



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

NEUE ANSÄTZE ZUR VERBRAUCHSAB- SCHÄTZUNG VON LAMPEN IN PRIVAT- HAUSHALTEN

Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

Thomas Grieder, Encontrol GmbH

Bremgartenstrasse 2, 5443 Niederrohrdorf, thomas.grieder@encontrol.ch,
www.encontrol.ch

Alois Huser, Encontrol GmbH

Bremgartenstrasse 2, 5443 Niederrohrdorf, info@encontrol.ch, www.encontrol.ch

Impressum

Datum: 16. Juni 2008

Im Auftrag des Bundesamt für Energie,

Forschungsprogramm Elektrizitätstechnologien und -anwendungen

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

BFE-Bereichsleiter, thilo.krause@bfe.admin.ch

BFE-Projektnummer: 101777

Bezugsort der Publikation: www.energieforschung.ch und www.electricity-research.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Resumé	5
Abstract	6
1 Ausgangslage	7
2 Ziel der Arbeit	7
3 Literaturrecherche	7
3.1 Light Summit 2005	7
3.2 Aktivitäten im EU-Raum	9
3.3 Aktivitäten der IEA	15
3.4 Aktivitäten in der Schweiz	16
3.5 SIA-Normen und -Merkblätter	21
3.6 EU-Normen	22
3.7 Kennzahlen Beleuchtung aus früheren Studien	23
4 Expertengespräche	24
4.1 Lampenhersteller und Verbände	24
4.2 Leuchtenhersteller / Beleuchtungsplaner	26
4.3 Fachexperten Beleuchtung / Stromverbrauch Schweiz	27
4.4 Energiefachstellen	29
4.5 Energieversorger	30
5 Lösungsansätze	32
5.1 Auswertung bestehender Datensätze	32
5.2 Neue Haushaltbefragung	33
5.3 Direkte Messung	33
5.4 Simulation	36
5.5 Lang und Lingenhel	37
5.6 Lastganganalyse von Verteiltransformatoren	38
6 Bewertung der Lösungsansätze	39
6.1 Zusammenfassung und Empfehlung	39
6.2 Auswertung bestehender Datensätze	40
6.3 Neue Haushaltbefragung	40
6.4 Direkte Messung	41
6.5 Simulation	41
6.6 Lang und Lingenhel	41
7 Modellrechnung	42
7.1 Datenbasis	42
7.2 Modellbildung	42
7.3 Komplexes Modell für Frankreich	44
7.4 Vereinfachtes Modell für Frankreich	47
7.5 Anpassung an die Schweiz	48

7.6	Resultate	50
8	Diskussion der Resultate.....	51
9	Empfehlungen	53
9.1	Weiterführende Arbeiten	53
9.2	Elektrizitätsstatistik	54
10	Literaturverzeichnis	55
	Anhang 1: Fragenraster / Stichworte für Interviews mit Experten.....	57
	Anhang 2: Algebraische Formeln für den Ansatz Lang und Lingenhel	58
	Anhang 3a: Anzahl Lampen pro Zimmer- und Haushaltstyp (F)	60
	Anhang 3b: Installierte Leistung pro Zimmer- und Haushaltstyp (F)	61
	Anhang 3c: Nutzungsstunden pro Lampen- und Zimmertyp (F).....	62
	Anhang 3d: Strombezug pro Lampen- und Haushaltstyp (F).....	63
	Anhang 4: Modellrechnung für die Schweiz	64

© Encontrol GmbH: gespeichert 16.06.08, gedruckt 16.06.08/sb_bfe_lampen_v5.doc/tgr

Zusammenfassung

Eine im Sommer 2005 vom *Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)* durchgeführte Stromverbrauchserhebung in 1'200 Haushalten der Schweiz kommt zum Resultat, dass der Strombezug für die Beleuchtung pro Haushalt im Zeitraum von 1991 bis 2005 um rund 80% zugenommen hat.

Die Studie hat umfangreiches Datenmaterial zur Anzahl der Lampen in Haushalten geliefert. In Bezug auf die Nutzungszeiten basieren die Berechnungen aber auf Schätzungen, respektive Erfahrungswerten. Die vorliegende Studie hat zum Ziel, neue Ansätze zur Verbrauchsabschätzung von Lampen in Privathaushalten aufzuzeigen. Nach Möglichkeit soll ein solcher Ansatz versuchsweise umgesetzt werden.

In einer ersten Phase wurden mit einer ausgedehnten Literatur- und Internetrecherche sowie einer Vielzahl von Expertengesprächen in der Schweiz mehrere Lösungsansätze erarbeitet. Diese wurden anschliessend nach verschiedenen Kriterien bewertet und derjenige ausgewählt, der bezüglich Genauigkeit, Aufwand und Zeitbedarf den besten Kompromiss darstellt.

Der ausgewählte Lösungsansatz kombiniert die Daten der VSE-Erhebung mit Resultaten aus zwei gross angelegten Messkampagnen der *Europäischen Union (EU)*. Insgesamt wurde in den letzten fünf Jahren der Strombezug für die Beleuchtung in 500 Haushalten der EU gemessen. Dieses umfangreiche Datenmaterial wurde benutzt, um ein Verbrauchsmodell zu entwickeln, das jedem Zimmer einer Wohnung eine Anzahl von typischen Lampen zuordnet.

In der Umsetzung ergibt das neue Modell deutlich tiefere Verbrauchswerte, als bisherige Arbeiten. Auch gegenüber der VSE-Studie liegt der errechnete Durchschnittswert um rund 20% tiefer. Generell liefern die Messkampagnen tiefere Verbrauchswerte, als ältere Studien.

Um die gefunden Resultate zu verifizieren, empfehlen wir die Durchführung einer Messkampagne in ca. 60 Haushalten der Schweiz. So erhärtet ermöglicht das vorgeschlagene Modell detaillierte Aussagen nicht nur zum Strombezug für die Beleuchtung verschiedener Haushaltstypen sondern auch bezogen auf einzelne Zimmer- und Lampentypen. Auch die Auswirkungen des zukünftigen Verbotes von Glühlampen in der Schweiz können so fundiert abgeschätzt werden. Parallel dazu wären die Annahmen und Voraussetzungen, die in die bisherigen Hochrechnungen eingeflossen sind, kritisch zu hinterfragen und laufende Arbeiten der EU in Bezug auf den Haushaltstrombezug verschiedener Anwendungen wären zu verfolgen.

Resumé

Une étude sur la consommation électrique, effectuée en été 2005 par l'*Association des entreprises électriques suisses (AES)* auprès de 1200 foyers en Suisse, démontre que la consommation pour l'éclairage a augmentée d'environ 80% par ménage dans la période de 1991 à 2005.

Cette étude a livré une grande quantité de données sur le nombre de lampes dans les ménages. En ce qui concerne les durées d'utilisation par contre, les calculs sont basés sur des estimations ou des valeurs tirées de l'expérience. L'étude présente a pour objectif de montrer de nouvelles propositions de solutions pour évaluer la consommation pour l'éclairage des ménages. Si possible, une telle proposition devrait être mise en opération.

d'évaluer de manière approfondie la consommation électrique nécessaire à l'éclairage des ménages privés et de gagner des données fiables sur la durée d'utilisation.

Dans une première phase, plusieurs propositions de solutions ont été élaborées, par une recherche intensive sur Internet et dans la littérature ainsi que par de nombreux entretiens avec des experts en Suisse. Les propositions de solution ont été évaluées selon divers critères, et celle qui présentait le meilleur compromis du point de vue précision, coûts et durée nécessaire était sélectionnée.

La proposition de solution choisie combine les données de l'étude de l'AES avec les résultats de deux grandes campagnes de mesures organisées par l'*Union européenne (UE)*. Ainsi, la consommation électrique pour l'éclairage a été mesurée ces cinq dernières années dans 500 ménages dans UE. Cette grande quantité de données a été utilisée pour développer un modèle de consommation, qui attribue un nombre de lampes types à chaque chambre d'un logement.

Le modèle donne des valeurs de consommation nettement inférieures aux statistiques de consommation précédentes. Les résultats confirment pour l'essentiel l'étude de l'ASE, mais les valeurs de consommation sont environ 20% inférieures. En général, les campagnes de mesures livrent des valeurs de consommation inférieures aux précédentes études.

Afin de confirmer les résultats obtenus, nous recommandons d'effectuer une campagne de mesures dans env. 60 ménages en Suisse. Ainsi renforcé, le modèle proposé permet des affirmations détaillées non seulement sur la consommation pour l'éclairage de divers types de ménages, mais aussi sur les types de chambres et les types de lampes. Il est aussi possible ainsi d'évaluer de manière plus précise les effets de la future interdiction des lampes à incandescence en Suisse. Nous recommandons en outre de réétudier de manière critique les suppositions qui étaient utilisées dans les modèles précédents et de suivre les travaux actuels de l'*Union européenne* en relation avec la consommation d'électricité des ménages.

Abstract

A survey of electricity consumption carried out by the *Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE: Association of Swiss Electricity Companies)* in the summer of 2005 in 1,200 households in Switzerland came to the result that the power used for lighting per household had increased by around 80% in the period from 1991 to 2005.

The study provided extensive data material regarding the number of lamps used in households. With regard to the utilisation times, however, the calculations were based on estimates or values obtained from experience. The present study aims to reveal new approaches for estimating the power consumption for lighting in households. As far as possible, one of these approaches should be immediately realised.

In a first phase, a number of possible approaches were drawn up by means of extended research in literature and the Internet, as well as a large number of expert discussions in Switzerland. The approaches were evaluated according to various criteria, and the solution that offered the best compromise with regard to accuracy, cost and time required was selected.

The selected approach combines the data of the VSE survey with the results obtained in two measurement campaigns carried out by the *European Union (EU)*. Over the last five years, the power used for the lighting of 500 households in the EU was measured. This extensive data material was used to develop a consumption model that assigns a number of typical lamps to every room of an apartment.

The model yields significantly lower consumption levels than the previous consumption statistics. Although the results basically confirm the VSE study, the consumption values are about 20% lower. In general, the measurement campaigns provide lower consumption values than older studies.

In order to confirm the results obtained, we would recommend that a measurement campaign be carried out in approx. 60 households in Switzerland. With confirmation of this kind, the proposed model would not only make detailed statements possible for the current consumption for the lighting of different types of households, but also in relation to individual room and lamp types. The consequences of a future ban on incandescent light bulbs in Switzerland could also be assessed in a sound manner. In addition, we would recommend that the assumptions and conditions that were used in earlier models could be examined in a critical manner and that the findings of further studies presently carried out by the *European Union* should be consulted.

1 Ausgangslage

Im Projekt *Home Networking* des Bundesamts für Energie (BFE) hat sich gezeigt, dass in dem untersuchten modernen Haushalt der Strombezug für die Beleuchtung mehr als viermal so gross ist, wie in einem klassischen Haushalt der gleichen Grösse von 1992 (Grieder/Huser 2005b).

Frühere Studien des Bundesamts für Energie haben sich schon mit dem Strombezug für Beleuchtung in der Schweiz befasst (Hofer/Aehlen 2002, Hammer et al. 2005). Beide Studien kommen zum Resultat, dass dieser Verbrauchsanteil stabil oder sogar rückläufig ist.

Eine im letzten Sommer durchgeführte Stromverbrauchserhebung in Privathaushalten des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE) hat umfangreiches Datenmaterial zur Anzahl der Lampen in Haushalten geliefert (Grieder/Huser 2005a). Was fehlt, sind verlässliche Daten zu deren Betriebszeiten und es ist auch kein Ansatz bekannt, wie solche Angaben zu erlangen sind. So erscheint zum Beispiel eine direkte Befragung von Haushaltsvorständen ein wenig sinnvolles Vorgehen, da die wenigsten Leute ihr diesbezügliches Benutzungsverhalten genügend genau kennen.

2 Ziel der Arbeit

Die vorliegende Studie hat zum Ziel, den Stromverbrauch für die Beleuchtung in Privathaushalten fundiert abzuschätzen. Die Annahmen früherer Studien zum spezifischen Stromverbrauch pro Lampe und Jahr sollen aktualisiert/verifiziert werden.

Das Projekt wird in zwei Phasen unterteilt:

- In der ersten Phase werden die Aktivitäten zum Thema Beleuchtung in Haushalten in Europa und weltweit in einem Überblick aufgelistet. In Expertengesprächen werden Lösungsansätze für das Problem der Nutzungszeiten erarbeitet. Die aufgezeigten Lösungswege werden beurteilt bezüglich Machbarkeit, Genauigkeit und Aufwand.
- Falls in der ersten Phase ein gangbarer Weg erarbeitet werden kann, so sollen in einer zweiten Phase die Nutzungszeiten berechnet/abgeschätzt und in Kombination mit den Daten der VSE-Studie der Verbrauch auf Landesstufe berechnet werden.

3 Literaturrecherche

3.1 Light Summit 2005

Auf Einladung der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz (S.A.F.E.) haben sich am 1. Dezember 2005 insgesamt 60 Fachleute aus 10 Ländern zu einem Gipfeltreffen in Zürich versammelt. Eine ähnliche Veranstaltung fand schon im Jahr 2002 statt. Die Referate geben einen guten Überblick über die weltweiten Aktivitäten im Bereich der Beleuchtung sowohl für Privathaushalte, wie auch für öffentliche und gewerbliche Gebäude. Zusammenfassend können zwei Stossrichtungen formuliert werden:

- Für Nicht-Wohngebäude (Büros, Schulen, etc.) gibt es verschiedene Anstrengungen, den Energiebedarf für die Beleuchtung über die installierte Leistung und Standardnutzungszeiten abzuschätzen. Man kann davon ausgehen, dass diese Standardnutzungszeiten breit abgesichert sind. Basierend auf diesen Berechnungen werden Richtwerte oder sogar Grenzwerte für den Energiebedarf der Beleuchtung definiert.
- Für die Privathaushalte, also den Wohnbereich, sind solche Zahlen nur in einfachsten Ansätzen bekannt. Die Anstrengungen fokussieren sich hier auf den Ersatz von Glühlampen durch Sparlampen.

Im folgenden sind diejenigen Referenten und Vortragsinhalte aufgeführt, die für die vorliegende Studie von Belang sind. Eine vollständige Inhaltsübersicht des Light Summit ist auf der Homepage der S.A.F.E. verfügbar¹.

- Begrüssung: Conrad U. Brunner (S.A.F.E.)
- Eric Bush (S.A.F.E.) stellt die Aktivitäten der S.A.F.E. im Bereich Beleuchtung vor: TopTen als Auswahlhilfe für effiziente Leuchten, Prämierung effizienter Leuchten mit dem Goldenen Stecker.
- Stefan Gasser (S.A.F.E.) stellt die SIA Norm 380/4 vor, die minimale Anforderungen an die Energieeffizienz von Beleuchtungen bei Neubauten im Nicht-Haushaltsektor enthält (vgl. 3.5.2).
- Paolo Bertoldi (Europäische Kommission) stellt die Aktivitäten der EU vor (vgl. Abschnitt 3.2). Gemäss Bertoldi beträgt der Strombezug für Beleuchtung in der EU 90 TWh pro Jahr für den Haushaltbereich und 150 TWh für den Nicht-Haushaltbereich. Das wirtschaftliche Einsparpotenzial wird mit 30% resp. 80 TWh angegeben. Beim heutigen europäischen Strommix entspricht dies einer CO₂-Einsparung von 24 Millionen Tonnen.
- Paul Waide (Internationale Energie Agentur IEA) illustriert den hohen Anteil der Beleuchtung am weltweiten Stromverbrauch und den weltweiten CO₂-Emissionen mit einer Vielzahl von statistischen Daten und Auswertungen. Der Strombezug für Beleuchtung weltweit wird mit 2'550 TWh beziffert, was 19% des gesamten Verbrauches entspricht. 31% entfallen auf den Haushaltsektor. Für Europa schätzt die IEA den Strombezug für Beleuchtung auf 411 TWh oder 773 kWh pro Person und Jahr.
- Lou Bedocs (Comité Européen de Normalisation CEN)
Die EU hat Ende 2002 eine Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (*Energy Performance of Buildings Directive EPBD*) erlassen. Diese soll ab dem 4.1.2006 umgesetzt werden und verlangt Mindestanforderungen an den Energieverbrauch von neuen Gebäuden und von grösseren bestehenden Bauten, die einer wesentlichen Sanierung unterzogen werden. Ziel ist eine Art Energieausweis für Gebäude.
Voraussetzung ist die Definition von Berechnungs- und Bewertungsmethoden für die verschiedenen Energieflüsse im Gebäude. Aufgrund der EPBD wurde ein CEN-Projekt definiert, das mit insgesamt 31 Teilprojekten aus 5 thematischen Bereichen die notwendigen Berechnungsmethoden für die EPBD bereitstellen soll. Das Projekt wird von der EU finanziert und sieht in einem sehr ambitionierten Zeitplan die Fertigstellung der benötigten Normen bis 2007 vor.
- Peter Dehoff, Beleuchtungsplaner der Firma Zumtobel erläuterte in seinem Referat mit dem Titel *Management of lighting efficiency and human needs* den EN-Norm-Entwurf prEN 15193-1 (2005), *Energetische Bewertung von Gebäuden - Energetische Anforderungen an die Beleuchtung*. Diese Norm definiert eine Berechnungsmethode für den Strombedarf eines Gebäudes für Beleuchtung. Die Berechnung basiert auf der installierten Leistung und den Nutzungsstunden, ähnlich wie die SIA 380/4. Die Standard-Werte wie die Nutzungsdauer bei Tageslicht t_d , die Nutzungsdauer ohne Tageslicht t_n , der Tageslichtabhängigkeitsfaktor F_D oder der Faktor Anwesenheitsdauer F_O wurden in Versuchsreihen ermittelt und sind aufgelistet für verschiedene Nutzungsarten in Geschäftsgebäuden oder für öffentliche Bauten. Für Privathaushalte hingegen sind keine solchen Werte angegeben.
- Nils Borg, Borg & Co. stellt das Effizienzprogramm *Efficient Lighting Initiative* (ELI) vor. ELI ist ein Qualitätsprogramm für Lampen und befasst sich mit der Lichtausbeute sowie der Lebensdauer von Lampen. Der Schwerpunkt der Tätigkeiten liegt bei Entwicklungs- und Schwellenländern. Sitz der Organisation ist in China. China ist weltweit der grösste Hersteller von Leuchtmitteln, die Anwendung der definierten Standards ist aber nicht auf China beschränkt.

¹ <http://www.energieeffizienz.ch/d/IndexElectronicsSummit05.html>

- Keven Verdun, The Lighting Association, stellt die Aktivitäten seiner Organisation in England vor. Ziel ist die Förderung von Sparlampen und Leuchten, die den Einsatz von Sparlampen erlauben, in Privathaushalten.

3.2 Aktivitäten im EU-Raum

3.2.1 Greenlight

Ziel des europäischen Programms *GreenLight* ist die Verbesserung der Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen in kommerziellen und öffentlichen Gebäuden. Es handelt sich um ein freiwilliges Programm, bei dem sich private und öffentliche Organisationen gegenüber der *Europäischen Kommission* zu einer Reduktion ihres Energieverbrauches für die Beleuchtung verpflichten. Ziel ist die Förderung von energieeffizienten und gleichzeitig wirtschaftlichen Beleuchtungsanlagen.

In der Schweiz wurde im Jahr 2003 ein sogenannter *National Contact Point* eingerichtet.

Die Stadt Zürich als einer der grössten Auftraggeber für die Bauindustrie in der Schweiz hat sich im Rahmen des *GreenLight*-Projekts das Ziel gesetzt, für die Beleuchtung in Neubauten immer den Minergie-Standard einzuhalten und auch bei mindestens 50% der Gebäudesanierungen diesen Standard einzuhalten.

3.2.2 Nicht-Haushalt-Sektor

Im Nicht-Haushalt-Sektor verfolgt die EU zwei weitere Aktivitäten:

- Die EU-Richtlinie 2000/55/EC definiert Energieeffizienz-Kriterien an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen (EU 2000).
- In Zusammenarbeit mit der *Fédération des Associations Nationales de Fabricants de Luminaires et de Composants Electrotechniques pour Luminaires de l'Union Européenne* (CELMA) werden Energieeffizienzkriterien für Lampen-Vorschaltgeräte-Kombinationen erarbeitet. In diesem Zusammenhang wurde in der EU der Anteil der elektronischen Vorschaltgeräte im Zeitraum von 2000 bis 2004 von 24% auf 31% erhöht.

3.2.3 Haushalt-Sektor

Im Haushaltsektor setzt die EU den Schwerpunkt auf die Stromsparlampen. Zur Förderung dieser energieeffizienten Lampenart wurde bereits im Jahr 1998 die sogenannte *European Quality Charter* ins Leben gerufen. Dabei handelt es sich um eine Initiative mit dem Ziel, den Bekanntheitsgrad und das Vertrauen in die Sparlampen zu erhöhen. Als Mittel zu diesem Zweck werden Qualitätsanforderungen an Sparlampen definiert, die verhindern sollen, dass Personen nach einer schlechten Erfahrung mit einer mangelhaften Sparlampe beim nächsten Kauf wieder Glühlampen wählen.

Zur Kennzeichnung energieeffizienter Lampen wurde die Energieetikette als vorschriftsmässige Warendecklaration eingeführt. Auch das freiwillige Label der *EU-Ecoflower* kann verwendet werden, um besonders umweltschonende Lampen auszuzeichnen.

3.2.4 Remodece

Im Januar 2006 startete das EU-Projekt *Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe (REMODECE)*. Ziel des Projektes ist es, einen Beitrag zum besseren Verständnis des Haushalt-Strombezuges in den 25+2 EU-Staaten zu leisten. Speziell soll der Verbrauch der verschiedenen Haushalt-Anwendungen wie Waschen, Kochen, Beleuchtung etc. und der Einfluss des Benutzerverhaltens untersucht werden. Die Projektdauer wird mit 30 Monaten angegeben. Am Projektende Mitte 2008 sollen unter anderem die folgenden Resultate vorliegen:

- Eine europäische Datenbank zum Haushaltstromverbrauch.
- Eine innovative Methode zur Verbrauchserhebung bestehend aus selektiven Messungen kombiniert mit Befragungen im grösseren Stil.
- Ein Software-Tool zum Vergleich des eigenen Haushaltstromverbrauches mit einem Standardverbrauch und einem Verbrauch unter Verwendung von Bestgeräten.

Auf der Homepage des *Remodece*-Projektes² steht ein Fragebogen zur Verfügung, wie er für die vorgeschlagenen Befragungen im grösseren Stil zur Anwendung kommen kann. Zur Beleuchtung sind darin nur fünf Fragen enthalten:

- Anzahl Lampen pro Typ und pro Raumkategorie (Wohnzimmer, Schlafzimmer, Küche etc.)
- Einstellung zum Kauf von Sparlampen (zwei Fragen)
- Benutzerverhalten
 - „Lassen Sie das Licht an in unbenützten Räumen?“
 - „Haben Sie Ihre Beleuchtungs-Gewohnheiten verändert bei Lampen, die Sie durch Sparlampen ersetzt haben?“

Eine Auswertung von 545 Datensätzen ergibt die folgenden Resultate:

- Anzahl Lampen pro Haushalt: 25.1
- Licht brennt oft in unbenützten Räumen 5%, manchmal 59%, nie 36%.
- Sparlampen werden länger brennen gelassen als konventionelle Lampen: 15%.

Zur Nutzungszeit oder Anwesenheit am Abend werden keine Fragen gestellt. Hier scheint sich das Projekt auf die Resultate von älteren Erhebungen zu beziehen. So werden zum Beispiel in einem Beitrag von De Almeida (2006) Lastprofile für verschiedene Haushaltanwendungen, inkl. Wohnzimmerbeleuchtung, dargestellt. Zitat: „In den meisten Westeuropäischen Ländern ist der Verbrauch der wichtigsten Anwendungen, insbesondere deren tägliche Lastgänge und Spitzenlasten, grob bekannt.“

² http://www.isr.uc.pt/~remodece/downloads/REMODECE_Questionnaire_061006_D5.xls

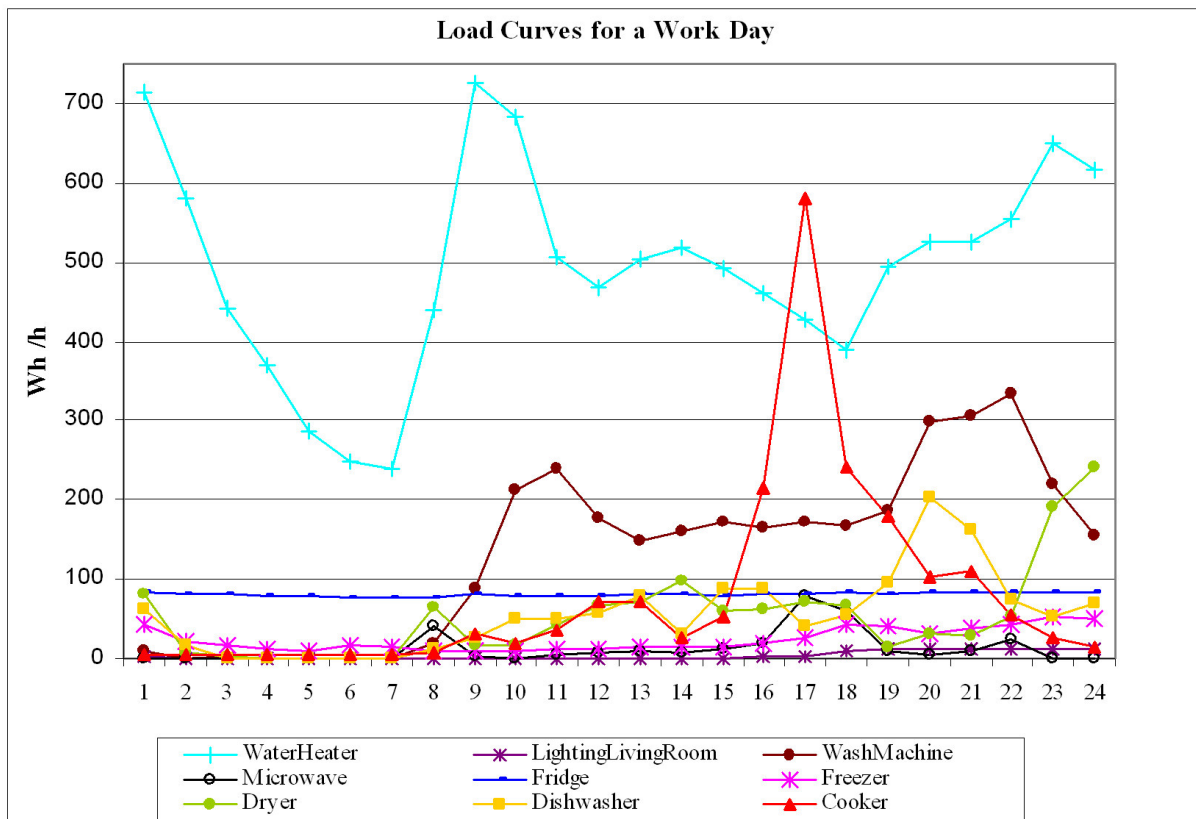


Fig. 3-1 Lastgang für verschiedene Haushaltanwendungen (Quelle: De Almeida 2006)

In einem weiteren Beitrag von Bertoldi (2006) wird eine Zahl von 3 Nutzungsstunden pro Tag für die drei meistbenutzten Lampen eines Haushaltes erwähnt. Als Quelle werden nationale Experten für Energieeffizienz in einer Anzahl von EU-Mitgliedstaaten genannt. Die Zahl gilt für eine Vielzahl europäischer Länder, wie Österreich, Belgien, Dänemark, Deutschland, Italien und England. Für Frankreich wird ein Wert von 2,54 Stunden angegeben.

3.2.5 Eureco

De Almeida (2006) bezieht sich in seiner Studie auf eine Arbeit unter der Bezeichnung *Eureco*, die im Jahr 2002 publiziert wurde (Eureco 2002). Im Verlauf dieser Arbeit wurden detaillierte Verbrauchsmessungen in 400 Haushalten der EU, genauer in den Ländern Dänemark, Griechenland, Portugal und Italien durchgeführt.

