

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/279825152>

Verhaltensänderungen und organisatorisch-technische Optimierungen – ein starkes Team bei der Energieeinsparung : Erfahrungen und Erkenntnisse aus psychologischen Studien zum Energi...

Thesis · January 2014

CITATION

1

READS

2,338

1 author:



[Michael Stumpf](#)

University of Freiburg

28 PUBLICATIONS 82 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

**Verhaltensänderungen und organisatorisch-technische
Optimierungen - ein starkes Team bei der
Energieeinsparung.
Erfahrungen und Erkenntnisse aus psychologischen
Studien zum Energienutzungsverhalten an Hochschulen**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Wirtschafts- und Verhaltenswissenschaftlichen Fakultät

der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau

vorgelegt von

Michael Stumpf

aus Berlin

Wintersemester 2013/14

Dekan: Prof. Dr. Dieter K. Tschulin

Erstgutachter: Prof. Dr. Hans Spada

Zweitgutachter: Prof. Dr. Alexander Renkl

Datum des Promotionsbeschlusses: 21. Januar 2014

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	1
1 Zusammenfassung	3
2 Einleitung	5
2.1 Problematik des Klimawandels.....	5
2.2 Umweltschutz und Energiesparen.....	7
2.3 Verbrauchssituation und Einflüsse auf das Klima	10
2.4 Maßnahmenbereiche und Potenziale	14
2.5 Energiesparen in Hochschulen	15
2.5.1 Vorbild- und Multiplikatorfunktion von Hochschulen	17
2.5.2 Organisatorische Besonderheiten von Hochschulen	18
2.5.3 Einige Barrieren beim effizienten Einsatz von Energie an Hochschulen ..	21
2.6 Praxisbeispiel: Stromverbrauchsreduktionen	22
2.7 Energierelevantes Verhalten im Fokus der (Umwelt-)Psychologie	24
2.8 Zielsetzung, Konzeption, Methodik und Aufbau der Arbeit	28
3 Energieverbräuche und technisch-organisatorische Optimierungen	31
3.1 Daten.....	31
3.1.1 Verbrauchswerte	31
3.1.2 Kosten	32
3.1.3 Ökologischer Fußabdruck	32
3.1.4 Nutzerverhalten	33
3.2 Datenerhebungen	33
3.2.1 Verbrauchserfassungen	34
3.2.2 Grundlast und weitere Problembereiche	37
3.2.3 Referenzwerte	39
3.3 Bereinigungen der Verbrauchswerte.....	41
3.3.1 Witterungsbereinigungen	43
3.3.2 Gebäudebezogene Bereinigungen	45
3.3.3 Zeitliche Bereinigungen	45
3.4 Bewertungsmaßstäbe und Kennwerte.....	46
3.5 Energieeffizienz	48
3.6 Potenziale in Bau und Sanierung von Gebäuden	48
3.7 Potenziale in Betrieb und Organisation	50
3.8 Zusammenfassung des Kapitels	57
4 Energiesparen und Verhalten: Der schlafende Riese	58
4.1 Einführung	58
4.2 Einige psychologische Theorien und Modelle	60
4.3 Implikationen mangelnder Wahrnehmbarkeit von Energieverbräuchen	65
4.4 Wahrgenommene Barrieren als Ansatzpunkte für psychologische Interventionen .	68
4.4.1 Strukturelle Aspekte, situationale Faktoren und die Schaffung von Handlungsmöglichkeiten	70
4.4.2 Lücken, Misskonzeptionen und Mythen als Barrieren für energiesparendes Verhalten: Die Rolle bereichsspezifischen Wissens	71
4.4.2.1 Misskonzepte und Mythen in Bezug auf den Energieverbrauch ..	71

4.4.2.2	Experten- und Laienmodelle von Thermostatventilen	73
4.4.2.3	Kippfenster als Senken für Wärmeenergie	75
4.4.3	Soziale Normen	76
4.4.4	Psychologische Reaktanz	77
4.4.5	Bildung und Beeinflussung von Gewohnheiten	78
4.4.6	Ökologisch-soziale Dilemmata	79
4.4.7	Rebound-Effekte	79
4.5	Verhaltensorientierte Interventionsmaßnahmen und ihre Anwendung	81
4.5.1	Klassifikation verhaltensorientierter Interventionen	81
4.5.1.1	Verhaltens erzeugende Techniken	82
4.5.1.2	Verhaltensfördernde Techniken	86
4.5.2	Dimensionen zur Einordnung energiesparenden Verhaltens	89
4.5.3	Ergänzende Erkenntnisse aus einigen metaanalytischen Studien zum Energiesparen insbesondere in Haushalten	91
4.5.4	Potenziale verhaltensorientierter Interventionen in Bezug auf den Energieverbrauch	93
4.6	Zusammenfassung des Kapitels	95
5	Ein prototypisches Projekt	96
5.1	Organisatorische Einbettung	96
5.2	Übersicht über die Gebäude	99
5.3	Datengrundlage und Datenerhebungen	101
5.4	Bestandsaufnahme: Technik, Organisation, Verhalten	103
5.4.1	Hauptgebäude	104
5.4.2	Hörsaalgebäude	108
5.5	Potenziale für Energieeinsparungen	109
5.6	Identifikation konkreter Projektziele	111
5.7	Baselines der Verbräuche	112
5.8	Baseline des Nutzerverhaltens	112
5.9	Planung und Durchführung der Maßnahmen	113
5.9.1	Technisch-organisatorische Maßnahmen: Strom	113
5.9.1.1	Allgemeinbeleuchtung und weitere zentrale Stromverbraucher	113
5.9.1.2	Zentrale Informationstechnologie	115
5.9.2	Technisch-organisatorische Maßnahmen: Heizung	116
5.9.3	Verhaltensorientierte Maßnahmen	119
5.9.3.1	Appelle, Online-Prompts, Energiepartner, Info-Mails: Eine kleine empirische Studie	119
5.9.3.2	Informationen und Öffentlichkeitsarbeit	124
5.9.3.4	Norm- und rückmeldungsbezogene Elemente	128
5.9.3.5	Incentives und weitere Interventionen für die Zielgruppe der Studierenden	132
5.9.3.6	Ergänzende Maßnahmen	132
5.9.4	Einsatz von Prämienmitteln für klimabezogene bauliche Maßnahmen	134
5.10	Ergebnisse und Diskussion	136
5.10.1	Datengrundlage	136
5.10.2	Veränderungen des Verhaltens	136
5.10.3	Veränderungen bei den Verbräuchen und Energiekosten	139
5.10.4	Diskussion	141
5.11	Verbleibende Potenziale, Ausblick	144

6	Studien zur Beeinflussung des Energienutzungsverhaltens an Hochschulen – ein integrativer Überblick	146
6.1	Einleitung	146
6.2	Reduzierung des Wasserverbrauchs	148
6.2.1	(1) Aronson & O’Leary (1982-83)	149
6.3	Reduzierung des Verbrauchs von elektrischer Energie	150
6.3.1	(2) Delprato (1977)	151
6.3.2	(3) Winett (1977-78)	153
6.3.3	(4) McClelland & Cook (1980)	155
6.3.4	(5) Luyben (1980)	157
6.3.5	(6) Luyben (1980-81)	159
6.3.6	(7) Luyben (1982-83)	160
6.3.7	(8) Zolik, Jason, Nair & Peterson (1982-83)	161
6.3.8	(9) De Young (1989-90)	162
6.3.9	(10) Kielmann & Matthies (1998)	165
6.3.10	(11) Griesel (2004)	168
6.3.11	(12) Ocejja & Beringuer (2009)	170
6.3.12	(13) Sussman & Gifford (2012)	173
6.4	Reduzierung des Verbrauchs von Wärmeenergie	177
6.4.1	(14) Luyben (1984)	177
6.4.2	(15) Staats, Van Leeuwen & Wit (2000)	179
6.4.3	(16) Hansmeier & Matthies (2007), Hansmeier (2008), Matthies & Hansmeier (2010)	183
6.5	Integrierte Projekte: Reduzierung des Energieverbrauchs insgesamt	187
6.5.1	(17) Schahn (2004, 2007, 2008)	187
6.5.2	(18) Matthies (2010), Matthies et al. (2011)	191
6.5.3	(19) Carrico & Riemer (2011)	195
6.5.4	(20) Stumpf (2008a, 2008b, 2012, 2013)	198
6.5.5	Zusammenfassung des Kapitels	199
7	Ergebnisse, Synthese und Diskussion	200
7.1	Einführung	200
7.2	Skizzierung eines Leitfadens für ein integriertes Energiesparprojekt	200
7.2.1	Allgemeine Voraussetzungen, Vorarbeiten und Planung	200
7.2.1.1	Bestandsaufnahme	201
7.2.1.2	Festlegung und Kommunikation von Energiesparzielen und Zielverhalten	201
7.2.1.3	Datenbasis für Potenzialanalyse, Baseline und Interventionsphase	201
7.2.1.4	Projektlaufzeiten	203
7.2.1.5	Festlegung und Analyse der Zielgruppe im Hinblick auf Interventionen	203
7.2.2	Organisatorische und technische Maßnahmen	204
7.2.2.1	Unterstützung durch die Leitung der Einrichtung	204
7.2.2.2	Partizipative Elemente	204
7.2.2.3	Dezentrale, lokale Projektbetreuung	205
7.2.2.4	Einmalig durchzuführende zentrale Maßnahmen	205
7.2.2.5	Regelmäßig durchzuführende zentrale Maßnahmen	206
7.2.2.6	Einmalig durchzuführende dezentrale Maßnahmen	206

7.2.3	Interventionen im Hinblick auf Verhaltensänderungen	207
7.2.3.1	Informationen	208
7.2.3.2	Prompts	208
7.2.3.3	Zielvereinbarungen und Selbstverpflichtungen	209
7.2.3.4	Rückmeldungen / Feedback	210
7.2.3.5	Incentives: Prämien, Belohnungen, Verlosungen	211
7.2.3.6	Soziale Modelle und „Block Leader“	212
7.2.3.7	Ergänzungen: Nudging und Choice Editing	213
7.2.3.8	Problembereiche: Reaktanz- und Rebound-Effekte	214
7.2.4	Anmerkungen zur Evaluation	214
7.2.5	Langzeitbetrachtungen	215
7.3	Abschließende Anmerkungen	216
	Literatur	217

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.	Energieeffizienz einmal anders: Der Autor vor Elba hoch am Wind (n. Wortmann, 2009; Foto: R. Dischler)	2
Abbildung 2.	Die Verläufe der Stromverbräuche der einzelnen Gebäude im DezMon-Projekt 2007-2012 unterscheiden sich deutlich.	23
Abbildung 3.	Das theoretisch erschließbare Potenzial zur Einsparung von Energie enthält Bereiche, die technischen bzw. nutzerbezogenen Einflüssen unterliegen. Das nutzerbezogene Potenzial wird dabei auf etwa 5-20 % geschätzt (Kastner, 2012, S. 4).	24
Abbildung 4.	Das Integrative Prozessmodell von Wortmann (2010, S. 431) veranschaulicht den Stellenwert psychologischer Beiträge innerhalb eines Energiesparprojekts.	27
Abbildung 5.	Beispiel für einen zeitlich normierten Verlauf des wöchentlichen Stromverbrauchs	46
Abbildung 6.	Die Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen, 1991; hier in der Darstellung in Schwarzer, 2004, S. 53) beschreibt den Einfluss der Erwartung an das Ergebnis einer Handlung (Einstellung), der Überzeugungen bzgl. des sozialen Umfeldes (subjektive Norm) sowie der Überzeugung zu den eigenen Möglichkeiten bzgl. der Handlung (wahrgenommene Verhaltenskontrolle) in Bezug auf die Intention und auf das tatsächliche Verhalten.	61
Abbildung 7.	Das fünfstufige Modell der modifizierten Heuristik nach Matthies (2003) in Anlehnung an das Normaktivationsmodell nach Schwartz & Howard (1981, zitiert nach Griesel, 2004, S. 35) beschreibt den einer moralisch motivierten Handlung vorgelagerten Entscheidungsprozess.	63
Abbildung 8.	Im Integrativen Einflusschema umweltgerechten Alltagshandelns (Matthies, 2005, S. 73) werden u. a. die Einflüsse von Gewohnheiten insbesondere auf die Aktivierung von Normen abgebildet.	64
Abbildung 9.	Der High Performance Cycle (HPC) nach Locke & Latham (1990) (zitiert nach Griesel, 2004, S. 35) betont den Einfluss der Gestaltung von Zielen auf die erbrachte Leistung und die Arbeitszufriedenheit.	65
Abbildung 10.	Komponenten eines Thermostatventils (Fabrikat Heimeier; Erläuterungen im Text) (Quelle: http://www.taheimeier.de/WebsiteFiles/Products_and_Solutions/Consumer%20Products/Numbers/Function.png)	73
Abbildung 11.	Bei konstanter Einstellung verändern Thermostatventile den Durchfluss des warmen Heizungswassers in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur selbsttätig und kontinuierlich. Dabei liegen Öffnungs- und Schließkennlinie nicht übereinander, sondern sind gegeneinander um den Betrag der Hysterese verschoben (Beele, 2003, S. 65).	75
Abbildung 12.	Kippenfenster können bei niedrigen Außentemperaturen erhebliche Wärmemengen entweichen lassen. Mithilfe von Wärmebildkameras kann dieser Verlust visualisiert werden (Deutscher Städtetag, 2009, S. 2)	76

Abbildung 13.	Verhaltenserzeugende Techniken adressieren nach Mosler und Tobias (2007, S. 42) entweder Strukturen als Rahmenbedingungen des Verhaltens oder wenden sich direkt an einzelne Personen. Für den Bereich des Energiesparens besonders wichtige strukturfokussierte Techniken sind Vorschriften und Infrastrukturmaßnahmen, während die Vermittlung von Wissen, die Veränderung von Normen und Überzeugen sowie Aufforderungen und das Hervorrufen von Spannungszuständen zu den personenfokussierten Techniken gezählt werden.	83
Abbildung 14.	Verhaltensfördernde Techniken beziehen sich nach Mosler und Tobias (2007, S. 42) entweder auf bestimmte Situationen und weisen auf konkrete Verhaltensgelegenheiten hin oder sie richten sich gezielt an die Verbreitung in einer Gruppe. Wichtige Techniken für den Bereich des Energiesparens an Hochschulen sind insbesondere Prompts und Erinnerungshilfen, Selbstverpflichtungen, soziale Modelle, Massenmedien wie Internet und Hausmitteilungen, persönliche Kontakte und partizipative Ansätze.	87
Abbildung 15.	Ansichten der beiden Gebäude des Instituts für Psychologie in der Engelbergerstraße (Fotos: Verf.).....	100
Abbildung 16.	Einsatz von Energiemessgeräten vom Typ <i>efergy</i> im Niederspannungshauptverteiler zur Erfassung des Verbrauchs fest angeschlossener Geräte bzw. ganzer Stockwerke.	101
Abbildung 17.	Erfassung eines Lastprofils des Stromverbrauchs am Niederspannungshauptverteiler.	102
Abbildung 18.	Der Anteil des Stroms am gesamten Energieverbrauch beider Gebäude liegt bei etwa einem Drittel und der Anteil der Heizenergie bei zwei Dritteln. Bei den Kosten ist es umgekehrt.	103
Abbildung 19.	Anteile der Energieträger an der CO ₂ -Belastung (beide Gebäude).	104
Abbildung 20.	Tagesgang des Stromverbrauches an einem gering ausgelasteten Tag im Winter.....	106
Abbildung 21.	Vergleich des Stromverbrauches eines gering und eines stark ausgelasteten Tages zur Winterzeit.....	106
Abbildung 22.	Verlauf der Grundlast über das Jahr 2012 mit Wochen-, Feiertags-, Semester- und Jahreszeitenrhythmen.	107
Abbildung 23.	Anteile verschiedener Bedarfsgruppen am gesamten Stromverbrauchs: Zwei Drittel gingen auf das Konto zeitlich fixer (Server usw.) und variabler (Arbeitsplatzsysteme usw.) informationstechnischer Systeme.....	108
Abbildung 24.	Jahreszeitlicher Rhythmus des Strombedarfs der Außenbeleuchtung und Effekt der Umstellung auf energiesparende Leuchtmittel im Laufe des 15.3.2013. Infolge des geringeren Energiebedarfs der neuen Leuchtmittel reduziert sich auch der jahreszeitlich bedingte Schwankungsbereich, d. h. die Verbrauchskurve wird deutlich flacher... ..	115

Abbildung 25.	Temperaturverlauf im großen Hörsaal Psychologie über den Jahreswechsel 2011/12: Deutlich sichtbar ist das Abfallen der Temperatur während der Schließzeit infolge des Ausschaltens der Fußbodenheizung und der kurze, rasche Anstieg zur Vorbereitung auf die ersten Nutzungstage Anfang 2012.	119
Abbildung 26.	Experimentelles Design der Studie Bonnal et al. (2007, S. 14).	120
Abbildung 27.	Beispiel für einen Appell an das Herunterdrehen der Heizung (Foto: Verf.).. .	121
Abbildung 28.	Beispiel für einen Appell an das Versetzen des PCs in den Ruhezustand (Foto: Verf.).	122
Abbildung 29.	Beispiel für einen Online-Prompt zum Stoßlüften (Bonnal et al., 2007, Anhang, S. 58).	122
Abbildung 30.	Beispiel für einen Online-Prompt zur Beleuchtung (Bonnal et al., 2007, Anhang, S. 60).	123
Abbildung 31.	Homepage des Projekts <i>Nachhaltige Energieeffizienz</i>	125
Abbildung 32.	Poster zur Information der Institutsmitglieder (Erdgeschoss des Hauptgebäudes; Stand Herbst 2013).	126
Abbildung 33.	Faltblatt zur Information insbesondere der Studierenden über ihre spezifischen Möglichkeiten zur Energieeinsparung am Institut.	127
Abbildung 34.	Zwei Beispiele für Energiesparthermometer.	129
Abbildung 35.	Türhänger des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg.	129
Abbildung 36.	Elemente des Energiesparthermometers des Projekts <i>Nachhaltige Energieeffizienz</i>	130
Abbildung 37.	Energiesparthermometer des Projekts <i>Nachhaltige Energieeffizienz</i> bei Aufstellung auf einem Tisch.	132
Abbildung 38.	Elemente des Energiesparpaketes für Studierende im Jahr 2011.	133
Abbildung 39.	Prompt an den WC-Fenstern: Aufforderung, im Winter auch in den WCs Stoßlüften zu praktizieren und die Fenster nicht dauerhaft gekippt zu hinterlassen, um einem Auskühlen der Räume vorzubeugen.	133
Abbildung 40.	Elektrisch verstellbare Kippfenster zur Nachtauskühlung im PC-Pool (halb geöffnet).	135
Abbildung 41.	Positive Langfristeffekte des Projekts: Kaum noch Kippfenster, deutlicher Rückgang nachts eingeschalteter PCs.	138
Abbildung 42.	Verlauf der Einsparungen bei den Verbräuchen an Strom (obere Zeile) bzw. Heizenergie (untere Zeile) in den beiden Gebäuden im Zeitraum 2005-2012 (Projektbeginn war Herbst 2006).	140
Abbildung 43.	Verlauf der erwirtschafteten Prämien. Bislang wurden Einsparungen von ca. 71.000 € erzielt, von denen ca. 46.000 € an das Institut ausgezahlt wurden; 25.000 € verblieben bei der Verwaltung.	140
Abbildung 44.	Kombination zweier Aufforderungen: Licht ausschalten und Selbstbeobachtung (Delprato, 1977, S. 435).	151

Abbildung 45. Prompt für das Ausschalten von Licht in der Studie von Sussman & Gifford (2012, S. 598).....	173
Abbildung 46. Verlauf des ausgeschalteten Lichts in der Studie von Sussman & Gifford (2012, S. 599).....	174
Abbildung 47. Signalisierung der Unterstützung der Leitung und Vorbild zugleich: Der Rektor der Ruhr-Universität Bochum Prof. Elmar Weiler (Matthies, 2010, S. 16).....	192

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Vor- und Nachteile von Verfahren zur Erfassung von Verbrauchsdaten (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2010)	36
Tabelle 2	Kategorisierung und Erläuterung von Energiesparmaßnahmen gemäß der Dimensionen zentral vs. dezentral und einmalig vs. wiederholt (Schahn, 2007, S. 145)	89
Tabelle 3	Übersicht über die Gebäude des Teilprojekts Psychologie.	100
Tabelle 4	Übersicht über Grundlastverbraucher des Hauptgebäudes im Jahr 2012.	107
Tabelle 5	Beiträge zum Umwelttag 4.12.2007 (ohne Postersession).	128
Tabelle 6	Betrachtete Studien – ein erster Überblick.	147
Tabelle 7	Überblick über die in den betrachteten Studien adressierten Zielverhaltensweisen und die eingesetzten Interventionen.	148
Tabelle 8	Kurzcharakteristik der Studie (1) Aronson & O’Leary (1982-83); UCSC.	150
Tabelle 9	Kurzcharakteristik der Studie (2) Delprato (1977); Eastern Michigan Univ., Department of Psychology.	153
Tabelle 10	Texte und Blattgrößen für die in den einzelnen Phasen in Winett (1977-78) eingesetzten Prompts (S. 238f).	154
Tabelle 11	Kurzcharakteristik der Studie (3) Winett (1977-78); Univ. of Kentucky, Department of Psychology.	154
Tabelle 12	Kurzcharakteristik der Studie (4) McClelland & Cook (1980); University of Colorado, Boulder, Institute of Behavioral Science.	156
Tabelle 13	Kurzcharakteristik der Studie (5) Luyben (1980); SUNY Cortland.	158
Tabelle 14	Kurzcharakteristik der Studie (6) Luyben (1980-81); SUNY Cortland.	160
Tabelle 15	Kurzcharakteristik der Studie (7) Luyben (1982-83); SUNY Cortland.	161
Tabelle 16	Kurzcharakteristik der Studie (8) Zolik, Jason, Nair & Peterson (1982-83); DePaul University.	162
Tabelle 17	Kurzcharakteristik der Studie (9) De Young (1989-90); University of Michigan, Ann Arbor.	164
Tabelle 18	Kurzcharakteristik der Studie (10) Kielmann & Matthies (1998); Ruhr-Universität Bochum.	167
Tabelle 19	Kurzcharakteristik der Studie (11) Griesel (2004); Ruhr-Universität Bochum.	170
Tabelle 20	In der Studie von Ocejja und Beringuer (2009) eingesetzte Prompts (S. 661).	171
Tabelle 21	Kurzcharakteristik der Studie (12) Ocejja & Beringuer (2009); Universität Madrid.	172
Tabelle 22	Kurzcharakteristik der Studie (13) Sussman & Gifford (2012); University of Victoria, Canada.	176
Tabelle 23	Kurzcharakteristik der Studie (14) Luyben (1984); SUNY Cortland.	179
Tabelle 24	Kurzcharakteristik der Studie (15) Staats, Van Leeuwen & Wit (2000); Leiden (NL).	182

Tabelle 25	Kurzcharakteristik der Studie (16) Hansmeier & Matthies (2007), Hansmeier (2008), Matthies & Hansmeier (2010); Ruhr-Universität Bochum.	186
Tabelle 26	Kurzcharakteristik der Studien (17) Schahn (2004, 2007, 2008); Universität Heidelberg, Psychologisches Institut.	190
Tabelle 27	Kurzcharakteristik der Studie (18) Matthies (2010), Matthies et al. (2011); Ruhr-Universität Bochum.	194
Tabelle 28	Kurzcharakteristik der Studie (19) Carrico & Riemer (2011); vermutlich Vanderbilt University, Nashville, TN.	197
Tabelle 29	Kurzcharakteristik der Studien (20) Stumpf (2008a, 2008b, 2012, 2013); Universität Freiburg.	198

Public university buildings are fascinating if somewhat complicated behavior settings. Designed and managed for a broad range of users, these buildings present a challenge to those trying to promote energy conservation.
(DeYoung, 1989-90, S. 265)

Vorwort

Die Kombination von technischen und verhaltenswissenschaftlichen Aspekten des Umgang mit Energie ist ein Thema, das mit der zunehmenden Verknappung natürlicher Ressourcen, steigenden Umweltbelastungen und drohenden Klimaveränderungen in den letzten Jahren stark an Relevanz gewonnen hat. Die Möglichkeit, an einem Ausschnitt dieser Thematik mitarbeiten und einige Aspekte innerhalb des Projekts *Nachhaltige Energieeffizienz* am Institut für Psychologie vertiefen zu können, war für mich der faszinierende Ausgangspunkt der vorliegenden metaanalytisch angelegten Arbeit.

Zu besonderem Dank verpflichtet bin ich Prof. Dr. Hans Spada für Forderung und Förderung während der Jahre, die ich in seiner Abteilung *Allgemeine Psychologie* mit sehr unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkten befasst war, und der diese Arbeit in allen Phasen kompetent unterstützt und begleitet hat. Durch seine Tätigkeit und Initiativen in verschiedenen Gremien der Universität war er zudem maßgeblich an der Bildung des Rahmens für eine nachhaltige Entwicklung innerhalb der Universität Freiburg beteiligt, der in Gestalt des Prämienprojekts *Dezentrale monetäre Ansätze zur Energieeinsparung (DezMon)* der Verwaltung eine wesentliche Grundlage für das Projekt *Nachhaltige Energieeffizienz* am Institut darstellt. Ein ebenso herzlicher Dank geht an Prof. Dr. Alexander Renkl für die freundliche Bereitschaft zur Übernahme des Zweitgutachtens.

Den übrigen Professorinnen und Professoren des Instituts für Psychologie, allen Kolleginnen und Kollegen, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und nicht zuletzt der Fachschaft und den Studierenden danke ich für ihre wohlwollende Unterstützung während der vergangenen Jahre, ihr Interesse, ihre Geduld und ihre vielfältigen Rückmeldungen.

Seit Anbeginn eng mit dem Projekt verbunden ist Dr. Michael Scheuermann, der einerseits als Mitglied der Arbeitsgruppe Energiesparen am Institut viele Ideen beitrug und andererseits ein immer freundlicher, aber auch steter Mahner in Bezug auf die Fertigstellung dieser Arbeit war. Prof. Dr. Nikol Rummel (jetzt Ruhr-Universität Bochum) hat das Projekt in den ersten Jahren in Freiburg konstruktiv begleitet und unter anderem am Beginn des Projekts eine einschlägige studentische Qualifikationsarbeit betreut. Vielen Dank dafür!

Wesentlichen Anteil an dem konstruktiven und belebenden Umfeld in der Abteilung *Allgemeine Psychologie* haben meine Kolleginnen und Kollegen Prof. Dr. Sieghard Beller, Prof. Dr. Andrea Bender, Anette Dorenberg-Ibarra, Celia Kändler, Liridon Korcaj, Gregory Kuhnmüch, Sören Pape, Kristin Reiß, Annelie Rothe-Wulf und Michael Wiedmann. Ulf Hahnel und Lisa Hüther danke ich für formale und inhaltliche Anmerkungen und Diskussionen, Paul Hüttner für die Möglichkeit, technische Ideen im Vorfeld ihrer Umsetzung diskutieren zu können, und Rudolf Siegel für seine technische Unterstützung in verschiedenen Bereichen der Projektarbeiten. Prof. Dr. Andreas Ernst (Universität Kassel) danke ich für jedwede Aufmunterung, Bestärkung und konstruktive Rückmeldung.

Mein Dank geht auch an eine Reihe von Personen auf Seiten der Zentralen Universitätsverwaltung für ihre Unterstützung: An den Kanzler der Universität, Dr. Matthias Schenek, an den Leiter der Stabsstelle *Umweltschutz*, Dr. Jürgen Steck, an die Leiterin des Dezernats I *Controlling*, Barbara Windscheid, sowie an den Leiter der Abteilung *Energiecontrolling, Nachhaltiger Betrieb*, Dr. Marcus Siefert und seine Mitarbeiterin Elke Liesemann. Auch dem Technischen Gebäudemanagement, insbesondere dem Leiter Günter Kürschner und seinen Mitarbeitern Gerd Bergmann und Michael Zimmermann, sowie Heinz Krumm und Heinz-Peter Rombach vom Kaufmännischen Gebäudemanagement danke ich für ihre kompetente und freundliche Unterstützung.

Nicht zuletzt gilt mein Dank meinem privaten Umfeld, ganz besonders meiner Frau Ingrid, die den Text gewissenhaft Korrektur gelesen hat, und unseren drei Kindern Katharina, Johanna und Alexander, denen es jeden Abend gelingt, mich wieder zuhause „einzufangen“.

Michael Stumpf, im Oktober 2013



Abbildung 1. Energieeffizienz einmal anders: Der Autor vor Elba hoch am Wind (n. Wortmann, 2009; Foto: R. Dischler)

1 Zusammenfassung

In Zeiten drohender Klimaveränderungen, steigender Energiepreise und knapper Kassen ist das Ausloten aller Möglichkeiten zur möglichst effizienten Nutzung von Energie eine grundlegende gesellschaftliche und wirtschaftliche Verpflichtung. Hochschulen kommt dabei aufgrund ihrer Bedeutung in Bezug auf die Schaffung wissenschaftlicher Werte, ihre Ausbildungs- und Multiplikatorfunktion, ihre Verantwortung in Bezug auf die Schonung von Ressourcen, die erheblichen Verbrauchs- und Finanz-Volumina sowie aufgrund rechtlicher Rahmenbedingungen eine besondere Rolle zu.

Wie eine Vielzahl von Initiativen zeigt, hat das politische und gesellschaftliche Ziel einer nachhaltigen Entwicklung auch Eingang in die Hochschulen gefunden. Dabei sind drei Aspekte zentral: (1) eine Beschränkung auf das Wesentliche (*Suffizienz*), (2) ein Ersatz umweltschädlicher durch umweltfreundlichere Energieträger (*Substitution*) sowie (3) eine bessere Nutzung vorhandener Energieträger (*Effizienz*) (Stengel, 2011). Insbesondere Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs können den finanziellen Spielraum von Hochschulen erhalten oder sogar erweitern helfen, der bei festem Budget und einem hohen Anteil fixer Kosten durch Steigerungen von Verbräuchen und Preisen für Energie zunehmend enger wird. Zwar sind rein technisch orientierte Maßnahmen wie Sanierungen oder ein energieoptimierter Gebäudebetrieb mit erheblichen Potenzialen verbunden, sie stoßen jedoch mitunter auf Hemmnisse in finanziellen, baulichen, organisatorischen oder technischen Bereichen. Neben diesen Potenzialen sind oft weitere vorhanden, die mit minimal investiven Maßnahmen und Verhaltensänderungen der Nutzer erschlossen werden können. Die Erforschung der Bedürfnisse der Nutzer, ihrer Ziele und Handlungen unter Bezug auf die jeweilige räumliche, soziale und kulturelle Umgebung (Cervinka & Schmuck, 2010) und entsprechender Möglichkeiten für freiwillige Maßnahmen der Energieeinsparung (Wortmann, 2010) sind dabei genuin psychologische Aufgabengebiete.

Erfreulicherweise konnte das einschlägige Instrumentarium der Psychologie in den letzten Jahren deutlich weiter entwickelt (Kazdin, 2009), systematisiert, evaluiert und Metaanalysen unterworfen werden (z. B. Abrahamse, Steg, Vlek & Rothengatter, 2005; Bamberg & Möser, 2007; Cook & Berrenberg, 1981; Hines, Hungerford & Tomera, 1986; Osbaldiston & Schott, 2012), sodass nunmehr eine Reihe wissenschaftlich begründeter und in der Praxis erprobter Modellvorstellungen mit einem daraus abgeleiteten Interventionsportfolio zur Verfügung steht. Allerdings sind praxisrelevante, psychologisch motivierte, wissenschaftlich fundierte, doku-

mentierte bzw. publizierte Arbeiten, die sich auf den Energieverbrauch im Hochschulbereich beziehen, nach wie vor selten.

In der vorliegenden Arbeit werden solchermaßen charakterisierte Beiträge zusammengetragen, systematisiert und analysiert, um (1) einen Überblick über die für Hochschulen im Energiebereich relevanten Methoden der Psychologie und ihre Anwendung in der Praxis zu geben und (2) aus psychologischer Sicht Hinweise auf eine *best practice* für Energiesparprojekte im Hochschulbetrieb abzuleiten. Insgesamt wurden zwanzig im Zeitraum von 1977 bis 2013 an Hochschulen in Deutschland, weiteren europäischen Ländern sowie in den U. S. A. und Kanada durchgeführte und publizierte Projekte in die Arbeit einbezogen. Die Erfahrungen und Erkenntnisse aus den untersuchten Studien zu gering investiven technisch-organisatorischen Maßnahmen sowie zu psychologisch motivierten Interventionselementen wurden zusammengestellt und in ihren wissenschaftlichen Kontext eingeordnet und analysiert. Dabei zeigte sich unter anderem, dass sich technisch-organisatorische Maßnahmen und solche, die auf eine Veränderung des Verhaltens der Nutzer abzielen, sehr gut ergänzen können. Exemplarisch verdeutlicht wird dies am Beispiel des über mehrere Jahre laufenden Projekts am Institut für Psychologie der Universität Freiburg, das zugleich den empirischen Teil der vorliegenden Arbeit darstellt.

