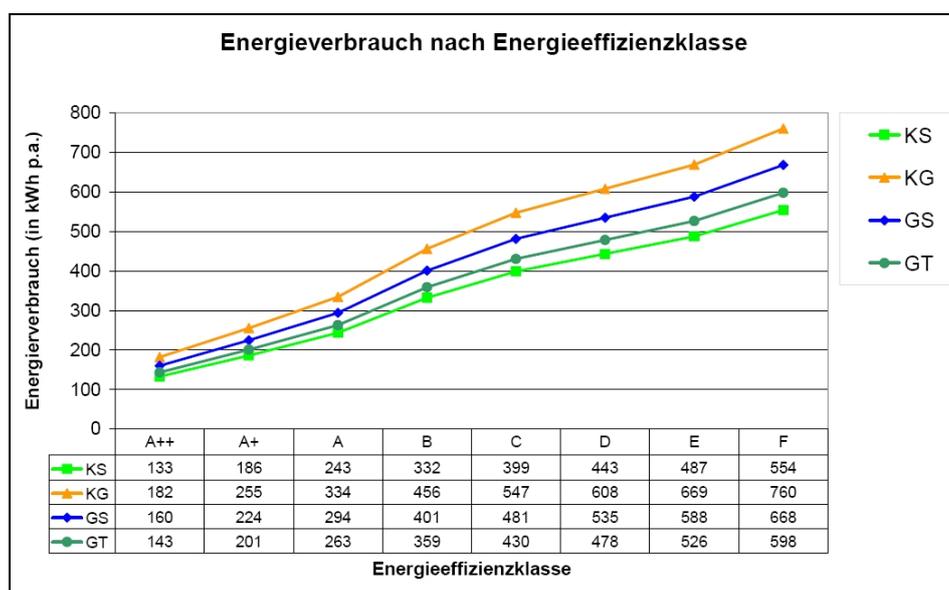
pro Jahr als noch in 1985. Bei A++-Geräten liegt die Einsparung bei rund 75 %. Der Effizienzsteigerung steht allerdings ein Trend zur Anschaffung immer großvolumigerer Geräte, die trotz spezifisch niedrigem Stromverbrauch einen hohen Gesamtjahresverbrauch aufweisen, entgegen.

Abbildung 14: Entwicklung des durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauchs des Marktabsatzes von Kühl- und Gefriergeräten (Angaben pro 100l Nutzinhalt)



Quelle: Öko-Institut 2006a

Abbildung 15: Effizienzklasseneinteilung für Kühl- und Gefriergeräte (KS=Kühlschrank, KG=Kühl-Gefrierkombination, GS=Gefrierschrank, GT=Gefriertruhe)



Quelle: Öko-Institut 2006a

Zwischen den verschiedenen Effizienzklassen liegen bei Kühl- und Gefriergeräten erhebliche Unterschiede (vgl. Abbildung 15). Beispielsweise darf ein Kühlschrank der Effizienzklasse A mehr als das 1,8-fache an Strom verbrauchen wie ein A++-Gerät.

2.3.3.2. Kochen/Backen

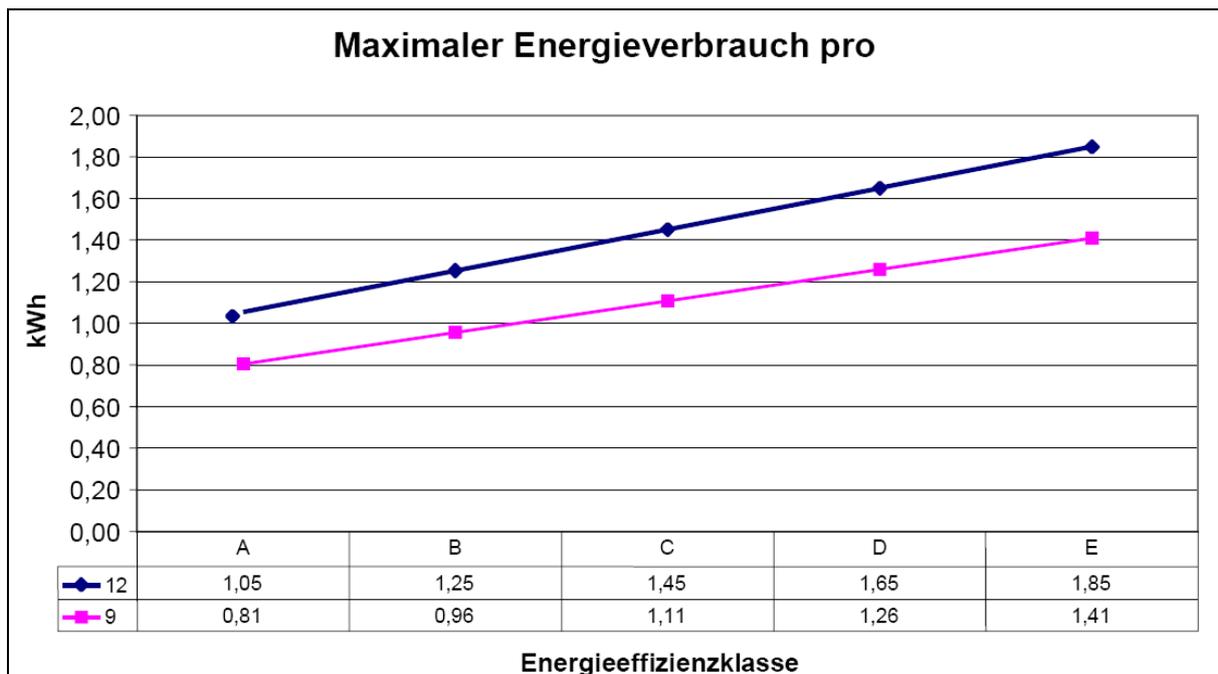
Weitere größere Verbraucher in der Küche sind Elektroherde/Backöfen (12,3 TWh/a entsprechend einem Verbrauchsanteil von rund 25 %) und Spülmaschinen (5,6 TWh/a, Verbrauchsanteil 12 %).

Beim Kochen/Backen konkurriert Strom mit dem Energieträger Erdgas. Elektroherde/-backöfen dominieren diesen Bereich stark, allerdings unterscheiden sich verschiedene Studien in den ausgewiesenen quantitativen Ausstattungsraten für Elektroherde/-backöfen. Die Stichprobe bei RWI/forsa (2008) ergab eine Ausstattungsrate von 92,1 % (Stand 2005), EWI/prognos (2006) weisen einen Wert von 79,1 % (Stand 2002) aus, die Umfrage bei ISI et al. (2004) ergab einen Wert von 89 % (Stand 2002).

2.3.3.3. Geschirrspülmaschinen

Der durchschnittliche jährliche Stromverbrauch von Geschirrspülmaschinen liegt bei rund 240 kWh/a. Pro Spülgang darf ein Gerät der Effizienzklasse A bei 12 Maßgedecken maximal 1,05 kWh verbrauchen, bei 9 Maßgedecken 0,81 kWh (vgl. Abbildung 16). Der spezifische Stromverbrauch pro Maßgedeck ist bei Geschirrspülmaschinen mit 9 oder 12 Maßgedecken bei gleicher Energieeffizienzklasse nahezu gleich. Bei den in 2005 auf dem Markt angebotenen Geräten hatten rund 70 % eine Kapazität von 12 Maßgedecken und knapp 20 % eine Kapazität von 9 Maßgedecken (Öko-Institut 2006b).

Abbildung 16: Effizienzklasseneinteilung für Spülmaschinen (9 bzw. 12 Maßgedecke)



Quelle: Öko-Institut 2006b

Die Nutzungshäufigkeit wiederum ist vornehmlich abhängig von der Haushaltsgröße. Stiftung Warentest geht von jährlich etwa 250 Spülgängen aus. VHK (2005) gibt als Spülhäufigkeiten 208 („real life“), 220 (entsprechend der Richtlinie 97/17/EG betreffend die Energiekettierung) und 280 (hohe Angabe des Branchenverbandes CECED) an. Öko-Institut (2006b) rechnet mit 200 Spülgängen pro Jahr.

Die Ausstattungsrate von Geschirrspülmaschinen nahm zwischen 1995 und 2006 von 40 % auf 61 % zu (ZVEI 2007). Auch in Zukunft ist mit einer weiter ansteigenden Ausstattungsrate zu rechnen (vgl. z.B. EWI/prognos 2006).

2.3.3.4. Sonstige Küchengeräte

Neben dem Stromverbrauch im Normalbetrieb weisen einige Haushaltsgeräte aus dem Anwendungsfeld Küche auch erhebliche Verbräuche im Bereitschaftsbetrieb sowie im Schein-Aus-Betrieb auf (vgl. Kapitel 2.3.9). Hierunter fallen u.a. Mikrowellengeräte, Kaffee-/Espressomaschinen, mit Abstrichen auch Dunstabzugshauben. Während beispielsweise eine Kaffee-Espressomaschine - diese Geräte weisen hohe Betriebszeiten in den Modi Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb auf - im Normalbetrieb nur rund 22 kWh/a verbraucht, summiert sich der Verbrauch aus Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb mit rund 63 kWh/a auf knapp das Dreifache.

Auch andere Küchengeräte, deren Gesamtverbrauch heute noch keine große Rolle spielt, werden zukünftig infolge stark steigender Ausstattungsraten hinsichtlich des Stromverbrauchs privater Haushalte an Bedeutung gewinnen. Explizit zu nennen sind hier Mikrowellengeräte, Dunstabzugshauben und Kaffee-/Espressomaschinen (Gruber 2006).

2.3.4 Haushaltsgeräte Waschen

Das Anwendungsfeld Waschen umfasst die Gerätegruppen Waschmaschine, Trockner (Kondensations- und Ablufttrockner) und Waschtrockner. Auf das Anwendungsfeld fielen in 2004 nach eigenen Berechnungen rund 6 % des Stromverbrauchs im Sektor der Privathaushalte (in 2004 rund 9,5 TWh). Der Gesamtverbrauch verteilte sich zu 58 % auf Waschmaschinen und rund 31 % auf Wäschetrockner (vgl. Tabelle 8 und Abbildung 17). Waschtrockner sind derzeit nur wenig verbreitet. Stromverbräuche aus Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb spielen in diesem Anwendungsfeld keine wesentliche Rolle.

Der durchschnittliche jährliche Stromverbrauch einer Waschmaschine beträgt rund 160 kWh. Der spezifische Stromverbrauch pro Waschgang variiert stark in Abhängigkeit von dem gewählten Waschprogramm, der Waschtemperatur, der Schleuderwirkung sowie der Effizienzklasse des Geräts. Beispielsweise darf eine Waschmaschine der Effizienzklasse A bei einer Temperatur von 60°C maximal 0,19 kWh pro Kilogramm Wäsche verbrauchen. Bei einer Waschtemperatur von 30°C reduziert sich hingegen der Stromverbrauch bei der gleichen Waschmaschine auf rund ein Drittel (Öko-Institut 2004a).

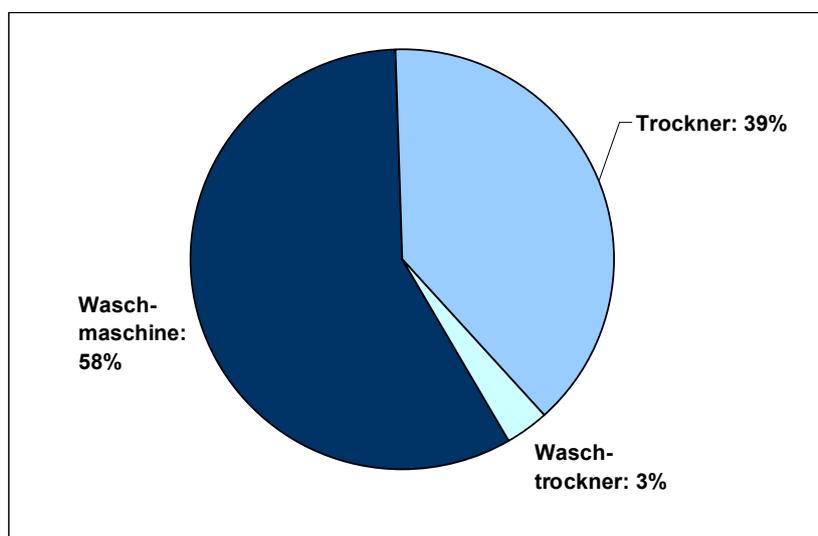
Wäschetrockner verbrauchen im Durchschnitt rund 280 kWh pro Jahr. Der spezifische Stromverbrauch ist dabei im Wesentlichen abhängig von der Restfeuchte der Wäsche (insfern es sich um Baumwollgewebe handelt). Diese wiederum wird durch die Schleuderdrehzahl der Waschmaschine bestimmt. In Abhängigkeit von der Schleuderdrehzahl liegt beispielsweise der Stromverbrauch eines Kondensationstrockners bei der Trocknung von Baumwollgewebe bei 0,55 kWh (Schleuderdrehzahl 1.800) und 0,7 kWh (Schleuderdrehzahl 1.000) pro Kilogramm Gewebe (Öko-Institut 2004a).

Tabelle 8: Stromverbrauchende Haushaltsgeräte im Anwendungsfeld Waschen (Stand 2004)

Gerätetyp	Gerätebestand	Ausstattungsrate	Nutzzeit im Normalbetrieb	Spezifischer Geräteverbrauch				Gesamtverbrauch			
				Normalbetrieb	Bereitstellungsbetrieb	Schein-Aus	Summe	Normalbetrieb	Bereitstellungsbetrieb	Schein-Aus	Summe
	Tsd.		h/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
Waschmaschine	36.141	92%	350	143,5	6,3	8,8	158,6	5.186	227	63	5.476
Trockner	14.513	37%	140	249,2	3,3	9,0	261,5	3.617	48	26	3.691
Waschtrockner	1.171	3%	550	269,5	4,0	8,5	282,0	316	5	2	322
Summe											9.489

Quelle: ISI et al. 2005 / ISI et al. 2004 / eigene Berechnungen des Öko-Instituts

Abbildung 17: Verteilung des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Waschen auf verschiedene Gerätegruppen (Stand 2004)

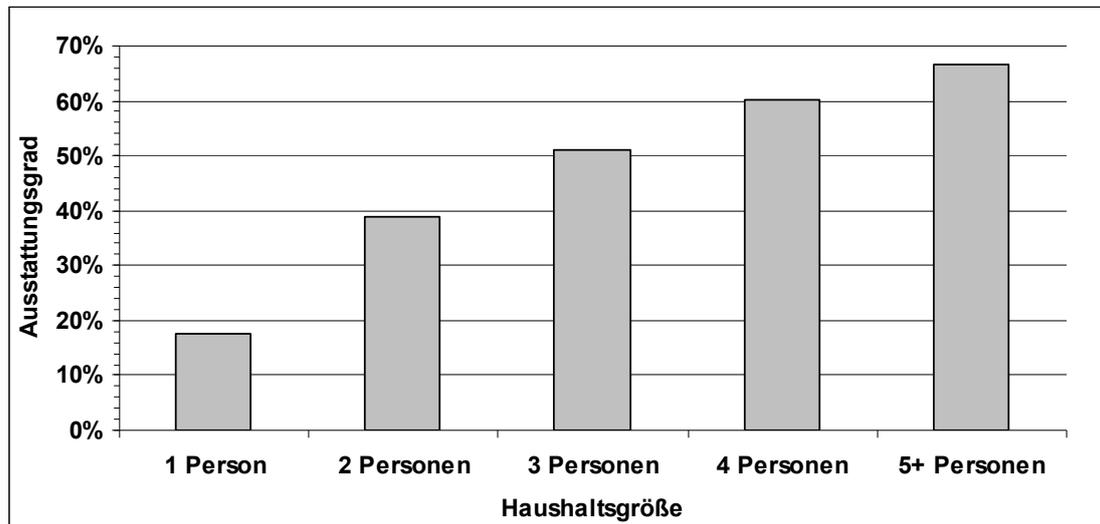


Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von ISI et al. 2005

Der Markt für Waschmaschinen ist weitgehend gesättigt, d.h. nahezu jeder Haushalt verfügt über eine Waschmaschine. Wäschetrockner hingegen verzeichnen einen rasanten Anstieg bei den Ausstattungsdaten. Verfügte in 1995 nur jeder vierte Haushalt über einen Wäschetrockner, liegt die Ausstattungsrate in 2006 schon bei 44 % (ZVEI 2007). Über die zukünftige Entwicklung gibt es widersprüchliche Einschätzungen. Während EWI/prognos (2006) bis 2020 einen Anstieg der Ausstattungsdaten auf 57 % sehen, wird in Öko-Institut (2004a) ein wesentlich geringerer Anstieg prognostiziert (Ausstattungsrate von 45 % in 2015). Bei Wäschetrocknern gibt es zudem eine interessante Korrelation zwischen Haus-

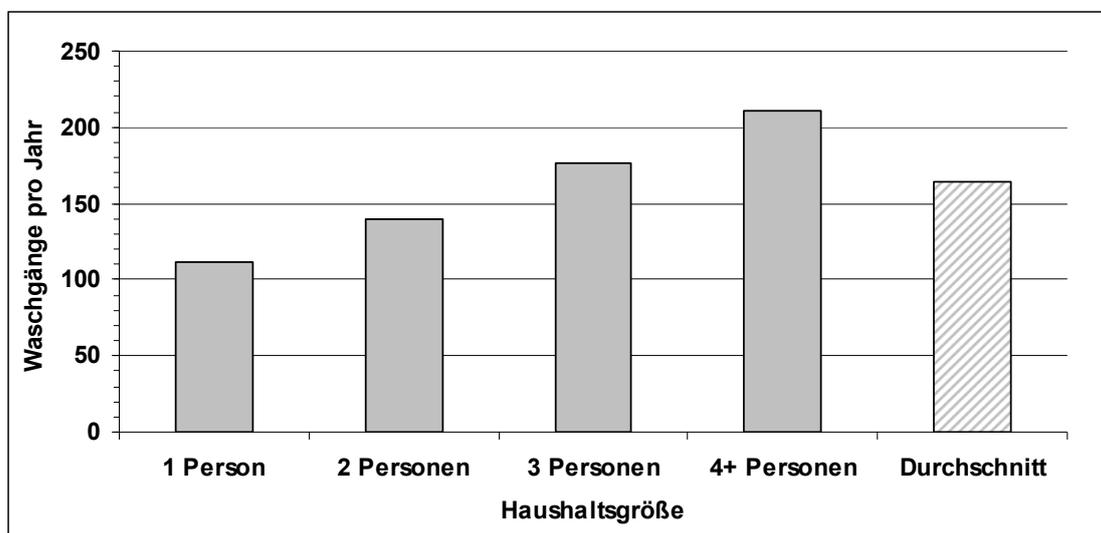
haushaltsgröße und Ausstattungsgrad: Während in 2003 nicht einmal jeder fünfte Einpersonenhaushalt über einen Wäschetrockner verfügte, waren es bei den Haushalten mit vier oder mehr Personen über 60 % (vgl. Abbildung 18).

Abbildung 18: Korrelation zwischen Haushaltsgröße und Ausstattungsrate bei Wäschetrocknern (Stand 2003)



Quelle: Öko-Institut 2004a

Abbildung 19: Waschgänge pro Jahr in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße



Quelle: Öko-Institut 2004a

Hauptinflussgröße für die Nutzungshäufigkeit einer Waschmaschine ist die Haushaltsgröße. Während ein Zweipersonenhaushalt in etwa 140 Waschgänge pro Jahr aufweist, sind es bei einem Vierpersonenhaushalt rund 210 Waschgänge (vgl. Abbildung 19). Dabei wird deutlich, dass ein Zweipersonenhaushalt nicht doppelt so oft, sondern nur etwa 25 % häufiger als ein Einpersonenhaushalt wäscht. Das Verhältnis zwischen einem Vierpersonen- und

einem Einpersonenhaushalt liegt nicht bei vier sondern lediglich bei 1,9. Mit anderen Worten: Je kleiner ein Haushalt, desto ineffizienter wird die Waschmaschine genutzt. Angesichts des Trends zu einer immer kleineren durchschnittlichen Haushaltsgröße ist dies ein Treiber für einen höheren Stromverbrauch im Anwendungsfeld Waschen.

Im Durchschnitt fallen 164 Waschgänge pro Jahr und Haushalt an. Diese verteilen sich zu 21 % auf eine Waschtemperatur von 30°C, zu 36 % auf 40°C, zu 34 % auf 60°C und zu 9 % auf 95°C (Stand 2002, Öko-Institut 2004a). Eine vergleichbare Verteilung findet sich bei Stamminger/Goerdeler (2005). Seit den 1970er Jahren lässt sich dabei ein Rückgang bei den Waschtemperaturen beobachten. So stieg der Anteil der Wäsche bei Waschtemperaturen von 30-40°C bis 2002 auf 57 % an. Gründe sind zum einen der steigende Anteil an farbiger Kleidung, zum anderen ein gestiegenes Umweltbewusstsein. Dieser Trend wurde von veränderten Waschmittelrezepturen und -inhaltsstoffen, die ihre volle Wirkungskraft bereits bei niedrigeren Temperaturen entfalten können, begleitet (Öko-Institut 2004a).

2.3.5 Unterhaltungselektronik

Das Anwendungsfeld Unterhaltungselektronik umfasst sechs Hauptkategorien an Gerätegruppen:

- TV-Geräte: Kathodenstrahl-, LCD- und Plasma-TV, Front- und Rück-Projektions TV, SAT-, DVB- und Kabel-Boxen
- Audio-Geräte: Kompaktanlage, Stereoanlage, Radiowecker, Radiorecorder
- Video-Geräte: Analoge Videorekorder, DVD- und DVD-Rekorder, Festplattenrekorder
- Foto/Kamera: Videokamera/Camcorder, Digital-Fotokamera
- TV Infrastruktur: Antennenverstärker, Satellitenanlage (LNB)
- Sonstiges: Spielkonsole

Auf das Anwendungsfeld fielen in 2004 nach eigenen Berechnungen rund 13 % des Stromverbrauchs im Sektor der Privathaushalte (19,5 TWh). Die Verteilung des Stromverbrauchs auf die Hauptkategorien zeigt eine klare Dominanz der TV-Geräte (vgl. Tabelle 9). Zwei von drei Kilowattstunden im Bereich Unterhaltungselektronik werden durch Fernsehgeräte verbraucht. Innerhalb der Gruppe der TV-Geräte fällt ein Großteil des Stromverbrauchs normalen Kathodenstrahl-Geräten zu, allerdings mit rückläufigem Anteil (s.u.). Rund ein Viertel des Stromverbrauchs der Unterhaltungselektronik wird durch den Betrieb von Audio-Geräten verursacht (vgl. Abbildung 23).

Bei den spezifischen Verbrauchswerten dominieren ebenfalls die verschiedenen Geräte aus der Gruppe der TV-Geräte. Während ein "klassisches" Fernsehgerät (Kathodenstrahl) bei einer durchschnittlichen Nutzung rund 185 kWh/a verbraucht (inkl. Verbrauch im Bereitschafts- und Schein-Aus-Modus), liegt der durchschnittliche spezifische Jahresverbrauch eines LCD-Geräts bei gleicher Nutzungszeit bei rund 170 kWh/a, bei Plasma-Geräten hinge-

gen bei etwa dem vierfachen (620 kWh/a). Obwohl LCD- und Plasma-Geräte bei gleicher Bildschirmgröße vergleichbare Leistungsaufnahmewerte aufweisen, werden Plasma-Geräte mit überdurchschnittlich großen Bildschirmdiagonalen abgesetzt (Öko-Institut 2007a). Dies erklärt die großen Differenzen der durchschnittlichen technologiespezifischen Verbrauchswerte.¹¹

Unter den untersuchten Anwendungsfeldern ist die Unterhaltungselektronik der Bereich mit den größten Verbrauchswerten in den Betriebsmodi Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb. In Summe fallen 38 % (7,4 TWh/a) des gesamten Stromverbrauchs in diesem Verbrauchssegment auf Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb, also Betriebsmodi, in denen ein Gerät nicht seine Hauptfunktion (z.B. Ausstrahlen eines TV-Bildes, Wiedergabe von Musik) erfüllt, sondern "in einer Art Wartezustand verharrt". Besonders hoch sind die spezifischen Bereitschaftsverbräuche (im Verhältnis zum Verbrauchswert im Normalbetrieb) bei SAT-, DVD- und Kabel-Boxen, Kompaktanlagen, bei allen Videogeräten und den Geräten aus der Gruppe TV-Infrastruktur.

Der Bestand an Fernsehgeräten in deutschen Privathaushalten belief sich Ende 2006 auf rund 54 Mio. Geräte. Die Ausstattungsrate beläuft sich dabei auf rund 95 %, was einer Marktsättigung entspricht. Der Ausstattungsbestand lag bei Fernsehgeräten in 2006 bei rund 152, d.h. auf 100 Haushalte kamen 152 Fernsehgeräte (DESTATIS 2007b). Nach Öko-Institut (2007) verfügten rund 28 % der Haushalte über zwei Geräte und 11 % sogar über drei oder mehr Geräte. Mit der Entwicklung neuer Technologiegenerationen (z.B. LCD, Plasma) entwickelt sich der Markt für TV Geräte in den letzten Jahren sehr dynamisch. Bei den Fernsehgeräten ist ein klarer Trend zu Geräten mit Flachbildschirm, insbesondere LCD und Plasma TVs, zu verzeichnen. Der Absatz von Röhrenfernsehern (CRT) ist entsprechend rückläufig (GfK/GfU 2007, vgl. Abbildung 20).

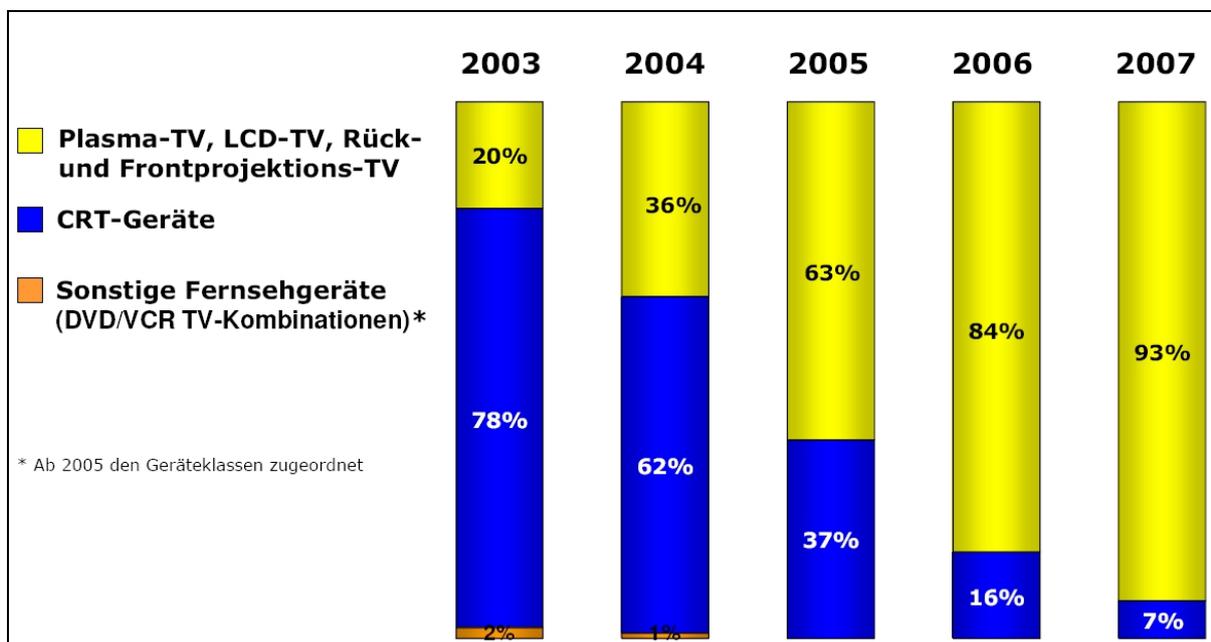
Allerdings wird vermutet, dass die Plasmatechnologie (wie auch Front- und Rückprojektions-TV) auch mittelfristig nur eine Nebenrolle spielen wird. So ging beispielsweise der Umsatzanteil von Plasma-TV-Geräten an den neuen Displaytechnologien zwischen 2003 und 2007 von 31 % auf 16 % zurück. Im gleichen Zeitraum stieg der Umsatzanteil von LCD-Geräten an den neuen Bildschirmtechnologien von 33 % auf 82 % (GfK/GfU 2007, vgl. Abbildung 21).

Gleichzeitig gibt es einen klaren Trend zu immer größeren großformatigeren Geräten (vgl. Abbildung 22). Inzwischen liegt der Marktabsatz von Geräten mit Bildschirmdiagonale größer 37 Zoll bei rund 40 % (GfK/GfU 2007). Bei den Fernsehgeräten geht der Trend eindeutig zum Kinoformat 16:9.¹²

¹¹ Eine aktuelle Marktübersicht über die Stromverbrauchswerte angebotener LCD- und Plasma-TV-Geräte findet sich bei BUND (2008).