Das Los der 400 Haushalte ist nicht repräsentativ für die entsprechenden Länder. Im Gegenteil, es wurden explizit Haushalte mit hoher Geräteausstattung gesucht, damit möglichst viele verschiedene Anwendungen erfasst wurden.

Die Studie befasst sich nicht nur mit der Beleuchtung, sondern mit allen für den Strombezug relevanten Haushaltgeräten. Damit ergibt sich zwangsläufig eine sehr grosse Anzahl von Messpunkten. Um den Aufwand in Grenzen zu halten, wurden in verschiedenen Bereichen die Geräte zu Gruppen zusammengefasst. So wurde z.B. im Heimbüro PC und Bildschirm gemeinsam über ein Messgerät erfasst.

Gerade bei der Beleuchtung wurde aber eine lückenlose Erfassung jedes einzelnen Leuchtmittels angestrebt. So war es das Ziel der Studie, jede einzelne Leuchte mit einem Betriebsstundenzähler oder, im Fall von gedimmten Leuchten, mit einem Energiezähler auszustatten. Parallel dazu wurde die Anzahl Lampen pro Zimmer aufgeteilt nach den Kategorien Glühlampen, Halogenlampen, Sparlampen und Fluoreszenzröhren aufgenommen. Zusätzlich wurde auch die Nennleistung jeder Lampe erfasst.

Die Messdauer betrug nur einen Monat pro Haushalt. Es wurden jeweils 10 Haushalte pro Nation und Monat gemessen. Die Hochrechnung auf ein ganzes Jahr erfolgt auf Basis des einzelnen Haushaltes, indem der gemessene Verbrauch mit 12 multipliziert wird. Dies geschieht ohne jegliche Berücksichtigung der Jahreszeit. Für den einzelnen Haushalt entstehen so, gerade im Bereich der Beleuchtung, die starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist, keine sinnvollen Werte. Ein Haushalt, der im Winter gemessen wurde, erhält einen sehr hohen Verbrauchswert, während ein Haushalt, der im Sommer gemessen wurde, einen scheinbar tiefen Jahresverbrauch hat. Im Durchschnitt aller Haushalte sollte sich dieser Fehler ausgleichen. Das gilt aber nur, falls in jeder Jahreszeit die Verteilung der Haushalte (grosse Haushalte / kleine Haushalte) in etwa gleich ist. Sollten per Zufall im Sommer viele grosse und im Winter kleine Haushalte gemessen worden sein, so wären die berechneten Mittelwerte deutlich zu klein.

Bei der Auswertung der Resultate bezieht sich der Autor mehrfach auf Messungen, die er selbst in den Jahren 1995 bis 1997 in Frankreich durchgeführt hatte. Damals wurden 20 Haushalte über ein ganzes Jahr gemessen. Die oben beschriebene Unsicherheit fällt dadurch weg.

Es ist auffällig, dass in der Eureco-Studie durchwegs tiefere Verbrauchswerte gemessen wurden, als in der Vorhergehenden Studie in Frankreich. Der Autor weist auch darauf hin, dass, speziell in Portugal, möglicherweise nicht alle Lampen lückenlos erfasst wurden.

Das in Eureco (2002) veröffentlichte Datenmaterial ist äusserst umfangreich und enthält bei der Beleuchtung unter anderem die folgenden Angaben, die jeweils pro Nation dargestellt sind:

- Anzahl Lampen pro Haushalt, aufgeteilt nach den Lampentypen
 - Glühlampen
 - Halogenlampen
 - Sparlampen (kompakte Leuchtstofflampen)
 - Fluoreszenzröhren
- Anzahl Lampen pro Lampentyp, aufgeteilt auf die Zimmertypen
 - Wohn-/Esszimmer
 - Küche
 - Schlafzimmer
 - Badezimmer/WC
 - Eingangsbereich/Korridore
 - Aussenbereich/Garage
 - Nebenräume
 - Büro
- Anzahl Lampen pro m² Wohnfläche
- Installierte Leistung und Verbrauch pro Wohnung
- Installierte Leistung und Verbrauch pro Lampen- und Zimmertyp
- Nutzungsdauer der Beleuchtungsmittel pro Lampen- und Zimmertyp (vgl. Tab. 3-1 und Fig. 3-2).

		SALON/SEJOUR/SALLE à MANGER			
Sources lumineuses	Luminaire	Danemark	Grèce	Italie	Portugal
Toutes sources confondues	Tous	1708	930	787	1035
	n°1	1427	801	683	1122
	n°2	866	470	316	553
	n°3	533	-	189	-
	n°4	421	-	-	-
Incandescence	n°1	822	670	574	878
	n°2	551	345	373	614
	n°3	223	333	183	-
	n°4	139	-	-	-
Halogène	n°1	497	817	504	1360
	n°2	233	-	-	-
	n°3	-	-	-	-
Tubes fluo	n°1	-	-	-	-
	n°2	-	-	-	-
LBC	n°1	1066	1826	1150	1216
	n°2	480	-	-	-

en heures/an

Tab. 3-1 Nutzungszeit von Lampen in Wohnzimmern für vier europäische Länder
(Quelle: Eureco 2002)

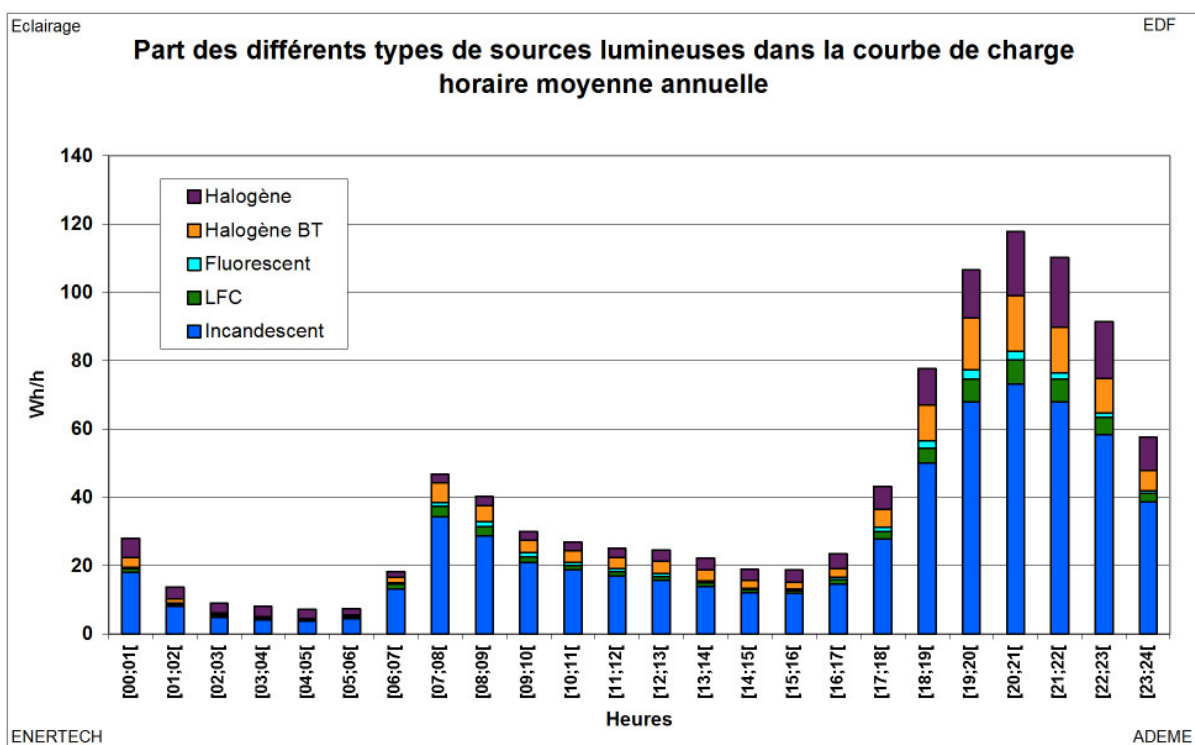


Fig. 3-2 Tagesverlauf des Strombezuges für die Beleuchtung, aufgeteilt auf die verschiedenen Lampentypen (Quelle: Enertech 2004)

Im Anschluss an diese Studie wurde vom gleichen Autor eine weitere Messserie in Frankreich durchgeführt (Enertech 2004). Es wurden 100 Haushalte aus vier verschiedenen geografischen Regionen Frankreichs untersucht. Diese Arbeit im Auftrag der *Electricité de France (EDF)* und der *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe)* befasste sich ausschliesslich mit der Beleuchtung, andere Haushaltsanwendungen wurden nicht berücksichtigt. Durch diese Beschränkung wurde

es möglich, konsequent jede einzelne Leuchte mit einem Messgerät auszustatten. Die Messdauer betrug ein ganzes Jahr, alle Haushalte wurden simultan über die gleiche Periode von August 2002 bis September 2003 gemessen.

Die Wahl der Städte und der einzelnen Haushalte zielte darauf ab, eine soweit wie möglich repräsentative Stichprobe für das ganze Land zu erhalten. Es wurden je 25 Haushalte aus dem Nordosten Frankreichs (Strassburg), dem Nordwesten (Angers), dem Südosten (Nizza) und dem Südwesten (Toulouse/Tarbes, nahe den Pyrenäen) ausgewählt. Bezüglich der Anwendbarkeit der geografischen Bedingungen auf die Schweiz kann bemerkt werden, dass Bern ziemlich exakt auf dem mittleren Breitengrad zwischen den nördlichen und den südlichen Messorten und auf dem gleichem Längengrad, wie Strassburg und Nizza, liegt.

Als sozio-kulturelle Kriterien wurden die Anzahl der Bewohner und die Berufsklasse³ gewählt. In Bezug auf diese zwei Kriterien ist die Stichprobe von 100 Haushalten repräsentativ für Frankreich. Auch was die Aufteilung auf Ein- und Mehrfamilienhäuser betrifft, widerspiegelt das Los die landesweite Zusammensetzung. Als weitere Kriterien eines Haushaltes, die in Bezug auf die Beleuchtung von Bedeutung sein könnten, die aber nicht als vorrangig taxiert wurden, sind aufgezählt:

- die Aufteilung in Erwachsene und Kinder
- das Alter der Bewohner
- die Lage (Stadt oder Landgemeinde)
- die Wohnfläche
- die Anzahl Zimmer
- das Besitzverhältnis (Eigentum oder Miete)
- die Anzahl der Haushalteinkommen
- die Verbrauchswerte der vergangenen Jahre.

Interessanterweise erfasste diese Studie deutlich höhere Werte für die Anzahl Lampen und die installierte Leistung pro Haushalt als die *Eureco*-Studie. Die Verbrauchswerte dagegen differieren in einem viel geringeren Mass (vgl. Tab. 3-2). Dividiert man den totalen Strombezug durch die installierte Leistung, so ergibt sich eine mittlere Nutzungszeit der Lampen. Diese liegt bei der späteren Studie deutlich tiefer, als bei der *Eureco*-Studie.

Land / Studie	Anzahl Lampen pro Haushalt	Installierte Leistung	Strombezug für Beleuchtung	Mittlere Nutzungszeit
Dänemark / Eureco	23,7	740 W	426 kWh	576 h
Griechenland / Eureco	10,4	675 W	381 kWh	564 h
Italien / Eureco	14,0	883 W	375 kWh	425 h
Portugal / Eureco	6,9	274 W	179 kWh	653 h
Frankreich / 100 Haushalte	28,3	1'578 W	354 kWh	224 h

Tab. 3-2 Kennwerte Beleuchtung für fünf Länder der EU (Quelle: *Eureco* 2002 und *Enertech* 2004)

Diese Zahlen legen nahe, dass die spätere Arbeit die Lampen wesentlich vollständiger erfasste. Die *Eureco*-Studie hatte die Messung aller Anwendungen im Haushalt zum Ziel. Es ist leicht nachvollziehbar, dass aufgrund der grossen Anzahl von Verbrauchern nicht lückenlos alle Lampen gemessen wurden und die Messequipen sich eher auf diejenigen konzentrierten, die häufig brennen. Auf den Strombezug hat diese wenig Einfluss, die Anzahl Lampen und die installierte Leistung wird aber viel kleiner.

³ Landwirt, Handwerker/Gewerbetreibender/Unternehmensleiter, höheres Kader/höhere Lehrperson, Techniker/Lehrer, Angestellter, Arbeiter, Arbeitslos, im Ruhestand

Dadurch ergibt sich eine systematische Schwierigkeit bei der Verwendung solcher Daten. Das Ziel beider Studien war es, den Strombezug für die Beleuchtung, also die Kilowattstunden, zu eruieren. Alle anderen Werte, wie die Anzahl der Lampen, die installierte Leistung und die Nutzungsstunden, sind Hilfswerte zur Erreichung dieses Zieles. Beim Endresultat kommen beide Erhebungen auf ähnliche Werte, die Zwischenwerte differieren aber ganz erheblich. Es wäre nun völlig falsch, die Anzahl Lampen und die installierte Leistung aus einer Studie mit den Nutzungsstunden aus der anderen Studie zu kombinieren. Konzentriert man sich auf die für den Verbrauch relevanten Lampen, so erhält man tiefe Leistungszahlen und hohe Nutzungsstunden, erfasst man möglichst lückenlos alle Lampen, so ergibt sich eine hohe Leistung und eine tiefe durchschnittliche Nutzungszeit. Bei der Kombination von Daten aus verschiedenen Studien muss diesem Aspekt unbedingt Rechnung getragen werden.

Die oben zitierten Resultate dürften auch in die neusten Arbeiten der *Internationalen Energieagentur (IEA)* eingeflossen sein (vgl. Abschnitt 3.3).

3.3 Aktivitäten der IEA

Unter der Bezeichnung *Light's Labour's Lost* veröffentlichte die *Internationale Energieagentur (IEA)* im vergangenen Jahr eine umfangreiche Studie zum weltweiten Beleuchtungsbedarf (Waide 2006). Auch der Haushaltsektor wird in dieser Arbeit detailliert beschrieben. So enthält die Arbeit z.B. die nachfolgende Tabelle mit dem geschätzten Strombezug pro Haushalt für verschiedene Mitgliedsstaaten der IEA. Die Tabelle (Tab. 3-3) enthält auch Angaben zur täglichen Nutzungszeit der Lampen.

Land	jährlicher Strombezug für Beleuchtung pro Haushalt [kWh]	Anzahl Lampen pro Haushalt	mittlere Lampen- Effizienz [lm/W]	jährlicher Beleuchtungs- bedarf pro Wohnfläche [Mlmh/m ²]	Installierte Leistung pro Wohnfläche [W/m ²]	jährlicher Strombezug pro Wohnfläche [kWh/m ²]	tägliche Lampen- Nutzungs- stunden [h]	mittlere Wohnfläche pro Haushalt [m ²]
Grossbritannien	720	20.1	25.0	0.21	14.7	8.6	1.60	84
Schweden	760	40.4	24.0	0.16	14.0	6.9	1.35	110
Deutschland	775	30.3	27.0	0.22	15.6	9.3	1.48	83
Dänemark	426	23.7	32.0	0.10	5.7	3.3	1.59	134
Griechenland	381	10.4	26.0	0.09	7.8	3.7	1.30	113
Italien	375	14.0	27.0	0.09	10.6	4.0	1.03	108
Frankreich	465	18.5	18.0	0.22	16.1	5.7	0.97	81
USA	1'943	43.0	18.0	0.27	21.5	15.1	1.92	132
Japan	939	17.0	49.0	0.49	8.1	10.0	3.38	94

Tab. 3-3 Strombezug und Nutzungszeiten für Lampen in verschiedenen Mitgliedsländern der IEA
(Quelle: Waide 2006)

Waide bezieht sich in seiner Arbeit wiederum auf die *Eureco-Studie* (Eureco 2002), zitiert aber noch weitere Erhebungen:

- USA: Erhebung in 161 Haushalten, hochgerechnet anhand von ergänzenden Daten aus einem Satz von 4'832 repräsentativen Haushalten, publiziert im Jahr 2002
- Japan: Erhebung im Jahr 2004, Anzahl Haushalte und Methode nicht beschrieben
- Grossbritannien: Erhebung im Jahr 1998 durch die *Electricity Association*, Anzahl Haushalte und Methode nicht beschrieben
- Frankreich: Erhebung im Jahr 1998, Anzahl Haushalte und Methode nicht beschrieben

Gemäss Waide verursachen Wohnzimmer und Küche in der Regel über 50% des Strombezuges für die Beleuchtung im Haushalt. Schlafzimmer, Badezimmer und Eingangsbereich beanspruchen einen Grossteil des Restes. Die übrigen Räume, inkl. Heimbüro und Garage, verursachen je nach Studie 2% bis 15% des Bezuges.

3.4 Aktivitäten in der Schweiz

3.4.1 Machbarkeitstudie Datenerhebung im Programm Elektrizität

Ende der 90er-Jahre gab das *Bundesamt für Energie* zwei Studien in Auftrag, die sich mit der Machbarkeit einer umfassenden Datenerhebung für alle relevanten Bereiche des Strombezuges in der Schweiz befasste. Eine der Studien (Nipkow et al. 2000) befasst sich auch mit der Beleuchtung. Die Studie kommt zum Resultat, dass der Strombezug für Beleuchtung mit einer Erhebung von Verkaufszahlen, elektrischer Leistungsaufnahme und Lebensdauer berechnet werden kann. Die Kenntnis der Betriebszeit ist nicht notwendig. Zitat: „Die effektive Betriebszeit der einzelnen Lampen ist für die Berechnung des Energieverbrauchs irrelevant, wenn man davon ausgeht, dass eine defekte Lampe stets ersetzt wird und keine Lampen vom Verkauf direkt in den Abfall wandern.“ Mit anderen Worten: jede eingekaufte Lampe wird in einer Leuchte eingesetzt und bleibt so lange im Einsatz, bis sie ihre Brenndauer erreicht hat und kaputt geht. Dann wird sie durch eine neue ersetzt. Ist die tägliche Brenndauer hoch, so ist die Brenndauer früh erreicht und die Lampe geht schnell kaputt, ist die tägliche Brenndauer dagegen kurz, so bleibt die Lampe lange im Einsatz. Die gesamte Brenndauer während der Einsatzzeit ist identisch mit der Brenndauer.

Genauere Erläuterungen zum Berechnungsgang sind nicht enthalten, es kann aber davon ausgegangen werden, dass damit der Ansatz gemeint ist, den Lang und Lingenhel (1996) in ihrer Diplomarbeit beschreiben (vgl. 4.3.5 und 5.5).

Der Strombezug für die Beleuchtung wird mit 6'650 GWh angegeben. Eine direkte Aufteilung in Haushalt- und Dienstleistungssektor ist nicht gegeben, stattdessen wird zwischen Consumer-Markt (1'580 GWh) und Objekt-Markt⁴ (5'070 GWh) unterschieden.

3.4.2 Energieeffizienz bei Elektrogeräten

Die *Schweizerische Energieagentur für Energieeffizienz (S.A.F.E.)* hat im Jahr 2001 eine Studie zur Wirkung von Instrumenten und Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz bei Elektrogeräten erarbeitet (Brunner et al. 2001). Die Studie enthält auch eine Abschätzung des Strombezuges für die Beleuchtung in der Schweiz, aufgeteilt nach den Sektoren Haushalt, Dienstleistung, Industrie, Bahnen und übriger Verkehr.

Im Sektor Haushalt erfolgt die Abschätzung im Wesentlichen über die Wohnfläche und gewisse Kennwerte, wie die Anzahl Leuchtstellen pro Wohnfläche, die mittlere Leistungsaufnahme pro Leuchtstelle und eine geschätzte jährliche Betriebszeit der Leuchten. Es ergibt sich ein geschätzter Strombezug für die Beleuchtung in Privathaushalten von 1'580 GWh für das Jahr 1999 und eine Zunahme von 55% für den Zeitraum von 1980 bis 1999. Die Anzahl Leuchtstellen in Privathaushalten ergibt sich zu 39 Millionen bei einer mittleren Steigerungsrate von 2,5% pro Jahr (1980 bis 1999). Der totale Strombezug für Beleuchtung wird mit 6'650 GWh angegeben, die Privathaushalte machen davon 24% aus.

3.4.3 Elektrizitätsverbrauch serienmässig hergestellter Elektrogeräte

Im Jahr 2002 erstellte die *Prognos AG* im Auftrag des *Bundesamtes für Energie* eine Kurzanalyse des Stromverbrauches und der erwarteten Verbrauchsentwicklung für serienmässig hergestellte Elektrogeräte. Die Modellierung folgt bei der Beleuchtung dem Vorgehen der *S.A.F.E.*, bezieht sich aber auf Lampen, während die *S.A.F.E.*-Studie auf einer Bestandesschätzung von Leuchtstellen oder Leuchten

⁴ Consumer-Markt: direkt eingekaufte Leuchten und Lampen. Objekt-Markt: durch Installateure als Teil einer Beleuchtungsanlage verkaufte Leuchten und Lampen

beruht. Die resultierende Verbrauchsabschätzung ist mit 5'792 GWh um rund 15% tiefer, eine Aufteilung auf verschiedene Verbrauchssektoren ist nicht dokumentiert.

3.4.4 VSE-Stromverbrauchserhebung

In einer Studie für den *Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)* (Grieder & Huser 2005a) haben die Autoren den Strombezug für Lampen in Privathaushalten für das Jahr 2005 abgeschätzt. Dabei wurden Daten aus einer Befragung bei 1'200 Haushalten kombiniert mit Erfahrungswerten für den Stromverbrauch verschiedener Anwendungen (z.B. Waschen, Kochen, TV etc.). Mit einer Modellrechnung wurde der Verbrauch pro Anwendung und Haushalt berechnet. Die 1'200 Haushalte waren vorgängig von den Elektrizitätsunternehmen kontaktiert worden und hatten sich bereit erklärt, dass auch die tatsächlichen Verbrauchswerte gemäss ihrem Elektrozähler für die Studie verwendet werden dürfen. Somit konnte die Modellrechnung anhand der Zählerablesungen verifiziert und abgeglichen werden.

Bei der Beleuchtung wurde die Anzahl der eingesetzten Lampen durch die Umfrage ermittelt. Die Betriebszeit der Lampen und die Lampenleistung ergab sich aus Erfahrungswerten, wobei für die Betriebszeit ein Wert von 1 Stunde pro Tag für Glüh- und Halogenlampen und 2 Stunden für Sparlampen und Leuchtstoffröhren eingesetzt wurde. Beim Abgleich mit den Zählerdaten wurde diese Zahl für kleine Haushalte (Wohnung in Mehrfamilienhaus mit maximal 2 Personen) um 30% reduziert um eine bessere Übereinstimmung zu erreichen.

Der Strombezug für die Beleuchtung ergab sich zu 1'760 GWh. Die eingesetzten Kennwerte für die verschiedenen Lampentypen sind in Tab. 3-8 zusammengefasst.

Lampentyp	Leistung	mittlere Betriebszeit	Verbrauch pro Jahr		
Glühlampe	60 W	365 h	21.9 kWh	mittlere Lampenleistung	62 Watt
NV-Halogenlampe	35 W	365 h	12.8 kWh	mittlere Betriebszeit pro Tag	0.96 Stunden
HV-Halogenlampe	300 W	365 h	109.5 kWh	mittlerer Verbrauch pro Jahr	21.7 kWh
Sparlampe	15 W	730 h	11.0 kWh	Lampen pro Haushalt	26
Leuchtstoffröhre	36 W	730 h	26.3 kWh	Haushaltverbrauch pro Jahr	565 kWh

Tab. 3-4 Betriebsdaten für verschiedene Lampentypen (Grieder & Huser 2005a)

3.4.5 Energybox

Unter www.Energybox.ch steht ein Internet-basierter Energierechner zur Verfügung, der es Privatpersonen ermöglicht, eine Energieanalyse ihres eigenen Haushalts durchzuführen. Die Beantwortung von ca. 60 Fragen (Schnelltest 10 Fragen) führt zu einer Energiebilanz und zu konkreten Massnahmen zur Senkung des Stromverbrauchs.

Für den Zeitraum von Mai 2003 bis März 2005 liegt eine Auswertung von 1'504 brauchbaren Datensätzen vor (Gasser und Heldstab 2005). Bis Januar 2007 konnte die Zahl auf 4'146 Haushalte für den Bereich Beleuchtung erweitert werden (Gasser 2007).

Der Stromverbrauch für die Beleuchtung wird über ein Modell berechnet, das mit einer Kombination von erfragten Nutzungsdaten und Annahmen operiert. Über die Eingabemasken werden die folgenden Angaben erfragt:

- Anzahl Personen und Haushalt-Typ (Einfamilien- oder Mehrfamilienhaus)
- Anzahl der installierten Lampen pro Lampentyp
- Anwesenheit der Bewohner am Abend

Die mittlere Betriebszeit der Lampen wird in Abhängigkeit von der Anwesenheit am Abend gemäss Tab. 3-5 angesetzt. Zusammen mit den erfragten Daten zur Anwesenheit ergibt sich daraus ein Mittelwert für die Nutzungsstunden über die erfassten Haushalte.

Anwesenheit am Abend	Jährliche Betriebszeit	Tägliche Betriebszeit
Meist alle	1'008 Stunden	2,8 Stunden
Oft alle	720 Stunden	2,0 Stunden
Oft jemand	432 Stunden	1,2 Stunden
Selten jemand	144 Stunden	0,4 Stunden

Tab. 3-5 Angenommene Lampen-Betriebszeiten für die Auswertung der Energybox

Bezüglich der Anzahl Lampen besteht eine gute Übereinstimmung der Auswertungen von 2005 und 2007. Für die Nutzungsstunden ergeben sich aber stark unterschiedliche Resultate. Bei der Auswertung der ersten 1'500 Haushalte resultierte eine mittlere Betriebszeit von 459 Stunden pro Jahr oder 1,26 Stunden pro Tag. Die zweite Auswertung ergibt aber einen Wert von 750 Stunden pro Jahr oder 2,06 Stunden pro Tag. Die grosse Abweichung wird im zweiten Bericht nicht näher erläutert. Je nach Auswertung ergeben sich also die nachstehenden Kennwerte pro Lampentyp:

Lampentyp	Leistung	mittlere Betriebszeit	Verbrauch pro Jahr		
Glühlampe	60 W	459 h	27.5 kWh	mittlere Lampenleistung	52.5 Watt
NV-Halogenlampe	35 W	459 h	16.1 kWh	mittlere Betriebszeit pro Tag	1.26 Stunden
HV-Halogenlampe	200 W	459 h	91.8 kWh	mittlerer Verbrauch pro Jahr	24.1 kWh
Sparlampe	15 W	459 h	6.9 kWh	Lampen pro Haushalt	24.4
Leuchtstoffröhre	30 W	459 h	13.8 kWh	Haushaltverbrauch pro Jahr	589 kWh

Tab. 3-6 Energybox: Lampen-Betriebsdaten der ersten Auswertung

Lampentyp	Leistung	mittlere Betriebszeit	Verbrauch pro Jahr		
Glühlampe	60 W	750 h	45.0 kWh	mittlere Lampenleistung	48.94 Watt
NV-Halogenlampe	35 W	750 h	26.3 kWh	mittlere Betriebszeit pro Tag	2.064 Stunden
HV-Halogenlampe	200 W	750 h	150.0 kWh	mittlerer Verbrauch pro Jahr	36.9 kWh
Sparlampe	15 W	750 h	11.3 kWh	Lampen pro Haushalt	23
Leuchtstoffröhre	30 W	750 h	22.5 kWh	Haushaltverbrauch pro Jahr	848 kWh

Tab. 3-7 Energybox: Lampen-Betriebsdaten der zweiten Auswertung

3.4.6 Digitalstrom

Unter der Bezeichnung *digitalSTROM.org* wurde im Juli 2007 an der *ETH Zürich* eine Organisation gegründet, die es sich zum Ziel gesetzt hat, einen neuen Standard für Gebäudeautomation zu entwickeln. Kern des Konzeptes ist ein neuer Aktor-/Dimmer-Baustein, der so klein und billig werden soll, dass jedes beliebige Endgerät damit ausgestattet werden kann. Die Kommunikation erfolgt über die Niederspannungsverteilung. Zusammen mit intelligenten Schaltschützen im Elektrotabelleau und einem Webserver sollen die folgenden Funktionen ermöglicht werden:

- Beleuchtungssteuerung mit Dimmen und Szenenschaltungen
- Dimmen und Schalten von verteilten Steh- und Tischleuchten an einer zentralen Stelle pro Zimmer
- Alles-Aus-Funktion
- Motorsteuerung von Jalousien
- Verbrauchsmessung pro angeschlossenen Baustein

Prototypen sind heute verfügbar und werden in zwei konkreten Wohnobjekten getestet. Ab 2009 soll der Chip in grösseren Serien hergestellt werden. Als Verkaufspreis werden € 20.- angestrebt, dazu kommt ein intelligenter Schütz pro Stromkreis für € 60.- und der Webserver für € 140.- Mit diesen Bausteinen sollte es möglich sein, den Stromverbrauch für jede einzelne Leuchte eines Haushaltes mit vertretbaren Kosten zu erfassen.