Im Verlauf der durch die untersuchten Studien abgedeckten Jahre ist das Spektrum der thematisierten Zielverhaltensweisen, also der wünschenswerten Verhaltensweisen der Nutzer, deutlich breiter geworden. Gleichzeitig hat das auf Seiten der Nutzer zur korrekten Einschätzung und Bewertung von Handlungsoptionen erforderliche Wissen zugenommen, wie dies etwa an den sog. Lichtlügen und am Umgang mit mechanischen und elektronischen Heizkörperthermostatventilen sichtbar wird. Die Vermittlung von Wissen ist daher ein notwendiger, in der Regel jedoch kein hinreichender Bestandteil einer Energiesparinitiative. Zudem sollten die Besonderheiten der verschiedenen Gruppen an einer typischen Hochschule bei der Ausrichtung von Interventionen und beim Einsatz partizipativer Methoden stärker berücksichtigt werden, denn Verwaltung, technischer und wissenschaftlicher Dienst sowie Studierende unterscheiden sich bezüglich ihrer Rollen, Interessen, Motivationen, Verweildauer, kontextspezifischen Kenntnisse und soziodemografischen Parameter meist deutlich. Neben Empfehlungen, die sich auf einzelne Interventionselemente beziehen, werden in der Arbeit zudem Problembereiche wie Reaktanz und Rebound thematisiert. Die gesammelten Erkenntnisse bilden schließlich die Basis für die Skizze eines Leitfadens für ein integriertes Energiesparprojekt an einer Hochschule.

2 Einleitung

„Energiesparen – unsere beste Energiequelle“ – so lautete 1978 der Slogan einer Kampagne des deutschen Bundeswirtschaftsministeriums. Innerhalb von zwei Jahren wurden damals auf Anforderung mehr als zehn Millionen Informationsschriften mit Energiespartipps abgegeben; allein im Jahr 1980 waren im Bundeshaushalt über 13 Mio. DM für die allgemeine Aufklärung der Energieverbraucher vorgesehen (Deutscher Bundestag, 1980). Damit wurde das Energiesparen als zu Kohle, Gas, Erdöl und Kernenergie gleichberechtigter Energieträger beworben und insbesondere auf die Unabhängigkeit von ausländischen Energiequellen abgehoben. Aktuell wird ein „Energiedreisprung“ (Hochhuber, 2012, S. 11) (unnötigen Energieverbrauch vermeiden; Energie effizient nutzen sowie den Restenergiebedarf mit erneuerbaren Energien decken) beschworen und Energieeffizienz als die am meisten unterschätzte Energiequelle bezeichnet (Ross & Williams, 1976). Begriffe wie Energieeffizienz, Energiewende und insbesondere der Schutz des Klimas bzw. ein Klimawandel mit möglicherweise gravierenden Folgen sind in aller Munde.

2.1 Problematik des Klimawandels

Klimaänderungen sind an sich nicht ungewöhnlich (Bubenzer & Radtke, 2007). Nicht zuletzt auch deshalb, weil einige grundlegende Eigenschaften unseres Planeten nicht fix sind, sondern sich über die Zeit verändern. Das Klima – verstanden als ein über 30 Jahre gemittelter Zustand meteorologischer Werte wie Temperatur, Niederschlag, Wind usw. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001) – ist daher ebenfalls nicht konstant. Auch wenn das Klimasystem mit seinen aus Luft, Wasser, Eis, Land und Lebewesen bestehenden Hauptkomponenten sowie deren Interaktionen insgesamt noch nicht umfassend verstanden wird, ist ein starker Einfluss des Menschen in den letzten Jahrzehnten zumindest hochwahrscheinlich, wenn nicht sogar der dominante Part (Cook et al., 2013; Jacobeit, 2007; National Climate Assessment and Development Advisory Committee, 2013). Insbesondere das verstärkte Auftreten von Hitzewellen und Starkregen in den letzten Jahren dürfte mit dem Einfluss menschlicher Aktivitäten zusammenhängen (Coumou & Rahmstorf, 2012).

In der Öffentlichkeit gilt ein möglicher Klimawandel einerseits vielfach als wichtiges Problem, dessen Auswirkungen vielleicht sogar schon sichtbar sind (Bostrom, Morgan, Fischhoff & Read, 1994; Dunlap, 1998), und das Verständnis für zugrunde liegende Zusammenhänge nimmt zu (Reynolds, Bostrom, Read & Morgan, 2010). Andererseits wird der Klimawandel häufig als eher entfernte Bedrohung mit begrenzter persönlicher Relevanz gesehen (Lorenzoni, Leisero-

witz, De Franca Doria, Poortinga & Pidgeon, 2006; Milfont, 2010) und seine Wahrnehmung ist mit verschiedenen zeitlichen und räumlichen Verzerrungen, sog. Biases, behaftet (Gifford et al., 2009; Weber, 2006). So wird beispielsweise die Situation im eigenen lokalen Umfeld häufig positiver beurteilt als diejenige in entfernten Regionen. Von Wissenschaft und Politik ist die Problematik des Klimawandels weitgehend akzeptiert (Anderegg, Prall, Harold & Schneider, 2010; Oreskes, 2004; Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, 1993). Der Mensch ist demnach nicht nur Betroffener eines Klimawandels, sondern in einem gewissen Maß auch dessen Verursacher. Dies hat zu einer Reihe von Absichtserklärungen wie der Einführung eines globalen Klimazieles der Begrenzung des globalen Temperaturanstiegs auf maximal 2 °C geführt. Folgeschwere Entwicklungen für die Menschheit können damit zwar nicht ausgeschlossen werden, aber eine Anpassung in Wirtschaft, Politik und Verwaltung zu vertretbaren Kosten erscheint noch möglich, wenn auch aufgrund der Trägheit der Klimaveränderungen und der sozio-ökonomischen Systeme dringender Handlungsbedarf gesehen wird (European Union Climate Change Expert Group, 2008).

Endlicher (2007) spricht von einer „Klimafalle“ (S. 129), die durch den Ausstoß von Treibhausgasen und einen daraus resultierenden Temperaturanstieg von 0,8 °C in den letzten Jahrzehnten verursacht wurde, meint „die Landebahn für das Raumschiff ‘Erde’ ... [sei] ebenso schmal wie kurz“ (S. 129) und plädiert für eine Doppelstrategie: Sich einerseits einzustellen auf möglicherweise eintretende gravierende Veränderungen der Umwelt („das Unvermeidbare beherrschen“, S. 119) und andererseits alles zu tun, um die umweltschädlichen Anteile des menschlichen Wirkens auf ein Maß zu reduzieren, das mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit solche gravierenden Veränderungen verhindert („das Unbeherrschbare vermeiden“, S. 119). Nur rund ein Dutzend Jahre verbleibt nach seiner Ansicht, um einen globalen Temperaturanstieg auf weniger als 2 °C zu begrenzen. Dabei darf durchaus bezweifelt werden, dass der Bereich unterhalb der Zwei-Grad-Grenze wirklich sicher ist (European Union Climate Change Expert Group, 2008). Berechtigte Zweifel gibt es auch daran, ob das Zwei-Grad-Ziel in Anbetracht der aktuellen Situation (Anfang 2013) überhaupt noch eingehalten werden kann (Peters et al., 2013).

Für den Fall, dass dieses Ziel verfehlt werden würde, könnten insbesondere auf die Industrienationen erhebliche Kosten zukommen. Kemfert (2007) schätzt die Kosten für Deutschland allein bis zum Jahr 2050 bei einem Anstieg der Oberflächentemperatur der Erde um 4,5 °C bis zum Ende des Jahrhunderts auf etwa 800 Mrd. Euro verbunden mit realen gesamtwirtschaftlichen Wachstumseinbußen von bis zu 0,5 Prozent pro Jahr. Zur Einhaltung eines Limits von 2 °C

wäre jedenfalls ein erheblicher Reduktionsbedarf im Bereich zwischen 9 und 18 Gt CO_{2eq} gegeben (United Nations Environment Programme, 2010, 2011). In Gramm gemessene CO₂-Äquivalente (CO_{2eq}) stellen für solche Rechnungen eine einfach zu handhabende Einheit dar, mit der der Einfluss verschiedener Energieträger auf die Umwelt bewertet werden kann (s. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007). Dabei wird typischerweise der Einfluss auf die Erwärmung der Erdatmosphäre über einen Zeitraum von 100 Jahren zugrunde gelegt¹. Auf der Basis der CO₂-Äquivalente für die eingesetzten Energieträger (s. Großklos, 2009) sowie deren Anteil am Verbrauch kann eine CO₂-Bilanz im Sinne eines Überblicks über die CO₂-Äquivalente des Energieverbrauchs einer Organisation, insbesondere einer Hochschule, aufgestellt werden (s. Müller & Person, 2010). Werden weitere Faktoren wie Ernährung, Verkehr usw. mit einbezogen, so nähert man sich dem Konzept des *ökologischen Fußabdrucks* (Giljum et al., 2007; Rees, 1992) mit der Möglichkeit entsprechender weitergehender Analysen (s. Flint, 2001, für eine Darstellung der Situation an der University of Newcastle).

Von Seiten des Endanwenders² kann durch die Wahl eines entsprechenden Stromanbieters oder (Strom-)Produkts erheblicher Einfluss auf den Umfang der mit dem Energieverbrauch verbundenen CO₂-Emissionen genommen werden (s. Friedemann, Döring & Westermann, 2009, zur Diskussion der mit einem Wechsel verbundenen psychologischen Barrieren). Dass dies technisch und organisatorisch auch bei Großkunden möglich ist und deutliche Effekte versprechen kann, zeigt das Beispiel der Universität Freiburg, die seit dem Beginn des Jahres 2013 sog. *Grünstrom* bezieht, der aus erneuerbaren Energieträgern stammt und gemessen am bundesweiten Strommix zu einer Vermeidung von etwa 23.000 Tonnen CO₂ führen soll (Universität Freiburg, 2012a). Diese Vermeidung tritt allerdings nur dann tatsächlich ein, wenn der betreffende Strom nicht vorher Teil des allgemeinen Strommixes war und lediglich buchhalterisch ausgekoppelt und separat vermarktet wird (vgl. Timpe, 2012).

2.2 Umweltschutz und Energiesparen

Mit der Problematik eines möglichen Klimawandels, der damit verbundenen Probleme und insbesondere der Lösungsansätze ist der Begriff der Nachhaltigkeit oder der nachhaltigen Ent-

¹ Bei der Erzeugung von Strom können die CO₂-Äquivalente pro erzeugter kWh je nach verwendetem Energieträger, nach Anlagentyp und einer Vielzahl weiterer Faktoren erheblich variieren. Für eine Übersicht im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung s. Wagner et al. (2007).

² Sofern in dieser Arbeit Personenbezeichnungen in männlicher Form verwendet werden, ist dies als generisches Maskulinum zu verstehen, mit dem stets gleichermaßen sowohl männliche als weibliche Personen gemeint sind. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde auf doppelte Schreibweisen und das sog. *Berliner I* verzichtet.

wicklung (Cervinka & Schmuck, 2010) eng verbunden. Dabei sind die ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte nachhaltiger Entwicklung bestimmend für den Energieverbrauch: nachhaltige Entwicklung erfordert die Berücksichtigung sozialer Aspekte wie der Energie-Armutsgrenze, gesellschaftlicher Aspekte wie der Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Pro-Kopf-Energieverbrauch eines Landes sowie einer ökologischen Obergrenze für den gesamten Energieverbrauch (Spreng & Semadeni, 2001).

Nachhaltige Entwicklung ist eng verbunden mit den drei Säulen Substitution, Suffizienz und Effizienz. Durch eine Substitution eines weniger ökologischen Energieträgers wie beispielsweise Kohle durch Wind oder Sonnenstrahlung oder durch das Ausweichen auf weniger energieintensive Alternativen kann selbst bei insgesamt unveränderten Verbräuchen eine positive Entwicklung eingeleitet werden (Irrek, Thomas, Böhler & Spitzner, 2008). Suffizienz stellt den freiwilligen Verzicht auf Gewinn und Verbrauch dar. Bartelmus (2002) unterscheidet in diesem Zusammenhang drei Ausprägungen: „ökologische Suffizienz“ (S. 41) zum Auffangen von Reboundeffekten (s. a. Abschnitt 4.4.7), „soziale Suffizienz“ (S. 43) zur Erfüllung sozialer Ziele sowie „ökonomische Suffizienz“ (S. 42) zur Reduktion von Auswirkungen auf unbeteiligte Marktteilnehmer. Verhaltensorientierte Suffizienz kann als unverzichtbare Ergänzung zu dem dritten wichtigen Teilbereich einer eher technisch orientierten Effizienzstrategie gesehen werden (Madlener, 2011).

Irrek et al. (2008) heben in ihrer Definition von Energieeffizienz auf vier Perspektiven ab, unter denen dieser Begriff betrachtet werden kann: (1) Eine gesamtwirtschaftlich aggregierte Perspektive der marktorientierten Ökonomie sowie (2) „die versorgungsökonomische Endenergie- und Nutzenenergieeffizienz, die zusätzlich den menschlichen Energieaufwand in der meist unbezahlten Haushaltsproduktion mit einbezieht“ (S. 1). Der Verbrauch von Energie wird hier in Relation zur Wirtschaftsleistung gesetzt, z. B. in kWh pro 1000 € des Bruttoinlandsprodukts (BIP) (sog. *Energieintensität*). Des weiteren wird (3) die ingenieurwissenschaftlich geprägte Perspektive der Energieumwandlungseffizienz angesprochen, bei der Wirkungsgrade oder Verluste bei der Umwandlung von einer Energieform in eine andere betrachtet werden. In der vorliegenden Arbeit steht mit der Perspektive der Endenergieeffizienz auf der Nachfrageseite (s. a. Pehnt, 2010) eine vierte Sichtweise im Vordergrund, die sich auf technische, institutionell-organisatorische oder die zugrunde liegende Struktur verändernde Maßnahmen sowie insbesondere auch auf energiebewusstes Nutzungsverhalten (Irrek et al., 2008) konzentriert. Wenn im Folgenden von Energie die Rede sein wird, so ist damit die vom Endverbraucher nutzbare End-

energie gemeint. Der Verbrauch von Energie ist dabei erstens nur ein „Nebenaspekt unter anderen alltäglichen Zielen und Tätigkeiten“ (Wortmann, 2001, S. 13) und zweitens kein Selbstzweck, sondern eine unbeabsichtigte Nebenfolge energierelevanter Handlungen (vgl. a. Weber, 2001, 2002; Wortmann, 2009).

Die Höhe der vorhandenen und erschließbaren Potenziale in diesem Bereich dürfte erheblich sein. So sieht die Europäische Union (2006) für den Bereich der gewerblich genutzten Gebäude ein kosteneffizientes Einsparpotenzial für Primärenergie in Höhe von 30 Prozent. Die International Energy Agency (2012) prognostiziert für den Zeitraum 2012 bis 2035, dass die Steigerung der Energieeffizienz unter anderem zur Sicherung der Energieversorgung und zur Belebung des ökonomischen Wachstums beitragen und einer zunehmenden Umweltverschmutzung entgegenwirken kann. Obwohl Staaten mit bedeutenden Anteilen am gesamten Energieverbrauch ihre Energieintensität deutlich gesteigert haben, geht die International Energy Agency von einem verbleibenden, auch bis 2035 nicht ausgeschöpften Potenzial von 80 Prozent im Gebäudebereich und mehr als 50 Prozent im industriellen Bereich aus. Dies würde bedeuten, dass in den genannten Bereichen nur 20 Prozent bzw. weniger als 50 Prozent des insgesamt erschließbaren Potenzials tatsächlich ausgeschöpft werden; Gründe für die hohen verbleibenden Potenziale werden vor allem in nicht-technischen Bereichen gesehen.

Nicht alle Potenziale sind im engeren Sinne wirtschaftlich und amortisieren sich für den Kostenträger innerhalb einer überschaubaren Zeit. Aber selbst wirtschaftliche Potenziale bzw. solche mit negativen Kosten, also Gewinnen, werden nicht immer erschlossen. Hier wird die sog. Energieeffizienzlücke sichtbar, im englischen Sprachraum als *energy efficiency gap* (Jaffe & Stavins, 1994; Schleich 2007; Sorrell et al., 2000) oder auch als *no-regret potentials* (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001; Ostertag, 2003) bezeichnet. Dabei handelt es sich um ein Missverhältnis zwischen der Höhe der aktuell getätigten Investitionen in energiesparende Maßnahmen und der aus ökonomischer und gesellschaftlicher Sicht sinnvollen Höhe (Brown, 2004). Die Gründe dafür sind vielfältig und können in unterschiedlichen Bereichen wie Wirtschaft, Verhalten oder Organisation liegen, wie Sorrell et al. (2000) darlegen und in Bezug auf das Hochschulwesen versteckte Kosten, Verfügbarkeit von Kapital, unvollständige, unsymmetrische und/oder nur schwierig erschließbare Informationen, das sog. Mieter-Investor-Dilemma, Status und Befugnisse des mit dem Energiemanagement befassten Personals, Risikowahrnehmungen und beschränkte Rationalität nennen – auf einige dieser Aspekte wird später noch eingegangen.

In Deutschland ist der Schutz der Umwelt eines der wichtigsten politischen Themen. Bei der in zweijährigem Turnus im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit durchgeführten repräsentativen Bevölkerungsumfrage steht der Umweltschutz in der Bevölkerung aktuell auf Platz zwei der Rangliste politischer Aufgabenfelder. Die Umweltthematik rangiert nur knapp hinter dem Bereich Wirtschafts- und Finanzpolitik und mit deutlichem Abstand vor der Arbeitsmarktpolitik (Rückert-John, Bormann & John, 2013).

2.3 Verbrauchssituation und Einflüsse auf das Klima

Nach den Berechnungen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (2012) betrug der gesamte Stromverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2011 etwa 524 TWh³, von denen jeweils etwa 148 TWh auf den Bereich der Haushalte und 140 TWh auf den Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) entfielen. Zur Einordnung: Ein typisches Großkraftwerk in Deutschland hat eine Leistung von etwa 1 GW und erzeugt pro Jahr eine Energiemenge von etwa 7 TWh. Nachdem von 1990 bis 2003 eine deutliche Steigerung von nahezu 20 Prozent zu verzeichnen war, pendelt der Stromverbrauch der Haushalte seither mit geringen Schwankungen um 140 TWh pro Jahr (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, 2012, Tabelle 4.2.1). Im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen gab es einen ähnlichen Verlauf und in der Zeit 2003 bis 2008 sogar geringfügige Rückgänge; in den vier Jahren von 2007 bis 2011 sind die Verbräuche mit insgesamt 11 Prozent zwar moderat aber laufend gestiegen. Der öffentliche Dienst wird in Deutschland als Teil des GHD-Sektors angesehen, in dem im übrigen Baugewerbe, Handel, Beherbergungsbetriebe, Gaststätten, Nahrungsmittelgewerbe, Landwirtschaft und Gartenbau, Krankenhäuser, Schulen sowie weitere büroähnliche Betriebe vertreten sind (Schlomann et al., 2009). Universitäten sind unter „Erziehung und Unterricht“ verortet (Statistisches Bundesamt, 2007, S. 51). In der GHD-Studie von Schlomann et al. (2009) wurden zwar auch Universitäten berücksichtigt, ihre Verbrauchsdaten sind jedoch mit denen von Krankenhäusern, Schulen aller Art sowie Bädern zusammengefasst, sodass der Studie keine spezifischen Aussagen dazu entnommen werden können. Dennoch ist zu erwarten, dass mit den betreffenden erheblichen Ver-

³ Als Einheit wird die Wattstunde (Wh) verwendet mit ihren Vielfachen Kilowattstunde (kWh, 10³ Wh), Megawattstunde (MWh, 10⁶ Wh), Gigawattstunde (GWh, 10⁹ Wh), Terawattstunde (TWh, 10¹² Wh) und Petawattstunde (PWh, 10¹⁵ Wh) gemäß der Präfixe des Internationalen Einheitensystem (Bureau international des poids et mesures, 2006). Alternativ ist eine Reihe anderer Einheiten gebräuchlich, u. a.: (1) Joule (1 Wattsekunde, Ws; 1 PJ ~ 277,77 GWh), (2) t Steinkohleeinheiten (SKE; 1 t SKE/a ~ 0,929 kW), (3) british thermal unit (btu; 1 btu ~ 1055 J; quadrillions btu, 1 Qbtu ~ 293 TWh), (4) kilotons of oil equivalent (ktoe; 1 ktoe ~ 11,63 GWh), (5) Millions barrel of oil (Mboe; 1 MBoe ~ 1,628 TWh).

brauchsvolumina eine deutliche Relevanz von staatlichen Gebäuden und insbesondere auch von Hochschulen für Energiesparmaßnahmen verbunden ist.

Hochschulen sind hinsichtlich ihres Bedarfs an Energiedienstleistungen „Energie-Monster“, „Verbrauchsriesen“ (Strunk & Zapp, 2008, S. 10) oder schlicht Großverbraucher. Einige Beispiele: Die Universitäten in Österreich etwa benötigten in 1997 zusammen etwa 420 GWh; die Kosten dafür beliefen sich auf etwa 450 Mio. öS, also ca. 33 Mio. € (s. Benke, Leutgöb & Schmid, 1999, für eine detaillierte Übersicht über die Situation an den Universitäten in Österreich). Dabei standen beim Verbrauch Wärme und Strom in einem Verhältnis von 60 zu 40, während es bei den Kosten ein Verhältnis von 40 zu 60 war (Benke et al., 1999) – ein gutes Beispiel für die relativ viel höheren Kosten einer Kilowattstunde Strom im Vergleich zu Wärmeenergie. Die Universitätsgebäude hatten zwar lediglich einen Anteil von 14,7 Prozent an der Gebäudekubatur der Bundesgebäude in Österreich, verursachten jedoch einen Anteil von fast 24 Prozent an den Energiekosten. Das vorhandene wirtschaftliche Einsparpotenzial wurde auf ca. 80 bis 100 Millionen Schilling entsprechend einer Einsparung von ca. 20 Prozent geschätzt (Benke et al., 1999). Deutsche Hochschulen gaben um die Jahrtausendwende herum etwa 500 Mio. € pro Jahr für Energie aus (Schleich, 2004). Die TU Dortmund benötigte etwa 70 GWh Strom pro Jahr, die Universität Duisburg-Essen 85 GWh und die Ruhr-Universität Bochum sogar 180 GWh (Strunk & Zapp, 2008) für knapp 10 Mio. €, von denen zwei Drittel den Wärme- und ein Drittel den Stromverbrauch betrafen (Dessaul, 2006). Alle drei Ruhr-Universitäten gaben demnach zusammen etwa 27 Mio. € pro Jahr für Energie aus (Strunk & Zapp, 2008). Die Christian-Albrechts-Universität Kiel benötigte im Jahr 2009 29 GWh Strom und 38 GWh Wärmeenergie (Kopytziok, 2011). Die Georg-August-Universität Göttingen verzeichnete im Zeitraum 2002 bis 2011 einen erheblichen Anstieg ihrer Energiekosten von unter 8 Mio. € auf knapp unter 14 Mio. € (Universität Göttingen, 2012). Palm und Ruck (2000) berichten für die Leuphana-Universität Lüneburg einen jährlichen Verbrauch in Höhe von 1,9 MWh Strom zu Kosten von 364.000 DM sowie von 6,1 MWh Heizenergie mit Kosten von 615.000 DM. Die Universität Münster benötigte im Jahr 2008 ca. 29 GWh Strom mit Kosten von 3,9 Mio. € und 57 GWh Wärmeenergie für 4,5 Mio. € (Hübner, 2009).

Der Anteil des Energieverbrauchs der Hochschulen am Energieverbrauch der öffentlichen Gebäude liegt in Nordrhein-Westfalen im Bereich von etwa 40 Prozent (Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen, 2005). In Baden-Württemberg benötigen Universitäten und Universitätskliniken im Jahr knapp über die Hälfte

der in allen Landesgebäuden verbrauchten Menge an Wärmeenergie (Finanzministerium Baden-Württemberg, 2009a); ihr Anteil am Stromverbrauch liegt sogar bei zwei Dritteln (Landtag von Baden-Württemberg, 2009). Die Kosten für Wärmeenergie und Strom lagen 2007 bei 41,5 Mio. € bzw. 58,2 Mio. €.

Den Universitäten im Bundesland Baden-Württemberg wurde im Rahmen des Solidarpakts II (Landesregierung Baden-Württemberg, 2007) zwar einerseits eine finanzielle Planungssicherheit für den Zeitraum 2007 bis 2014 gegeben, dies aber quasi auf Kosten einer Beteiligung an baulichen Ausbauprogrammen sowie eingefrorener Haushaltsansätze für den Energiebereich. Zusätzliche Mittel zu den sächlichen Verwaltungsausgaben für die Jahre 2007 und 2008 standen unter dem Vorbehalt, „den Universitäten eine gewisse Vorlaufzeit zu verschaffen, sich auf die Preisentwicklung auf dem Energiesektor einstellen und entsprechende Vorsorge treffen zu können“ (Landtag von Baden-Württemberg, 2009, S. 3).

Spezifische Energieverbräuche werden meist auf den Verbrauch pro Mitglied oder pro Quadratmeter bezogen ($\text{kWh/m}^2\text{a}$). Hochschulgebäude zeichnen sich dabei durch eine überdurchschnittliche Streuung aus (Palm & Ruck, 2000). Gemäß der Übersicht in Kopytziok (2011, S. 4), gestützt auch durch Angaben in Palm & Ruck (2000), schwankt der Stromverbrauch ausgewählter deutscher Hochschulen umgerechnet auf ihre Mitglieder zwischen 220 kWh/Pa (Lüneburg) und 1.900 kWh/Pa (Bremen); der Heizenergieverbrauch zwischen 600 kWh/Pa (Lüneburg) und 5.200 kWh/Pa (Cottbus). Bezogen auf die Flächen ergeben sich ähnliche Unterschiede: Die Verbräuche an Strom bzw. Heizenergie liegen zwischen 25 $\text{kWh/m}^2\text{a}$ bzw. 85 $\text{kWh/m}^2\text{a}$ (Eberswalde) und 200 $\text{kWh/m}^2\text{a}$ bzw. 460 $\text{kWh/m}^2\text{a}$ (Bremen).⁴ Die Gründe dafür dürften vielfältig sein und in der Gebäude- und Anlagenstruktur, in der Nutzungsart, im Niveau des Energiemanagements und weiteren Faktoren zu finden sein (Palm & Ruck, 2000). Vergleiche, wie sie im Zuge eines übergreifenden Benchmarking wünschenswert wären, werden durch diese unterschiedlichen Rahmenbedingungen erheblich erschwert (vgl. Liers, 2009; Tegtmeyer, 2008).

Vielfach verharren insbesondere die Stromverbräuche nicht auf einem bestimmten Niveau. Einrichtungen im Hochschulbereich verzeichneten in der Vergangenheit oft über Jahre hinweg typische Steigerungen im Bereich von ca. 5 Prozent (vgl. Hübner, 2009, für die Westfälische Wilhelms-Universität Münster). Corves (2011) berichtet für den Zeitraum 2000–2009 von ei-

⁴ Werte für Freiburg in Kopytziok (2011): 1800 kWh/Pa Strom, 2350 kWh/Pa Wärme; 108 $\text{kWh/m}^2\text{a}$ Strom, 138 $\text{kWh/m}^2\text{a}$ Wärme.

nem Anstieg des Stromverbrauchs von 31 Prozent an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; gleichzeitig stiegen die Kosten um 124 Prozent. Der Verbrauch an Wärmeenergie erhöhte sich dort im gleichen Zeitraum zwar nur um 1 Prozent, der Anstieg der Kosten betrug jedoch 68 Prozent. Aus solchen Situationen heraus können sich für Hochschulen bedeutende Engpässe im Haushaltsbereich ergeben. Auch wenn der Anteil der Energiekosten am gesamten Budget im einstelligen Prozentbereich liegt (Schleich, 2004), reduzieren steigende Energiekosten die ohnedies schon engen Spielräume der Hochschulen laufend weiter, da große Teile der Haushalte durch Ausgaben für Personal und feste sächliche Ausgaben gebunden sind. Angesichts der genannten Größenordnungen können andererseits schon relativ geringe prozentuale Einsparungen zu nennenswerten Freiräumen führen bzw. deren Erhalt sichern.

Ein Hochschulangehöriger etwa im Bundesland Hessen verursacht rechnerisch rund 1,4 Tonnen CO_{2eq} pro Jahr (Müller & Person, 2010), wobei der Weg zur Arbeit noch nicht berücksichtigt wurde. Klimaneutralität, also die Verringerung der bei einem Prozess entstehenden Treibhausgase bis auf Null, stellt aus verschiedenen Gründen ein wichtiges Ziel für eine wachsende Anzahl von Unternehmen, Organisationen und Hochschulen dar, auch wenn dabei nicht immer klar definiert wird, was genau unter Klimaneutralität verstanden wird bzw. welche Emissionen einbezogen werden sollen (Weidmann, Renner & Reiser, 2009). Wesentliche Gründe für ein Engagement in diesem Bereich bestehen demnach in der Umsetzung einer Unternehmensphilosophie, einer Imageverbesserung und im Bereich der sog. *Corporate Social Responsibility (CSR)*. Monetäre Elemente wie Kosteneinsparungen stehen dabei nicht immer im Vordergrund. Unklarheiten gibt es oft bei der Frage des Ressourceneinsatzes für den Klimaschutz sowie bei der Verbindung ökologischer und ökonomischer Betrachtungen der Klimaneutralstellung. Schließlich werden erhebliche Defizite bei der Transparenz, Nachvollziehbarkeit und Seriosität bei der Durchführung von CO₂-Kompensationsmaßnahmen genannt, nicht zuletzt um dem Vorwurf eines Ablasshandels begegnen zu können. Eine grundsätzliche Frage betrifft etwa die Zeitspanne, innerhalb derer eine Emission tatsächlich neutralisiert bzw. ausgeglichen werden kann. In Abhängigkeit davon, ob die Kompensation erst nach 100 Jahren oder bereits am Ende des Fluges erfolgt sein soll liegen einer Modellrechnung zufolge die Kosten für die Kompensation der während eines Fluges von London nach New York emittierten 0,77 t CO₂ zwischen £ 5,77 und £ 85.402 (Hartzell, 2007). Auf ein weiteres Problem, das mit Kompensationsmaßnahmen einher gehen kann, weist Smith (2007) hin: Eine Kompensation kann zu beruhigend wirken („It helps us sleep well at night when we shouldn't sleep well at night“, S. 9) oder sogar quasi zum

guten Selbstzweck verkommen („Every time we re-fuel, we're helping to care for Australia's natural assets", S. 12).

Als erste Universität weltweit reklamiert die Leuphana-Universität Lüneburg für sich, ihren Universitätscampus am Hauptstandort klimaneutral gestellt zu haben (Leuphana Universität, 2012). In der Regel werden zur Erreichung dieses Zieles zunächst der aktuelle Stand analysiert und anschließend entsprechende Maßnahmen aus drei Bereichen eingesetzt (vgl. Müller & Person, 2010): Weitgehende Minimierung der vorhandenen Verbräuche, Substitution von Teilen der Verbräuche durch solche mit geringerer Klimaschädlichkeit sowie die Kompensation der restlichen, im Zuge der beiden anderen Maßnahmenbereiche nicht weiter reduzierbaren Verbräuche durch Ausgleichsmaßnahmen.

2.4 Maßnahmenbereiche und Potenziale

Eine höhere Energieeffizienz, insbesondere die Erhöhung der Effizienz bei der Nutzung fossiler Energieträger (Endlicher, 2007), kann durch eine Reihe von technischen Maßnahmen erreicht werden wie beispielsweise durch eine deutliche Steigerung des Wirkungsgrades von Kraftwerken im Rahmen der Stromproduktion oder durch hocheffiziente Elektromotoren auf der Verbraucherseite.

Für Deutschland sieht die Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz (2011) die effizientere Nutzung von Strom und Wärme als sauberste, billigste, sicherste und –im Prinzip– sofort verfügbare Energiequelle in einer Schlüsselrolle. Demzufolge wird das Potenzial für eine Einsparung bis zum Jahr 2020 durch die Erhöhung der Stromeffizienz auf über 80 TWh pro Jahr entsprechend der Jahresproduktion von über zehn Großkraftwerken beziffert. Im Bereich der Wärmeeffizienz wird ein Potenzial von sogar 155 TWh/a gesehen. Das jährliche Potenzial bei für sich allein wirtschaftlichen Stromsparmaßnahmen bis zum Jahr 2015 könnte insgesamt sogar rund 110 Milliarden Kilowattstunden (110 TWh entsprechend 14 Großkraftwerken) mit vermiedenen Kosten von knapp 10 Mrd. € betragen – unter der Bedingung, dass diese Einsparpotenziale auch unmittelbar angegangen werden (Barthel, Bunse, Irrek & Thomas, 2006; Kaschensch et al., 2007). Davon entfallen 41 TWh auf den industriellen Sektor, 40 TWh auf private Haushalte und immerhin noch 30 TWh auf den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Da der Stromverbrauch des Sektors GHD zwischen 2007 und 2012 um mehr als 10 Prozent angestiegen ist (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, 2012), bestehen begründete Zweifel an der Ausschöpfung dieser Potenziale. Steigende Energiepreise erhöhen aber die

Rentabilität von Energiesparmaßnahmen und der technische Fortschritt erschließt laufend neue Anwendungsfelder – so wachsen ständig neue Energiepotenziale nach.

Eine Vielzahl von Studien weist darauf hin, dass insbesondere im Bereich Bürogeräte inkl. Arbeitsplatzcomputer ein erhebliches Potenzial brach liegt (Carrico, 2009; Kawamoto et al., 2002; Masoso & Grobler, 2010; Moorefield, Frazer & Bendt, 2011; Mungwitikul & Mohanty, 1997; Nordman, Meier & Piette, 1998; Roberson et al., 2004; Webber et al., 2006), da diese häufig nachts nicht abgeschaltet und Energiesparoptionen unzureichend genutzt werden.