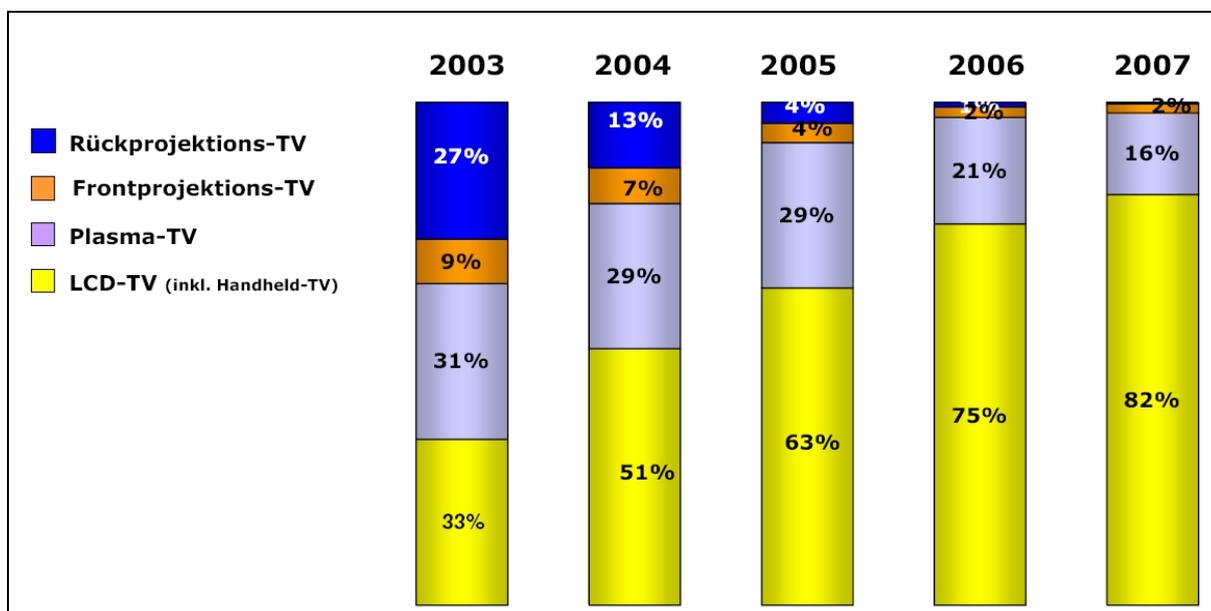
¹² Pressemitteilung der GfU vom 22.02.2006: Consumer Electronics-Markt 2005: Herausragende Innovationen sorgen für Wachstum.

Abbildung 20: Umsatzverteilung des Marktabsatzes an TV-Geräten auf verschiedene Technologien



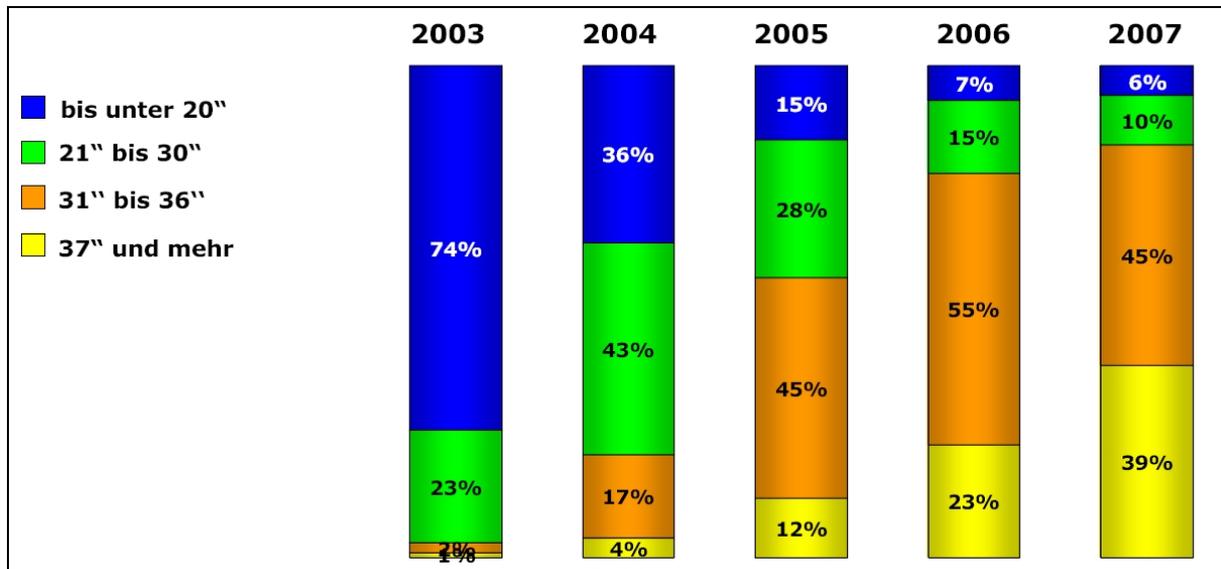
Quelle: GfK/GfU 2007

Abbildung 21: Umsatzverteilung des Marktabsatzes an TV-Geräten auf neue Display-Technologien



Quelle: GfK/GfU 2007

Abbildung 22: Umsatzverteilung des Marktabsatzes an TV-Geräten auf verschiedene Bildschirmdiagonalen (Angaben in Zoll)



Quelle: GfK/GfU 2007

Rund 52 % aller Privathaushalte verfügten Ende 2006 über einen Kabelanschluss, 40 % hatten eine Satellitenempfangsanlage. Es wird erwartet, dass sich an dieser Struktur in den kommenden Jahren nicht mehr allzu viel ändert (ISI et al. 2005).

Bei den Peripheriegeräten verzeichnen insbesondere DVD-Spieler und DVD-Rekorder einen rasanten Anstieg der Ausstattungsraten. Zwischen 2001 und 2006 stieg der Ausstattungsgrad von rund 14 % auf rund 59 % (DESTATIS 2007b). Dieser Anstieg geht hauptsächlich zu Lasten konventioneller (analoger) Videorekorder (ISI/CEPE 2003).

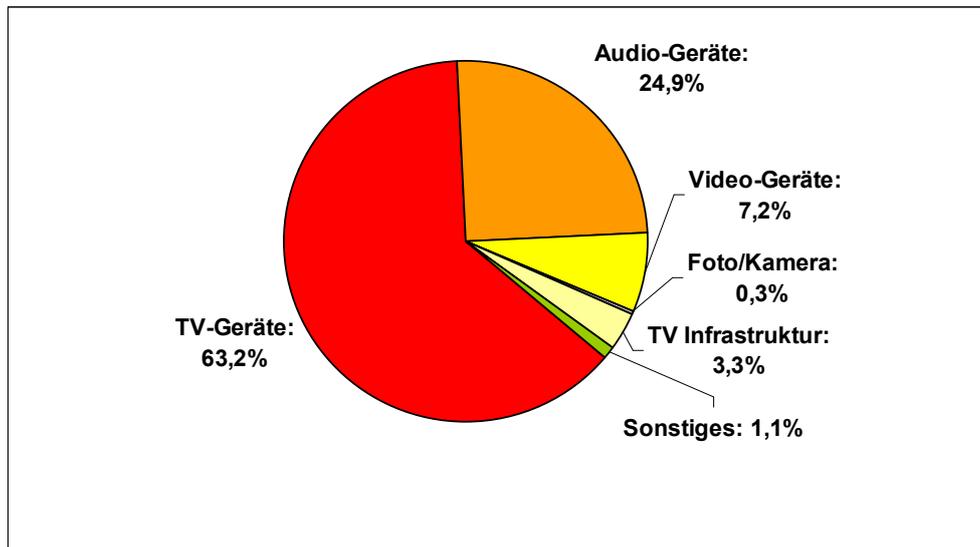
Bei den TV-Infrastrukturgeräten wird ein starker Zuwachs bei den Set-Top-Boxen (SAT-, DVD- und Kabel-Boxen) erwartet (ISI et al. 2005). Hierbei handelt es sich um Geräte, die beispielsweise für den Bildempfang über ein Satellitenempfangsgerät oder im Rahmen der digitalen TV-Technik benötigt werden.

Tabelle 9: Stromverbrauchende Haushaltsgeräte im Anwendungsfeld Unterhaltungselektronik (Stand 2004)

Gerätetyp	Gerätebestand	Ausstattungsrate	Nutzzeit im Normalbetrieb	Spezifischer Geräteverbrauch				Gesamtverbrauch			
				Normalbetrieb	Bereitstellungsbetrieb	Schein-Aus	Summe	Normalbetrieb	Bereitstellungsbetrieb	Schein-Aus	Summe
	Tsd.		h/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a	GWh/a
TV-Geräte											
TV CRT (Kathodenstrahl)	53.170	97%	1.727	155,4	26,5	2,0	183,9	8.264	1.410	104	9.779
TV LCD	1.595	4%	1.727	155,4	13,3	2,6	171,3	248	21	4	273
TV Plasma	90	0,2%	1.727	604,5	13,3	2,0	619,8	54	1	0	56
Front-Projektion (Beamer)	97	0,2%	1.727	362,7	30,9	6,5	400,1	35	3	1	39
Rück-Projektions TV	350	1%	1.727	310,9	8,8	0,2	319,9	109	3	0	112
SAT-Boxen	18.976	49%	2.000	34,0	54,1	0,0	88,1	645	1.026	0	1.671
DVB-Boxen	2.320	6%	2.000	17,0	40,6	0,0	57,6	39	94	0	134
Kabel-Boxen	1.881	5%	2.000	34,0	54,1	0,0	88,1	64	102	0	166
Summe											12.229
Audio-Geräte											
Kompaktanlage	20.441	52%	1.250	27,5	50,1	0,8	78,4	562	1.024	15	1.601
Stereoanlage	29.776	76%	1.250	50,0	37,6	5,0	92,6	1.489	1.118	150	2.756
Radiowecker	20.452	52%	90	0,3	14,7	0,0	15,0	6	301	0	307
Radiorecorder	15.224	39%	220	1,3	6,1	3,4	10,8	20	94	52	166
Summe											4.830
Video-Geräte											
Videorecorder (analog)	20.912	53%	462	7,9	33,2	2,1	43,2	164	694	43	902
DVD-Spieler	14.256	36%	231	2,8	28,4	2,2	33,4	40	405	31	476
DVD-Rekorder	144	0,4%	462	11,6	55,3	0,0	66,9	2	8	0	10
Festplattenrekorder	10	0,0%	462	14,8	44,3	0,0	59,1	0	0	0	1
Summe											1.388
Foto/Kamera											
Videokamera/Camcorder	8.915	23%	60	0,5	0,7	2,2	3,4	5	6	20	31
Digital-Fotokamera	10.403	27%	60	0,5	0,4	1,7	2,6	6	4	18	27
Summe											58
TV Infrastruktur											
Antennenverstärker	5.023	13%	1996	8	27,1	0	35,1	40,1	135,9	0	176
Satellitenanlage (LNB)	13.427	34%	2300	9,2	25,8	0	35,0	123,5	347	0	471
Summe											647
Sonstiges											
Spielkonsole	12.034	31%	105	4,2	0	13,5	17,7	50,5	0	162,5	213
Summe								11.966	6.798	601	19.364

Quelle: ISI et al. 2005 / eigene Berechnungen des Öko-Instituts

Abbildung 23: Verteilung des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Unterhaltungselektronik auf verschiedene Gerätegruppen (Stand 2004)



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von ISI et al. 2005

2.3.6 Information und Kommunikations-Technologie (IKT)

Das Anwendungsfeld Unterhaltungselektronik umfasst fünf Hauptkategorien an Gerätegruppen:

- Computer+Zubehör: PC, Notebook, PDA, Monitore (Kathodenstrahl, LCD), Drucker (Tintenstrahl, Laser, Nadel), Scanner, Aktivboxen
- Telefon Festnetz: Schnurlos Telefon, Komforttelefon, Anrufbeantworter, Faxgerät/Faxkombi-Geräte
- Telefon mobil: GSM, UMTS, Ladegerät (eingesteckt)
- Kommunikation Infrastruktur: Modems (DSL, CATV, Satelliten), DSL Splitter, DSL-Router/Wlan, Telefon-Modem, ISDN-Box
- Fotokopierer

Im Jahr 2004 verbrauchten private Haushalte in Deutschland rund 6,9 TWh Strom für den Betrieb von IKT-Geräten (vgl. Tabelle 10). Dies entsprach nach eigenen Berechnungen rund 5 % des Stromverbrauchs der Privathaushalte. Wie in Abbildung 25 ersichtlich, fielen 62,3 % des IKT-Verbrauchs auf den Bereich Computernutzung (Computer + Zubehör), gefolgt von Telefon Festnetz (16,1 %), Kommunikation Infrastruktur (15,7 %) und Telefon mobil (5,6 %).

Der Bereich IKT weist unter allen Anwendungsfeldern die höchsten spezifischen Bereitschaftsbetriebs- und Schein-Aus-Verbräuche auf. Mit rund 4,2 TWh/a übertreffen die Bereitschaftsbetriebs- und Schein-Aus-Verbräuche den Verbrauch in Normalbetrieb (2,7 TWh/a) um das Eineinhalbfache. Im Schein-Aus-Betrieb verbrauchen IKT-Geräte rund 1,5 TWh/a, dies entspricht in etwa 21 % des Gesamtverbrauchs für IKT-Geräte. Mit anderen

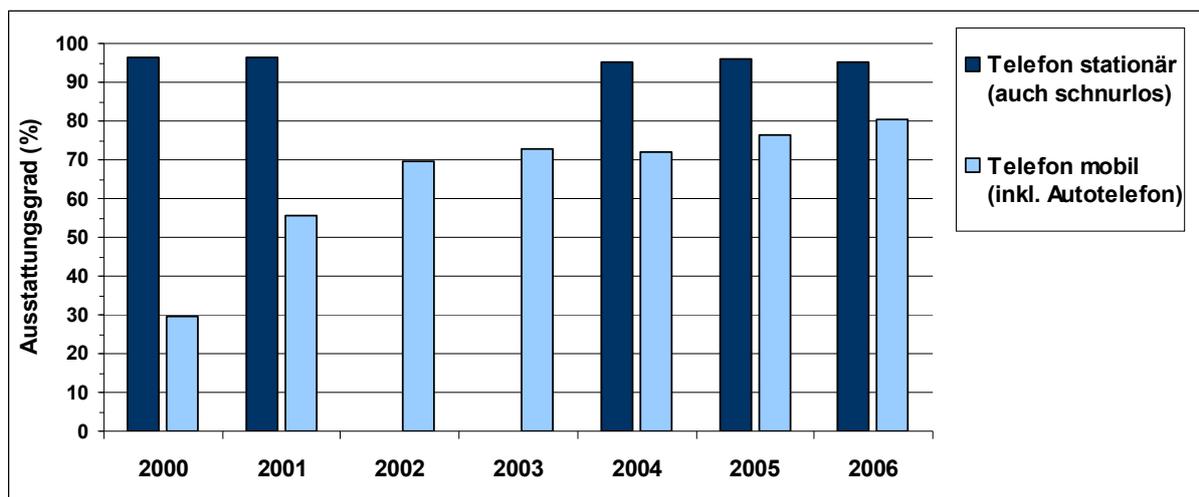
Worten, jede fünfte Kilowattstunde des IKT-Verbrauchs resultiert aus Zeiten, in denen ein Gerät keine Funktion erfüllt und dem Nutzer gegenüber als ausgeschaltet erscheint. Besonders hohe spezifische Schein-Aus-Verbrauchswerte haben Drucker und Modems. In beiden Gerätegruppen dominieren die Schein-Aus-Verbräuche den Verbrauch in Normalbetrieb um ein Mehrfaches.

In Deutschland entfielen in 2006 auf 100 Privathaushalte rund 107 PCs. Davon lag der Anteil von stationären PCs bei rund 78 % und der von Notebooks bei rund 22 %. In beiden Segmenten stieg der Ausstattungsbestand in den letzten Jahren sukzessive an (DESTATIS 2007b). ISI/CEPE (2003) unterstellt, dass die Anzahl an PCs weiter steigen, jedoch in 2010 eine Sättigung der Ausstattung erreicht sein wird. Die Sättigung wird mit 75 % abgeschätzt.

Bei Computermonitoren ist eine mit den TV-Geräten vergleichbare Entwicklung zu beobachten. Auch hier geht der Trend dahin, die heute noch dominierenden Kathodenstrahl-Monitore sukzessive durch LCD-Flachbildschirme zu ersetzen. Allerdings wird geschätzt, dass die Röhrenmonitore zumindest im Haushaltsbereich auch in 2010 noch marktdominant sein werden (ISI/CEPE 2003). Für Drucker wird angenommen, dass die Marktdominanz von Tintenstrahldruckern weiter anhalten wird, dabei jedoch sowohl die Anzahl an Tintenstrahl- wie auch an Laserdruckern weiter ansteigen wird (analog der Entwicklung bei den PCs).

Bei Festnetztelefonen liegt die Ausstattungsrate seit Jahren bei rund 95 %, was einer Vollausstattung entspricht (vgl. Abbildung 24).

Abbildung 24: Entwicklung des Ausstattungsgrades bei Festnetz- und Mobiltelefonen



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von DESTATIS 2007b

Allerdings verfügen zahlreiche Privathaushalte über mehr als einen Telefonapparat: in 2006 lag der Ausstattungsbestand bei 124 (DESTATIS 2007b), d.h. jeder vierte Haushalte hatte mehr als ein Telefongerät. Im Rahmen der Festnetztelefone kann jedoch ein Trend zu Komforttelefonen (Telefone mit Zusatzfunktionen, z.B. Freisprechanlage, integrierter An-

rufbeantworter, interner Nummernspeicher) beobachtet werden. Gleichzeitig steigt der Anteil von Schnurlostelefonen. ISI/CEPE (2003) schätzt, dass die Anzahl der Schnurlostelefone (Anlagen mit einem oder mehreren Handgeräten) auf rund 31 Mio. Geräte in 2010 ansteigen wird. Die Anzahl einfacher Telefone würde damit bis 2010 auf rund 8 Mio. Geräte zurückgehen.

Die Ausstattungsrate bei Mobiltelefonen stieg zwischen 2000 und 2006 von rund 30 % auf 81 % an. Der Ausstattungsbestand liegt bei 137 Geräten pro 100 Haushalten (DESTATIS 2007b), d.h. der Trend geht auch hier zum Zweit- bzw. Drittgerät.

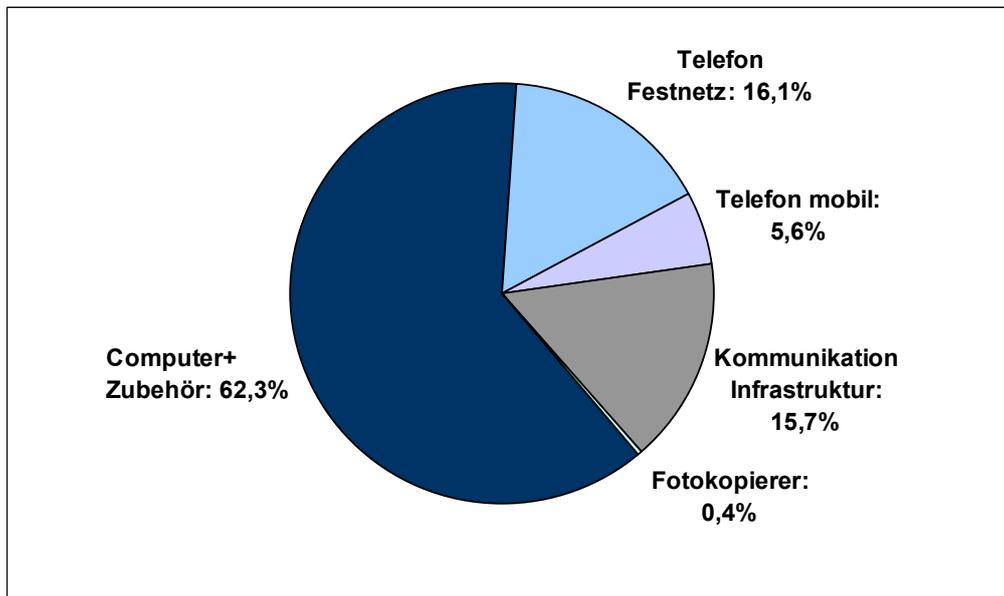
Für Faxgeräte wird eine rückläufige Entwicklung antizipiert. Die Gründe dafür liegen in der stärkeren Verbreitung von Internetanschlüssen sowie der Integration von Faxgeräten in Multifunktionsgeräten, die als Drucker vermarktet werden (ISI/CEPE 2003).

Tabelle 10: Stromverbrauchende Haushaltsgeräte im Anwendungsfeld Information und Kommunikations-Technologie (Stand 2004)

Gerätetyp	Gerätebestand	Ausstattungsrate	Nutzzeit im Normalbetrieb	Spezifischer Geräteverbrauch				Gesamtverbrauch			
				Normalbetrieb	Bereitstellungsbetrieb	Schein-Aus	Summe	Normalbetrieb	Bereitstellungsbetrieb	Schein-Aus	Summe
	Tsd.		h/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	GW/h/a	GW/h/a	GW/h/a	GW/h/a
Computer+Zubehör											
PC	28.134	72%	425	31,9	21,3	16,9	70,1	897	598	476	1.971
Notebook	4.597	12%	425	12,8	3,3	13,1	29,2	59	15	60	134
PDA	3.297	8%	70	0,1	2,4	2,3	4,8	0	8	8	16
Kathodenstrahlmonitore	19.172	49%	425	31,0	10,6	7,6	49,2	595	204	146	945
LCD-Monitore	8.962	23%	425	10,6	2,0	9,2	21,8	95	18	82	195
Tintenstrahldrucker	19.411	50%	35	0,7	4,2	19,4	24,3	14	81	376	471
Laserdrucker	6.539	17%	30	4,5	14,0	14,4	32,9	29	91	94	215
Nadeldrucker	513	1%	30	0,9	11,2	6,5	18,6	1	6	3	10
Scanner	7.852	20%	18	0,3	23,6	1,0	24,9	2	186	8	196
Aktivboxen	16.880	43%	213	0,6	1,3	5,3	7,2	11	22	90	123
Summe											4.275
Telefon Festnetz											
Schnurlos Telefon	20.177	52%	150	0,5	17,2	0,0	17,7	11	347	0	358
Komforttelefon	6.963	18%	150	0,6	17,2	0,0	17,8	4	120	0	124
Anrufbeantworter	18.653	48%	50	0,2	21,8	0,0	22	3	406	0	410
Faxgerät/Faxkombi-Geräte	6.905	18%	20	0,3	30,6	0,0	30,9	2	211	0	213
Summe											1.105
Telefon mobil											
GSM Standard	70.644	100%	88	0,6	0,3	0,0	0,9	45	23	0	68
UMTS Standard	500	1%	131	2,1	2,0	0,0	4,1	1	1	0	2
Ladegerät eingesteckt	71.144	100%	0	0,0	4,4	0,0	4,4	0	312	0	312
Summe											382
Kommunikation Infrastruktur											
DSL Splitter	5.000	13%	8.760	35,0	0,0	0,0	35	175	0	0	175
DSL Modem	5.000	13%	243	1,7	3,4	16,1	21,2	9	17	81	106
CATV-Modem	294	1%	243	2,9	4,2	16,1	23,2	1	1	5	7
Satelliten Modem	54	0%	243	5,8	110,7	0,0	116,5	0	6	0	6
DSL-Router/Wlan	974	2%	998	12,0	0,0	0,0	12	12	0	0	12
Telefon-Modem	1.608	4%	91	1,1	5,0	16,1	22,2	2	8	26	36
ISDN-Box	14.493	37%	8.760	50,8	0	0,0	50,8	736	0	0	736
Summe											1.078
Fotokopierer	2.290	6%	5	1,0	1,0	8,7	10,7	2	2	20	25
Summe								2.705	2.684	1.475	6.864

Quelle: ISI et al. 2005 / eigene Berechnungen des Öko-Instituts

Abbildung 25: Verteilung des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Information und Kommunikations-Technologie auf verschiedene Gerätegruppen (Stand 2004)



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von ISI et al. 2005

2.3.7 Beleuchtung

Im Jahr 2004 wendeten die deutschen Privathaushalte eine Strommenge von rund 11,4 TWh für die Beleuchtung auf. Dies entsprach in etwa 8 % des gesamten Stromverbrauchs in diesem Verbrauchssegment (UGR 2006). Bei rund 39,1 Mio. Privathaushalten korrespondiert dies mit einem jährlichen Stromverbrauch von rund 290 kWh pro Haushalt.

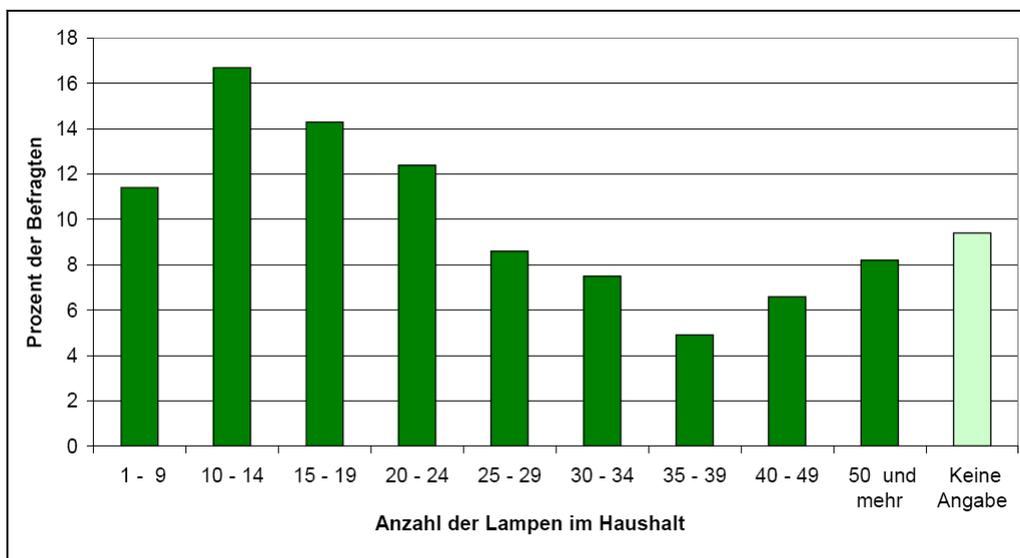
Abbildung 26 zeigt die Verteilung der Lampen auf die im Rahmen von ISI et al. (2004) befragten Haushalte. Im Mittel verfügt ein Haushalt in Deutschland über 25 Lampen (ISI et al. 2004, VITO et al. 2008). Dies entspricht einer flächenspezifischen Lampendichte von 0,26 Lampen pro Quadratmeter Wohnfläche (ISI et al. 2004). In Summe sind damit in deutschen Privathaushalten rund 900 Mio. Lampen installiert.

Nach VITO et al. (2008) verteilen sich die 25 Lampen pro Haushalt folgendermaßen auf die verschiedenen Lampentypen: 12,5 Glühlampen, 7,8 Halogenlampen (Hochvolt- und Nieder-volt-Halogenlampen), 1,9 Leuchtstofflampen, 3,1 Kompaktleuchtstofflampen (Energiesparlampen). Die Umfrage nach ISI et al. (2004) ergab, dass der Anteil an Energiesparlampen bei 17 % lag. Die Umfrage reflektiert allerdings den Marktdurchdringungsgrad des Jahres 2002. Die Marktpenetration dürfte in der Zwischenzeit weitaus höher liegen und auch in Zukunft weiter steigen, insbesondere dann, wenn konventionelle Glühlampen durch politische Intervention sukzessive vom Markt genommen werden.¹³ Eine weitere interessante

¹³ Beispielsweise einigten sich die EU-Mitgliedsstaaten im Rahmen des Prozesses zur Umsetzung der EuP Richtlinie (2005/32/EG) im Dezember 2008 darauf, den Verkauf herkömmlicher Glühlampen schrittweise zu verbieten.

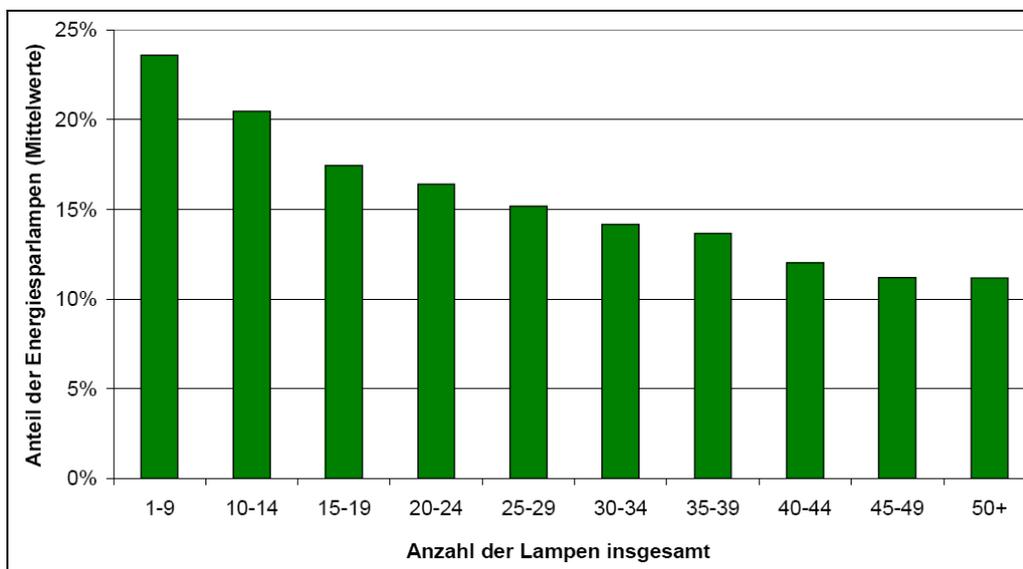
Korrelation besteht zwischen der Anzahl von Energiesparlampen und der Gesamtanzahl von Lampen in einem Haushalt: Je weniger Lampen in einem Haushalt vorhanden sind, desto höher ist der Anteil an Energiesparlampen (vgl. Abbildung 27).

Abbildung 26: Verteilung der Lampenanzahl in Privathaushalten (Stand 2002)



Quelle: ISI et al. 2004

Abbildung 27: Korrelation zwischen Anzahl an Energiesparlampen in einem Privathaushalt und der Gesamtzahl an Lampen (Stand 2002)



Quelle: ISI et al. 2004

Tabelle 11 zeigt die beispielhafte Ausstattung eines Zweipersonenhaushalts mit Lampen, die durchschnittliche Beleuchtungszeit pro Raum sowie den raumspezifischen beleuchtungsbedingten jährlichen Stromverbrauch. Dabei wurde angenommen, dass 25 % der

Leuchtmittel des Beispielshaushalts Energiesparlampen sind, bei den restlichen 75 % handelt es sich um konventionelle Glühbirnen (Öko-Institut 2004b).