3.4.7 Lastbestimmungsmodell für Verteiltransformatoren

In den 1990er-Jahren unterstützte das *Bundesamt für Energiewirtschaft* ein Projekt mit dem Ziel, den Lastverlauf von Verteiltransformatoren im Niederspannungsnetz zu modellieren (Brunner D. 1995). Zu diesem Zweck wurden die gemessenen Lastverläufe an Verteiltransformatoren in verschiedene Komponenten zerlegt:

- Anteil Kleingewerbe
- Anteil Industrie
- Anteil Haushalt, bestehend aus
 - Wassererwärmung (Boiler)
 - Heizungen (Direkt & Wärmepumpen)
 - Beleuchtung
 - Haushaltgrundkurve

Fig. 3-3 bis Fig. 3-5 zeigen das Prinzip der Modellierung. Bei Verteiltransformatoren, die mehrheitlich Haushalte versorgen, kann der Verbrauch gut in die vier oben erwähnten Haushalt-Anteile zerlegt werden. Dazu wird der Lastverlauf in den Jahreszeiten Sommer, Winter und Übergangszeit und jeweils für die Tage Dienstag bis Donnerstag, Montag / Freitag und Wochenende gemessen⁵ und anschliessend mit einem Software-Programm analysiert.

Die Heizlasten (Boiler, Heizung) können gut anhand des exponentiellen Verlaufes und in Übereinstimmung mit den Rundsteuersignalen identifiziert werden. Die Beleuchtung wird anhand des unterschiedlichen Verlaufes am Abend in den verschiedenen Jahreszeiten bestimmt. Der Rest wird als Haushalt-Grundkurve bezeichnet.

Die Messungen wurden von *Amstein + Walthert* in Zusammenarbeit mit dem *Aargauischen Elektrizitätswerk (AEW)*, den *Bernischen Kraftwerken (BKW)* und den *St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerken (SAK)* durchgeführt. Gemäss Auskunft von Herr G. Schnyder (*Schnyder Ingenieure*, Hünenberg), der seinerzeit am Projekt beteiligt war, sind die Arbeiten von den Energieversorgungsunternehmen nicht weitergeführt worden, es liegen also heute keine aktuellen Resultate von Messungen und anschliessenden Analysen der Lastverläufe vor.

⁵ Die Wochentage Montag und Freitag unterscheiden sich von den übrigen Arbeitstagen vor allem bei gewerblichen Lasten (Anfahren von Prozessen am Montagmorgen, früheres Abstellen am Freitagnachmittag).

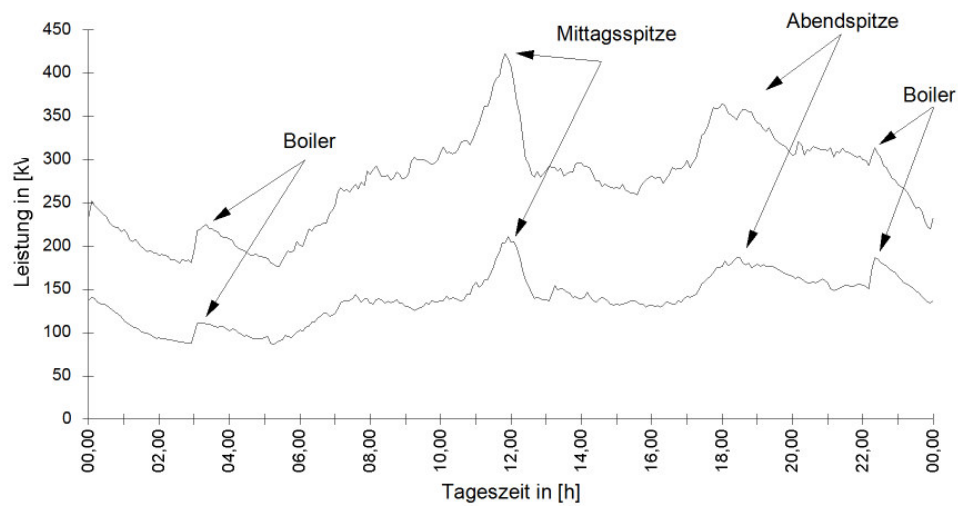


Fig. 3-3 Tagesbelastungskurven von zwei Verteiltransformatoren (Quelle: Brunner D. 1995)

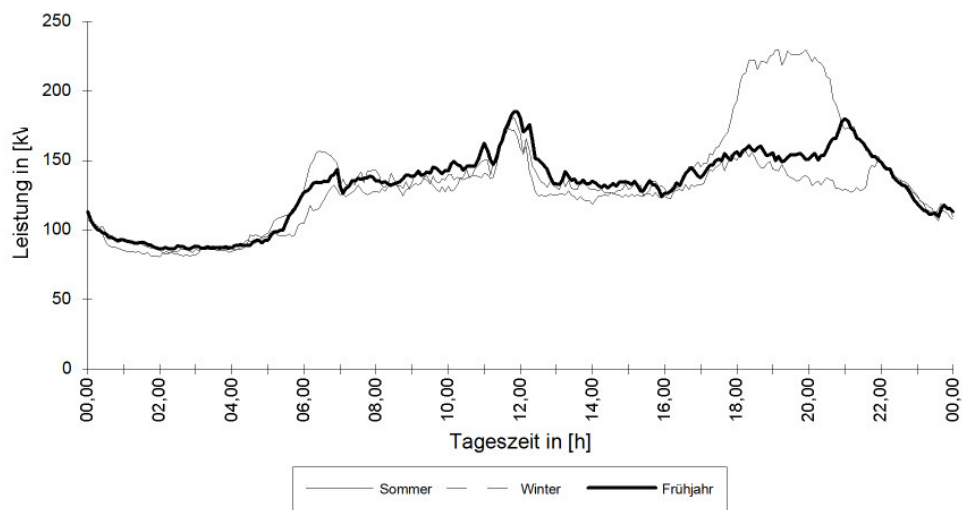


Fig. 3-4 Modellierung des Lichtblockes (Quelle: Brunner D. 1995)

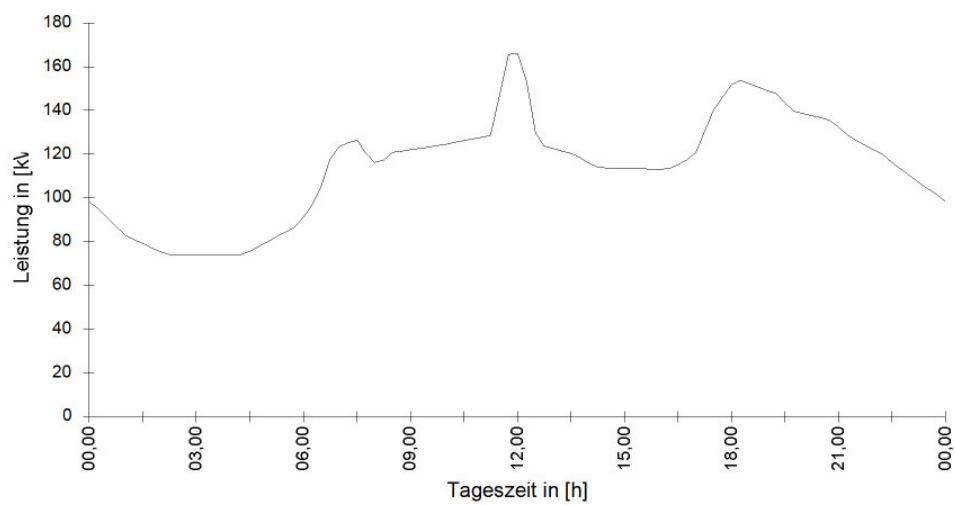


Fig. 3-5 Haushaltgrundkurve (Quelle: Brunner D. 1995)

3.5 SIA-Normen und -Merkblätter

Der *Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein SIA* hat verschiedene Normen und Merkblätter herausgegeben, die Vorgaben für die Planung und Auslegung von Beleuchtungen, vor allem für Geschäfts- und öffentliche Gebäude, machen. Als Nebenprodukt sind darin auch Standard-Nutzungskennzahlen für Wohnräume und Schlafzimmer enthalten. Diese Werte finden beim *Minergie*-Nachweis Verwendung. Zur Berechnungen des effektiven Verbrauchs der Beleuchtung in Privathaushalten sind die Werte zu wenig detailliert.

3.5.1 SIA-Merkblatt 2024

Das Merkblatt *SIA 2024: Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik* enthält nutzungsspezifische Parameter, die in verschiedenen Normen und Richtlinien des *SIA* und des *Schweizerischen Vereins von Wärme- und Klima-Ingenieuren SWKI* verwendet werden.

Für 44 verschiedene Raumnutzungen sind die Auslegungswerte und zugeordnete Bandbreiten für die Nutzungsstunden und die installierte Leistung aufgelistet. Für den Bereich Wohnen sind nur die zwei Raumnutzungskategorien Wohnraum/Schlafzimmer und Küche aufgeführt. In Tab. 3-8 sind diese Werte zusammengefasst. Die Bereiche bei der installierten Leistung, den Volllaststunden und dem jährlichen Strombedarf entsprechen der Bandbreite zwischen dem SIA-Zielwert und dem Grenzwert.

Raumnutzung	Nutzungsstunden pro Tag		Beleuchtung		
	Tag 07-18 Uhr	Nacht 18-07 Uhr	Spez. elektrische Leistung	Jährliche Volllaststunden	Jährlicher spez. Elektrizitätsbedarf
Wohnraum, Schlafzimmer	11 h	5 h	6.3 – 9.4 W/m ²	2'650 – 3'810 h/a	17 – 36 kWh/m ²
Küche	7 h	3 h	12.4 – 17.0 W/m ²	2'230 – 2'750 h/a	28 – 47 kWh/m ²

Tab. 3-8 Standard-Nutzungsbedingungen gemäss SIA-Merkblatt 2024

3.5.2 SIA-Norm 380/4

Die SIA-Norm 380/4 *Elektrische Energie im Hochbau* enthält auch für den Bereich Beleuchtung Grenzwerte und Zielwerte in kWh/m²a. Es gibt ein zugehöriges *SIA-Berechnungstool Beleuchtung*: Die Excel-Anwendung erlaubt den Vergleich von Projektwerten mit anzustrebenden Ziel- und einzuhaltenden Grenzwerten.

Die Berechnung basiert auf einem Tageslichtmodell. Berücksichtigt werden unter Anderem acht Einflussfaktoren wie das Verhältnis von Fenster- zu Bodenfläche. Das Berechnungstool hilft bei der Leuchtenauslegung für ein bestimmtes zu untersuchendes Gebäude. Die hinterlegten Standardnutzungen entsprechen den Werten im *SIA-Merkblatt 2024*. Die Kategorie *Wohnräume* wurde speziell für den Nachweis von *Minergie Eco*⁶ eingeführt. Es sind dort die folgenden Nutzungsstunden für die Beleuchtung angenommen (Tab. 3-9):

Anwesenheit abends	Jährliche Nutzungsstunden
Meist alle	1'000
Oft alle	700
Oft jemand	400
Selten jemand	150

Tab. 3-9 Nutzungsstunden der Beleuchtung in Wohnräumen gemäss SIA 380/4

⁶ Anforderungen an eine *Minergie*-Beleuchtung: Der spezifische Verbrauch muss den Grenzwert nach SIA 380/4 um ¼ der Differenz zwischen Grenz- und Zielwert unterschreiten.

3.6 EU-Normen

Im Zusammenhang mit der *EPB-Direktive* (EU 2002) hat die Arbeitsgruppe TC 169 des CEN⁷ eine ganze Reihe von Normen zum Thema Beleuchtung erarbeitet. Sie betreffen jedoch ausschliesslich den Nichthaushalt-Bereich:

- EN 1838 Lighting applications - Emergency lighting
- EN 12193 Light and Lighting - Sports lighting
- EN 12464-1 Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places
- EN 12464-2 Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places
- EN 12665 Light and lighting - Basic terms and criteria for specifying lighting requirements
- EN 13032-1 Light and lighting - Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires - Part 1: Measurement and file format
- EN 13032-2 Light and lighting - Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires - Part 2: Presentation of data for indoor and outdoor work places
- EN 14255-1 to 4 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation
- CR 14380 Lighting applications - Tunnel lighting
- prEN 15193 EPB Energetische Bewertung von Gebäuden – Energetische Anforderungen an die Beleuchtung – Teil 1: Abschätzung des Energiebedarfes für die Beleuchtung

⁷ Comité Européen de Normalisation

3.7 Kennzahlen Beleuchtung aus früheren Studien

In der folgenden Tabelle sind Kennzahlen aus früheren Studien aufgelistet.

Bereich Beleuchtung und Vergleichswerte	Quelle	Anzahl Lampen	mittlere Leistung pro Lampe	Betriebsdauer	Verbrauch pro Jahr
Schweizer Haushalte 1991/92 Haushaltstrom gesamt	1)				1'560-6'150 kWh/a Mittel 3'000 kWh/a
Schweizer Haushalte 1991/92 Anteil Beleuchtung	1)				250-450 kWh/a Mittel 350 kWh/a (12%)
Smarthome Chur 2005, Haushaltstrom gesamt	5)				8'750 kWh/a
Smarthome Chur 2005, Anteil Beleuchtung	5)	71	52 W	1.4 h/d	23 % = 1'900 kWh/a
Gesamter Haushaltstromverbrauch Schweiz 2004 (ohne Elektroheizungen + WP)	4)				12'950 GWh/a
Anteil Beleuchtung am Haushaltstromverbrauch 2004 (ohne Elektroheizungen + WP)	4)				14 % = 1'820 GWh/a
EFH, 3+ Personen, 1991/92	1)	18	70 W	1 - 2 h/d	450 kWh/a
EFH, 3+ Personen, 2005	4)	32		2 h/d	1'000 kWh/a
Glühlampe Haushalt 1991/92	1)		68 W	1 h/d	25 kWh/a
Sparlampe Haushalt 1991/92	1)		15 W	2 h/d	11 kWh/a
Glühlampe Haushalt 2005	4)		60 W	1 h/d	22 kWh/a
Sparlampe Haushalt 2005	4)		15 W	2 h/d	11 kWh/a
NV-Halogenlampe HH 2005	4)		35 W	1 h/d	13 kWh/a
HV-Halogenlampe HH 2005	4)		300 W	1 h/d	110 kWh/a
Leuchtstoffröhre HH 2005	4)		36 W	2 h/d	26.2 kWh/a
Glühlampe 2000/05, im Mittel	2)		60 W	500 h/a	30 kWh/a
Durchschnitts-Lampe 2000	2)				40 kWh/a
Durchschnitts-Lampe 2005	2)				39 kWh/a
Gesamtverbrauch 1996 aller Lampen (nicht nur Haushalte)	6)				6'020 GWh/a
Gesamtverbrauch 1996 der Lampen in Privathaushalten	6)				1'813 GWh/a
Gesamtverbrauch 2000 aller Lampen (nicht nur Haushalte)	2)				5'790 GWh/a
Prognose Verbrauch 2005 aller Lampen (nicht nur Haushalte)	2)				5'950 GWh/a
Gesamtverbrauch der 2003 neu verkauften Lampen (nicht nur Haushalte)	3)				1'850 GWh/a
Verwaltungsgebäude Zürich, 2004	7)			1000 h/a = 2.7 h/d	

Tab. 3-10 Mittlere Anzahl Lampen, Leistung, Volllaststunden und Verbrauch aus früheren Studien.

Quellen: 1) Huser & Spalinger (1992) 6) Lang und Lingenhel (1996)
2) Hofer & Aehlen (2002) 7) Stadt Zürich (2004)
3) Hammer et. al. (2005)
4) Grieder & Huser (2005a)
5) Grieder & Huser (2005b)

4 Expertengespräche

Anfang 2007 wurden Gespräche mit verschiedenen Fachpersonen aus den Bereichen Beleuchtung und Stromverbrauch Schweiz geführt. Ein Fragenraster mit Stichworten für die Interviews ist im Anhang 1 zu finden.

Keine der befragten Fachpersonen hatte Kenntnis von früheren oder laufenden Erhebungen (Befragungen oder Messungen) zur Nutzungsdauer von Lampen in Privathaushalten.

Im Folgenden sind die Gespräche zusammengefasst. Aufgeführt sind Hinweise, Überlegungen und Ideen, die bei der Befragung zur Sprache kamen und die für die gesuchten Lösungsansätze möglicherweise verwendet werden können.

4.1 Lampenhersteller und Verbände

Gespräche mit den Lampenherstellern *Osram* und *Philips* ergeben eine recht einheitliche Einschätzung der Nutzungsdauer von Lampen (vgl. Tab. 4-1). Beide Vertreter können allerdings keine konkreten Quellen oder Erhebungen nennen. Es handelt sich um branchenübliche Schätzungen.

Lampentyp	Mittlere Nennleistung		Mittlere Lebensdauer		Nutzungsstunden	
	Osram	Philips	Osram	Philips	Osram	Philips
Glühlampe	55-60 W	60-70 W	800-1'000 h	1'000 h	700 h/a	700-900 h/a
NV-Halogen	40 W	40 W	3'000 h	3'000-5'000 h	1'000 h/a	1'000 h/a
HV-Halogen	80-90 W	80-90 W	1'500 h	1'500-2'000 h	700-900 h/a	800-1'000 h/a
Sparlampe	14-15 W	15 W	8'000 h	6'000-8'000 h	1'400 h/a	1'400 h/a
Fluoreszenzröhre	30 W	25-30 W	7'000 h	7'000 h	600 h/a	600 h/a

Tab. 4-1 Geschätzte Kennzahlen für fünf Lampen-Kategorien in Schweizer Haushalten.

4.1.1 Osram AG, Winterthur, Herr Albert Studerus

Herr Studerus arbeitet seit vielen Jahren in der Branche der Lampenhersteller. Seine Einschätzungen und Annahmen sind wie folgt:

- Die durchschnittlichen Lampenzahlen pro Haushalt (18 Stück gemäss Huser & Spalinger 1992 und 26 Stück gemäss Grieder & Huser 2005a) sind plausibel. Die Anzahl Lampen pro Haushalt ist zunehmend.
- Die Anzahl verkaufter Standard-Glühlampen ist seit mehreren Jahren konstant.
- Die Anzahl verkaufter Sparlampen zeigt eine starke Zunahme.
- Die Anzahl verkaufter Halogenglühlampen zeigt eine sehr starke Zunahme.
- Die durchschnittliche Nennleistung pro Lampe sinkt und wird weiter sinken, weil der Anteil Sparlampen steigt.
- Die installierte Leistung der Beleuchtung pro Haushalt bleibt in etwa gleich.
- Der Stromverbrauch für die Beleuchtung pro Haushalt steigt, weil die mittlere Betriebszeit pro Lampe steigt. Gründe dazu: erhöhte Komfortansprüche, Anwesenheitssimulation. Osram rechnet heute im Durchschnitt mit 3 Stunden pro Tag.
- Beispiel Glühlampe: bei einer Brenndauer von 800-1'000 Stunden ergibt sich ein Lampenwechsel pro Jahr. Die Annahmen von einer Stunde pro Tag (Huser & Spalinger 1992) oder zwei Stunden pro Tag (Grieder & Huser 2005a) scheinen Herr Studerus klar zu tief. Er schätzt die effektive Zunahme zwischen 1992 und 2005 eher von 2 auf 2.5 Stunden pro Tag.

- Allerdings muss pro individuelle Lampe mit einer grossen Streuung gerechnet werden; Beispiel Wohnküche 4-5 Stunden pro Tag, Kellerraum 10 Minuten pro Tag. Weiter gibt es von Haushalt zu Haushalt grosse Streuungen durch unterschiedliches Verhalten der Benutzer.

Eine durch Messungen belegte Nutzungsdauer für Lampen gibt es laut Aussage von Herr Studerus nicht. Er nennt grob geschätzte Kennzahlen für fünf Lampen-Kategorien beim Einsatz in Schweizer Privathaushalten (vgl. Tab. 4-1).

Die *Schweizer Licht Gesellschaft SLG* erstellt bis Mai 2007 eine *Branchenstatistik SLG* (siehe 4.1.3). Die Schwierigkeit bei der Verwendung von Zahlen aus dieser Statistik wird sein, dass die Aufteilung der Absatzzahlen auf Privathaushalt- und Geschäfts-Anwendungen nicht genau möglich ist. Vor allem für Halogen-Lampen dürfte die Zuordnung sehr schwierig werden, da diese Lampen in beiden Bereichen stark vertreten sind.

4.1.2 *Philips AG Lighting*, Zürich, Herr Job Daams

- Herr Daams bestätigt im Wesentlichen die Einschätzungen von Herr Studerus.
- Osram und Philips sind Marktleader in der Schweiz mit zusammen etwa $\frac{2}{3}$ Marktanteil. Andere Hersteller vertreiben ihre Lampen via IKEA, Coop, Migros etc.
- Eine Aufteilung der Absatzzahlen von Lampen auf Privathaushalte und Geschäftswelt ist aufwändig und nur mit grosser Ungenauigkeit möglich.
- Herr Daams gibt ähnliche Kennwerte für die fünf wichtigsten Lampenkategorien an wie Herr Studerus (vgl. Tab. 4-1).
- Für eine Lampe in einem europäischen Wohnzimmer wird in der Branche üblicherweise mit einer Nutzungsdauer von drei Stunden pro Tag gerechnet.
- Durch Messungen belegte Werte für die effektiven Lampen-Nutzungsdauern gibt es noch nicht.

4.1.3 *energie-agentur-elektrogeräte eae*, Zürich, Herr Diego De Pedrini *Schweizer Licht Gesellschaft SLG*, Bern, Herr Reto Abächerli *Electrosuisse*, Fehraltorf, Herr Fritz Beglinger *IHA-GfK*, Hergiswil, Herr Jürg Zweifel

Anfangs 2007 führte die *Schweizer Licht Gesellschaft* eine Erhebung der Verkaufszahlen von Lampen in den Jahren 2005 und 2006 durch. Daraus sollte eine *Branchenstatistik Licht* zusammengestellt werden, die unter anderem verlässliche Informationen darüber enthält, wie viele Leuchtmittel welcher Klassen gemäss Energieetikette produziert, respektive verkauft wurden. Die Resultate wurden dem *Bundesamt für Energie* durch die *energie-agentur-elektrogeräte (eae)* zur Verfügung gestellt.

Der Lampenmarkt in der Schweiz wird von zwei Produzenten und einigen Grossverteilern dominiert. In der Lampengesellschaft sind aber nur die beiden Produzenten und der Fachhandel organisiert, die Grossverteiler sind nicht Mitglied und haben bei der neusten Erhebung nicht teilgenommen. Somit sind die erhobenen Daten nicht vollständig und dürfen zudem nicht veröffentlicht werden. Auch wurden die Lampenleistungen und die Brenndauer nicht erhoben.

Die *eae* plant nun eine eigene Erhebung, die zudem auch Angaben über die Nutzungszeit der Lampen enthalten soll.

Weitere Nachforschungen ergaben, dass das Marktforschungsinstitut *IHA-GfK* in Hergiswil seit mehreren Jahren die Verkaufszahlen der Grossverteiler erhebt. Verfügbar sind die Verkaufszahlen pro Lampentyp sowie die Nennleistung, nicht aber die Lebensdauer. Die Daten sind nicht öffentlich und müssen käuflich erworben werden. Eine Auswertung nach Lampenkategorie für die Jahre 2002 bis 2006 würde nach Aussage von Herr Zweifel rund CHF 20'000.- kosten.

4.2 Leuchtenhersteller / Beleuchtungsplaner

4.2.1 *Regent Beleuchtungskörper AG*, Basel, Herr Amsler

Der Leuchtenhersteller *Regent* entwickelt und liefert seine Produkte vor allem für Geschäftsbauten. Zahlen zur Nutzungsdauer von Lampen in Privathaushalten sind nicht bekannt, weder Kennzahlen für die Planung, noch Daten aus Messungen.

4.2.2 *Relux Informatik AG*, Basel, Herr Markus Hegi

Relux entwickelt und vertreibt Lichtplanungstools mit offenen Schnittstellen und Zugang zu aktuellen Produktdaten von Leuchtenherstellern. Diese werden vor allem eingesetzt für Beleuchtungsplanungen bei Geschäftsbauten und öffentlichen Gebäuden. Kennzahlen über Nutzungsdauern von Lampen in Privathaushalten sind nicht bekannt.

Als Idee für künftige Messungen regt Herr Hegi den Einsatz von einfachen Betriebsstundenzählern an. Bisher wurden solche Messungen mit Lichtstärkesensoren und Datenloggern durchgeführt (siehe 4.3.1). Einfacher wäre eine Messung mit Betriebsstundenzählern, entweder direkt in der Lampenzuleitung oder über geeignete Sensoren. Der teure Datenlogger kann so vermieden werden.

4.3 Fachexperten Beleuchtung / Stromverbrauch Schweiz

4.3.1 eTeam GmbH, Zürich, Herr Stefan Gasser

Im Jahr 2006 wurden Messungen mit Beleuchtungsstärkeloggern in 11 Schulgebäuden der Stadt Zürich durchgeführt (Gasser 2006 und Gasser & Simon 2007). Total wurden 46 Anlagen erfasst, d.h. es waren 46 Messgeräte mit integrierten Datenloggern im Einsatz.

Neben der Beleuchtungsstärke wurde auch die Temperatur aufgezeichnet. Die Messdauer betrug rund 150 Tage bei einem Messintervall von 15 Minuten. Bei Verzicht auf die Temperaturmessung könnte bei diesem Intervall auch ein ganzes Jahr aufgezeichnet werden. Die Geräte sind mit 60 mm x 30 mm x 20 mm sehr klein und können z.B. an einer Deckenlampe gut angebracht werden. Der Stückpreis beträgt rund CHF 80.-.

Bei geschalteten Leuchten funktionierten die Geräte einwandfrei, bei dimmbaren Leuchten musste aber darauf geachtet werden, dass möglichst wenig Tageslicht auf den Sensor fällt und so die Messungen verfälscht. Sonst wird im Bericht wenig über Messprobleme berichtet, man erhält aber den Eindruck, dass für eine sinnvolle Platzierung der Sensoren viel Erfahrung und Fachwissen notwendig war.

Im laufenden Jahr werden Messungen in Bürogebäuden folgen. Für Wohngebäude sind keine Untersuchungen vorgesehen.

Für Leuchten, die an einer Steckdose betrieben werden, wäre die Entwicklung eines Messgerätes denkbar, das, ähnlich wie eine Zeitschaltuhr, direkt in die Steckdose eingesteckt wird. Erfasst würde entweder die Wirkleistung über einen Datenlogger oder lediglich die aufsummierten Betriebsstunden. Der Stückpreis sollte nicht über CHF 50.- betragen.

Hinweise zur *SIA-Norm 380/4 Elektrische Energie im Hochbau*: Diese Norm und auch das zugehörige Berechnungstool Beleuchtung wurden wie die *Euronorm prEN 15193-1 (Entwurf)* für die Planung und für den Energie-Nachweise von Beleuchtungssystemen in Geschäftshäusern und öffentlichen Bauten entwickelt (siehe 3.5.2). Zur Berechnungen des effektiven Verbrauchs der Beleuchtung in Privathaushalten können sie nicht verwendet werden.