2.5 Energiesparen in Hochschulen

Stetig steigende Kosten an Hochschulen für die notwendige Energie und damit zusammenhängende Fragen der Energieeinsparung waren schon recht bald nach der ersten Ölkrise 1973-74 Anlass für eine Umfrage des American Council on Education (Atelsek & Gomberg, 1977) bei 637 US-amerikanischen Colleges und Universitäten. Die zentralen Fragen betrafen die tatsächlich beobachteten Kostensteigerungen, Änderungen im Energieverbrauch während einer Zweijahresperiode sowie Energiesparmaßnahmen. Über alle Energieträger und alle betrachteten Regionen hinweg wurden Preissteigerungen im Bereich von 80 Prozent berichtet, wobei der mit 57 Prozent geringste Anstieg bei Strom und der höchste mit 163 Prozent beim Öl gemeldet wurde. Nicht sonderlich überraschend ist daher, dass in nahezu allen rückmeldenden Einrichtungen Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauches ergriffen wurden, darunter Anpassungen der Beleuchtungsstärken und Temperaturbereiche, Schließzeiten, manuelle Kontrollen der Gebäude u. a. Etwa zwei Drittel der Einrichtungen meldeten damals aber auch schon nutzerbezogene Maßnahmen wie „awareness programs“ (etwa zwei Drittel der Einrichtungen) und „briefing sessions“ (etwa ein Drittel) oder die Berufung von „energy monitors“ (etwa ein Fünftel) (Atelsek & Gomberg, 1977, S. 13). Schon sehr früh beschäftigte man sich mit dieser Thematik an einzelnen amerikanischen Hochschulen wie dem State University of New York (SUNY) College in Cortland, der State University of New York (SUNY) in Buffalo, am Massachusetts Institute of Technology (MIT) und an der Pennsylvania State University (PSU, Penn-State), um nur einige wenige zu nennen (s. a. Tickton, 1980). An der Cornell University wurden ebenfalls etwa ab den späten 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts massive Anstrengungen in verschiedenen technischen Bereichen unternommen, die in sehr beachtlichen Reduktionen von 20 Prozent und mehr resultierten (Cornell University, o. J.). In diese Zeit fallen auch die ersten psychologisch motivierten Studien zum sparsamen Umgang von Personen mit Energie und Wasser.

In einer Untersuchung, die über dreißig Jahre später unter den 72 größeren bundesdeutschen Hochschulen durchgeführt wurde (Wagner & Matthies, 2011), wurden u. a. bauliche Voraussetzungen, flächenbezogener Energieverbrauch, Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs sowie das Interesse an nutzerorientierten Maßnahmen erhoben. Die große Mehrzahl (89 Prozent) der antwortenden Einrichtungen gaben das Vorliegen eines Modernisierungsstaus an. Technisch-organisatorische Maßnahmen wurden in 80 Prozent der antwortenden Hochschulen bereits durchgeführt. Nutzerorientierte Maßnahmen wurden in zwei Dritteln der Hochschulen eingesetzt, in der Regel (81 Prozent) jedoch nur einfache Wissensvermittlungen. Darüber hinaus gehende Techniken wie Anreize/Belohnungen oder aufmerksamkeitsfokussierende Techniken wurden nur von 19 Prozent genannt. Vorreiter in Deutschland waren u. a. die Universitäten in Hamburg, Lüneburg und Bochum. Auch eine Reihe von Initiativen zwischen Universitäten befasst sich seit längerem mit dieser Thematik. Einer der ersten namhaften Zusammenschlüsse von Universitäten dazu erfolgte im Umfeld der ersten Ölkrise zu Beginn der 70er Jahre des letzten Jahrhunderts. Dieses Cooperation Programme in Europe for Research on Nature and Industry through Coordinated University Studies (*Copernicus*) zählte im Jahr 2005 immerhin 326 Unterzeichner der im Jahr 1993 entwickelten Copernicus Charta (Adomßent & Mader, 2010). Das 2010 wiederbelebte Programm wird aktuell von 21 Hochschulen unterstützt⁵. Vereinigungen und Projekte wie die Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education (*AASHE*), das American College and University Presidents Climate Commitment (*ACUPCC*), Universities and Students for Energy Efficiency (*USE Efficiency*), die College Sustainability Report Card (*CSRC*), die Association of University Leaders for a Sustainable Future (*ULSF*), das Network for the Promotion of Sustainability in Postgraduate Education and Research (*ProSPER.Net*) im Bereich Asien und Pazifik, das International Sustainable Campus Network (*ISCN*) und viele weitere widmen sich international dieser Thematik. Nationale Initiativen in Europa sind etwa das Projekt Duurzaam Hoge Onderwijs (*DHO*, Niederlande), die österreichischen Projekte Energieeffiziente Universitäten und Nachhaltige Universitäten oder in der Schweiz das auf die öffentliche Verwaltung ausgerichtete Programm Ressourcen- und Umweltmanagement der Bundesverwaltung der Schweizerischen Eidgenossenschaft (*RUMBA*) und die Aktivitäten der Hannes Pauli Gesellschaft (*HPG*). In Deutschland unterstützt die Hochschul-Informationssystem GmbH (*HIS*) seit einigen Jahren Universitäten in einschlägigen Fragen. Weitere Initiativen gehen beispielsweise vom Netzwerk Hochschulen für nachhaltige Entwicklung (*HNE*), dem Netzwerk Klimagerechte Hochschule und den Bil-

⁵ <http://copernicus.betawerk.eu/elgg/pg/pages/view/36/>

dungsinstitutionen und nachhaltiger Konsum (*BINK*) aus. Zudem gibt es intensive Kontakte von Hochschulen mit Institutionen wie der von der Industrie getragenen Deutschen Energieagentur (*dena*)⁶ und ihrer verschiedenen Projekte einerseits und verbraucherorientierten Einrichtungen wie den Energieagenturen (z. B. Energieagentur Nordrhein-Westfalen) andererseits.

2.5.1 Vorbild- und Multiplikatorfunktion von Hochschulen

Die Relevanz staatlicher Gebäude für Energiesparmaßnahmen ergibt sich schon aus dem erheblichen Verbrauchsvolumen und den damit zusammenhängenden Kosten und Umwelteinflüssen. Einerseits sollen staatliche Lenkungsmaßnahmen einen positiven Einfluss auf Energieverbräuche ausüben, andererseits muss die öffentliche Hand in Bezug auf Energieverbräuche und Maßnahmen zur Reduktion derselben eine Vorbildfunktion erfüllen und damit auch zur Vermittlung ihrer politischen Ziele in diesem Bereich beitragen. Die Deutsche Unternehmensinitiative für Energieeffizienz (2011) beziffert den Effekt staatlicher Maßnahmen auf öffentliche Einrichtungen auf 1,7 TWh Strom und 6,5 TWh Wärmeenergie.

Die Vorbildwirkung des Staates bzw. öffentlich genutzter Gebäude wurde wiederholt in formaler Hinsicht festgeschrieben. Das Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) regelt in § 3 Abs. 3 explizit:

Der öffentlichen Hand kommt bei der Energieeffizienzverbesserung eine Vorbildfunktion zu. Hierzu nimmt die öffentliche Hand Energiedienstleistungen in Anspruch und führt andere Energieeffizienzmaßnahmen durch, deren Schwerpunkt in besonderer Weise auf wirtschaftlichen Maßnahmen liegt, die in kurzer Zeit zu Energieeinsparungen führen. Die öffentliche Hand wird insbesondere bei ihren Baumaßnahmen unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit nicht unwesentlich über die Anforderungen zur Energieeffizienz in der Energieeinsparverordnung in der jeweils geltenden Fassung hinausgehen.

Von Hochschulen wird nicht nur die strikte Einhaltung geltender Bestimmungen, sondern auch die Entfaltung besonderer Vorreiter- und Vorbildaktivitäten erwartet. Allerdings sind die zahlenmäßigen Grundlagen für eine Bewertung in einigen Bereichen unvollständig. So bemängelt etwa der Rechnungshof Baden-Württemberg (2008) fehlende monatliche Verbrauchswerte für nahezu die Hälfte der Liegenschaften und damit zusammenhängend ein weitgehendes Fehlen eines Energiecontrollings. Hinzu kommt eine Ausbildungs- und Multiplikatorfunktion der Hochschulen für künftige Eliten und Führungskräfte. Nicht zuletzt sind sie durch ihr wissenschaftliches Know-How als diejenigen Organisationen geprägt, von denen die Entwicklung in-

⁶ Beispielsweise ist das Projekt *Nachhaltige Energieeffizienz* des Instituts für Psychologie der Universität Freiburg als Referenzprojekt der *Initiative Energieeffizienz* der Deutschen Energieagentur für den Bereich Dienstleistungen registriert.

novativer Konzepte ausgehen sollte (Bogun, 2004). Energiefragen sind Zukunftsfragen unserer Gesellschaft und Hochschulen und Universitäten die Zukunftsorte in unserer Gesellschaft (Winkelmann, 2000). Hochschulen stellen mit ihren drei Aufgabenfeldern Forschung, Lehre und Dienstleistungen den Kern des Wissenschaftssystems dar, fungieren als Vermittler von Kenntnissen, Kompetenzen und Werten und erzeugen im Rahmen ihrer Forschungsaktivitäten Wissen und wichtige Innovationen (Hochschulrektorenkonferenz, 2010). Nicht zuletzt bildet die Hochschule Studierende von heute zu gesellschaftlichen Entscheidungsträgern und Lehrern von morgen aus und muss sich um eine nachhaltige Entwicklung bemühen und entsprechend umweltbewusste Einstellungen, Fähigkeiten und Verhaltensstrukturen sowie ein Gefühl für ethische Verantwortung fördern (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2004). Von Hochschulen als gesellschaftspolitischen Multiplikatoren ist zu erwarten, dass entsprechende Projekte eine Wirkung auf den Umgang der Gesellschaft mit Energie haben. Erfolge von Maßnahmen an Hochschulen können eine „Signalwirkung“ (Benke et al., 1999, S. 12) in Bezug auf außeruniversitäre Bereiche ausüben.

Hochschulen könnten zudem diejenigen Institutionen in der Gesellschaft sein, die am ehesten in der Lage sein sollten, das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung zu unterstützen, denn sie verfügen über „Wissen in allen Forschungsgebieten, sowohl in den technischen Disziplinen als auch in den Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2004, S. 5) und sie haben eine gesellschaftliche Verantwortung zur Suche nach nachhaltigen Wegen der Zukunftsentwicklung (Adomßent, 2010).

2.5.2 Organisatorische Besonderheiten von Hochschulen

Viele Hochschulen befinden sich gegenüber Firmen, Organisationen und staatlichen Einrichtungen in einer besonderen Situation, die ihre Gebäude zu einem besonderen Gegenstandsbe-
reich werden lässt, wie dies De Young (1989-90) mit den folgenden Worten skizziert:

Public university buildings are fascinating if somewhat complicated behavior settings. Designed and managed for a broad range of users, these buildings present a challenge to those trying to promote energy conservation. (S. 265)

Besonderheiten der Institution Hochschule werden schon seit langem untersucht und diskutiert; Baldrige, Curtis, Ecker und Riley (1978) vertreten dabei die Ansicht, dass sich Hochschulen aufgrund ihrer Charakteristika einer Behandlung mit traditionellen Managementtheorien weitgehend entziehen. Hochschulen wurden zumindest in der Vergangenheit eher als Institutionen denn als Organisationen gesehen (Huber, 2012). Je nach ihrer Einbettung in nationale Besonderheiten unterscheiden sie sich teilweise erheblich von kommerziellen Unternehmen. Die ty-

pischen Facetten sind dabei zwar je nach dem zugrunde liegenden Hochschulsystem unterschiedlich stark ausgeprägt, besitzen jedoch eine gewisse Allgemeingültigkeit und Relevanz in Bezug auf die Steuerung.

Mit dem akademischen Teil und der Verwaltung können an Hochschulen zwei Teilbereiche unterschieden werden (Birnbäum, 1988), die über verschiedene Gremien und Institutionen miteinander vernetzt sind. Sie unterscheiden sich damit deutlich von anderen öffentlichen Einrichtungen wie etwa Behörden, die organisationssoziologisch als öffentliche Maschinenbürokratien mit einer hierarchischen Struktur bezeichnet werden (s. Thomas & Aberspach, 2011), deren Kennzeichen eine ausgeprägte Kontrollmentalität und eine hoher Grad an Verhaltensformalisierung sind. Gemäß dieser Sichtweise entspricht die Hochschule einer Profibürokratie, bei der die Verwaltung einen behördenartigen, in einer maschinenbürokratischen Top-Down-Hierarchie strukturierten Hilfsstab darstellt. Wesentliche Merkmale einer Profibürokratie sind nach Thomas und Aberspach (2011) die Abgabe der Macht an professionelle Mitarbeiter und die Zusage einer umfassenden Autonomie; die Loyalität der professionellen Mitarbeiter gegenüber ihrer Organisation ist häufig nicht besonders hoch. Die Handlungsmacht der Leitungsinstanz ist stark eingeschränkt, weil sie bei vielen Entscheidungen auf die Zustimmung der dezentralen Einheiten, im Hochschulbereich der Fachbereiche, Lehrstühle usw. angewiesen ist. Daraus ergeben sich u. a. spezifische Anforderungen an die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen, die weniger direktiv als vielmehr kooperativ angelegt sein sollten.

Die Autonomie der dezentralen Einheiten steht in enger Beziehung zur Freiheit von Forschung und Lehre, wie sie in vielen Ländern verankert ist, in der Bundesrepublik etwa durch Artikel 5 Absatz 3 des Grundgesetzes für die Bundesrepublik Deutschland. Die akademische Freiheit kann zu einem hohen Abstimmungsbedarf in Gremien führen (Kerr & Gade, 1986). Frackmann (2006) weist darauf hin, dass die Freiheit von Forschung und Lehre zwar ein wichtiges Element des Hochschulbetriebs darstellt, ergänzend jedoch ein verbindlicher identifikationsstiftend und verpflichtend wirkender organisatorischer Rahmen hinzutreten sollte.

Ein besonderer Aspekt von Hochschulen betrifft die typische Heterogenität ihrer Mitglieder. Diese lassen sich verschiedenen Gruppen zuordnen, die sich in Rollen, Interessen, Motivationen, kontextspezifischen Kenntnissen und soziodemografischen Parametern z.T. deutlich unterscheiden. In deutschen Hochschulen, die Teil des öffentlichen Dienstes sind, ist üblicherweise ein Teil der Belegschaft über Dauerstellen oder andere rechtliche Bestimmungen unkündbar oder hat die Perspektive auf eine Dauerstelle, wobei zwischen den einzelnen Gruppen deutliche

Unterschiede bestehen. Auf den Zeitstellen und bei den stetig wechselnden Studierenden gibt es eine vergleichsweise hohe Fluktuation und eine möglicherweise eher geringe Loyalität der Organisation gegenüber, was bei der Planung von Energiesparinitiativen zu berücksichtigen ist.

Ein weiterer gravierender Unterschied zwischen den meisten Hochschulen und Wirtschaftsunternehmen offenbart sich in Bezug auf den Betrieb und die Unterhaltung der Gebäude: Hochschulen sind vielfach zumindest in Deutschland und in Österreich (Benke et al., 1999) nicht Eigentümer der von ihnen genutzten Immobilien, müssen jedoch meist die laufenden Betriebskosten selbst tragen. Bauliche Maßnahmen werden von Staatsbauämtern geplant und durchgeführt, die Baukosten oder architektonische Aspekte u. U. mehr Bedeutung beimessen als den Kosten der Bewirtschaftung über die gesamte Nutzungsdauer des Gebäudes (vgl. Meyer-Renschhausen, 2004). Diese als Vermieter-Mieter- bzw. Nutzer-Investor-Dilemma, im englischen Sprachraum „landlord/tenant conflict“ genannte Problematik (vgl. Dillahun, Mankoff & Paulos, 2010, S. 1; Phillips, 2012) besteht allgemein gesehen darin, dass Gewinne aus Investitionen nicht beim Investor, sondern beim Nutzer anfallen; der Investor mithin nur ein eingeschränktes wirtschaftliches Interesse hat, etwa Maßnahmen zur Energieeinsparung durchzuführen. Im Bereich der Universitäten in Deutschland sind die Regelungen je nach Bundesland unterschiedlich. In Baden-Württemberg tritt etwa die staatliche Vermögens- und Bauverwaltung als Bauherr auf, allerdings sind Einflussmöglichkeiten der Universitäten vorgesehen (Söder-Mahlmann & Weider-Russel, 2003). Innerhalb der Hochschulen tritt ein ähnliches Dilemma auf, wenn die Energiekosten der Einfachheit halber nicht auf die Nutzer umgelegt, sondern zentral getragen werden, zumal die Budgetierung der Energiekosten insbesondere bei relativ unterschiedlichen Nutzeranforderungen unter Umständen mit einem gewissen bürokratischen Aufwand einher geht (vgl. Person, 2012).

Auch auf der Verbrauchsseite zeichnen sich Hochschulen durch einige Besonderheiten aus. Der Lehrbetrieb ruht während der vorlesungsfreien Zeiten in bestimmten Bereichen, was zu lückenhaften Belegungszeiten einiger Räume führt. Palm und Ruck (2000) stellten am Beispiel des Stromverbrauchs der Universität Lüneburg drei verschiedene Zyklen fest: einen Tag-/Nacht-Rhythmus über das ganze Jahr hinweg, einen wochenabhängigen Zyklus, bei dem in der vorlesungsfreien Zeit im Wesentlichen nur eine Grundlast im Bereich von 120 kW anfällt (zu Vorlesungszeiten liegt die Grundlast an den Wochenenden mit 150 kW etwas höher) sowie einen semesterabhängigen Zyklus. Zum Vergleich: Die Spitzenlast lag in den Semesterferien bei 400 kW und während des Semesterbetriebs bei 500 kW.

Viele Hochschulen haben seit geraumer Zeit zusätzliche Schließzeiten der Gebäude in der Weihnachtszeit oder um den Jahreswechsel herum vereinbart, um durch das Herunterfahren etwa der Heizanlage Energie sparen zu können. Aber auch während der Vorlesungszeiten sind nicht immer alle Räume gleichermaßen ausgelastet. Aufgrund der besonderen Anforderungen an Größe und Ausstattung kommen für Belegungswünsche nicht immer alle verfügbaren Räume in Frage; letztlich sind Leerzeiten praktisch unvermeidlich. Aus verschiedenen Gründen ist es schwierig, diese Zeiten etwa durch Herunterfahren der Heizung systematisch für die Einsparung von Energie zu nutzen. Erstens bedürfte es einer Kopplung der Technik an den Belegungsplan des Raumes, denn eine rein manuelle Anpassung der Heizungssteuerung wäre zu aufwändig. Zweitens sind die notwendigen Vorlaufzeiten dann oft zu groß, als dass sehr kurzfristig aufkommender Raumbedarf adäquat gedeckt werden könnte. Im Prinzip wäre es wünschenswert und auch möglich, die Raumbelegung dergestalt durchzuführen, dass in einem Teil der Räume die Leerzeiten minimiert und in einem anderen Teil maximiert werden, um in der letzteren Gruppe die Voraussetzungen für ein Herunterfahren zu schaffen. Dem können jedoch beispielsweise Gewohnheiten von Personen an bestimmte Räume und andere organisatorische Hemmnisse im Wege stehen.

2.5.3 Einige Barrieren beim effizienten Einsatz von Energie an Hochschulen

Dem Bemühen um einen effizienteren Einsatz von Energie stehen an Hochschulen oft gravierende institutionelle bzw. organisatorische Barrieren entgegen. Darunter sind Besonderheiten öffentlicher Haushalte (Stichwort Deckungsfähigkeit), hohe Transaktionskosten durch komplexe Entscheidungsprozesse, insgesamt geringe finanzielle Mittel, unzureichende Personalausstattung im Bereich Energiemanagement, mangelhafte Informationen zu Energieverbräuchen und -mustern sowie ein niedriger Status des Energiemanagements und dessen unzureichende Koordination (Schleich 2004, 2007).

Als einen weiteren Problembereich nennt Schleich (2000) den bestehenden Informationsmangel bzgl. Energieverbräuchen. Einzelne Zähler für große Gebäude oder gar Gebäudegruppen sind nach wie vor eher Regel als Ausnahme genauso wie eine wenig zeitnahe und zeitlich gering aufgelöste Ablesung. Schleich (2000) weist zudem darauf hin, dass die Verwaltungsspitze eher in Geld als in Energieeinheiten denkt. In bestimmten Bereichen wie Verträgen mit Energielieferanten und Energieversorgungskonzepten lassen sich monetäre Einsparungen unabhängig von Verbrauchsreduzierungen realisieren. Teilweise sind hier erhebliche Potenziale vorhanden, und sie lassen sich aus Sicht der Verwaltung einfach, weil mit bekannten, etwa juristischen Mit-

teln der Verwaltung erschließen. Technische und organisatorische Energieeinsparung stellen zwar kein Neuland dar, werden aber nicht immer gleichermaßen berücksichtigt und in verschiedenen Hochschulen mit verschiedenen Verfahren bewertet und priorisiert. Vergleiche zwischen Hochschulen, sog. Benchmarking, werden eher selten durchgeführt. Ein Grund dafür mag auch die Heterogenität und schwierige Vergleichbarkeit der Gebäude verschiedener Hochschulen sein – eine große, gewachsene Universität wie die in Freiburg mit weit über hundert über das Stadtgebiet und darüber hinaus verstreut liegenden Gebäuden mit äußerst unterschiedlichem Alter und Erhaltungszustand ist schwer zu vergleichen mit der Neugründung einer Campusuniversität mittlerer Größe wie etwa Konstanz oder Ulm.

2.6 Praxisbeispiel: Stromverbrauchsreduktionen

Als Beispiel für Stromverbrauchsreduktion in der Praxis einer Universität soll das Freiburger Projekt Dezentrale monetäre Anreize zum Energiesparen *DezMon* vorgestellt werden, das die Stabsstelle Umweltschutz und der Ausschuss Umweltschutz an der Universität Freiburg im Jahr 2006 initiierten (Steck, 2011). An ihm nehmen derzeit zwölf Gebäude teil, die zusammen einen Anteil von 16 Prozent an der gesamten Hauptnutzfläche und 14 Prozent des Energieverbrauchs der Universität repräsentieren und annähernd einen Querschnitt durch den Gebäudebestand der Universität darstellen (M. Siefert, persönl. Mitteilung, 10.6.2011). Dabei bestehen erhebliche Unterschiede in Größe, Alter, Nutzungsart, Installationsaufwand sowie der Anzahl der nutzenden Einrichtungen. Für die Berechnung der Einsparungen und entsprechenden Prämien einzelner Nutzergruppen ist ihr jeweiliger Anteil an der Hauptnutzfläche maßgebend. Als reines Prämienmodell quantifiziert *DezMon* ausschließlich die Verbräuche der Gebäude bzw. Nutzergruppen. Die Projektteilnehmer erhalten mindestens 45 Prozent der eingesparten Energie zu aktuellen Marktpreisen als finanzielle Mittel zur freien Verfügung. In Abschnitt 5.1 finden sich weitere Einzelheiten zu diesem Projekt, insbesondere auch im Hinblick auf Einsparungen von Wärmeenergie.

Abbildung 2 enthält reale Daten zum Stromverbrauch der teilnehmenden Gebäude. Die zwölf Teilprojekte zeigen über die Jahre 2007 bis 2012 recht unterschiedliche Verläufe. Die im Gebäude 11 (und teilweise auch im Gebäude 4) erzielten Einsparungen liegt in einem so hohen Bereich, dass Nachfragen angebracht sein dürften, denn kurzfristig erreichte Verbrauchsrückgänge von mehr als dreißig Prozent sind zumindest recht ungewöhnlich. Des Weiteren fällt Gebäude 12 durch eine Steigerung des Stromverbrauches auf. Insofern hier überhaupt energiesparende Maßnahmen ergriffen wurden, hatten sie entweder keinen unmittelbar

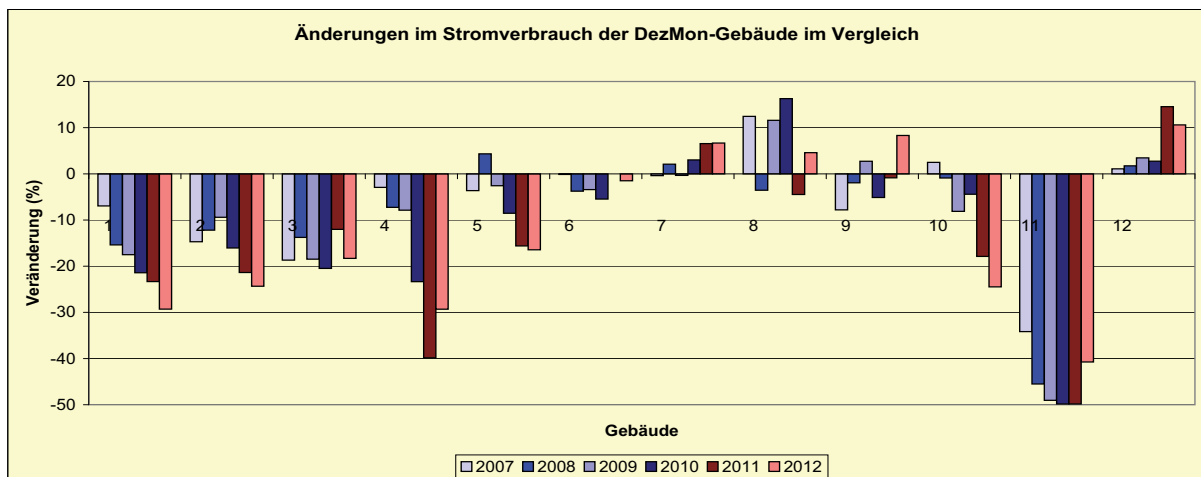


Abbildung 2. Die Verläufe der Stromverbräuche der einzelnen Gebäude im DezMon-Projekt 2007-2012 unterscheiden sich deutlich.

sichtbaren Erfolg oder wurden von anderen, gegenläufigen Entwicklungen wie etwa Rebound-Effekten aufgezehrt (s. a. Abschnitt 4.4.7, S. 79f). Besondere technische Gegebenheiten sind für dieses überwiegend büroartig genutzte Gebäude jedenfalls nicht bekannt. Während bei einigen Gebäuden (7, 8, 9) kein klares Bild erkennbar ist scheinen bei anderen (5, 6, 10) zumindest teilweise recht erfolgversprechende Ansätze für Einsparungen vorzuliegen. Recht solide Einsparungen konnten offenbar in den Gebäuden 1, 2 und 3 erzielt werden. Dabei handelt es sich um die Gebäude des Instituts für Biologie I (Zoologie) (1) sowie um das Haupt- (2) bzw. das Hörsaalgebäude (3) des Instituts für Psychologie. Im naturwissenschaftlich ausgerichteten, durch einen hohen Verbrauch gekennzeichneten Institut für Biologie I wurden in erster Linie technische Optimierungen vorgenommen, mit denen erhebliche Potenziale erschlossen werden konnten. Dabei wurden auch Gelder aus erwirtschafteten Prämien eingesetzt. In den beiden vom Institut für Psychologie genutzten Gebäuden lagen der Stromverbrauch und das technisch erschließbare Einsparpotenzial deutlich niedriger. Die dennoch erzielten beachtlichen und relativ konstanten Einsparungen lassen sich zu einem großen Teil auf Veränderungen im Verhalten der Institutsangehörigen zurückführen – Details zu diesem Projekt finden sich in Kapitel 5. Hier zeigte sich, dass minimal investive Maßnahmen, die einen energieoptimierten Betrieb bzw. das energierelevante Verhalten der Mitarbeitenden adressieren, im betrieblichen Kontext erhebliche Einsparpotenziale erschließen können (vgl. Wortmann, 2010). Dabei sind Verhalten und Technik kein Gegensatzpaar, sondern Bestrebungen nach Optimierungen in beiden Bereichen können sich ergänzen (Wortmann, 2009).

2.7 Energierrelevantes Verhalten im Fokus der (Umwelt-)Psychologie

Zwar haben technologische Konzepte im Bereich des Energiesparens eine wichtige Position inne, aber auch das energieeffizienteste Gerät verbraucht bei unsachgemäßer Nutzung mehr Strom als notwendig. Schätzungen für den Bereich Haushalte etwa in den USA beziffern das Potenzial für Energieeinsparungen auf der Basis vorhandener Technik auf 25 Prozent (Dietz, Gardner, Gilligan, Stern & Vandenberg, 2009). Dem Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer

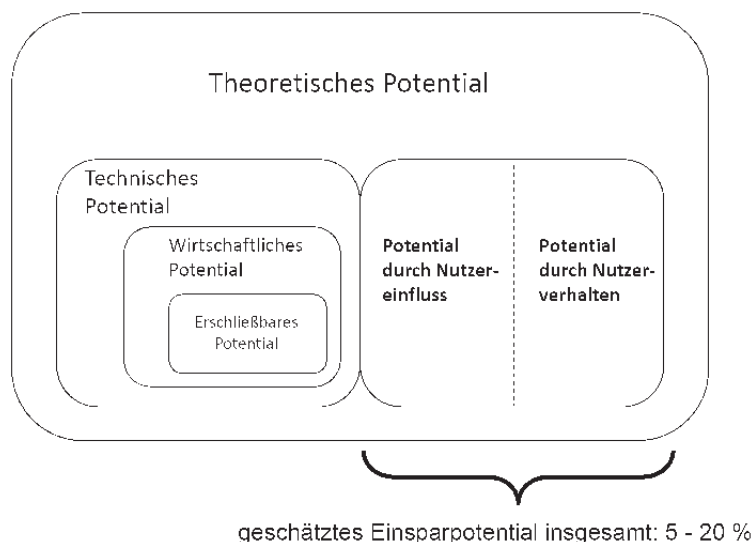


Abbildung 3. Das theoretisch erschließbare Potenzial zur Einsparung von Energie enthält Bereiche, die technischen bzw. nutzerbezogenen Einflüssen unterliegen. Das nutzerbezogene Potenzial wird dabei auf etwa 5-20 % geschätzt (Kastner, 2012, S. 4).

kommt bei der Betrachtung des Energieverbrauchs eine wichtige Bedeutung zu. Grundsätzlich kann das in einer bestimmten Umgebung und zu einem bestimmten Zeitpunkt insgesamt zur Verfügung stehende Einsparpotenzial unterteilt werden in einen technikbezogenen und in einen verhaltensbezogenen Anteil (Kastner, 2012; vgl. Abbildung 3). Im allgemeinen wird in realistischer zeitlicher Perspektive nur ein Teil des wirtschaftlich erschließbaren Potenzials auszuschöpfen sein (vgl. Kaltschmitt, Hartmann, Hofbauer & Thrän, 2009). Der verhaltensbezogene Anteil am gesamten theoretischen Einsparpotenzial wird zum einen bestimmt durch organisatorische Einflüsse des Nutzers, wie z. B. der Festlegung von Nutzungsszenarien (Einzelbüros vs. Großraumbüros, Besprechungs-, Sitzungs- oder Seminarräume usw.). Zum anderen stellt das Nutzerverhalten, also der individuelle Umgang mit technischen Geräten bzw. dem Gebäude, einen sehr relevanten Aspekt dar (s. a. Matthies, Klesse, Kastner & Wagner, 2011). Dies zeigte sich etwa bei einer Analyse des Wohnbauprojekts Twin Rivers (Sonderegger, 1978), bei

dem sehr hohe Unterschiede im Energieverbrauch relativ identischer Häuser von mehr als 100 Prozent beobachtet wurden, und dies sowohl beim Verbrauch von Gas für die Heizung im Winter als auch beim Verbrauch von Strom im Sommer, der zur Hälfte für den Betrieb der Klimaanlage benötigt wurde. Im Rahmen dieses Objekts wurde zudem von Seligman, Darley und Becker (1978) eine frühe Studie zur Stimulation des Energiesparens durch Feedback durchgeführt, bei der relativ häufige, nahezu tägliche Rückmeldungen eine Einsparung von 10,5 Prozent bewirkten. Kombiniert mit einer Zielvorgabe konnten 13 Prozent erreicht werden. Eine technische Einrichtung, die den Bewohnern signalisierte, wann es besser war, die Fenster zu öffnen als die Klimaanlage weiter zu betreiben, erbrachte sogar 15,7 Prozent Einsparung. Auch in der Studie von Palmborg (1986) fanden sich erhebliche, durch unterschiedliches Verhalten der Nutzer hervorgerufene Unterschiede im Energieverbrauch, wie auch in neueren Untersuchungen wie der von Loga, Großklos und Knissel (2003) und der Metaanalyse von Karlin et al. (in press). Diese zu erschließenden Potenziale wurden von der Energieagentur NRW (2007) mit dem Begriff „schlafender Riese“ (S. 1) in Verbindung gebracht.

Aus psychologischen Untersuchungen zum Energieverbrauch von Haushalten ist bekannt, dass energierelevantes Verhalten von einer Fülle von Faktoren beeinflusst werden kann. Auf einer Makroebene unterscheidet z. B. das Need-Opportunity-Ability-Modell (Gatersleben & Vlek, 1998) die Faktoren technologische Entwicklung, wirtschaftliches Wachstum sowie institutionelle, kulturelle und demografische Einflüsse (sog. *TEDIC* factors für *technological developments*, *economic growth*, *demographic factors*, *institutional factors*, und *cultural developments*). Auf einer Mikroebene betrachtet etwa das *MOA*-Modell (*motivation*, *opportunity* und *ability*, Ölander & Thøgersen, 1995) den Zusammenhang individuumsbezogener Konzepte wie Motivation, Möglichkeit und Gelegenheit in Bezug auf das Verhalten. Gewohnheiten und Routinen erleichtern dabei einerseits das Handeln im täglichen Kontext, können andererseits aber auch wichtige Hemmnisse in Bezug auf die Beeinflussung energierelevanten Verhaltens darstellen (Maréchal, 2010) (s. Kapitel 4).

Die Untersuchung der Interaktionen zwischen Verhalten und Umwelt, die dem Schutz der natürlichen und sozialen Ressourcen unseres Planeten dienen, steht im Zentrum umweltpsychologischer Forschung und stellt insofern die psychologische Dimension von Nachhaltigkeit dar (Corral-Verdugo, Frias-Armenta & Garcia-Cadena, 2010).