Tabelle 11: Beispielhafte Lampenausstattung eines Zweipersonenhaushalts

Raum	Anzahl Lampen	Beleuchtungszeit		Leistung W	Endenergieverbrauch kWh/a
		h/d	h/a		
Wohnzimmer	2	3,5	1.208	60	145
Esstisch	1	1,0	345	60	21
Schreibtisch	1	1,3	449	20	9
Küche allg.	1	4,0	1.380	15	21
Arbeitsplatz Küche	1	2,5	863	60	52
Flur	2	1,8	621	25	31
Badezimmer	1	1,0	345	18	6
Toilette	1	0,2	69	75	5
Schlafzimmer allg.	3	0,1	35	60	6
Nachttisch	2	0,4	138	40	11
Summe	15				307

Quelle: Öko-Institut 2004b

Der Trend zu immer kleineren Haushalten wird auch bei der Beleuchtung ein maßgeblicher Treiber für einen steigenden Stromverbrauch sein. Da ein Vierpersonenhaushalt nicht doppelt soviel Strom für Beleuchtungszwecke benötigt, wie beispielsweise ein Zweipersonenhaushalt, ist der Trend zu kleineren Haushalten gleichbedeutend einem Trend zu höherem Stromverbrauch, der dem Einspareffekt durch effizientere Beleuchtungstechnik (z.B. in Form von Energiesparlampen) entgegelläuft.

2.3.8 Infrastruktur & Sonstiges

In der Gruppe der Infrastrukturgeräte stellen die Pumpen der Heizungsanlage (Umwälzpumpen, Zirkulationspumpen) den größten Stromverbraucher dar. Ferner umfasst die Gerätegruppe u.a. die Klingel und Türsprechanlage, die Treppenhausbeleuchtung sowie Aufzüge.

Die Gruppe "Sonstiges" umfasst all diejenigen Geräte, die entweder nur schwer einem der anderen Anwendungsfelder zugeordnet werden können oder Sonderausstattungen darstellen. Zur Ersteren gehören eine Vielzahl von mobilen Kleingeräten (z.B. Staubsauger, Föns, Bügeleisen, Akku-Ladegeräte, Uhren), zur Letzteren u.a. Aquarien, Saunen, Wasserbetten.

Heizungspumpen gehören zu den größten "versteckten" Stromverbrauchern in einem Gebäude; "versteckt", da sie von vielen Haushalten nicht als stromverbrauchende Geräte wahrgenommen werden. Die Angaben des gesamten Stromverbrauchs für Heizungspumpen in Deutschland schwanken erheblich. Verschiedene Quellen (z.B. FZJ 2001, Wuppertal Institut 2006) weisen Werte für den Jahrespumpenverbrauch zwischen 7-14 TWh/a aus. Un-

ter Zugrundelage von Wuppertal/Flensburg (2005a und 2005b) verbrauchen die dort ausgewiesenen 19,2 Mio. Heizungspumpen pro Jahr rund 11,2 TWh Strom.

Gebäudeeigentümer tauschen ihre Heizungspumpe oftmals nur dann aus, wenn das Heizungssystem modernisiert wird. Da die Pumpe als integraler Bestandteil des Heizungssystems angesehen wird und die Einsparpotenziale, die aus einem isolierten Pumpentausch resultieren, häufig nicht bekannt sind, wird meist kein Handlungsbedarf gesehen, die Pumpe vorher auszutauschen. Gleichzeitig sorgt ein falsch eingeregelter Heizungssystem in Kombination mit einer alten, teilweise überdimensionierten Heizungspumpe für einen stark erhöhten Stromverbrauch.

Eine genaue Bestandsaufnahme darüber, wie viele ungeregelte Heizungspumpen in Deutschland noch in Betrieb sind, liegt leider nicht vor. Legt man jedoch die Altersstruktur der Heizkessel zugrunde (ZIV 2007) kann man davon ausgehen, dass mindestens jede zweite Heizungspumpe älter ist als 10 Jahre. Andere Quellen gehen davon aus, dass rund 80 % des heutigen Bestands an Heizungspumpen ungeregelt ist.¹⁴

Bei den Sonderausstattungen weist ISI et al. (2004) folgende Ausstattungsraten aus: Aquarien 6 %, Saunas 4 %, Wasserbetten 2 %. Die spezifischen Jahresstromverbrauchswerte liegen für Aquarien (300l) bei rund 450 kWh/a, für Saunen bei rund 500 kWh/a (ein Saunagang pro Woche) und für Wasserbetten bei rund 250 kWh/a. Für alle Kleingeräte in der Gruppe "Sonstiges" (s.o.) gibt es nur wenige Angaben über den Ausstattungsgrad. Nach ISI et al. (2005) gab es in 2004 beispielsweise über 9 Mio. Akku-Ladegeräte.

2.3.9 Exkurs Leerlaufverbrauch

Zwar wurden der Leerlaufverbrauch (oftmals als Leerlaufverluste oder Standby-Verluste bezeichnet) stromverbrauchender Haushaltsgeräte in den vorangegangenen Abschnitten teilweise problematisiert und quantifiziert, dennoch lohnt sich ein gesonderter Blick auf dieses Segment des Stromverbrauchs. Für die Definition des Begriffs "Leerlaufverbrauch" muss zunächst zwischen den verschiedenen Betriebszuständen strombetriebener Geräte unterschieden werden. Im Folgenden wird hierbei auf die Untergliederung nach ISI/CEPE (2003) zurückgegriffen. Hierbei wird unter den vier Hauptkategorien Normalbetrieb, Bereitschaftsbetrieb, Schein-Aus und Aus unterschieden:

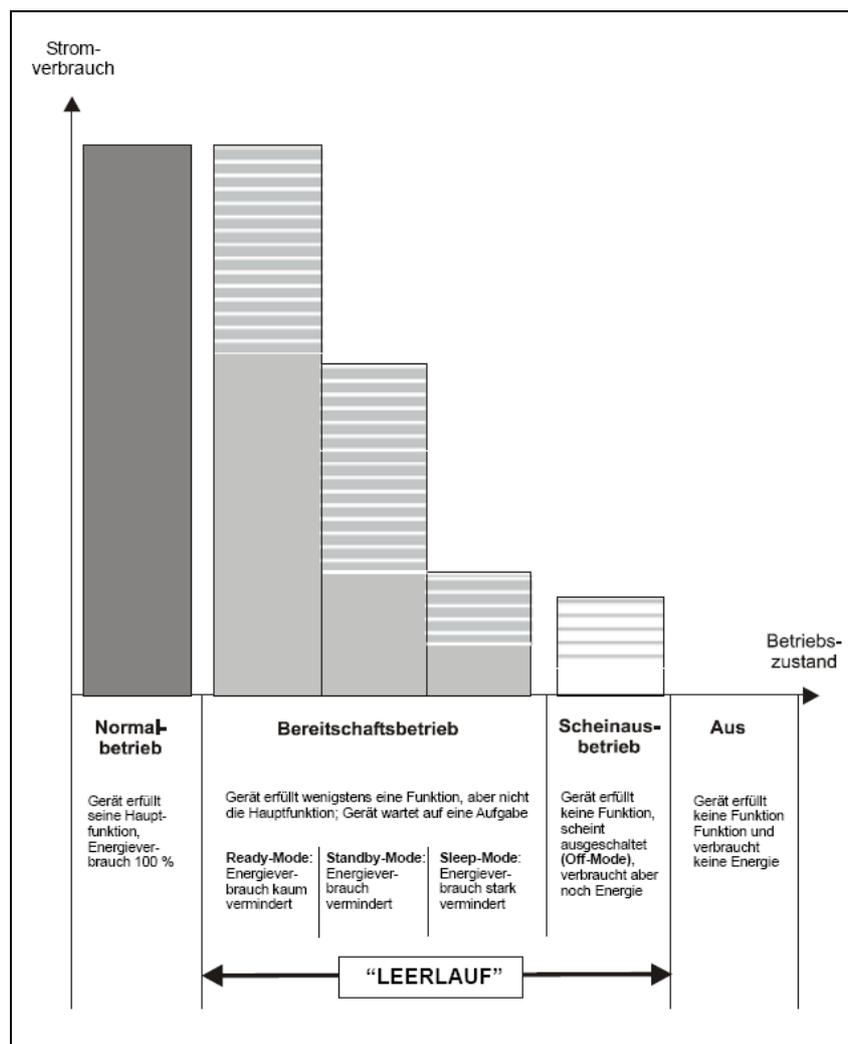
- Normalbetrieb: Das Gerät erfüllt seine Hauptfunktion. Es fällt der gesamte Energieverbrauch des Gerätes an.
- Bereitschaftsbetrieb: Das Gerät erfüllt noch wenigstens eine Funktion, jedoch nicht seine Hauptfunktion. In der Kategorie Bereitschaftsbetrieb lassen sich drei Unterkategorien unterscheiden: Ready-Mode, Standby-Mode und Sleep-Mode.

¹⁴ Vgl z.B. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage des Abgeordneten Hans-Josef Fell und anderer "Austausch von ungeregelten Heizungspumpen als Beitrag zur Reduzierung des Stromverbrauchs in privaten Haushalten" (Drucksache 16/10249).

- **Schein-Aus-Betrieb:** Das Gerät erfüllt keine Funktion, ein Ausschalter wurde betätigt und das Gerät scheint trotz Stromverbrauchs ausgeschaltet.
- **Aus:** Das Gerät erfüllt keine Funktion und verbraucht keinen Strom.

Bereitschaftsbetrieb und Schein-Aus-Betrieb bilden gemeinsam die Kategorie Leerlaufverbrauch (vgl. Abbildung 28).

Abbildung 28: Kategorisierung verschiedener Betriebszustände strombetriebener Haushaltsgeräte



Quelle: ISI et al. 2005

Tabelle 12 und Abbildung 29 zeigen einen Überblick über die Verteilung des Leerlaufverbrauchs über verschiedene Anwendungsfelder bzw. Gerätegruppen. In Summe kann im Bereich der Privathaushalte pro Jahr ein Stromverbrauch von rund 14,5 TWh dem Leerlaufbetrieb zugeordnet werden. Dies entspricht in etwa 10 % des Gesamtverbrauchs in diesem Verbrauchssegment. Knapp über die Hälfte des Leerlaufverbrauchs resultiert aus dem Bereich der Unterhaltungselektronik, gefolgt von IKT-Anwendungen (v.a. Computer+Zubehör sowie Telefonie), Küche (hier v.a. "neuere" Anwendungen wie Kaffee/Esspresso-Automaten

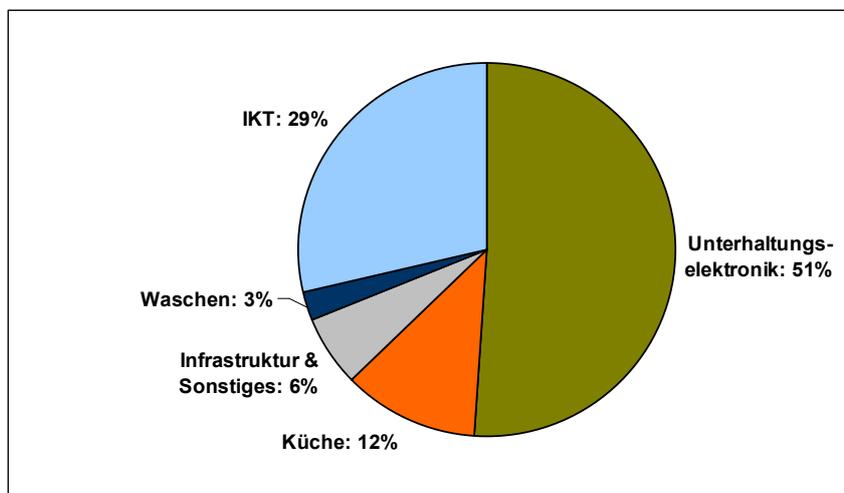
und Mikrowellengeräte sowie Geräte mit vielen Zusatzfunktionen wie moderne Elektroherde). Wie in den vorangegangenen Abschnitten gezeigt, übersteigt bei einigen Gerätegruppen der Leerlaufverbrauch den Stromverbrauch im Normalbetrieb um ein Vielfaches.

Tabelle 12: Übersicht über die Verteilung des Leerlaufverbrauchs auf verschiedene Anwendungsfelder bzw. Gerätegruppen (Stand 2004)

Anwendungsfeld/ Gerätegruppe	Leerlaufverbrauch pro Jahr
	GWh/a
Unterhaltungselektronik	7.400
davon TV-Geräte	2.770
davon Audio-Geräte	2.750
davon Video-Geräte	1.180
davon TV-Infrastruktur	480
davon Sonstige	210
IKT	4.160
davon Computer+Zubehör	2.570
davon Telefon (Festnetz+mobil)	1.420
davon Kommunikation Infrastruktur	140
davon Sonstige	20
Küche	1.710
davon Herd	500
davon Mikrowelle	400
davon Kaffee/Esspresso-Maschinen	590
davon Sonstige	220
Infrastruktur & Sonstiges	870
Waschen	370
Summe	14.510

Quelle: ISI et al. 2005

Abbildung 29: Übersicht über die Verteilung des Leerlaufverbrauchs auf verschiedene Anwendungsfelder bzw. Gerätgruppen (Stand 2004)



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von ISI et al. 2005

Die Leerlaufverbräuche ergeben sich aus einem Zusammenwirken verschiedener Faktoren. Darunter fallen

- technologisch bedingte Faktoren: Bei zahlreichen strombetriebenen Geräten (v.a. im Bereich der Unterhaltungselektronik) befindet sich der Aus-Schalter auf der Niederspannungsseite des Geräts, also "hinter" dem Transformator. In diesem Fall werden beim Ausschalten eines Geräts nicht alle stromverbrauchenden Komponenten vom Netz getrennt und es tritt ein Schein-Aus-Verbrauch auf. Viele Verbraucher sind sich dieser Problematik nicht bewusst. Dazu kommt, dass zahlreiche Geräte über gar keinen Aus-Schalter mehr verfügen. Damit laufen diese Geräte permanent im Normal- oder Bereitschaftsbetrieb und lassen sich nur durch eine schaltbare Steckerleiste oder manuell vom Netz trennen. Teilweise verlieren sie dadurch jedoch ihre voreingestellte Programmierung.
- verhaltensbedingte Faktoren: Trotz Kenntnis der Leerlaufverlustproblematik sind viele Verbraucher nicht bereit oder zu bequem, eine der Optionen (Ziehen des Netzsteckers, Verwendung schaltbarer Steckerleisten) zu nutzen, ein strombetriebenes Gerät komplett vom Netz zu trennen.

3 Einsparpotenziale beim Stromverbrauch privater Haushalte

3.1 Methodisches Vorgehen

Die Ausweisung der Stromeinsparpotenziale erfolgt anhand der gleichen Strukturierung in verschiedene Anwendungsfelder und Gerätegruppen, wie sie in den vorangegangenen Abschnitten zugrunde gelegt wurde.

Die Potenzialanalyse stellt dabei den Verbraucher in den Mittelpunkt. Untersucht werden insbesondere die Potenziale, die auf der Ebene der Privathaushalte, also durch aktives Handeln der Verbraucher erschlossen werden können. Es ist unbestritten, dass die Erschließung einiger Potenziale leichter auf der Ebene der Geräteherstellung erreicht werden könnte (z.B. die Reduktion des Leerlaufverbrauchs vieler Elektrogeräte), aus der Perspektive der politischen Steuerung hier also Maßnahmen im Mittelpunkt stehen sollten, die v.a. technologische Mindeststandards ins Visier nehmen. Für viele der hier untersuchten stromverbrauchenden Geräte liegt die ordnungsrechtliche Kompetenz für das Setzen von Mindeststandards allerdings auf der Ebene der EU.¹⁵ Da der Fokus des Forschungsprojektes TRANSPOSE allerdings (insoweit politische Interventionsmöglichkeiten betroffen sind) auf der Ebene der nationalen Politikgestaltung liegt, werden diejenigen Potenziale, die theoretisch durch EU-Mindeststandards erschlossen werden könnten, nicht explizit ausgewiesen.

Bei der Darstellung der Stromsparpotenziale wird eine Differenzierung nach technischen Potenzialen, die sich durch investives Verhalten erschließen lassen, sowie nutzungsbedingten Potenzialen vorgenommen:

1. Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Dieses umfasst Maßnahmen, bei denen der spezifische Stromverbrauch für eine bestimmte Dienstleistung durch eine investive Maßnahme (ohne grundlegende Änderung der Nutzungsroutinen) reduziert wird. Hierbei geht es z.B. um den Austausch ineffizienter Elektrogeräte zugunsten effizienter Bestgeräte oder die Wahl zwischen einem Best-Gerät oder einem aus Effizienzgesichtspunkten Durchschnittsgerät im Falle einer Geräteneuanschaffung bei weitgehend gleicher Funktionalität (bei TV-Geräten also beispielsweise bei gleicher Bildschirmdiagonale).

Dabei wird die theoretisch maximal erzielbare Stromeinsparmenge ausgewiesen, d.h. etwaige ökonomische Randbedingungen werden weitgehend ignoriert. Übertragen auf das Beispiel des Geräteausbaus bedeutet dies, dass das theoretische Einsparpotenzial z.B. nicht berücksichtigt, wie sich die Altersstruktur des Geräteparks eines Haushalts

¹⁵ Dies geschieht zum Beispiel derzeit im Rahmen der Umsetzung der EU-Richtlinie (2005/32/EG) zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte.

zusammensetzt. Bei der Potenzialausweisung wird also nicht unterschieden, ob ein Haushalt ein bestimmtes Elektrogerät gerade erst neu angeschafft hat oder infolge des Alters des Bestandsgeräts ohnehin ein Austausch ansteht.

Zu den investiv adressierbaren Einsparpotenzialen werden für die aus Potenzialsicht wichtigsten Gerätegruppen Überlegungen und Beispielrechnungen zur Wirtschaftlichkeit der damit verbundenen Investitionen angestellt. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgen dabei aus der Perspektive eines Privathaushalts. In einigen Fällen wird dabei die Anschaffung eines Best-Geräts mit einem marktüblichen Neugerät verglichen, für einige Geräte wird auch untersucht, ob sich ein vorzeitiger Geräteaustausch lohnt. Etwaige Fördermöglichkeiten (z.B. öffentliche monetäre Zuschüsse) werden dabei nicht berücksichtigt. Angaben zu Jahreskosten basieren auf einer einfachen Annuitätenrechnung unter statischer Zugrundelegung heutiger durchschnittlicher Energiepreise sowie Umlage der Investitionskosten auf die durchschnittliche Nutzungsdauer eines Geräts.¹⁶ Die Jahreskosten umfassen dabei in der Regel den Kapitaldienst für die Geräteanschaffung, laufende Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie die Brennstoffkosten.

Die Angaben zur Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme geben zum einen Hinweise darauf, an welchen Stellen im Haushalt Stromeinsparungen günstig realisiert werden können.¹⁷ Aus der Perspektive der Policy-Gestaltung dienen sie zum anderen als ein wichtiger Indikator, an welchen Stellen der politische Interventionsrahmen eine finanzielle Förderkomponente aufnehmen bzw. an welchen Stellen stärker auf nicht-monetäre Instrumente wie beispielsweise Information und Beratung, Aus- und Weiterbildung gesetzt werden sollte.

2. Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Dieses umfasst Maßnahmen, bei denen der Stromverbrauch zur Erbringung einer gewünschten Dienstleistung (z.B. Aufbewahrung von Nahrungsmitteln, Zubereitung von Speisen, saubere und trockene Wäsche) durch reines Ändern der Nutzungsroutinen reduziert wird. Aus der rein ökonomischen Perspektive ist dieses Potenzial per definitio-

¹⁶ Es muss darauf hingewiesen werden, dass sich die dabei angestellten Aussagen zur Wirtschaftlichkeit nicht eins zu eins auf jeden einzelnen Haushalt übertragen lassen. Aus der individuellen Perspektive eines Haushalts unterliegt die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme vielmehr zahlreichen Einflussgrößen, die in Bezug auf die Pauschalaussagen auch zu abweichenden Ergebnissen führen können. Beim Austausch eines Haushaltsgeräts umfassen die Einflussgrößen beispielsweise das Alter des Bestandsgeräts (Berücksichtigung eines Restwerts?), die individuelle Geräteperformance (Effizienzklasse des Bestandsgeräts?), die antizipierte Strompreisentwicklung, den Zugang zu Fördermöglichkeiten, Zugangsmöglichkeiten zu einer Fremdfinanzierung (wichtig bei hochinvestiven Maßnahmen), die Geometrie der Wohnung (Gibt es ein passendes Best-Gerät bei beschränktem Platzangebot?).

¹⁷ Dabei ist allerdings zu beachten, dass sich Privathaushalte in der Regel nur bedingt ökonomisch rational verhalten, d.h. Einsparpotenziale noch lange nicht erschlossen werden, selbst wenn dies wirtschaftlich wäre. Dies gilt insbesondere bei kleineren Investitionen. Aus der Perspektive eines Durchschnittshaushalts ist die fehlende Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme also nur ein Hemmnis. Weitere Hemmnisse umfassen z.B. fehlende Motivation und Information, Angst vor neuen Technologien (bei gleichzeitiger Abkehr vom "Bewährten") und die Investor/Nutzer-Problematik (gespaltene Anreizsysteme, vgl. Kapitel 3.2.1.1).

nem immer wirtschaftlich, da es mit keinem monetären Aufwand einhergeht. Unter die verhaltensbedingten Potenziale fallen auch Maßnahmen, die im kleininvestiven Bereich (z.B. Kauf einer schaltbaren Steckerleiste) anzusiedeln sind, die allerdings neben dem einmaligen Kauf auch eine periodische Nutzung (also eine geänderte Routine) erfordern, um einen fortdauernden Einspareffekt zu erzielen. Hierbei handelt es sich um kleinere Anschaffungen, die in der Regel ohne weitere Überlegungen aus dem monatlichen Budget finanziert werden können, das für Haushaltsaufwendungen zur Verfügung steht.

Alle Potenziale werden als statisches Potenzial ausgewiesen. Darunter fällt jene Stromeinsparung, welche gegenüber dem in Kapitel 2.3 beschriebenen Ist-Zustand statisch, also ohne gesonderte Berücksichtigung des technologischen Fortschritts (auch nicht des autonomen technischen Fortschritts) und ohne Berücksichtigung der antizipierten Entwicklung bei den Ausstattungsraten (vgl. hierzu z.B. ISI et al. 2005) zu erzielen ist.¹⁸

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die in den folgenden Kapiteln ausgewiesenen Einsparpotenziale innerhalb einer Gerätegruppe nicht automatisch addiert werden dürfen. D.h. das Gesamtpotenzial aus allen Maßnahmen entspricht nicht der Summe aller Einzelpotenziale. Ersetzt beispielsweise ein Haushalt seinen Kühlschrank durch ein Gerät der Effizienzklasse A++, verringert sich dadurch automatisch - bedingt durch den dann niedrigeren Ausgangswert - das Einsparpotenzial, das sich durch ein geändertes Nutzungsverhalten erschließen lässt. Vergleichbare Überlagerungseffekte gibt es auch innerhalb der nutzungsbedingten Potenziale innerhalb eines Anwendungsfelds. Beispielsweise lässt sich im Anwendungsfeld Waschen der Stromverbrauch sowohl durch eine optimierte Beladung der Waschmaschine als auch durch eine optimierte Wahl der Waschtemperatur reduzieren. Die hypothetische Summe der Einspareffekte aus den beiden Einzelmaßnahmen ist größer, als wenn beide Maßnahmen gleichzeitig umgesetzt werden (bei gleichzeitiger Umsetzung bezieht sich der relative Einspareffekt der zweiten Maßnahme auf einen infolge der ersten Maßnahme induzierten niedrigeren Ausgangswert).¹⁹

Damit dürfen auch nicht die Summenpotenziale aus investivem Verhalten und geändertem Nutzungsverhalten miteinander addiert werden (vgl. Kapitel 3.10).

¹⁸ Im Gegensatz dazu stünde eine dynamische Potenzialausweisung. Diese gibt das Stromsparerpotenzial gegenüber einer antizipierten Trendentwicklung an. Die Trendentwicklung wiederum würde u.a. Annahmen zur Entwicklung der Ausstattungsraten und von Gebrauchsmustern sowie des technologischen Fortschritts und der damit einhergehenden spezifischen Verbrauchsentwicklung bei Elektrogeräten unterliegen.

¹⁹ Das Summenpotenzial aus verschiedenen Maßnahmen innerhalb eines Anwendungsfelds lässt sich durch ein "Hintereinanderschalten" der Maßnahmen ermitteln. Dabei wird zunächst der Stromeinspareffekt der ersten Maßnahme ermittelt. Ausgehend von dem sich daraus ableitenden reduzierten Jahresstromverbrauch lässt sich in einem nächsten Schritt die Einsparung abschätzen, die sich zusätzlich aus der zweiten Maßnahme ergibt.

3.2 Stromheizung

3.2.1 Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Zu Heizzwecken wird in Deutschland derzeit eine Strommenge von rund 25,8 TWh/a eingesetzt (s.o.). Davon gehen rund 1,2 TWh in den Betrieb von elektrischen Wärmepumpen. Es verbleibt also eine Strommenge von rund 24,6 TWh, die pro Jahr durch Nachtspeicheröfen und elektrische Direktheizungen verbraucht wird. Theoretisch ließe sich diese gesamte Strommenge dadurch substituieren, dass die entsprechenden Gebäude auf ein nicht-elektrisches Heizsystem umgerüstet werden. Der Umstieg auf ein nicht-elektrisches Heizsystem geht allerdings mit einer Verschiebung im Energieträgermix für die Raumwärmeerzeugung einher. D.h. anstelle des wegfallenden Strombedarfs tritt ein Mehrverbrauch von wahlweise Erdgas, Heizöl oder erneuerbarer Energien. Unter der Annahme eines Substitutionssplits von 55 % Erdgas, 35 % Heizöl und 10 % erneuerbarer Energien entspricht der Austausch aller elektrischen Widerstandsheizungen primärenergetisch einer Einsparung von rund 60 %.

Alternativ ergeben sich stromseitige Einsparpotenziale durch eine energetische Teil- oder Komplettsanierung der Gebäudehülle. Werden beispielsweise Außenwände oder Dach eines Gebäudes gedämmt oder die Fenster durch energiesparende Fenster ersetzt, reduziert sich bei gleichbleibendem Nutzungsverhalten der Heizwärme- und damit der Stromverbrauch des betroffenen Gebäudes. Rein auf die bauliche Seite eines Gebäudes bezogenen Maßnahmen liegen allerdings nicht im Fokus des Verbundprojektes, sie werden daher hier nicht weiter betrachtet.

Die Substitution einer Stromheizung ist jedoch mit zahlreichen Hemmnissen belegt, dies gilt insbesondere für Gebäude mit Einzel- oder Mehrraumöfen. Gebäude mit elektrischen Widerstandsheizungen verfügen in der Regel über keine Heizungsrohre und auch keinen Kamin. Der Einbau eines wasserbasierten Heizungssystems (z.B. einer Gasetagenheizung anstelle von Nachtspeicheröfen) ist damit sowohl mit erheblichen Umbaumaßnahmen (z.B. Decken- und Wanddurchstöße in den Wohnungen eines Gebäudes) als auch Kosten verbunden. Weitere Restriktionen ergeben sich daraus, dass in vielen Wohngebieten kein Gasnetz verlegt und somit das Portfolio möglicher Substitutionsalternativen von vorneherein eingeschränkt ist. Der bauliche Aufwand bedeutet eine große Belastung für die Bewohner, was insbesondere im Mietwohnungsbaubereich ein erhebliches Hemmnis darstellt.

3.2.1.1. Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

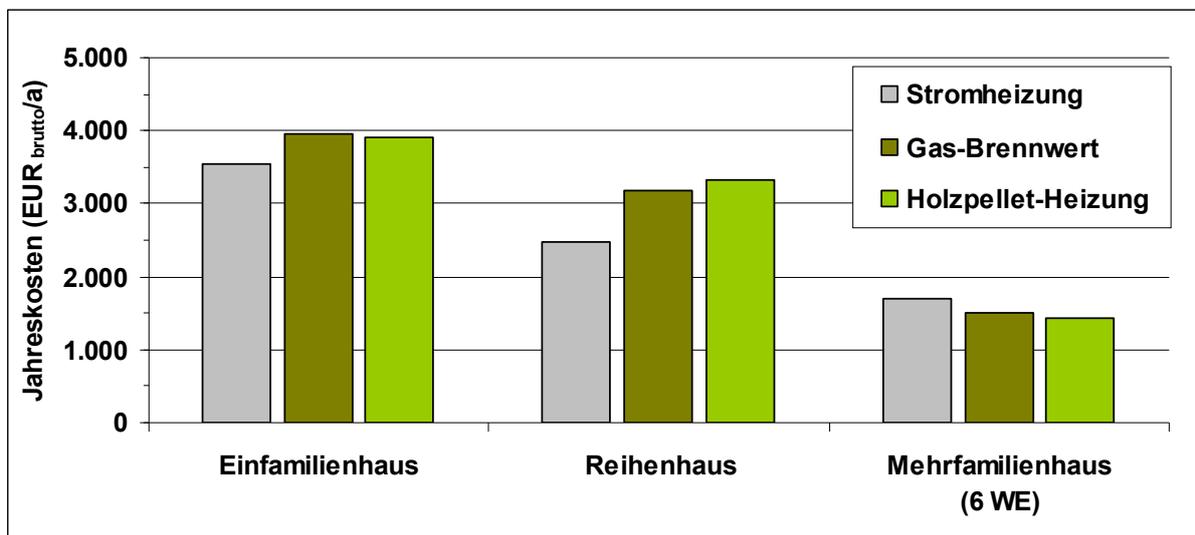
Vor dem Hintergrund des baulichen Eingriffs und den damit verbundenen Nachteilen wie Schmutz und Lärm ist es sinnvoll, die Umstellung einer Elektroheizung auf ein wasserbasiertes Heizungssystem insbesondere dann durchzuführen, wenn ein Gebäude ohnehin einer Vollsanierung unterzogen wird.