4.3.2 Prognos AG, Basel, Herr Peter Hofer

Auch der *Prognos* sind keine fundierten Erhebungen für die Nutzungszeit von Lampen in Privathaushalten bekannt. Speziell bei den periodischen Verbrauchsabschätzungen im Auftrag des *Bundesamtes für Energie* wird der Verbrauch über eine Kombination aus der Anzahl Lampen pro m² Energiebezugsfläche und Annahmen für die Nutzungsdauer berechnet (Hofer & Aehlen 2002). Die Annahmen beruhen auch auf Zahlenmaterial aus früheren Publikationen.

Weitere Hinweise:

- Die *Branchenstatistik Licht* für Absatzzahlen der Jahre 2005 bis 2006 ist in Bearbeitung (siehe 4.1.3). Auch zu der Nutzungsdauer der Lampen sollen Zahlen enthalten sein.
- In früheren Verkaufsstatistiken mit Lampen-Absatzzahlen fehlten die zugehörigen Leistungen pro Lampenkategorie.

- Das Verhalten der Bewohner wird künftig für den Energieverbrauch der Beleuchtung eine ebenso wichtige Rolle spielen, wie die technischen Parameter wie Anzahl Lampen und installierte Leistungen.

4.3.3 S.A.F.E. Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Zürich, Herr Jürg Nipkow

Für eine mögliche Umfrage zu Nutzungszeiten gibt Herr Nipkow die folgenden Hinweise:

- Eine telefonische Umfrage ist repräsentativer als Internetbefragung.
- Die Einleitung des Gespräches bei der Befragung muss sehr sorgfältig vorbereitet werden und soll den Befragten die eigene Beleuchtungssituation vergegenwärtigen.
- Schon die Befragung selbst kann ein verändertes Verhalten bewirken. Bei vorgängiger Ankündigung der Befragung kann eine Verbrauchsminderung eintreten, indem die Leute die Beleuchtung bewusster benutzen. Der Effekt dürfte betragsmässig etwa gleich gross sein, wie die Ungenauigkeit der Selbsteinschätzung.

Für eine Aufschlüsselung der Verkaufszahlen in Privat- und Geschäftsanwendungen gibt Herr Nipkow den Hinweis, dass als zweite Quelle eine Absatzstatistik der Leuchten beigezogen werden sollte. Bei den Leuchten ist eine Aufteilung in Privat- und Geschäftsanwendungen einfacher möglich. Für weitere Abklärungen in dieser Hinsicht wurden die zwei folgenden Verbände genannt:

- FEA, Fachverband Elektroapparate für Haushalt und Gewerbe Schweiz
- FVB, Fachverband der Beleuchtungsindustrie

4.3.4 CEPE, Centre for Energy Policy and Economics, ETH Zürich, Herr Bernard Aebischer

Herr Aebischer weist auf eine aktuelle Arbeit der *Internationalen Energie Agentur IEA* hin (IEA 2006). Er vermutet, dass Angaben zur Nutzungsdauer und dem Verbrauch von Lampen in dieser Studie auch auf Annahmen beruhen. Er denkt, dass es für die Ermittlung der Benutzungszeiten wohl keine andere Möglichkeit als Erhebungen gibt, auch wenn diese aufwändig sind.

4.3.5 FHNW, Institut Energie am Bau, Muttenz, Herr Armin Binz, Leiter Institut Energie am Bau

- Im Jahr 1996 wurde im Rahmen einer Diplomarbeit eine Verbrauchsabschätzung für Lampen in Privathaushalten vorgenommen (Lang & Lingenhel 1996). Die Berechnung basiert einzig auf den Absatzzahlen, der Lebensdauer und der mittleren Nennleistung pro Kategorie. Eine Kenntnis der Nutzungszeiten ist nicht notwendig. Der vorgeschlagene Berechnungsgang wird im Kapitel 5 näher beschrieben.
- Zur Frage, ob Simulationsmodelle zur Berechnung des Strombezuges vorhanden sind, meint Herr Binz, dass eine Ergänzung der bestehenden Modelle für thermische Simulationen zwar wünschbar wäre, dass das Interesse für solche Berechnungen bei Privat-Gebäuden aber zu gering ist. Eine Simulation des Verbrauches für die Beleuchtung wäre auch sehr schwierig, weil gerade bei der Beleuchtung der Verbrauch zu sehr vom individuellen Verhalten der Bewohner abhängig ist.

4.3.6 BUS-House, Zürich, Herr Richard Staub, Berater Gebäudeautomation

- Herr Staub hat keine Kenntnis von weiteren Gebäuden neben *FutureLife / Smarthome*, bei denen Daten zur Einschaltdauer von Lampen gesammelt wurden.
- Auffällig ist in den letzten Jahren der Trend zu Bad- und Küchenbeleuchtungen mit vielen Halogenstrahlern und entsprechend hohem Stromverbrauch.

4.4 Energiefachstellen

4.4.1 *Energiefachstelle Stadt Baden, Herr Martin Sennhauser*

Herr Sennhauser schlägt eine Kombination von Messung und Befragung vor:

Als Messung soll pro Haushalt eine hochpräzise Stromverbrauchsmessung mit Datenlogger zum Einsatz kommen. Parallel dazu sollen die Bewohner ein Tagebuch zur Benutzung der verschiedenen Geräte führen. Zur Auswertung werden die Ganglinien des Strombezuges kombiniert mit den Tagebucheinträgen. So sollte es möglich sein, andere Verbraucher als die Beleuchtung zu erkennen, zum Beispiel aufgrund

- der Anschlussart an ein, zwei oder drei Polleitern
- der grossen Sprünge in der Ganglinie
- aus dem Vergleich mit dem Tagebuch (Einschaltzeiten TV, PC etc.)

Der restliche Verbrauch nach Abzug des Standby-Verbrauches könnte der Beleuchtung zugeordnet werden. Diese Auswertung wäre allerdings recht aufwendig und gewisse Unsicherheiten bei der Zuordnung würden dennoch bleiben.

Zu Befragungen macht Herr Sennhauser die folgenden Hinweise:

- Die Qualität der Antworten kann möglicherweise verbessert werden, wenn die Befragung zu Zeiten durchgeführt wird, an denen die Beleuchtung erwartungsgemäss brennt (Frage: „Welche Lampen sind jetzt gerade eingeschaltet?“) Allerdings kann man am späteren Abend nicht mehr anrufen.
- Bei der Befragung sollten Zusatzfragen zur normalen Anwesenheit der Bewohner und zu möglicher Anwesenheitssimulation über Zeitschaltuhren gestellt werden. Die Zeitschaltuhr-Einstellungen sollten den Befragten gut bekannt sein.

Als weitere Idee stellt Hr. Sennhauser zur Diskussion, ob es 3D-Sensoren gibt, die für die Messung aller Leuchten in einem Zimmer verwendet werden könnten, so dass nicht pro Lampe ein Sensor notwendig ist.

4.4.2 *Fachstelle Umwelt und Energie Stadt St. Gallen, Herr Harry Künzle*

Herr Künzle äussert sich zur Idee einer Messung in ausgewählten Privat-Haushalten mit raffinierten, günstigen Betriebsstundenzählern (ähnlich den Messungen in der Stadt Zürich vgl. 4.3.1):

- Die Messperiode sollte ein ganzes Jahr umfassen, damit für Unterschiede zwischen Sommer- und Winterhalbjahr erfasst werden.
- Die Messungen in der Stadt Zürich wurden mit Beleuchtungsstärke-Sensoren und Datenloggern für rund CHF 100.- pro Stück durchgeführt. Stattdessen wäre eine einfachere Messung basierend auf dem Prinzip des induktiven Phasenprüfers in Kombination mit einem Betriebsstundenzähler möglich. Anstatt einer Batterie wäre eine induktive Stromversorgung direkt aus dem gemessenen Netzanschluss denkbar. Die Entwicklung könnte im Rahmen einer Diplomarbeit an einer Fachhochschule erfolgen. Herstellkosten von CHF 20.- pro Gerät wären möglich.
- Wichtig ist eine gute Auswahl der zu untersuchenden Haushalte. Die Auswahl muss sowohl die Haushaltgrösse, wie auch das Benutzerverhalten und die Einstellung der Bewohner berücksichtigen.
- Als Vorstellung für die Losgrösse macht Herr Künzle den folgenden Vorschlag: 10 Haushalt-Kategorien x 10 ausgewählte Haushalte pro Kategorie x 25 Lampen, ergibt 2'500 Messstellen.

Als Hinweis zur Lebensdauer von Lampen gibt Herr Künzle zu bedenken, dass die Angaben der Hersteller eventuell viel zu optimistisch sind. Effektiv erreichen Energiesparlampen nur 4'000 statt 8'000 Betriebsstunden.

4.4.3 *Energiefachstelle Kanton Schaffhausen, Herr Bernard Dubochet*

Nach Einschätzung von Hrn. Dubochet ist die Lampen-Einschaltdauer sehr stark abhängig vom Verhalten der Bewohner.

Er schlägt vor, den Strombezug für die Beleuchtung ohne den Umweg über die Nutzungszeiten aus den Resultaten der Studie von Grieder & Huser (2005a) abzuleiten. Bei dieser Arbeit wurde einerseits eine Modellrechnung für den Strombezug, basierend auf einem umfangreichen Fragenkatalog, sowie eine Erhebung der tatsächlichen Verbrauchswerte anhand der Zählerablesung durch die Energieversorgungsunternehmen durchgeführt. Das Modell wurde mit den tatsächlichen Verbrauchswerten abgeglichen, sodass im Mittel aller 1'200 Haushalte eine Abweichung von lediglich 2% resultierte.

Geht man davon aus, dass die Modellrechnung für die unterschiedenen Haushaltstypen den Anteil der Beleuchtung am gesamten Strombezug korrekt wiedergibt, so kann über eine statistische Auswertung aller Haushalte der Schweiz nach den in der Studie verwendeten Kategorien der Anteil der Beleuchtung am gesamten Haushaltstrombezug der Schweiz ermittelt werden. Eventuell wäre die Einteilung weiter zu verfeinern, nicht nur anhand der Haushaltgrössen, sondern auch der Ausstattung mit grossen Verbrauchern, wie elektrische Direktheizung und Wärmepumpen, Elektroboiler, Elektro-Kochherd etc.

Wenn gesamtschweizerisch die Statistik der Privathaushalt-Stromverbräuche unterteilt nach dieser zweiten Typologie verfügbar wäre, so könnte der schweizweite Anteil der Beleuchtung mit den jeweiligen Prozentanteilen mit guter Genauigkeit und plausibel abgeschätzt werden, weil die effektiven Stromverbräuche der Haushalte gemessen sind.

4.5 **Energieversorger**

4.5.1 *BKW FMB Energie AG, Herr Peter Langenegger und Herr Matthias Sägesser*

Herr Langenegger schätzt die Situation wie folgt ein:

- Die Lampen-Einschaltdauer ist stark abhängig vom Verhalten der Bewohner.
- In der Studie von Grieder & Huser (2005a) war die Westschweiz zu wenig berücksichtigt. Geräte mit Energielabel A sind dort weniger verbreitet, deshalb dürften die Verbrauchszahlen tendenziell höher sein.
- Eine Befragung in Bezug auf die Beleuchtung sollte besser schriftlich erfolgen, so können die Befragte ihr Verhalten einige Tage beobachten und dann antworten.
- Eine aktuelle Verbrauchsabschätzung für Beleuchtung in Schweizer Privathaushalten wäre sehr willkommen als gemeinsame Richtschnur, die von allen in der Branche gleich verwendet würde. Eine Genauigkeit von $\pm 20\%$ wäre genügend, muss aber offen gelegt werden. Die Resultate sollen der Genauigkeit entsprechend gerundet sein.
- Die BKW bietet eine Mitarbeit bei allfälligen Befragungen z. B. via Rechnungsbeilage an. Die Rückflussquote bei solchen Aktionen ist in der Regel gut. Die Aktion könnte mit einem Wettbewerb kombiniert werden.

Angaben von Herr Sägesser zu dem in Abschnitt (4.4.3) formulierten Ansatz:

- Für den Kundenstamm der BKW sind Angaben, ob in den einzelnen Haushalten Elektro-Boiler, -Herd, -Heizung oder Wärmepumpen vorhanden sind, nur lückenhaft möglich. Schweizweit sind solche Daten sicher nicht vorhanden.
- Der Strombezug einzelner Anwendungen wie Kochen, Backen etc. könnte genauer berechnet werden, wenn gezielt Haushalte der gleichen Grösse aber unterschiedlicher Geräte-Ausstattung miteinander verglichen würden. So könnte aus einer Differenzbildung am Schluss auf den Anteil der Beleuchtung geschlossen werden.

4.5.2 EWB, Energie Wasser Bern, Herr Roger Riedo

Herr Riedo gibt die folgende Einschätzung ab:

- Die Nutzungszeit von Lampen ist zunehmend, höhere Lampenleistungen sind im Trend.
- Das technische Einsparpotenzial von Sparlampen und Bewegungsmeldern wird heute noch schlecht genutzt. Das gilt auch für andere Bereiche. Sogar ein attraktives EWB-Förderprogramm für energieeffiziente Kühlgeräte der Klasse A++ wird enttäuschend wenig genutzt.
- Eine Verdoppelung des Verbrauchsanteils für die Beleuchtung gegenüber 1992 erscheint plausibel.
- Eine Befragung sollte am besten abends stattfinden, allerdings nicht um 18:00 oder 19:30 Uhr, sondern idealer Weise in den Zeiten von 19:00-19:30 Uhr und 19:50-20:15 Uhr. Die Leute sind dann besser erreichbar und die resultierenden Angaben sind realistischer.
- Eine Beteiligung der EWB bei den Befragungen ist vorstellbar.

4.5.3 IWB, Industrielle Werke Basel, Herr Andreas Kaltenbach

Nach Einschätzung von Herr Kaltenbach ist jedes Haus anders, das Verhalten der Bewohner sehr unterschiedlich.

Eine Umfrage könnte als Rechnungsbeilage und / oder Telefonumfrage erfolgen, die Auswertung eventuell als Studienarbeit an einer Fachhochschule, Bereiche Umwelt und Energie.

4.5.4 AEW Energie AG, Herr Peter Küng

Das AEW hat den Anteil des Standby-Verbrauches in Haushalten untersucht. Wegen der zu kleinen Stichprobe sind aber keine repräsentativen Aussagen möglich. Die Streuung innerhalb der untersuchten Haushalte war zu gross. Im Bereich Beleuchtung sind sicher ähnliche Streuungen zu erwarten.

4.5.5 EKZ, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Herr André Montani

Die EKZ bezieht sich für Angaben von allgemeinen Stromverbrauchs-Anteilen auf Unterlagen von S.A.F.E. und anderen Fachstellen. Speziell zum Stromverbrauch für die Beleuchtung in Privathaushalten ist aber nichts bekannt.

Herr Montani erwähnt die Firma *Messmatik GmbH* in Uster, die Datenlogger mit echter Mittelwertbildung anbietet (<http://www.messmatik.ch/>).

Die EKZ würden bei künftigen Erhebungen ihre Mitarbeit anbieten.

4.5.6 EKS, Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen AG, Herr Urs Huber

Gemessen werden nur Lastprofile vom Gesamtstromverbrauch einzelner Privat-Haushalte. Keine zusätzlichen Erhebungen für Anteil Beleuchtung vorhanden.

4.5.7 EWZ, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Herr Peter Wieland

Im Schweizer Energiefachbuch 2006, Seite 236 sind durchschnittliche Jahresstromverbräuche von Privathaushalten angegeben, abhängig von der Anzahl der im Haushalt lebenden Personen und von den eingesetzten Elektrogeräten mit hohem Stromverbrauch (Elektro-Boiler, Kochen, Waschen, Trocknen). Diese Tabelle zeigt übliche Grössenordnungen.

Eine genaue Aufteilung des Haushalt-Stromverbrauchs schweizweit auf entsprechend eingeteilte Haushalt-Kategorien ist aber nicht erhältlich.

Schon für den Kundenstamm des EWZ sind Angaben, ob in den einzelnen Haushalten Elektro-Boiler, Elektro-Herd, Elektro-Heizung oder Wärmepumpen vorhanden sind, nur möglich für Geräte, die über die Rundsteuerung mit Sperrzeiten belegt sind oder die den Strom über separate Tarifzähler beziehen.

Das EWZ kann für die Mithilfe bei allfälligen Erhebungen angefragt werden. Beteiligen würde sich vor allem die Abteilung Energieberatung des EWZ.

5 Lösungsansätze

Als Resultat der Literaturrecherche und der Expertengespräche können die folgenden prinzipiellen Lösungsansätze formuliert werden:

1. Auswertung bestehender Datensätze
2. neue Haushaltbefragung
3. direkte Messung
4. Simulation
5. Hochrechnung aus Absatzzahlen
6. Lastganganalyse von Verteiltransformatoren

Diese prinzipiellen Ansätze werden im Folgenden genauer beschrieben und diskutiert.

5.1 Auswertung bestehender Datensätze

Mit *Energybox* und *VSE*-Stromverbrauchserhebung liegen zwei sehr umfangreiche Datensätze vor. Die Auswertung der ersten 1'500 Datensätze von *Energybox* und der 1'200 Haushalte der *VSE*-Erhebung zeigen im Bereich der Beleuchtung eine gute Übereinstimmung, sowohl in Bezug auf die Anzahl Lampen pro Haushalt, wie auch in Bezug auf den Verbrauch. Das lässt darauf schliessen, dass die zu Grunde gelegten Modelle grundsätzlich tauglich sind.

Bei beiden Studien wurde die Anzahl Lampen pro Haushalt direkt erfragt. Die entsprechenden Resultate stimmen sehr gut überein, womit diese Werte als gesichert betrachtet werden können. Zu berücksichtigen wäre höchstens eine gewisse Unsicherheit, die sich dadurch ergibt, dass die befragten Personen möglicherweise einige selten benutzte Lampen vergessen haben.

Beide Studien verwenden eine Einteilung der Haushalte in sechs Kategorien, wobei die *VSE*-Studie nach Anzahl Bewohner und *Energybox* nach Anzahl Zimmer unterteilt.

Bei beiden Studien wird der Strombezug pro Haushalt über eine Modellrechnung aus den Eingabedaten berechnet. Diese Modellrechnung wird verglichen mit dem Verbrauch gemäss Elektrozähler, wobei die *VSE*-Studie die echten Zählerdaten der Energieversorger verwenden konnte und bei *Energybox* die Daten aus einer Selbstdeklaration der Teilnehmer stammen. In beiden Fällen stimmen Modellrechnung und effektiver oder deklarierter Verbrauch gut überein, allerdings nur, was den Mittelwert aller Haushalte bei *Energybox* respektive den Mittelwert pro Haushaltkategorie bei der *VSE*-Studie betrifft.

Andererseits liegt nun mit den Messungen, die in den letzten Jahren in der EU durchgeführt wurden (Eureco 2002, Enertech 2004), eine grosse Fülle von Informationen zur Nutzungszeit von Lampen vor. Es bietet sich an, dieses Wissen mit den Daten der Befragungen in der Schweiz (*VSE*, *Energybox*) in Verbindung zu bringen. Das Ziel wäre also eine Verbesserung des Berechnungsmodells im Bereich der Beleuchtung und auf diesem Weg eine bessere Verbrauchsabschätzung mit besseren Kennwerten für die Lampenleistung und die Nutzungszeiten.

Die Modellierung kann auf der Basis von typischen Zimmern wie Wohnzimmer, Schlafzimmer, Badezimmer etc. erfolgen. Pro Zimmer kann die Anzahl Lampen und deren Typ, die Nennleistung und die Nutzungszeit anhand der EU-Studien individuell vorgegeben werden. Als Resultat erhält man die Verbrauchswerte pro Lampe und pro Zimmer. Diese Resultate können anschliessend mit den Haushaltsdaten aus der VSE-Erhebung hochgerechnet werden. Es ergibt sich somit ein mehr oder weniger repräsentativer Mittelwert für alle schweizerischen Haushalte.

Das resultierende Modell kann laufend angepasst werden, wenn sich die Zusammensetzung des Lampenbestandes verändert oder wenn sich das Benutzungsverhalten markant verändert. Bei Bedarf kann der Eingabe-Datensatz durch eine neue Befragung ergänzt werden, die auch die übrigen Landesteile der Schweiz mit einbezieht. Schliesslich können die Daten der EU-Studie bei Bedarf mit einer Messserie in der Schweiz überprüft werden.

5.2 Neue Haushaltbefragung

Die Anzahl Lampen in einem schweizerischen Haushalt sind durch die VSE-Erhebung und die *Energybox* zur Genüge bekannt. Eine neuerliche Befragung kann sich auf den Aspekt der Nutzungsdauer beschränken. Aber auch so ist eine Befragung mit grössten Schwierigkeiten verbunden. Einerseits ist der Strombezug für die Beleuchtung über das Jahr starken Schwankungen unterworfen. Eine Befragung müsste mindestens die Perioden Winter, Übergangszeit und Sommer unterscheiden. Weiter ist die grosse Anzahl von Lampen pro Haushalt zu berücksichtigen. So ist kaum anzunehmen, dass sich die Bewohner eines Haushaltes im Klaren sind, wie lange die Beleuchtung in jedem Zimmer und in jeder Jahreszeit brennt. Eine direkte telefonische Befragung nach Nutzungszeiten scheidet daher aus.

Denkbar wäre dagegen eine Erhebung in der Art eines Beleuchtungstagebuches pro Zimmer. Die Bewohner würden dreimal im Jahr während einer Woche die Nutzungszeiten der Beleuchtung in jedem Zimmer erfassen. Es ist allerdings fraglich, ob genügend Haushalte für eine solche Kampagne gewonnen werden könnten und ob die Auswahl dann repräsentativ wäre für die Schweiz. Es muss auch hinterfragt werden, ob die Erhebung gewissenhaft durchgeführt würde.

Ein weiterer Ansatz würde darauf beruhen, die Nutzung der Beleuchtung stichprobenartig abzufragen. Die Haushalte würden telefonisch befragt, welche Lampen im Moment des Anrufes gerade brennen. Der Umfang der Befragung könnte so leicht auf mehrere hundert Haushalte ausgedehnt werden. Die Anrufe müssten ebenfalls in den drei Jahreszeiten Winter, Übergangszeit und Sommer durchgeführt werden. Die tatsächlichen Nutzungsstunden wären anschliessend aus einer Modellrechnung zu bestimmen, welche die Daten der erfragten Stichproben als Eingabedaten verwendet. Ein solches Modell wäre allerdings von Grund auf neu zu entwickeln, die Expertengespräche haben keinerlei Hinweise auf ähnliche Befragungen in der Vergangenheit ergeben.

Sinnvoll kann dagegen eine Ergänzung der in Abschnitt 5.1 formulierten Modellrechnung mit einer repräsentativen Befragung zum Nutzungsverhalten in der Schweiz sein. Damit wäre einerseits ein Datensatz gewonnen, der die Einseitigkeit des Haushaltsloses der VSE-Studie eliminiert (nur Deutschschweiz, fast nur Städte und Agglomerationen), andererseits könnte das Modell mit weiteren Parametern zur Anwesenheit und zum Benutzerverhalten ergänzt werden. Eine solche Befragung könnte sowohl telefonisch, wie auch per Internet erfolgen. Eine Erweiterung des Fragekataloges der *Energybox* wäre ebenfalls denkbar.

5.3 Direkte Messung

Wie die Messungen in der EU zeigen (Eureco 2002, Enertech 2004) ist auch eine direkte Messung von einigen Dutzend bis einigen Hundert Haushalten dank moderner Messtechnik möglich. Dabei sind drei Aspekte von Bedeutung: die Losgrösse, die Messtechnik und die Messdauer.

5.3.1 Losgrösse

Sowohl *Energybox*, wie auch *VSE-Studie* arbeiten mit je 6 Haushaltkategorien. Für eine einigermaßen repräsentative Stichprobe müssten pro Kategorie mindestens 10 Haushalte gemessen werden. Jeder Haushalt hat im Schnitt rund 20 Lampen, was total 1'200 Messpunkte ergibt.

Die *Enertech-Studie* in Frankreich (*Enertech* 2004) berücksichtigt vier klimatische Regionen des Landes. Für die Schweiz müssten die Regionen Mittelland, Alpen und Voralpen, sowie die Westschweiz unterschieden werden⁸. Die Südschweiz müsste auf Grund der geringen Bevölkerungszahl nicht zwangsläufig berücksichtigt werden.

Mit einer dermassen umfangreichen Stichprobe sollte es möglich sein, einen guten Mittelwert für den schweizweiten Verbrauch zu erhalten. Der Verbrauch für die Gesamtheit der schweizerischen Haushalte sollte aus einer Hochrechnung des gemessenen Durchschnittsverbrauches auf die 3,2 Millionen Haushalte der Schweiz mit genügender Genauigkeit möglich sein.

Ein anderer Ansatz besteht darin, sich auf typische Wohnsituationen zu konzentrieren. Durch eine Messung in ca. 20 Haushalten erhält man detaillierte Daten für 20 Küchen und Badezimmer, 20 Wohnzimmer, rund 50 Schlafzimmern usw. Mit den so gewonnenen Daten kann das im Abschnitt 5.1 beschriebene Modell genau auf die schweizerischen Verhältnisse abgestimmt werden. Eine Hochrechnung auf die Gesamtheit der Schweizer Haushalte würde mithilfe des *VSE-Datensatzes* erfolgen. Ein solches Vorgehen deckt sich auch mit demjenigen, dass die EU in ihrem Projekt *Remodece* verfolgt (vgl. Abschnitt 3.2.4), oder das gemäss *IEA* schon in den USA mit Erfolg angewendet wurde (vgl. 3.3).

5.3.2 Messdauer

In der *Enertech-Studie* wurde der Jahresverlauf des Strombezuges für die Beleuchtung detailliert erfasst (vgl. Fig. 5-1). Der Verlauf zeigt eine starke jahreszeitliche Schwankung zwischen dem 1,6-fachen des Jahresmittelwertes im Dezember und einer Reduktion auf den Wert 0,45 im August. Zudem ist der Verlauf nicht symmetrisch zur Jahresmitte, der Anstieg im Herbst verläuft steiler, als die Abnahme im Frühling. Dieser Sachverhalt legt es nahe, als Messdauer ein ganzes Jahr zu wählen.

Bei der *Eureco-Studie* (*Eureco* 2002) wurde jeder Haushalt nur während einem Monat gemessen. Das verringert die Anzahl der notwendigen Messgeräte beträchtlich, führt aber auch zu qualitativ schlechteren Resultaten. Der Ausgleich der jahreszeitlichen Schwankungen fand nicht auf dem Niveau des einzelnen Haushaltes statt, sondern erst bei der Mittelwertbildung über alle Haushalte. Das sollte für den Mittelwert zu einem korrekten Resultat führen, allerdings nur, wenn alle Haushaltstypen zu jeder Jahreszeit gleich vertreten sind. Zudem führt diese Messung für den einzelnen Haushalt zu unsinnigen Jahreswerten.

⁸ Gemäss IHA-GfK Vademecum: Bevölkerungsanteil Mittelland 49%, Alpen/Voralpen 24%, Westschweiz 23%, Südschweiz 4%.