... it should not come as a surprise (sic!) ..., that human responsiveness to global change has been what it is: little to minimal at the individual level. If one is to accept this analysis, a change of affairs will become possible only through skillful beha-

vioural instrumentation of strategies of communication and of supportive systems of information processing. This puts psychology in a unique position to contribute to the study of human dimensions of global change. (Pawlik, 1991, S. 562f)

Der Umgang des Menschen mit dem Klimawandel ist mit einer Fülle genuin psychologischer Fragestellungen verknüpft (Pawlik, 1991), die sich u. a. auf verschiedene Barrieren beziehen. Darunter sind psychophysiologische Barrieren, die daraus resultieren, dass möglicherweise vorhandene Veränderungen unterhalb der Wahrnehmungsschwellen liegen können. Zeitliche Barrieren können darin bestehen, dass Aktionen und Folgen teilweise sehr weit auseinander liegen. Es können sich Barrieren in der Einschätzung ergeben, wenn seltene Ereignisse unterschätzt oder Anstiege in Häufigkeiten seltener Ereignisse ignoriert werden. Durch eine große soziale, oft auch räumliche Distanz zwischen Akteuren und Opfern, eine niedrige Bewertung lokaler Probleme und eine höhere Bewertung globaler Probleme bei gleichzeitig als gering eingeschätzter Selbstwirksamkeit (Uzzell, 2000) können sich geografische und soziale Barrieren ergeben. Nicht zuletzt können soziale Dilemmata entstehen, wenn umweltschädigendes Verhalten eines Einzelnen einen individuellen Nutzen für diesen nach sich zieht, während damit einhergehende Schädigungen der Umwelt verzögert, räumlich verlagert oder in anderen sozialen Gruppen auftreten (s. a. Abschnitt 4.4.6).

Die Erforschung der mit menschlichem Verhalten verbundenen Ursachen eines Klimawandels, dessen Auswirkungen sowie mögliche Reaktionen darauf im Sinne von Anpassungs- und Vermeidungsstrategien einerseits und die Verbindungen zwischen diesen Faktoren und kognitiven, affektiven, motivationalen, zwischenmenschlichen und organisationalen Reaktionen und Prozessen andererseits ist ein Bereich, in dem psychologische Ansätze unverzichtbar sind (Swim, Clayton & Howard, 2011; Swim et al., 2011). Eine Reihe konkreter, psychologisch relevanter, in entsprechende Modellvorstellungen eingebundener Einflussfaktoren umweltgerechten Handelns ist Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion und der Forschung. Darunter sind unter anderem Kosten- und Nutzenerwartungen, subjektive und soziale Normen, persönliche ökologische Normen, die Wahrnehmung eines Problems und der Konsequenzen von Handlungen, der wahrgenommene individuelle Verhaltensspielraum sowie die Rolle von Verhaltensgewohnheiten (Matthies, 2005) – Konzepte, die zu Recht immer öfter in Energiesparprojekten Anwendung finden. Ein allgemeines, iteratives Prozessmodell für Energiesparprojekte, in dem mögliche Beiträge der Psychologie deutlich werden, findet sich bei Wortmann (2010) (s. Abbildung 4).

Die praktische Relevanz nicht-technischer und nicht-organisatorischer Maßnahmen, also insbesondere minimal-investiver und verhaltensorientierter Maßnahmen, soll an einem Beispiel kurz

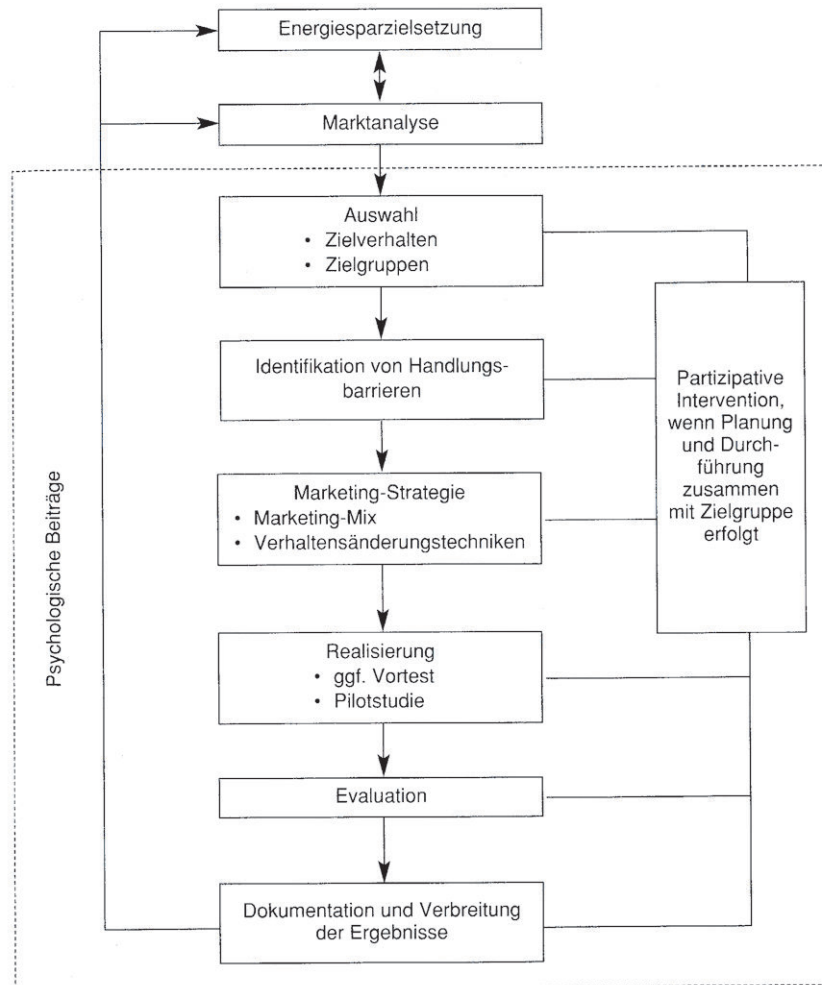


Abbildung 4. Das Integrative Prozessmodell von Wortmann (2010, S. 431) veranschaulicht den Stellenwert psychologischer Beiträge innerhalb eines Energiesparprojekts.

erläutert werden. Ohne die Erfolge an weiteren Hochschulen (Lüneburg, Bochum, Osnabrück, um nur einige wenige deutsche Hochschulen zu nennen) in Frage stellen zu wollen, greifen wir aus Gründen der Praktikabilität und der Einbettung eigener Arbeiten an dieser Stelle auf Informationen über die Universität Freiburg zurück (vgl. Steck, 2011). Wie viele weitere Hochschulen auch ist diese seit vielen Jahren im Bereich Umweltschutz aktiv. Unter anderem betreibt sie einen mit rund 5.000 m² Solarzellen und einer Leistung von ca. 550 kWp relativ großen Photovoltaik-Park überwiegend auf Dächern von Universitätsgebäuden, der etwa 500 MWh Strom pro Jahr produziert⁷ und rechnerisch ca. 270 t CO_{2eq} einspart. Dieser Wert übertrifft bei weitem die Summe aller anderen Bereiche, in denen die Universität in Sachen CO₂-Einsparung aktiv ist (Abfall, Recycling-Papier, Altpapier usw.), allerdings mit einer Ausnahme: Beim erwähnten

⁷ Quelle: <http://regiosonne.solar-monitoring.de/regio/public/solaruni>

Projekt DezMon war das Ergebnis in 2010 mit 584 t nochmals mehr als doppelt so hoch; die entsprechenden monetären Einsparungen summierten sich auf über 200.000 €.

2.8 Zielsetzung, Konzeption, Methodik und Aufbau der Arbeit

Wesentliche umweltsychologische Fragestellungen betreffen unter anderem die Punkte „Metaanalysen von Forschungsergebnissen“ (Kals, 1996, S. 14) und die „Entwicklung und Evaluation von Interventionsansätzen zur Förderung umweltbewußter Überzeugungen und Verhaltensweisen“ (Kals, 1996, S. 13) – zu beiden Punkten soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag liefern. Zum einen, indem spezifisch für den Gegenstandsbereich Hochschule Ergebnisse von psychologisch motivierten Arbeiten im internationalen Kontext und über den Zeitraum etlicher Jahrzehnte zusammengetragen und zueinander in Beziehung gesetzt werden und zum anderen dadurch, dass hieraus Interventionsstrategien systematisiert und bewertet werden. Insgesamt handelt es sich um eine qualitative, explorative metaanalytische Studie.

Wie sich aus den einleitenden Anmerkungen ergeben hat, wird menschliches Handeln und ein dadurch mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit induzierter Klimawandel aller Voraussicht nach weitreichende Folgen für die Menschheit haben. Nachhaltiges Wirtschaften wurde als eine mögliche Gegenmaßnahme vorgestellt und die besondere Situation, in der sich Hochschulen aufgrund ihrer Sonderstellung befinden, thematisiert. Nachhaltigkeit an Hochschulen ist ein aktuelles Thema, das nachfolgend den Rahmen der weiteren Untersuchungen bildet. Im Zentrum stehen dabei die effiziente Nutzung von Energie und die Potenziale technischer und verhaltenorientierter Maßnahmen als Facetten nachhaltigen Wirtschaftens und damit die Frage, welche verhaltenswissenschaftlichen Maßnahmenbereiche sich im Hochschulkontext besonders bewährt haben.

Wie sich bei Recherchen gezeigt hat, ist dies ein eher wenig beachteter Bereich (vgl. auch Matthies et al., 2011). Nicht zuletzt aus Gründen der direkten monetären Rückkopplung gibt es im Bereich der Optimierung industrieller und technischer Prozesse eine Vielzahl von Aktivitäten (Scherbaum, Popovich & Finlinson, 2008). Die Erforschung des Verhaltens der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Betrieben beim Umgang mit Energie, obwohl durchaus mit erheblichen Potenzialen verbunden, geschieht vergleichsweise seltener (s. z. B. Lo, 2011). Umweltsychologische Forschung zum Energieverhalten hat einen deutlichen Schwerpunkt in Haushalten (vgl. Steg & Abrahamse, 2010), was einerseits wegen des Anteils der Haushalte am Energieverbrauch und der erwarteten Potenziale sinnvoll erscheint, andererseits jedoch aufgrund anders gelagerter Rahmenbedingungen nur bedingt auf Betriebe übertragbare Ergebnisse erbringt. Die

von Stern (1992) angeregte empirische psychologische Forschung zu energierelevantem Verhalten im industriellen bzw. GHD-Sektor beschränkt sich auf relativ wenige Arbeiten (vgl. Matthies & Thomas, 2011; Wortmann, 2004). Und schließlich unterscheiden sich Hochschulen wiederum in vielen Aspekten von Betrieben. Das Energieverhalten der Angehörigen von Hochschulen ist zwar seit der Ölkrise immer häufiger Thema in internen Arbeitskreisen, übergreifenden Initiativen und internationalen Vereinigungen; es ist aber relativ selten aus psychologischer Sicht und mit psychologischen Methoden untersucht worden (Matthies et al., 2011).

Den Gegenstandsbereich der vorliegenden Arbeit bilden besonders einschlägige Untersuchungen, die folgende Rahmenbedingungen erfüllen: (1) Es werden umweltpsychologische Erkenntnisse und Modelle im Kontext Hochschule eingesetzt und evaluiert; (2) die Projekte sind hinreichend gut dokumentiert bzw. publiziert und die Ergebnisse zugänglich; (3) Die Darstellung der Projekte leistet einen Beitrag zu einem Gesamtbild und (4) die Hochschulen befinden sich in Deutschland, weiteren europäischen Ländern sowie in den U.S.A. und Kanada.

Für die Recherche wurden Datenbankabfragen eingesetzt, Zeitschriften und Tagungsprogramme ausgewertet, Homepages und Nachhaltigkeits- bzw. Umweltberichte von Einrichtungen durchforstet, die Literaturverzeichnisse einschlägiger Publikationen als weitere Quellen verwendet und die Ergebnisse gemäß der oben genannten Rahmenbedingungen gefiltert. Es wurden keine besonderen Anstrengungen unternommen, unveröffentlichte Studien zu recherchieren, da es wenig Anlass zu der Befürchtung gab, dass hier nennenswertes Potenzial vorliegen könnte (s. a. Osbaldiston & Schott, 2012).

Die Struktur der vorliegenden Arbeit stellt sich wie folgt dar: In der Einleitung wurde bereits die Motivation im Hinblick auf das weitere Vorgehen unter Bezug auf mögliche Klimaänderungen und Möglichkeiten zu deren Abwehr aus Sicht der Umweltpsychologie unter besonderer Berücksichtigung der Situation an Hochschulen dargelegt. Der nachfolgende Abschnitt geht auf vorwiegend technische, aber auch einige verhaltenswissenschaftliche Voraussetzungen zur Bewertung von möglichen Effekten von Maßnahmen zur Beeinflussung des Energieverbrauchs ein, bevor im vierten Kapitel das vorliegende psychologische Portfolio skizziert wird. Im fünften Abschnitt findet sich die Darstellung eines prototypischen Projekts, an dem Herausforderungen, Probleme, Schwierigkeiten, mögliche Lösungswege und Synergieeffekte veranschaulicht werden, die sich aus einem parallelen Einsatz technisch-organisatorischer und verhaltenswissenschaftlicher Maßnahmen ergeben können. Der sechste Abschnitt stellt psychologisch einschlägige, im Zeitraum 1977-2012 an Hochschulen durchgeführte und publizierte

Projekte vor. Übersichten, abgeleitete Empfehlungen für die Durchführung weiterer Untersuchungen sowie die Skizzierung eines Leitfadens für ein integriertes Energiesparprojekt finden sich in Kapitel 7.

3 Energieverbräuche und technisch-organisatorische Optimierungen

Für die Bewertung der Effekte von Energiesparmaßnahmen kommt eine Reihe von Kriterien in Betracht: Veränderungen bei den Verbräuchen oder Kosten, beim Nutzerverhalten und nicht zuletzt ein möglicher wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn in Bezug auf das Verhalten von Nutzern und dessen Beeinflussung. An dieser Stelle soll noch nicht die Frage eines kausalen Zusammenhanges zwischen der Durchführung der Maßnahmen und den gemessenen Veränderungen im Vordergrund stehen, sondern dargelegt werden, welche Parameter zweckmäßigerweise gemessen werden können und sollten, um einen Zusammenhang überhaupt erst sinnvoll herstellen zu können. Im Folgenden wird auf die Erfassung von Energieverbräuchen, die Bildung und Verwendung von Referenzwerten sowie auf Möglichkeiten zur Erfassung des Nutzerverhaltens und der Ableitung möglicher Potenziale eingegangen.

3.1 Daten

3.1.1 Verbrauchswerte

Für eine Beurteilung des Energieverbrauchs im Sinne einer ersten Einschätzung sind möglichst detaillierte Daten (Medien, Verbräuche, Orte, Flächen usw.) erforderlich, um aussagekräftige Kennzahlen generieren und mit Standardwerten vergleichen zu können (*Benchmarking*). Während in Europa die auf eine Fläche bezogene Heizenergie in Kilowattstunden pro Quadratmeter angegeben wird, werden in den USA als Einheit kbtu (1.000 british thermal units) pro Quadratfuß (*square foot, sq ft*) verwendet. 1 kbtu/sq ft entspricht dabei $3,155 \text{ kWh/m}^2$. Unterschiedliche Flächendefinitionen, die der Berechnung zugrunde gelegt werden (beheizbare Fläche, Nutzfläche, Hauptnutzfläche oder Volumina usw.) verkomplizieren die Bildung von brauchbaren Vergleichswerten zusätzlich.

Zur Bewertung technischer und organisatorischer aber auch verhaltensorientierter Maßnahmen ist ein Vorher-Nachher-Vergleich der anfallenden Verbräuche in quantitativer Form eine wichtige Basis. Verbrauchsdaten werden durch eine Vielzahl von verhaltensunabhängigen und relativ schwer isoliert zu quantifizierenden Faktoren beeinflusst wie solare Gewinne, Anwesenheit von Personen, technische Maßnahmen usw. Für eine Abschätzung dieser Effekte muss unabhängig von der Erfassung der Energieverbräuche eine Aufzeichnung bzw. Dokumentation jeglicher energierelevanter, den Verbrauch beeinflussender Maßnahmen erfolgen (vgl. Weber, 2002). Verbrauchsdaten können auch in engem Zusammenhang mit dem Nutzerverhalten stehen, bilden es aber oft nicht direkt ab. Änderungen im Verhalten schlagen sich nicht zwangsläufig in –sichtbaren– Änderungen im Verbrauch nieder. Zum einen könnten die durch eine

Verhaltensänderung induzierten Verbrauchsänderungen so gering sein, dass sie im Rauschen der Verbrauchsdaten untergehen. Zum anderen bleiben Verhaltensänderungen in bestimmten Fällen ohne Auswirkung auf den Verbrauch. Wenn etwa in der Übergangszeit die Raumtemperatur durch starke solare Einflüsse auf einem hohen Niveau gehalten wird, hat das Herunterdrehen der Heizung unter Umständen keinen Effekt auf den Verbrauch, obwohl dies in einem weniger privilegierten Gebäude grundsätzlich sinnvoll wäre.

3.1.2 Kosten

Angesichts stetig steigender Energiekosten ist ein durch reduzierte Verbräuche erzielter finanzieller Vorteil ein besonders wichtiger Effekt einer Energiesparmaßnahme. An dieser Stelle stehen wirtschaftswissenschaftliche Begriffe wie ROI (Return on Investment, Verhältnis des Gewinns in Relation zum eingesetzten Kapital) oder Amortisationszeit (Zeitraum, nach dem sich das eingesetzte Kapital rentiert hat, d. h. die kumulierten Einsparungen die aufgewendeten Kosten erreichen) im Vordergrund. Im einfachsten Fall können Kosten und Einsparungen direkt aufeinander bezogen werden. Nicht immer erlaubt die vorliegende Datenbasis jedoch eine exakte Bewertung von Energiesparmaßnahmen, weshalb an sich wirtschaftliche Maßnahmen unter Umständen nicht durchgeführt werden.

3.1.3 Ökologischer Fußabdruck

Oftmals stehen nicht nur rein monetäre Aspekte im Vordergrund, sondern Fragen des Umweltschutzes und des „ökologischen Fußabdrucks“ (engl. *carbon footprint*, vgl. Giljum et al., 2007; Wiedmann & Minx, 2008) als Bewertung des Energieverbrauchs durch abgeleitete Größen wie etwa CO₂-Äquivalente (CO_{2eq}). Larsen, Pettersen, Solli und Hertwich (2013) legten eine CO₂-Bilanz der Norwegian University of Technology and Science (NTNU) in Trondheim (Norwegen) vor, derzufolge vier Bereiche für jeweils etwa ein Fünftel des gesamten CO₂-Menge verantwortlich sind: (1) Verbrauch von Energie (Strom und Wärme), (2) technische Geräte inkl. solche der Informationstechnologie (IT), (3) Verkehr sowie (4) Bau und Unterhalt von Gebäuden. Zwischen den verschiedenen Fakultäten ergeben sich naheliegenderweise deutliche Unterschiede. Im Mittel entfällt dabei auf jeden Studierenden ein Anteil von 4,6 t CO_{2eq} und damit eine Menge, die kaum mit Suffizienzzielen wie etwa der 2000-Watt-Initiative vereinbar ist (vgl. Kaiser & Vllasaliu, 2011), zumal sie nur einen Teil des gesamten ökologischen Fußabdrucks eines Studierenden darstellt.

3.1.4 Nutzerverhalten

Für eine Bewertung von Veränderungen im Verhalten der Nutzer wären Aussagen zum Ausmaß dieser Veränderungen, zum damit verbundenen Energieverbrauch, zum Ausmaß der möglichen Zuschreibung der Effekte zu den Interventionen sowie zu den erzielten Langzeiteffekten wünschenswert. Eine Basis hierfür können aussagekräftige und belastbare Verbrauchsdaten oder Daten bzgl. des Verhaltens von Personen bei dem Einsatz von Energie bilden. Die Nutzerinnen und Nutzer können etwa bei energierelevanten Handlungen offen oder verdeckt beobachtet oder zu ihren diesbezüglichen Handlungen mündlich oder schriftlich befragt werden (vgl. Bortz & Döring, 2009). Flächendeckende Beobachtungen (Vollerhebungen) ergeben validere Aussagen, sind jedoch aus verschiedenen Gründen, etwa wegen des damit einher gehenden Aufwandes, nicht immer möglich. Befragungen bzw. Selbstberichte sind zwar oft auch bei größeren Anzahlen noch gut handhabbar, unterliegen aber Störfaktoren wie etwa sozialer Erwünschtheit, die zu einer Verzerrung führen können (Bortz & Döring, 2009). Die Verwendung von Selbstberichten in Untersuchungen zu Energiesparen und Recycling lieferten uneinheitliche Ergebnisse (vgl. Chao & Lam, 2011), die zumindest eine gewisse, teilweise auch erhebliche (Gatersleben, 2013; Gatersleben, Steg & Vlek, 2002) Differenz zwischen selbstberichtetem und beobachtetem Verhalten nahelegen. In der Untersuchung von Maleetipwan-Mattson (2012) ergab sich bzgl. der Nutzung der Beleuchtung in Büros nur eine mäßige Korrelation der gemessenen und der selbstberichteten Angaben. Eine einfache Umrechnung selbstberichteter Angaben auf Beobachtungsdaten unter Verwendung eines Korrekturfaktors (Vining & Ebreo, 2002) ist nach dem aktuellen Stand nicht möglich. Scherbaum et al. (2008) geben eine typische Begründung für den Einsatz von Selbstberichten: Erstens schienen ihnen für die Prüfung ihrer Hypothesen Daten aus Selbstberichten angemessen; zweitens wäre die Erhebung von Verhaltensdaten z. B. mittels Beobachtungen nicht durchführbar gewesen und hätte zu weiteren methodischen Probleme geführt. Drittens wären Verbrauchsdaten nicht in der notwendigen Granularität und Qualität verfügbar gewesen, sondern allenfalls auf Gebäudeebene. In Ermangelung anderer verwertbarer Daten kann die Verwendung von Selbstberichten bei sorgfältigem Design durchaus sinnvoll sein, wobei eine Kombination mit Verbrauchsdaten nicht nur günstig, sondern teilweise sogar notwendig zu sein scheint (s. a. Carrico & Riemer, 2011; Vining & Ebreo, 2002).

3.2 Datenerhebungen

Verbrauchsdaten sind somit zwar eine wichtige Basis für die Bewertung von Energiesparmaßnahmen, stehen jedoch nicht immer in der erforderlichen Qualität zur Verfügung. Die Ausstattung mit Zählern für die verschiedenen Medien (Strom, Gas/Öl/Wärme, Wasser usw.), die

Verfahren für die Ablesung und auch die weitere Verarbeitung sind in einzelnen Hochschulen sehr unterschiedlich geregelt (Klesse, Müller & Person, 2011). Die Verfügbarkeit und die Richtigkeit der Energieverbrauchsmessungen, die Zuverlässigkeit der laufenden Ablesungen und aller übrigen Daten, die für eine Evaluation herangezogen werden sollen, sind zwar zentral für eine Bewertung, dennoch können sie in gewisser Weise neuralgische Punkte eines Energiesparprojekts darstellen (vgl. Schahn, 2007). Die (Roh-)Daten müssen ggf. zunächst erfasst und in die zu messenden Einheiten transformiert und kontrolliert bzw. auf Plausibilität geprüft werden. Diese Werte müssen bewertet, im Hinblick auf Anomalien beobachtet und schließlich in eine Form gebracht werden, die für die Erstellung von Berichten geeignet ist. Aufgrund von Auffälligkeiten können dann Maßnahmen eingeleitet werden.

3.2.1 Verbrauchserfassungen

Bei der Ausstattung mit Zählleinrichtungen in Hochschulen reicht die Spannbreite von einzelnen Zählern, die Verbräuche mehrerer Gebäude messen bis zu einer Vielzahl von Zählern, die für ein bestimmtes Gebäude ein hoch aufgelöstes Bild des Energieverbrauch einzelner Gebäudeteile oder sogar einzelner Räume vermitteln können, wie dies etwa im Gebäude 229 der Universität Heidelberg realisiert wurde (Stadt Heidelberg, 2005). Ein nicht untypischer Fall mag ein größeres Gebäude der TU Wien sein, das bei Stromkosten pro Jahr von ca. 14 Mio. öS (ca. 1 Mio. €) über lediglich zwei Zähler verfügte – einen für den Hausanschluss und einen für die Imbissbude vor dem Haus (Benke et al., 1999).

Wenn Gebäude mit einer Gebäudeleittechnik ausgestattet sind, die Laufzeiten und Leistungsaufnahmen einzelner Geräte erfasst, können für die betreffenden Verbraucher Integrale des Verbrauchs über die Zeit berechnet und sog. virtuelle Zähler definiert werden. Damit können zwar im Prinzip Kosten für Messeinrichtungen eingespart werden, aufgrund ihrer Unabhängigkeit und Eichfähigkeit sind physikalische Zähler bei auf Dauer angelegten Messungen jedoch vorzuziehen (s. a. Liers & Person, 2012). Das Problem der Zuordnung gemessener Verbräuche zu den verursachenden Einrichtungen bleibt für zentrale Geräte wie etwa größere Lüftungsanlagen weiter bestehen.

Naturwissenschaftliche Laborgebäude gehören zu den bedeutendsten Energieverbrauchern einer Hochschule (Kaplowitz, Thorp, Coleman & Yeboaha; 2012); bei ihrem Betrieb stellen gesetzliche Regelungen und Vorschriften zusätzliche Komplikationen dar, die besondere Verfahrensweisen erfordern und Energiesparmaßnahmen nicht nur in technischer und organisatorischer Hinsicht, sondern auch in Bezug auf das Verhalten der Nutzer erschweren. Birn-

baum et al. (2007) dokumentieren die Erfahrungen bei der Sanierung eines 40 Jahre alten Laborgebäudes am Forschungszentrum Jülich, bei dem vorwiegend durch technische Sanierungsmaßnahmen dennoch der Energiebedarf von 3,5 GWh/a auf 1 GWh/a gesenkt werden konnte. Auch das Institut für Biologie I (Zoologie) an der Universität Freiburg kann als Beispiel dienen, wie in einem klassischen naturwissenschaftlichen Umfeld ganz erhebliche Energieeinsparungen erreicht werden können. Die Betrachtung büroartig genutzter Gebäude erscheint in einem gewissen Sinne als vergleichsweise einfach (vgl. Klesse et al., 2011; s. a. Projekt *Nachhaltige Energieeffizienz* am Institut für Psychologie der Universität Freiburg).

In der Regel werden für die Bestimmung von Verbräuchen Daten vorhandener (physikalischer) Zähler verwendet. Neben möglichen unbekanntem Verschaltungen (s. a. Abschnitt 3.2.1) ist grundsätzlich die Frage zu stellen, ob die Zähler auch das messen, was sie messen sollen. Schmidt et al. (1999) raten aufgrund entsprechender schlechter Erfahrungen in diesem Zusammenhang dazu, bei evtl. auftretenden Zweifeln neue Messeinrichtungen zu installieren und daneben die alten Zähler parallel zu betreiben, um ggf. aus festgestellten Abweichungen rückwirkend vorhandene Verbrauchswerte korrigieren zu können.

Die Erfassung der Verbrauchsdaten kann in unterschiedlicher Weise geschehen. Die beiden organisatorisch einfachsten und daher viel praktizierten Verfahren sind die Auswertung der Rechnungen des Energieversorgungsunternehmens (EVU) sowie die manuelle Ablesung und Protokollierung der Zählerdaten. Aufgrund gravierender Nachteile dieser beiden Verfahren wurde eine Reihe von Varianten in Richtung einer vollelektronischen Erfassung entwickelt. Tabelle 1 enthält eine Übersicht dazu (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2010).

Eine elektronische, zeitnahe Erfassung der Verbräuche kann trotz der damit einhergehenden Investitionskosten wirtschaftlich sein, weil sie weitergehende Maßnahmen und damit verbundene Einsparungen ermöglicht (Schmidt et al., 1999).

In den Gebäuden des Instituts für Psychologie der Universität Freiburg in der Engelbergerstraße werden aktuell beispielsweise die Varianten (1), (3) und (8) eingesetzt: Der Stromzähler des Energieversorgers wird von diesem fernausgelesen; die Verwaltung der Universität arbeitet mit den Angabe der anhand dieser Daten vom EVU erstellten Rechnung (1). Dem Institut stehen die fernabgefragten Daten zwar nicht direkt zur Verfügung, sie werden aber im Zähler für die Dauer von drei Monaten gespeichert und können manuell per Knopfdruck auf dem Display des Zähler

Tabelle 1

Vor- und Nachteile von Verfahren zur Erfassung von Verbrauchsdaten (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2010)

Datenerfassungsverfahren	Vorteile	Nachteile
1 Auswertung von Rechnungen; keine eigene Ablesung der Zähler	Geringer Aufwand	Grobes Zeitraster, geringe Kontrollmöglichkeiten
2 Manuelle Ablesung mit schriftlicher Weitergabe der Daten	Geringe Sachkosten	Fehleranfälligkeit (Ablesefehler), hoher Personalaufwand
3 Manuelle Ablesung mit elektronischer Weitergabe	Geringe Sachkosten	Fehleranfälligkeit (Ablesefehler), mittlerer Personalaufwand
4 Manuelle Ablesung mit Computer-Unterstützung (Ablesung vor Ort mit Notebook o.ä.)	Preiswerte Zähler einsetzbar, automatische Datenprüfung möglich	Fehleranfälligkeit (Ablesefehler), mittlerer Personalaufwand, Hard- und Software erforderlich
5 Elektronische Erfassung von Zählimpulsen über ein vorhandenes Gebäudeleitsystem	Geringerer Personalaufwand, laufende Erfassung möglich	Gebäudeleitsystem mit Zähleraufschaltung notwendig, Datenverluste bei Störungen, keine Eichfähigkeit
6 Elektronische Erfassung über busfähige Zähler (M-Bus, LON, Ethernet, Funk, o. a.)	Wie vor; zusätzlich: geringe Störanfälligkeit, Eichfähigkeit, keine Datenverluste bei Stromausfall	Kosten
7 Direkter Datenaustausch mit dem Stromversorger	Geringer Aufwand	Oft nur jährliche Daten, geringe Kontrollmöglichkeit
8 Mobile Datenlogger	Flexible Erfassung möglich, geringer Installationsaufwand	Keine kontinuierliche Verbrauchserfassung, Aufwand für Betrieb und Auslesung

abgerufen werden. Ein institutseigener Strom-Unterzähler für das Hörsaalgebäude wird wie die Gas- und Wasserzähler manuell abgelesen und die Daten werden sowohl lokal in einer Excel-Anwendung verarbeitet als auch per E-Mail an die Verwaltung übermittelt, die sie in ein zentral gehaltenes System übernimmt und projektweite Statistiken erstellt (3). Mobile Datenlogger werden für die Aufzeichnung des Stromverbrauchs einzelner Stromkreise (z. B. Stockwerke oder bestimmte Großverbraucher wie Heizung oder Aufzug) eingesetzt (8).

Der Aufwand durch die doppelte Datenhaltung dezentral im Institut und zentral beim Rahmenprojekt ist einerseits lästig, andererseits fallen beim Abgleich der beiden getrennten Datenbestände gelegentlich Fehler auf, die ihre Ursachen bei Ablesung, Übertragung oder Verarbeitung haben können. Auch eine direkte elektrische oder elektronische Erfassung kann Fehler aufweisen, wenn etwa bei einem Impulszählverfahren einzelne Impulse verloren gehen oder bei einer direkten Übermittlung an eine entfernte Sammelstelle Datenverluste auftreten. Für den Aus-

schluss der letztgenannten Fehlerquelle können ggf. lokale Datensammler zur Zwischenspeicherung der Daten eingesetzt werden.

Selbst wenn die erfassten Werte korrekt sein sollten, gibt es weitere Fehlerquellen, die man vor einer Interpretation der Daten ausschließen sollte. So entspricht etwa die Dokumentation elektrischer Anlagen nicht immer der Realität, weil vorgenommene Änderungen ggf. nicht immer Eingang in die Dokumentation gefunden haben. Schon eine sehr einfache Zählerstruktur bestehend aus einem Haupt- und zwei Unterzählern kann auf mehrere Weisen zusammengesetzt sein. Wie Schahn (2007) berichtet, ging man im Energiesparprojekt des Psychologischen Instituts der Universität Heidelberg zunächst davon aus, dass die vorhandenen beiden Unterzähler unabhängig voneinander, also parallel geschaltet sind. Wie sich erst viel später herausstellte, war dies nicht der Fall: Einer der beiden Unterzähler war nicht dem Hauptzähler direkt untergeordnet, sondern dem anderen Unterzähler – die beiden Unterzähler waren also hintereinander geschaltet. Da es in der Praxis nicht immer möglich ist, die Verschaltung der Zähler anhand der Verkabelung zu prüfen, bleibt hier im Zweifelsfall nur das probeweise Abschalten von Stromkreisen durch Herausnehmen der betreffenden Sicherungen, was sich aber wegen damit einhergehender Nebenwirkungen schwierig gestalten kann. Die notwendige Klärung der zugrunde liegenden Zählertopologie kann auch in modernen Gebäuden, die von vornherein im Hinblick auf eine detaillierte Verbrauchsabrechnung mit einer Vielzahl von Zählern bestückt wurden, den Beginn der Interventionsphase eines Projekts um Monate verzögern (Schahn, 2007).

Nicht selten werden neben den eigentlich interessierenden Verbrauchsstellen zudem fremde Einrichtungen versorgt – seien es Wohnungen (Schahn, 2007) oder wie im Rahmenprojekt der Universität Freiburg externe Institutsteile oder zentrale Teilbereiche der Universität. Im letzteren Fall war auch eine Bereinigung der Zählerdaten letztlich nicht möglich und die betreffende Einrichtung konnte daher mangels verwertbarer Verbrauchswerte nicht am Freiburger Prämiensprojekt teilnehmen. Der Ausschluss solcher Fremdverbraucher ist eine wichtige Voraussetzung für die weitere Verwendung der Verbrauchsdaten.