Aus der Perspektive eines Haushalts ist die Umstellung nur dann wirtschaftlich, wenn ohnedies ein Geräteaustausch ansteht oder notwendig ist, d.h. die bestehenden elektrischen

Heizaggregate ohnedies ersetzt werden müssen. In einer solchen Situation stellt sich die Frage, welche der verschiedenen Heizungssystemalternativen die wirtschaftlichste Option darstellen würde (s.u.). Hingegen wäre die Umstellung des Heizungssystems, wenn kein "Ohnehin-Austausch" anstünde, nicht wirtschaftlich, auch nicht bei Inanspruchnahme staatlicher Förderprogramme wie des CO₂-Gebäudesanierungsprogramms der KfW.

Steht jedoch ohnehin der Austausch von Elektrospeicheröfen an, kann zumindest bei größeren Gebäuden (Mehrfamilienhäusern) die Umstellung auf ein wasserbasiertes Heizsystem robust die wirtschaftlichere Variante darstellen. Abbildung 30 illustriert hierzu die Jahreskosten für die Raumwärmebereitstellung für verschiedene Heizungsoptionen: Option 1: Ersatz der alten Nachtspeicheröfen durch neue Aggregate, Option 2: Umstellung auf Gas-Brennwert, Option 3: Umstellung auf eine Holzpellettheizung. Optionen 2 und 3 berücksichtigen dabei auch die Kosten, die beispielsweise für die Verlegung des Rohrleitungssystems anfallen würden (Kosten, die in Option 1 nicht anfallen). Es wird deutlich, dass die Heizsystemumstellung insbesondere bei größeren Gebäuden aus der wirtschaftlichen Perspektive des Gesamtgebäudes attraktiv ist. Dies gilt allerdings nicht für kleinere Gebäude (in Abbildung 30 repräsentiert durch Einfamilien- und Reihenhäuser). In diesem Falle reichen oftmals selbst die heute bestehenden öffentlichen Förderprogramme nicht aus, eine Wirtschaftlichkeit der entsprechenden Maßnahme darzustellen.

Abbildung 30: Vergleich der Jahreskosten für verschiedene Alternativen der Substitution einer Elektroheizung in Abhängigkeit vom Gebäudetyp (Jahreskosten pro Wohneinheit)²⁰



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

²⁰ Angabe von Bruttokosten; Berechnung nur heizungsseitig (d.h. keine Berücksichtigung der Warmwassererzeugung und -verteilung) und für selbstgenutzte Gebäude; Kostenansätze nach IZES (2007); Zinssatz 6%; Lebensdauer der verschiedenen Heizsysteme zwischen 15 und 20 Jahren; Zugrundelegung heutiger Energiepreise.

Gelten obige Ausführungen weitgehend uneingeschränkt für den Fall eigengenutzter Gebäude, stellt sich die Wirtschaftlichkeit im Mietwohnungssektor anders dar. Hier sind die unterschiedlichen Perspektiven und Interessenslagen der Mieter und Vermieter zu beachten. Dabei muss untersucht werden, wie sich die Kosten der Heizungsumstellung sowie der Nutzen (z.B. in Form sich reduzierender Heizkosten) auf die beiden Parteien verteilen. Beide in Abbildung 30 dargestellten nicht elektrischen Ersatzoptionen (Gas-Brennwert, Pelletheizung) gehen mit höheren Investitionskosten für den Vermieter einher (höhere Kosten des Heizkessels sowie Umbaukosten z.B. für die Verlegung der Rohrleitungen) als der Beibehalt der Stromheizung. Gleichzeitig führen sie für den Mieter zu geringeren variablen Kosten (Heizkosten), da die spezifischen Brennstoffkosten für die Wärmeerzeugung für Heizsysteme auf der Basis von Erdgas oder Holzpellets geringer sind als die geläufigen Nachttarife, die für Nachtspeicheröfen anfallen.

Die mögliche Umlegbarkeit der Investitionskosten auf die Mieter regelt das Mietrecht. Bzgl. eines etwaigen Wohnwertverbesserungszuschlags heißt es in § 559 Abs. 1 BGB:

„(1) Hat der Vermieter bauliche Maßnahmen durchgeführt, die den Gebrauchswert der Mietsache nachhaltig erhöhen, die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer verbessern oder nachhaltig Einsparungen von Energie oder Wasser bewirken (Modernisierung), oder hat er andere bauliche Maßnahmen auf Grund von Umständen durchgeführt, die er nicht zu vertreten hat, so kann er die jährliche Miete um 11 vom Hundert der für die Wohnung aufgewendeten Kosten erhöhen.“

Inwieweit diese Vorschrift auf Maßnahmen zum Austausch von Stromheizungen anwendbar ist, ist vom Wortlaut des Textes her undeutlich. Da es sich beim Austausch einer Stromheizung lediglich um eine Energieträgerumstellung handelt, bedeutet dies zumindest um keine Einsparung von Endenergie. Der Bundesgerichtshof kam jedoch im Rahmen einer Grundsatzentscheidung im September 2008 zu dem Ergebnis, dass für die Auslegung der Vorschrift die Primärenergiebilanz ausschlaggebend ist.²¹ Da die Umstellung einer Stromheizung auf einen anderen Energieträger aus primärenergetischer Perspektive eine Einsparung bedeutet (s.o.), wären die entsprechenden Umrüstkosten also umlagefähig.

Auch wenn die Kostenumlage im Rahmen des Mietrechts zulässig ist, ist eine solche in vielen Regionen Deutschlands alleine aufgrund der Marktlage auf dem Wohnungsmarkt nicht oder nur schwer durchsetzbar. Insbesondere dort, wo ein Mietermarkt²² vorliegt, können sich die Vermieter nur eingeschränkt darauf verlassen, eine Investition in eine teurere Heizungsanlage durch eine entsprechende Mietkostenumlage refinanzieren zu können. Selbst

²¹ BGH Urteil vom 24.09.2008 (VIII ZR 275/07); Die Entscheidung des BGH bezieht sich zwar alleine auf die Umstellung einer Gas-Etagenheizung auf Fernwärme. Der Begründungskontext des Urteils legt allerdings den Schluss nahe, auch bei anderen Konstellationen, also auch bei Stromheizungen, Anwendung zu finden.

²² Ein Mietermarkt ist durch einen momentanen Überschuss an Wohnraum und überwiegend geringe bis durchschnittliche Mietpreise gekennzeichnet. Der Mieter hat letztendlich die Wahl zwischen verschiedenen Mietobjekten und kann dabei in der Regel seine spezifischen Ansprüche an die Ausstattung einer Wohnung gut artikulieren. Beispiele für einen Mietermarkt sind vor allem die strukturschwachen Regionen in den neuen Bundesländern und einige westdeutsche Kommunen (z.B. im Ruhrgebiet).

bei Maßnahmen, die sich über eine entsprechende Mietkostenumlage im Rahmen üblicher Abschreibungszeiten refinanzieren ließen und auf Seiten der Mieter zu einer Senkung der Warmmiete führen, kann es nicht ausreichen, allein auf die abstrakten Wirtschaftlichkeitsdaten des Heizungsaustauschs zu blicken. Vielmehr müssen in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auch Marktrisiken wie der mögliche Verlust von Mietern und damit die drohende Unrentabilität des Objekts mit einkalkuliert werden. Auf der anderen Seite mag eine gute Heizungsanlage (und damit geringe Heizkosten und ein gutes Raumklima) gerade in einem Mietermarkt ein Herausstellungsmerkmal darstellen, um ein Objekt für Mieter interessant zu machen.

3.2.2 Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Im Bereich der Raumwärme sind die nutzungsbedingten Einsparpotenziale zwischen einem wasserbasierten (in der Regel fossil befeuerten) und einem elektrischen Heizsystem in vielen Bereichen deckungsgleich. Dabei geht es im Wesentlichen um ein richtiges Lüftungsverhalten sowie die korrekte Wahl der Raumtemperatur (Faustformel: pro Grad Absenkung der Raumtemperatur erreicht man eine Heizwärmeeinsparung von rund 6 %; bei Elektroheizungen ist dies gleichbedeutend mit der Stromeinsparung). Ferner lässt sich durch den Verzicht auf den Einsatz elektrischer Kleinheizgeräte (z.B. Heizlüfter, mobile Elektroheizkörper) ebenfalls Strom einsparen. Beispielsweise summiert sich der Stromverbrauch eines mobilen Elektroheizkörpers (Anschlussleitung von 2 kW, Betriebszeit von drei Stunden pro Tag in der Winterperiode) auf rund 900 kWh pro Jahr.

3.3 Elektrische Warmwasserbereitung

3.3.1 Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Im Prinzip lassen sich alle Wohnungen mit elektrischer Warmwasserversorgung auf ein nicht strombasiertes System umstellen, entsprechend liegt das theoretische technische Einsparpotenzial bei rund 20,1 TWh/a. Analog den Stromheizungen geht auch hier der Umstieg auf ein nicht elektrisches System mit einer Verschiebung des Energieträgermixes in der Warmwasserbereitung und damit einer Primärenergieträgerverschiebung einher. Unter der Annahme eines Substitutionssplits von 55 % Erdgas, 25 % Heizöl und 20 % erneuerbaren Energien entspricht der Austausch aller elektrischen Warmwassererzeuger primärenergetisch einer Einsparung von rund 65 %.

Die technischen Austauschoptionen einer elektrischen Warmwasserversorgung hängen stark von der Art des Heizungssystems ab. Bei Gebäuden mit Anschluss an eine nicht elektrische Etagenheizung (z.B. Gastherme), Zentralheizung oder an ein Fernwärmesystem stellt der Anschluss der Warmwasserversorgung auf das Heizungssystem einen weitaus geringeren Aufwand dar, als wenn ein Gebäude auch die Raumwärme mittels Strom erzeugt. Wie in Kapitel 2.3.2 dargestellt, liegt erstgenannter Fall in rund 80 % aller Wohnungen mit elektrischer Warmwassererzeugung vor. Im Falle von Mehrfamilienhäusern mit Zentralheizung müssen für die Umstellung ein ausreichend dimensionierter Brauchwasserspeicher sowie

die Warmwasserleitungen installiert werden. Hier ergeben sich vielmehr Probleme in der zeitlichen Koordination einer solchen Maßnahme (gleichzeitiger Austausch der Elektroboiler in allen Wohnungen) für das gesamte Gebäude.²³

Bei Gebäuden mit elektrischer Raumwärme- und Warmwassererzeugung sollte die Substitution der strombasierten Systeme möglichst als Gesamtpaket angegangen werden. Als Substitutionsalternative bieten sich alle Optionen an, die im individuellen Fall für den Austausch der Stromheizung zur Verfügung stehen. Die Warmwasserversorgung würde dabei jeweils an das Heizungssystem angekoppelt werden. Zwar ist im Einzelfall auch der singuläre Umstieg der elektrischen Warmwasserversorgung auf eine solarthermische oder wärmepumpengespeiste Versorgung denkbar. Im Falle von Wärmepumpen muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Umwandlungseffizienz infolge der hohen benötigten Warmwassertemperaturen recht gering ist.

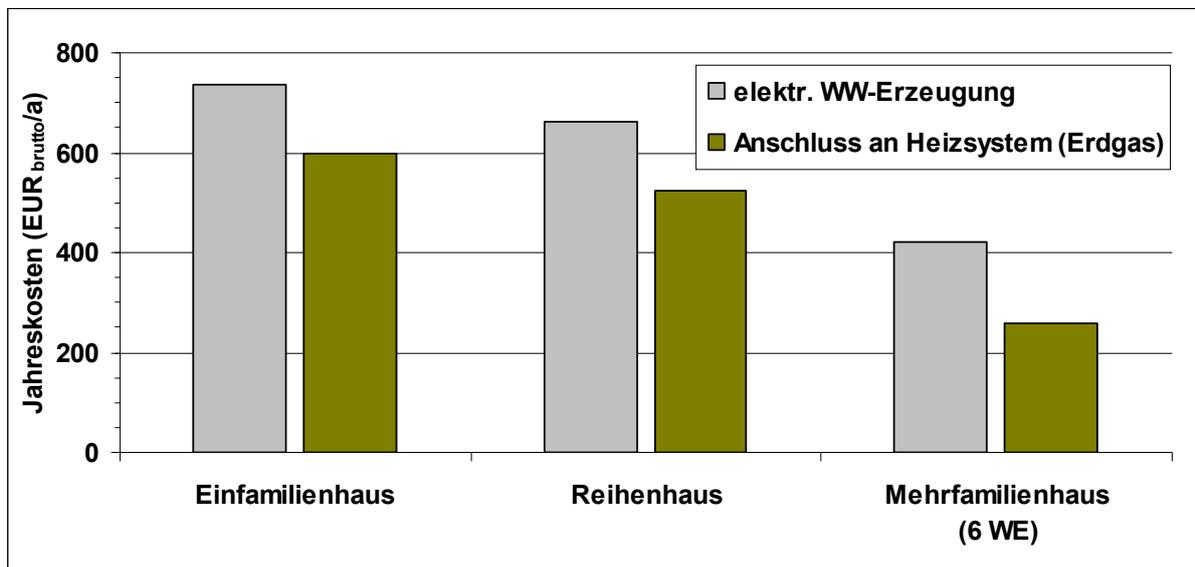
3.3.1.1. Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bezieht sich auf den Fall, dass ein vorhandener Elektroboiler oder elektrischer Durchlauferhitzer entfernt und dafür die Warmwasserversorgung an das wasserbasierte Heizungssystem angeschlossen wird. Kosten entstehen hier insbesondere durch einen ausreichend dimensionierten Brauchwasserspeicher sowie die Verlegung neuer Wasserleitungen zwischen dem Heizkessel und dem bisherigen Standort des Boilers oder des Durchlauferhitzers, alternativ den jeweiligen Entnahmestellen.

Abbildung 31 zeigt einen Vergleich der Jahreskosten für die Warmwassererzeugung mittels eines elektrischen Durchlauferhitzers mit denjenigen Kosten, die im Falle eines Anschlusses der Warmwasserversorgung an ein vorhandenes nicht elektrisches Heizungssystem anfallen würden. Es wird deutlich, dass aus der Gebäudeperspektive die Umstellung für alle Gebäudetypen die wirtschaftlichere Option darstellen würde. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt man für die vorzeitige Substitution, also den Austausch des Durchlauferhitzers (bei gleichzeitigem Anschluss an das Heizungssystem) vor Erreichen seiner Lebensdauer: Alleine die variablen Kosten der elektrischen Warmwassererzeugung (dies sind insbesondere die Stromkosten) sind in etwa gleich groß wie die gesamten Jahreskosten der Alternativvariante (Kapital-, Brennstoff- und Instandhaltungskosten). Sollte also ein nicht elektrisches Heizungssystem vorhanden sein, ist aus der Perspektive eines Haushalts (im Falle eines selbst genutzten Gebäudes) der Anschluss der Warmwasserversorgung an das Heizsystem in der Regel zu jedem Zeitpunkt eine wirtschaftlich lohnende Maßnahme. Für den Mietwohnungsbereich gelten auch in diesem Punkt sinngemäß die Ausführungen aus Kapitel 3.2.1.

²³ Die Umstellung der Warmwasserbereitung eines Mehrfamilienhauses auf den vorhandenen zentralen Heizkessel macht nur im Rahmen einer einmaligen Aktion Sinn. Beispielsweise sollte der zentrale Warmwasserspeicher auf den Warmwasserbedarf des gesamten Gebäudes, also aller Wohnungen ausgelegt werden.

Abbildung 31: Vergleich der Jahreskosten der Warmwasserbereitung in Abhängigkeit vom Erzeugungssystem und Gebäudetyp (Jahreskosten pro Wohneinheit)²⁴



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

3.3.2 Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Auch hier decken sich die nutzungsbedingten Einsparpotenziale mit denjenigen, die sich im Falle der Warmwasserbereitung auf der Basis eines konventionell befeuerten Warmwassersystems identifizieren lassen. Darunter fallen u.a.

- Verbrauchsminderung (z.B. kürzer Duschen, Duschen statt Baden)
- Einsatz wassersparender Armaturen
- Bei elektrischen Untertischboilern Einsatz von Zeitschaltuhren -> bedarfsangepasstes Einschalten
- Bedarfsgerechter Betrieb der Zirkulationspumpe(n)
- Abschalten des Warmwasserboilers bei längerer Abwesenheit
- Bessere Isolierung des Warmwasserspeichers und der Verteilungen

3.4 Haushaltsgeräte Küche

3.4.1 Kühlen und Gefrieren

3.4.1.1. Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Infolge der großen Effizienzgewinne bei Kühl- und Gefriergeräten birgt dieser Bereich ein immenses Stromsparpotenzial. Verbraucht ein durchschnittlicher Kühlschrank im Bestand in

²⁴ Angabe von Bruttokosten; Berechnung nur warmwasserseitig (d.h. keine Berücksichtigung der Raumwärmeerzeugung und -verteilung); Zinssatz 6%; Lebensdauer der verschiedenen Warmwassererzeugungssysteme jeweils 15 Jahre; Verlegung der Wasserleitungen auf Putz; Zugrundelage heutiger Energiepreise.

etwa 290 kWh pro Jahr (Mittelung über Gräte mit und ohne Sternefach), liegt der spezifische Stromverbrauch heutiger A++-Geräte bei rund 130 kWh/a (ASUE 2008). Bei einem Bestand von rund 38,5 Mio. Kühlschränken und der Annahme, dass alle Geräte durch Bestgeräte ersetzt werden, ergibt sich daraus ein theoretisches technisches Einsparpotenzial von rund 6,3 TWh/a.²⁵ Bei Gefriergeräten beträgt dieses rund 5,3 TWh/a (spezifischer Durchschnittsverbrauch Bestand: 390 kWh/a, spezifischer Verbrauch A++-Geräte: 150 kWh/a; ASUE 2008), bei Kühl-Gefrier-Kombinationen ca. 2,5 TWh/a (spezifischer Durchschnittsverbrauch Bestand: 390 kWh/a, spezifischer Verbrauch A++-Geräte: 190 kWh/a; ASUE 2008). Im Bereich Kühlen und Gefrieren ließen sich damit pro Jahr in Summe rund 14,1 TWh Strom einsparen (relatives Einsparpotenzial 57 %). Dies entspricht rund 10 % des gesamten derzeitigen Stromverbrauchs aller Privathaushalte in Deutschland.

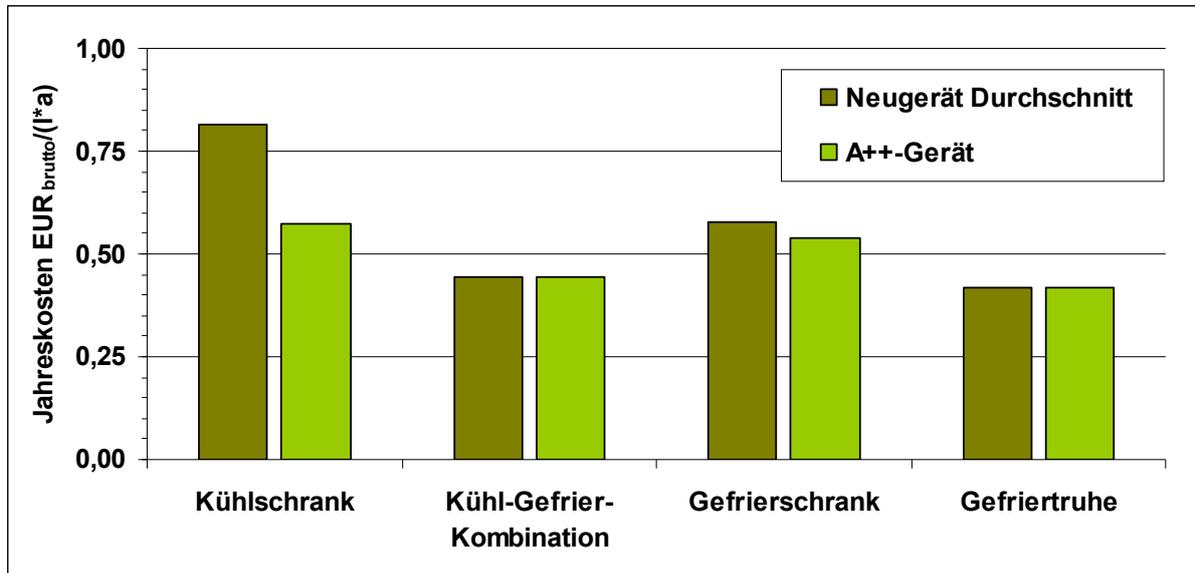
Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Aus der Perspektive eines Privathaushalts bestimmt sich die Wirtschaftlichkeit eines Geräteausstauschs aus den Anschaffungskosten (bzw. den damit verbundenen Finanzierungsbedingungen beispielsweise im Falle eines Ratenkaufs), dem etwaigen Restwert eines Altgeräts, dem spezifischen Stromverbrauch des jeweiligen Geräts sowie dem Strompreis.

Die Anschaffungskosten für Kühl- und Gefriergeräte differieren je nach Geräteart, -größe, Ausstattung oder Marke erheblich. Pauschalisierte Aussagen zur Wirtschaftlichkeit sind aufgrund der großen Spannbreite deswegen kaum machbar. Allerdings lassen sich zumindest innerhalb des Angebots einzelner Gerätehersteller Aussagen über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Kaufoptionen anstellen. Abbildung 32 zeigt hierzu exemplarisch die spezifischen Jahreskosten (Euro pro Liter Nutzinhalt) für verschiedene Kühl- und Gefriergeräte. Verglichen wird jeweils ein A++-Gerät mit einem marktüblichen A-Gerät ein und desselben Geräteherstellers. Es wird deutlich, dass bei Anlegung der üblichen Nutzungsdauern die in der Regel höheren Anschaffungskosten für ein A++-Gerät durch die eingesparten Stromkosten überkompensiert werden, d.h. sich aus der Perspektive eines Privathaushalts der Kauf eines (vermeintlich teureren) A++-Geräts in der Regel lohnt.

²⁵ Es wird dabei ferner angenommen, dass Einbaugeräte, für die abmessungsbedingt derzeit kein A++-Gerät erhältlich ist, durch entsprechend sparsame Tisch-/Unterbaugeräte bzw. Standgeräte ersetzt werden.

Abbildung 32: Exemplarischer Vergleich der spezifischen Jahreskosten (pro Liter Nutzinhalt) von auf dem Markt angebotenen A++-Kühl-/Gefriergeräten zu typischen Neugeräten (in der Regel Effizienzklasse A), jeweils des gleichen Herstellers²⁶



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

Wird ein Kühlgerät vorzeitig, also vor Erreichen der antizipierten Lebensdauer ausgetauscht, muss auch der Restwert des Altgeräts in das Wirtschaftlichkeitskalkül mit einbezogen werden. Beispielrechnungen (z.B. Rüdener/Gensch 2005) zeigen, dass sich aus der Haushaltsperspektive oftmals auch ein vorzeitiger Geräteaustausch lohnt. Diese Aussage ist weitgehend robust, falls ein Bestandsgerät älter als 15 Jahre alt ist, oftmals allerdings auch schon bei wesentlich kürzeren Laufzeiten. Mit anderen Worten: Tauscht ein Haushalt beispielsweise einen zehn Jahre alten Kühlschrank zugunsten eines A++-Geräts aus, kann er damit Geld sparen, da die durch das effizientere Gerät innerhalb seiner Lebensdauer eingesparten Stromkosten sowohl die höheren Anschaffungskosten des Neugeräts als auch die Restwertabschreibung des Altgeräts überkompensieren.

Gleiches gilt auch für die ökologische Bewertung eines vorzeitigen Geräteaustauschs. Nach Rüdener/Gensch (2005) beträgt beispielsweise die energetische Amortisationszeit im Falle eines solchen Austauschs im Regelfall weniger als fünf Jahre (bezogen auf den Primärenergiebedarf), d.h. der energetische Mehraufwand zur Erzeugung des effizienten Neugeräts wird durch die Stromersparung durch dessen Betrieb nach kurzer Zeit kompensiert. Eine vergleichbare Aussage gilt auch für das Treibhauspotenzial.

²⁶ Angabe von Bruttokosten; Zinssatz 6%; Lebensdauer für Kühlschränke und Kühl-Gefrier-Kombinationen 14 Jahre, für Gefrierschränke und -truhen 17 Jahre; Zugrundelegung heutiger Strompreise.

3.4.1.2. Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Im Bereich der Kühl- und Gefriergeräte dominieren zwar die investiven gegenüber den nutzungsbedingten Einsparpotenzialen. Dennoch birgt ein korrektes Nutzungsverhalten auch in diesem Bereich erhebliche Potenziale, Strom zu sparen. Maßnahmen sind z.B.

- Richtige Platzwahl: Aufstellen des Kühl- bzw. Gefriergeräts in unbeheizten Räumen bzw. fern von Wärmequellen.
- Wärmeabfuhr des Kühlgeräts: Freihalten der Lüftungsgitter zur Vermeidung von Wärmestaus, regelmäßiges Reinigen der Lüftungsgitter bzw. des Wärmetauschers.
- Optimierte Temperaturwahl: Eine Innentemperatur von 7°C verringert den Stromverbrauch um rund 15 % gegenüber einer Innentemperatur von 5°C. Die Innentemperatur von Gefriergeräten sollte -18°C nicht unterschreiten.
- Regelmäßiges Abtauen des Gefriergeräts (gilt insbesondere für alte Geräte, die über keine Abtauautomatik verfügen).
- Abschalten des Geräts im Fall längerer Abwesenheit (z.B. Urlaub).
- Im Falle der Neuanschaffung: Wahl eines Kühl- bzw. Gefriergeräts in einer Größe, die den benötigten Bedürfnissen entspricht. Bei Kühlschränken darf ein Gerät der Effizienzklasse A++ pro zusätzlichen 100 Litern Nutzvolumen rund 20 % mehr Strom verbrauchen. Bei Gefrierschränken liegt dieser Wert bei rund 25 % (Öko-Institut 2006a).
- Keine Verwendung des Altgeräts als Zweitgerät. Wenn nur 5 % aller Privathaushalte einen alten Kühlschrank als Zweitgerät verwenden, bedeutet dies einen Mehrverbrauch an Strom von rund 0,4 TWh pro Jahr.
- Verwendung von Geräten mit stromsparenden Sonderfunktionen wie Energiespar-schaltung, Urlaubsprogramm, Gefrierraumteiler, Warnsystemen (beispielsweise bei unverschlossenen Türen), exakten Temperaturregelungen (vgl. Öko-Institut 2006a).

Nach einer eigenen groben Schätzung liegt das rein nutzungsbedingte Einsparpotenzial bei Kühl- und Gefriergeräten bei 20-30 % des aktuellen Stromverbrauchs. Das absolute Stromsparerpotenzial bewegt sich damit zwischen 4,9 TWh und 7,4 TWh pro Jahr.

3.4.2 Kochen/Backen

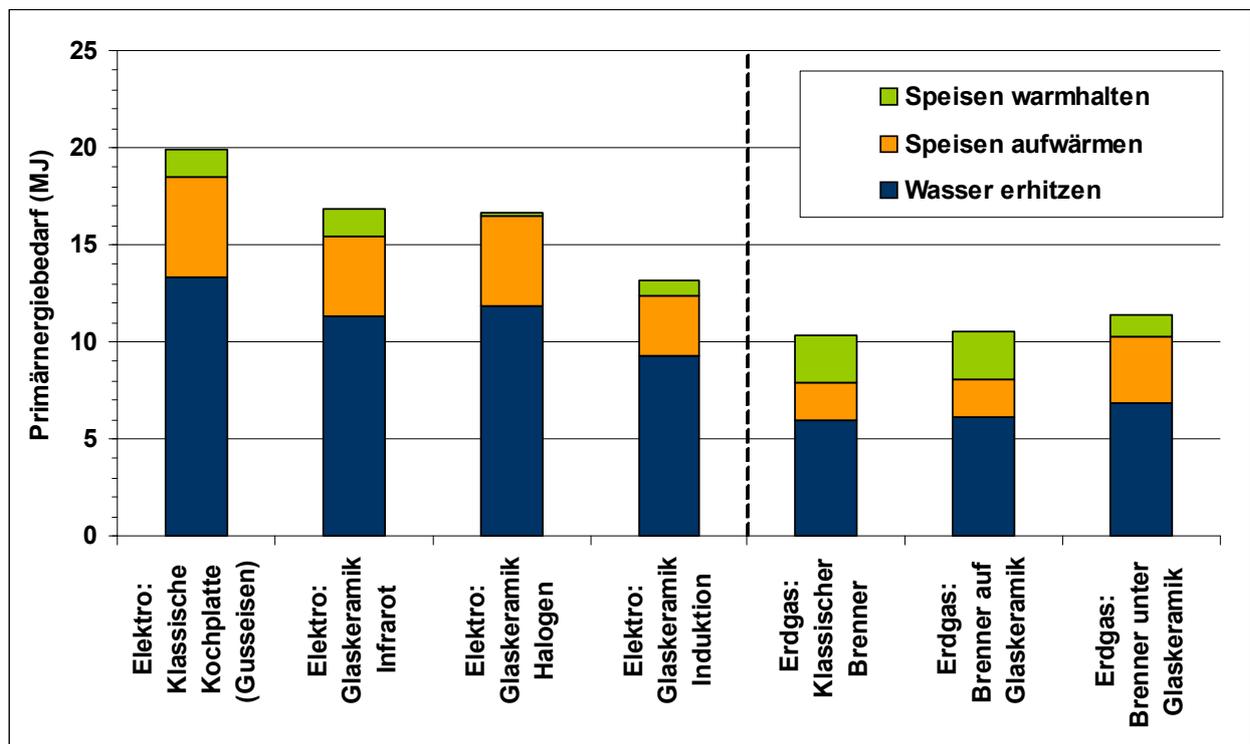
3.4.2.1. Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Hier muss zwischen Kochfeldern und Backöfen unterschieden werden. Abbildung 33 zeigt den Primärenergiebedarf verschiedener Kochfeldtypen für ein Standardkochprogramm.²⁷ Es

²⁷ Das zugrunde gelegte Kochprogramm setzt sich folgendermaßen zusammen (StiWa 2004): (I) Wasser erhitzen (5 mal): 1,5l Wasser in einem Topf ohne Deckel von 15 auf 90°C erhitzen; (II) Speisen aufwärmen (5 mal): Einen Linseneintopf (600g) aus dem Kühlschrank bis auf maximal 80°C aufwärmen; (III) Speisen warmhalten (2 mal): Linseneintopf 45 Min warm halten.

wird deutlich, dass im Einsatz moderner Kochplattentechnologien ein erhebliches Einsparpotenzial liegt. Ersetzt man beispielsweise eine herkömmliche gusseiserne Kochplatte durch ein Glaskeramikkochfeld, lässt sich der Stromverbrauch um rund 15 % (Infrarot und Halogen) reduzieren. Bei Induktionskochplatten liegt das Einsparpotenzial sogar bei 35 %. Unter der Annahme, dass alle klassischen Kochplatten hälftig durch Glaskeramik bzw. Induktionskochplatten ersetzt werden, ergibt sich nach eigenen Abschätzungen ein theoretisches technisches Einsparpotenzial von rund 1,2 TWh/a.