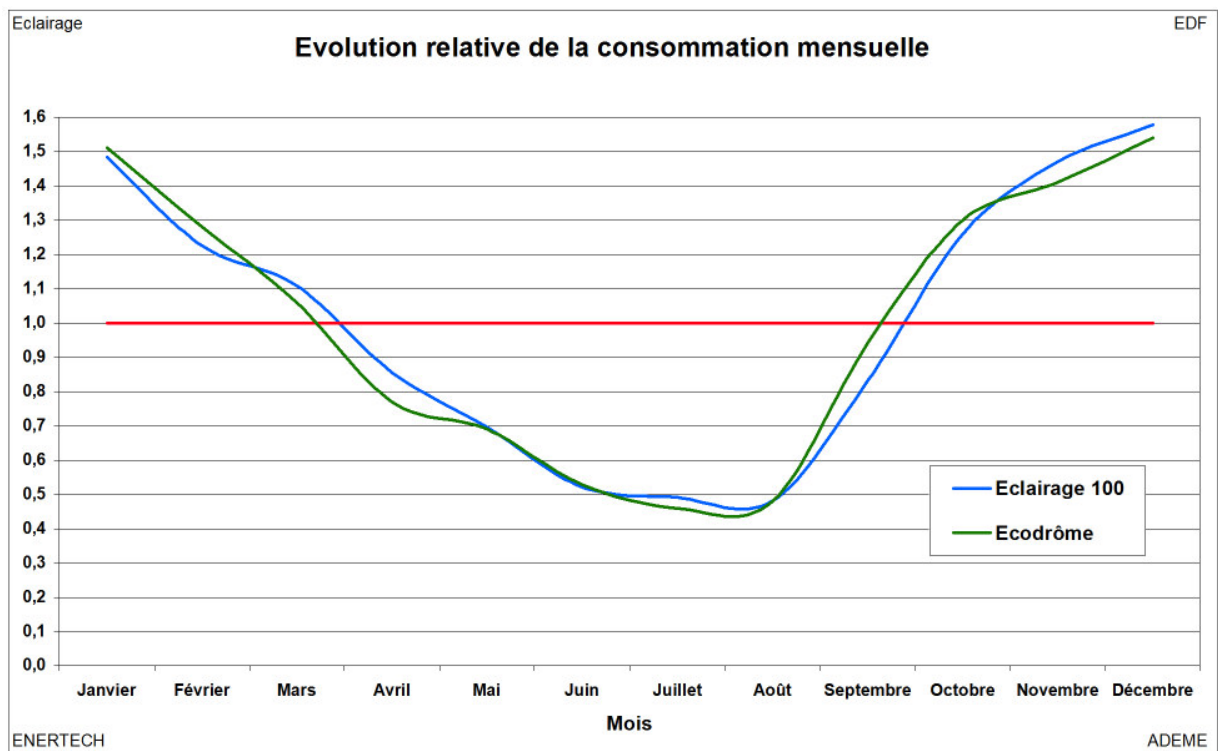


Fig. 5-1 Verlauf des Strombezuges für die Beleuchtung im Jahresverlauf (Quelle: Enertech 2004)

5.3.3 Messtechnik

Für die EU-Studien (Eureco 2002 und Enertech 2004) wurden zwei Typen von Messgeräten verwendet:

- Optischer Sensor für fest installierte Leuchten
- Wattmeter für Leuchten an einer Steckdose

Die Geräte sind Eigenentwicklungen der Firma *Enertech*. Beide verfügen über eingebaute Datenlogger mit Batterieversorgung und zeichnen die Messdaten kontinuierlich auf. Die Messperiode kann ein Jahr betragen. Nach Ablauf der Messdauer werden die Daten in einen PC ausgelesen.

Der optische Sensor zeichnet Datum und Uhrzeit jedes Schaltvorganges auf. Die resultierenden Betriebszeiten müssen anschliessend auf dem PC berechnet werden. Parallel dazu muss die Lampenleistung einmalig gemessen und protokolliert werden. Der Strombezug ergibt sich dann aus den berechneten Betriebszeiten mal die protokollierte Nennleistung.

Das Wattmeter wird, ähnlich wie eine Zeitschaltuhr, in Serie zur Leuchte in das Netzkabel eingeschlaucht und zeichnet im 10-Minuten-Intervall die aufgenommene Wirkenergie auf. Die Lampenleistung muss nicht separat erfasst werden.

Parallel dazu wurde immer auch der Stromzähler des Haushaltes im 10-Minuten-Intervall abgefragt.

Für die Messungen in 11 Schulhäusern der Stadt Zürich (vgl. 4.3.1) wurden ebenfalls optische Sensoren verwendet. Es sind handelsübliche Geräte, die direkt die Beleuchtungsstärke in Lux registrieren. Auch hier muss also die Lampenleistung mit einer einmaligen Messung zusätzlich erfasst werden und es muss pro Messpunkt eine Schwelle definiert werden, bei der die Leuchte als eingeschaltet betrachtet wird.

Für Lampen an Steckdosen schlägt *eTeam* eine Neuentwicklung in der Art des oben beschriebenen Wattmeters vor. Auch ein reiner Betriebsstundenzähler würde den Messanforderungen genügen.

Spätestens im Jahr 2009 sollten auch die Komponenten des *Digitalstrom*-Systems in genügender Stückzahl für eine derartige Messserie vorhanden sein (vgl. 3.4.6). Gemäss ersten Kostenangaben wird aber die Messausrüstung für alle Beleuchtungspunkte eines Haushaltes bei diesem System nicht wesentlich günstiger, als mit den oben beschriebenen Messgeräten.

5.4 Simulation

Zur thermischen Simulation von Gebäuden sind verschiedene Programme vorhanden, die auch die solaren Gewinne durch die Fenster berücksichtigen. Diese Programme richten sich nach den Anforderungen der *SIA-Norm 380/1: Thermische Energie im Hochbau*. In den Expertengesprächen wurde die Meinung geäußert, dass eine Ergänzung solcher Programme auf die Beleuchtung zwar wünschbar wäre, dass aber das Interesse für die Anwendung bei privaten Wohngebäuden zu gering ist (vgl. Abschnitt 4.3.5).

Von der Fachhochschule Westschweiz wurde das Programm *bSol* entwickelt, das einen ähnlichen Zweck erfüllt. Während die meisten anderen Programme in erster Linie für den Energienachweis nach SIA 380/1 entwickelt wurden, soll *bSol* dazu dienen, die solaren Gewinne eines Objektes zu maximieren. Die Simulation erfolgt auf Stundenbasis und berücksichtigt den Verlauf der Sonneneinstrahlung am Standort des Gebäudes. Der Einfluss auf den Beleuchtungsbedarf wird nicht berechnet, könnte aber sicherlich mit einer Zusatzentwicklung in die Software integriert werden.

Die Firma *Relux Informatik AG* entwickelt Simulationsprogramme für die Beleuchtungsplanung. Das aktuelle Produkt *Relux Professional 2007* beinhaltet auch ein Tageslichtmodell. Die Erfassung der zu modellierenden Räume geschieht in graphischer Form, es werden Grundriss, Höhe, Möblierung etc. mit einer CAD-Oberfläche erfasst. Anschliessend können verschiedene Beleuchtungsvarianten berechnet und in ihrer Wirtschaftlichkeit verglichen werden. Somit berechnet die Software auch den Energiebezug der Beleuchtungsvarianten. Die Stärke des Programms liegt aber in der Visualisierung der Beleuchtung am Bildschirm.

Im Zusammenhang mit der *SIA Norm 380/4: Elektrische Energie im Hochbau* wurde das Programm *eTool Licht* entwickelt. Basierend auf relativ wenigen Eingabedaten berechnet die Software die Nutzungsstunden und den Energiebedarf der Beleuchtung. Die Berechnung erfolgt pro erfassten Raum. Das Programm enthält auch Standardnutzungsstunden für die Kategorien Wohnzimmer und Badezimmer. Die folgenden Eingabedaten sind notwendig:

- Raummasse (Länge, Breite, Höhe)
- Fensterflächen und Angaben zur Verschattung
- Gewünschte Beleuchtungsstärke (in Lux)
- Raumqualität (hell, dunkel)
- Nutzungsstunden des Raumes
- Installierte Leuchten und Lampen
- Verwendete Regelung (manuell, Tageslichtregelung, Präsenzmelder)

Das Programm *eTool Licht* wäre sicher eine gute Basis für eine Simulation des Energiebedarfes für die Beleuchtung auch in Privathaushalten. Das grösste Hindernis dürfte aber in der Beschaffung eines Datensatzes mit den notwendigen Eingabedaten für einen repräsentativen Gebäudebestand liegen. Gemäss den Überlegungen, die zur Losgrösse bei einer allfälligen Messreihe gemacht wurden (vgl. Abschnitt 5.3.1), müssten mindestens 60 Haushalte erfasst werden. In Anbetracht der Tatsache, dass es sich nur um eine Simulation, und nicht eine echte Messung handelt, wäre eine deutlich höhere Losgrösse empfehlenswert. Schliesslich hat diese Methode auch den Nachteil, dass das individuelle Benutzerverhalten kaum adäquat erfasst und modelliert werden kann.

5.5 Lang und Lingenhel

Lang und Lingenhel (1996) beschreiben in ihrer Diplomarbeit einen Ansatz, der es ihnen erlaubt, den Strombezug für Beleuchtung in der Schweiz ohne Kenntnis des Lampenbestandes und der Nutzungszeiten abzuschätzen. Die grundlegende Idee resp. Voraussetzung ist, dass eine Lampe in Betrieb ist, bis sie kaputt geht. Die Anzahl Jahre, bis die Lampe ausgewechselt wird, ergibt sich dann aus der Brenndauer und der jährlichen Nutzungszeit wie folgt:

$$\text{Lebensdauer in Jahren} = \frac{\text{Brenndauer}}{\text{jährliche Nutzungsstunden}}$$

Der Strombezug der Lampe in einem Jahr ergibt sich aus den jährlichen Nutzungsstunden und der Nennleistung:

$$\text{jährlicher Strombezug} = \text{jährliche Nutzungsstunden} \times \text{Nennleistung}$$

Die Nutzungsdauer kann nun ersetzt werden, durch die Brenndauer und die Lebensdauer der Lampe in Jahren:

$$\text{jährlicher Strombezug} = \frac{\text{Brenndauer}}{\text{Lebensdauer in Jahren}} \times \text{Nennleistung}$$

Betrachtet man einen Bestand gleichartiger Lampen, so wird jedes Jahr ein Teil des Bestandes kaputt gehen und durch Neuverkäufe ersetzt. Die Ersatzverkäufe ergeben sich aus dem Bestand und der durchschnittlichen Lebensdauer in Jahren:

$$\text{jährliche Ersatzverkäufe} = \frac{\text{Bestand}}{\text{Lebensdauer in Jahren}}$$

Der jährliche Strombezug des Bestandes ergibt sich in erster Linie aus der Bestandeszahl, den Nutzungsstunden und der Nennleistung:

$$\text{jährlicher Strombezug Bestand} = \text{Bestand} \times \text{jährliche Nutzungsstunden} \times \text{Nennleistung}$$

Nun können die Nutzungsstunden durch die Brenndauer und die Lebensdauer in Jahren ersetzt werden:

$$\text{jährlicher Strombezug Bestand} = \text{Bestand} \times \frac{\text{Brenndauer}}{\text{Lebensdauer in Jahren}} \times \text{Nennleistung}$$

Die Bestandeszahl und die Lebensdauer in Jahren ergeben sich aus den Ersatzverkäufen:

$$\text{jährlicher Strombezug Bestand} = \frac{\text{Bestand}}{\text{Lebensdauer in Jahren}} \times \text{Brenndauer} \times \text{Nennleistung}$$

$$\text{jährlicher Strombezug Bestand} = \text{jährliche Ersatzverkäufe} \times \text{Brenndauer} \times \text{Nennleistung}$$

Somit ergibt sich der jährliche Strombezug des Bestandes einzig aus der Brenndauer, den jährlichen Ersatzverkäufen und der Lampen-Nennleistung. Der tatsächliche Bestand und die Nutzungsstunden müssen nicht bekannt sein.

Der Ansatz besticht durch seine Einfachheit. Die Genauigkeit der Berechnung steht und fällt aber mit der Grundvoraussetzung, dass eine Lampe erst dann ersetzt wird, wenn sie ihre Brenndauer erreicht hat. Zusätzlich geht der Ansatz stillschweigend davon aus, dass alle verkauften Lampen Ersatzkäufe sind, dass also der Bestand weitgehend stabil ist und der Anteil Lampenverkäufe, die zu einer Bestandserhöhung führen, gering ist.

Der erstgenannte Aspekt wird von Lang und Lingenhel berücksichtigt, indem sie die Verkaufszahlen für ihre Berechnung um 20% reduzieren. Damit sollen diejenigen Lampen berücksichtigt werden, die vorzeitig, also vor dem Erreichen der Brenndauer, ausser Betrieb genommen werden.

Der zweite Aspekt ist nicht ohne weiteres abschätzbar, es muss eine korrekte Sensitivitätsrechnung durchgeführt werden. Im Anhang 2 sind die entsprechenden algebraischen Formeln dokumentiert. Das Resultat ist in Tab. 5-1 zusammengefasst. Grosse Fehler ergeben sich vor allem bei Lampen mit einer hohen Lebensdauer, sprich bei Leuchtstoffröhren und Sparlampen. Bei Lampen, die innerhalb von 1 bis 2 Jahren ersetzt werden, bleiben die Auswirkungen von Bestandesänderungen gering. Fehler bis rund 25% sind in Anbetracht der schlechten Datenlage tolerierbar, Fehler von 40% und darüber stellen aber doch das Resultat der Methode ernsthaft in Frage.

Bestandeszunahme	Lebensdauer 1 Jahr	Lebensdauer 2 Jahre	Lebensdauer 5 Jahre
2% pro Jahr	Fehler 2%	Fehler 4%	Fehler 10%
5% pro Jahr	Fehler 5%	Fehler 10%	Fehler 25%
10% pro Jahr	Fehler 10%	Fehler 20%	Fehler 50%
20% pro Jahr	Fehler 20%	Fehler 40%	Fehler 100%

Tab. 5-1 Verfahren Lang und Lingenhel, Auswirkung einer Bestandeszunahme auf die Genauigkeit der Verbrauchsabschätzung

Der Strombezug für die Beleuchtung im Jahr 1996 wird mit der Methode zu 6'018 GWh berechnet. Vorschaltgeräte und Trafos für Niedervolt-Halogenlampen sind darin enthalten. Die Gesamtenergiestatistik für das Jahr 1997 gibt einen Wert von 5'947 GWh an, allerdings sind in dieser Zahl auch Fernmeldetechnik und Informatik enthalten (BFE 1997, S. 41). Die Gesamtenergiestatistik gibt auch Näherungswerte für die Aufteilung nach den verschiedenen Sektoren an. So wird der Anteil für Haushalte mit 30% oder 1'858 GWh beziffert⁹. In unserer Stromverbrauchserhebung für den *Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen (VSE)* haben wir diesen Anteil für das Jahr 2005 mit 1'760 GWh abgeschätzt (Grieder & Huser 2005a)

5.6 Lastganganalyse von Verteiltransformatoren

Die in den 90er-Jahren begonnene Lastganganalyse von Verteiltransformatoren ist kein tauglicher Ansatz für die Bestimmung des Strombezuges für die Beleuchtung. Bestehend an einem solchen Ansatz wäre die Tatsache, dass mit Messungen an einigen wenigen Verteiltransformatoren der Strombezug von mehreren tausend Haushalten erfasst werden kann. Die Identifikation der Beleuchtungsanteils ist aber schwerlich möglich. Die Urheber der Methode identifizieren mit der Analyse-Software zwar einen sogenannten Lichtblock, meinen damit aber in erster Linie den Stromanstieg am Abend. Vergleicht man aber die ebenfalls ausgewiesene Haushaltgrundkurve mit den zeitlichen Verläufen des Strombezuges für die Beleuchtung, wie sie in den EU-Messkampagnen gemessen wurden (Fig. 3-2), so liegt die Vermutung nahe, dass in dieser Grundkurve schon ein recht grosser Anteil der Beleuchtung versteckt ist.

Ein weiteres Hindernis liegt darin, dass die Aktivitäten im Zusammenhang mit dieser Methode völlig eingeschlafen sind. Die Methode wird von keinem Energieversorgungsunternehmen angewendet. Für die Reaktivierung wäre ein grosser Initialaufwand notwendig.

⁹ Gemäss mündlicher Aussage von Herr Dolecek vom Bundesamt für Statistik sind diese Angaben mit grossen Unsicherheiten behaftet und beruhen auf der so genannten Nutzenergiestatistik, die in den 70er Jahren aufgrund von Modellannahmen gestartet und ohne wesentliche Modellanpassungen bis in die 90er Jahre fortgeschrieben wurde.

6 Bewertung der Lösungsansätze

Die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Lösungsansätze werden nach folgenden Kriterien bewertet:

- Aufwand
- Zeitbedarf
- Genauigkeit der Resultate
- Weitere Plus- und Minuspunkte der Methode

Bei einigen Methoden wäre die Beteiligung mehrere Energieversorgungs-Unternehmen (EVU) wünschenswert. Es wird neben dem totalen Projektaufwand zusätzlich derjenige Anteil angegeben, der zwangsläufig durch das *Bundesamt für Energie (BFE)* zu decken wäre (Projektinitialisierung und Projektleitung, Auswertung, Bericht).

Eine Angabe zur Genauigkeit in Prozentzahlen ist ohne grössere Abklärungen zu jeder der vorgeschlagenen Methoden nicht möglich, daher wird die erwartete Genauigkeit in Worten ausgedrückt:

- Gut: keine grundlegenden systematischen Unsicherheiten. Die Genauigkeit dürfte im Bereich +/-25% liegen.
- Mittel: systematische Schwierigkeiten vorhanden, die aber mit entsprechender Systemkenntnis und / oder Erfahrungswerten abgefangen werden können. Fehler kann grösser als +/- 25% sein.
- Gering: systematische Schwierigkeiten, die sich voll im Resultat niederschlagen. Fehler kann mehr als +/-40% betragen.

In den Abschnitten 6.2 bis 6.6 werden die einzelnen Lösungsansätze im Detail bewertet. Abschnitt 6.1 enthält eine Zusammenfassung und eine abschliessende Empfehlung für das weitere Vorgehen.

6.1 Zusammenfassung und Empfehlung

In Tab. 6-1 sind die Bewertungskriterien zusammengefasst:

Lösungsansatz	Aufwand	Zeitbedarf	Genauigkeit	Weitere Plus-/Minuspunkte
Auswertung bestehender Datensätze	CHF 25'000.- Anteil BFE 100%	2 Monate	gut	3 Plus- 2 Minuspunkte
Neue Haushaltbefragung	CHF 70'000.- Anteil BFE 50%	1 Jahr	mittel	1 Plus- 2 Minuspunkte
Direkte Messung	CHF 196'000.- Anteil BFE 16%	1 ½ Jahre	gut	2 Plus- 1 Minuspunkt
Simulation	CHF 60'000.- Anteil BFE 60%	6 Monate	gering	keine
Lang & Lingenhel	CHF 45'000.- Anteil BFE 100%	3 Monate	mittel	2 Plus- 1 Minuspunkt

Tab. 6-1 Bewertung der Lösungsansätze

Der erste Ansatz, die Auswertung der bestehenden Datensätze, verspricht bei minimalem finanziellem Aufwand und Zeitbedarf eine gute Genauigkeit. Zudem überwiegen bei den weiteren, qualitativen Aspekten die Pluspunkte. Daher empfehlen wir diesen Ansatz zur Umsetzung.

Die Ergebnisse dieser Arbeit können mit den ursprünglichen Resultaten der VSE-Studie sowie mit den Nutzungs- und Verbrauchszahlen der EU-Studien in Bezug gesetzt werden. Sollten sich grosse Abweichungen ergeben, so kann die Modellrechnung in einem zweiten Schritt präzisiert und ergänzt werden durch:

- Eine Messserie in der Schweiz. Damit würden Unterschiede im Benutzerverhalten zwischen den verschiedenen EU-Ländern und der Schweiz eliminiert.
- Eine repräsentative Haushaltbefragung in der Schweiz. Damit würde die Einseitigkeit des VSE-Datensatzes eliminiert.

6.2 Auswertung bestehender Datensätze

Der Aufwand für die vorgeschlagene Kombination der Daten aus den EU-Studien und der VSE-Erhebung zu einem neuen Modell für die Beleuchtung wird mit ca. CHF 25'000.- angesetzt. Der Zeitbedarf für die Durchführung beträgt rund zwei Monate.

Die Umsetzung der Messungen in der EU auf schweizerische Verhältnisse, speziell der Resultate aus den vier Regionen Frankreichs, sollte ohne grössere Schwierigkeiten verbunden sein. Die resultierende Genauigkeit wird mit gut eingestuft.

Weitere Plus- und Minuspunkte:

- + Die Modellrechnung kann bei Bedarf jederzeit aktualisiert werden. Sie stellt nicht nur ein einmaliges, punktuelles Resultat zur Verfügung.
- + Das Modell kann mit einer Messkampagne in der Schweiz kombiniert werden.
- + Das Modell kann mit Daten einer erneuten Haushaltbefragung oder mit Daten einer erweiterten *Energybox*-Erhebung ergänzt werden.
- Das Haushalt-Los der VSE-Studie ist einseitig (ohne Westschweiz, Städte und Agglomerationen übervertreten).
- Grundlegende Unterschiede im Benutzerverhalten zwischen Frankreich und der Schweiz werden nicht erfasst.

6.3 Neue Haushaltbefragung

Die Bewertung wird für eine Erfassung im Sinne eines Beleuchtungstagebuches, wie unter 5.2 beschrieben, vorgenommen. Die Stichprobe sollte 50 bis 100 Haushalte umfassen. Eine Mitarbeit von Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) wäre von grossem Vorteil, weil diese über einen grossen Kundenstamm verfügen. Ohne eine solche Zusammenarbeit dürfte es schwierig sein, an geeignete Adressdatensätze zu gelangen. Auch bei der Instruktion der teilnehmenden Personen und bei der Erfassung der Lampenleistung in allen Haushalten würden die EVU über qualifiziertes Personal verfügen.

Der Aufwand wird mit ca. CHF 70'000.- veranschlagt, wovon die EVU rund 50% durch ihre Mitarbeitenden erbringen könnten. Der Zeitbedarf beträgt rund ein Jahr.

Die Genauigkeit hängt von der Gewissenhaftigkeit der Teilnehmer ab. Angesichts der sehr aufwändigen Erhebung wird die Genauigkeit eher mit mittel taxiert. Zudem hat nur schon die Tatsache des Erhebens einen Einfluss auf das Verhalten der Bewohner, sie werden eher darauf achten, das Licht nicht unnötig brennen zu lassen.

Weitere Plus- und Minuspunkte:

- + Es handelt sich um eine echte Erhebung in der Schweiz, allfällige Spezialitäten beim Benutzerverhalten in der Schweiz werden erfasst.
- Sehr aufwändige Erhebung. Es ist fraglich, ob genügend Haushalte für die Durchführung gewonnen werden können.
- Personen, die bei einem derart aufwändigem Projekt mitmachen, sind eher energiebewusst, ihr Verhalten ist nicht repräsentativ.

6.4 Direkte Messung

Der Aufwand wird für eine Messserie in drei Regionen der Schweiz bei einem Total von 60 Haushalten abgeschätzt. Bei rund 20 Beleuchtungspunkten pro Haushalt ergeben sich 1'200 Messpunkte. Die Kosten pro Messgerät werden mit CHF 80.- angesetzt.

Auch hier wäre eine Mitarbeit von mehreren Energieversorgern erwünscht. Im besten Fall würden die EVU auch die Anschaffung der Messgeräte übernehmen.

Es entsteht ein Aufwand von CHF 96'000.- für die Messausrüstung und rund 100'000.- für Arbeitsleistungen. Im besten Fall würden die EVU die Geräteanschaffung vollumfänglich übernehmen und auch bei der Installation der Messgeräte und dem Auslesen der Daten einen Grossteil der Arbeit übernehmen. Für das BFE bleibt in diesem Fall ein Anteil von CHF 32'000.-.

Bei sorgfältiger Auswahl der Haushalte sollten die Messungen repräsentativ für die Schweiz werden. Die Genauigkeit wird mit gut taxiert.

Weitere Plus- und Minuspunkte:

- + Es handelt sich um eine echte Erhebung in der Schweiz, allfällige Spezialitäten beim Benutzerverhalten in der Schweiz werden erfasst.
- + Die Resultate lassen sich mit der Modellrechnung gemäss Abschnitt 5.1 kombinieren und ermöglichen so eine noch genauere Hochrechnung auf die ganze Schweiz.
- Die Kosten für die Messgeräte und deren Installation sind sehr hoch, dies stellt ein Hindernis für die Beteiligung von Projektpartnern (EVUs) dar.

6.5 Simulation

Ohne grössere Software-Entwicklung kommt für eine Simulation nur das *etool Licht* in Frage. Der Hauptaufwand liegt bei der Erhebung von Gebäudedaten für ein repräsentatives Los von Wohnungen. Es wird wieder mit einer Losgrösse von 60 Haushalten gerechnet.

Eine Mitarbeit von mehreren EVUs wäre auch hier von Vorteil, um an geeignete Adressen zu gelangen und für eine kompetente Erfassung der installierten Leuchten und Lampen.

Der Aufwand wird mit CHF 60'000.- veranschlagt. Die Modellierung mit dem *etool Licht* müsste wohl von einem Ingenieurbüro durchgeführt werden und wird in den Anteil des BFE eingerechnet. Es ergeben sich Kosten für das BFE von CHF 37'000.-.

Bezüglich der Genauigkeit gibt es bei diesem Lösungsansatz grosse Fragezeichen. Die Software geht von Standardnutzungszeiten für die Räume aus, die tatsächliche Nutzungszeit von Wohnräumen hängt aber sehr stark vom individuellen Verhalten der Benutzer ab. Auch kann von den Nutzungszeiten der Räume nicht zwangsläufig auf die Betriebsstunden der Beleuchtung geschlossen werden. Auch hier haben die Benutzer einen entscheidenden Einfluss, ob z. B. das Licht in unbenutzten Räumen konsequent gelöscht wird oder nicht. Die Genauigkeit wird daher mit gering bewertet.

6.6 Lang und Lingenhel

Ausschlaggebend für Genauigkeit und Aufwand dieser Methode sind Qualität und Verfügbarkeit der Verkaufszahlen. Wir gehen davon aus, dass mit den Daten des Marktforschungsinstitutes *IHA-GfK* eine gute Abgrenzung zwischen den Verkäufen für Privathaushalte und für den Nichthaushalt-Bereich möglich ist. Beim Aufwand werden die Kosten für die entsprechende Auswertung der *IHA-GfK* mit einberechnet.

Störend sind bei diesem Ansatz allerdings Veränderungen am Lampenbestand. Daher wird die Genauigkeit mit mittel angesetzt.

Weitere Plus- und Minuspunkte:

- + Der Ansatz ermöglicht eine direkte Berechnung des Strombezuges für die Beleuchtung ohne Umweg über Bestandeszahlen und Nutzungszeiten.
- + Die Berechnung kann jährlich wiederholt werden, möglicherweise mit Daten aus einer Erhebung der Energie-Agentur-Elektrogeräte (eae). Die Kosten für die Datenbeschaffung würden dann wegfallen.
- Um trotzdem Zahlen zur Nutzungszeit der Lampen zu erhalten, müssten die gewonnenen Verbrauchszahlen mit Bestandeszahlen aus anderen Quellen (z.B. VSE-Erhebung) kombiniert werden. Eine derartige Kombination von Daten aus Berechnungen mit einem völlig unterschiedlichen Ansatz kann zu beträchtlichen Fehlern führen.

7 Modellrechnung

7.1 Datenbasis

Als Basis für die Modellierung stehen die zwei Studien der Firma *Enertech* aus den Jahren 2002 und 2004 zur Verfügung (Eureco 2002 und Enertech 2004). In der ersten Studie wurden je 100 Haushalte aus den Ländern Dänemark, Griechenland, Italien und Portugal untersucht. Das Interesse galt allen Strombezügern im Haushalt, nicht nur der Beleuchtung. Die Messdauer betrug nur einen Monat pro Haushalt. Dadurch ergeben sich, gerade bei der Beleuchtung, zwangsläufig Ungenauigkeiten. Speziell der Strombezug pro Haushalt kann nicht aus der Messung über einen Monat auf ein Jahr hochgerechnet werden, die Unterschiede zwischen Sommer und Winter sind zu gross. Erst bei der Mittelwertbildung über alle gemessenen Haushalte wird dieser Mangel ausgeglichen.

Die zweite Arbeit umfasst 100 Haushalte in Frankreich. Es wurde ausschliesslich die Beleuchtung untersucht, dafür mit grösserer Genauigkeit. Die Messdauer betrug bei jedem Haushalt ein vollständiges Kalenderjahr, dadurch sind auch die Verbrauchswerte pro Haushalt aussagekräftig, nicht erst die Mittelwertbildung über das ganze Los. Die Messungen wurden in vier verschiedenen Regionen Frankreichs durchgeführt (Nordosten, Nordwesten, Südosten und Südwesten). Die Schweiz liegt in Nord-Süd-Richtung ziemlich genau in der Mitte der Messorte, in der Ost-West-Richtung liegt Bern auf dem gleichen Längengrad, wie die zwei westlichen Messorte (Strassburg und Nizza). Bezüglich der geografischen Lage sollten die Messresultate recht gut auf die Schweiz übertragbar sein.