3.2.2 Grundlast und weitere Problembereiche

In einem verhaltenswissenschaftlichen Energiesparprojekt interessiert am Energieverbrauch vor allem der zunächst meist unbekannteste Anteil, der direkt dem Einfluss der Nutzer unterliegt. Nur selten dürfte, wie im Fall des Gebäudes INF 229 der Universität Heidelberg (s. Stadt Heidelberg, 2005; Schahn, 2004), eine Zählerstruktur vorhanden sein, die eine detaillierte Zuordnung von Verbräuchen zu Geräten erlaubt. Selbst der günstige Fall, bei dem ein Gebäude von

nur einer Einrichtung genutzt wird und deren Verbrauch als Ganzes von einem einzigen Zähler erfasst wird, erlaubt nicht ohne weiteres Rückschlüsse über den Effekt von Interventionen anhand der gemessenen Verbräuche, da in der Regel nicht alle gemessenen Verbräuche von der betreffenden Intervention beeinflusst werden. Ein typisches Problem ist hier die Grundlast, also derjenige Verbrauch, der durch den Betrieb technischer Einrichtungen entsteht, deren Betrieb entweder vorgeschrieben ist oder die sich dem Zugriff der Nutzer anderweitig entziehen. Diesen gleichgestellt sind in gewisser Weise Verbräuche, die aus anderen Gründen nicht im Fokus einer Intervention stehen. Beispielfhaft genannt seien für die erstgenannte Kategorie etwa die vorgeschriebenen Brandmeldeanlagen sowie die Außen- und die Sicherheitsbeleuchtung, insbesondere die Fluchtwegehinweise. Dem Zugriff der Nutzerschaft weitgehend entzogen sind etwa die Telefonanlage, eine ggf. vorhandene Zutrittskontrollanlage und aktive Komponenten des Datennetzes (Router, Switches, WLAN Access Points). Die Heizanlage als Stromverbraucher und ein ggf. vorhandener klimatisierter Serverraum werden eher dem technischen Sektor zugeordnet, obwohl bei ihrem Betrieb auch Verhaltenskomponenten relevant sind.

Eine erste Näherung für die Grundlast könnte der Verbrauch des unbesetzten Gebäudes darstellen; diese wird jedoch meist aus folgenden Gründen fehlerbehaftet sein: Erstens verbraucht eine Vielzahl von Geräten auch außerhalb der Öffnungszeit Strom wie etwa alle Geräte im Stand-by-Zustand sowie im Dauerbetrieb laufende PCs, Drucker, Kopierer, usw.; dieser Verbrauch sollte nicht der Grundlast zugerechnet werden, da er durch das Nutzerverhalten durchaus beeinflussbar ist. Zweitens ist auch der Grundlastverbrauch im engeren Sinne nicht konstant, sondern unterliegt jahreszeitlichen (z. B. Außenbeleuchtung) und klimatischen Faktoren (Heizanlage, Klimaanlage) und kann in Abhängigkeit vom Nutzerverhalten variieren (vgl. Metasch, 1995; für den Verlauf der Grundlast in einem konkreten Gebäude s. Abbildung 22). Gehen die Nutzer mit Energie eher verschwenderisch um und lassen Licht und Geräte über Nacht eingeschaltet, kann bei oberflächlicher Betrachtung der Verbrauchsdaten der Eindruck einer sehr hohen Grundlast entstehen (vgl. Masoso & Grobler, 2010).

Ohne den Einsatz von Zwischenzählern ist daher eine Abgrenzung der Grundlast mit einer einigermaßen hohen Genauigkeit schwierig. Die Summe der Grundlast kann bei einem büroartig genutzten Gebäude substantiell sein und durchaus die Hälfte des gesamten Stromverbrauchs ausmachen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2009a). Erfahrungen aus dem Energiesparprojekt am Freiburger Institut für Psychologie bestätigen diesen Sachverhalt im wesentlichen. Der Anteil der Grundlast liegt dort meist im Bereich zwischen

40 und 50 Prozent. In Zeiten eines unbesetzten Hauses wie um Weihnachten herum mit einem Verbrauch von ca. 2.000 kWh pro Woche würde man erwarten, dass die Grundlast nahezu 100 Prozent ausmacht, tatsächlich liegt ihr Anteil jedoch nur bei etwa 75 Prozent. Auch wenn man annimmt, dass die Grundlast nicht exakt bestimmt werden konnte, lässt dies auf noch vorhandene Einsparpotenziale in Gestalt von nicht abgeschalteten PCs, Druckern, Kopierern usw. schließen – insbesondere an Tagen, an denen nicht zuletzt die Daten des Stromverbrauchs des Aufzugs darauf hindeuten, dass das Haus relativ leer ist. Über das Jahr 2012 gesehen wurde in diesem Gebäude das Maximum des wöchentlichen Stromverbrauchs mit etwa 3.700 kWh in den Wochen kurz vor Weihnachten erreicht. Der Anteil wesentlicher Elemente der Grundlast betrug zu diesem Zeitpunkt etwa 1.500 kWh, d. h. nur knapp zwei Drittel des Stromverbrauchs waren in dieser Zeit von den Nutzern überhaupt beeinflussbar.

Nicht selten wird der Stromverbrauch eines größeren Gebäudes, in dem verschiedene Einrichtungen untergebracht sind, von einem einzigen Zähler erfasst. Sind diese Einrichtungen in Bezug auf ihre Verbrauchssituation einigermaßen vergleichbar, so bietet sich eine Aufteilung in Anlehnung an die jeweils belegte Fläche an (vgl. für die Freie Universität Berlin: Wanke, 2010). Es ist Sache der zentralen Verwaltung, mit den Einrichtungen die passenden Anteile auszuhandeln, was bei größeren Unterschieden bei den spezifischen Verbräuchen der einzelnen Einrichtungen oder im Falle zentral genutzter Einrichtungsteile zu Konflikten führen kann.

Ebenfalls auszuhandeln sind Änderungen des Verteilerschlüssels bzw. Berichtigungen der erfassten Verbräuche, falls sich gegenüber dem Stand zu Projektbeginn schwerwiegende Nutzungsänderungen (Neubesetzungen, Schwerpunktänderungen, Nutzungsänderungen, Leerstände usw.) ergeben haben sollten. Aktuell kann dies in Deutschland etwa im Bereich des Übergangs von Diplomstudiengängen zum Bachelor-System mit seinen anderen zeitlichen Belastungen von Ressourcen notwendig sein.

3.2.3 Referenzwerte

Für eine Bewertung der im Zuge einer Intervention sowie danach erhobenen Werte ist eine sinnvolle Vergleichsgrundlage erforderlich. Damit verbunden ist erstens die Frage nach verwertbaren Daten, mit denen ein Vergleichsmaßstab, eine Baseline, konstruiert werden kann, und zweitens die Frage nach relevanten Eigenschaften der Baseline. Im einfachsten Fall bestimmt man die Baseline anhand archivierter Zähler- bzw. Verbrauchswerte. Zu prüfen ist, ob diese Daten auf realen Ablesungen oder etwa auf sog. Simulationsrechnungen oder gar Messwertsimulationen (Schahn, 2007) beruhen und in der erforderlichen zeitlichen Auflösung verfügbar sind.

Aus Jahresverbräuchen kann aus verschiedenen Gründen nicht mit hinreichender Genauigkeit auf Monatsverbräuche geschlossen werden. Noch feinkörnigere Daten für einzelne Wochen, Tage oder gar Stunden, wie sie für die Bewertung von Interventionen teilweise wünschenswert sind, dürften eher selten verfügbar sein und wenn, dann allenfalls in Neubauten, in denen gelegentlich eine Zählerstruktur mit elektronischen Geräten und entsprechenden Datenerfassungs- und Managementsystemen vorhanden ist (vgl. Klesse et al., 2011; s. a. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2001). Liegen keine Archivdaten vor, so müssen die notwendigen Daten in einer eigenen Baselinephase vor Beginn der Interventionsphase erhoben werden (Griesel, 2004), im Grunde ein normales Vorgehen in einem AB-Design, das hier allerdings mit der Problematik einer ggf. sehr langen Vorlaufzeit und damit einhergehender möglicher Veränderungen zwischen Baseline- und Interventionsphase in technischer, organisatorischer oder personeller Hinsicht verbunden ist.

Zur Erreichung einer hohen internen Validität der Untersuchung müssen Störfaktoren so weit wie möglich kontrolliert werden. Dies ist bei Energiesparprojekten, in denen der Verbrauch infolge unterschiedlicher Witterung (Temperaturen, Lichteinfall usw.) schwanken kann, nur in gewissen Grenzen möglich. Noch relativ einfach ist eine Witterungsbereinigung des Wärmeverbrauchs (s. Abschnitt 3.3). Auf Bereinigungen des Stromverbrauchs der Heizung oder der Beleuchtung, der von Veränderungen der Sonneneinstrahlung etwa durch Wolkenbildung abhängen kann, wird wegen der damit verbundenen Komplexität und des meist vergleichsweise geringen Einflusses verzichtet.

Für die Konstruktion einer Baseline auf der Basis von archivierten Verbrauchsdaten früherer Zeiträume sind verschiedene Verfahren denkbar wie z. B. die Verwendung einzelner Datenpunkte, Zeitreihen, Mittelwerte oder Trends (vgl. Klesse et al., 2011). Häufig wird empfohlen, die Baseline etwa als Mittel der Daten dreier zurückliegender Jahre zu bilden, da ein relativ kurzer Zeitraum am ehesten die Möglichkeit bietet, zwischenzeitlich stattgefundenen Veränderungen noch nachvollziehen zu können (s. a. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2001; Institut für Energie- und Umweltforschung, 2004). Klesse et al. (2011) weisen darauf hin, dass dies nur zur Abschätzung im Falle recht konstanter Werte sinnvoll ist und im übrigen die Verwendung eines Trends in die Überlegung einbezogen werden sollte. Dazu eine kurze Veranschaulichung: Wie auch an anderen Einrichtungen (vgl. Wanke, 2010) wurden am Institut für Psychologie der Universität Freiburg über mehrere Jahre hinweg relativ konstante jährliche Steigerungen des Stromverbrauchs von

sieben Prozent beobachtet. Eine Intervention, die im Stande wäre, diesen Trend zu brechen und die Steigerung auf Null zurückzufahren, müsste als Erfolg angesehen und entsprechend belohnt werden – immerhin würde der zu erwartende Verbrauch sehr deutlich unterschritten. Eine alternative Berechnung auf der Basis einer aus den Mittelwerten dreier zurückliegender Jahre gebildeten Baseline würde jedoch eine weitaus weniger spektakuläre Einschätzung nahelegen, denn der Verbrauch wäre ja gegenüber dem Mittelwert immer noch angestiegen. Angesichts dieser Unterschiede wäre ggf. zu bedenken, ob nicht für den tendenziell oft steigenden Stromverbrauch und den –witterungsbereinigt– eher konstanten Wärmeverbrauch unterschiedliche Festlegungen für die Baseline sinnvoll sein könnten.

Die Verwendung historischer Daten kann bei einem eher verschwenderischen Umgang mit Energie während der Baseline-Phase zu einer ungerechtfertigt hohen Referenz und beim Einsatz eines Prämienmodells zu einer Belohnung früherer Verschwendungen führen; dieses Problem kann ggf. durch Vergleiche mit anderen Gebäude und entsprechende Berücksichtigung bei der Berechnung der Baseline abgemildert werden. Bei längerfristiger Betrachtung können u. a. dauerhaft ohne zusätzlichen Aufwand erzielte Einsparerfolge im Verlauf der Zeit die Baseline als nicht mehr als adäquat erscheinen lassen und etwa ein zeitliches Nachziehen bzw. eine Anpassung der Baseline oder eine veränderte Berechnung der Prämie erforderlich machen.

3.3 Bereinigungen der Verbrauchswerte

Von Energiezählern direkt abgelesene oder vom Energieversorger gelieferte (unbereinigte) Verbrauchswerte haben den Vorteil, dass sie unmittelbar zugänglich sind und aus ihnen relativ direkt auf die entstandenden Kosten geschlossen werden kann. Deshalb werden sie gelegentlich in Übersichten und Energiebilanzen (Universität Freiburg, 2012b) verwendet, auch wenn auf dieser Basis Vergleiche zwischen verschiedenen Jahren oder Liegenschaften nicht ohne weiteres möglich sind. Im Energiebericht des Landes Baden-Württemberg werden demgegenüber Werte angegeben, die „auf die bundesweite Normgradtagzahl von 3.883 Kd/a umgerechnet [wurden]. Der spezifische Wärmeverbrauch entspricht aufgrund dieser Normierung nicht den realen Landeswerten in Baden-Württemberg“ (Finanzministerium Baden-Württemberg, 2009a, S. 10). Insbesondere im Bereich der Heizung sind die von den Zählern gelieferten Daten nicht sehr aussagekräftig und erlauben auch nach einer Plausibilitätskontrolle und bei hoher Qualität der Daten nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf Veränderungen auf Seiten der Nutzer, seien sie technischer oder verhaltensbasierter Natur. Kempton und Layne (1994) beschreiben im Kontext von Haushalten die Auswertung einer Rechnung des Energieversorgers durch den Endverbrau-

cher als Prozess anhand vier verschiedener Varianten der Arbeitsverteilung zwischen Verbraucher und Energieversorger. Im Rahmen der vierten Stufe, einer umfassenden Beratung des Kunden, würde der Energieversorger folgende Schritte durchführen: Feststellen des aktuellen Zählerstandes, Bestimmung des tatsächlichen Verbrauchs, Bereinigung des tatsächlichen Verbrauchs anhand von Witterungsdaten, Plausibilitätskontrolle der bereinigten Daten und schließlich die Analyse von Abweichungen anhand von Informationen über Geräte und Benutzerverhalten. Diese Informationen könnten dann die Grundlage für eine informierte Entscheidung des Verbrauchers bilden, eine ggf. erforderliche Maßnahme durchzuführen. Typische Energierechnungen überlassen jedoch die meisten und insbesondere die schwierigsten Schritte dem Verbraucher und beschränken sich auf das Auslesen der Zählerstände sowie die Berechnung des Verbrauchs und des Rechnungsbetrags. Sofern ein Vergleich mit dem Vorjahresverbrauch gezogen wird, ist dieser aus den genannten Gründen nicht immer hilfreich. Dieses Szenario entspricht in weiten Teilen auch der Situation gewerblicher Verbraucher, die allerdings im Gegensatz zum privaten Endverbraucher oft über technische und personelle Möglichkeiten zur eigenen Analyse der Daten verfügen.

Für eine Bereinigung der Verbrauchswerte kommt eine Reihe von Faktoren in Frage (vgl. Vine, 1993): Witterung (Temperaturen, Feuchtigkeit), Tageslichtzeiten (kürzere/längere Tage), Nutzungsart, Belegung (Personenanzahl) und Öffnungszeiten des Gebäudes, Installation von zusätzlichen oder Veränderungen an vorhandenen Geräten, Einstellungen von Steuerungseinheiten (beispielsweise das Zeitintervall für die Absenkttemperaturen), Berücksichtigung von Stromausfällen sowie von Personen, die sich auch ohne Intervention programmkonform verhalten (*free riders*) und solchen, die nicht Teil des Interventionsprogramms sind, jedoch davon erfahren haben und durch ihr geändertes Verhalten zur Energieeinsparung beitragen (*free drivers*, Treatment-Diffusion). In der Praxis ist eine Bereinigung aller genannter Faktoren in der Regel nicht durchführbar. Auf den ersten Blick naheliegend mag daher eine Bereinigung anhand der Verbräuche von vergleichbaren Gebäuden sein. Sie hat neben ihrer Schlichtheit den Vorteil, gleich mehrere Faktoren wie Außentemperatur, Sonneneinstrahlung, thermische Gewinne usw. gleichermaßen abzubilden. Nachteilig ist jedoch, dass die Anteile der verschiedenen externen Einflüsse nicht voneinander getrennt werden können. Mathematisch korrekt wird bei dieser Variante der Bereinigung zunächst aus der Veränderung des Verbrauchs des Referenzgebäudes ein Korrekturfaktor berechnet, mit dem der aktuelle Verbrauch des Experimentalgebäudes beaufschlagt wird. Etwas problematisch wäre dagegen die folgende Schlussformel, die aufgrund ihrer Einfachheit über mehrere Jahre von der Verwaltung der Uni-

versität Freiburg angewandt wurde: Sinkt der Verbrauch im Experimentalgebäude um x Prozent und derjenige im Referenzgebäude um y Prozent, so wird daraus auf einen bereinigten Minderverbrauch im Experimentalgebäude in Höhe der Differenz der Prozentwerte $x - y$ geschlossen. Dieses Verfahren ist zwar rechnerisch sehr einfach und mag auf Anhieb plausibel erscheinen, ist aber aufgrund der Verrechnung von Prozentwerten, die auf der Basis unterschiedlicher Grundwerte gebildet wurden, mathematisch gesehen nicht einwandfrei und kann zu falschen Ergebnissen führen.

3.3.1 Witterungsbereinigungen

Wichtige externe Einflussgrößen auf den Energieverbrauch resultieren aus klimatischen Faktoren sowie Unterschieden in der Sonneneinstrahlung und der Witterung im Allgemeinen. Der Stromverbrauch durch Beleuchtung wird beispielsweise von saisonalen oder wetterbedingten Faktoren beeinflusst, die ihrerseits das Tageslicht und damit den Bedarf an Kunstlicht beeinflussen. Thermische Gewinne im Winter durch Sonneneinstrahlung oder Änderungen im Stromverbrauch aufgrund der je nach Situation unterschiedlichen Betriebsweise der Heizung sind relativ schwierig zu quantifizieren und werden daher meist vernachlässigt, zumal ihr Einfluss oft nicht besonders groß ist (Graichen et al., 2011). Aufgrund des gravierenden Einflusses der Außentemperatur auf den Verbrauch an Wärmeenergie beschränkt sich die Witterungsbereinigung meist auf die Bereinigung dieses Faktors.

Eine Bereinigung der Rohdaten ist auf verschiedene Weisen möglich, so etwa mittels einer Regressionsanalyse unter Verwendung der Umgebungstemperaturen (vgl. Kissock & Mulqueen, 2008). Ein weiteres Verfahren bedient sich der sog. Gradtagszahlen oder der Heizgradtage (in Deutschland genormt gemäß VDI 2067 bzw. der VDI 3807; s. a. Person, 1999) und stellt ein den anerkannten Regeln der Technik entsprechendes Verfahren dar (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2009). Die Gradtagszahlen werden dabei bestimmt durch die Summe der für alle Tage ermittelten Differenzen der (mittleren) Innentemperatur der beheizten Räume und der jeweiligen mittleren Außentemperatur, an denen aufgrund der niedrigen Außentemperatur geheizt werden muss (*Heiztage*). Die Mittelungen reduzieren dabei zwar die erreichbaren Genauigkeiten (s. Roltsch, Zalom, Strawn, Strand & Pitcairn, 1999), erhöhen aber die Praktikabilität des Verfahrens deutlich. Als Schreibweise für Gradtagszahlen sind Formen wie $G_{t20/15}$ bzw. $G_{t20/15}$ Würzburg üblich (Dimension: Grad Kelvin multipliziert mit Tagen pro Jahr Kd/a).

Bei der Berechnung der Heizgradtage nach der DIN 3807 dient hingegen nicht die mittlere Raumtemperatur als Bezug, sondern die sog. Heizgrenztemperatur. Darunter wird diejenige Temperatur verstanden, oberhalb derer ein Gebäude nicht mehr beheizt werden muss, weil die Verluste durch die internen Gewinne gedeckt werden können. Die Differenzen zwischen den jeweiligen Heizgrenztemperaturen und den mittleren Außentemperaturen werden für alle Heiztage aufsummiert und ergeben die Heizgradtage. Je nach Eigenschaften, Umfeld und Nutzung eines Gebäudes ergeben sich verschiedene Werte für die Heizgrenztemperatur; in der Regel wird jedoch die Heizgrenztemperatur mit 15 °C und die Raumtemperatur mit 20 °C angenommen. Damit vereinfachen sich beide Berechnungsverfahren dahingehend, dass nur noch eine Variable, nämlich die mittlere Außentemperatur, als freier Parameter übrig bleibt.

Aufgrund der leicht unterschiedlichen Berechnungsweise liegen die Werte für die Heizgradtage niedriger als diejenigen für die Gradtagszahlen. Wie Klesse et al. (2011) berichten, ist für den Vergleich von Verbräuchen zwar eine Bereinigung –mit jeweils identischen Verfahren– einerseits zwingend erforderlich, andererseits ist die Wahl des Bereinigungsverfahrens jedoch relativ unerheblich. Deswegen und aufgrund der weiten Verbreitung beschränkt sich die vorliegende Arbeit im Folgenden auf die Verwendung der Gradtagszahlen als Mittel zur Witterungsbereinigung.

Um den Einfluss der Außentemperatur aus einem Verbrauchswert herauszurechnen, wird der Quotient zweier Gradtagszahlen, die zu unterschiedlichen Standorten oder unterschiedlichen zeitlichen Abschnitten gehören, gebildet, und der zu bereinigende Verbrauchswert mit diesem Korrekturfaktor multipliziert.

Um einen allgemeinen Vergleich von Verbrauchswerten etwa in Deutschland zu ermöglichen, werden die Verbräuche typischerweise auf das langjährige Mittel eines Normortes bezogen. In der Vergangenheit war dies der Standort Würzburg, dessen mittlere Gradtagszahl $G_{t20/15}$ der Jahre 1951-1971 3.883 beträgt; unter Einbeziehung späterer Jahre wird derzeit häufig auch ein Wert von 3.731 verwendet (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2010; Liers & Person, 2012). Ein Beispiel: Ein Verbrauch von 10.000 Einheiten etwa im Jahr 2012 in Freiburg (Zentrum), dessen Gradtagszahl für 2012 3.182 betrug (Quelle: Deutscher Wetterdienst, DWD), wird wie folgt auf den Standort Würzburg bereinigt: Der Quotient der beiden Gradtagszahlen beträgt $3.731/3.182=1,17$; mit diesem Korrekturfaktor wird der Verbrauch multipliziert: $1,17*10.000=11.700$ Einheiten. Das Ergebnis ist ein Verbrauch, der direkt mit anderen, auf gleiche Weise bereinigten Verbrauchswerten anderer Jahre

oder anderer Gebäude verglichen werden kann. International sind unterschiedliche, jedoch teilweise recht ähnliche Berechnungsverfahren gebräuchlich (vgl. Ahrens, 2009; Carbon Trust, 2012; Hofer, 2003).

Dieses relativ schlichte Verfahren kann problematisch werden, falls sich beispielsweise in der Folge von Klimaänderungen die langjährigen Mittelwerte in erheblichem Maß verschieben oder sich deutliche, weniger mit witterungs-, als mit klimabedingten Faktoren einhergehende Änderungen der Verbräuche ergeben. Schätzungen zufolge könnte beispielsweise in Freiburg, der wärmsten Stadt Deutschlands, der Heizenergiebedarf bis zum Ende des Jahrhunderts um bis zu 30 Prozent zurückgehen (Matzarakis, Thomsen & Mayer, 2009).

3.3.2 Gebäudebezogene Bereinigungen

Eine weitere Bereinigung kann auch aufgrund von gebäudebezogenen Aspekten notwendig werden. Darunter sind etwa Standort, Ausrichtung und Bauweise, Ausstattung, Nutzungsart sowie Anzahl der Nutzer. Der Standort kann noch relativ einfach über die regionale Komponente der Witterungsbereinigung berücksichtigt werden. Eine Bereinigung von Verbrauchswerten bezogen auf alle genannten Faktoren ist schwierig und der damit einher gehende Aufwand in der Regel nicht gerechtfertigt. Stattdessen werden Gebäude typischerweise in verschiedene Klassen eingeteilt. Ein bekanntes und im öffentlichen Sektor verbreitetes Klassifizierungssystem ist der sog. Bauwerkszuordnungskatalog BWZK (vgl. Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder, 2010), der eine recht feine Gliederung der Bauwerke vorsieht. Gebäude für wissenschaftliche Lehre und Forschung sind dabei der Gruppe 2000 zugeordnet, die unterteilt ist in Gebäude für Lehre, Gebäude für Forschung ohne Lehre, normal bzw. hoch installierte Gebäude für Lehre und Forschung sowie Laborgebäude, wobei nutzungsabhängig weitere 16 Untergruppen gebildet werden. Gemäß dieses Katalogs wäre etwa das Hörsaalgebäude des Instituts für Psychologie der Universität Freiburg der Kategorie „2111 Hörsäle ohne Zusatznutzung“ (S. 3) zuzuordnen und das Hauptgebäude der Kategorie „2210 Lehre und Forschung, Institutsgruppe 1“ (S. 3). Flächenbezogene Kennwerte für Hochschulbauten in der Bundesrepublik Deutschland nehmen in der Regel Bezug auf diese Klassifikation.

3.3.3 Zeitliche Bereinigungen

Der Energieverbrauch in Hochschulen schwankt nicht nur durch zeitliche Einflüsse wie Feiertage und Jahreszeiten mit ihren wechselnden Beleuchtungs- und Wärmeanforderungen, sondern folgt ganz wesentlich auch dem unregelmäßigen Rhythmus der Semester. Um Vergleiche zu er-

leichtern und Unregelmäßigkeiten rasch aufdecken zu können, hat es sich im Rahmen des Projekts in Freiburg als zweckmäßig erwiesen, Verlaufskurven mit einer Auflösung unterhalb eines Monats, also etwa einer wöchentlichen Auflösung, in zwei Phasen zu zerlegen: Die erste beginnt in der Fasnachtswoche und endet mit der letzten Woche der Sommerpause, die zweite beginnt mit der ersten Veranstaltungswoche des Wintersemesters. Legt man die Verläufe mehrerer Jahre übereinander, so werden die Verbräuche relativ gut vergleichbar und die jeweiligen Minima liegen um Weihnachten herum dicht beieinander (s. Abbildung 5).

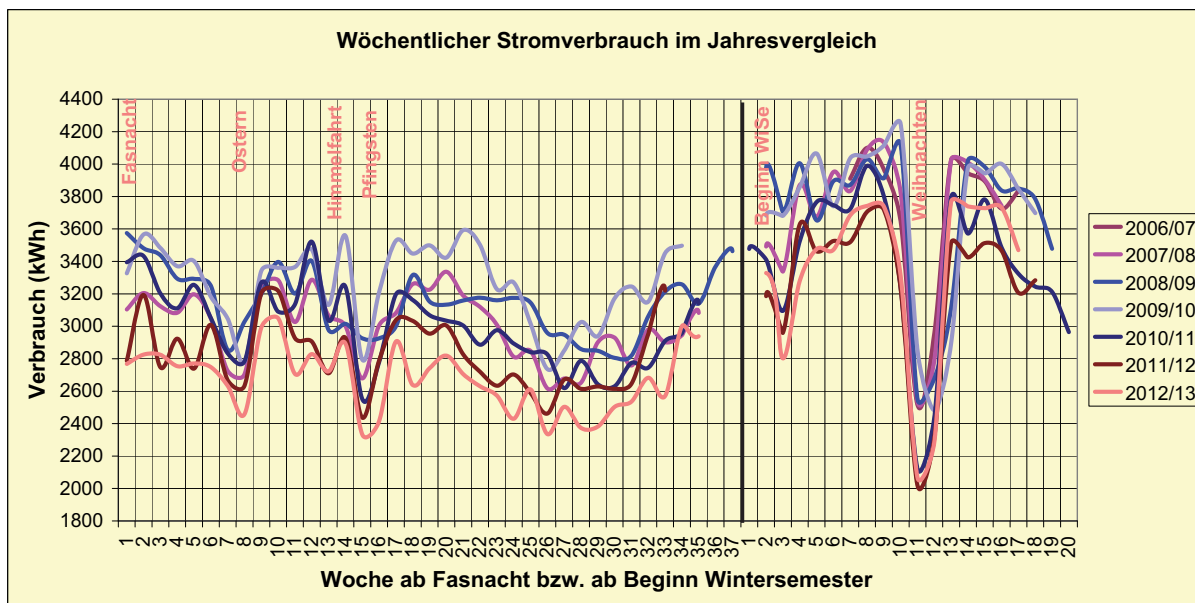


Abbildung 5. Beispiel für einen zeitlich normierten Verlauf des wöchentlichen Stromverbrauchs

3.4 Bewertungsmaßstäbe und Kennwerte

Auf der Basis der bereinigten Energieverbräuche ist die Berechnung flächen- oder kubaturbezogener Kennwerte und damit eine Einschätzung des Energieverbrauchs und erste Abschätzung möglicher Einsparpotenziale eines Gebäudes möglich. Einen ersten Anhalt dafür liefern unter anderem die im Zuge des Energieeinsparungsgesetzes (Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden, EnEG) und der Energieeinsparverordnung (Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, EnEV) vorgeschriebenen Energieausweise bzw. die darin enthaltenen Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte, die bereinigte, über mehrere Jahre erhobene Verbräuche in Beziehung zu den betreffenden Flächen setzen. Die Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (2009) erläutert und präzisiert wie folgt:

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) legt in § 16 (3) fest, dass

- für Gebäude mit **mehr als 1000 m² Nutzfläche**,
 - in denen Behörden und sonstige Einrichtungen **öffentliche Dienstleistungen**,
 - für eine **große Anzahl Menschen** erbringen, die die **Gebäude** daher häufig **aufsuchen**,
- ein **Energieausweis** zu erstellen und im Gebäude an **gut sichtbarer Stelle** auszuhängen ist.

Damit wird die Vorbildfunktion der Öffentlichen Hand auch im Klimaschutz unterstrichen, die bisher schon intensive Anstrengungen unternommen hat, den energetischen Zustand ihrer eigener Gebäude zu optimieren. Die EnEV bietet mit dem Aushang von Energieausweisen ein sichtbares Instrumentarium, dies auch nach außen hin zu dokumentieren. Sinnvollerweise geschieht dies an Gebäuden, in denen öffentliche Dienstleistungen erbracht werden und die als solche von den Bürgerinnen und Bürgern wahrgenommen werden. [Hervorhebungen im Original] (S. 2)

An dieser Stelle wird also insbesondere auf die Information der interessierten Öffentlichkeit abgehoben. Die Reliabilität von Energieausweisen ist im übrigen nicht unumstritten (vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2011).

Ein Problem beim Vergleich von flächenbezogenen Kennwerten stellen häufig die unterschiedlichen zugrunde gelegten Flächen oder Rauminhalte dar. In Deutschland ist eine Angabe pro Quadratmeter Hauptnutzfläche (HNF) üblich, gelegentlich wird jedoch auch auf weitere Bezugsflächenkategorien Bezug genommen wie etwa auf die Bruttogrundfläche (BGF) (bebaute Grundstücksfläche; vgl. Person, 1999), beheizte Bruttogrundfläche, Nettogrundfläche (NGF) sowie die Nutzfläche (NF). Die Hauptnutzfläche (HNF; Büroräume, Werkstätten, Labore, ...) ergibt sich rechnerisch im wesentlichen aus der Bruttogrundfläche, von der die sog. Konstruktionsgrundflächen (KGF; Mauern, Wände), Verkehrsflächen (VF; Flure, Treppen), technische Funktionsflächen (TF; Heizraum, Aufzugsmaschinenraum) und Nebennutzflächen (NNF; Sanitär- und Abstellräume) abgezogen werden. Obwohl die Unterteilung der Nutzfläche in eine Haupt- und eine Nebennutzfläche im Zuge der Novellierung der DIN 277 aufgegeben wurde (s. a. eTASK, 2005, für eine detaillierte Übersicht), ist die HNF als Maßstab immer noch weit verbreitet. Faktoren für eine Umrechnung der Flächenangaben finden sich in Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009). Da die im BWZK genannten Kategorien jedoch nicht immer zu den in der Praxis anzutreffenden Belegungsformen von Hochschulgebäuden passen, bei denen gelegentlich ganz unterschiedliche Nutzungsarten gemischt vorkommen, wurden alternative, sehr viel feingliedrige Klassifikationssysteme entwickelt (s. Person, 2012).

Außerhalb Deutschlands werden teilweise nicht nur andere Energieeinheiten (etwa *btu* anstelle von *kWh*), sondern auch andere Flächenmaße (*sq ft* anstelle von *m²*) oder sogar Kubaturen anstelle von Flächen (Österreich, s. Benke et al., 1999) verwendet. Während sich die Energieein-

heiten und Flächenmaße ineinander überführen lassen, sind Kubaturen zwar im Prinzip präziser als flächenbezogene Angaben, lassen sich aber nicht auf einfache Weise mit diesen vergleichen.

3.5 Energieeffizienz

In der volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise wird Energieeffizienz durch Terme der Form Energie pro Nutzeinheit definiert. Eine Halbierung des Energieeinsatzes bei gleichbleibendem Nutzen bedeutet somit eine ebenfalls halbierte Energieeffizienz. Im Bereich privater Haushalte ist die Energieeffizienz gemessen in Energieverbrauch pro Quadratmeter Wohnfläche in Deutschland in der Zeit von 1990 bis 2009 nicht stetig, aber dennoch mit einer durchschnittlichen Rate von ca. einem Prozent pro Jahr gefallen und liegt derzeit bei etwa 200 kWh/m^2 (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, 2012). Dies geht im wesentlichen auf eine deutliche Reduktion der Brennstoffeffizienz, d. h. des Energieverbrauchs für Raumwärme zurück. Der Stromverbrauch hingegen blieb über die Jahre nahezu konstant und pendelte zwischen den Werten 40 kWh/m^2 und 42 kWh/m^2 , wobei leichte Abwärtstrends in den Jahren 1996 bis 2000 sowie seit 2004 zu beobachten sind. Die in $\text{kWh}/1.000\text{€BWS}$ (Kilowattstunden pro 1.000 € Bruttowertschöpfung) gemessene Energieeffizienz des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen GHD ist seit längerem mit leichten Schwankungen um ca. 3 Prozent pro Jahr rückläufig und erreicht derzeit Werte im Bereich von etwas über $100 \text{ kWh}/1.000\text{€BWS}$ bei nahezu hälftigen Anteilen für Strom- und Brennstoffeffizienz. In anderen industrialisierten Ländern stellt sich die Sachlage ähnlich dar oder es sind sogar Steigerungen der Verbräuche zu verzeichnen.