Abbildung 33: Primärenergiebedarf unterschiedlicher Kochfelder bei unterschiedlichen Einsatzzwecken



Quelle: Darstellung des Öko-Instituts auf der Basis von StiWa 2004

Das weitaus größere Einsparpotenzial liegt in dem Umstieg von strom- zu gasbetriebenen Herden bzw. Backöfen. Dabei wird Strom durch Erdgas ersetzt und damit die Primärenergieeffizienz stark erhöht. Derzeit heizt knapp die Hälfte aller Haushalte mit Gas und verfügt demnach über einen Hausanschluss für Erdgas. Angaben darüber, in wieviel Prozent der Haushalte ein Gasanschluss in der Küche vorhanden ist, liegen nicht vor. Allerdings kocht heute schon jeder fünfte Haushalt mit einem Gasherd. Hierbei handelt es sich in der Überzahl um solche Wohnungen, die ohnehin über eine Gasetagenheizung beheizt werden und bei denen somit der Gasanschluss in der Wohnung liegt. Unter der Annahme, dass alle Haushalte mit Gasanschluss, die derzeit noch mit Strom kochen und backen, auf den Energieträger Gas umsteigen (und sich dafür einen Gasanschluss in die Küche legen), könnte rund ein Drittel des Stromverbrauchs für Kochen und Backen reduziert werden. Das techni-

sche Stromsparpotenzial liegt damit bei rund 4,1 TWh/a. Die Primärenergieeffizienz steigt infolge des Energieträgerwechsels um rund 50 % (vgl. Abbildung 33).

Kombiniert man beide Maßnahmen (Wohnungen mit Hausanschluss Erdgas -> Umstieg auf Gasherd; Wohnungen ohne Gasanschluss und klassischer Kochplatte -> Umstieg hälftig auf Glaskeramik bzw. Induktionskochplatten) ergibt sich ein gesamtes technisches Einsparpotenzial von rund 4,8 TWh pro Jahr.

Bei Backöfen benötigen Umluftbacköfen ca. 25-40 % weniger Strom als herkömmliche Backöfen (VZ 2006).

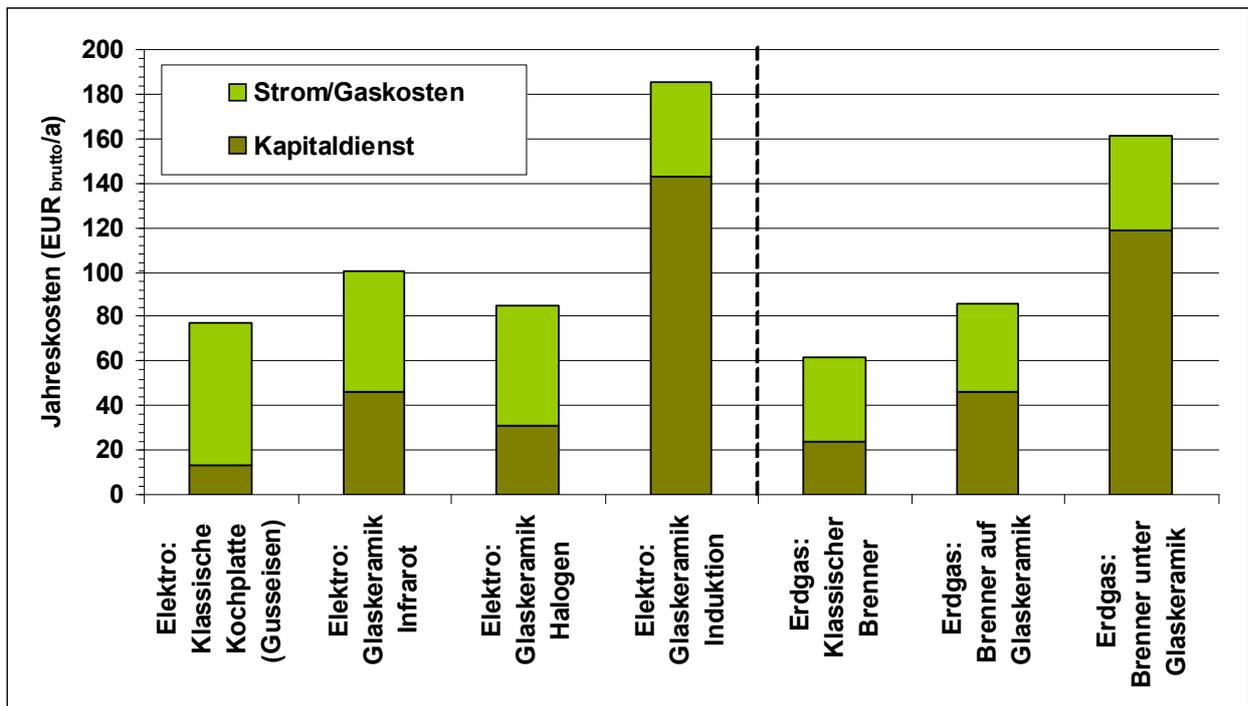
Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Abbildung 34 zeigt die Jahreskosten unterschiedlicher Kochfelder unter Zugrundelegung eines Standard-Kochprogramms. Bei den Elektroherden sticht nur der Induktionsherd hervor. Dessen Jahreskosten liegen um mehr als das Doppelte über denjenigen der Alternativen. Der Grund dafür liegt in den heute noch sehr hohen Anschaffungskosten für diesen Herdtypus. Bei den Gasherden gibt es ebenfalls eine deutliche Spreizung. Vergleicht man die beiden Herdtypen (Elektro und Erdgas) miteinander, ergibt sich auch ein uneinheitliches Bild. Am günstigsten kommt der klassische Gasbrenner, gefolgt von der klassischen Kochplatte (Gusseisen), den Elektro-Halogenherden und den Gasbrennern auf Glaskeramik.

Der Umstieg von einem elektrischen auf einen gasbetriebenen Herd bzw. Backofen ist aus der Haushaltsperspektive jedoch nur dann rentabel, wenn das entsprechende Gebäude ohnehin über einen Gasanschluss verfügt (z.B. für die Heizungsanlage). Die Kosten für einen Gas-Neuanschluss eines Gebäudes an das Gasnetz (soweit in einem Wohngebiet überhaupt ein Gasnetz liegt) belaufen sich auf eine Größenordnung von und 2.500 EUR. Ein Anschluss alleine für die Küche ist somit nicht wirtschaftlich.

Liegt für ein Gebäude ein Gasanschluss vor, hängen die Kosten, die dafür anfallen, einen Anschluss bis in die Küche zu legen, von den lokalen Gegebenheiten ab. Kostenrelevante Einflussparameter sind die notwendige Leitungslänge sowie die Notwendigkeit etwaiger Deckendurchstöße (z.B. bei Mehrfamilienhäusern). Eine pauschale Aussage zur Wirtschaftlichkeit einer solchen Maßnahme kann nicht getroffen werden. Legt man jedoch die Differenzen der Jahreskosten der verschiedenen Herdtypen zugrunde, kann man für den Einzelfall daraus ableiten, in welcher Größenordnung Kosten für den Küchen-Gasanschluss anfallen dürfen, um die Maßnahme wirtschaftlich zu gestalten.

Abbildung 34: Vergleich der Jahreskosten unterschiedlicher Kochfelder unter Zugrundelegung eines Standardkochprogramms²⁸



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

3.4.2.2. Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Im Bereich Kochen und Backen gibt es eine ganze Reihe von rein nutzungsbedingten Einsparpotenzialen (VZ 2006), u.a.

- Deckel auf den Topf: Ohne Kochdeckel steigt der Strombedarf für das Kochen um rund das Dreifache.
- Benutzung von geeignetem Kochgeschirr (u.a. Schnellkochtopf), angepasst auf die Größe der Herdplatte. Ist die Herdplatte ca. 1-2 cm größer als der Topf, steigt der Stromverbrauch um rund 30 %. Unebene Topfböden bedeuten einen Strommehrverbrauch von bis zu 40 %. Schnellkochtöpfe reduzieren den Stromverbrauch um 30 bis 60 %.
- Richtiges Verhältnis von Kochwasser zu Gargut
- Verzicht auf Vorheizen beim Backofen: Verzicht auf Vorheizen spart bis zu 20 % Strom.

Es ist schwierig, die Einsparpotenziale in disaggregierter Form als absolute Werte anzugeben. VZ (2006) schätzt das Einsparpotenzial infolge eines geänderten Nutzungsverhal-

²⁸ Angabe von Bruttokosten; Zugrundelegung des obigen Kochprogramms bei 150 Kochzyklen pro Jahr; Zinssatz 6%; Lebensdauer 12 Jahre; Zugrundelegung heutiger Strompreise.

tens auf rund 30-55 % des aktuellen Stromverbrauchs ab. Nimmt man an, dass rund 75 % des Stromverbrauchs im Anwendungsfeld Küche auf den Bereich Kochen und der Rest auf das Backen fällt, entspräche dies einem rein nutzungsbedingten Einsparpotenzial zwischen 2,8 und 5,1 TWh pro Jahr.

3.4.3 Geschirrspülmaschinen

3.4.3.1. Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Geschirrspülmaschinen im Bestand verbrauchen rund 240 kWh Strom pro Jahr. Unter der Annahme von durchschnittlich 200 Spülgängen pro Jahr (Öko-Institut 2006b) ergibt sich ein spezifischer Stromverbrauch pro Spülgang von rund 1,2 kWh. Besonders sparsame Geräte benötigen pro Spülgang lediglich 0,99 kWh. Bei einem Bestand von rund 23,2 Mio. Geschirrspülmaschinen und der Annahme, dass alle Geräte durch Bestgeräte ersetzt werden, ergibt sich ein theoretisches technisches Einsparpotenzial von rund 1 TWh/a.

Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Die Anschaffungskosten für Geschirrspülmaschinen variieren zwischen verschiedenen Herstellern, Marken und Geräteausstattungen erheblich, innerhalb eines Gerätesegments (z.B. unterbaufähige Einbaugeräte) teilweise um mehr als einen Faktor 2.²⁹ Eine pauschale Aussage zur Wirtschaftlichkeit des Austauschs bestehender Geräte durch neue effiziente Geräte bzw. zur Anschaffung eines Bestgeräts im Vergleich zu einem aus Effizienzperspektive marktdurchschnittlichen Gerät kann also nicht getroffen werden. Das Einsparpotenzial hinsichtlich der Strom- und Wasserkosten ist in jedem Fall relativ gering. Unter Zugrundelegung von rund 200 Spülgängen pro Jahr liegt die Kostendifferenz zwischen einer Spülmaschine mit hohem Verbrauch zu einem effizienten AAA-Gerät nach eigenen Berechnungen bei rund 20 EUR pro Jahr. Die Verbrauchskostendifferenz zwischen einem besonders sparsamen Gerät und einem mittleren Gerät liegt bei unter 5 EUR pro Jahr und ist damit weitgehend marginal (ASUE 2008).

3.4.3.2. Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Die nutzungsbedingten Einsparpotenziale von Geschirrspülmaschinen umfassen folgende Verhaltensweisen:

- Anschluss an die Warmwasserversorgung: Unter günstigen Bedingungen lässt sich der Stromverbrauch eines Geschirrspülers um rund die Hälfte reduzieren, wenn man das Gerät direkt an die Warmwasserversorgung anschließt (VZ 2006). Ein Einspareffekt setzt voraus, dass das Gebäude bzw. die Wohnung über eine nicht-elektrische Warmwasserversorgung verfügt. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Länge der Stichelitung zwischen Geschirrspüler und Zirkulationsleitung so gering ist, dass nur eine kleine Menge an kaltem Wasser aus der Leitung fließt, bevor warmes Wasser

²⁹ Vgl. hierzu z.B. die Produktübersicht EcoTopTen-Geschirrspülmaschinen (www.ecotopten.de/prod_spuelen_prod.php).

kommt. Und schließlich ist zu berücksichtigen, dass in einem typischen Spülzyklus nur zweimal heißes Wasser benötigt wird (Haupt- und Klarspülgang), also nur rund 40 % des gesamten Wasserbedarfs warm sein muss. Wird das Gerät an die Warmwasserversorgung angeschlossen, wird dagegen die komplette Wassermenge aufgeheizt (Öko-Institut 2006b).

Unter der Annahme, dass in rund 25 % aller Haushalte, die über eine nicht-elektrische Warmwasserversorgung verfügen, geeignete Bedingungen für einen Warmwasseranschluss vorliegen, beträgt das Stromsparpotenzial durch einen Warmwasseranschluss nach eigenen Schätzungen rund 0,54 TWh/a. Dieses Einsparpotenzial geht mit einem Mehrverbrauch anderer Energieträger (in der Regel Heizöl, Erdgas oder erneuerbare Energien) einher. Die Primärenergiebilanz der Umstellung wäre dennoch positiv.

- **Optimierte Beladung und Programmwahl:** Der Stromverbrauch einer Spülmaschine ist weitgehend unabhängig von der Beladung des Geräts. Nimmt man an, dass Privathaushalte ihre Spülmaschinen durchschnittlich nur zu 75 % füllen, würde sich durch eine optimierte Beladung (90 % Auslastung) ein Einspareffekt von rund 0,93 TWh/a ergeben. Durch den Einsatz von Kurz- oder Schonprogrammen lässt sich der Stromverbrauch überdies um rund 25 % senken (VZ 2006).

3.4.4 Sonstige Küchengeräte

3.4.4.1. Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Bei allen sonstigen betrachteten Küchengeräten (Mikrowellengeräte, Dunstabzugshauben, Kaffeemaschinen, Kaffee/Espresso-Maschinen) werden keine oder nur äußerst geringe Einsparpotenziale infolge technologischer Weiterentwicklungen angenommen (ISI et al. 2005). Einsparpotenziale durch investives Verhalten werden hier deswegen vernachlässigt.

3.4.4.2. Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Einsparpotenziale durch geändertes Nutzungsverhalten ergeben sich insbesondere aus dem Verzicht von Geräten mit hohem Stromverbrauch in den Betriebsmodi Bereitschaftsbetrieb und Schein-Aus: Einfache Kaffeemaschinen und Mikrowellengeräte lassen sich komplett vom Stromnetz trennen und weisen damit keine Leerlaufverbräuche auf. Immer mehr Geräte verfügen jedoch über Funktionendisplay wie Uhrzeitanzeige, die den Komfortansprüchen vieler Verbraucher dienen sollen (oftmals aus Verbraucherperspektive aber auch überflüssig sind), allerdings aus technischer Sicht entbehrlich wären. Der Stromverbrauch aus dem Bereitschaftsbetrieb von den vier hier betrachteten Gerätegruppen (Mikrowellengeräte, Dunstabzugshauben, Kaffeemaschinen, Kaffee/Espresso-Maschinen) summiert sich auf rund 1 TWh pro Jahr. Bei Kaffee- und Esspressomaschinen resultiert dieser beispielsweise aus den Funktionen "Warmhalten des Kaffees" oder "Tassenvorwärmung". Der Schein-Aus-Verbrauch liegt bei 0,2 TWh/a und resultiert zu nahezu drei Viertel aus dem Betrieb

von Kaffee/Espresso-Maschinen (ISI et al. 2005). Zumindest der Schein-Aus-Verbrauch lässt sich beispielsweise mittels einer schaltbaren Steckerleiste leicht eliminieren.

3.5 Haushaltsgeräte Waschen

Das Anwendungsfeld Waschen umfasst die Gerätegruppen Waschmaschinen, Wäschetrockner und Waschtrockner. Da die Marktpenetration von Waschtrockner bisher sehr gering ist (Ausstattungsgrad <5 %), beschränkt sich die Potenzialbetrachtung dabei auf die beiden erstgenannten Gerätegruppen.

3.5.1 Waschmaschinen

3.5.1.1. Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Das Einsparpotenzial durch investives Verhalten wird bestimmt durch die Anschaffung von besonders sparsamen Geräten. Die investiven Einsparpotenziale sind dabei relativ gering. Dies liegt daran, dass heutige Waschmaschinen schon weitgehend energieoptimiert sind. Entsprechend bewegt sich ihr spezifischer Stromverbrauch in verhältnismäßig engen Grenzen.

Liegt der mittlere spezifische Verbrauch von heute angebotenen Waschmaschinen bei rund 0,9 kWh (Trommelvolumen 5 kg) bzw. 1,06 kWh (Trommelvolumen 5,5-7,0 kg) pro Standardwaschprogramm, erreichen besonders sparsame Geräte Verbrauchswerte von 0,75 kWh (5 kg) bzw. 0,9 kWh (5,5-7,0 kg) (ASUE 2008). Bei unverändertem Nutzungsverhalten ergibt sich daraus ein Einsparpotenzial von rund 12 %. Öko-Institut (2004a) weist ein Einsparpotenzial zwischen 11 % (4+ Personen-Haushalt) und 22 % (Einpersonenhaushalt) aus. Bezogen auf den heutigen Gerätebestand ergibt sich für Waschmaschinen daraus ein theoretisches technisches Einsparpotenzial in der Spannbreite zwischen 0,7 und 1 TWh pro Jahr.

Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Die Anschaffungskosten für Waschmaschinen variieren zwischen verschiedenen Herstellern, Marken und Gerätemerkmalen (z.B. Schleuderdrehzahl) erheblich, innerhalb eines Volumensegments teilweise um mehr als einen Faktor 2.³⁰ Eine pauschale Aussage zur Wirtschaftlichkeit des Austauschs eines Bestandsgeräts zu Gunsten eines effizienten Geräts, das einen besonders niedrigen spezifischen Strom- und Wasserverbrauch aufweist, bzw. zur Anschaffung eines Bestgeräts im Vergleich zu einem aus Effizienzperspektive marktdurchschnittlichen Geräts, ist deswegen schwierig.

Können einer besonders effizienten Waschmaschine nach eigenen Berechnungen variable Kosten (also Strom- und Wasserkosten) von rund 58 EUR pro Jahr zugeordnet werden, weisen Geräte mit einem hohen Verbrauch etwa 34 EUR höhere Jahreskosten auf. Die Differenz zwischen einem Bestgerät und einem Neugerät mit mittleren Verbrauchswerten liegt

³⁰ Vgl. hierzu z.B. die Produktübersicht EcoTopTen-Waschmaschinen (www.ecotopten.de/prod_waschen_prod.php).

bei knapp 12 EUR/a. Legt man diese jährliche Kostendifferenz unter Zugrundelegung einer antizipierten Lebensdauer von 13 Jahren auf eine Kaufpreisdifferenz um, so entspricht dies in etwa 105 EUR. Mit anderen Worten, aus der Perspektive eines Privathaushalts dürfte (unter Annahme eines unveränderten Nutzungsverhalten) eine hocheffiziente Waschmaschine lediglich 105 EUR mehr kosten als ein Gerät mit mittleren Verbrauchswerten, damit die eingesparten Strom- und Wasserkosten die höheren Anschaffungskosten kompensieren.

3.5.1.2. Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Bei Waschmaschinen übersteigen die nutzungsbedingten die rein investiven Einsparpotenziale um ein Vielfaches. Verhaltensbedingte Potenziale ergeben sich insbesondere aus folgenden Verhaltensweisen:

- a) Anschluss der Waschmaschine an einen Warmwasseranschluss
- b) Optimierte Beladung der Waschmaschine (z.B. durchschnittlich 4,5 kg pro Waschgang bei einem Gerät mit einem Trommelvolumen von 5 kg)
- c) Optimierte Temperaturwahl (z.B. alle Kochwäsche wird bei 60°C gewaschen, 60°C-Wäsche wird anteilig und 40°C-Wäsche komplett bei 30°C gewaschen)
- d) Reduktion des Wäscheanfalls durch schmutzvermeidende Maßnahmen.

Für den Anschluss der Waschmaschine an die Warmwasserversorgung weist ASUE (2008) ein rein stromverbrauchsbezogenes Einsparpotenzial von rund 50 % aus. Würden also in allen Wohnungen, die nicht über eine elektrische Warmwasserversorgung verfügen und bei denen gleichzeitig günstige Bedingungen für einen Anschluss der Waschmaschine an die Warmwasserversorgung vorliegen entsprechend verfahren (siehe dazu obige Anmerkung bzgl. der Länge der Stickleitung), so ließe sich dadurch eine Stromersparnis von rund 1,1 TWh Strom erschließen. Allerdings ginge dies mit einer Erhöhung des Erdgas- und Heizölverbrauchs (auch Biomasse) einher - Energieträger, die dann ersatzweise für die Warmwassererzeugung herangezogen werden. Die Primärenergiebilanz wäre dennoch positiv.

Differenzierte Angaben über die Einspareffekte der individuellen Handlungsweisen b) bis d) liegen nicht vor. Aggregierte Angaben finden sich in Öko-Institut (2004a). Unter Annahme einer möglichst günstigen (und damit nicht besonders stromsparenden) Waschmaschine (Trommelvolumen von 5 kg) beträgt das Einsparpotenzial einer optimierten Beladung sowie einer optimierten Temperaturwahl zwischen 30 % (4+ Personen-Haushalt) und 63 % (Einpersonenhaushalt). Unter Annahme eines rein nutzungsbedingten Einsparpotenzials von 49 % (Wichtung über alle Haushalte) ergibt sich ein gesamtes nutzungsbedingtes Einsparpotenzial von rund 2,7 TWh/a.

3.5.2 Trockner

3.5.2.1. Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Bei Wäschetrocknern lassen sich im Wesentlichen zwei verschiedene Typen unterscheiden, Abluft- und Kondensationstrockner, wobei letztere durchschnittlich einen um 10-20 % hö-

heren spezifischen Stromverbrauch aufweisen (ASUE 2008). Für beide Trocknertypen gibt es allerdings Modelle bzw. Bauformen, die besonders sparsam sind. Bei Ablufttrocknern handelt es sich um gasbeheizte Modelle, bei denen anstelle von Strom Erdgas zur Aufheizung der Luft verwendet wird. Dies führt zu mehr als einer Halbierung des Primärenergieaufwandes für die Trocknung der Wäsche. Der Strombedarf solcher Geräte liegt bei etwa 0,35 kWh pro Trockenvorgang im Vergleich zu rund 3,0 kWh für relativ sparsame rein elektrisch betriebene Geräte (ASUE 2008). Bei den Kondensationstrocknern sind insbesondere die Modelle mit integrierter Wärmepumpe besonders sparsam. Hat ein normaler Kondensationstrockner einen spezifischen Strombedarf von rund 3,4 kWh pro Trockenvorgang, verbraucht ein Gerät mit integrierter Wärmepumpe nur etwa 2,1 kWh.

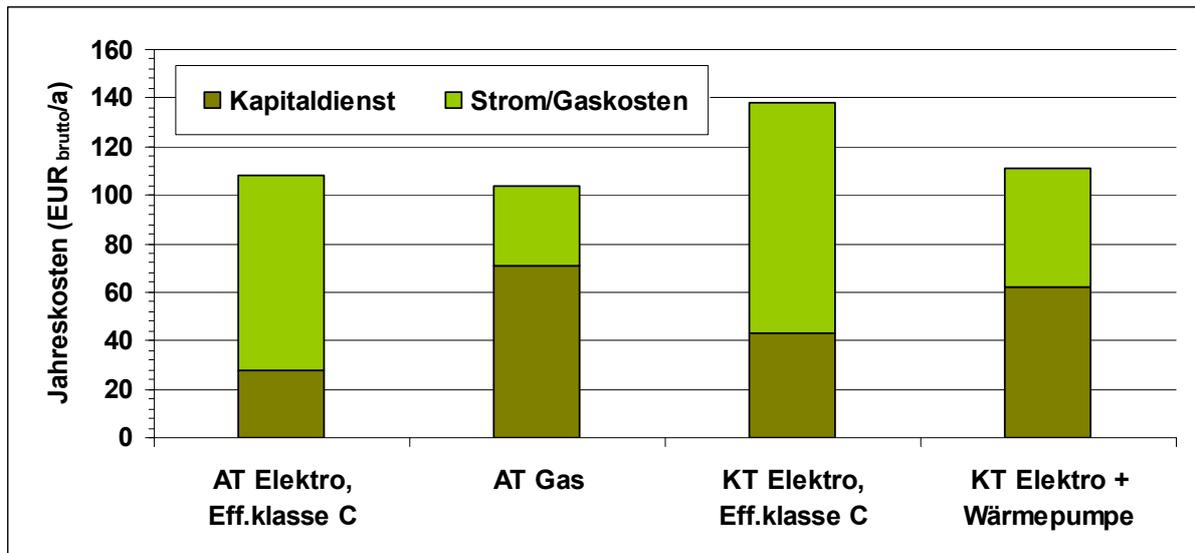
- Würden alle Haushalte mit konventionellem Wäschetrockner (d.h. ohne Gas- bzw. Wärmepumpentrockner) auf relativ sparsame Ablufttrockner (ohne Gasbetrieb) umsteigen, läge das technische Einsparpotenzial bei rund 8 %, entsprechend einem Gesamtstromverbrauch von rund 0,3 TWh pro Jahr.
- Nimmt man an, dass alle Haushalte, die einerseits über einen Wäschetrockner verfügen und andererseits an das Gasnetz angeschlossen sind, auf einen gasbetriebenen Ablufttrockner und alle Haushalte ohne Gasanschluss auf einen Kondensationstrockner mit integrierter Wärmepumpe umsteigen, beläuft sich das technische stromseitige Einsparpotenzial nach eigenen Abschätzungen auf rund 2,4 TWh/a.

Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Das Marktangebot von gasbeheizten Ablufttrocknern bzw. Kondensationstrocknern mit integrierter Wärmepumpe ist nach wie vor relativ gering. Bei den gasbetriebenen Ablufttrocknern wird beispielsweise derzeit nur ein einziges Modell angeboten. Pauschalisierte bzw. robuste Aussagen bzgl. der Wirtschaftlichkeit solcher Geräte sind damit nicht möglich. Eine exemplarische Übersicht über die Jahreskosten ausgewählter Geräte, die verschiedene Trocknertypen repräsentieren, zeigt Abbildung 35. Es wird deutlich, dass Ablufttrockner tendenziell die günstigeren Jahreskosten aufweisen. Das ökologisch beste System (hinsichtlich der Treibhausgasemissionen: gasbetriebener Ablufttrockner) erweist sich auch aus der wirtschaftlichen Perspektive eines Privathaushalts als die vorteilhafteste Variante.

Für den Umstieg auf einen gasbetriebenen Ablufttrockner gelten jedoch die gleichen einschränkenden Ausführungen, die in Kapitel 3.4.1.1 für den Umstieg von einem Elektro- auf einen Gasherd angestellt wurden. Grundlegende Bedingung für die Wirtschaftlichkeit eines solchen Umstiegs ist das Vorhandensein eines Hausanschlusses für Erdgas. Liegt ein solcher vor, hängen die Zusatzkosten für die Installation einer Gassteckdose von den lokalen Gegebenheiten ab. Verfügt eine Wohnung schon über einen Gasanschluss, ist die Installation der Steckdose in der Regel günstig, muss die Gasleitung erst noch in die Wohnung und dort bis zum Aufstellort des Geräts gelegt werden, kann dies relativ teuer werden (z.B. wenn dafür Deckendurchbrüche erforderlich sind).

Abbildung 35: Exemplarischer Vergleich der Jahreskosten verschiedener Wäschetrocknertypen³¹



AT: Ablufttrockner, KT: Kondensationstrockner

Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

3.5.2.2. Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Die nutzungsbedingten Einsparpotenziale bei Wäschetrocknern korrelieren stark mit dem Schleuderverhalten der Waschmaschine. Der Stromverbrauch beim Trocknen wird in starkem Maße durch die Restfeuchte der Wäsche bestimmt. Diese wiederum ist im Wesentlichen abhängig von der Schleuderleistung der Waschmaschine. Je höher die Schleuderdrehzahl der Waschmaschine, desto geringer ist die Restfeuchte der Wäsche. Dabei ist auf Seite der Waschmaschine der höhere Stromverbrauch infolge höherer Schleuderdrehzahlen vernachlässigbar gegenüber dem entsprechenden Verbrauchssaldo des Trockners.