Aus den oben erwähnten Überlegungen stützen wir uns für die Modellbildung ausschliesslich auf die Daten der zweiten Studie ab.

7.2 Modellbildung

Die *Enertech*-Studie (Enertech 2004) enthält die folgenden Auswertungen:

- Anzahl Leuchten¹⁰ pro Haushalt, Durchschnitt 18,9
- Anzahl Lampen pro Haushalt, Durchschnitt 28,3
- Anzahl Lampen pro Lampentyp: Glühlampe (GL), Niedervolt-Halogenlampe (NV-H), Hochvolt-Halogenlampe (HV-H), Sparlampe (SL), Fluoreszenzröhre (FL)

¹⁰ Das eigentliche Leuchtmittel, d.h. die Glühlampe, Sparlampe, Leuchtstoffröhre, etc. wird in der Fachsprache als Lampe bezeichnet. Die Halterung dazu, z.B. eine Pendelleuchte, Wandleuchte, Nachttischleuchte, wird als Leuchte bezeichnet. Umgangssprachlich spricht man oft von Lampe, wenn die Leuchte gemeint ist (Nachttischlampe, Deckenlampe etc.) Wir verwenden hier die Fachbegriffe.

- Anzahl Lampen pro Lampentyp und pro Zimmertyp (Wohn-/Esszimmer, Schlafzimmer, Küche, Bad/WC, Büro, Eingang/Treppen/Korridor, Nebenräume, Aussenbereich/Garage)
- installierte Lampenleistung pro Wohnung
- installierte Lampenleistung pro Lampentyp und pro Zimmertyp
- statistische Verteilung der Lampenleistungen pro Lampentyp (z.B. Häufigkeit von Glühlampen 40 Watt, 60 Watt, 75 Watt und höher)
- jährlicher Strombezug für die Beleuchtung pro Haushalt
- jährlicher Strombezug pro Lampentyp und pro Zimmertyp
- mittlerer täglicher Lastverlauf der Beleuchtung für die vier Regionen (Stundenbasis)
- mittlerer täglicher Lastverlauf der Beleuchtung pro Zimmertyp (Stundenbasis)
- Nutzungsstunden der drei wichtigsten Leuchten pro Zimmertyp und pro Lampentyp.

Sowohl *Energybox*, wie auch die *VSE-Studie* liefern ausführliche Daten zum Typ und zur Anzahl Lampen pro Wohnung. Für eine zuverlässige Hochrechnung auf den Strombezug der Beleuchtung fehlen die Angaben zur Leistung und zu den Nutzungsstunden der Lampen. Diese Daten sind in der *Ener-tech-Studie* sehr detailliert erhoben worden, allerdings für Frankreich. In Ermangelung von entsprechendem Datenmaterial für die Schweiz schlagen wir für die Modellierung eine Kombination der Anzahl Lampen aus der *VSE-Studie* mit den Leistungsangaben und Nutzungszeiten aus der *Ener-tech-Studie* vor.

Quantitative Aussagen zu allfälligen Unterschieden bei den Nutzungszeiten und Nennleistungen zwischen Frankreich und der Schweiz sind nicht möglich, da entsprechende Erhebungen in der Schweiz fehlen. Wo wir im Verlauf der Modellbildung auf mögliche Unterschiede gestossen sind, sind diese mit einer kurzen qualitativen Bemerkung im Text erwähnt.

Sollte in Zukunft eine Messkampagne in der Schweiz durchgeführt werden, so kann das Modell mit den Ergebnissen dieser Messungen präzisiert werden. Der Berechnungsgang muss nicht verändert werden, es genügt, die neuen Messwerte als Basis in die verwendeten Tabellen einzutragen.

Zusätzlich sollen die Resultate des Modells mit den Daten der *VSE-Studie* und der *Energybox* vergleichbar sein. Beide Arbeiten verwenden eine Einteilung der Haushalte in sechs Kategorien. Zuerst wird nach Ein- und Mehrfamilienhäusern unterschieden und anschliessend nach Haushaltsgrösse. Die *VSE-Studie* bezieht sich dabei auf die Anzahl Bewohner, die *Energybox* auf die Anzahl Zimmer. Für die Beleuchtung erscheint uns der zweite Ansatz zweckmässiger. Beide Arbeiten haben gezeigt, dass eine wichtige Verbrauchskomponente, nämlich die Anzahl Lampen eines Haushaltes in erster Linie von der Anzahl Zimmer abhängt. Die Anzahl der Bewohner hat sicher einen Einfluss auf die Nutzungszeiten, wir gehen aber davon aus, dass sich dieser Einfluss mit einem prozentualen Zuschlag berücksichtigen lässt. In einem ersten Schritt haben wir für die Modellierung die gleiche Haushaltseinteilung, wie die *Energybox* verwendet. Ein Vergleich mit statistischen Daten für die Gesamtschweiz zeigt jedoch, dass die Grenze bei den Einfamilienhäusern anders gezogen werden sollte. Mit der Einteilung gemäss *Energybox* fallen fast alle Einfamilienhäuser in die gleiche Kategorie. Wir haben daher die Grenze modifiziert und bei 5½ anstatt 3½ Zimmer gezogen.

Von der *VSE-Studie* wurde den Autoren der vollständige Datensatz zur Verfügung gestellt, sodass alle benötigten Auswertungen auch mit dieser neuen Haushaltseinteilung erstellt werden konnten.

Haushalteinteilung	gemäss <i>Energybox</i>	und modifiziert:
• Mehrfamilienhaus	1 bis 1 ½ Zimmer	
• Mehrfamilienhaus	2 bis 2 ½ Zimmer	
• Mehrfamilienhaus	3 bis 3 ½ Zimmer	
• Mehrfamilienhaus	4 und mehr Zimmer	

- Einfamilienhaus bis 3 ½ Zimmer bis 5 ½
- Einfamilienhaus 4 und mehr Zimmer 6 und mehr Zimmer

Die Modellierung selbst erfolgt in drei Schritten, die in den folgenden Abschnitten beschrieben sind.

7.3 Komplexes Modell für Frankreich

Im ersten Schritt wird ein Modell entwickelt, das die Resultate der *Enertech*-Studie für Frankreich möglichst genau abbildet.

Die Studie enthält diverse Angaben pro Zimmertyp. Dabei wird unterschieden zwischen Küche, Wohn-/Esszimmer, Schlafzimmer, Bad/WC, Eingangsbereich/Treppen/Korridore, Büro, Nebenräume und Aussenbereich/Garage.

Zuerst ordnen wird jeder Haushaltskategorie eine typische Konfiguration von Zimmern zu (vgl. Tab. 7-1). Diese erste Zuordnung ist nicht empirisch abgestützt und erfolgt nach bestem Allgemeinwissen, die *Enertech*-Studie liefert dazu keine Angaben. Dazu einige Erläuterungen:

- Bei den 1 bis 1 ½ Zimmerwohnungen wird das eigentliche Wohnzimmer auf die Anwendungen „Wohn-/Esszimmer“ und „Schlafzimmer“ anteilmässig aufgeteilt.
- Bei den kleinen Wohnungen wird die Küche mit 70% gewichtet.
- Die Anteile für Bad und WC werden entsprechend der Wohnungsgrösse sukzessive erhöht.
- Büro und Nebenräume werden nur bei den grösseren Wohnungen eingesetzt, wobei das Büro als Zimmer zählt, die Nebenräume nicht.
- Bei den Einfamilienhäusern wird der Aussenbereich voll gewichtet, bei den grossen Wohnungen in Mehrfamilienhäusern zu 20%.

Haushaltstyp	Haustyp	Anz. Zimmer	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
1	MFH	1-1,5 Zi	0.7	0.7	0.3	0.7	0.5	0	0	0
2	MFH	2-2,5 Zi	0.7	1	1	1	0.5	0	0	0
3	MFH	3-3,5 Zi	1	1	2	1	0.7	0	0.5	0
4	MFH	>=4 Zi	1	2	2	1.5	0.7	0.5	0.5	0.2
5	EFH	<=5,5 Zi	1	1.5	2	1	1	0.5	1	1
6	EFH	>=6 Zi	1	2.5	3	2	1	1	1	1

Tab. 7-1 Zuordnung von Zimmern zu den Haushaltskategorien

Mit den Angaben der *Enertech*-Studie kann jedem Zimmer die korrekte Anzahl Lampen pro Lampentyp zugeordnet werden. Diese Zuordnung richtet sich streng nach den Auswertungen der *Enertech*-Studie, ist also empirisch abgesichert. Die Zuordnung ist in Tab. 7-2 dargestellt. Aus dieser Zuordnung ergibt sich eine Anzahl Lampen pro Zimmertyp, Lampentyp und Haushaltstyp (vgl. Anhang 3a).

Hinweis: Die Tabellen in den Anhängen 3 und 4 beziehen sich immer auf die Summe aller gleichzeitig genutzten Zimmer einer Wohnung. Beim Haushaltstyp 6 bedeutet eine Anzahl von 8,1 Lampen in der Spalte Schlafzimmer, dass in den drei Schlafzimmern, die diesem Haushaltstyp zugeordnet werden, zusammen 8,1 Glühlampen im Einsatz sind.

Lampentyp	Küche	Wohn- /Ess- zimmer	Schlaf- zimmer	Bad/WC	Eingang/ Treppen/ Korridor	Büro	Nebenräu- me	Aussen- bereich/ Garage
Glühlampe	1.0	3.1	1.7	2.0	2.1	0.8	1.0	2.0
NV-Halogen	1.1	1.2	0.5	1.1	0.7	0.3	0.0	0.0
Sparlampe	0.4	1.0	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2	0.2
HV-Halogen	0.3	0.8	0.2	0.3	0.2	0.3	0.0	0.2
FL	0.4	0.1	0.0	0.2	0.2	0.0	1.0	1.0
Total	3.2	6.2	2.7	3.8	3.7	1.7	2.2	3.3

Tab. 7-2 Zuordnung von Lampen zu Zimmern (eigene Berechnung basierend auf Enertech 2004)

Wiederum mit Angaben aus der *Enertech*-Studie kann jeder Lampe eine Leistung zugeordnet werden. Auch diese Zuordnung ist also empirisch abgesichert, allerdings mussten gewisse Korrekturen vorgenommen werden, weil die Daten nicht direkt in dieser Form veröffentlicht sind. Am Beispiel einer Fluoreszenzlampe in der Küche haben wir diese Angaben wie folgt berechnet:

- Mittelwert Anzahl Lampen in der Küche (explizit veröffentlicht) 3,2
- Anteil Fluoreszenzlampen in der Küche (aus Grafik abgelesen) 14%

Daraus ergibt sich die mittlere Anzahl Fluoreszenzlampen in der Küche zu 0,45.

- Mittelwert der installierten Lampenleistung in der Küche 148 W (explizit veröffentlicht)
- Anteil der Fluoreszenzlampen an der installierten Leistung in der Küche 5% (aus Grafik abgelesen)

Somit beträgt die mittlere Leistung aller in einer Küche installierten Fluoreszenzlampen 7,4 W oder bei 0,45 installierten Fluoreszenzlampen pro Küche 16,5 W pro Lampe.

Durch die Ablesung aus der Grafik entstehen gewisse Ungenauigkeiten bei den Prozentwerten, die sich bei der Division (Leistung pro Lampe) noch verstärken. Speziell bei den verbrauchsarmen Lampen mit kleinen Prozentwerten ist dieser Effekt ausgeprägt.

Die Ergebnisse dieses Berechnungsschrittes wurden punktuell korrigiert, wo ein Resultat nicht plausibel erschien und sich stark auf den Verbrauch auswirkt. Um möglichst wenig von den direkt erfassten Daten abzuweichen, wurden nur wenig Werte verändert, auch wenn noch weitere Leistungen angezweifelt werden können (z.B. Fluoreszenzlampe im Eingang mit 5 Watt).

Die direkten Resultate der Berechnung sind in der Tab. 7-3 enthalten, die korrigierten Werte in Tab. 7-4. Die resultierenden Leistungen pro Wohnungs- und Zimmertyp sind im Anhang 3b dargestellt.

Lampentyp	Küche	Wohn- /Esszimmer	Schlaf- zimmer	Bad/WC	Eingang/ Treppen/ Korridor	Büro	Nebenräume	Aussen- bereich/ Garage
Glühlampe	93 W	69 W	64 W	78 W	72 W	94 W	60 W	60 W
NV-Halogen	24 W	11 W	15 W	26 W	23 W	19 W	20 W	35 W
Sparlampe	10 W	14 W	5 W	11 W	9 W	13 W	11 W	15 W
HV-Halogen	77 W	265 W	137 W	47 W	70 W	383 W	200 W	400 W
FL	17 W	0 W	0 W	11 W	5 W	114 W	35 W	55 W

Tab. 7-3 Zuordnung von Leistungen zu den Lampen- und Zimmertypen (eigene Berechnung basierend auf Enertech 2004)

Lampentyp	Küche	Wohn- /Esszimmer	Schlaf- zimmer	Bad/WC	Eingang/ Treppen/ Korridor	Büro	Nebenräume	Aussen- bereich/ Garage
Glühlampe	75 W	60 W	60 W	75 W	72 W	75 W	60 W	60 W
NV-Halogen	24 W	11 W	15 W	26 W	23 W	19 W	20 W	35 W
Sparlampe	10 W	14 W	5 W	11 W	9 W	13 W	11 W	15 W
HV-Halogen	77 W	265 W	137 W	47 W	70 W	383 W	200 W	400 W
FL	17 W	0 W	0 W	35 W	5 W	35 W	35 W	55 W

Tab. 7-4 Korrigierte Lampenleistungen (eigene Berechnung basierend auf Enertech 2004)

Anschliessend wurde jeder Lampe eine Nutzungszeit zugeordnet. Die *Enertech*-Studie enthält detaillierte Angaben zur Brenndauer pro Lampentyp und pro Zimmertyp (vgl. Tab. 7-6). Gemäss dieser Auswertung werden die unterschiedlichen Lampen eines Zimmers nicht gleich genutzt. So brennen z. B. Sparlampen und Leuchtstoffröhren durchwegs länger als Glühlampen im gleichen Zimmertyp. Auch diese Zuordnung ist somit empirisch durch Messungen der *Enertech* abgestützt. Für Büro, Nebenräume und den Aussenbereich sind die Nutzungszeiten nicht detailliert pro Lampentyp ausgewiesen.

Die *Enertech*-Studie dokumentiert keine Abhängigkeit der Nutzungsdauer von der Anzahl Bewohner. Eine grössere Anzahl Bewohner dürfte die Nutzungsdauer der Beleuchtung erhöhen, die Erhöhung wird aber nicht proportional zur Anzahl Bewohner steigen (doppelte Anzahl Personen verursacht doppelte Nutzungszeit). Häufig werden sich mehrere Personen im gleichen Zimmer aufhalten, ein Effekt, der sich bei einer grossen Anzahl von Bewohnern noch verstärkt. Um diesen Effekt im Modell ebenfalls zu berücksichtigen, schlagen wir eine einfache Korrektur vor, die auf den Daten der *VSE*-Studie beruht. In diesem Datensatz beträgt die mittlere Anzahl Personen pro Haushalt 2,3 (in der Schweiz). Kleine Wohnungen haben im Schnitt 1,1 bis 1,2 Bewohner, grosse Haushalte 2,7 bis 2,9.

Eine Korrektur, die sich bei wenigen Personen stark auswirkt und bei vielen Personen abschwächt, stellt z.B. eine Wurzelfunktion dar. Wir schlagen zur Berücksichtigung der Personenbelegung daher eine Gewichtung der Nutzungsstunden mit der Quadratwurzel aus der mittleren Anzahl Bewohner pro Wohnungstyp gemäss Tab. 7-5 vor. Es muss allerdings bemerkt werden, dass diese Korrektur theoretischer Natur ist und durch keine Untersuchung abgesichert ist.

Die resultierenden Nutzungsstunden sind im Anhang 3c dokumentiert.

Haushaltstyp	Mittlere Anzahl Bewohner gem. Enertech-Studie	Verhältnis der Bewohnerzahl zum Mittelwert	Reduktions- oder Erhöhungsfaktor
1	1.7	0.60	78%
2	1.9	0.67	82%
3	3.2	1.17	108%
4	3.7	1.33	115%
5	3.0	1.10	105%
6	3.6	1.31	115%
alle	2.8	1.00	100%

Tab. 7-5 Einfluss der Personenzahl auf die Nutzungsdauer

Lampentyp	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	435 h	350 h	215 h	205 h	200 h	50 h	115 h	100 h
NV-Halogen	390 h	485 h	210 h	175 h	325 h	50 h	115 h	100 h
Sparlampe	840 h	645 h	475 h	365 h	545 h	50 h	115 h	100 h
HV-Halogen	190 h	445 h	105 h	215 h	0 h	50 h	115 h	100 h
FL	525 h	0 h	0 h	210 h	0 h	50 h	115 h	100 h

Tab. 7-6 Zuordnung von Nutzungsstunden zu den Lampen (eigene Berechnung basierend auf *Enertech* 2004)

Mit diesen Angaben kann nun der jährliche Strombezug pro Lampentyp, Zimmertyp und Haushaltstyp berechnet werden (vgl. Anhang 3d).

In der *Enertech*-Studie werden die Haushalte nicht in Typen eingeteilt. Die Anzahl Lampen, installierte Leistung und der Verbrauch werden nur im Mittel aller Haushalte ausgewiesen. In Tab. 7-7 haben wir

trotzdem Werte für die sechs Haushaltstypen ausgewiesen. Vergleichswerte aus der Studie sind nur für das Total aller 100 Haushalte verfügbar.

Die Mittelwerte über alle Haushalte zeigen eine gute Übereinstimmung bei der Anzahl Lampen und der installierten Leistung. Der Verbrauch wird durch die Modellrechnung um 20% zu hoch wiedergegeben (vgl. Tab. 7-7).

Haushaltstyp	Haustyp	Anz. Zimmer	Anz. HH (Enertech Studie)	Modellwerte		
				Anz. Lampen	installierte Leistung	Verbrauch
1	MFH	1-1,5 Zi	15	11.9	666 W	167 kWh
2	MFH	2-2,5 Zi	14	16.8	950 W	245 kWh
3	MFH	3-3,5 Zi	13	22.3	1'212 W	384 kWh
4	MFH	>=4 Zi	3	31.9	1'875 W	637 kWh
5	EFH	<=3,5 Zi	47	31.8	1'863 W	513 kWh
6	EFH	>=4 Zi	8	45.3	2'714 W	843 kWh
Mittelwerte Modell			100	26.5	1'539 W	437 kWh
Mittelwerte Enertech-Studie				28.3	1'578 W	365 kWh
Abweichung				-6%	-2%	20%

Tab. 7-7 Vergleich Modell und Enertech-Studie (eigene Berechnung basierend auf Enertech 2004)

7.4 Vereinfachtes Modell für Frankreich

Zur weiteren Verwendung und zur Anpassung an die Schweiz ist dieses Modell zu aufwändig. Im zweiten Schritt wird daher ein vereinfachtes Modell erarbeitet, das sich auf die drei wichtigsten Lampentypen pro Zimmer beschränkt.

Zunächst werden pro Zimmertyp zwei bis maximal drei Lampentypen identifiziert, die für den Grossteil des Strombezuges verantwortlich sind (vgl. Tab. 7-8).

Lampentyp	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	GL	HV-H	GL	GL	GL	HV-H	GL	GL
Lampentyp 2	NV-H	GL	HV-H	NV-H	NV-H	GL	FL	HV-H
Lampentyp 3	HV-H	SL	NV-H	HV-H	SL			FL

Tab. 7-8 Identifikation der verbrauchsintensivsten Lampentypen pro Zimmertyp (eigene Berechnung basierend auf Enertech 2004)

Diesen Lampentypen wird eine Anzahl Lampen zugeordnet, die sich wieder nach der Tab. 7-2 richtet. Kombiniert mit den Leistungen nach Tab. 7-3 ergibt sich die installierte Leistung pro Zimmertyp und mit den Nutzungsstunden von Tab. 7-6 der Strombezug pro Lampentyp, Zimmertyp und Haushaltstyp.

Hinweis: auch hier bezieht sich die Anzahl Lampen auf die Gesamtheit aller gleichartigen Zimmer einer Wohnung, bei grossen Wohnungen also auf alle Schlafzimmer oder Wohn- und Esszimmer der Wohnung.

Dieses vereinfachte Modell liefert im Wesentlichen die gleichen Resultate, wie das aufwändigere Modell. Durch die Beschränkung auf maximal drei Lampentypen pro Zimmer wird die Anzahl der Lampen deutlich zu tief. Weil aber in erster Linie verbrauchsarme Lampen weggelassen, verändern sich die installierte Leistung und der Verbrauch nur um 3% bis 4% (vgl. Tab. 7-9).

Mit dem vereinfachten Modell kann also der Strombezug für die Beleuchtung gut modelliert werden, die Anzahl Lampen wird naturgemäss zu klein modelliert.

Haushalt- typ	Haustyp	Anz. Zimmer	Anz. HH (Enertech Studie)	Modellwerte		
				Anz. Lampen	installierte Leistung	Verbrauch
1	MFH	1-1,5 Zi	15	10.10	659 W	165 kWh
2	MFH	2-2,5 Zi	14	14.20	920 W	236 kWh
3	MFH	3-3,5 Zi	13	18.90	1'174 W	370 kWh
4	MFH	>=4 Zi	3	26.70	1'789 W	620 kWh
5	EFH	<=3,5 Zi	47	27.00	1'802 W	496 kWh
6	EFH	>=4 Zi	8	38.30	2'650 W	816 kWh
Mittelwerte vereinfachtes Modell			100	22.52	1'493 W	423 kWh
Mittelwerte Enertech-Studie				28.30	1'578 W	365 kWh
Abweichung				-20%	-5%	16%

Tab. 7-9 Vergleich vereinfachtes Modell und Enertech-Studie (eigene Berechnung basierend auf Enertech 2004)

7.5 Anpassung an die Schweiz

Ein Vergleich der Anzahl Lampen, wie sie von *Enertech* für Frankreich und von der VSE-Studie für die Schweiz angegeben wird, zeigt deutliche Unterschiede (vgl. Tab. 7-10):

- Die durchschnittliche Anzahl Lampen ist bei *Enertech* um 6% höher, als bei der VSE-Studie.
- Der Anteil Niedervolt-Halogenlampen ist in der Schweiz deutlich höher, als in Frankreich.
- Der Anteil Leuchtstoffröhren ist ebenfalls deutlich höher.
- Entsprechend geringer ist der Anteil Glühlampen.

Die erste dieser Aussagen erachten wir nicht als signifikanten Unterschied zwischen Frankreich und der Schweiz. Es ist sehr wahrscheinlich, dass bei der VSE-Erhebung die Befragten jeweils einige Lampen vergessen haben. Der Text der *Enertech*-Studie legt dagegen nahe, dass dort sehr gewissenhaft jede einzelne Lampe erfasst wurde. Somit dürfte die mittlere Anzahl Lampen pro Haushalt in Frankreich und der Schweiz weitgehend identisch sein.

Die Abweichungen bei den Lampentypen sind dagegen durch die zwei Erhebungen (*Enertech* und VSE) sowohl qualitativ, wie auch quantitativ belegt und müssen bei der Anpassung des Modells an die Schweiz berücksichtigt werden.

Lampentyp	Enertech-Studie		VSE-Studie	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
GL	19.5	69%	13.9	53%
NV-H	3.6	13%	5.9	23%
HV-H	1.7	6%	1.4	6%
SL	2.3	8%	1.7	6%
FL	1.3	5%	3.1	12%
total	28.4	100%	26.0	100%

Tab. 7-10 Vergleich Anzahl Lampen pro Typ für Frankreich (*Enertech* 2004) und die Schweiz (*Grieder/Huser* 2005a)

In diesem Sinn wurde nun das vereinfachte Modell auf die Schweiz adaptiert. Die einzige Veränderung liegt darin, dass bei der Zuordnung der drei verbrauchsrelevantesten Lampentypen pro Zimmertyp einige Korrekturen gemacht wurden (vgl. Tab. 7-8 und Tab. 7-11). Diese Korrekturen sind wiederum theoretischer Art und können nicht auf eine Erhebung abgestützt werden. Sie erfolgen nach bestem Fachwissen und mit dem Ziel, dass die resultierende Anzahl Lampen pro Lampentyp und Haushaltstyp möglichst genau mit den Resultaten der VSE-Studie übereinstimmt.

Lampentypen	Küche	Wohn-/Ess- zimmer	Schlaf- zimmer	Bad/WC	Eingang/ Treppen/ Korridor	Büro	Neben- räume	Aussen- bereich/ Garage
Lampentypen 1	GL	HV-H	GL	GL	GL	FL	GL	GL
Lampentypen 2	NV-H	GL		NV-H	NV-H	GL	FL	
Lampentypen 3	FL	SL	NV-H	FL				FL

Tab. 7-11 Zuordnung der wichtigsten Lampentypen zu den Zimmertypen, adaptiert auf die Schweiz

Anschliessend wurde das Modell noch einmal vereinfacht, indem die Anzahl Lampen pro Zimmertyp auf ganzzahlige Werte korrigiert wurde. Korrekte Durchschnittswerte sind für die Schweiz nicht verfügbar, so erscheint dieser Schritt vertretbar und führt zu anschaulicheren Daten. Die ganzzahligen Werte können nun als typische Werte für die jeweiligen Lampen- und Zimmertypen betrachtet werden.

Beim Übergang vom komplexen auf das einfache Modell für Frankreich verringert sich die Anzahl Lampen um rund 15%, weil pro Zimmertyp nur noch diejenigen Lampentypen berücksichtigt wurden, die für den Strombezug von Bedeutung sind. Für die Anpassung des Modells an die Schweiz wurde die Anzahl Lampen aus der VSE-Studie übernommen. Dies in der Meinung, dass bei der VSE-Erhebung die weniger relevanten Lampen jeweils vergessen wurden. Die Anzahl Lampen der VSE-Erhebung kann nach dieser Beurteilung direkt mit der Anzahl Lampen des vereinfachten Modells für Frankreich verglichen werden. Damit ergibt sich im Schnitt eine Anzahl Lampen für das vereinfachte Modell für die Schweiz von 25,1 Lampen und 24,4 Lampen für das vereinfachte Modell für Frankreich.

Im nächsten Schritt wurden die Leistung und Nutzungsstunden für die veränderten Lampentypen wieder aus der *Enertech*-Studie übernommen. Diese Daten gelten folgerichtig für Frankreich und werden, in Ermangelung anderer Quellen, ohne Veränderung für die Schweiz übernommen.

Bei den Nutzungszeiten wurde eine weitere Korrektur notwendig, die sich aus einer Bemerkung im *Enertech*-Bericht ergibt (*Enertech* 2004, S. 43): gemäss Angaben der Autoren muss der mittlere Energiebezug bedingt durch Messfehler um 3,1% erhöht werden. Einige Messgeräte wurden von den Bewohnern entfernt, einige optische Aufnehmer wurden wegen falscher Platzierung von der Hitze der Lampe beschädigt, usw. Alle diese Messfehler wirken sich auf die durchschnittliche Lampenbrenndauer aus. Daher wurden die Nutzungszeiten um rund 3% erhöht.

Lampentyp	Küche	Wohn- /Ess- zimmer	Schlaf- zimmer	Bade- zimmer/ WC	Eingang/ Korridor	Büro	Nebenräu- me	Aussen- bereich/G- arage
Glühlampen	445 h	360 h	220 h	215 h	205 h	50	120	105
NV-Halogen	400 h	500 h	215 h	180 h	335 h	50	120	105
Sparlampen	865 h	660 h	490 h	375 h	560 h	50	120	105
HV-Halogen	195 h	460 h	145 h	220 h	0 h	50	120	105
FL-Röhren	540 h	0 h	0 h	215 h	0 h	50	120	105

Tab. 7-12 Korrigierte Nutzungsstunden der Lampen (eigene Berechnung basierend auf *Enertech* 2004)

Die vollständigen Tabellen des, auf die Schweiz angepassten, vereinfachten Modells, sind im Anhang 4 dokumentiert.