3.6 Potenziale in Bau und Sanierung von Gebäuden

In technischer Hinsicht werden die wichtigsten Weichen für den energiesparenden Betrieb eines Gebäudes im Zuge seiner Errichtung gestellt. Bei Neubauten sorgen etwa in Deutschland die gesetzlichen Vorgaben für eine energiesparende Ausführung (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2010). Daneben gibt es Zertifikate wie das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) oder das Zertifikat der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB). International können Gebäude mit Sternen gemäß dem LEED-Standard (Leadership in Energy and Environmental Design, U.S. Green Building Council, USGBC, USA) oder anhand der Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM, Großbritannien) klassifiziert werden.

Grundsätzlich ist auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Errichtung besonders effizienter Gebäude sinnvoll. So sind etwa im Falle des Büro- und Seminargebäudes Forum Griesbach der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag) „alle Beteiligten an die Grenzen des damals Machbaren“ (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, 2006, S. 2) gegangen und haben nahezu das Niveau eines sog. Nullenergiehauses erreicht. Die um fünf Prozent höheren Investitionskosten sollen sich dank der geringeren Betriebskosten innerhalb von etwa 13 Jahren amortisieren (Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, 2006, S. 1). Eine effiziente Gebäudehülle lässt im Winter nur sehr wenig Wärme durch Wände, Fenster, Dächer usw. entweichen, hat daher einen geringen Wärmebedarf und ermöglicht gleichzeitig durch entsprechende Maßnahmen hohe thermische Gewinne. Sie kann den Energieverbrauch eines Gebäudes nicht nur erheblich reduzieren, sondern die Nutzung alternativer Energien erleichtern oder sogar erst ermöglichen (vgl. Harvey, 2009).

In einer älteren, wegweisenden Studie wurden unter dem Eindruck der ersten Ölkrise in der Mitte der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts in Twin Rivers, New Jersey, Effekte baulicher Veränderungen und verhaltensbezogener Maßnahmen detailliert untersucht. Eine Reihensiedlung von beachtlichem Umfang stellte für Socolow und Kollegen (Socolow, 1978) einen günstigen Gegenstandsbereich für ihre Untersuchungen dar. Anhand einer Reihe baulich und ausstattungsmäßig recht ähnlicher Häuser konnten Effekte baulicher Optimierungen einerseits und verhaltensbezogener Interventionen andererseits gut untersucht werden. Dabei ergab sich, dass schon bauliche Veränderungen allein den Verbrauch an Wärme in erheblichem Maß, in diesem Beispiel um bis zu zwei Drittel, reduzieren konnten (Sinden, 1978).

In dem Maße, wie durch fortschreitende Optimierungen insbesondere der Energiebedarf von Neubauten immer weiter reduziert werden kann, steigt die Bedeutung des Verhaltens der Nutzer, weil der von ihnen direkt oder indirekt zu beeinflussende Anteil am gesamten Energieverbrauch ansteigen kann. Diese Problematik sollte bei der Planung eines Gebäudes beispielsweise im Rahmen von Simulationen berücksichtigt werden (Hoes, Hensen, Loomans, de Vries & Bourgeois, 2008).

Insbesondere im öffentlichen Bereich besteht die Problematik eines umfangreichen Gebäudebestandes mit wenigen Zu- und Neubauten. Die Nachrüstung von Altbauten kann in einigen Bereichen wirtschaftlich sein, insbesondere wenn es um die Beleuchtung, die Dämmung der Gebäudehülle, den Austausch von Fenstern oder alter Heizanlagen und Umwälzpumpen geht.

Die Nachrüstung einer Gebäudeleittechnik gehört aufgrund der damit einhergehenden erheblichen Kosten zunächst nicht dazu. So rüstet die Universität Freiburg jedes Jahr nur einige wenige Gebäude aus ihrem Bestand von etwa 140 Gebäuden (Universität Freiburg, o. J.) nach.

Wegen des mit baulichen Maßnahmen einhergehenden Aufwandes ist es besonders wichtig, alle Möglichkeiten für eine sparsame Verwendung von Energie auszuschöpfen, die der Betrieb und die Nutzung der Gebäude bieten (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2010).

3.7 Potenziale in Betrieb und Organisation

Beispiele zeigen, dass ein in architektonisch-technischer Hinsicht auf Energieeffizienz optimiertes Gebäude allein noch keine niedrigen Energierechnungen garantiert. Im Gegenteil: Mit energetisch immer weiter optimierten Gebäuden hängt der tatsächliche Energieverbrauch in immer höherem Maße vom Verhalten der Nutzer ab. Suboptimale Einstellungen der technischen Einrichtungen, unbemerkte Defekte von Anlagen und Geräten sowie bewusstes oder unbewusstes Fehlverhalten auf der Nutzerseite können einen erheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch eines Gebäudes haben.

Gerade an Universitäten mit ihrem Semesterbetrieb gibt es erhebliche Einsparpotenziale durch einen an die tatsächliche Nutzung angepassten Betrieb der Gebäude. Die Spannbreite reicht hier etwa vom Absenkbetrieb der Heizung über Feiertage und Schließzeiten bis hin zu präsenz- oder belegungsplangesteuerten Betriebszeiten von Heizung und Lüftung in einzelnen Räumen.

Im Gegensatz etwa zur Dämmung der Außenhülle, die während der Nutzung des Gebäudes kaum weitere Aufmerksamkeit benötigt, erfüllt die im Gebäude verbaute Technik die an sie gestellten Erwartungen nur bei sorgfältiger Erstinstallation, anforderungsgerechter Konfiguration im Rahmen der Inbetriebnahme, laufender Wartung und ständiger Anpassung an den tatsächlichen Bedarf. Insbesondere die Überprüfung und Sicherstellung, dass alle Komponenten wie geplant und spezifiziert arbeiten (sog. *commissioning*, s. a. Vine, 1992), stellt ein wichtiges Potenzial dar. Mills (2011) beziffert das damit zusammenhängende jährliche Einsparpotenzial in den U.S.A. allein bei Nicht-Wohngebäuden für das Jahr 2030 auf 30 Mrd. US\$ und 340 Mt CO_{2eq}⁸. Dabei sind Einsparungen von mehr als 50 Prozent bei typischerweise negativen Kosten, also Netto-Gewinnen, nicht ungewöhnlich. Auch bei Bestandsbauten lassen sich so erhebliche Einsparungen erzielen (s. Baechler & Farley, 2011). Insbesondere der hydraulische

⁸ 1 Mt = 1 Megatonne = 10¹² Gramm

Abgleich der Heizanlage (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, 2005, Guzek, 2010), durch den sichergestellt wird, dass an allen Heizkörpern unabhängig von der Entfernung zur Umwälzpumpe ein identischer Druck zur Verfügung steht, wurde in der Vergangenheit oft vernachlässigt, obwohl ein nicht abgeglichenes Heizsystem neben wirtschaftlichen Nachteilen auch Einschränkungen für die Nutzung zur Folge haben kann wie etwa ungleichmäßige Wärmeverteilung, zu hohe oder zu niedrige Pumpenleistung und Geräuschbildung (s. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, 2005).

Im Bereich der Heizung ist derzeit die temperaturgeführte Heizungssteuerung Stand der Technik. Die Vorlauftemperatur der Heizung wird dabei in Abhängigkeit von der Außentemperatur geregelt, oft auch zusätzlich anhand der Innentemperatur. Die dafür zugrunde liegenden Parameter sind in der Regel statisch und werden meist nur einmal im Rahmen der Erstinstitution bzw. der Vorbereitung der Übergabe eines Gebäudes an die Nutzerschaft eingestellt. Um Klagen aus dem Nutzerkreis vorzubeugen, werden die Parameter dann oft sicherheitshalber so gewählt, dass die Anforderungen der Nutzer unter möglichst allen denkbaren Betriebszuständen erfüllt werden können, d. h. es werden teilweise unnötige Reserven eingebaut. Ein solcher Parameter ist etwa der Zeitpunkt des Übergangs von der Nachtabsenkung in den Normalbetrieb. Eine entsprechend ausgelegte Steuerung könnte die zur Aufheizung erforderliche Zeit u. a. anhand des Temperaturverlaufs von Referenzräumen errechnen und den Aufheizvorgang automatisch passend starten. Gerade die Einbeziehung der Raumtemperaturen in die Betriebsweise der Heizungsanlage und weiterer raumlufttechnischer Anlagen (*RLT*) wird als in jedem Fall erforderlich angesehen „wenn man sich um auf dem schmalen Grat zwischen Komfort und Verbrauchsminimierung bewegt“ (Schmidt et al., 1999, S. 43). Einen Schritt weiter gehen Verfahren, die Vorhersagen bzgl. der zukünftigen Entwicklung etwa der Außentemperaturen verwenden. Mit einem gewissen personellen Aufwand ist es möglich, Wettervorhersagen und Belegungsanforderungen durch manuelle Eingriffe in die Haustechnik zu berücksichtigen; dies wurde beispielsweise beim Betrieb des Hörsaalgebäudes des Instituts für Psychologie der Universität Freiburg praktiziert. Von der Firma Siemens als Patent angemeldet und derzeit im Erprobungsstadium befindlich ist eine automatische Einbindung derartiger Informationen in die zentralen Gebäudeleittechnik in Form einer sog. prädiktiven Gebäuderegulierung (Gwerder et al., 2010; Gyalistras, 2009; Siemens, 2011a). In einem integrierten System wird das „Heizen, Kühlen, Lüften, Beleuchten und Beschatten von Räumen ... bezüglich des Verbrauchs von ... Energie bei einer vorgegebenen Komfortanforderung minimierbar“ (Siemens, 2011b, S. 1). Mit der verbesserten Steuerung können Energieverbrauch, Komfort und Energie-Spitzenbedarf unter

Berücksichtigung der aktuellen Strompreise optimal aufeinander abgestimmt werden (Schläfli, 2011). Dabei kann das System aus Fehlern, d. h. nicht erreichten Zieltemperaturen zum Beginn einer Veranstaltung, insofern lernen, als es zukünftig in solchen Fällen etwas früher mit dem Aufheizen beginnt (Gwerder et al., 2010; Siemens, 2011b). Gyalistras et al. (2010) berichten von einem Einsparpotenzial von mehr als 40 Prozent durch die Nutzung von Vorhersagedaten.

Optimierungspotenziale beim Betrieb einer Heizanlage in aktuellen Bestandsbauten betreffen etwa zu lange Betriebszeiten (Absenkbetrieb bzw. Betrieb von Umwälzpumpe usw. nicht oder ungeeignet eingestellt), falsch eingestellte Heizkurven, zu hohe Vorlauftemperaturen, ein fehlender hydraulischer Abgleich, zu hohe Volumenströme, falsche Dimensionierungen der Erzeugeranlagen, Fehler in der Messtechnik (falsche Wandlerfaktoren, falsch aufgelegte Zähler, nicht kalibrierte Sensoren, festsitzende Heizkörperventile); damit einhergehende Verluste werden auf 5-30 Prozent geschätzt (s. Henning, 2009).

Spezifische Einsparpotenziale im Bereich des Stromverbrauchs finden sich neben den schon genannten raumlufttechnischen Anlagen (RLT) in der Beleuchtung und in der Informationstechnologie (IT). In den von Weber, Menti und Keller (1999) untersuchten Bürogebäuden lag der Anteil dieser Verbrauchsbereiche bei 80 Prozent; hinzu kamen etwa 10 Prozent, die den Bürogeräten zugerechnet wurden. Marx (2009) berichtet von einem Anteil der Beleuchtung in einem Bürogebäude von 38 Prozent; die IT hat einen Anteil von 23 Prozent, die Gebäudetechnik 18 Prozent, Drucker und Kopierer 11 Prozent, die Küche 6 Prozent und private Geräte immerhin noch 4 Prozent. An der Ruhr-Universität Bochum wird in den Gebäuden der Naturwissenschaften und der Medizin die Hälfte des Stromverbrauchs zum Betrieb der Lüftungsanlagen benötigt. Hier wurde durch den Einsatz zeitlicher Steuerungen –unter Beachtung der entsprechenden Vorschriften– ein Einsparpotenzial im Bereich von 10 Prozent und bei Gebäuden der Ingenieur- und Geisteswissenschaften bei Beleuchtung und IT im Bereich von 15 Prozent ermittelt (Kattenstein, Ziolk & Unger 2000).

Im Bereich Beleuchtung liegen erhebliche Potenziale in der Wahl der Leuchtmittel. Oft werden noch Heißkathodenleuchtmittel (herkömmliche Neonröhren) eingesetzt, obwohl der alternative Einsatz von Kaltkathoden- oder LED-Leuchtmitteln nicht nur unter dem Aspekt des Energieverbrauchs, sondern auch unter dem Aspekt des Wartungsaufwandes oft sinnvoll ist. Ebenfalls relevant ist die Wahl der Leuchtmittel in Bezug auf die erforderliche Beleuchtungsstärke. Oftmals lassen sich einzelne Leuchten oder gar ganze Leuchtengruppen ohne Einbußen an Sicherheit und Komfort außer Betrieb nehmen, was ebenfalls zu Einsparungen bei Energie und

Wartungsaufwand führen kann. Bei der Steuerung der Beleuchtung sollten rein manuell ein- und auszuschaltende Leuchten die Ausnahme sein, weil das Ausschalten häufig vergessen wird. Besser ist oft eine automatische Abschaltung nach einer gewissen Zeit über ein Zeitrelais, möglichst mit der Möglichkeit des vorzeitigen manuellen Ausschaltens. Für viele Bereiche dürfte eine Kombination aus manuellem Einschalten, automatischem Ausschalten über einen Präsenzmelder und der zusätzlichen Möglichkeit des manuellen Ausschaltens eine gute Lösung darstellen; eine Überforderung der Nutzer ist dabei nicht unbedingt zu befürchten (Maleetipwan-Mattson, 2012). Auch in Simulationsstudien ergaben sich deutliche Energieeinsparungen, falls die Nutzer dynamisch auf Änderungen der Beleuchtungssituation reagieren konnten (Bourgeois, Reinhart & Macdonald, 2005).

Der Stromverbrauch von IT- und Bürogeräten an Hochschulen wird seit langem untersucht (vgl. Chong, 2002; Cremer et al., 2003; Kielmann & Matthies, 1998); hier werden in der Regel relativ hohe Potenziale ausgemacht, deren Ausschöpfung sowohl Aktivitäten des zentralen Managements als auch der Nutzerinnen und Nutzer erfordern, um einen hinreichenden Erfolg zu sichern.

Einen umfassenden Ansatz für den energieoptimierten Betrieb eines Gebäudes stellt ein sog. Energiemanagement dar. Gemäß des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (1995) ist Energiemanagement

... die Anwendung einer auf die fortwährende Optimierung von Aufwand und Nutzen bezogenen Strategie für das Betreiben von Gebäuden nach energiewirtschaftlichen Gesichtspunkten. Es beinhaltet die Planung, Realisierung und Überwachung von Maßnahmen zur Sicherstellung eines sparsamen Energieverbrauchs unter Berücksichtigung der jeweils erforderlichen Nutzungsqualität. (S. 2)

Bestandteile eines Energiemanagements (DIN EN ISO 50001, früher DIN EN 16001) sind u. a. Energiecontrolling (Erfassung, Aufzeichnung und Bewertung von Verbräuchen, Berichtswesen), Gebäudeanalysen und eine energetische Bewertung von Gebäuden, Planung und Durchführung von Einsparmaßnahmen, Betriebsführung von Anlagen, Energiebeschaffung, Nutzungsoptimierung und die Begleitung investiver Maßnahmen (vgl. Duscha & Hertle, 1999 für den Bereich öffentlicher Gebäude; Liers & Person, 2012 sowie Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2004, und Baumgardinger, 1998, für den Bereich Hochschulen). Eine moderne Infrastruktur in Form einer Gebäudeleittechnik (GLT) kann Konzepte der Informationstechnik zur Energieeinsparung nutzen und durch eine zeitgenaue, an der Belegung orientierte Temperierung von Räumen, eine Steuerung der Fensterabschattung je nach Sonnen-

stand oder die Regulierung der Frischluftzufuhr nach gemessener CO₂-Konzentration Energie einsparen helfen. GLT-basierte Energiemanagementsysteme machen Gebrauch von elektronischen Datenerfassungs-, Übermittlungs- und Analyse- und Auswertungsverfahren (Henning, 2009; Wehnert, Jörß & Kreibich, 2004) und sie ermöglichen, Energieverbräuche zeitabhängig zu analysieren, Fehlentwicklungen frühzeitig zu erkennen und durch Gegenmaßnahmen zu beheben und durch Rückmeldungen die Notwendigkeit der rationellen Nutzung von Energie permanent bewusst zu machen (Schmidt et al., 1999). Abhängig von Gebäudetyp, Nutzungsmustern und Ausgangslage liegen die damit verbundenen Potenziale im Bereich von 20 bis 35 Prozent (Aebischer, Bradke & Kaeslin, 2000).

Einsparpotenziale in technisch-organisatorischer Hinsicht können sich auch durch eine adäquate Gestaltung der Verträge mit dem Energieversorgungsunternehmen bzw. eine Anpassung des Verbrauchs an die formal vereinbarten Regelungen ergeben. Neben dem eigentlichen Verbrauch im Sinne des mathematischen Integrals der bezogenen Leistung über einen bestimmten Zeitraum können weitere Parameter einen erheblichen Einfluss auf die Tarifgestaltung haben. Zu nennen wären hier die technisch maximal beziehbare Leistung, die ggf. ihren Niederschlag in den Netzanschlusskosten oder im Baukostenzuschuss findet, welche beim Anschluss eines Gebäudes an das Stromnetz einmalig erhoben werden können (vgl. Badenova, 2007). An dieser Stelle kann durch eine realistische Einschätzung der maximal erforderlichen Leistung Geld gespart werden. Eine ähnliche Situation ergibt sich während des Betriebs: Vielfach sehen die Verträge der Stromversorger den Einfluss einer Spitzenlast auf dem Strompreis vor, bei deren Überschreitung ein höherer Strompreis berechnet wird. Um diesen Fall zu vermeiden kann es sinnvoll sein, entbehrliche Verbraucher kurzfristig automatisch abzuschalten – eine Technik, die unter dem Stichwort Lastabwurf im übrigen fester Bestandteil der Regelungsmechanismen von Netzbetreibern ist (Verband der Netzbetreiber, 2007).

Die Einbeziehung aller Stoff- und Energieflüsse und die Ergänzung organisatorischer Komponenten erweitert das Energiemanagement zum Umweltmanagement (Bastenhorst, Gilch, Müller & Schaltegger, 2000; Bogun, 2004; Viebahn & Matthies, 1999). So enthält etwa das Osnabrücker Umweltmanagement-Modell für Hochschulen zusätzliche Elemente wie interne Umweltleitlinien, eine Umweltprüfung (Ökobilanz), Umweltziele, ein Umweltinformationssystem, die Herausgabe von Umweltberichten und nicht zuletzt Weiterbildungen, Mitarbeiterbeteiligungen und Öffentlichkeitsarbeit (Viebahn, 1999). Für weitere Einzelheiten zu Umweltmanagementsystemen und Ökobilanz wird auf Viebahn und Matthies (2000) und für

diesbezügliche Implementierungen an US-amerikanischen Universitäten auf Herremans und Allwright (2000) verwiesen.

An einer Hochschule ist es nicht einfach, den Verbrauch von Ressourcen unter Umweltgesichtspunkten zu bewerten und zu beeinflussen (Viebahn & Matthies, 1999). Dies zum einen aufgrund des Fehlens einer streng hierarchisch ausgerichteten Organisationsstruktur, zum anderen weil oft eher Fragen der Entsorgung von Gefahrstoffen und Sonderabfällen im Vordergrund stehen. Finanzielle Aspekte gewinnen seit der Einführung von Globalhaushalten und daraus resultierenden relativ selbständig wirtschaftenden Einrichtungen zunehmend an Bedeutung. Insbesondere Hochschulen reagieren auf diese Entwicklung durch eine entsprechende Modifikation ihres Energiemanagements (Meyer-Renschhausen, 2004). Steigende Energiepreise schränken den Spielraum der Universitäten zunehmend ein, sodass der Stellenwert der effizienten Nutzung von Energie schon aus diesem Grund ansteigt. Energiemanagement und Umweltmanagement stellen die Voraussetzungen bereit, um die Organisation unter Einbeziehung gesellschaftlich relevanter Aspekte explizit auch im Bereich CSR (Corporate Social Responsibility) zu positionieren (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2009b; Loew & Braun, 2006) oder die ökologisch orientierten Aktivitäten in einem der gängigen Systeme zu zertifizieren und nach außen hin zu dokumentieren. So nimmt etwa die Hochschule Zittau-Görlitz für sich in Anspruch, als erste im Bundesgebiet nach dem EMAS-Standard (Eco-Management and Audit Scheme, EG-Öko-Audit-Verordnung, Verordnung (EG) Nr. 761/2001; Jastorff, Müller-Christ, Behrens & Sövegjarto-Wigbers, 2006) zertifiziert worden zu sein (Delakowitz & Hoffmann, 2000). EMAS wurde seither mehrfach überarbeitet und durch Normen wie ISO 14001 und 16001 ergänzt (vgl. Kahlenborn, Kabisch, Klein, Richter & Schürmann, 2010; Müller, 2006). Mit einer fortlaufenden Zertifizierung können jedoch auch erhebliche Nachteile verbunden sein wie hohe Kosten, geringer Nutzen für die interne Arbeit und eingeschränktes Interesse der Öffentlichkeit, die manche Einrichtungen dazu veranlasst haben, die internen Anstrengungen in Richtung eines ökologischen Profils fortzuführen, jedoch auf eine Zertifizierung zu verzichten (Meinholz, 2000; Müller & Altvater, 2007).

Bei Hochschulen tritt ein besonderer Aspekt hinzu. Durch ihre Forschungs- und Ausbildungsfunktion ist die Integration des Bereichs Nachhaltigkeit in die Lehre ein wichtiger Aspekt. So lautet bereits das Fazit von Leal Filho (1998):

- Die Universität der Zukunft ist eine Universität, in der u. a.
- ein Umweltschutzkonzept vorliegt, das von der Universitätsleitung voll unterstützt wird.

- Richtlinien und entsprechende Ausrüstung zu deren Umsetzung vorliegen (z. B. Recyclingtonnen in den Fachbereichen und auf dem Campus).
- das Personal die Wichtigkeit von Umweltschutz sowohl aus der Sicht der Umwelt als auch unter Berücksichtigung der Wettbewerbsfähigkeit ihres Arbeitgebers versteht.
- sich das Personal aktiv an der Umsetzung von Umweltschutzmaßnahmen beteiligt.
- die StudentInnen ihre Aufgaben im Umweltbereich nicht nur durch Aktivitäten der allgemeinen studentischen Ausschüsse (AStA), sondern auch durch individuell verantwortliches Verhalten der Einzelnen erfüllen.
- Kommunikation zwischen Leitung, Personal und StudentInnen stattfindet, wodurch mögliche Probleme rechtzeitig identifiziert und beseitigt werden können.
- die Gelegenheit besteht, die Prinzipien des Umweltschutzes in Lehre, Forschung und Weiterbildung zu erarbeiten. (S. 17)

Benke et al. (1999) stellten im Rahmen des Projekts *Energieeffiziente Universitäten* eine Reihe von Empfehlungen für österreichische Hochschulen zusammen. Darunter befindet sich mit der Bestellung von Energiebeauftragten ein Punkt, der sich in einigen Bereichen sehr bewährt hat, wenn auch seine Wirkung nicht unumstritten ist. So konnten in einer breit angelegten Untersuchung von Bürogebäuden keine systematischen Effekte von Energiebeauftragten gefunden werden – dies vor allem, weil die möglichen Auswirkungen auf den Energieverbrauch entweder im Rauschen der statistisch nicht erklärbaren Verbrauchsschwankungen untergingen oder andere Maßnahmen, z. B. in Folge von Beschaffungen, wesentlich stärkere Effekte zeigten (Weber, 2002). Benke et al. (1999) empfehlen weiterhin unter anderem eine Einbindung der Universitätsinstitute in den Betrieb der Technik, in Maßnahmen im Bereich von Bau und Unterhaltung etwa durch die Koppelung von Bauleistung und Betriebsführung, eine bessere messtechnische Ausstattung der Gebäude sowie den Einsatz von Contracting-Modellen, bei denen ein externer Dienstleister mit der Durchführung von Energiesparmaßnahmen beauftragt und für eine gewisse Zeit an den eingesparten Energiekosten beteiligt wird.

Weitere organisatorische Maßnahmen sind etwa die Koordination der Nutzung von Räumen mit dem Ziel einer möglichst lückenlosen Belegung, um eine gleichmäßige Beheizung zu ermöglichen, die Schulung und Fortbildung des betriebstechnischen Bedienungspersonals bzw. der Hausmeister im Hinblick auf eine energiesparende Betriebsweise (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2010) sowie die Erarbeitung von Anweisungen für den Betrieb von Gebäuden und deren technischer Anlagen im Sinne einer „Dienstweisung Energie“ (vgl. Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg o. J.).

Schließlich stellt die Stärkung der Eigenverantwortung der nutzenden Einrichtungen durch eine Budgetierung der Energie- und Wasserkosten ein aussichtsreiches Instrument dar (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen, 2010).

3.8 Zusammenfassung des Kapitels

In Evaluationsberichten von Energiesparprojekten wird häufig berichtet, dass fundierte quantitative Aussagen durch eine unzureichende Datenbasis erschwert worden seien. Insbesondere wenn die zu messenden Effekte von Energiesparmaßnahmen eher klein sind, sind hohe Ansprüche an die Verfügbarkeit und an die Qualität der Daten zu stellen.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, dass für die Ermittlung von Energieeinsparpotenzialen und für die Bewertung von Maßnahmen zur Energiesparung Daten erforderlich sind, deren Erfassung und Bereitstellung nicht trivial ist – weder in Bezug auf Energieverbräuche noch in Bezug auf das Verhalten der Nutzer. Ohne eine nachfolgende Bereinigung sind diese Daten oftmals nicht weiter verwendbar; die Art der Bereinigung und das dazu verwendete Verfahren wollen ebenfalls wohl überlegt sein. Nur mit qualitativ hochwertigen Daten können nachfolgend Kennwerte gebildet werden, die zeitliche Vergleiche innerhalb eines Gebäudes oder Vergleiche zwischen Gebäuden ermöglichen. Solche Vergleiche sind eine wichtige Basis für eine Abschätzung von Einsparpotenzialen und für die Bewertung konkret durchgeführter Maßnahmen. In diesem Kapitel wurde erläutert, welche Daten in technischer und verhaltenswissenschaftlicher Hinsicht für eine Evaluation von Energiesparmaßnahmen sinnvollerweise verfügbar sein und welche Ansprüche an ihre Qualität gestellt werden sollten. Damit verbundene Probleme wurden dargestellt und Möglichkeiten für eine Erfassung und Bereinigung der Daten geschildert. Abschließend wurden daraus Bewertungsmaßstäbe abgeleitet und mit Bau, Sanierung, Betrieb und Organisation zusammenhängende Potenziale in technischer Hinsicht berichtet. Energiesparen und Verhalten stehen im Zentrum des folgenden Abschnitts, der sich mit dem energierelevanten Verhalten der Nutzer eines Gebäudes, psychologischen Modellvorstellungen zu dessen Beschreibung sowie damit zusammenhängenden Ansatzpunkten, Potenzialen und Maßnahmen zu deren Erschließung befasst.

4 Energiesparen und Verhalten: Der schlafende Riese

4.1 Einführung

Die Existenz verhaltensbezogener Einsparpotenziale ist in einigen Bereichen offensichtlich, während dies für aussichtsreiche Möglichkeiten zu ihrer Erschließung nicht immer gleichermaßen gilt.

Welcher Studierende schließt das Fenster über der laufenden Heizung im Seminarraum, wer dreht, wenn er den Hörsaal verlässt, das Licht ab? (Spada, 2000a, S. 150)

Diese Frage ist immer noch berechtigt, wie der folgende Dialog zeigt:

Ort: Hauptgebäude des Instituts für Psychologie der Universität Freiburg

Zeit: 6.12.2011, 16:30 Uhr

Es ist dunkel draußen und im Treppenhaus brennt Licht. Im vom Treppenhaus teilweise abgeteilten Sitz- und Arbeitsbereich für die Studierenden brennt ebenfalls Licht.

Die beiden letzten Personen, ein Pärchen, verlassen den Sitzbereich, ohne das Licht auszuschalten.

- Beobachter: „Machen Sie bitte das Licht wieder aus?“

- Sie: „Das geht doch von alleine aus!“

- Beobachter: „Man kann es aber auch ausschalten.“

- Er: „Und was soll das bringen?“

Die betreffenden Studierenden gehören einer Generation an, die gewöhnt ist, dass die Technik eine zentrale Rolle innehat; gleichzeitig gehen sie offenbar davon aus, dass technische Einrichtungen manuelles Eingreifen überflüssig machen, ja selbst das Nachdenken über die Funktionsweise scheint unnötig zu sein. Ob die Technik wirklich in der Lage ist, optimale Ergebnisse beispielsweise in Bezug auf das Vermeiden von unnötigem Stromverbrauch zu liefern, ist aus ihrer Sicht eher unwichtig. Noch vor wenigen Jahrzehnten waren Energiesparmaßnahmen hingegen Teil des Selbstverständnisses und des täglichen Handelns (Spada, 2000b). Gelegentlich halten Studierende zwar Energiesparen für wichtig, wollen aber keine Verantwortung tragen und sich möglichst auch nicht selbst engagieren (Trott et al., 2004). Ganz grundsätzlich ist jeder schon mal Zeuge eines wenig energiesparenden Verhaltens seiner Mitmenschen geworden, und jeder hat sich dabei auch schon selbst ertappt. Eine Reihe von psychologischen Einflussfaktoren kann dazu führen, dass eine an sich umweltbewusste Einstellung nicht im gleichen Umfange zu entsprechendem Verhalten führt. Bender et al. (2004) formulierten diesen Sachverhalt folgendermaßen:

Ein 'Normalbürger' kann es beispielsweise für absolut notwendig erachten, daß [sic] der Klimawandel aufgehalten wird – und dennoch keine Bedenken haben, Licht in mehreren Zimmern brennen zu lassen, lieber das Fenster zu öffnen als die Heizung ein wenig herunterzudrehen, wenn ihm die Luft zu stickig erscheint, oder mal eben

mit dem Auto zum Bäcker zu fahren, um frische Brötchen fürs Frühstück zu besorgen. (S. 1)

Bender et al. (2004, S. 2f.) führen in Bezug auf diesen „Normalbürger“ eine Liste von Beispielen mit psychologischen Begründungsansätzen an, die im Folgenden auf einen Mitarbeiter an seinem Büroarbeitsplatz adaptiert wiedergegeben wird (zu den psychologischen Determinanten des Energiesparens vgl. a. Wortmann, 1994):

- Der Mitarbeiter könnte einfach nicht wissen, dass der Verbrauch der fossilen Brennstoffe, mit denen Strom und Wärmeenergie bereitgestellt werden, zum Klimawandel beiträgt, oder er könnte zumindest von einander widersprechenden Expertenmeinungen verunsichert sein oder glauben, der Klimawandel sei nur eine Erfindung einer bestimmten Forschergruppe. Im Detail könnte er auch annehmen, dass häufiges Aus- und Einschalten des Lichtes den Leuchtmitteln schadet (und es daher sinnvoller ist, das Licht beim Verlassen des Büros brennen zu lassen), und dass ein kaltes Büro schneller warm wird, wenn man den Heizkörperthermostat bis zum Anschlag aufdreht (handlungsrelevantes Wissen, s. a. Abschnitt 4.4.2, S. 71f).
- Es könnte sein, dass er Energiesparen im allgemeinen zwar für sinnvoll hält, es ihm aber dennoch nicht besonders wichtig ist (mangelnde Relevanz).
- Er könnte sogar Energiesparen für sich selbst für sinnvoll halten, aber ein jenseits der arbeitsmedizinisch empfohlenen Werte hell erleuchtetes und warmes Büro könnten ihm noch wichtiger sein (Komfortüberlegungen).
- Er könnte die Bedeutung des individuellen Energiesparens für das globale Klimaproblem als so gering einschätzen, dass er glaubt, seine eigenen Anstrengungen fielen nicht ins Gewicht (Relevanz eigener Anstrengungen).
- Er könnte Andere –beispielsweise die Verwaltung der Universität oder das Technische Gebäudemanagement– für verantwortlich und zuständig halten, sich um Lösungen für konkrete Probleme zu bemühen (Verantwortungsdiffusion).
- Über diesen Misstand hinaus regt der Mitarbeiter sich vielleicht so darüber auf, dass Andere Energie verschwenden und nichts dagegen getan wird, dass er seinen möglichen eigenen Beitrag zur Senkung des Energieverbrauchs vernachlässigt (Schuldzuschreibung).
- Oder er könnte sich fragen, was es denn nutzen soll, wenn er selbst zwar Energie spart, seine Kollegin oder sein Kollege nebenan das Licht im Büro, in der Toilette und im Flur ständig unnütz brennen lässt, den PC nachts laufen lässt und das Fenster auch im Winter ständig gekippt hält (soziales Dilemma, s. a. Abschnitt 4.4.6, S. 79).