Nach Öko-Institut (2004a) verbraucht ein Wäschetrockner rund 25 % mehr Strom, wenn die Wäsche anstelle einer Schleuderdrehzahl von 1.800 U/min mit lediglich 1.000 U/min geschleudert wurde, unabhängig davon, ob es sich um einen Abluft- oder Kondensationstrockner handelt. Unter Zugrundelegung einer durchschnittlichen Schleuderdrehzahl von 1.400 U/min beläuft sich das Einsparpotenzial bei Übergang auf eine Drehzahl von 1.800 U/min auf rund 8 %, entsprechend eines Gesamtstromverbrauchs von rund 290 GWh/a.

Weitere Einsparpotenziale ergeben sich aus folgenden Handlungsweisen:

- a) Ablufttrockner sollten prioritär in unbeheizten Räumen betrieben werden. In beheizten Räumen führt der Trocknerbetrieb zu einem erhöhten Heizwärmebedarf, da die abgeleitete Abluft des Trockners durch kühle Außenluft ersetzt wird, die wiederum durch das Heizsystem erwärmt werden muss. Kondensationstrockner hinge-

³¹ Angabe von Bruttokosten; Zinssatz 6%; Lebensdauer 14 Jahre; Zugrundelage heutiger Strom- und Gaspreise.

gen geben ihre Abwärme in die Raumluft ab, entsprechend ist hier ein beheizter Raum der geeignete Standort.

- b) Feuchtegesteuerte Wäschetrockner stoppen den Trockenvorgang, sobald die eingestellte Restfeuchte erreicht wird. Zeitgesteuerte Trockner laufen hingegen oftmals länger als notwendig, was wiederum mit einem höheren Stromverbrauch einhergeht.
- c) Verzicht auf einen Wäschetrockner: Der Besitz eines Wäschetrockners wird zunehmend zur Norm. Sein Einsatz wird von vielen Haushalten mit der kleinen zur Verfügung stehenden Wohnfläche bzw. dem Mangel geeigneter Trockenflächen gerechtfertigt.³² Diese Argumentation steht allerdings im Widerspruch zu der Wohnflächenentwicklung in Deutschland. Während in der Vergangenheit bei wesentlich geringerem spezifischen Wohnflächenangebot Haushalte in der Regel ohne Trockner auskamen, steigt deren Ausstattungsrate nun mit ansteigender zur Verfügung stehender Wohnfläche pro Haushalt an. Das theoretische Stromeinsparpotenzial durch den Verzicht auf Wäschetrockner liegt im Segment der Privathaushalte in der Größenordnung >75 %, entsprechend einem absoluten Einsparpotenzial von rund 2,8 TWh/a.

3.6 Unterhaltungselektronik

Gemäß der Verteilung des Stromverbrauchs im Segment der Unterhaltungselektronik liegen die größten Einsparpotenziale bei den TV-Geräten. Darüber hinaus weisen viele Geräte aus der Gruppe der Unterhaltungselektronik hohe Stromverbrauchswerte im Bereitschaftsbetrieb sowie dem Schein-Aus-Betrieb auf. Diese Verbräuche ließen sich durch technische Modifikationen an den jeweiligen Geräten reduzieren (vgl. ISI et al. 2005), alternativ aber auch durch Verhaltensänderungen (inkl. kleininvestiver Maßnahmen).

3.6.1 Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Das Einsparpotenzial durch investives Verhalten wird bestimmt durch den Austausch des bestehenden Geräteparks durch besonders effiziente Geräte. Hohe Einsparpotenziale existieren vor allem bei den TV-Geräten. Wie in Kapitel 2.3.5 gezeigt, geht bei den TV-Geräten der Trend zu LCD-Geräten mit hohen Bildschirmdiagonalen. Während für den Gerätebestand (nach wie vor dominiert durch Kathodenstrahlgeräte) von einem durchschnittlichen Jahresverbrauch pro Gerät von rund 170 kWh ausgegangen wird, verbrauchen vergleichbare LCD-Geräte in etwa die Hälfte (Bund 2008). Unter der Annahme des Austauschs des kompletten TV-Gerätebestands durch effiziente LCD-Geräte mit vergleichbaren Gerätemerk-

³² Letzteres ist zutreffend für diejenigen Fälle, in denen beispielsweise infolge eines Ausbaus des Dachbodens ein geeigneter Trockenraum fehlt.

malen, also v.a. für LCD-Geräte mit verhältnismäßig kleinen Bildschirmdiagonalen, beträgt das gesamte technische Stromsparerpotenzial rund 5 TWh pro Jahr.

Unter Berücksichtigung der antizipierten Trendentwicklung zu Geräten mit höheren Bildschirmdiagonalen wird das Einsparpotenzial natürlich teilweise durch den spezifischen Mehrverbrauch der größeren Geräte kompensiert. Allerdings birgt auch das Segment der großen Geräte erhebliche Stromminderungspotenziale. Die Markterhebung in Bund (2008) macht deutlich, dass im Segment der LCD-Geräte die Spreizung des spezifischen Stromverbrauchs bei vergleichbaren Gerätefeatures (v.a. gleicher Bildschirmdiagonalen) sehr groß ist. Vergleicht man jeweils die effizientesten Geräte mit dem Marktdurchschnitt, ergeben sich Differenzen in der Anschlussleistung von rund 40 % bei Geräten mit Bildschirmdiagonalen bis 90 cm (35 Zoll) und rund 50 % bei Geräten mit größeren Bildschirmen.

Das Einsparpotenzial von Set-Top-Boxen wird von dena (2008) mit rund 55 % abgeschätzt, entsprechend einem absoluten technischen Stromsparerpotenzial von etwa 1,1 TWh/a.

3.6.1.1. Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Die Anschaffungskosten für LCD-Fernsehgeräte differieren erheblich in Abhängigkeit von der Marke, der Bildschirmdiagonalen und anderer Geräte-Features. Gleiches gilt auch für den Vergleich neuer Kathodenstrahlgeräte mit LCD-Geräten. Eine Korrelation zwischen Geräteeffizienz und Anschaffungskosten ist nicht erkennbar. Eine robuste Wirtschaftlichkeitsaussage auf der Grundlage der gesamten Jahreskosten ist also nicht möglich. Die detaillierte Geräteübersicht aus Bund (2008) zeigt jedoch deutliche Unterschiede beim Stromverbrauch der Geräte. Abbildung 36 zeigt hierzu die Jahresstromkosten verschiedener LCD-Geräte sowie einen Vergleich mit "konventionellen" Röhrengeräten. Für die LCD-Geräte ist dabei pro Bildschirmdiagonale jeweils ein Gerät mit minimaler sowie maximaler Leistungsaufnahme im Normalbetrieb ausgewiesen.

Es ist offenkundig, dass bei LCD-Geräten der durchschnittliche jährliche Stromverbrauch und damit die jährlichen Stromkosten mit zunehmender Bildschirmdiagonale steigen. Innerhalb einer Bildschirmdiagonale treten jedoch erhebliche Verbrauchs- und damit Kostenunterschiede auf. Geräte mit hoher elektrischer Leistungsaufnahme verbrauchen teilweise doppelt so viel Strom, wie effiziente Geräte. Bei sehr großen LCD-Geräten (Bildschirmdiagonale 117cm) beläuft sich die jährliche Kostendifferenz auf rund 50 EUR, bei kleineren Diagonalen auf 10-30 EUR.

Auch bei den Satelliten-Empfängern kommt es zu erheblichen Unterschieden in den Jahreskosten. Diese werden natürlich insbesondere von den jeweiligen Geräte-Features bestimmt. Hierzu gehören u.a. eine integrierte Festplatte, die Eignung des Receivers für hochauflösendes Fernsehen sowie für den Empfang von Pay-TV und die Fähigkeit eines Gerätes, parallel zu dem gerade angesehenen Sender ein anderes Programm aufzunehmen (Voraussetzung dafür ist ein zweites Empfangsteil). Abbildung 37 zeigt die Jahreskosten von 14 verschiedenen Satellitenempfängern aus einem Testbericht der Stiftung Warentest

von Oktober 2008 (StiWa 2008a). Der Test belegt, dass auch bei gleicher Geräteausstattung verschiedene Geräte sehr unterschiedliche Jahresverbrauchswerte aufweisen. Dabei ist keine Korrelation zwischen Kaufpreis und Geräteverbrauch erkennbar.

3.6.2 Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Einsparpotenziale durch Änderungen im Nutzungsverhalten können in zwei Hauptblöcke untergliedert werden: Vermeidung von Verlusten im Schein-Aus-Betrieb eines Gerätes und Vermeidung von Verlusten im Bereitschaftsbetrieb.

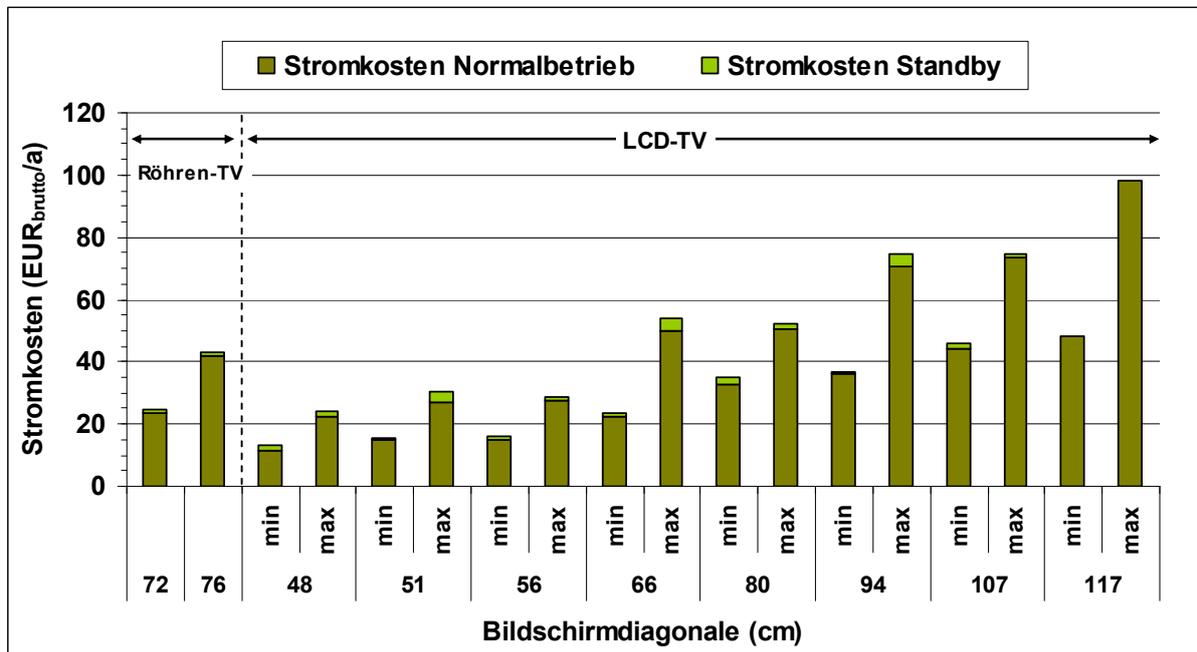
Die Schein-Aus-Verluste im Bereich der Unterhaltungselektronik werden in Summe auf etwa 0,6 TWh/a abgeschätzt (vgl. Tabelle 9). Schein-Aus-Verluste treten bei Geräten auf, die trotz Betätigung des Netzschalters (und damit scheinbar keine Funktion mehr erfüllend) Strom verbrauchen oder die über gar keinen Netzschalter verfügen. Aus Verbraucherperspektive lassen sich Schein-Aus-Verluste durch das Ziehen des Netzsteckers, alternativ mit Hilfe schaltbarer Steckerleisten vermeiden. Die Anschaffung Letzterer fällt in die Kategorie der kleininvestiven Maßnahmen und entspricht einer Einmalhandlung. Die regelmäßige Betätigung der Steckerleiste entspricht Routinehandeln.

Bei vielen Geräten lässt sich auch der Stromverbrauch, der aus dem Bereitschaftsbetrieb erfolgt, ohne wesentliche Komforteinbuße erheblich reduzieren. Stromverbrauch infolge eines Bereitschaftsbetriebs tritt insbesondere bei TV-Geräten (2,7 TWh/a), Audio-Geräten (2,5 TWh/a) und Video-Geräten (1,1 TWh/a) auf. Die hohen Verbräuche ergeben sich vor allem aufgrund der langen Zeiträume, in denen ein Gerät in diesem Zustand verweilt. Bei einer durchschnittlichen Fernsehdauer von 4-5 Stunden pro Tag läuft das TV-Gerät in vielen Haushalten mindestens 10 Stunden im Bereitschaftsbetrieb (IZM/DU 2007). Viele Nutzer schalten ihr Fernsehgerät aus Bequemlichkeit überhaupt nicht aus, sondern lassen ihn permanent im Bereitschaftsbetrieb.³³ Video-, und Festplattenrecorder sowie DVD-Spieler laufen durchschnittlich bloß eine Stunde pro Tag, die restlichen 23 Stunden sind viele Geräte auf Bereitschaft gestellt. Entsprechend übersteigen bei diesen Geräten die Tagesverbräuche im Bereitschaftsbetrieb den Verbrauch aus dem Normalbetrieb, teilweise um ein Vielfaches (vgl. Tabelle 9).

Der Stromverbrauch aus dem Bereitschaftsbetrieb kann bei fast allen Gerätegruppen durch die Betätigung des Aus-Schalters (anstelle des vermeintlichen Ausschaltens an der Fernbedienung) vermieden werden. Nur wenige Geräte verlieren dadurch eine voreingestellte Programmierung (bei Videorecordern u.a. die Uhrzeit). Nimmt man an, dass sich durch dieses Nutzungsverhalten theoretisch rund 90 % des Stromverbrauchs im Bereitschaftsbetrieb vermeiden ließe, summiert sich daraus das Einsparpotenzial auf rund 6,1 TWh/a.

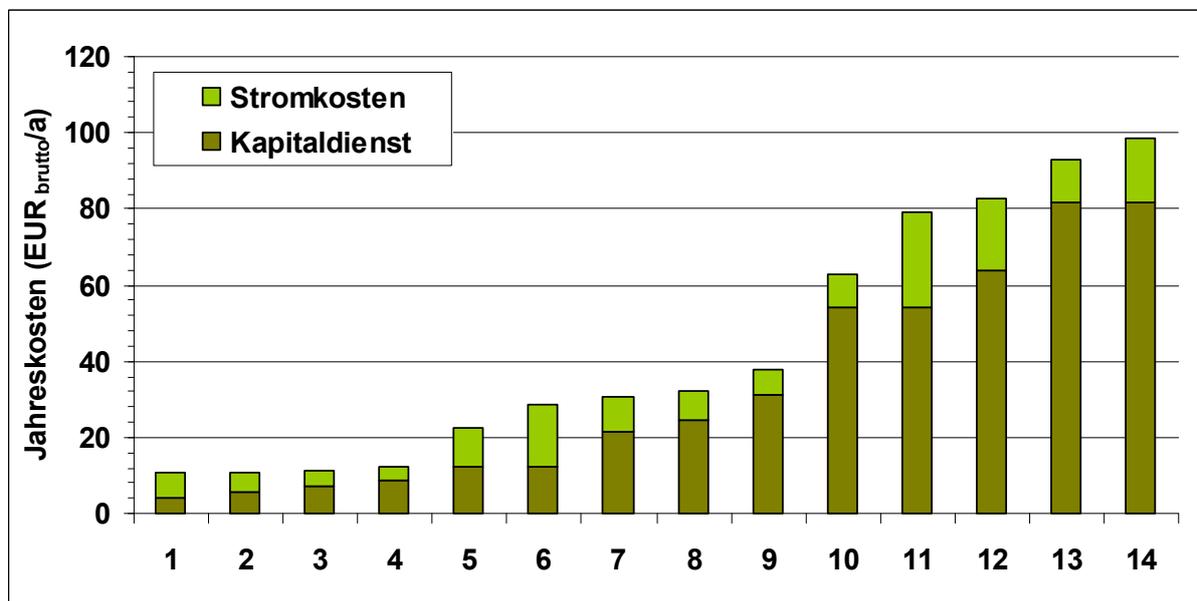
³³ Bei der täglichen Nutzungszeit unterscheidet Öko-Institut (2007) folgende drei Nutzertypen: Bei Alleinlebenden, Rentnern und Hausfrauen läuft das Fernsehgerät häufig permanent als Hintergrundkulisse, sobald man im Haus ist bzw. aufgestanden ist. Eine weitere Gruppe (v.a. Berufstätige) schaltet das Fernsehgerät erst gegen 17 Uhr an und lässt es dann den gesamten Abend laufen. Und schließlich gibt es die Personen, die das Fernsehgerät nur gezielt für bestimmte Sendungen anschalten.

Abbildung 36: Vergleich der jährlichen Stromkosten verschiedener neuer Kathodenstrahl- und LCD-Fernseheräte in Abhängigkeit der Bildschirmdiagonalen³⁴



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts auf der Basis von Bund (2008)

Abbildung 37: Vergleich der Jahreskosten verschiedener SAT-Empfänger³⁵



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts auf der Basis von StiWa (2008)

³⁴ Für die LCD-Geräte ist pro Bildschirmdiagonale jeweils ein Gerät mit minimaler sowie maximaler Leistungsaufnahme im Normalbetrieb ausgewiesen; angenommene Nutzzeit im Normalbetrieb 4 hr/Tag; Zugrundelegung heutiger Strompreise.

³⁵ Angabe von Bruttokosten; Zinssatz 6 %; Lebensdauer 10 Jahre; angenommene Nutzzeit im Normalbetrieb 4 hr/Tag, im Bereitschaftsbetrieb 20 hr/Tag; Zugrundelagte heutiger Strompreise.

3.7 Informations- und Kommunikations-Technologie

Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie liegen die größten Einsparpotenziale in dem Bereich Computer und Zubehör. Die Einsparpotenziale setzen sich insbesondere aus investiv adressierbaren Potenzialen (v.a. bei Computern, Monitoren und Druckern) zusammen. Einen weiteren großen Beitrag leisten in diesem Segment die Schein-Aus-Verluste, die im Rahmen der hier gewählten Definition dem Potenzialbereich zugeordnet werden, der durch ein geändertes Nutzungsverhalten adressiert wird.

3.7.1 Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Das investiv adressierbare Einsparpotenzial in den Bereichen Computer, Computermonitore und Drucker resultiert aus der Effizienzperspektive im Wesentlichen aus dem Austausch des heutigen Gerätebestands zugunsten auf dem Markt angebotener Bestgeräte.

Marktübliche PCs weisen im Durchschnitt einen mehr als doppelt so hohen Jahresstromverbrauch auf als Notebooks. Der individuelle spezifische Stromverbrauch eines Geräts hängt dabei von zahlreichen Komponenten wie der Prozessorleistung/Taktfrequenz und der Leistungsaufnahme der Grafikkarte bzw. beim Festplattenzugriff ab. Reichen dem Nutzer die standardmäßig eingebauten Komponenten eines Notebooks aus - dies dürfte für die Mehrheit der Nutzer von Computern der Fall sein - kann hier also problemlos auf einen PC verzichtet werden. Geht man davon aus, dass in rund 80 % der Einsatzfälle ein Umstieg auf ein stromeffizientes Notebook möglich ist, ergibt sich daraus ein theoretisches Stromsparpotenzial rund 0,9 TWh pro Jahr.

Wie bei den TV-Geräten besteht auch ein erhebliches Stromsparpotenzial im Bereich der Computermonitore. Der Gerätebestand bei Monitoren wird heute noch von Kathodenstrahlmonitoren dominiert. Die Leistungsaufnahme marktüblicher Kathodenstrahlgeräte übertrifft in den verschiedenen Betriebsmodi die von heutigen Bestgeräten in LCD-Technik um ein Vielfaches.³⁶ Mit dem Austausch des kompletten Gerätebestands an Kathodenstrahlmonitoren zugunsten effizienter LCD-Monitore (Bestgeräte) verbindet sich nach eigenen Abschätzungen ein theoretisches Stromsparpotenzial von rund 0,7 TWh pro Jahr. Würden dazu auch noch alle heute schon eingesetzten LCD-Monitore durch heute am Markt angebotene Bestgeräte ersetzt, erhöht sich das Einsparpotenzial um weitere 75 GWh/a.

Bei Druckern (Tintenstrahl- und Laserdrucker) liegt das relative Stromsparpotenzial, das sich über den Vergleich marktüblicher Bestgeräte mit dem durchschnittlichen Gerätebestand abschätzen lässt, bei rund 60 %.³⁷ Das damit verbundene theoretische technische Einsparpotenzial beträgt demnach rund 0,4 TWh/a.

³⁶ Vgl. hierzu beispielsweise die Marktübersicht effizienter LCD-Monitore unter http://www.ecotopten.de/prod_monitore_prod.php.

³⁷ Vgl. hierzu die EcoTopTen-Kaufempfehlungen für Drucker unter http://www.ecotopten.de/prod_drucker_prod.php.

3.7.1.1. Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Bei den Anschaffungskosten sind in der Regel PC günstiger als Notebooks gleicher Ausstattung. Hingegen haben die meisten PC eine im Durchschnitt doppelt so hohe elektrische Leistungsaufnahme (und damit Stromverbrauch) wie vergleichbare Notebooks (vgl. z.B. StiWa 2007). Entsprechend hoch sind die damit verbundenen jährlichen gerätespezifischen Stromkosten. Neben der Frage, ob ein PC oder ein Notebook zum Einsatz kommt, hängen diese Kosten auch erheblich vom jeweiligen Nutzertyp ab.

Öko-Institut 2007b unterscheidet dabei die in Tabelle 13 dargestellten Nutzertypen. Zum Vergleich der jährlichen Stromkosten stellt Abbildung 38 für die drei verschiedenen Nutzertypen jeweils die Kosten für einen effizienten bzw. einen ineffizienten PC oder ein Notebook dar. Für die drei Nutzertypen differieren alleine im Segment der effizienten Geräte die Stromverbrauchswerte zwischen PC und Notebook um einen Faktor 3-4,5.

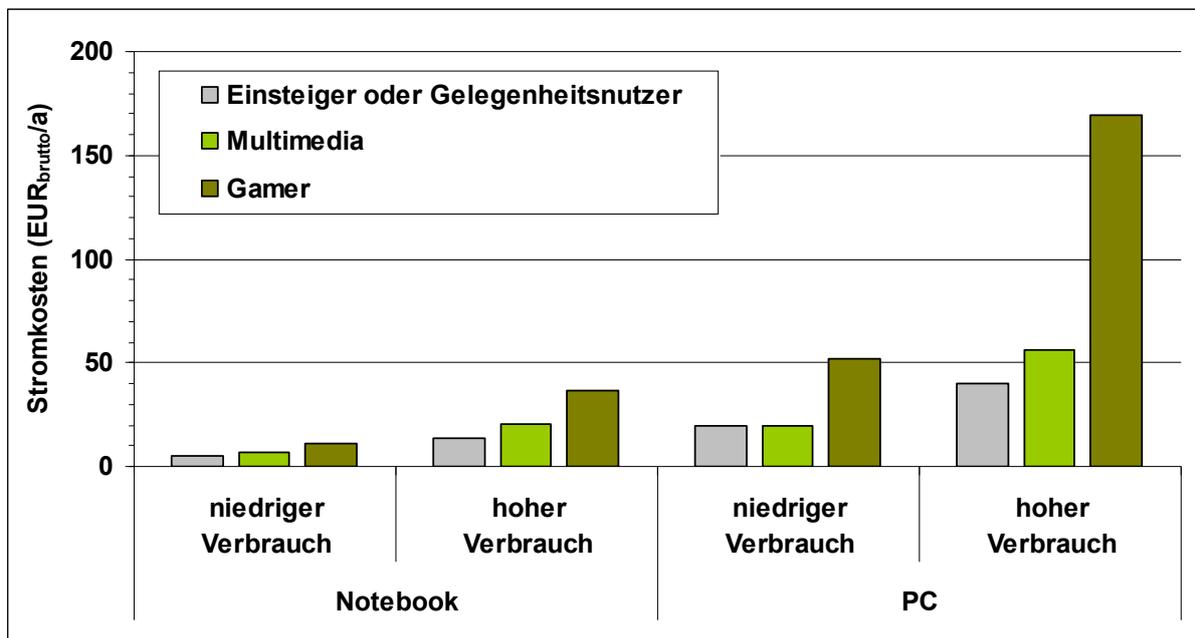
Wie bei den TV-Geräten differieren auch bei den Computermonitoren die Anschaffungskosten erheblich. Sowohl bei Kathodenstrahl- als auch bei LCD-Monitoren ist über die verschiedenen Marken und Angebote hinweg keine eindeutige Korrelation zwischen Geräteeffizienz (also elektrischer Anschlussleistung) und Anschaffungskosten erkennbar. Eine robuste Wirtschaftlichkeitsaussage auf der Grundlage der gesamten Jahreskosten ist also auch hier nicht möglich. Der jährliche Stromverbrauch der Geräte differiert jedoch erheblich.

Tabelle 13: Nutzertypen bei PCs und Notebooks

Nutzertyp	Anwendungen	Vorteile eines Desktop-PC gegenüber einem Notebook	Vorteile eines Notebooks gegenüber einem Desktop-PC
Einsteiger oder Gelegenheitsnutzer	E-Mail, Internet, Büroanwendungen, Bildbearbeitung und -archivierung, Videos anschauen, DVDs abspielen, einfache Computerspiele (z.B. Brettspiele)	preiswerter als ein Notebook vergleichbarer Leistung und Ausstattung aufgrund des größeren Gehäuses tendenziell besser nachrüstbar	verbraucht rund 70 Prozent weniger Strom als ein PC vergleichbarer Leistung und Ausstattung mobil einsetzbar kompaktes Gerät mit integrierter Tastatur, Maus und Monitor
Multimedia	Zusätzlich dazu: Videobearbeitung, Computerspiele ohne aufwändige 3D-Darstellung		
Gamer	Zusätzlich dazu: 3D-Computerspiele und -Anwendungen		

Quelle: Öko-Institut 2007b

Abbildung 38: Vergleich der jährlichen Stromkosten für PC und Notebook in Abhängigkeit vom Nutzertyp³⁸

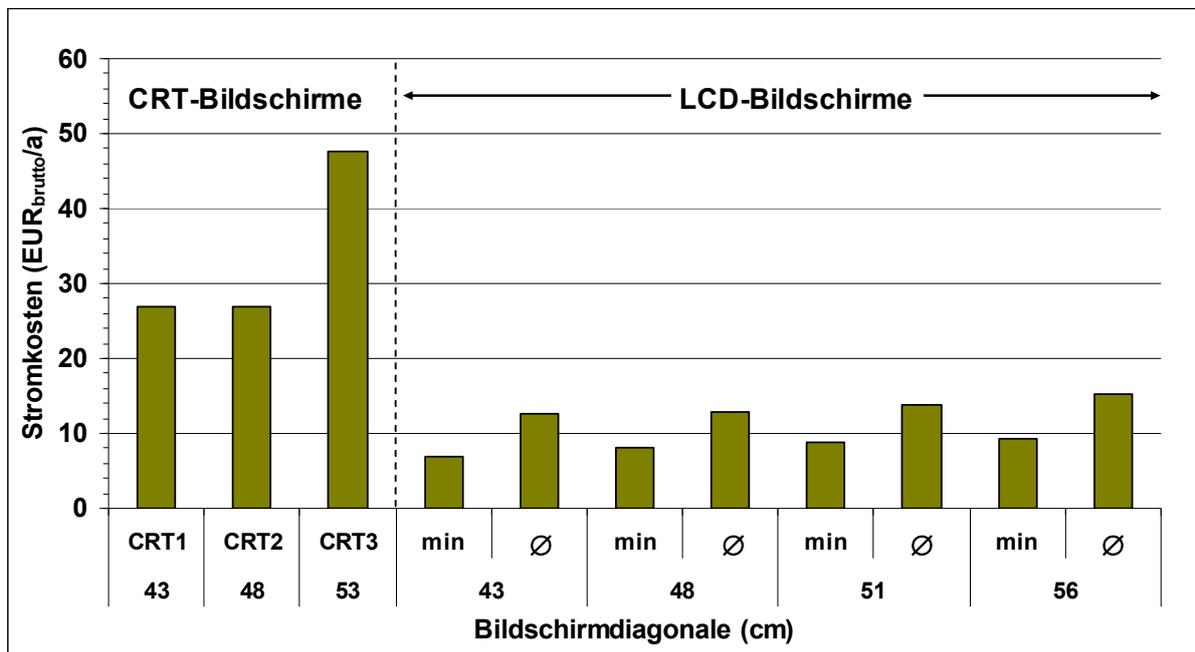


Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts auf der Basis von Öko-Institut 2007b

Abbildung 39 vergleicht hierzu die jährlichen Stromkosten neuer Kathodenstrahl- und LCD-Monitore in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale. Bei den LCD-Bildschirmen wird dabei pro Bildschirmdiagonale je ein effizientes Bestgerät einem marktüblichen Flachbildschirm gegenübergestellt, jeweils bei gleicher Bildauflösung. Hierbei werden erhebliche Kostenunterschiede erkennbar. Ein herkömmlicher Kathodenstrahl-Monitor verursacht über das Jahr hinweg in etwa 2 bis 5 mal so hohe Stromkosten, wie ein LCD-Bildschirm gleicher Bildschirmgröße. Innerhalb der Gruppe der LCD-Monitore lassen sich durch die Wahl eines effizienten Geräts die Stromkosten um einen Faktor 1,5 bis 2 reduzieren. Bei dem angenommenen Nutzungsmuster ist die Kostendifferenz bei den LCD-Monitoren allerdings gering und liegt bei rund 5 EUR pro Jahr.