7.6 Resultate

7.6.1 Strombezug für Beleuchtung in Haushalten

Das Modell liefert eine Schätzung des Strombezuges für die Beleuchtung für sechs verschiedene Haushaltstypen in der Schweiz. Die Tab. 7-13 zeigt einen Vergleich der Modellwerte mit den Resultaten aus der VSE-Studie von 2005. Das Modell liefert für alle Haushaltstypen tiefere Verbrauchswerte, die Abweichungen liegen zwischen 7% und 36%. Im Mittel der 1'187 Haushalte beträgt die Abweichung 20%.

Haushaltstyp	Haustyp	Anz. Zimmer	Anz. HH VSE	Verbrauch		Abweichung
				neues Modell	VSE-Studie	
1	MFH	1-1,5 Zi	26	169 kWh	204 kWh	-17%
2	MFH	2-2,5 Zi	126	211 kWh	327 kWh	-36%
3	MFH	3-3,5 Zi	296	282 kWh	388 kWh	-27%
4	MFH	>=4 Zi	377	468 kWh	605 kWh	-23%
5	EFH	<=5,5 Zi	232	642 kWh	777 kWh	-17%
6	EFH	>=6 Zi	130	1'014 kWh	1'089 kWh	-7%
gewichteter Mittelwert				482 kWh	599 kWh	-20%

Tab. 7-13 Jährlicher Strombezug für die Beleuchtung für sechs Haushaltstypen, Vergleich des neuen Modells mit den Resultaten der VSE-Studie¹¹

Für das Los der 1'200 Haushalte der VSE-Studie ergibt das Modell einen durchschnittlichen Verbrauch von **482 kWh pro Haushalt**. Hochgerechnet auf 3'245'900 Haushalte im Jahr 2006 erhält man **1'563 GWh** für den jährlichen Strombezug der Haushalte für Beleuchtung (vgl. Tab. 7-14). Diese Zahl entspricht **8,8% des Haushaltstrombezuges** von 17'702 GWh, ebenfalls für das Jahr 2006.

Haushaltstyp	Haustyp	Anz. Zimmer	Anz. HH	Verbrauch	
				pro Haushalt	pro Haushalts-typ
1	MFH	1-1,5 Zi	26	169 kWh	4'396 kWh
2	MFH	2-2,5 Zi	126	211 kWh	26'547 kWh
3	MFH	3-3,5 Zi	296	282 kWh	83'575 kWh
4	MFH	>=4 Zi	377	468 kWh	176'324 kWh
5	EFH	<=5,5 Zi	232	642 kWh	148'898 kWh
6	EFH	>=6 Zi	130	1'014 kWh	131'874 kWh
total			1'187		571'613 kWh
Mittelwert					482 kWh
Hochrechnung CH			3'245'900		1'563 GWh

Tab. 7-14 Hochrechnung des Verbrauches auf die Schweiz, neues Modell

In der VSE-Studie von 2005 wurde der Beleuchtungsanteil mit 14% (genauer 13,6%) des Haushaltstrombezuges ohne Elektroheizungen und Wärmepumpen beziffert. Auf das Jahr 2006 bezogen sieht diese Berechnung wie folgt aus:

¹¹ Die Gewichtung erfolgt anhand der Anzahl Haushalte pro Haushaltstyp, je mehr Haushalte eines Typs im Los der 1'187 Haushalte vertreten sind, umso stärker geht der Verbrauch dieses Typs in den Mittelwert ein (die Typen 3 und 4 zählen stark, der Typ 1 nur schwach). Drei Haushalte waren bei der Auswertung der VSE-Daten seinerzeit gestrichen worden, weil die Angaben nicht plausibel waren.

- | | |
|--|------------|
| • Haushaltstrombezug gemäss Elektrizitätsstatistik BFE | 17'702 GWh |
| • Anteil für Gebäudeheizung (Hofer 2007) | 3'701 GWh |
| • Haushaltstrombezug ohne Gebäudeheizung | 14'001 GWh |

Gemäss dieser Berechnung ergibt das neue Modelle einen Anteil der Beleuchtung am **Haushaltstrombezug ohne Gebäudeheizung** von **11,1%**.

7.6.2 Weitere Resultate

Neben den obigen Aussagen enthält das Modell eine Fülle von Zwischenwerten auf dem Niveau von Haushaltstypen, Zimmertypen und Lampentypen. Die vollständigen Tabellen sind im Anhang 4 enthalten. Sie zeigen unter anderem:

- Die dem Modell zugrunde liegende Anzahl Lampen pro Haushalt- und Zimmertyp.
- Die typischerweise installierte Leistung pro Haushalt und Zimmertyp.
- Die Nutzungsstunden pro Lampen- und Zimmertyp.
- Den jährlichen Strombezug pro Lampen- und Haushalttyp.

Diese Tabellen sind Zwischenwerte im Berechnungsgang, der letztlich zu einem Mittelwert für den Strombezug pro Haushalt führt (vgl. Abschnitte 7.2 bis 7.5). Die Angaben basieren zwar auf einer empirischen Erhebung, wurden aber bei der Modellbildung in mehreren Schritten zusammengefasst und korrigiert. Somit sind diese Zwischenwerte nur von geringer Aussagekraft und sollten nicht losgelöst von diesem Modell verwendet werden.

8 Diskussion der Resultate

Der Anteil des Haushaltstromes für die Beleuchtung wird in der Schweiz üblicherweise mit rund 14% angenommen. Das vorgeschlagene Modell ergibt mit knapp 9% einen markant tieferen Wert. Schon die VSE-Studie von 2005 (Grieder/Huser 2005a) ergab mit 10.3% einen vergleichbar tiefen Wert¹².

Das Modell basiert wesentlich auf der Erhebung der Nutzungszeiten im Rahmen der *Enertech*-Studie (Enertech 2004). Auch dort wird festgehalten, dass die ermittelten Verbrauchswerte für Frankreich deutlich tiefer ausfallen, als vorhergehende Studien ergaben:

- Enertech-Studie (2004): 365 kWh pro Haushalt und Jahr
- Ecodrôme-Studie (1995 bis 1997): 465 kWh pro Haushalt und Jahr
- Irisé-Studie (1998 bis 1999) : 515 kWh pro Haushalt und Jahr

Die Autoren begründen die Abweichung wie folgt:

- Die Studie von 2004 ist die erste, bei der ausschliesslich die Beleuchtung untersucht wurde. Bei den vorgehenden Studien wurden jeweils alle Bereiche der Haushaltgeräte gemessen (vgl. auch Abschnitt 3.2.4). Auch ist es die erste Studie, bei der die Messdauer pro Haushalt ein volles Jahr betrug.
- Die Auswahl der Haushalte ist in Bezug auf die Anzahl Bewohner und in Bezug auf die Berufsstruktur der Bewohner repräsentativ für Frankreich. Bei den vorhergehenden Studien war jeweils versucht worden, möglichst viele verschiedenen Haushaltgeräte zu messen. Das führte dazu, dass vermehrt grosse Haushalte gewählt wurden. Bei einer der Arbeiten (Ecodrôme) wurden zudem ausschliesslich Sozialwohnungen mit hoher Personenbelegung berücksichtigt.

¹² Bezogen auf den Haushaltstrom ohne Gebäudeheizung betragen die Anteile 10,9% resp. 13,6%.

- In den 90er-Jahren waren noch wenig Sparlampen im Einsatz. Die Studie von 2004 zeigt jedoch, dass bereits mehr als zwei Sparlampen pro Haushalt im Einsatz waren.

Beim Übergang auf die Schweiz wurden die Nutzungsstunden unverändert übernommen, Typ und Anzahl Lampen entstammen der VSE-Erhebung. Der Effekt, der sich durch den Einsatz von Sparlampen ergibt, ist somit beim Übergang auf die Schweiz korrekt berücksichtigt.

In Bezug auf Wohnfläche und Personenzahl sind die Kennwerte bei den Haushalten der Enertech-Studie höher als im schweizerischen Durchschnitt, was tendenziell zu hohen Verbrauchswerten ergeben müsste:

- Mittlere Personenzahl Enertech-Studie 2,8
- Mittlere Personenzahl Haushalte CH 2,3¹³
- Mittlere Wohnfläche Enertech-Studie 103 m²
- Mittlere Wohnfläche Haushalte CH 99 m² ¹⁴

Was nicht untersucht wurde und sicher einen Einfluss auf die Nutzungszeiten hat, ist das Verhalten der Benutzer. Hier kann es durchaus Unterschiede zwischen Frankreich und der Schweiz geben. Zu untersuchende Fragen wären:

- unterschiedliche Anwesenheit zu Hause, häufigeres Ausgehen, Kinobesuche, Haushalte mit zwei Erwerbstätigen etc.?
- unterschiedliches Ausschaltverhalten der Beleuchtung?

Weitere Vergleichszahlen sind in Tab. 3-3 enthalten. Sie wurden von der Internationalen Energieagentur (IEA) zusammengestellt. In Tab. 8-1 sind die Werte der europäischen Länder noch einmal wiederholt.

Land	jährlicher Strombezug für Beleuchtung pro Haushalt	Quelle
Grossbritannien	720 kWh	Palmer/Boardman (1998)
Schweden	760 kWh	
Deutschland	775 kWh	
Dänemark	426 kWh	Eureco (2002)
Griechenland	381 kWh	
Italien	375 kWh	
Frankreich	465 kWh	Ecodrôme (1998)

Tab. 8-1 jährlicher Strombezug für die Haushaltbeleuchtung in sieben europäischen Ländern
(Quelle: Waide 2006)

Die Studie von Palmer und Boardman aus dem Jahr 1998 ergibt Verbrauchswerte zwischen 700 und 800 kWh pro Haushalt für Schweden, Grossbritannien und Deutschland. Zwei Studien der Firma Enertech (Eureco 2002 und Ecodrôme 1998) ergeben Werte um 400 kWh pro Haushalt für Dänemark, Frankreich, Italien und Griechenland.

Zum Vergleich: der Erfahrungswert von 14% Strombezug für Beleuchtung in Schweizer Haushalten entspricht einem Verbrauch von 760 kWh pro Haushalt und Jahr, das neue Modell basierend auf den Nutzungszeiten in Frankreich ergibt 482 kWh.

¹³ Quelle IHA-GfK Vademecum 2006

¹⁴ Quelle Bundesamt für Statistik (Volkszählung 2000)

Die grossen Unterschiede können zum Teil mit der unterschiedlichen geographische Lage begründet werden (Schweden, Grossbritannien und Deutschland im Norden, Griechenland und Italien im Süden). Zumindest Schweden und Dänemark sollten aber vergleichbare Werte zeigen.

Palmer und Boardman verwenden für ihre Arbeit eine Modellrechnung, die sich auf die Verkaufszahlen von Lampen abstützt. Ihr Bericht legt die Vermutung nahe, dass für die Nutzungszeiten, wie bei den meisten bekannten Studien, sogenannte „Erfahrungswerte“ eingesetzt wurden. Die Firma Ener-tech hat sich dagegen mit eigens entwickelten Datenloggern auf gross angelegte Messkampagnen spezialisiert. Die beiden Enertech-Studie basieren denn auch auf Messkampagnen in den erwähnten vier Ländern. Somit könnte der Unterschied zwischen den Verbrauchswerten um 750 kWh und denjenigen um 400 kWh auch in der Methodik der Studien begründet sein, und nicht auf tatsächlichen Verbrauchsunterschieden der Länder beruhen.

Als Fazit können zwei Tendenzen formuliert werden:

- Die Enertech-Studien, die auf Messkampagnen beruhen, und damit auch das vorgeschlagene Modell, das wesentlich auf diesen Arbeiten beruht, führen zu deutlich tieferen Verbrauchswerten als ältere Studien.
- Die meisten bekannten Studien verwenden Hochrechnungen über Verkaufszahlen, für die Nutzungszeiten werden Erfahrungswerte aus der Branche eingesetzt. Diese Erfahrungswerte beziehen sich auf die Hauptbeleuchtung der Räume und es werden Nutzungszeiten um die drei Stunden pro Tag verwendet. Gemäss den Messungen der Enertech sind die Nutzungszeiten im Durchschnitt aller Lampen deutlich tiefer.

9 Empfehlungen

9.1 Weiterführende Arbeiten

Das vorgeschlagene Modell kombiniert Daten aus verschiedenen Quellen. Typ und Anzahl der Lampen werden der VSE-Erhebung in der Schweiz aus dem Jahr 2005 entnommen, die Nutzungszeit der Lampen aus einer Messserie in Frankreich. Diese Kombination führt zwangsläufig zu gewissen Ungenauigkeiten in der Modellierung. Speziell die folgenden Schritte basieren auf Annahmen und Erfahrungswerten:

- Die Zuordnung von Zimmern zu den Wohnungstypen ist nicht belegt und erfolgt nach bestem Allgemeinwissen.
- Bei den mittleren Leistungen pro Lampentyp gibt es Ungenauigkeiten, weil die Werte nicht in Tabellenform vorliegen sondern aus Grafiken abgelesen wurden. Bei Lampen mit hoher Leistung ist die Ungenauigkeit gering, bei Lampen mit kleiner Leistung (Sparlampen und Leuchtstoffröhren) ist sie grösser.
- Für die Abhängigkeit der Brenndauer von der Anzahl Bewohner wurde ein Korrekturfaktor eingeführt, der nicht empirisch abgesichert ist. Über alle Haushalte gemittelt ist die Korrektur verbrauchsneutral, bei stark belegten Haushalten werden die Nutzungsstunden erhöht, bei Haushalten mit wenigen Personen reduziert.
- Beim Übergang von Frankreich auf die Schweiz wurde darauf geachtet, dass pro Wohnungstyp die Anzahl Lampen pro Lampentyp mit den Werten der VSE-Erhebung übereinstimmen. Eine Zuordnung zu Zimmern ist aber aufgrund der VSE-Daten nicht möglich. Somit musste die Zuordnung, die sich aus der *Enertech*-Studie als empirisch gesichert für Frankreich ergibt, punktuell durch eigene Erfahrungswerten korrigiert werden.
- Im gleichen Schritt wurde die Anzahl Lampen pro Zimmertyp auf ganzzahlige Werte gerundet.

Diese Annahmen und Erfahrungswerte sollten durch weiterführende Arbeiten verifiziert werden. Wir schlagen zu diesem Zweck eine Messkampagne in der Schweiz vor, ähnlich derjenigen, wie sie die *Enertech* in Frankreich durchgeführt hat.

Das vorgeschlagene Modell basierend auf Wohnungs-, Zimmer- und drei relevanten Lampentypen kann beibehalten werden. Als Datenquelle wären die Resultate der Messkampagne zu verwenden. Somit würde ein vollständiges Modell mit Daten aus der Schweiz vorliegen.

So ergänzt und erhärtet können auch die Zwischenwerte der Berechnung verwendet werden. Es ergeben sich Aussagen zum Verbrauch pro Zimmer- und Lampentyp. Auch die Auswirkungen des zukünftigen Verbotes von Glühlampen in der Schweiz könnten sehr fundiert abgeschätzt werden.

Einige grundlegende Überlegungen und eine Kostenabschätzung zu einer solchen Messkampagne sind in den Abschnitten 5.3 und 6.4 dargestellt.

Zudem sollten die Resultate des EU-Projektes *Remodece (Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe)* aufgearbeitet werden. An diesem Projekt sind 12 europäische Länder beteiligt. Es werden jeweils 500 Haushalte per Fragebogen zum Nutzungsverhalten befragt und 100 Haushalte ausgemessen. Diese Arbeiten sollten Aufschluss darüber geben, ob die Verbrauchswerte für Beleuchtung in der Vergangenheit tatsächlich zu hoch angesetzt wurden. Die Resultate werden per Ende Juni 2008 erwartet.

9.2 Elektrizitätsstatistik

In den Neunzigerjahren wurde in der Gesamtenergiestatistik der Anteil der Beleuchtung am Haushaltstrom separat ausgewiesen. Die Angaben beruhten auf der so genannten Nutzenergiestatistik, die in den 70er Jahren aufgrund von Modellannahmen gestartet und ohne wesentliche Anpassungen bis in die 90er Jahre fortgeschrieben wurde¹⁵. Für das Jahr 1996 wird zum Beispiel ein Anteil von 12% am Haushaltstrom für die Beleuchtung angegeben (Beleuchtung CH total 5'947 GWh, davon Haushalte 1'858 GWh, Haushaltstrom total 15'271 GWh).

In Fachkreisen hat sich heute eine Zahl von 14% für den Beleuchtungsanteil als Erfahrungswert etabliert. Dies gilt sowohl für den Anteil Beleuchtung der Privathaushalte am Haushaltstrom, wie auch als Anteil Beleuchtung total am gesamten Strombezug der Schweiz.

Das vorgeschlagene Modell ergibt mit weniger als 10% einen deutlich tieferen Wert. Wir empfehlen, die Annahmen und Voraussetzungen, die in die bisherigen Modelle eingeflossen sind, kritisch zu hinterfragen und die Erkenntnisse der vorliegenden Studie in die zukünftigen Verbrauchsstatistiken einfließen zu lassen.

¹⁵ Mündliche Aussage von Herr Dolecek, Bundesamt für Statistik.

10 Literaturverzeichnis

- Bertoldi P. & Bogdan A. (2006): *Residential Lighting Consumption and Saving Potential in the Enlarged EU*, Proceedings of the International Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting Conference '06, London.
- BFE (1997) *Schweizerische Gesamtenergiestatistik 1997*, Bundesamt für Energie / Schweizer Energierat, Sonderdruck aus Bulletin SEV/VSE, Nr. 16/1998
- Brunner C. U. et al. (2001): *Energieeffizienz bei Elektrogeräten*, S.A.F.E. im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern, 2001,
http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_958217202.pdf
- Brunner D. et al. (1995): *Ansätze für die Entwicklung eines Lastmodells*, Amstein + Walthert, zur Verfügung gestellt von G. Schnyder, Schnyder Ingenieure AG, Hünenberg.
- De Almeida A. et al. (2006): *Residential Monitoring to Decrease Energy Use and Carbon Emissions in Europe*, Proceedings of the International Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting Conference '06, London http://mail.mtprog.com/CD/Layout/Day_2_22.06.06/1400-1545/ID170_Almeida_final.pdf
- Ecodrôme (1998): *Experimental Study of Highly Energy-Efficient Appliances Installed in Real Situations*, for ADEME and the Commission of the European Communities, SAVE Contract No. 4.1031/S/94-093, Enertech, Felines s/Rimandoule, France
- Enertech (2004): *Campagne de mesures de l'éclairage dans 100 logements en France*, Enertech, im Auftrag von Electricité de France und der Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (Ademe), Felines s/Rimandoule, Frankreich, März 2004
- EN-Norm prEN 15193-1, *Energetische Bewertung von Gebäuden - Energetische Anforderungen an die Beleuchtung, Teil 1: Abschätzung des Energiebedarfs für die Beleuchtung*, Entwurf März 2005.
- EC (2002): *The European eco-label for light bulbs*, Commission Decision 2002/747/EC, 2002, http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/product/pg_lightbulbs_en.htm
- EU (2000): *Richtlinie 2000/55/EC Energieeffizienzanforderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen*, Europäisches Parlament, 2000, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0055:DE:HTML>
- EU (2002): *Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings*, European Parliament and Council, Official Journal of the European Union L1, 4.1.2003, S. 65ff
- Eureco (2002): *Demand-Side Management: End-use Metering Campaign in 400 Households of the European Community*, Projekt Eureco, im Auftrag der Europäischen Kommission, Enertech, Felines s/Rimandoule, Frankreich, Januar 2002
- Gasser S. (2005): *SIA 380/4 mit Tageslichtmodell*, Beitrag in Fachzeitschrift Faktor Licht 04, 2005.
- Gasser S. (2006): *Minergie-Beleuchtung setzt sich durch*, Beitrag in Sonderausgabe Licht 2006 der Fachzeitschrift Elektrotechnik, 15.9.2006.
- Gasser S. (2007): *www.Energybox.ch – Auswertung des Stromverbrauches von 13'000 Haushalten*, S.A.F.E. Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Zürich, 2005. www.energieeffizienz.ch, www.Energybox.ch

- Gasser S. & Heldstab T. (2005): *www.Energybox.ch – Auswertung der Nutzerdatenbank*, Auswertung der ersten 1971 Datensätze, S.A.F.E. Schweizerische Agentur für Energieeffizienz, Zürich, 2005. www.energieeffizienz.ch, www.Energybox.ch
- Gasser S. & Simon M. (2007): *Messprojekt: Präsenzmelder und Tageslicht-Regelungen in Schulhäusern der Stadt Zürich*, eTeam GmbH im Auftrag der Stadt Zürich, Amt für Hochbauten, 2007.
- Grieder T. & Huser A. (2005a): *VSE Stromverbrauchserhebung 2005*, Encontrol GmbH im Auftrag des Verbands Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE, Aarau, 2005.
- Grieder T. & Huser A. (2005b): *Smarthome und Energieeffizienz*, Encontrol GmbH im Auftrag des Bundesamts für Energie, 2005.
- Hammer S. et. al. (2005): *Evaluation der energieEtikette für Haushaltgeräte und Lampen*, Infras im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern, 2005.
- Hofer P. & Aehlen R. (2002): *Die Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs serienmässig hergestellter Elektrogeräte in der Schweiz unter Status-quo-Bedingungen und bei Nutzung der sparsamen Elektrogeräte bis 2010 mit Ausblick auf das Jahr 2020*, Prognos AG im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern, 2002, <http://www.energie-schweiz.ch>.
- Hofer P. (2007): *Niveau und Entwicklung des Elektrizitätsverbrauchs Ohmscher Widerstandsheizungen in den Privaten Haushalten*, Prognos AG, im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, August 2007
- Huser A. & Spalinger R. (1992): *Stromverbrauchserhebung in Haushalten*, Programm RAVEL, Bundesamt für Konjunkturfragen, Bern, 1992.
- IEA (2006): *Light's Labour's Lost. Policies for Energy-efficient Lighting*, International Energy Agency IEA, 2006.
- Lang T. & Lingenhel S. (1996): *Die Zitrone ist noch lange nicht ausgepresst. Eine Studie zur effizienten Elektrizitätsnutzung in der Schweiz*. Diplomarbeit Nachdiplomstudium Energie an der Ingenieurschule beider Basel in Muttens, Basel, 1996.
- Nipkow J. et al. (2000): *Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Programm „Elektrizität“, Verbrauchergruppen: Beleuchtung, Haustechnik, Mobilität, gewerbliche Anwendungen, diverse Spezialanwendungen*. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern, 2000.
<http://www.electricity-research.ch/pages/berichte/sb-statistik-arena.pdf>
- Palmer J. & Boardman B. (1998), *DELIGHT: Domestic Efficient Lighting*, for the Commission of the European Communities, SAVE Contract No. XVII/4.1031/Z/96-075, Environmental Change Unit, University of Oxford, Oxford.
- SIA (2006a), *SIA-Norm 380/4: Elektrische Energie im Hochbau*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich, 2006.
- SIA (2006b), *SIA-Merkblatt 2024: Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik*, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA, Zürich, 2006.
- Stadt Zürich (2004), *Submission Stehleuchten*, Hochbaudepartement der Stadt Zürich, 2006.
- Waide P. et al. (2006): *Light's Labour's Lost, Policies für Energy-efficient Lighting*, International Energy Agency, Paris, 2006.

Anhang 1: Fragenraster / Stichworte für Interviews mit Experten

Einleitung des Gespräches

- Projekt im Auftrag des *Bundesamtes für Energie (BFE)*, BFE-Bereichsleiter Felix Frey: Verbrauchsabschätzung von Lampen in Privathaushalten
- FutureLife Hünenberg / Smarthome Chur: Anteil Stromverbrauch für Beleuchtung im Vergleich zu 1992 verdoppelt.
- VSE Stromverbrauchserhebung 2005: Umfrage in 1'200 Haushalten. Als Resultat sind Zahlen für die Anzahl Lampen in Privathaushalten pro Lampen-Kategorie und pro Haushalt-Typ bekannt.
- Nicht bekannt sind die Benutzungszeiten der Lampen.

Fragen

- Sind Ihnen Studien oder Erhebungen zur Nutzungszeit von Lampen in Privathaushalten bekannt?
- Sind Ihnen Resultate von Messungen zur Nutzungszeit oder zum Strombezug von Lampen in Privathaushalten bekannt?
- Gibt es Erfahrungswerte für die Nutzungszeit und / oder den Strombezug von Lampen in Privathaushalten? Worauf basieren diese?
- Sind Ihnen andere Ansätze, z.B. Berechnungen oder Simulationen in diesem Zusammenhang bekannt?
- Gibt es Standardnutzungsdaten oder Annahmen dazu, ähnlich den Werten für kommerzielle und öffentliche Gebäude in der SIA 380/4?
- Welche weiteren Lösungsansätze zur Abschätzung des Strombezuges von Lampen in Privathaushalten können Sie sich vorstellen?

Anhang 2: Algebraische Formeln für den Ansatz Lang und Lingenhel

Berechnung des Strombezuges für einen Bestand gleichartiger Lampen

$$L = \frac{t_{BL}}{T_N} \quad \{1\}$$

L : *Lebensdauer in Jahren* [a]
Zeit von der Inbetriebnahme der Lampe bis sie defekt ist und ausgewechselt werden muss

t_{BL} : *Brennlebensdauer* [h]
Lebensdauer der Lampe in Betriebsstunden

T_N : *jährliche Nutzungsstunden* [h/a]
durchschnittliche jährliche Brenndauer der Lampe in Stunden

$$E = T_N \times P \quad \{2\}$$

E : *jährlicher Strombezug* [Wh/a]
durchschnittlicher jährlicher Strombezug der Lampe

P : *Nennleistung* [W]
Nennleistung der Lampe

$$E = T_N \times P = \frac{t_{BL}}{L} \times P \quad \{1 \text{ \& } 2\}$$

$$N_E = \frac{n_B}{L} \quad \{3\}$$

N_E : *jährliche Ersatzverkäufe* [a⁻¹]
Anzahl der Ersatzkäufe dieses Lampentypes pro Jahr

n_B : *Bestand* [-]
Anzahl gleichartiger Lampen im Bestand

$$E_B = n_B \times T_N \times P \quad \{4\}$$

E_B : *jährlicher Strombezug des Bestandes* [Wh/a]
jährlicher Strombezug des Bestandes gleichartiger Lampen

$$E_B = n_B \times T_N \times P = n_B \times \frac{t_{BL}}{L} \times P = \frac{n_B}{L} \times t_{BL} \times P = N_E \times t_{BL} \times P \quad \{1 \text{ \& } 3 \text{ \& } 4\}$$

Sensitivitätsrechnung für den Einfluss einer Bestandeszunahme

$$N = N_E + \Delta N_B$$

N : *jährliche Lampenverkäufe* [a⁻¹]
Total der Lampenverkäufe eines Types in einem Jahr

N_E : *jährliche Ersatzverkäufe* [a⁻¹]
Anzahl der Ersatzkäufe dieses Lampentypes pro Jahr

ΔN_B : *jährliche Bestandeszunahme* [a⁻¹]
Anzahl verkaufter Lampen dieses Types, die eine Bestandeszunahme bewirken

Die bisherige Berechnung gilt nun für die Ersatzverkäufe N_E , nicht für das total der jährlichen Lampenverkäufe:

$$E_B = N_E \times t_{BL} \times P = (N - \Delta N_B) \times t_{BL} \times P \quad \{5\}$$

Setzt man stattdessen das total der jährlichen Lampenverkäufe ein, so entsteht ein Fehler von:

$$\Delta E_B = N \times t_{BL} \times P - N_E \times t_{BL} \times P = (N - N_E) \times t_{BL} \times P = \Delta N_B \times t_{BL} \times P \quad \{6\}$$

Der relative Fehler, bezogen auf das richtige Resultat beträgt:

$$\frac{\Delta E_B}{E_B} = \frac{\Delta N_B \times t_{BL} \times P}{N_E \times t_{BL} \times P} = \frac{\Delta N_B}{N_E} \quad \{7\}$$

Mit {3} ergibt sich daraus:

$$\frac{\Delta E_B}{E_B} = \frac{\Delta N_B}{N_E} = \frac{\Delta N_B}{\left(\frac{n_B}{L}\right)} = \frac{\Delta N_B}{n_B} \times L \quad \{8\}$$

Somit erhält man aus der Bestandeszunahme und der Lebensdauer der Lampen den relativen Fehler in Prozent, der sich bei der Verbrauchsabschätzung ergibt, wenn man anstelle der Ersatzverkäufe alle Verkäufe eines Jahres einsetzt, inklusive denjenigen, die zu einer Bestandeserhöhung führen.