- Vielleicht ist es in seinem Umfeld ohnedies üblich, keine Energie zu sparen (deskriptive Norm, s. a. Abschnitt 4.4.3, S. 76).
- Er könnte annehmen, dass Klimawandel woanders oder erst in ferner Zukunft stattfindet und eigene Anstrengungen gar nicht nötig sind (zeitlich/räumlicher Bias; Lorenzoni et al., 2006, Gifford et al., 2009; s. a. Abschnitt 2.1, S. 5f).
- Er könnte zwar guten Willens sein, aber die Umständlichkeit der Alternativen könnten ihn dazu verleiten, gegen seine Überzeugungen zu handeln (subjektive Verhaltenskontrolle, s. a. Abschnitt 4.2). Die Default-Einstellungen der Energieoptionen am PC beispielsweise werden nur selten geändert, weil die Einstellungen zu kompliziert erscheinen oder mögliche Nachteile befürchtet werden. Einem energiesparenden Verhalten entgegen stehen können auch bürokratische Regelungen und technische Gegebenheiten, wie Zeitrelais, die sich nicht manuell ausschalten lassen oder Heizkörperthermostatventile, die nur mit einem Spezialschlüssel verstellt werden können (sog. Behördenventil).
- Vielleicht fällt es ihm auch einfach nur schwer, seine eingefahrenen Verhaltensweisen aufzugeben („Macht der Gewohnheit“, s. a. Abschnitt 4.4.5, S. 78f).

Zum Glück existiert aber auch das positive Pendant des informierten, kompetenten, betroffenen, verantwortlichen, von seiner Selbstwirksamkeit überzeugten Mitarbeiters, der nicht nur seine Möglichkeiten nutzt, sondern für das Energiesparen hinderliche Umstände zu verändern sucht und nicht zuletzt für sein Umfeld als Modell (Bandura, 1976) dienen kann.

Etliche der in der obigen Aufstellung genannten psychologischen Determinanten sind Bestandteile von psychologischen Modellen, die in den in Kapitel 6 genannten Studien verwendet wurden. In Vorbereitung auf die Analyse dieser Arbeiten werden im folgenden Abschnitt einige dieser Modelle näher erläutert.

4.2 Einige psychologische Theorien und Modelle

Determinanten energiesparenden Verhaltens und seine Förderung aus psychologischer Sicht sind seit langem Gegenstand umweltpsychologischer Forschung. Für eine breit angelegte und detaillierte Übersicht der in diesem Bereich entwickelten Konstrukte und Modellbildungen wird auf Vining & Ebreo (2002) sowie auf Jackson (2005) verwiesen. Mit Bezug auf die in Kapitel 6 näher untersuchten Studien für die Erklärung und Beeinflussung energierelevanten Verhaltens an Hochschulen werden nachfolgend einige der darin angesprochenen psychologischen Modellvorstellungen skizziert.

Die Theorie des geplanten Verhaltens (theory of planned behavior, TPB; Ajzen, 1991, Ajzen & Madden, 1986; s. Abbildung 6) verbindet wesentliche Determinanten im Hinblick auf die

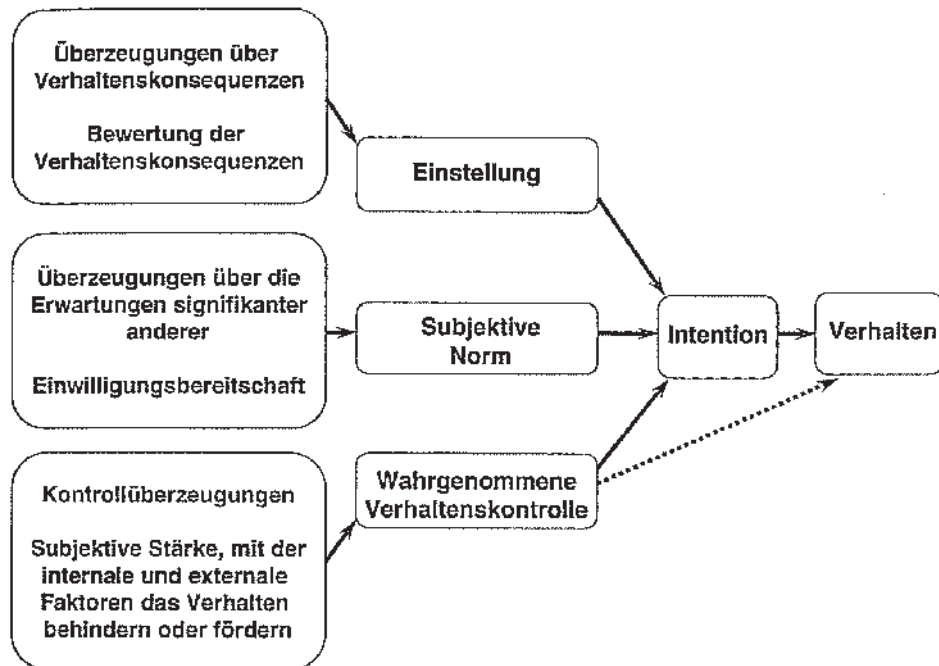


Abbildung 6. Die Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen, 1991; hier in der Darstellung in Schwarzer, 2004, S. 53) beschreibt den Einfluss der Erwartung an das Ergebnis einer Handlung (Einstellung), der Überzeugungen bzgl. des sozialen Umfeldes (subjektive Norm) sowie der Überzeugung zu den eigenen Möglichkeiten bzgl. der Handlung (wahrgenommene Verhaltenskontrolle) in Bezug auf die Intention und auf das tatsächliche Verhalten.

Handlung einer Person. Die Intention, eine Handlung tatsächlich auszuführen, hängt dabei ab (1) von ihren individuellen Einstellungen zu der Handlung als Verknüpfung der Erwartungen an das Ergebnis der Handlung und dessen Bewertung, (2) von ihrer subjektiven Norm im Sinne dessen, was andere, der Person nahestehende Personen für relevant halten (s. a. Abschnitt 4.4.3) sowie (3) von der von ihr wahrgenommenen Kontrolle über ihr Verhalten im Sinne ihrer Einschätzung der Schwierigkeit der Durchführung der Handlung. Die Annahme eines direkten Einflusses der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle auf das Verhalten kann dadurch begründet werden, dass bei gleichbleibender Intention ein bestimmtes Verhalten wahrscheinlicher oder unwahrscheinlicher wird, je mehr oder weniger die betreffende Person davon überzeugt ist, die Handlung ausführen zu können. Wenn die Person die Handlung tatsächlich ausführen kann und zudem die wahrgenommene mit der tatsächlichen Handlungskontrolle übereinstimmt, dann wird eher die Intention der bestimmende Faktor für die Handlungsausführung sein. Der direkte

Einfluss der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle auf das Verhalten verringert sich mit steigender tatsächlicher Handlungskontrolle (Ajzen, 1991), da sie dann vor allem situationale Faktoren widerspiegelt.

In der umfangreichen Metaanalyse von Armitage und Conner (2001) konnte die Theorie des geplanten Verhaltens 27 Prozent der Varianz des Verhaltens und 39 Prozent der Varianz der Intention erklären. Eine wichtige Komponente war dabei das Konzept der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle, allerdings war deren Einfluss auf reales Verhalten niedriger als auf selbstberichtetes Verhalten. Das Modell wurde im Bereich Energiesparen insbesondere bei Haushalten mit Erfolg eingesetzt (Abrahamse & Steg, 2011). Die Komponenten des Modells stellen somit Erfolg versprechende Ansatzpunkte für die Entwicklung und den Einsatz von Interventionen zur Beeinflussung energierelevanten Verhaltens dar.

Geht man davon aus, dass energiesparendes Verhalten zumindest teilweise durch altruistische Motive bestimmt wird, bietet sich das fünfstufige Normaktivationsmodell von Schwartz und Howard (1981) an (s. Abbildung 7 für die Darstellung dieses Modells in der leicht modifizierten und übersetzten Variante in Griesel, 2004): (1) Zunächst erfolgt das grundsätzliche Erkennen der Notwendigkeit einer Handlung sowie der darauf bezogenen eigenen Möglichkeiten. Die Person entscheidet, (a) ob ein Problem vorliegt, (b) ob es Aktionen gibt, die das Problem im positiven Sinne beeinflussen können und (c) ob sie sich selbst in der Lage sieht oder von anderen in der Lage gesehen wird, sich diesbezüglich zu engagieren. Nur falls alle drei Bedingungen zutreffen, folgt (2) die Motivationsphase, in der auf der Basis von situativen Aspekten und individuellen Persönlichkeitsmerkmalen u. a. für die Person relevante materielle, moralische und soziale Implikationen des Handelns geprüft werden. Bei erfolgreicher Absolvierung dieses Schrittes erfolgt (3) eine antizipatorische Evaluation, in der die mit der betreffenden Handlung ggf. verbundenen Kosten und Gewinne abgewogen werden. Wird die Evaluation ergebnislos abgebrochen, d. h. eine Entscheidung gegen eine Handlung gefällt, so folgt (4) eine Phase der Abwehr der Handlung bzw. Rechtfertigung des Nicht-Handelns, die etwa auf eine Verneinung der Notwendigkeit, der individuellen Ausführbarkeit der Handlung unter Berücksichtigung der persönlichen Fähigkeiten oder der Verantwortung rekurrieren kann. Ansonsten tritt die Person in die Phase (5) des tatsächlichen Verhaltens, der eigentlichen Handlung, ein. Wichtige bestimmende Faktoren insbesondere in der Motivationsphase sind die soziale Norm der Umgebung und die verinnerlichte persönliche Norm. Für die Praxis ergibt sich hieraus die Relevanz von Interventionen, die sich gezielt an die Aktivierung dieser Normen richten.

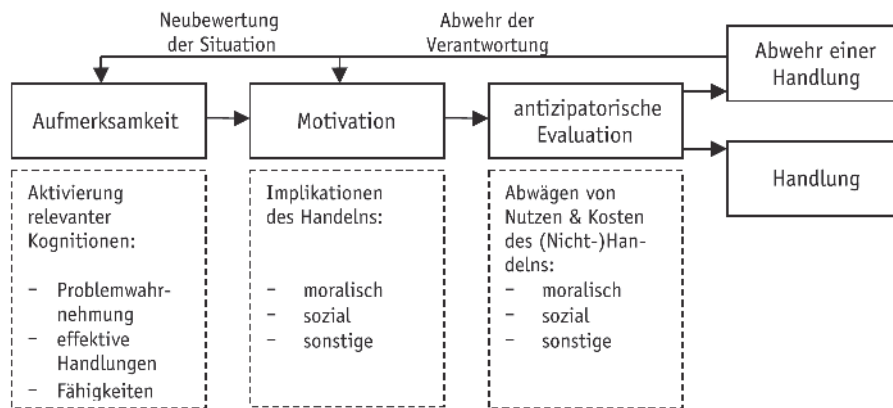


Abbildung 7. Das fünfstufige Modell der modifizierten Heuristik nach Matthies (2003) in Anlehnung an das Normaktivationsmodell nach Schwartz & Howard (1981, zitiert nach Griesel, 2004, S. 35) beschreibt den einer moralisch motivierten Handlung vorgelagerten Entscheidungsprozess.

Die genannten Modelle haben sich insbesondere für gelegentlich ausgeübte Tätigkeiten bewährt. Effekte, die durch wiederholte Ausführung ein und derselben Handlung hervorgerufen werden, bleiben unberücksichtigt. Energierrelevantes Verhalten bezieht sich jedoch vielfach auf häufig bzw. wiederholt ausgeführte Tätigkeiten wie das Ausschalten des Lichts oder des Computers, bei denen der kognitive Aufwand, der mit der Entscheidung für oder gegen die Handlung einhergeht, infolge der häufigen Durchführung der Handlung und der entsprechenden Bildung einer Gewohnheit abnimmt (vgl. Abschnitt 4.4.5, S. 78, s. a. Friedrichsmeier, Matthies & Klöckner, 2013). Gerade für diesen Bereich kann es daher sinnvoll sein, Gewohnheiten als Komponenten in ein Modell einzubeziehen. Dies geschieht bei der Erweiterung des Norm-Aktivationsmodells zum *Integrativen Einflusschema umweltgerechten Alltagshandelns* (s. Abbildung 8; Matthies, 2005), bei dem Gewohnheiten die Aktivierung von Normen verhindern und über den Parameter der Verhaltenskosten Einfluss auf den Entscheidungsprozess nehmen können. Außerdem moderieren sie den Zusammenhang zwischen dem Ergebnis des Evaluationsprozesses und dem Verhalten und können somit die Ausführung eines Verhaltens unterbinden, wenn eine entsprechende Gewohnheit dem entgegensteht. Das Modell legt somit nahe, bestehende Gewohnheiten zu beachten und ggf. unerwünschte Gewohnheiten mit entsprechenden Interventionen zu adressieren (s. Abschnitt 4.4.5, S. 78).

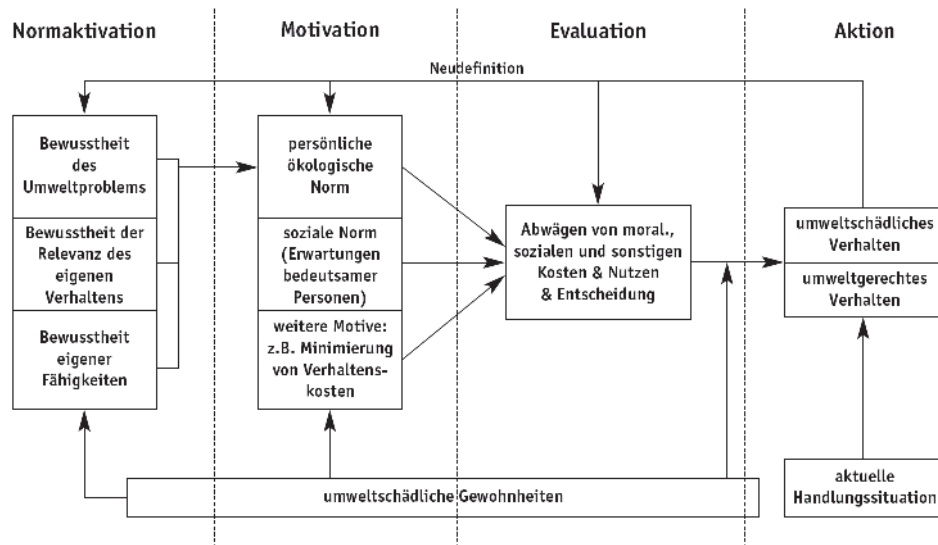


Abbildung 8. Im Integrativen Einflussschema umweltgerechten Alltagshandelns (Matthies, 2005, S. 73) werden u. a. die Einflüsse von Gewohnheiten insbesondere auf die Aktivierung von Normen abgebildet.

Die vorliegende Arbeit betrachtet schwerpunktmäßig auf eine Hochschule bezogene Interventionsmaßnahmen; diese finden demnach in einem Kontext statt, der dem eines Wirtschaftsbetriebes zwar nicht gleichgestellt werden kann (s. Abschnitt 2.5.2, S. 18f), jedoch teilweise betriebliche Elemente enthält und daher nahelegt, auch organisationspsychologisch motivierte Modellvorstellungen zu nutzen. Dieser Idee folgend wird in der Studie von Griesel (2004) das Modell des *High Performance Cycle (HPC)* (Locke & Latham, 1990, s. Abbildung 9) eingesetzt. Dieser stellt eine integrative Sichtweise auf den Zusammenhang zwischen Zielen und der in einem betrieblichen Kontext erbrachten Leistung und der damit einhergehenden Arbeitszufriedenheit dar. Ein besonders wichtiges Element bilden dabei schwierige, herausfordernde, möglichst präzise und spezifisch formulierte Ziele, wobei deren Wirkung unter anderem durch die Bindung der Person an die Ziele, durch ihre Möglichkeiten zum Erhalten von Feedback, ihre Fähigkeiten zum Handeln sowie durch ihre Selbstwirksamkeitserwartung moderiert wird (Griesel, 2004; Locke & Latham, 1990). In der Studie von Griesel (2004) wurde dieses Modell verwendet, um einen Workshop zum energiesparenden Verhalten am universitären Arbeitsplatz zu entwickeln.

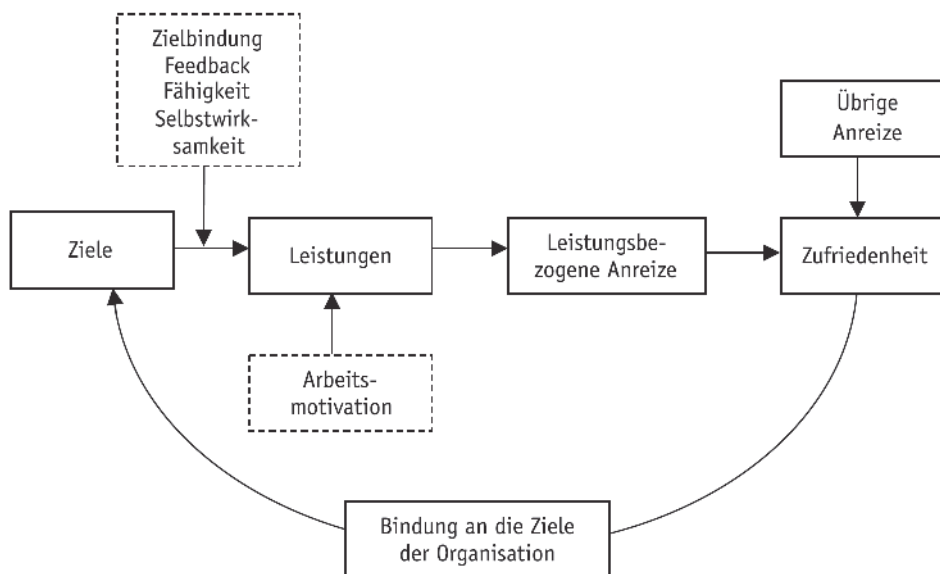


Abbildung 9. Der High Performance Cycle (HPC) nach Locke & Latham (1990) (zitiert nach Griesel, 2004, S. 35) betont den Einfluss der Gestaltung von Zielen auf die erbrachte Leistung und die Arbeitszufriedenheit.

Die hier vorgestellten psychologischen Modelle energierelevanten Verhaltens setzen voraus, dass der Nutzer den Energieverbrauch und die damit zusammenhängenden Implikationen als Problem wahrnimmt und sich bewusst macht. Der folgende Abschnitt zeigt, dass diese Voraussetzung bei bestimmten Energieträgern nicht ohne weiteres erfüllt ist, weil deren Verbräuche nur eingeschränkt bzw. indirekt wahrnehmbar sind. Es werden Möglichkeiten diskutiert, solche Verbräuche dennoch erfahrbar zu machen.

4.3 Implikationen mangelnder Wahrnehmbarkeit von Energieverbräuchen

Aus psychologischer Sicht stellt die eingeschränkte Erfahrbarkeit einiger Energieträger ein interessantes Problem in Bezug auf die Erklärung energierelevanten Verhaltens dar. Während Holzscheite für einen Schvedenofen sprichwörtlich gleich mehrfach, nämlich beim Schlagen, Hacken, Aufsetzen, Transport und zuletzt noch einmal im Zuge der Verbrennung wärmen können, sind Energieträger „aus der Dose“ wie Strom, Gas und Fernwärme unsichtbar. Ihr Verbrauch ist zudem normalerweise nicht direkt, sondern nur über die entstehenden Wirkungen (Bewegung, Wärme usw.) wahrnehmbar und ohne Hilfsmittel nur eingeschränkt abzuschätzen. Der bewirkte Komfort ist unmittelbar wahrnehmbar – die damit verbundenen Verbräuche und

Kosten nicht, genauso wenig wie auch ggf. damit einhergehende Schädigungen der Umwelt (vgl. dazu auch die Ausführungen zur ipsativen Handlungstheorie in Tanner, 1998).

Der Verbrauch von Wasser, zwar kein Energieträger, aber doch eine wichtige Umweltressource des täglichen Bedarfs, ist meist direkter wahrnehmbar. Fließendes Wasser ist oft sichtbar oder in Form eines tropfenden Wasserhahns oder einer rauschenden Leitung hörbar, die verbrauchte Menge ist jedoch relativ schwer einzuschätzen. In einer der selteneren Untersuchungen zum Wasserverbrauch (s. a. Jorgensen, Martin, Pearce & Willis, in press) entwickelte Froehlich (2011) ein Messsystem für den Bereich Haushalte, bei dem der Verbrauch unter Verwendung eines elektronischen Geräts erfasst wurde. Damit konnte der Wasserverbrauch zum einen visualisiert und den Nutzern rückgemeldet und zum anderen ggf. vorhandenen Misskonzepten über den Verbrauch von Wasser im Haushalt entgegengewirkt werden.

Während im Bereich Wasserverbrauch der Aufbau und die Wirkungsweise von Durchflussverminderern (Wassersparern) für Dusche und Wasserhahn auch für den Laien verständlich sind, gilt das für Mechanismen wie Master-Slave-Steckdosen, Einschaltstrombegrenzungen, Lastabwurf und ähnliche Techniken im Bereich der Beeinflussung des Verbrauchs elektrischer Energie nicht gleichermaßen.

Schwierigkeiten bei der Einschätzung von Verbräuchen können zu Fehlentscheidungen aufgrund falscher Vorstellungen führen. Verbraucher verwenden oft *folk units* (Kempton & Montgomery, 1982, S. 818) wie Gallons, Dollars und Monate anstelle von physikalischen Einheiten, um ihren Energieverbrauch zu beziffern. Die Einschätzung und Bewertung des Energieverbrauchs geschieht oft aufgrund der Kosten anhand einfacher, schlichter und effizienter Heuristiken und bei Vernachlässigung anderer Komponenten. Solche Heuristiken liefern jedoch nicht immer korrekte Ergebnisse und führen insbesondere bei veränderlichen, insbesondere steigenden Energiepreisen teilweise zu fehlerhaften Bewertungen von Maßnahmen zur Energieeinsparung (Froehlich, 2009; Kempton & Montgomery, 1982). Kempton und Montgomery (1982) sehen diese *folk methods* als Beispiel für die Verwendung effizienter, aber suboptimaler Verfahren aufgrund von *bounded rationality* (Simon, 1955) an, die hier zu *folk models* im Gegensatz zu den numerisch korrekten *expert models* führt. Insbesondere die Amortisationsdauer von Energiesparmaßnahmen wird durch mangelnde oder fehlerhafte Berücksichtigung von Faktoren wie Inflationsrate, Steigerung von Energiepreisen und Verzinsung in weiten Bereichen überschätzt und somit die Rentabilität der Maßnahmen in Frage gestellt (Kempton & Montgomery, 1982). In einem betrieblichen Kontext dürften solche Effekte eher geringer sein, weil die

wirtschaftlichen Entscheidungen hier typischerweise von einem Personenkreis getroffen werden, der aufgrund seiner Ausbildung Entscheidungen eher *expert models* als *folk models* zugrunde legen sollte. Falls allerdings Maßnahmen zur Energieeinsparung die Mitwirkung möglichst vieler Beschäftigter eines Betriebes erfordern, könnte es demnach zur Erhöhung der Akzeptanz erforderlicher begleitender Kommunikationsmaßnahmen sinnvoll sein, auf die Existenz und Struktur einfacherer Laienmodelle Bezug zu nehmen.

Tatsächlich deutlich sichtbar sind die mehr oder weniger stetig steigenden Energie- und Wasserkosten in Form von Rechnungen. Aufgrund des typischerweise jährlichen Intervalls der Rückmeldung ist deren Rückwirkung auf den Verbrauch meist nicht sonderlich groß. Kempton und Layne (1994) untersuchten die Wirkung einer solchen typischen (allerdings monatlichen) Rechnung auf private Verbraucher. Die Rechnungen enthielten einen Vergleich des Verbrauchs in der aktuellen Abrechnungsperiode mit dem der vorhergehenden Periode. Dieser Teil der Rechnung wurde von immerhin 41 Prozent der Personen zur Kenntnis genommen; ein hoher Anteil gab an, die Verbräuche mit der Witterung in Beziehung zu setzen und die Rechnungen sogar mit anderen Personen zu diskutieren. Weitergehende Analysen wie Durchschnittsbildungen oder gar Witterungsbereinigungen überfordern die Verbraucher relativ rasch, während sie auf Seiten der Rechnungsersteller mit wenig zusätzlichem Aufwand zu realisieren wären. Kempton und Layne (1994) regten daher an, dass Energieversorger die Verbraucher in der Beurteilung der Energieverbräuche besser unterstützen sollten. Die in der Energieeffizienzrichtlinie der EU geforderten, in einigen Ländern als Teil einer *advanced metering structure (AMI)* (National Energy Technology Laboratory, 2008; Darby, 2011; Hierzinger et al., 2012) vorgeschriebenen und vielfach propagierten intelligenten, vernetzten Stromzähler (*smart meter*) sollen genau dies tun. Die Befundlage zum Einsatz in Haushalten ist jedoch uneinheitlich: Einerseits werden Einsparungen im Bereich von 5 bis 15 Prozent berichtet (eTelligence, 2013; Martiskainen, 2007; Schleich et al., 2011), andererseits scheinen die Effekte vor allem in einem hoch motivierten Umfeld von längerer Dauer zu sein (Van Dam, Bakker & Van Hal, 2010). In der Vergangenheit zeigten Arbeiten auf der Basis vergleichsweise viel einfacherer technischer Geräte (*continuos-display, electricity-use monitors, CDEUMs*) nur relativ schwache Einsparungseffekte (Sexton, Johnson & Konakayama, 1987). Gegenüber klassischen Zählern bieten Smart Meter grundsätzlich ausgezeichnete Möglichkeiten für Rückmeldungen (Birzele-Harder, Deffner & Götz, 2008) und die entstehenden Mehrkosten könnten teilweise sogar durch Einsparungen beim Energieverbrauch gedeckt werden (Jung, 2012; Schleich et al., 2011).

4.4 Wahrgenommene Barrieren als Ansatzpunkte für psychologische Interventionen

Auf das Energieverbrauchsverhalten zielende psychologisch fundierte Interventionen können wichtige Voraussetzungen für umweltfreundliches Verhalten schaffen und helfen, ihm entgegen stehende Barrieren abzubauen (Stern, 2011). Dabei ist das Spektrum psychologischer Barrieren in Bezug auf umweltfreundliches Verhalten insbesondere hinsichtlich der Vermeidung bzw. des Umgangs mit einer drohenden Klimaveränderung insgesamt recht breit, wie die nachfolgend skizzierte Klassifikation von Gifford (2011) zeigt.

Die erste der dort genannten sieben Gruppen von Barrieren thematisiert unter dem Stichwort *begrenzte Kognition*, dass menschliches Handeln nicht immer im klassischen Sinne als rational und angepasst beschrieben werden kann. Einer der Gründe wird darin gesehen, dass das menschliche Gehirn aufgrund der Anforderungen im Laufe der Evolution und seines entsprechenden Entwicklungsstandes besser mit Ereignissen mit Bezügen zur Gegenwart und insbesondere mit kurzfristigen Bedrohungen umgehen kann als mit sehr langsam ablaufenden, zeitlich weit entfernten und von der Gegenwart scheinbar abgekoppelten Ereignissen, wie sie im Kontext klimatischer Veränderungen auftreten (Gifford et al., 2009; Weber, 2006). Aufgrund des Fehlens direkt sichtbarer Auswirkungen wird dieser Thematik zudem eher geringe Aufmerksamkeit zuteil. Zeitlich entfernt liegende Risiken werden unterschätzt (Weber, 2006). Mangelndes Problembewusstsein kann ebenso eine Barriere darstellen wie fehlendes Handlungswissen – vielfach wird der drohende Klimawandel nicht als Problem wahrgenommen. Wissen über mögliche Handlungsoptionen, über ihre Existenz und Möglichkeiten zur Umsetzung und Bewertung ist häufig nicht vorhanden oder unvollständig oder liegt nicht in direkt umsetzbarer Form vor. Handlungen unterbleiben evtl. aufgrund als gering wahrgenommener Verhaltenskontrolle oder Selbstwirksamkeit (s. a. Abschnitt 2.1, S. 5f).

Eine zweite Gruppe von Barrieren ist *ideologischer* Natur: Weltanschauliche Festlegungen etwa auf ein kapitalistisches System können zumindest insofern solche Barrieren darstellen, als sie Prädiktoren für die Leugnung eines Klimawandels bzw. damit zusammenhängender negativer Folgen für die Umwelt sein können (vgl. Heath & Gifford, 2006). Weitere Elemente in diesem Bereich können ein Glaube an eine schützende Gottheit, „Mutter Natur“ oder eine alle Probleme beherrschende Technik sein (s. a. Soland, 2013). Ebenfalls dem ideologischen Bereich zugerechnet wird eine mögliche Tendenz, den erreichten Status quo zu verteidigen.

Ein dritter Bereich betrifft die Ergebnisse von *Vergleichen* des eigenen Verhaltens mit demjenigen anderer Personen. Hier können sich injunktive oder deskriptive soziale Normen (s. a.

Abschnitt 4.4.3) und wahrgenommene Ungleichheiten hemmend auf umweltfreundliches Verhalten auswirken.

Ähnliches gilt für *Kosten* im Sinne finanziellen und kognitiven Aufwands, die vierte Gruppe von Barrieren: Obwohl Umweltaspekte dem vielleicht entgegenstehen, wird ein einmal angeschafftes Gerät gelegentlich auch deswegen eingesetzt, weil sein Kauf sonst als Fehlinvestition, verlustbehaftet und entsprechend unattraktiv wahrgenommen würde. Eine Barriere kann auch mit dem Aufwand verbunden sein, der durch ein ggf. notwendiges Aufbrechen einer -an sich effizienten- Gewohnheit entsteht (vgl. Abschnitt 4.4.5). Weitere Hemmnisse können sich ergeben, wenn Werte und Ziele, die umweltfreundliches Verhalten stützen, im Gegensatz zu anderen, höher gewichteten stehen. Eine geringe Ortsbindung im Sinne einer eher schwachen Verbundenheit mit einer bestimmten räumlichen Umgebung kann insbesondere in einem städtisch geprägten Umfeld dazu führen, dass umweltschonendes Verhalten als eher unwichtig eingeschätzt wird (Scannell & Gifford, 2010).

In einer fünften Gruppe nennt Gifford (2011) die *Vertrauenswürdigkeit* von Informationen und Maßnahmen, der in Bezug auf die Beeinflussung von Verhalten eine wichtige Rolle zukommt. Aus allgemeinem Misstrauen etwa gegenüber wissenschaftlichen und politischen Vorhaben sowie aus Unglauben und Leugnungen können gewichtige Hemmnisse für die Beeinflussung umweltrelevanten Verhaltens erwachsen.

Ein sechster Faktor bezieht sich auf *wahrgenommene Risiken*, seien es funktionale, physikalische und monetäre Risiken („funktioniert ein bestimmtes umweltschonendes Produkt auch tatsächlich, ist es sicher und rentierlich und lohnt sich der mit der Beschaffung einhergehende zeitliche Aufwand?“), soziale Risiken („mache ich mich durch ein bestimmtes umweltschonendes Verhalten vielleicht lächerlich?“) oder damit einhergehende psychologische Risiken wie ggf. reduziertes Selbstwertgefühl oder Selbstvertrauen.

Und schließlich wird im siebten Bereich thematisiert, dass umweltschonendes Verhalten teilweise nur in *eng begrenztem Umfange* oder mit geringem Effekt auf die Umwelt praktiziert oder gar durch unbeabsichtigte Nebeneffekte (*Rebound*, vgl. Abschnitt 4.4.7) kompensiert wird.

Im Sinne einer positiven, konstruktiven Sichtweise können folgende Faktoren als besonders relevant hinsichtlich der Beeinflussung umweltrelevanten Verhaltens genannt werden (vgl. Spada, 2000b): (1) Erweiterung des Raumes der wahrgenommenen Handlungsmöglichkeiten um umweltschonende Alternativen; (2) Vermittlung von Wissen bzgl. der umweltbezogenen Fol-

gen von Handlungen; (3) Förderung einer positiven Einstellung als notwendiger Voraussetzung für umweltfreundliches Verhalten; (4) Schaffung wirtschaftlicher Anreize zur Verstärkung der positiven Einstellung; (5) Schaffung von Mechanismen zur Vermittlung moralischer Wertschätzung durch die Verknüpfung sozialer Anerkennung mit umweltgerechtem Handeln; (6) Reduktion von Konfusion und Unsicherheit in Bezug auf umweltrelevante Sachverhalte durch gezielte Umweltbildung; (7) Förderung sozialer Netzwerke als fester Bestandteil von Umweltbildungs- und Informationsprogrammen; (8) Sichtbarmachung von positiven Konsequenzen, die durch das eigene Verhalten ausgelöst werden, etwa durch Rückmeldungen oder Öffentlichkeitsarbeit.

4.4.1 Strukturelle Aspekte, situationale Faktoren und die Schaffung von Handlungsmöglichkeiten

Ein wichtiger Aspekt der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle (s. a. Abschnitt 4.2, S. 60f) betrifft situationale Faktoren und damit die Frage, ob eine Person objektiv in der Lage ist, das betreffende Verhalten zu zeigen. Wenn etwa technische Hemmnisse einem energiesparenden Verhalten entgegenstehen, so müssen diese beseitigt werden, um entsprechende Handlungsmöglichkeiten schaffen zu können. Beispiele für solche technischen Barrieren sind etwa Zeitrelais ohne die Möglichkeit eines vorzeitigen manuellen Ausschaltens und fest eingestellte Thermostatventile, deren Einstellung durch den Nutzer nicht verändert werden kann.