³⁸ Angabe von Bruttokosten; angenommenes Nutzungsmuster: Normalbetrieb 4 hr/Tag, Bereitschaftsbetrieb 1 hr/Tag, ausgeschaltet (u.a. Schein-Aus) 19 hr/Tag; Zugrundelage heutiger Strompreise.

Abbildung 39: Vergleich der jährlichen Stromkosten verschiedener Computermonitore in Abhängigkeit von der Bildschirmdiagonale³⁹

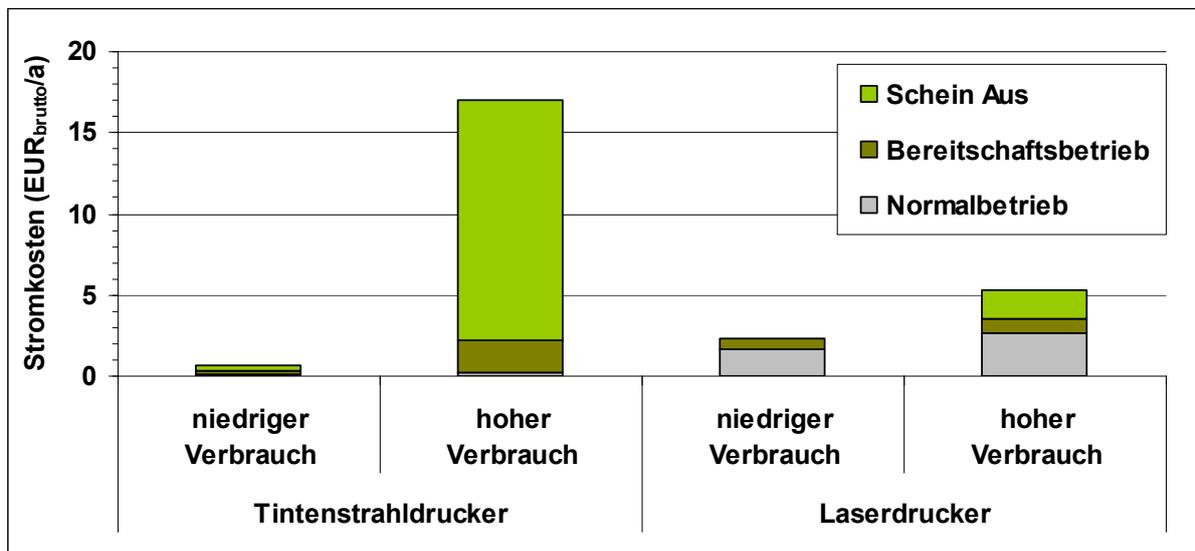


Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

Bei Druckern hängt die Wahl des Geräts (z.B. Tintenstrahl-, Laserdrucker, Multifunktionsgeräte inkl. Scan- und Kopierfunktion) v.a. von den individuellen Anwendungswünschen ab. Abbildung 40 vergleicht den Jahresstromverbrauch von Tintenstrahl- und Laserdruckern, dargestellt sind dabei jeweils ein Gerät mit niedrigem und eines mit hohem Stromverbrauch. In dem zugrunde gelegten Nutzungsmuster führen effiziente Tintenstrahl-drucker zu geringeren jährlichen Stromkosten als Laserdrucker. Allerdings liegt die absolute Kostendifferenz bei weniger als 5 EUR pro Jahr und ist damit weitgehend vernachlässigbar. Viel gravierender sind die Unterschiede zwischen effizienten und ineffizienten Geräten innerhalb einer Technologiegruppe, hier insbesondere bei den Tintenstrahldruckern. Wie oben dargestellt, verfügen zahlreiche Tintenstrahl-drucker über einen verhältnismäßig hohen Schein-Aus-Verbrauch, der bei sehr ineffizienten Geräten die gesamten mit dem Drucker verbundenen Stromkosten stark dominiert.

³⁹ Angabe von Bruttokosten; bei LCD-Monitoren mit gleicher Bildschirmdiagonalen jeweils Geräte gleicher Bildauflösung sowie Darstellung jeweils eines Geräts mit minimalem sowie durchschnittlichem Jahrsstromverbrauch; angenommenes Nutzungsmuster: Normalbetrieb 4 hr/Tag, Bereitschaftsbetrieb 1 hr/Tag, ausgeschaltet (u.a. Schein-Aus) 19 hr/Tag; Zugrundelegung heutiger Strompreise.

Abbildung 40: Vergleich der jährlichen durchschnittlichen Stromkosten für Tintenstrahl- und Laserdrucker⁴⁰



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts auf der Basis von StiWa 2008b und Öko-Institut 2007c

3.7.2 Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Das Stromsparpotenzial aus einem geänderten Nutzungsverhalten resultiert insbesondere aus einer Vermeidung von Verlusten, die aus dem Bereitschaftsbetrieb und Schein-Aus-Modus resultieren. Alleine im Bereich Computer und Zubehör addieren sich die Verluste aus dem Schein-Aus-Zustand auf rund 1,3 TWh pro Jahr (vgl. Tabelle 10). Dominant sind hier PCs, Monitore und Drucker. Beispielsweise resultieren bei älteren Tintenstrahl Druckern rund 80 % des Jahresstromverbrauchs aus dem Schein-Aus-Zustand (ISI et al. 2005). Aus Verbraucherperspektive ließe sich das gesamte Einsparpotenzial am besten durch den Einsatz und Gebrauch schaltbarer Steckerleisten (alternativ: Ziehen des Netzsteckers) adressieren.

Der Stromverbrauch, der dem Betriebszustand Bereitschaftsbetrieb zugeordnet werden kann, beläuft sich im Verbrauchssegment Computer und Zubehör auf rund 1,2 TWh/a. Neben den oben genannten Geräten weisen hier auch Scanner ein hohes Stromsparpotenzial auf. Das Einsparpotenzial ließe sich ebenfalls am besten durch das regelmäßige Ausschalten der Geräte in Verbindung mit schaltbaren Steckerleisten erschließen. Nimmt man an, dass sich durch dieses Nutzungsverhalten theoretisch rund 90 % des Stromverbrauchs im Bereitschaftsbetrieb vermeiden ließen, summiert sich die daraus theoretisch einsparbare Strommenge auf rund 1,1 GWh/a

⁴⁰ Angabe von Bruttokosten; Darstellung jeweils eines Geräts mit niedrigem sowie hohem durchschnittlichen Jahrsstromverbrauch; angenommenes Nutzungsmuster: Druckbetrieb 5 min/Tag, Bereitschaftsbetrieb 2 hr/Tag, ausgeschaltet (u.a. Schein-Aus) 22 hr/Tag; Zugrundelage heutiger Strompreise.

3.8 Beleuchtung

3.8.1 Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Das Einsparpotenzial der Beleuchtung ergibt sich vorrangig durch den konsequenten Einsatz von Energiesparlampen.

In den deutschen Privathaushalten werden heute noch zu einem großen Teil konventionelle Glühlampen eingesetzt. Nur etwa 5 % des Strombedarfs einer Glühlampe wird in Licht, die verbleibenden 95 % hingegen in Wärme umgewandelt. Halogenlampen führen zu einer Strom einsparung von rund 30 %. Energiesparlampen reduzieren den Strombedarf einer Lampe (bei gleichem Lichtstrom) um rund 80 % (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14: Leistungsaufnahme verschiedener Lampentypen in Abhängigkeit vom Lichtstrom

Lichtstrom	Glühlampe	Halogenlampe	Energiesparlampe
lm	W	W	W
90	15		3-5
150	20		4
200	25	20	5
250-400	30-35	20-25	6-7
450	40	28	8-9
500	50	35	10
550-700	60	40-42	11
800	65	42-50	14
950	75	50	17
1.200	100	70	20
1.500	120	100	23

Tabelle 11 zeigt die beispielhafte Lampenausstattung eines Zweipersonenhaushalts. Geht man davon aus, all diejenigen Lampen durch Energiesparlampen zu ersetzen, die eine Einschaltzeit >350 hr/a aufweisen (Wohn/Esszimmer, Küche, Flur und gegebenenfalls Arbeitszimmer) - dies entspricht in etwa einer Einschaltzeit von einer Stunde pro Tag -, kann damit der Stromverbrauch für die Beleuchtung um fast drei Viertel gesenkt werden. Bei einem Gesamtstromverbrauch für Beleuchtung von rund 11,4 TWh/a ergibt sich daraus ein theoretisches Einsparpotenzial von rund 8,3 TWh/a.

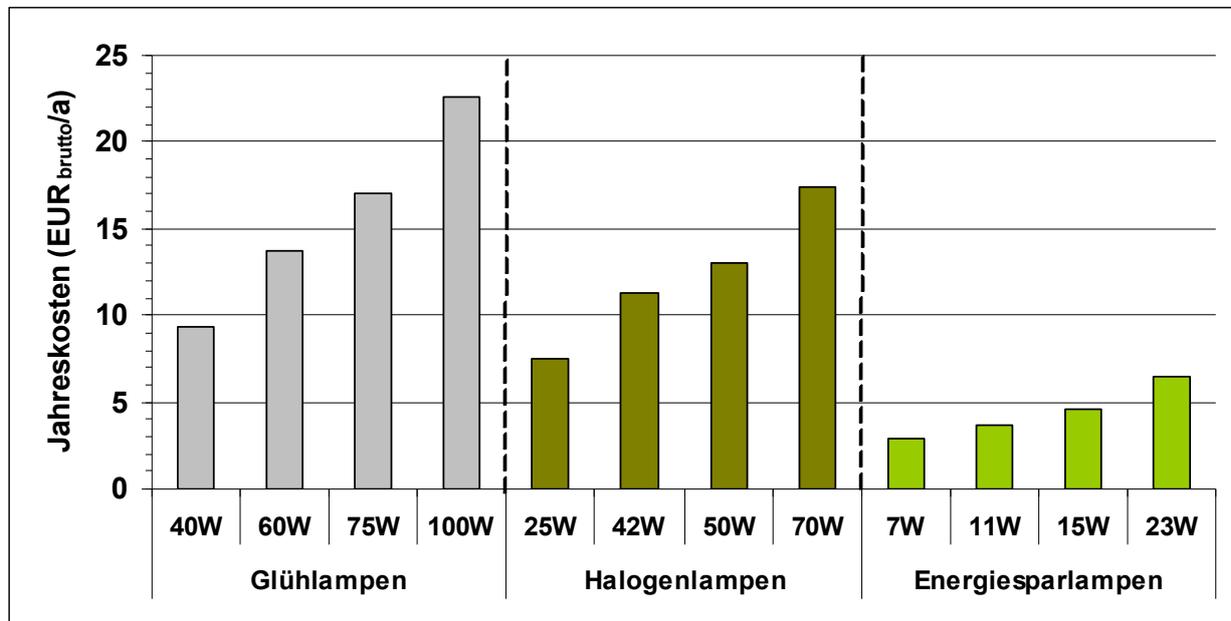
Weitere Einsparpotenziale ergeben sich durch die Installation von Bewegungsmeldern und Zeitschaltern, mit Hilfe derer sich der Stromverbrauch beispielsweise für die Beleuchtung von Treppenhäusern oder Kellerräumen reduzieren lässt.

3.8.1.1. Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Der Austausch konventioneller Glühbirnen zugunsten von Energiesparlampen ist aus der ökonomischen Perspektive eines Privathaushalts eine robust rentable Maßnahme (vgl. Abbildung 41). Ersetzt man beispielsweise eine 40W-Glühbirne durch eine lichtleistungsgleiche Energiesparlampe, beträgt die jährliche Kosteneinsparung rund 7 EUR (unter Zugrundelegung einer täglichen Brenndauer von 3 Stunden). Bei lichtstärkeren Lampen

liegt die Kostendifferenz weitaus höher, beispielsweise bei einer 100W Glühbirne bei rund 16 EUR pro Jahr.

Abbildung 41: Vergleich der Jahreskosten für konventionelle Glühbirnen und Energiesparlampen bei einer angenommenen täglichen Brenndauer von 3 Stunden⁴¹



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

3.8.2 Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Einsparpotenziale aus reinem Nutzungsverhalten ergeben sich insbesondere aus einer verringerten Gesamtbrenndauer der Beleuchtung. Öko-Institut 2004b geht hier davon aus, dass in einem Haushalt die durchschnittliche Brenndauer ohne Komforteinbuße um rund 20 % verringert werden kann. Das Einsparpotenzial beläuft sich demnach auf rund 2,3 TWh/a. Weitere (nicht quantifizierte) Potenziale ergeben sich aus dem regelmäßigen Reinigen von Lampen und Leuchten (Öko-Institut 2000).

3.9 Infrastruktur & Sonstiges

3.9.1 Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Im Bereich Infrastruktur und Sonstiges ergibt sich das wesentliche investiv bedingte Einsparpotenzial aus dem Austausch unregelter Heizungspumpen durch Hocheffizienzpumpen. Der spezifische Verbrauchswert einer unregelter Heizungspumpe liegt bei rund 500 kWh/a. Mittels des Einsatzes von Hocheffizienzpumpen lässt sich der Jahresstromverbrauch pro Pumpe um rund 80 % reduzieren. Legt man die rund 19 Mio. Heizungspum-

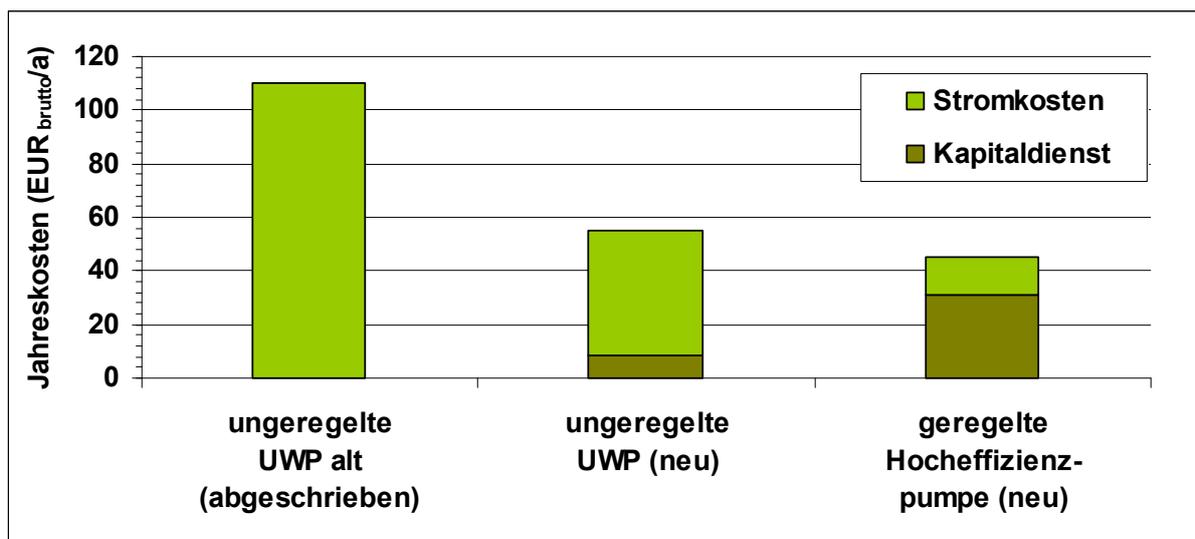
⁴¹ Angabe von Bruttokosten; Zinssatz 6 %; mittlere Lebensdauer Glühbirnen 1.000 Stunden, Halogenlampen 2.000 Stunden, Energiesparlampen 15.000 Stunden; angenommene Brenndauer pro Tag von 3 Stunden; Zugrundelegung heutiger Strompreise.

pen in deutschen Haushalten zugrunde, von denen rund 80 % unregelt sind (s.o.), errechnet sich daraus ein theoretisches technisches Einsparpotenzial von rund 8,5 TWh pro Jahr.

3.9.1.1. Wirtschaftlichkeit der Einsparpotenziale aus der Haushaltsperspektive

Verfügt ein Gebäude über eine alte Heizungspumpe, stellt der Austausch dieser zugunsten einer effizienten neuen Umwälzpumpe in der Regel eine hochrentable Maßnahme dar. Abbildung 42 illustriert dazu die Jahreskosten verschiedener Pumpenarten. Die Jahreskosten einer alten unregelten (und oftmals überdimensionierten) Heizungspumpe können sich für ein Einfamilienhaus leicht auf über 100 EUR pro Jahr summieren. Selbst der Austausch zugunsten einer neuen unregelten Pumpe ist aus der Eigentümerperspektive robust eine wirtschaftliche Maßnahme. Die Einsparung beträgt rund 55 EUR pro Jahr. Durch den Einsatz einer Hocheffizienzpumpe lassen sich die Jahreskosten im Vergleich zu einer neuen unregelten Pumpe um weitere 20 % reduzieren. Hier werden also die höheren Anschaffungskosten durch die eingesparten Stromkosten überkompensiert.

Abbildung 42: Vergleich der Jahreskosten verschiedener Heizungspumpentypen⁴²



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts auf der Basis von StiWa 2007b

3.9.2 Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Auch durch ein geändertes Nutzungsverhalten lässt sich bei Heizungspumpen ein gewisses Einsparpotenzial erschließen, selbst wenn die Pumpe nicht ausgetauscht wird. Bei Heizungspumpen wird die volle Leistung nur bei sehr kalten Außentemperaturen benötigt, d.h. die unregelte Pumpe kann zeitweilig auf eine niedrigere Pumpleistung gestellt werden. Die damit verbundene Stromeinsparung schätzt Mainova (2006) mit 20-30 % ab. Dies entspräche einer absoluten Stromeinsparung von rund 2,7 TWh/a.

⁴² Angabe von Bruttokosten; Zinssatz 6 %; Lebensdauer 20 Jahre; Zugrundelegung heutiger Strompreise.

3.10 Zusammenfassung Einsparpotenziale

In den folgenden Abschnitten werden die Stromsparpotenziale, die aus den verschiedenen Verhaltensweisen resultieren, zusammengefasst. Die Darstellung erfolgt auch hier getrennt nach den Verhaltensweisen (also nicht nach den Anwendungsfeldern), da man die verschiedenen Potenziale für ein Anwendungsfeld bzw. eine Gerätegruppe nicht einfach addieren darf (vgl. Kapitel 3.1). Mit anderen Worten, das Gesamteinsparpotenzial, das sich aus investivem und geändertem Nutzungsverhalten ergibt, ist geringer als die Summe der Einzelpotenziale für diese beiden Verhaltensfelder.

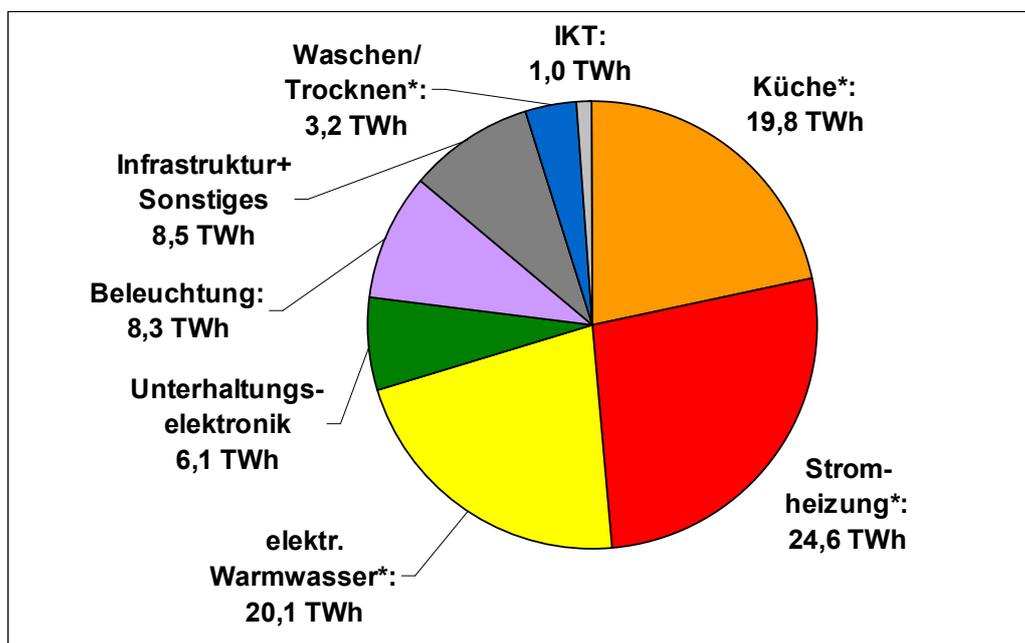
3.10.1 Technisches Einsparpotenzial durch investives Verhalten

Das gesamte theoretische Stromsparpotenzial, das sich durch die Anschaffung effizienter Haushaltsgeräte bzw. den Austausch strombetriebener Heizungen und Warmwassererzeuger, also durch investives Verhalten, erschließen ließe, summiert sich auf rund 90 TWh/a. Dies entspricht mehr als 60 % des heutigen Strombedarfs aller Privathaushalte in Deutschland.

Abbildung 43 und Abbildung 44 illustrieren die Aufteilung der Einsparpotenziale auf die verschiedenen Anwendungsfelder. Mit rund 45 TWh tragen die Bereiche Stromheizungen und elektrische Warmwassererzeugung nahezu zur Hälfte des gesamten theoretischen Einsparpotenzials bei. Mit beiden Bereichen verbinden sich allerdings erhebliche Hemmnisse bzgl. der Potenzialerschließung. Dies gilt insbesondere dann, wenn die entsprechenden Gebäude nicht eigen genutzt werden, sondern, da es sich um Mietwohnungen handelt, dem klassischen Nutzer/Investor-Dilemma unterliegen. Gleiches gilt für den Austausch der Heizungspumpe, ein Bereich, der ebenfalls mit einem erheblichen Stromsparpotenzial (ca. 8,5 TWh) verbunden ist.

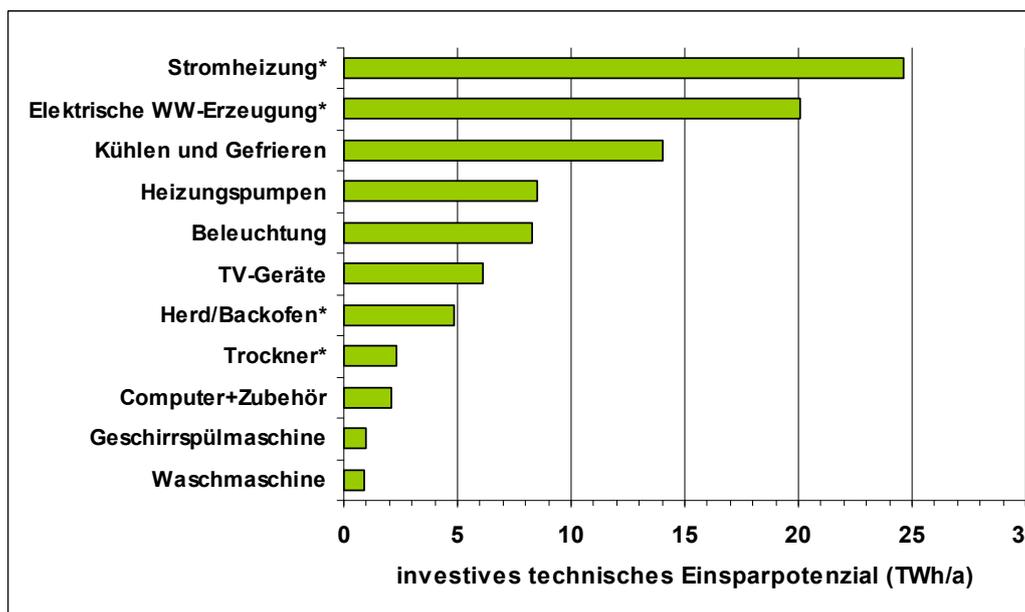
Auf der Ebene der klassischen Haushaltsgeräte bergen insbesondere die Bereiche Kühlen/Gefrieren (14,0 TWh) sowie Kochen/Backen (4,8 TWh) sehr große und relativ einfach zu erschließende Einsparpotenziale. Es folgen die Bereiche Beleuchtung (8,2 TWh) und Unterhaltungselektronik (6,1 TWh), wobei Letzterer durch die Stromsparpotenziale dominiert wird, die sich aus dem Einsatz effizienter TV-Geräte ergeben.

Abbildung 43: Theoretische technische Stromsparpotenziale durch investives Verhalten



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

Abbildung 44: Ranking der investiv adressierbaren theoretischen Stromsparpotenziale



(* Stromeinsparpotenzial jeweils verbunden mit Änderungen in der Primärenergieverteilung im jeweiligen Verbrauchssegment)

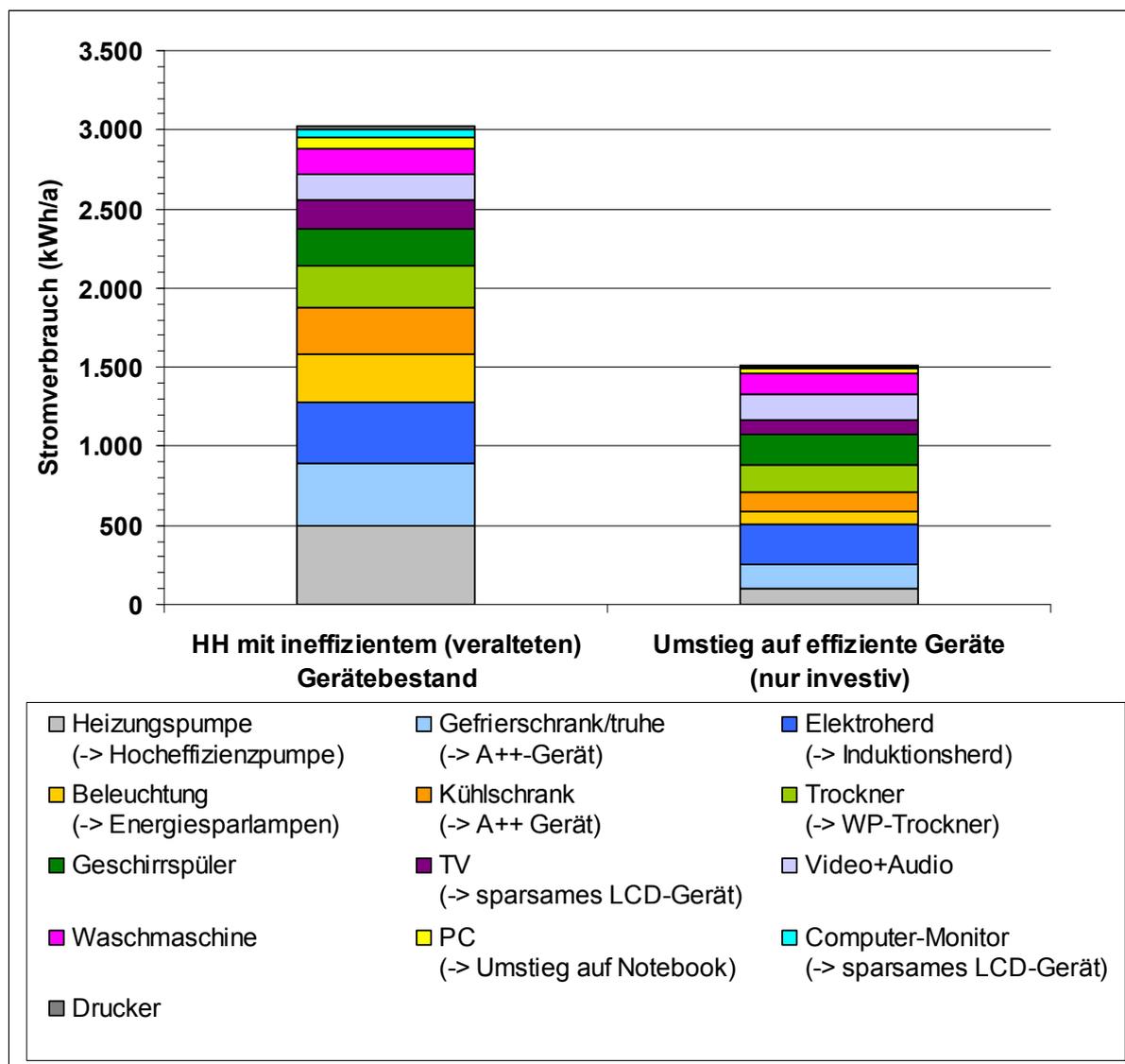
Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

Wie stellen sich nun die Stromsparpotenziale aus der Perspektive eines durchschnittlichen Privathaushalts dar. Abbildung 45 zeigt die Verteilung des Stromverbrauchs eines exemplarischen Haushalts, der sich durch einen ineffizienten (da veralteten) Gerätebestand (inkl. Heizungspumpe) auszeichnet, allerdings weder über eine Stromheizung noch eine elektri-

sche Warmwasserbereitung verfügt. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass das entsprechende Gebäude über keinen Hausanschluss an das Erdgasnetz verfügt, damit also beispielsweise der Umstieg auf einen Gasherd nicht rentabel ist.

Der Stromverbrauch des hier dargestellten Geräteparcs summiert sich auf rund 3.000 kWh pro Jahr. Dieser ließe sich durch rein investive Maßnahmen theoretisch auf etwa die Hälfte reduzieren. Die größten Einsparungen lassen sich dabei durch den Einsatz einer Hocheffizienz-Heizungspumpe (400 kWh/a), die Anschaffung einer Kühltruhe (244 kWh/a) und eines Kühlschranks (162 kWh/a) der Effizienzklasse A++, eines Induktionsherdes (131 kWh/a) sowie durch den konsequenten Einsatz von Energiesparlampen (233 kWh/a) erzielen.