Beispiel 1: Glühlampen mit Brenndauer von 1'000 Stunden und einer jährlichen Betriebszeit von 1'000 Stunden. Die Bestandeszunahme betrage 2% pro Jahr.

Die Lebensdauer beträgt in diesem Fall ein Jahr, der Fehler der Verbrauchsabschätzung ergibt sich zu 2%.

Beispiel 2: Sparlampen mit Brenndauer von 5'000 Stunden und einer jährlichen Betriebszeit von 1'000 Stunden. Die Bestandeszunahme betrage 5% pro Jahr.

Die Lebensdauer beträgt in diesem Fall fünf Jahre, der Fehler der Verbrauchsabschätzung ergibt sich zu 25%.

Anhang 3a: Anzahl Lampen pro Zimmer- und Haushaltstyp (F)

Haushaltstyp 1			Anz. Lampen gem. VSE-Stud10						
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Ess-zimmer	Schlaf-zimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Carage
Glühlampe	5.8	0.7	2.2	0.5	1.4	1.1	0.0	0.0	0.0
NV-Halogen	2.9	0.8	0.8	0.1	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0
Sparlampe	1.5	0.3	0.7	0.1	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0
HV-Halogen	1.1	0.2	0.6	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
FL	0.6	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Total	11.9	2.2	4.3	0.8	2.7	1.9	0.0	0.0	0.0
Haushaltstyp 2			Anz. Lampen gem. VSE-Stud14						
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Ess-zimmer	Schlaf-zimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Carage
Glühlampe	8.5	0.7	3.1	1.7	2.0	1.1	0.0	0.0	0.0
NV-Halogen	3.9	0.8	1.2	0.5	1.1	0.4	0.0	0.0	0.0
Sparlampe	2.0	0.3	1.0	0.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0
HV-Halogen	1.6	0.2	0.8	0.2	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
FL	0.7	0.3	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
Total	16.8	2.2	6.2	2.7	3.8	1.9	0.0	0.0	0.0
Haushaltstyp 3			Anz. Lampen gem. VSE-Stud18						
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Ess-zimmer	Schlaf-zimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Carage
Glühlampe	11.4	1.0	3.1	3.4	2.0	1.5	0.0	0.5	0.0
NV-Halogen	4.9	1.1	1.2	1.0	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0
Sparlampe	2.7	0.4	1.0	0.6	0.2	0.4	0.0	0.1	0.0
HV-Halogen	1.9	0.3	0.8	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
FL	1.4	0.4	0.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.5	0.0
Total	22.3	3.2	6.2	5.4	3.8	2.6	0.0	1.1	0.0
Haushaltstyp 4			Anz. Lampen gem. VSE-Stud24						
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Ess-zimmer	Schlaf-zimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Carage
Glühlampe	16.3	1.0	6.2	3.4	3.0	1.5	0.4	0.5	0.4
NV-Halogen	6.8	1.1	2.4	1.0	1.7	0.5	0.2	0.0	0.0
Sparlampe	3.9	0.4	2.0	0.6	0.3	0.4	0.1	0.1	0.0
HV-Halogen	3.0	0.3	1.6	0.4	0.5	0.1	0.1	0.0	0.0
FL	1.8	0.4	0.2	0.1	0.3	0.1	0.0	0.5	0.2
Total	31.9	3.2	12.4	5.4	5.7	2.6	0.9	1.1	0.7
Haushaltstyp 5			Anz. Lampen gem. VSE-Stud34.8						
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Ess-zimmer	Schlaf-zimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Carage
Glühlampe	16.5	1.0	4.7	3.4	2.0	2.1	0.4	1.0	2.0
NV-Halogen	5.8	1.1	1.8	1.0	1.1	0.7	0.2	0.0	0.0
Sparlampe	3.7	0.4	1.5	0.6	0.2	0.5	0.1	0.2	0.2
HV-Halogen	2.7	0.3	1.2	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2
FL	3.0	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	1.0	1.0
Total	31.8	3.2	9.3	5.4	3.8	3.7	0.9	2.2	3.3
Haushaltstyp 6			Anz. Lampen gem. VSE-Stud48.5						
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Ess-zimmer	Schlaf-zimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Carage
Glühlampe	23.7	1.0	7.8	5.1	4.0	2.1	0.8	1.0	2.0
NV-Halogen	8.8	1.1	3.0	1.5	2.2	0.7	0.3	0.0	0.0
Sparlampe	5.4	0.4	2.5	0.9	0.4	0.5	0.3	0.2	0.2
HV-Halogen	4.1	0.3	2.0	0.6	0.6	0.2	0.3	0.0	0.2
FL	3.3	0.4	0.3	0.1	0.4	0.2	0.0	1.0	1.0
Total	45.3	3.2	15.5	8.1	7.6	3.7	1.7	2.2	3.3

Anhang 3b: Installierte Leistung pro Zimmer- und Haushaltstyp (F)

Haushaltstyp 1									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	392 W	50 W	130 W	31 W	105 W	76 W	0 W	0 W	0 W
NV-Halogen	58 W	18 W	9 W	2 W	20 W	8 W	0 W	0 W	0 W
Sparlampe	17 W	3 W	10 W	0 W	2 W	2 W	0 W	0 W	0 W
HV-Halogen	189 W	16 W	148 W	8 W	10 W	7 W	0 W	0 W	0 W
FL	7 W	5 W	0 W	0 W	1 W	1 W	0 W	0 W	0 W
Total	663 W	93 W	298 W	41 W	138 W	93 W	0 W	0 W	0 W
Haushaltstyp 2									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	564 W	50 W	186 W	102 W	150 W	76 W	0 W	0 W	0 W
NV-Halogen	76 W	18 W	13 W	7 W	29 W	8 W	0 W	0 W	0 W
Sparlampe	23 W	3 W	14 W	1 W	2 W	2 W	0 W	0 W	0 W
HV-Halogen	275 W	16 W	212 W	26 W	14 W	7 W	0 W	0 W	0 W
FL	7 W	5 W	0 W	0 W	2 W	1 W	0 W	0 W	0 W
Total	945 W	93 W	425 W	137 W	197 W	93 W	0 W	0 W	0 W
Haushaltstyp 3									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	748 W	72 W	186 W	204 W	150 W	106 W	0 W	30 W	0 W
NV-Halogen	94 W	26 W	13 W	15 W	29 W	11 W	0 W	0 W	0 W
Sparlampe	28 W	4 W	14 W	3 W	2 W	3 W	0 W	1 W	0 W
HV-Halogen	311 W	23 W	212 W	52 W	14 W	10 W	0 W	0 W	0 W
FL	27 W	7 W	0 W	0 W	2 W	1 W	0 W	18 W	0 W
Total	1207 W	132 W	425 W	273 W	197 W	131 W	0 W	49 W	0 W
Haushaltstyp 4									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	1063 W	72 W	372 W	204 W	225 W	106 W	30 W	30 W	24 W
NV-Halogen	124 W	26 W	26 W	15 W	43 W	11 W	3 W	0 W	0 W
Sparlampe	45 W	4 W	28 W	3 W	3 W	3 W	2 W	1 W	1 W
HV-Halogen	596 W	23 W	424 W	52 W	21 W	10 W	52 W	0 W	14 W
FL	40 W	7 W	0 W	0 W	3 W	1 W	1 W	18 W	11 W
Total	1868 W	132 W	850 W	273 W	296 W	131 W	87 W	49 W	49 W
Haushaltstyp 5									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	973 W	72 W	186 W	204 W	150 W	151 W	30 W	60 W	120 W
NV-Halogen	102 W	26 W	13 W	15 W	29 W	16 W	3 W	0 W	0 W
Sparlampe	34 W	4 W	14 W	3 W	2 W	5 W	2 W	2 W	3 W
HV-Halogen	436 W	23 W	212 W	52 W	14 W	14 W	52 W	0 W	69 W
FL	100 W	7 W	0 W	0 W	2 W	1 W	1 W	35 W	55 W
Total	1646 W	132 W	425 W	273 W	197 W	187 W	87 W	97 W	246 W
Haushaltstyp 6									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	1441 W	72 W	372 W	306 W	300 W	151 W	60 W	60 W	120 W
NV-Halogen	154 W	26 W	26 W	22 W	57 W	16 W	6 W	0 W	0 W
Sparlampe	54 W	4 W	28 W	4 W	4 W	5 W	4 W	2 W	3 W
HV-Halogen	740 W	23 W	424 W	78 W	29 W	14 W	104 W	0 W	69 W
FL	103 W	7 W	0 W	0 W	4 W	1 W	1 W	35 W	55 W
Total	2492 W	132 W	850 W	410 W	394 W	187 W	175 W	97 W	246 W

Anhang 3c: Nutzungsstunden pro Lampen- und Zimmertyp (F)

Haushaltstyp 1		Mittelwerte für			1.7	Personen pro Haushalt			
		78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%	78%
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe		338 h	272 h	167 h	159 h	155 h			
NV-Halogen		303 h	377 h	163 h	136 h	253 h			
Sparlampe		653 h	501 h	369 h	284 h	424 h			
HV-Halogen		140 h	346 h	02 h	167 h	0 h			
FL		408 h	0 h	0 h	163 h	0 h			
Haushaltstyp 2		Mittelwerte für			1.9	Personen pro Haushalt			
		82%	82%	82%	82%	82%			
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe		357 h	287 h	176 h	168 h	184 h			
NV-Halogen		320 h	398 h	172 h	144 h	267 h			
Sparlampe		689 h	529 h	390 h	299 h	447 h			
HV-Halogen		156 h	365 h	86 h	176 h	0 h			
FL		431 h	0 h	0 h	172 h	0 h			
Haushaltstyp 3		Mittelwerte für			3.2	Personen pro Haushalt			
		108%	108%	108%	108%	108%	108%	108%	108%
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe		471 h	379 h	233 h	222 h	216 h		124 h	108 h
NV-Halogen		422 h	525 h	227 h	189 h	352 h		124 h	108 h
Sparlampe		909 h	698 h	514 h	395 h	590 h		124 h	108 h
HV-Halogen		206 h	481 h	114 h	233 h	0 h		124 h	108 h
FL		568 h	0 h	0 h	227 h	0 h		124 h	108 h
Haushaltstyp 4		Mittelwerte für			3.7	Personen pro Haushalt			
		115%	115%	100%	115%	115%	115%	115%	115%
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe		501 h	409 h	215 h	236 h	231 h	58 h	133 h	115 h
NV-Halogen		450 h	559 h	210 h	202 h	375 h	58 h	133 h	115 h
Sparlampe		968 h	743 h	475 h	421 h	628 h	58 h	133 h	115 h
HV-Halogen		219 h	513 h	105 h	248 h	0 h	58 h	133 h	115 h
FL		605 h	0 h	0 h	242 h	0 h	58 h	133 h	115 h
Haushaltstyp 5		Mittelwerte für			3.0	Personen pro Haushalt			
		105%	105%	105%	105%	105%	105%	105%	105%
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe		457 h	367 h	226 h	215 h	210 h	52 h	121 h	105 h
NV-Halogen		409 h	509 h	220 h	184 h	341 h	52 h	121 h	105 h
Sparlampe		882 h	677 h	499 h	383 h	572 h	52 h	121 h	105 h
HV-Halogen		199 h	467 h	110 h	226 h	0 h	52 h	121 h	105 h
FL		551 h	0 h	0 h	220 h	0 h	52 h	121 h	105 h
Haushaltstyp 6		Mittelwerte für			3.6	Personen pro Haushalt			
		115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%	115%
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe		499 h	401 h	246 h	235 h	229 h	57 h	132 h	115 h
NV-Halogen		447 h	556 h	241 h	201 h	372 h	57 h	132 h	115 h
Sparlampe		963 h	739 h	544 h	418 h	625 h	57 h	132 h	115 h
HV-Halogen		218 h	510 h	120 h	246 h	0 h	57 h	132 h	115 h
FL		602 h	0 h	0 h	241 h	0 h	57 h	132 h	115 h

Anhang 3d: Strombezug pro Lampen- und Haushaltstyp (F)

Haushaltstyp 1									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	86 kWh	17 kWh	35 kWh	5 kWh	17 kWh	12 kWh			
NV-Halogen	14 kWh	6 kWh	3 kWh	0 kWh	2.7 kWh	2.0 kWh			
Sparlampe	8 kWh	1.8 kWh	5 kWh	0 kWh	0 kWh	1 kWh			
HV-Halogen	56 kWh	2.4 kWh	51 kWh	1 kWh	1.7 kWh	0.0 kWh			
FL	3 kWh	1.9 kWh	0 kWh	0 kWh	1 kWh	0 kWh			
Total	167 kWh	29 kWh	95 kWh	6 kWh	22 kWh	15 kWh			
Haushaltstyp 2									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	127 kWh	18 kWh	53 kWh	18 kWh	25 kWh	12 kWh			
NV-Halogen	19 kWh	6 kWh	5 kWh	1 kWh	4.1 kWh	2.1 kWh			
Sparlampe	12 kWh	1.9 kWh	7 kWh	1 kWh	1 kWh	1 kWh			
HV-Halogen	85 kWh	2.5 kWh	77 kWh	2 kWh	2.5 kWh	0.0 kWh			
FL	3 kWh	2.0 kWh	0 kWh	0 kWh	1 kWh	0 kWh			
Total	245 kWh	30 kWh	143 kWh	22 kWh	34 kWh	16 kWh			
Haushaltstyp 3									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	212 kWh	34 kWh	70 kWh	47 kWh	33 kWh	23 kWh		4 kWh	
NV-Halogen	31 kWh	11 kWh	7 kWh	3 kWh	5.4 kWh	4.0 kWh		0 kWh	
Sparlampe	18 kWh	3.6 kWh	10 kWh	2 kWh	1 kWh	2 kWh		0 kWh	
HV-Halogen	116 kWh	4.7 kWh	102 kWh	6 kWh	3.3 kWh	0.0 kWh		0 kWh	
FL	8 kWh	3.9 kWh	0 kWh	0 kWh	2 kWh	0 kWh		2 kWh	
Total	384 kWh	57 kWh	189 kWh	58 kWh	44 kWh	29 kWh		6 kWh	
Haushaltstyp 4									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	316 kWh	36 kWh	150 kWh	44 kWh	53 kWh	24 kWh	2 kWh	4 kWh	3 kWh
NV-Halogen	43 kWh	12 kWh	15 kWh	3 kWh	8.7 kWh	4.2 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Sparlampe	30 kWh	3.9 kWh	21 kWh	1 kWh	1 kWh	2 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
HV-Halogen	238 kWh	5.1 kWh	217 kWh	5 kWh	5.3 kWh	0.0 kWh	3 kWh	0 kWh	2 kWh
FL	10 kWh	4.1 kWh	0 kWh	0 kWh	2 kWh	0 kWh	0 kWh	2 kWh	1 kWh
Total	637 kWh	61 kWh	403 kWh	54 kWh	71 kWh	31 kWh	5 kWh	6 kWh	6 kWh
Haushaltstyp 5									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	267 kWh	33 kWh	103 kWh	46 kWh	32 kWh	32 kWh	2 kWh	7 kWh	13 kWh
NV-Halogen	35 kWh	11 kWh	10 kWh	3 kWh	5.3 kWh	5.5 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Sparlampe	23 kWh	3.5 kWh	14 kWh	1 kWh	1 kWh	3 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
HV-Halogen	172 kWh	4.6 kWh	149 kWh	6 kWh	3.2 kWh	0.0 kWh	3 kWh	0 kWh	7 kWh
FL	15 kWh	3.7 kWh	0 kWh	0 kWh	1 kWh	0 kWh	0 kWh	4 kWh	6 kWh
Total	513 kWh	56 kWh	275 kWh	56 kWh	43 kWh	40 kWh	5 kWh	12 kWh	26 kWh
Haushaltstyp 6									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Glühlampe	428 kWh	36 kWh	187 kWh	75 kWh	70 kWh	35 kWh	3 kWh	8 kWh	14 kWh
NV-Halogen	53 kWh	12 kWh	18 kWh	5 kWh	11.5 kWh	6.0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Sparlampe	38 kWh	3.9 kWh	26 kWh	2 kWh	2 kWh	3 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
HV-Halogen	306 kWh	5.0 kWh	270 kWh	9 kWh	7.0 kWh	0.0 kWh	6 kWh	0 kWh	8 kWh
FL	18 kWh	4.1 kWh	0 kWh	0 kWh	3 kWh	0 kWh	0 kWh	5 kWh	6 kWh
Total	843 kWh	61 kWh	501 kWh	92 kWh	94 kWh	44 kWh	10 kWh	13 kWh	28 kWh

Anhang 4: Modellrechnung für die Schweiz

(5 Seiten)

Verbrauchsrelevante Lampentypen

Zimmertypen	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	GL	HV-H	GL	GL	GL	FL	GL	GL
Lampentyp 2	NV-H	GL		NV-H	NV-H	GL	FL	
Lampentyp 3	FL	SL	NV-H	FL				FL

Lampenleistung

Zimmertypen	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	75 W	265 W	60 W	75 W	72 W	35 W	60 W	60 W
Lampentyp 2	24 W	60 W		26 W	23 W	75 W	35 W	
Lampentyp 3	17 W	14 W	15 W	35 W				55 W

Nutzungsstunden pro Lampentyp

Zimmertypen	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	445 h	460 h	220 h	215 h	205 h	50 h	120 h	105 h
Lampentyp 2	400 h	360 h		180 h	335 h	50 h	120 h	
Lampentyp 3	540 h	660 h	215 h	215 h				105 h

Strombezug pro Lampe ohne Korrektur für Personenbelegung

Zimmertypen	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	33.4 kWh	121.9 kWh	13.2 kWh	16.1 kWh	14.8 kWh	1.8 kWh	7.2 kWh	6.3 kWh
Lampentyp 2	9.6 kWh	21.6 kWh	0.0 kWh	4.7 kWh	7.7 kWh	3.8 kWh	4.2 kWh	0.0 kWh
Lampentyp 3	9.2 kWh	9.2 kWh	3.2 kWh	7.5 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	0.0 kWh	5.8 kWh

Anzahl Lampen

Haushalttyp 1									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	5	1	1	1	1	1			
Lampentyp 2	3	1	1		1				
Lampentyp 3	1		1						
	9	2	3	1	2	1			
Haushalttyp 2									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	6	1	1	2	1	1			
Lampentyp 2	4	1	2		1				
Lampentyp 3	3	1	1	1					
	13	3	4	3	2	1			
Haushalttyp 3									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	6	1	1	2	1	1			
Lampentyp 2	7	1	3		1	1		1	
Lampentyp 3	4	1	1	2					
	17	3	5	4	2	2		1	
Haushalttyp 4									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	11	1	1	2	2	2	1	1	1
Lampentyp 2	10	1	5		2	1		1	
Lampentyp 3	5	1	2	2					
	26	3	8	4	4	3	1	2	1
Haushalttyp 5									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	15	1	2	3	3	2	1	1	2
Lampentyp 2	11	2	5		1	1	1	1	
Lampentyp 3	6	1	2	2					1
	32	4	9	5	4	3	2	2	3
Haushalttyp 6									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenträume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	20	2	3	4	4	2	1	1	3
Lampentyp 2	15	4	6		2	1	1	1	
Lampentyp 3	9	1	3	3	1				1
	44	7	12	7	7	3	2	2	4

Leistung

Haushalttyp 1									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	547 W	75 W	265 W	60 W	75 W	72 W	0 W	0 W	0 W
Lampentyp 2	110 W	24 W	60 W	0 W	26 W	0 W	0 W	0 W	0 W
Lampentyp 3	14 W	0 W	14 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W
	671 W	99 W	339 W	60 W	101 W	72 W	0 W	0 W	0 W
Haushalttyp 2									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	607 W	75 W	265 W	120 W	75 W	72 W	0 W	0 W	0 W
Lampentyp 2	170 W	24 W	120 W	0 W	26 W	0 W	0 W	0 W	0 W
Lampentyp 3	46 W	17 W	14 W	15 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W
	823 W	116 W	399 W	135 W	101 W	72 W	0 W	0 W	0 W
Haushalttyp 3									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	607 W	75 W	265 W	120 W	75 W	72 W	0 W	0 W	0 W
Lampentyp 2	288 W	24 W	180 W	0 W	26 W	23 W	0 W	35 W	0 W
Lampentyp 3	61 W	17 W	14 W	30 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W
	956 W	116 W	459 W	150 W	101 W	95 W	0 W	35 W	0 W
Haushalttyp 4									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	909 W	75 W	265 W	120 W	150 W	144 W	35 W	60 W	60 W
Lampentyp 2	434 W	24 W	300 W	0 W	62 W	23 W	0 W	35 W	0 W
Lampentyp 3	75 W	17 W	28 W	30 W	0 W	0 W	0 W	0 W	0 W
	1418 W	116 W	593 W	150 W	202 W	167 W	35 W	95 W	60 W
Haushalttyp 5									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	1369 W	75 W	530 W	180 W	225 W	144 W	35 W	60 W	120 W
Lampentyp 2	507 W	48 W	300 W	0 W	26 W	23 W	75 W	35 W	0 W
Lampentyp 3	130 W	17 W	28 W	30 W	0 W	0 W	0 W	0 W	55 W
	2006 W	140 W	858 W	210 W	251 W	167 W	110 W	95 W	175 W
Haushalttyp 6									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	1904 W	150 W	795 W	240 W	300 W	144 W	35 W	60 W	180 W
Lampentyp 2	641 W	96 W	360 W	0 W	62 W	23 W	75 W	35 W	0 W
Lampentyp 3	194 W	17 W	42 W	45 W	35 W	0 W	0 W	0 W	55 W
	2739 W	263 W	1197 W	285 W	387 W	167 W	110 W	95 W	235 W

Brenndauer

Haushaltstyp 1		Mittelwerte für			1.1	Personen pro Haushalt			
	69%	69%	69%	69%	69%	69%	69%	69%	69%
Lampentyp	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage	
Lampentyp 1	308 h	318 h	152 h	149 h	142 h	35 h	83 h	73 h	
Lampentyp 2	277 h	249 h	0 h	124 h	232 h	35 h	83 h	0 h	
Lampentyp 3	373 h	456 h	149 h	149 h	0 h	0 h	0 h	73 h	
Haushaltstyp 2		Mittelwerte für			1.2	Personen pro Haushalt			
	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%
Lampentyp	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage	
Lampentyp 1	321 h	332 h	159 h	155 h	148 h	36 h	87 h	76 h	
Lampentyp 2	289 h	280 h	0 h	130 h	242 h	36 h	87 h	0 h	
Lampentyp 3	390 h	477 h	155 h	155 h	0 h	0 h	0 h	76 h	
Haushaltstyp 3		Mittelwerte für			1.7	Personen pro Haushalt			
	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%	86%
Lampentyp	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage	
Lampentyp 1	383 h	396 h	189 h	185 h	176 h	43 h	103 h	90 h	
Lampentyp 2	344 h	310 h	0 h	155 h	288 h	43 h	103 h	0 h	
Lampentyp 3	464 h	567 h	185 h	185 h	0 h	0 h	0 h	90 h	
Haushaltstyp 4		Mittelwerte für			2.7	Personen pro Haushalt			
	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%
Lampentyp	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage	
Lampentyp 1	482 h	498 h	238 h	233 h	222 h	64 h	130 h	114 h	
Lampentyp 2	433 h	390 h	0 h	195 h	363 h	64 h	130 h	0 h	
Lampentyp 3	585 h	715 h	233 h	233 h	0 h	0 h	0 h	114 h	
Haushaltstyp 5		Mittelwerte für			2.6	Personen pro Haushalt			
	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%	106%
Lampentyp	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage	
Lampentyp 1	473 h	489 h	234 h	229 h	218 h	63 h	128 h	112 h	
Lampentyp 2	425 h	383 h	0 h	191 h	356 h	63 h	128 h	0 h	
Lampentyp 3	574 h	702 h	229 h	229 h	0 h	0 h	0 h	112 h	
Haushaltstyp 6		Mittelwerte für			3.2	Personen pro Haushalt			
	118%	118%	118%	118%	118%	118%	118%	118%	118%
Lampentyp	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage	
Lampentyp 1	525 h	543 h	259 h	254 h	242 h	69 h	142 h	124 h	
Lampentyp 2	472 h	425 h	0 h	212 h	395 h	69 h	142 h	0 h	
Lampentyp 3	637 h	778 h	254 h	254 h	0 h	0 h	0 h	124 h	

Strombezug

Haushaltstyp 1									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	136 kWh	23 kWh	84 kWh	9 kWh	11 kWh	10 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Lampentyp 2	25 kWh	7 kWh	15 kWh	0 kWh	3 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Lampentyp 3	6 kWh	0 kWh	6 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
	169 kWh	30 kWh	106 kWh	9 kWh	14 kWh	10 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Haushaltstyp 2									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	154 kWh	24 kWh	88 kWh	19 kWh	12 kWh	11 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Lampentyp 2	42 kWh	7 kWh	31 kWh	0 kWh	3 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Lampentyp 3	16 kWh	7 kWh	7 kWh	2 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
	211 kWh	38 kWh	126 kWh	21 kWh	15 kWh	11 kWh			
Haushaltstyp 3									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	183 kWh	29 kWh	105 kWh	23 kWh	14 kWh	13 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
Lampentyp 2	78 kWh	8 kWh	56 kWh	0 kWh	4 kWh	7 kWh	0 kWh	4 kWh	0 kWh
Lampentyp 3	21 kWh	8 kWh	8 kWh	6 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
	282 kWh	45 kWh	169 kWh	29 kWh	18 kWh	19 kWh		4 kWh	0 kWh
Haushaltstyp 4									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	280 kWh	36 kWh	132 kWh	29 kWh	35 kWh	32 kWh	2 kWh	8 kWh	7 kWh
Lampentyp 2	150 kWh	10 kWh	117 kWh	0 kWh	10 kWh	8 kWh	0 kWh	5 kWh	0 kWh
Lampentyp 3	37 kWh	10 kWh	20 kWh	7 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh
	468 kWh	57 kWh	269 kWh	36 kWh	45 kWh	40 kWh	2 kWh	12 kWh	7 kWh
Haushaltstyp 5									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	443 kWh	35 kWh	259 kWh	42 kWh	51 kWh	31 kWh	2 kWh	8 kWh	13 kWh
Lampentyp 2	157 kWh	20 kWh	115 kWh	0 kWh	5 kWh	8 kWh	4 kWh	4 kWh	0 kWh
Lampentyp 3	42 kWh	10 kWh	20 kWh	7 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	6 kWh
	642 kWh	66 kWh	394 kWh	49 kWh	56 kWh	40 kWh		12 kWh	20 kWh
Haushaltstyp 6									
Lampentyp	Total	Küche	Wohn-/Esszimmer	Schlafzimmer	Bad/WC	Eingang/Treppen/Korridor	Büro	Nebenräume	Aussenbereich/Garage
Lampentyp 1	716 kWh	79 kWh	431 kWh	62 kWh	76 kWh	35 kWh	2 kWh	8 kWh	22 kWh
Lampentyp 2	228 kWh	45 kWh	153 kWh	0 kWh	11 kWh	9 kWh	4 kWh	5 kWh	0 kWh
Lampentyp 3	71 kWh	11 kWh	33 kWh	11 kWh	9 kWh	0 kWh	0 kWh	0 kWh	7 kWh
	1014 kWh	135 kWh	617 kWh	74 kWh	96 kWh	44 kWh	6 kWh	13 kWh	29 kWh