Abbildung 45: Stromsarpotenziale eines Musterhaushalts durch Umstellung auf effiziente Bestgeräte



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

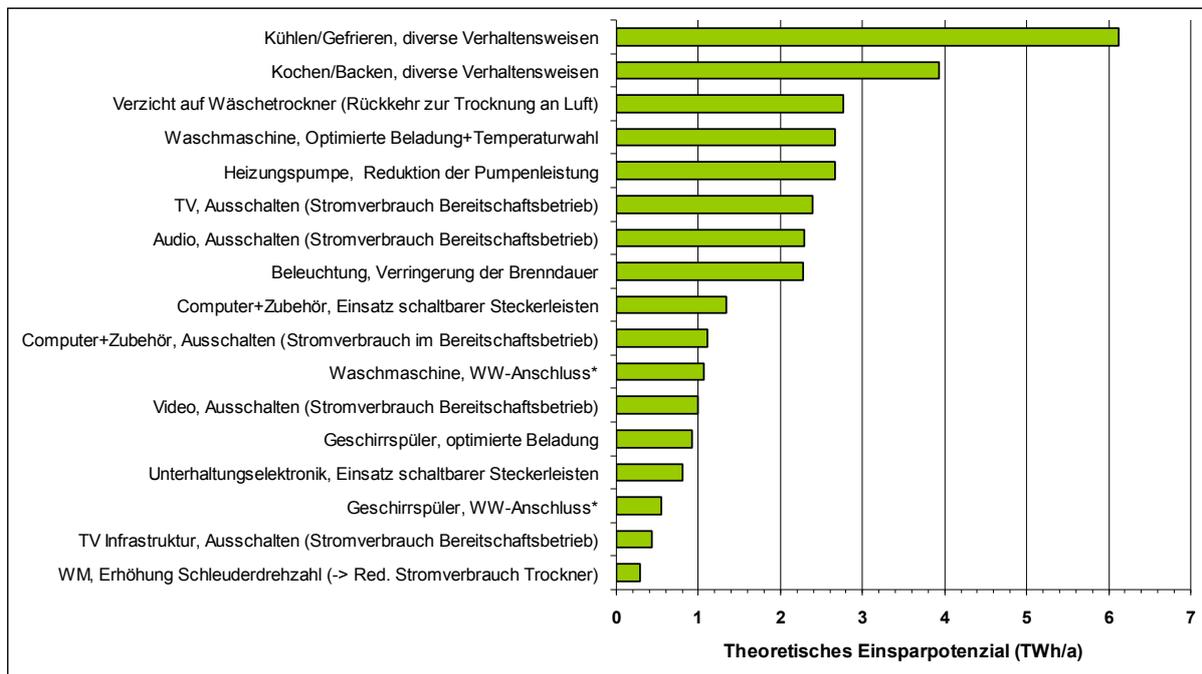
3.10.2 Einsparpotenzial durch Änderungen im Nutzungsverhalten

Das gesamte Stromsparpotenzial, das theoretisch durch ein geändertes Nutzungsverhalten erschlossen werden könnte, beträgt nach eigenen Abschätzungen rund 30 TWh. Dies entspricht in etwa 20% des heutigen Stromverbrauchs der deutschen Privathaushalte. Mit anderen Worten: Jede fünfte Kilowattstunde Strom ließe sich allein durch ein geändertes Nutzungsverhalten einsparen, ohne dass damit eine größere Investition, also finanzieller Aufwand verbunden wäre.

Zur Ermittlung des Gesamtpotenzials ist zu berücksichtigen, dass man die Einzelpotenzialabschätzungen innerhalb einer Gerätegruppe nicht einfach aufaddieren darf, da sie miteinander in Beziehung stehen. Reduziert ein Haushalt beispielsweise seinen Stromverbrauch für den Bereich Waschen durch eine optimierte Beladung der Waschmaschine bzw. eine optimierte Temperaturwahl, lässt sich durch einen Warmwasseranschluss zusätzlich nur noch eine geringere absolute Strommenge einsparen, als bei unverändertem Waschverhalten. Das Gesamtpotenzial, das einem geänderten Nutzungsverhalten zugeordnet werden kann, lässt sich allerdings durch ein "Hintereinanderschalten" verschiedener Maßnahmen ermitteln. Im obigen Beispiel wird also zunächst der Einspareffekt der optimierten Beladung/Temperaturwahl der Waschmaschine ermittelt. Ausgehend von dem sich daraus ableitenden reduzierten Jahresstromverbrauch der Waschmaschine lässt sich in einem nächsten Schritt die Einsparung abschätzen, die sich zusätzlich aus einem Warmwasseranschluss ergibt.

Abbildung 46 illustriert die verschiedenen Einsparpotenziale, die sich theoretisch aus einem geänderten Nutzungsverhalten erschließen lassen. Es wird deutlich, dass die größten Potenziale im Bereich der klassischen Haushaltsgeräte liegen (Kühlen/Gefrieren, Kochen/Backen, Waschen/Trocknen). Alleine der Bereich Kühlen und Gefrieren, also der optimierte Betrieb von Kühlschränken und Gefriertruhen/-schränken, birgt ein Stromsparpotenzial von rund 6 TWh/a, entsprechend einer Einsparung von rund 25 % in diesem Verbrauchssegment. An zweiter Stelle folgt der Bereich Kochen/Backen mit einem Einsparpotenzial von etwa 3,9 TWh.

Abbildung 46: Übersicht der durch geändertes Nutzungsverhalten adressierbaren theoretischen Stromsparpotenziale

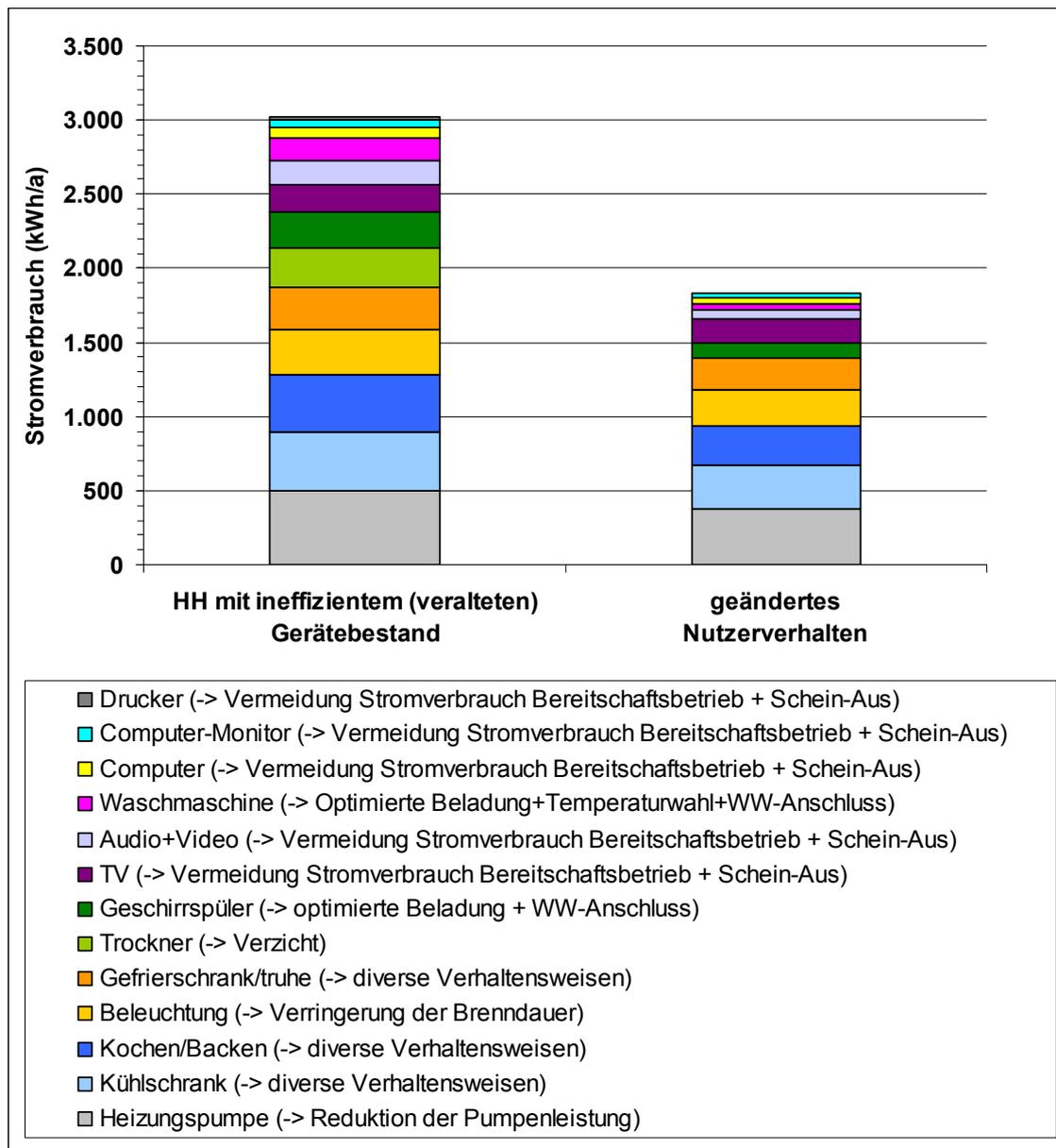


(* Einsparpotenzial verbunden mit Änderungen in der Primärenergieverteilung im jeweiligen Verbrauchssegment)

Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

Abbildung 47 zeigt auch hier eine Potenzialübersicht aus der Perspektive eines exemplarischen Privathaushalts mit einer veralteten Geräteausstattung. Als Folge eines geänderten Nutzungsverhaltens ließe sich der Stromverbrauch des hier dargestellten Geräteparks von rund 3.000 kWh pro Jahr auf etwa 1.850 kWh/a, also auf rund 60 % des Ausgangswerts reduzieren. Die größten absoluten Einsparwerte ergeben sich dabei aus dem Verzicht auf den Wäschetrockner (262 kWh/a), also die Rückkehr zum Trocknen an der Luft, sowie aus Verhaltensänderungen im Bereich des Kochens und Backens (123 kWh/a), der optimierten Beladung der Spülmaschine inkl. Warmwasseranschluss (140 kWh/a), einer bedarfsangepassten Reduktion der Leistung der Heizungspumpe (125 kWh/a) sowie einer Optimierung des Waschverhaltens (optimierte Beladung + Temperaturwahl + Warmwasseranschluss). Die Einsparpotenziale, die sich aus dem Warmwasseranschluss von Wasch- und Spülmaschine ergeben, setzen allerdings voraus, dass hierfür günstige Bedingungen am jeweiligen Anschlussort vorliegen (s.o.).

Abbildung 47: Stromsparpotenziale eines Musterhaushalts durch geändertes Nutzungsverhalten



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts

4 Ableitung von Zielverhaltensweisen

4.1 Hintergrund

Mit Hilfe der Potenzialanalyse und -systematisierung der vorangegangenen Abschnitte lassen sich diejenigen Einsparpotenziale identifizieren, die hinsichtlich des Potenzialvolumens, der zu überwindenden Hemmnisse sowie der nationalen Policy-Gestaltung die größte Handlungsrelevanz aufweisen. Die Ergebnisse der Analyse geben somit Hinweise darauf, in welchen Bereichen Lenkungsinstrumente prioritär ansetzen sollten, um die Wirkung politischer Steuerung im Bereich nachfrageseitiger Stromeffizienz zu maximieren.

Auf der Basis der Zusammenstellung der Verteilung des Stromverbrauchs privater Haushalte auf die verschiedenen Anwendungsfelder und Gerätgruppen sowie der darauf aufbauenden Potenzialanalyse lassen sich erste Vorschläge für mögliche Zielverhaltensweisen an der Schnittstelle zu Arbeitspaket 4 (Entwicklung eines integrierten psychologisch-soziologischen Handlungsmodells) ableiten. Ziel von Arbeitspaket 4 ist es, empirisch gesichertes Wissen über die wichtigsten Einflussgrößen auf Strom sparendes Verhalten von Verbraucherinnen und Verbrauchern bereitzustellen. Aufbauend auf der Potenzialanalyse werden dabei fünf Unter-Ziele verfolgt:

Erstens wird identifiziert, welches die relevanten Einflussfaktoren und Blockaden auf die verschiedenen Zielverhaltensweisen sind. *Zweitens* wird das Zusammenspiel in einem theoriegeleiteten Handlungsmodell postuliert und empirisch überprüft. *Drittens* werden mittels der erhobenen Daten Aussagen über die relative Wichtigkeit der Faktoren im Hinblick auf die Größe ihres Einflusses auf das Zielverhalten getroffen. *Viertens* werden Zusammenhänge zwischen den individuellen Determinanten und den gesellschaftlichen Einflussgrößen auf Strom sparende Handlungen identifiziert. *Fünftens* werden ein integriertes psychologisch-soziologisches Handlungsmodell entwickelt und Hypothesen zu potenziell wirksamen Politikinstrumenten abgeleitet, die an den jeweils identifizierten Barrieren und Einflussfaktoren ansetzen

4.2 Auswahlkriterien

Die Auswahl der Zielverhaltensweisen orientiert sich an folgenden Kriterien:

- Größe des Stromeinsparpotenzials einer Maßnahme (Wie viel Strom kann ein Haushalt durch eine bestimmte investive oder nutzungsbedingte Einsparmaßnahme pro Jahr einsparen?)
- Antizipierte Trendentwicklungen (Z.B. bei welchen Gerätegruppen sind zukünftig stark steigende Ausstattungsraten bzw. -bestände zu erwarten? Welche strommehr- bzw. -minderverbrauchsrelevanten Trends bzw. Verbrauchsmuster sind zukünftig zu erwarten? Welche autonomen und politisch induzierten technologischen Entwicklungen sind zu erwarten? Wie schnell erfolgt die Marktdurchdringungen von Effizienztechnologien?)

- Wirtschaftlichkeit des Stromeinsparpotenzials (Wie viel Geld kann ein durchschnittlicher Privathaushalt durch eine bestimmte investive oder nutzungsbedingte Einsparmaßnahme pro Jahr einsparen bzw. welche Mehrkosten sind damit verbunden?)
- Zugänglichkeit des Stromeinsparpotenzials aus der Haushaltsperspektive (V.a. welchen Einfluss hat die Eigentümerstruktur - Mietwohnungen vs. selbst genutzte Eigentumswohnungen - im deutschen Gebäudebestand auf die "Zugänglichkeit" von Einsparpotenzialen? Neben Handlungsoptionen, spielt auch die Option zum Erwerb von Handlungskompetenz durch Aufmerksamkeit + Informationsangebot eine Rolle)⁴³
- Zugänglichkeit des Stromeinsparpotenzials aus der Perspektive der nationalen Policy-Gestaltung (z.B. in welchen Bereichen verfügt die nationale Politik überhaupt über die Kompetenz, regelnd oder fördernd einzugreifen?)

Bei der Auswahl der Zielverhaltensweisen werden bewusst sowohl Maßnahmen mit investivem Charakter als auch solche berücksichtigt, die vorwiegend klassisches Nutzungsverhalten adressieren.

Manche Anwendungsfelder sind sich aus der Perspektive der politischen Steuerung sehr ähnlich. Es handelt sich dabei v.a. um Anwendungsfelder, in denen die Hemmnisse gegen den Einsatz energiesparender Geräte oder energiesparendes Verhalten, aber auch der Adressatenkreis der politischen Intervention vergleichbar sind (z.B. Austausch elektrischer Widerstandsheizungen bzw. elektrischer Warmwasserbereiter). In solchen Fällen wurde jeweils nur ein Anwendungsfeld in die Liste der Zielverhaltensweisen aufgenommen. Dies gilt auch dann, wenn die Potenziale der anderen/vergleichbaren Anwendungsfelder sehr hoch sind.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der vier identifizierten Zielverhaltensweisen. Aufgeführt wird jeweils der Begründungskontext (wieso wurde die jeweilige Verhaltensweise ausgewählt) sowie einige weitere Anmerkungen in Hinblick auf das psychologisch-soziologische Handlungsmodell in AP4.

⁴³ Dies ist insbesondere relevant für Stromsparpotenziale, deren Erschließung direkte (teils bauliche) Maßnahmen an einem Gebäude erfordern, beispielsweise den Ersatz von Stromheizungen durch wassergestützte Heizungssysteme (mit entsprechendem Einbau eines hydraulischen Systems) oder der Ersatz von Elektroböhlern.

	Zielverhalten	Charakter einer Maßnahme	Begründungskontext	Weitere Anmerkungen hinsichtlich des psychologisch-soziologischen Handlungsmodells in AP4
1	Austausch elektrischer Widerstandsheizungen	Adressiert Investitionsverhalten Hochinvestive Maßnahme, die einen erheblichen baulichen Eingriff bedeutet (in der Regel Einbau eines wasserbasierten Heizungssystems)	Stromheizungen haben einen Anteil von rund 17 % am gesamten Stromverbrauch der Privathaushalte. Aus Haushaltsperspektive extrem großes Einsparpotenzial (bezogen auf Stromverbrauch und Primärenergie) durch Umstellung auf ein nicht-elektrisches Heizungssystem.	"Nur" rund 4-5 % aller Wohnungen in DE werden mit Strom beheizt Zahlreiche Hemmnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Hoher Investitionsaufwand (aus der Perspektive eines Haushalts ist die Umstellung nur dann wirtschaftlich, wenn ohnehin ein Geräteaustausch ansteht oder notwendig ist und gleichzeitig ein Mehrfamilienhaus betroffen ist) • Bauliche Maßnahme bedeutet erheblichen Eingriff (Lärm, Schmutz, usw.) • Mieter/Vermieter Problematik: <ul style="list-style-type: none"> – Vermieter = Entscheider, Mieter = Nutzer (in Form reduzierter Heizenergiekosten) – Vermieter entscheidet und finanziert ohne aus seiner Sicht direkten Nutzen, Mieter hat den Eingriff zu ertragen ohne (falls Mietkostenumlage der Investitionskosten) aus Perspektive vieler Mieter spürbaren Nutzen
2	Austausch bestehender Kühl- und Gefriergeräte gegen Bestgeräte (bei gleichzeitiger Außerbetriebnahme des Altgeräts)	Adressiert Investitionsverhalten Gesamter Investitionsaufwand für die Geräteanschaffung in der Größenordnung von 400-1.100 EUR (Standgeräte). Investitionsmehraufwand gegenüber typischen Ge-	Bereich Kühlen/Gefrieren hat hohen Anteil am gesamten Stromverbrauch der Privathaushalte (ca. 23 % bei Haushalten ohne elektrische Raumwärme und Warmwassererzeugung). Rund ein Drittel aller Kühlgeräte ist älter als 10 Jahre. In den letzten Jahren hohe spezifi-	Beispielrechnungen zeigen, dass sich aus der Haushaltsperspektive in vielen Fällen ein vorzeitiger Geräteaustausch lohnt, insbesondere dann, wenn ein Bestandsgerät älter als 15 Jahre alt ist, oftmals allerdings auch schon bei wesentlich kürzeren Laufzeiten. Kühl-/Gefriergeräte sind reine Nutzgeräte ohne großen emotionalen Bezug, ohne Prestigekontext.

		<p>räten der Effizienzklasse A am Markt: ca. 0-500 EUR.</p> <p>Mehraufwand amortisiert sich in der Regel innerhalb weniger Jahre.</p>	<p>sche Effizienzgewinne bei Marktangebot (Spezifischer Stromverbrauch zw. Marktangebot von A++-Geräten in 2008 und Durchschnittsangebot 1995 differiert um Faktor 2-4.)</p>	
3	<p>Anschaffung effizienter TV-Geräte (v.a. Austausch bestehender Röhren-TV-Geräte zugunsten effizienter LCD-Geräte mit vergleichbarer Bildschirmdiagonaler)</p>	<p>Adressiert Investitionsverhalten</p> <p>Investitionsaufwand variiert erheblich in Abhängigkeit von der Marke, der Bildschirmdiagonale und anderen Geräte-Features.</p>	<p>Gesamtes technisches Stromsparpotenzial beläuft sich auf rund 5 TWh/a (angenommen wird der Austausch des kompletten Gerätebestands durch effiziente LCD-Geräte mit vergleichbaren Gerätemerkmalen).</p> <p>Eine Korrelation zwischen Geräteeffizienz und Anschaffungskosten ist nicht erkennbar -> Anschaffung eines effizienten Gerätes ist nicht automatisch mit Mehrkosten verbunden.</p>	<p>Trend geht zu Flachbildschirmen und hier insbesondere zu LCD-Geräten; gleichzeitig Trend zu Geräten mit hohen Bildschirmdiagonalen.</p> <p>Auch das Segment der großen Bildschirmdiagonalen birgt erhebliche Stromminderungspotenziale (Spreizung des spezifischen Stromverbrauchs von LCD-Geräten mit Bildschirmdiagonalen >90cm liegt bei rund 50 %).</p> <p>TV-Geräte gehören zu den "sichtbaren" Stromverbrauchern in einer Wohnung (Wohnzimmer). Es besteht bei zahlreichen Haushalten ein teilweise starker Prestigecontext.</p>
4	<p>Anschaffung und regelmäßige Benutzung schaltbarer Steckerleisten</p>	<p>Maßnahme adressiert Schein-Aus-Verbrauch und teilweise den Stromverbrauch aus dem Bereitschaftsbetrieb von Elektrogeräten (v.a. Unterhaltungselektronik und IKT).</p> <p>Kleininvestive Maßnahme (Steckerleisten), Einspar-effekt allerdings abhängig von der regelmäßigen Benutzung.</p>	<p>Sehr hohes Einsparpotenzial insbesondere in den Bereichen Unterhaltungselektronik und IKT (sowohl absolut als auch pro Haushalt) gegenüber dem IST-Zustand als auch gegenüber der antizipierten Trendentwicklung (v.a. bei IKT und einigen Anwendungsfeldern der Unterhaltungselektronik werden steigende Ausstattungsraten bzw. Leistungsmerkmale für den Bereitschaftsbetrieb erwartet)</p>	<p>Verbraucherseitige Hemmnisse reichen von Informationsdefiziten, Falschinformation bis zu Bequemlichkeit.</p> <p>Im Rahmen der Umsetzung der EU Richtlinie 2005/32/EG wird die EU für zahlreiche Elektrogeräte Höchstwerte für den Stromverbrauch in Bereitschafts- und Schein-Aus-Betrieb festlegen (Lot 6 Ecodesign requirements for standby and off mode electric power consumption of electrical and electronic household and office equipment).</p>

5 Literatur

- ASUE 2008: Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.; Besonders sparsame Haushaltsgeräte 2007/2008; Essen
- BDEW 2008a; Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; Energie-Info - Endenergieverbrauch in Deutschland 2007; Berlin
- BDEW 2008b; Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; Energie-Info - Endenergieverbrauch in Deutschland 2006; Berlin
- BMWi 2008: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Energiedaten; Berlin
- BUND 2008: BUND für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.; Stromverbrauch von TV-Geräten - Marktübersicht von 406 TV-Geräten (LCD und Plasma); Berlin
- Dena 2008: Deutsche Energieagentur; TV, HiFi & Co: Energiespar-Tipps für Ihren Haushalt; Berlin
- DESTATIS 2008: Statistisches Bundesamt; Bautätigkeit und Wohnungen; Mikrozensus-Zusatzerhebung 2006, Bestand und Struktur der Wohneinheiten, Wohnsituation der Haushalte; Fachserie 5 / Heft 1; Wiesbaden
- DESTATIS 2007a: Statistisches Bundesamt; Statistisches Jahrbuch 2007; Wiesbaden
- DESTATIS 2007b: Statistisches Bundesamt; Wirtschaftsrechnungen: Ausstattung privater Haushalte mit langlebigen Gebrauchsgütern 2000-2006; Fachserie 15 Reihe 2; Wiesbaden
- Eurostat 2008: Versorgung, Umwandlung, Verbrauch - Elektrizität - jährliche Daten; Luxemburg
- EWI/prognos 2005: Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030 Energiewirtschaftliche Referenzprognose Energiereport IV; Köln/Basel
- EWI/prognos 2006: Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030; Köln/Basel
- EWI/prognos 2007: Energieszenarien für den Energiegipfel 2007 (Inklusive Anhang 2 %-Variante); Köln/Basel
- FZJ 2001: Systematisierung der Potenziale und Optionen für den Gebäudebereich; Jülich
- GfK/GfU 2007: Gesellschaft für Konsum-, Markt und Absatzforschung / Gesellschaft für Unterhaltungselektronik- und Kommunikationstechnik; Der Markt für Consumer Electronics - Deutschland 2007; Nürnberg/Frankfurt
- Gruber E. 2006; Stromsparen im Haushalt - Potentiale und Probleme; Workshop "Strom sparen im Haushalt: Mission Impossible?"; 27.11.2006; Berlin
- ISI 2000: Detaillierung des Stromverbrauchs privater Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland 1997 - 2010; Karlsruhe
- ISI/CEPE 2003: Der Einfluss moderner Gerätegenerationen der Informations- und Kommunikationstechnik auf den Energieverbrauch in Deutschland bis zum Jahr 2010 - Möglichkeiten zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung in diesen Bereichen; Karlsruhe/Zürich
- ISI et al. 2004: Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD); Karlsruhe/Berlin/Nürnberg/Leipzig/München

- ISI et al. 2005: Technische und rechtliche Anwendungsmöglichkeiten einer verpflichtenden Kennzeichnung des Leerlaufverbrauchs strombetriebener Haushalts- und Bürogeräte; Karlsruhe/München/Dresden
- ISI et al. 2008: Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP): Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes - Kostenbetrachtung ausgewählter Einzelmaßnahmen der Meseberger Beschlüsse zum Klimaschutz; Karlsruhe/Berlin/Zürich
- IZES/BEI 2007: Studie zu den Energieeffizienzpotenzialen durch Ersatz von elektrischem Strom im Raumwärmebereich; Saarbrücken/Bremen
- IZM/DU 2007: Consumer Behaviour and Local Infrastructure; EuP Preparatory Studies "Televisions" (Lot 5); Final Report on Task 3; Berlin
- Lahr 2008: Lokale Agenda 21 - Gruppe Umwelt/Energie Lahr / Ortenauer Energieagentur Offenburg; Feldtest Elektro - Wärmepumpen: Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei; Lahr
- Mainova 2006: Stromverbrauch und Kosten reduzieren mit modernen Heizungspumpen; Frankfurt
- Öko-Institut 2000: Klimaschutz durch Minderung von Treibhausgasemissionen im Bereich Haushalte und Kleinverbrauch durch klimagerechtes Verhalten. Band 1: Private Haushalte; Freiburg
- Öko-Institut 2004a: PROSA Waschmaschinen - Produkt-Nachhaltigkeitsanalyse von Waschmaschinen und Waschprozessen; Freiburg
- Öko-Institut 2004b: Energiesparlampe als EcoTopTen-Produkt; Freiburg
- Öko-Institut 2004c: Ökostrom als EcoTopTen-Produkt; Freiburg
- Öko-Institut 2006a: Kühl- und Gefriergeräte als EcoTopTen-Produkte; Freiburg
- Öko-Institut 2006b: Geschirrspülmaschinen als EcoTopTen-Produkte; Freiburg
- Öko-Institut 2007a: Fernseher als EcoTopTen-Produkte; Freiburg
- Öko-Institut 2007b: EcoTopTen-Kaufempfehlungen für Desktop-PCs und Notebooks; Freiburg
- Öko-Institut 2007c: EcoTopTen-Kaufempfehlungen für Drucker; Freiburg
- Rüdenauer, I.; Gensch, C. 2005; Environmental and economic evaluation of the accelerated replacement of domestic appliances; Freiburg
- RWI/forsa 2008: Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2005; Essen
- RWI/forsa 2005: Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2003; Essen
- Stamminger, R.; Goerdeler, G. 2005; Waschen in Deutschland - Auswertung einer Verbraucherbefragung; Bonn
- StiWa 2008a: Stiftung Warentest; Das Empfangskomitee; Test 10/2008; Berlin
- StiWa 2008b: Stiftung Warentest; Viel oder wenig; Test 04/2008; Berlin
- StiWa 2007a: Stiftung Warentest; Schneller, schlapper; Test 07/2007; Berlin
- StiWa 2007b: Stiftung Warentest; Sparen beim Pumpen; Test 09/2007; Berlin
- StiWa 2004: Stiftung Warentest; Heiße Kisten; Test 08/2004; Berlin

- UBA 2008: Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2006; Dessau
- UGR 2006: Die Nutzung von Umweltressourcen durch die Konsumaktivitäten der privaten Haushalte; Wiesbaden
- VDEW 2007: Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V.; Energie-Info - Endenergieverbrauch in Deutschland 2005; Berlin
- VDEW 2002: Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V.; VDEW-Datenkatalog zum Haushaltsstromverbrauch 2002; Frankfurt
- VITO et al. 2008: Preparatory Studies for Eco-design Requirements of EuPs - Lot 19: Domestic lighting; Draft Interim Task Report, Task 2: Economic and Market Analysis; Mol
- VHK 2005: Domestic Dishwashers, Product case 6. VHK EuP Final Report; Delft
- VZ 2008: Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen; 99 Wege Strom zu sparen - Für einen sanften Umgang mit Energie; Düsseldorf
- Wuppertal Institut 2006: Optionen und Potenziale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen, Wuppertal
- Wuppertal/Flensburg 2005a: Wuppertal Institut, Universität Flensburg; Optimierung der Heizungssysteme und „Faktor 4“-Umwälzpumpen in EFHZFH - Beschreibung eines möglichen Förderprogramms eines Energieeffizienz-Fonds; Wuppertal/Flensburg
- Wuppertal/Flensburg 2005b: Wuppertal Institut, Universität Flensburg; Optimierung der Heizungssysteme und hocheffiziente Umwälzpumpen in größeren Gebäuden- Beschreibung eines möglichen Förderprogramms eines Energieeffizienz-Fonds; Wuppertal/Flensburg
- ZIV 2007: Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks - Zentralinnungsverband (ZIV); Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2007, Sankt Augustin
- ZVEI 2007: Zahlenspiegel des deutschen Elektro-Hausgerätemarktes; Frankfurt