Weitere typische technische und organisatorische Barrieren in Bezug auf ein energiesparendes Verhalten am Arbeitsplatz finden sich in einer umfangreichen belgischen Studie (Cenergie, 2008), in der die Nutzer von 24 Bürogebäuden mittels eines Fragebogens zu ihrem energierelevanten Verhalten und der Bewertung des Komforts an ihrem Arbeitsplatz befragt wurden. Wichtige Ergebnisse waren: Frauen, Arbeitnehmer über 40 Jahren und solche mit guter Ausbildung und hoher Zufriedenheit im Betrieb verhalten sich am ehesten umweltbewusst. Eine lockere Kleiderordnung erleichtert prinzipiell die Akzeptanz unterschiedlicher Temperaturen, wird aber nicht immer entsprechend genutzt. Die Studie empfiehlt dazu gezielte Kampagnen für Frauen unter 40 Jahren, die im Winter eher zu leicht gekleidet sind, und für Männer über 40 Jahren, die im Sommer eher zu warm angezogen sind. Geändertes Kleidungsverhalten dieser Personengruppen hätte demnach einen deutlichen Effekt auf die Einstellung von Thermostaten. Möglichkeiten zur individuellen Kontrolle der Heizkörper werden als besonders wichtig eingeschätzt. Dies gilt ebenso für die Möglichkeit, Fenster zu öffnen. Tageslicht wird als wesentlich komfortabler eingeschätzt als Kunstlicht. Klimatisierte Räume werden grundsätzlich als positiv

empfunden, können aber zusammen mit nicht zu öffnenden Fenstern, Zugluft und Steuerungsproblemen zu einer Reduktion des Komforts beitragen.

Auch rechtliche Aspekte können dazu führen, dass bestimmte Bereiche des Energieverbrauchs insbesondere in Betrieben von Entscheidungen der Nutzer ausgenommen sind. Komponenten wie die Grundlast z. B. durch vorgeschriebene Sicherheitseinrichtungen (s. a. Abschnitt 3.2.2, S. 37f), aber auch strukturelle Aspekte wie die Verfügbarkeit und Zulässigkeit von Technologien engen den Verhaltensspielraum teilweise erheblich ein, möglicherweise sogar so weit, dass die Implementierung psychologisch motivierter Energiesparmaßnahmen den Kreis der Adressaten überfordert (Weber, 2002).

Situative Faktoren werden in der Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen, 1991) eher implizit durch den situationalen Anteil an der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle abgebildet, die einen direkten Einfluss auf das Verhalten ausüben kann (Ajzen & Madden, 1986). Im *Comprehensive Action Determination Model (CADM)* (Klößner & Blöbaum, 2010) geschieht dies in expliziter Form, indem objektive und subjektive Komponenten im Konzept der situationalen Einflüsse zusammengeführt werden.

4.4.2 Lücken, Misskonzeptionen und Mythen als Barrieren für energiesparendes Verhalten: Die Rolle bereichsspezifischen Wissens

Für energiesparendes Verhalten spielt Wissen zu Energieformen, Verbräuchen, Geräten und deren energiesparende Benutzung (vgl. z. B. Costanzo, Archer, Aronson & Pettigrew, 1986) eine große Rolle, auch wenn Wissen allein nicht unbedingt zu Verhaltensänderungen führt (Abrahamse et al., 2005). Wissen bzgl. des allgemeinen Hintergrundes und eines konkreten Problems (Problemwissen, vgl. Matthies & Hansmeier, 2010) wie etwa zur Klimaproblematik oder zu Energiekosten, zu möglichen Handlungsalternativen (Handlungswissen, vgl. etwa Abrahamse & Steg, 2011; Scheuthle, Frick & Kaiser, 2010), zu eigenen Kompetenzen sowie zu den Konsequenzen von Handlungen (s. a. Matthies & Hansmeier, 2010) sind wichtige Aspekte und mögliche Ziele von Interventionen. Weil bereichsspezifischem Wissen eine zentrale Bedeutung zukommt, wird auf diesen Bereich nachfolgend etwas näher eingegangen.

4.4.2.1 Misskonzepte und Mythen in Bezug auf den Energieverbrauch

Der Verbrauch von Energie ist mit einigen typischen Mythen und Misskonzepten verbunden, die nicht selten auf einen Mangel an Information zurückgehen. Darunter sind Vorstellungen wie die Abhängigkeit des Energieverbrauchs eines Geräts von seiner Größe (Baird & Brier, 1981) oder auch das Unterschätzen der zum Erwärmen von Wasser erforderlichen Energiemenge (vgl.

Keul, 2002). Kleine Verbräuche werden im allgemeinen eher überschätzt, große Verbräuche teilweise erheblich unterschätzt (Attari, DeKay, Davidson & De Bruin, 2010). Gelegentlich werden auch individuelle Einflussmöglichkeiten unterschätzt (Truelove & Parks, 2012). Zu Misskonzeptionen und Mythen zählen auch die diversen *Lichtlügen*⁹ (vgl. Energieagentur NRW, 2010; für den US-amerikanischen Bereich Dauncey, 2011; Greenbang, 2009). Ähnliche Misskonzeptionen finden sich in Bezug auf allgemeine energiepolitische Fragen (s. etwa Brown, Gumerman, Sun, Sercy & Kim, 2012). Hinzu kommt Wissen über den Einfluss von Energieerzeugung und -verbrauch auf Umwelt und Gesellschaft sowie von Entscheidungen und Handlungen auf individueller, kollektiver und organisationsbezogener Ebene auf die globale Gemeinschaft. Und nicht zuletzt wird die Einsicht in die Notwendigkeit des Energiesparens und der Entwicklung von Alternativen zu fossilen Energiequellen sowie darauf aufbauender Entscheidungen und Handlungen vorausgesetzt (DeWaters & Powers, 2013).

Beim Vergleich von Verbräuchen kann es eine Rolle spielen zu wissen, wie die Verbrauchswerte berechnet wurden. So ist ein quantitativer Vergleich der Benzinverbräuche zweier Autos gemäß der üblichen Berechnungsformel in *Litern pro 100 Kilometer* sehr einfach möglich: Die Differenz solchermaßen bestimmter Werte veranschaulicht immer auch den Unterschied der entstehenden Kosten. Verwendet man jedoch die in den Vereinigten Staaten üblichen Formel *miles per gallon*, so ist der Vergleich aufgrund des nichtlinearen Zusammenhangs ungleich schwieriger (Larrick & Soll, 2008). Zumindest in der US-amerikanischen Bevölkerung resultieren daraus Unterschätzungen der Verbrauchsunterschiede bei Fahrzeugen mit hohen Verbräuchen und Überschätzungen bei solchen mit geringen Verbräuchen (Alcott, 2011).

Im Bereich der Heizung können geringes Wissen über die Funktionsweise und daraus resultierende Misskonzepte zu wenig sinnvollem Verhalten beitragen. Grundsätzlich sollte es Nutzern möglich sein, Eingriffe in das Raumklima vorzunehmen: Erstens kann dies die Zufriedenheit der Nutzer mit dem thermischen Komfort erhöhen und zweitens gibt es interindividuelle Unterschiede in der Wahrnehmung des Komforts, die mit einer ausschließlich technischen Lösung kaum zufriedenstellend adressiert werden können (Karjalainen, 2007a). Im Sinne der verhaltenorientierten Analyse eines in Bezug auf das Umweltverhalten möglicherweise problematischen technischen Systems (Stern & Gardner, 1981a) wird im Folgenden auf das gewöhnliche

⁹ „Energiesparlampen sind teuer!“, „Häufiges Schalten schadet den Leuchtstofflampen!“, „Es ist billiger, Lampen eine halbe Stunde brennen zu lassen als sie auszuschalten!“, „Das Licht von Leuchtstofflampen flimmert!“, „Das Licht von Energiesparlampen wirkt immer kalt und matt!“, „Die Gesamtenergiebilanz von Energiesparlampen ist schlechter als die von Glühlampen!“, „Anders als Energiesparlampen, die in den Sondermüll gehören, verursachen Glühlampen kein Quecksilber-Problem.“ usw.

Heizkörperthermostatventil und technische Hintergründe möglicher Schwierigkeiten im Umgang mit diesem System genauer eingegangen (vgl. Karjalainen, 2009).

4.4.2.2 Experten- und Laienmodelle von Thermostatventilen

Auch wenn die Ansprüche an den thermischen Komfort in Büros geringer sind als zuhause (Karjalainen, 2009) ist die korrekte Einstellung der Bedienelemente an ggf. vorhandenen Heizkörpern entscheidend für das Wohlbefinden und den Energieverbrauch. Thermostatventile regeln die durch den Heizkörper fließende Menge an heißem Wasser anhand der von einem integrierten Fühler gemessenen Raumtemperatur; ein manuelles Nachregeln und ein übermäßiges Aufdrehen zur Erzielung kürzerer Aufheizzeiten sind in der Regel nicht erforderlich bzw. aufgrund der systemimmanenten Trägheit sogar kontraproduktiv. Moderne Thermostatventile bestehen im Prinzip aus einer Art Wasserhahn und einem Regler mit Temperaturfühler (s. Abbildung 10): In das wasserführende Leitungssystem ist ein Ventil (2) eingebaut, dessen

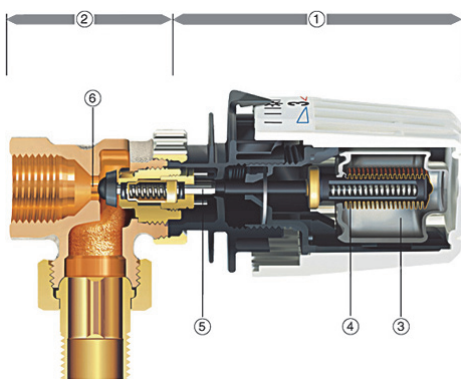


Abbildung 10. Komponenten eines Thermostatventils

(Fabrikat Heimeier; Erläuterungen im Text) (Quelle:

http://www.taheimeier.de/WebsiteFiles/Products_and_Solutions/Consumer%20Products/Numbers/Function.png)

Durchfluss (6) durch einen Stempel verschlossen werden kann. Durch das Drücken eines Stiftes (5) kann das Ventil von außen geschlossen bzw. durch die Freigabe des Stiftes geöffnet werden. Auf das Ventil wird der Thermostatventilkopf (1) aufgeschraubt, der nur auf den Stift einwirkt und nicht mit dem Heizungswasser in Kontakt kommt. Ein wichtiger Bestandteil dieses Kopfes ist eine temperatursensitive Masse (3), deren Ausdehnung zusammen mit der Einstellung des Kopfes über eine Spindel (4) die Eindrücktiefe für den Stift bestimmt. Bei geringen Unterschieden zwischen Ist- und Soll-Temperaturen funktionieren solche Ventile annähernd wie Wasserhähne, bei größeren Temperaturunterschieden eher wie elektrische Schalter. Dennoch werden sie vielfach im wesentlichen als Analogien zu Wasserhähnen wahrgenommen

(Kempton, 1986¹⁰), was aus historischer Sicht auch darin begründet sein könnte, dass vor dem Aufkommen von regelnden Thermostaten die Ventile an Heizkörpern tatsächlich Wasserhähne darstellten.

Aktuelle manuelle Thermostatventile werden ähnlich wie Wasserhähne bedient: Ein Drehen nach links führt zu einer höheren und ein Drehen nach rechts zu einer niedrigeren Temperatur. Interessanterweise arbeiten viele elektronische Thermostatventile genau umgekehrt und ähneln in dieser Hinsicht eher einem analogen Knopf zur Lautstärkeregelung, d. h. das Drehen nach rechts erhöht und das Drehen nach links erniedrigt die Solltemperatur. Messtechnische Unzulänglichkeiten einfacher Thermostatventile, wie die Messung der Ist-Temperatur direkt im Thermostatkopf neben dem Heizkörper und damit verbundene, durch Vorhänge, Möbel usw. hervorgerufene Ungenauigkeiten erschweren den Nutzern den Aufbau einer korrekten Repräsentation der Funktionsweise zusätzlich. Hinzu kommen technische Einschränkungen durch die Bauart, die sich etwa in zeitlichen Verzögerungen und einer erheblichen Trägheit ausdrückt. In den Fühlern der Thermostatventile wird als Material vielfach Paraffin verwendet, das eine gewisse Zeit benötigt, um seine Ausdehnung an Änderungen der Umgebungstemperatur anzupassen. So hat etwa ein vielfach verwendeter Thermostatventilkopf der Fa. Heimeier eine Schließzeit von nahezu einer halben Stunde. Daraus resultiert, dass die Kennlinie eines konventionellen Thermostatventils nicht die Rechteckform derjenigen eines elektrischen Schalters hat. Öffnungs- und Schließkennlinie liegen zudem nicht übereinander, sondern sind um die sog. Hysterese versetzt (s. Abbildung 10, Beele, 2003). Das Ventil tritt erst bei einer Abweichung zwischen Soll- und Ist-Temperatur in Höhe der Hysterese in Aktion. Elektronische, zeitgesteuerte Heizkörperthermostate arbeiten nach komplexeren Regelungsverfahren und haben außerdem oft Vorzüge wie eine automatische Entkalkungsfunktion, die dem Festsetzen des Ventils entgegenwirkt, sowie eine *Boost*-Funktion, die das Ventil für eine gewisse Zeitspanne vollständig öffnet und damit für ein rascheres Aufheizen sorgt.

In einer Usability-Studie zu Thermostaten hat Karjalainen (2007b) wichtige Wünsche aus Nutzersicht zusammengetragen. Darunter sind die Sichtbarkeit, Erkennbarkeit und Erreichbarkeit der Einstellungselemente, eine Kombination der Bedienteile für Heizung und Klimatisierung, akzeptable Standardeinstellungen, ein übersichtliches Interface und einfache Einstellung der

¹⁰ Die Arbeiten von Kempton beziehen sich auf den Umgang mit sog. Zweipunktreglern (Orlowski, 2009), die nur die zwei Zustände „Ein“ und „Aus“ kennen („Inside, one sees a temperature-activated switch, that can be on or off but cannot control the amount of heat from the furnace.“, Kempton, 1986, S. 86f); die Ergebnisse können daher nur mit Vorsicht auf zumindest in bestimmten Bereichen proportional arbeitende Thermostatventile übertragen werden.

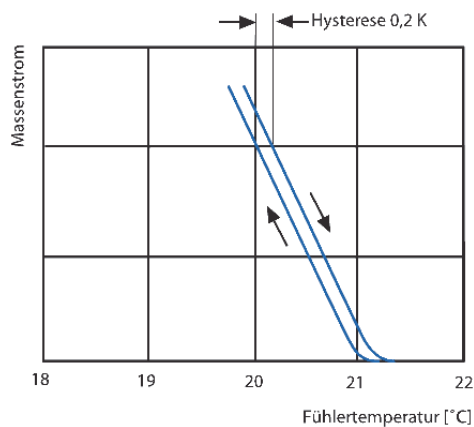


Abbildung 11. Bei konstanter Einstellung verändern Thermostatventile den Durchfluss des warmen Heizungswassers in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur selbsttätig und kontinuierlich. Dabei liegen Öffnungs- und Schließkennlinie nicht übereinander, sondern sind gegeneinander um den Betrag der Hysterese verschoben (Beele, 2003, S. 65).

Temperatur, Hinweise auf komfortable Temperaturen, klare und hinreichende Rückmeldungen nach einer Änderung der Temperatur sowie eine rasche Anpassung der Temperatur an die gewählte Einstellung. In Großraumbüros ergibt sich die Schwierigkeit, dass eine einzelne Person nicht ohne weiteres Einfluss auf ihren persönlichen thermischen Komfort nehmen kann. Für den Betrieb einer Klimaanlage in einem Großraumbüro stellten Murakami, Terano, Mizutani, Harada und Kuno (2007) eine interessante Variante in Form eines elektronisch gestützten Abstimmungssystems vor, das zu einer Energieeinsparung von 20 Prozent führte.

4.4.2.3 Kipfenster als Senken für Wärmeenergie

Ähnlich wie Fehlbedienungen von Heizkörperthermostaten können dauerhaft gekippte Fenster (*Kipfenster*) zu Einschränkungen beim thermischen Komfort und hohen Kosten für Energie führen, denn sie stellen in der kalten Jahreszeit eine ungünstige Senke für Heizwärme dar (vgl. Abbildung 12). Kipfenster haben zunächst den Vorteil, dass das in einem mit Personen besetzten Raum entstehende CO₂ laufend abgeführt werden kann. Zumindest bei Außentemperaturen oberhalb von etwa 6 °C können in Büroräumen unter bestimmten Umständen Kipfenster mit stufenlos variablen, fest einstellbaren Kippweiten günstig sein, wenn sie möglichst exakt an den notwendigen Frischluftbedarf angepasst werden können (Fitzner & Finke, 2012). Unterhalb dieser Temperaturen ist eher ein Stoßlüften durch das kurzzeitige vollständige Öffnen der Fenster sinnvoll, obwohl durch die hohen damit einhergehenden Luftwechselraten (Luftwechselrate 10-15 h⁻¹, Kühlleistung der einströmenden Luft um 4 kW im Beispiel von Fitzner & Finke,

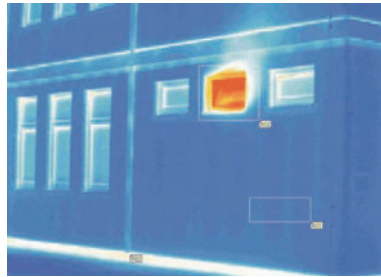


Abbildung 12. Kippfenster können bei niedrigen Außentemperaturen erhebliche Wärmemengen entweichen lassen. Mithilfe von Wärmebildkameras kann dieser Verlust visualisiert werden (Deutscher Städtetag, 2009, S. 2)

2012) die Behaglichkeit für kurze Zeit vermindert wird. In der kalten Jahreszeit verursachen Kippfenster einen ungünstigen dauerhaften Abfluss von Wärme aus einem Raum. In einem experimentellen Setting in einem größeren Büro mit einer Fläche von 80 m^2 und 6 Fenstern in Kippstellung ergab sich ein Verlust in Höhe von 2.700 W (Fitzner & Finke, 2012), was einem bei Höchstlast im Dauerbetrieb laufenden Heizlüfter entspräche, der die erwärmte Luft direkt nach außen bläst. In einem deutlich kleineren Raum mit einem Volumen von 58 m^3 (Maas, 1995) wurden zwischen 150 und 380 W ermittelt, die sich im Laufe einer Heizperiode auf mehr als 2.400 kWh summierten. Dieses Ergebnis steht im Einklang mit dem Ergebnis von Schümann (1996), der in einer Simulationsrechnung einen Wärmeverlust in Höhe von 1.200 kWh pro Jahr errechnete. Für ein größeres Bürogebäude können sich mithin Verluste in Größenordnungen ergeben, die in dieser Form der Belegschaft in der Regel nicht bekannt sein dürften und zudem technische Optimierungen wie etwa die Sanierung von Fenstern konterkarieren können (Dessaul, 2007).

4.4.3 Soziale Normen

In einem betrieblichen Umfeld ist das Handeln von Personen verschiedenen, beispielsweise von Arbeitgebern oder staatlichen Instanzen vorgegebenen Normen unterworfen. Personen orientieren sich in ihrem Handeln aber auch häufig an anderen Personen in ihrem Umfeld, seien es deren tatsächliche Handlungen, seien es deren Erwartungen. In diesem Sinne unterscheiden Cialdini, Kallgren und Reno (1991) in Bezug auf die soziale Umgebung einer Person zwischen Normen, die aus Erwartungen Anderer resultieren und Normen, die auf den aktuellen Zustand, die konkrete Situation bzw. das Verhalten Anderer Bezug nehmen. Normen, die sich auf eine konkrete Gruppe und das dort übliche Verhalten beziehen, werden als *deskriptive* bzw. *is*-Normen bezeichnet. Die Orientierung an einer Gruppe kann einen Entscheidungsprozess abzukür-

zen und somit einen Effizienzvorteil mit sich bringen (Cialdini, Kallgren & Reno, 1991). Eine unter Umweltgesichtspunkten günstige deskriptive Norm liegt beispielsweise vor, wenn in einer Arbeitsgruppe die PCs am Arbeitsende üblicherweise ausgeschaltet werden. Demgegenüber beziehen sich injunktive *ought*-Normen auf einen Soll-Zustand, d. h. auf die Erwartungen anderer Personen oder auf Regeln wie etwa eine Aufforderung zur sparsamen Verwendung von Energie. Verstöße gegen injunktive Normen werden meist sanktioniert (Cialdini, Kallgren & Reno, 1991). Können in einer Intervention Elemente kombiniert werden, die sich gleichermaßen auf injunktive und deskriptive Aspekte beziehen, so kann dies den Erfolg der Maßnahme erhöhen (Schultz, Khazian & Zaleski, 2008). So konnten Reiter und Samuel (1980) zeigen, dass Schilder, die im Sinne einer injunktiven Norm zu einer korrekten Entsorgung von Müll aufforderten (injunktive Norm), in einer sauberen Umgebung (deskriptive Norm) besonders wirksam waren.

4.4.4 Psychologische Reaktanz

Normen können dazu führen, dass sich die betreffende Person in ihrer Aktionsfreiheit eingeschränkt sieht (Dickenberger, Gniech & Grabitz, 1993). Im allgemeinen führt dies zu psychologischer Reaktanz, wobei deren Stärke von der Wichtigkeit der Freiheit für die Person, dem Umfang der bedrohten oder eliminierten Freiheit sowie von der Stärke der Einengung der Freiheit abhängt. Bei geringem sozialen Druck wird zunächst eine Anpassung des Verhaltens erwartet; bei stärker werdendem Druck geht die Bereitschaft zur Anpassung zurück und kann schließlich in eine manifeste Reaktanz im Form von Widerstand umschlagen (Dickenberger et al., 1993). In Energiesparprojekten an Hochschulen kann sich dies etwa in Form von Gewalt gegenüber Hinweisschildern manifestieren (vgl. Aronson & O'Leary, 1982-83; Sussman & Gifford, 2012). Dem Aspekt möglichst geringer Reaktanzeffekte sollte eine hohe Bedeutung beigemessen werden: Einerseits kann der Zustand von Schildern schwer kontinuierlich überprüft werden und andererseits soll ein möglichst hoher Effekt in Form von Anpassung des Verhaltens der Zielgruppe erzielt werden. Neben einer entsprechenden Gestaltung der Maßnahmen und entsprechender Formulierungen bei deren Kommunikation kann dies etwa auch durch die Einbeziehung der Zielgruppe in die Erarbeitung der Maßnahmen geschehen (vgl. Dickenberger et al., 1993); hilfreich kann auch eine hohe Akzeptanz der mit dem Projekt befassten Arbeitsgruppe sein, die insbesondere vollumfänglich von der Leitung der Einrichtung unterstützt werden sollte.

4.4.5 Bildung und Beeinflussung von Gewohnheiten

Häufig und in stabilen Kontexten ausgeführte Handlungen können automatisiert werden und Gewohnheiten bilden, bei denen weniger oder keine bewussten Entscheidungen mehr ablaufen müssen (Ouellette & Wood, 1998). Durch wiederholte Ausführung können sie laufend weiter verstärkt werden. Dies gilt unabhängig davon, ob damit eher der Aufbau einer effizienten assoziativen Verbindung zwischen einer Situation und einem Verhalten (das Betreten eines dunklen Raumes wird mit dem Einschalten des Lichts assoziiert; Wood, Tam & Witt, 2005) oder der Aufbau eines den kognitiven Aufwand bei der Entscheidung reduzierenden Skripts verbunden ist (Nutzung eines Autos im Rahmen eines Einkaufes; Verplanken, Aarts, van Knippenberg & van Knippenberg, 1994). Verplanken und Orbell (2003) verstehen Gewohnheiten als mentale Konstrukte, bei denen die automatische Ausführung einer Handlung, eine geringe darauf gerichtete Aufmerksamkeit und schwierige Kontrollierbarkeit eng mit kognitiver Effizienz verbunden sind. In dem Maße, wie eine Gewohnheit verstärkt wird, reduziert sich der Einfluss von Einstellungen auf das Verhalten und es wird immer weniger notwendig, Intentionen zu formen (Aarts, Verplanken & van Knippenberg, 1998). Sind Gewohnheiten über längere Zeit verstärkt worden, dann widersetzen sie sich vielen verhaltensorientierten Interventionsmaßnahmen und können zudem auch den Einfluss von Normen herabsetzen (Klößner & Matthies, 2004). Daher muss eine umweltschädigende Gewohnheit ggf. zunächst deaktiviert bzw. aufgebrochen werden. Als relativ wirksam zumindest in Bezug auf die Wahl eines Verkehrsmittels haben sich Freifahrtscheine oder Änderungen in der persönlichen Situation wie etwa ein Umzug gezeigt (Klößner & Verplanken, 2013; Verplanken & Wood, 2006). Effekte sollten auch von Interventionen zu erwarten sein, die zu einer stärkeren Reflexion der Handlung führen und damit dem automatischen Ablauf kognitiver Prozesse entgegenwirken oder solchen, die die Salienz der involvierten Intentionen und Normen stärken (Matthies et al., 2011). Die zugrunde liegenden Mechanismen könnten auch genutzt werden, um über das Aufbrechen bestehender umweltschädlicher Gewohnheiten hinaus neue umweltfreundliche Gewohnheiten zu initiieren. Typische Beispiele dafür sind das tägliche Herunterfahren und Abschalten des Arbeitsplatzrechners sowie das Herunterdrehen der Heizung und Schließen der Fenster im Winter. Im Bereich des Energiesparens können unter anderem Prompts, Erinnerungen, Wettbewerbe und Selbstverpflichtungen dabei helfen, eine Gewohnheit zu verändern (Matthies et al., 2011). Zwar lässt die Wirksamkeit von Erinnerungshilfen mit der Zeit nach, im besten Fall gelingt es jedoch, deren Effekt rasch genug durch eine neu erworbene Gewohnheit zu ersetzen (Tobias, 2009).

4.4.6 Ökologisch-soziale Dilemmata

Umweltschädigendes Verhalten eines Einzelnen zieht oft unmittelbar direkte positive Auswirkungen für ihn nach sich, während etwaige negative Auswirkungen auf die Umwelt nicht direkt sichtbar werden. Sofern sie überhaupt eindeutig mit dem umweltschädigenden Verhalten in Zusammenhang gebracht werden können, treten sie unter Umständen zeitlich verzögert, räumlich verlagert oder in anderen sozialen Gruppen auf (Vlek & Keren, 1992) und haben somit für den Verursacher zunächst keine merkbaren negativen Auswirkungen (Ernst, 2008). Hier wird eine klassische ökologisch-soziale Dilemmasituation sichtbar. Aber nicht nur umweltschädigendes, sondern auch umweltfreundliches Verhalten kann –quasi spiegelbildlich– von einer solchen Problematik betroffen sein, wenn damit einhergehende Kosten vom Individuum zu tragen sind, während der Nutzen der Allgemeinheit und ihren langfristigen Interessen zum Vorteil gereicht (Kals, Montada, Becker & Ittner, 1998; Spada, 2000b).

4.4.7 Rebound-Effekte

Es gibt Anlass zu der Annahme, dass Maßnahmen zur Energieeinsparung nicht immer den Effekt haben, der von ihnen erwartet wird. Beispiele dafür wären ein Anstieg der Fahrleistung eines Autos bei sinkendem Benzinpreis oder der Ersatz eines wenig energieeffizienten Leuchtmittels durch ein effizienteres, wobei jedoch ein Teil der Energieeinsparung durch eine höhere Lichtstärke kompensiert wird (Peters & Dütschke, 2013). Solche Effekte werden gemeinhin als *direkte* Rebound-Effekte bezeichnet im Gegensatz zu *indirekten* Rebound-Effekten, wenn etwa zusätzlicher Konsum in Gestalt der zusätzlichen Beschaffung eines neuen Gerätes der Unterhaltungselektronik durch eine monetäre Einsparung im Fahrzeug-Bereich finanziell kompensiert wird (Sorrell, 2007). Historisch gesehen sind diese Effekte eng mit Arbeiten von Jevons (1865), Khazzoom (1980) und Brookes (1978, 1990) verbunden. Verstärkt in den letzten Jahren wurde über ihre Definition, Größe und Relevanz immer wieder diskutiert (vgl. Madlener & Alcott, 2011; Otto, Kaiser, & Arnold, 2013; Sorrell, 2007). Einsparungen durch Verbesserung der Gebäudetechnik, Senkung des Stromverbrauchs für Haushaltsgeräte oder energiesparende Produktion von Konsumgütern werden vielfach durch eine laufende Erhöhung des allgemeinen Konsumniveaus zunichte gemacht (Umweltbundesamt, 2006). Die Beschaffung eines neuen, energieeffizienten Kühlschranks allein führt nicht zu einer Einsparung, solange der alte Kühlschrank nicht ausgemustert wird, sondern nur eine neue Funktion als Getränkekühlschrank übernimmt – ein durchaus nicht zu vernachlässigendes Phänomen (Young, 2008). Auch in der Informationstechnologie werden gelegentlich ältere, ausgemusterte Geräte

nicht verschrottet, sondern neuen Funktionen zugeführt wie einem Stand-by-Betrieb als Reserve für Ausfälle oder dem Betrieb neuer, weniger anspruchsvoller Dienste.

In gewisser Weise stellt das folgende von Saunders und Tsao (2012) bzw. Tsao, Saunders, Creighton, Coltrin und Simmons (2010) beschriebene Phänomen einen globalen Rebound-Effekt dar: Sie konnten zeigen, dass bezogen auf das Bruttosozialprodukt die weltweiten Gesamtkosten für Beleuchtung während der letzten drei Jahrhunderte im wesentlichen konstant bei 0,72 Prozent lagen. Damit einher gehende Kosten für den Energieverbrauch lagen demnach ebenfalls recht konstant bei etwa 0,54 Prozent des Bruttosozialprodukts und machen derzeit 6,5 Prozent der weltweiten Kosten für Primärenergie aus. Jegliche Möglichkeiten für Energieeinsparungen in diesem Bereich waren demnach mit einem Rebound von 100 Prozent behaftet, wobei einer der Gründe in der Erschließung neuer Möglichkeiten für zusätzliche Beleuchtung infolge von Weiterentwicklungen der Beleuchtungstechnik liegt. Auch Rebound-Effekte größer als 100 Prozent (*backfire*) sind möglich (Sorrell, 2009).

Im Hochschulbereich wird eine bessere Energieeffizienz bei IT-Geräten infolge effizienterer Netzteile und der Ablösung von Röhrenmonitoren durch Flachbildschirme teilweise durch die Beschaffung leistungsstärkerer Server und Arbeitsplatzsysteme sowie durch die zunehmende Ausstattung von Arbeitsplätzen mit zwei, drei oder mehr Monitoren kompensiert.

Aus psychologischer Perspektive können Rebound-Effekte nach Santarius (2012) Kategorien wie *moral-hazard*, *moral-leaking* sowie *moral-licensing* zugeordnet werden. Dabei bezieht sich *moral-hazard* auf einen direkten Rebound z. B. durch eine höhere Fahrleistung nach dem Erwerb eines Hybrid-Fahrzeugs (vgl. Ohta & Fujii, 2011, zitiert nach Santarius, 2012). Unter *moral-leaking* wird ebenfalls ein direkter Rebound infolge einer „Gewissensberuhigung“ bzw. verminderter Aufmerksamkeit in Bezug auf den sparsamen Umgang mit einer Ressource verstanden wie z. B. häufigeres Brennenlassen von Energiesparlampen im Vergleich zu Glühbirnen. Mit *moral-licensing* wird demnach ein indirekter Rebound durch vermehrten umweltschädlichen Konsum bezeichnet, nachdem in einem anderen Bereich eine Einsparung erzielt wurde; Beispiel: Rechtfertigung des Kaufes eines Großformatfernsehers durch Einsparungen im Beleuchtungsbereich infolge des Einsatzes von Energiesparlampen (vgl. a. Soland, 2013).

Madlener und Alcott (2011) konstatieren zur Entwicklung der Forschung im Bereich des Rebounds unter anderem, dass die Schätzungen des Effekts in den letzten Jahren eher eine Zunah-

me nahelegen und dass daher auch im politischen Bereich vermehrt nach Lösungen für eine Bekämpfung des Effekts gesucht wird. Vermutlich reicht eine weitere Steigerung der Effizienz ohnedies nicht aus, um den Ressourcenverbrauch nachhaltig zu senken, sondern es sind weitere Anstrengungen, etwa in Richtung Suffizienz, erforderlich (für eine weitergehende Diskussion s. die Beiträge in Herring & Sorrell, 2009).

4.5 Verhaltensorientierte Interventionsmaßnahmen und ihre Anwendung

Im folgenden Abschnitt steht die Frage im Vordergrund, welche Konzepte und Interventionsmaßnahmen zur Beeinflussung des Energieverbrauchsverhaltens im realen Umfeld aus psychologischer Sicht interessant sein könnten. Dieser Frage soll anhand einer systematischen Klassifizierung von Maßnahmen zur Verhaltensänderung nachgegangen werden.

4.5.1 Klassifikation verhaltensorientierter Interventionen

Für eine Klassifikation verhaltensorientierter Interventionen können grundsätzlich mehrere Gesichtspunkte herangezogen werden; eine Übersicht dazu findet sich etwa bei Mosler und Tobias (2007). Auf der obersten Ebene werden dabei in der Regel zunächst Dichotomisierungen vorgenommen, etwa eine Unterscheidung antezedenter und konsequenter Techniken (vgl. Geller, 1989; Geller et al., 1990; Schahn, 1993).

Mosler und Tobias (2007) legen dar, dass diese häufig getroffene Unterscheidung nicht immer zweckmäßig ist, weil einerseits der angestrebten Verhaltensänderung generell eine Vorbereitungsphase voraus geht und zweitens eine konsequente Bedingung nur dann Wirkung zeigen kann, wenn sie antizipiert werden kann und somit quasi Teil einer antezedenten Bedingung ist. Sie legen daher ein eigenes Klassifikationsschema vor, das sich an einem allgemeinen Modell zur Verhaltensänderung orientiert (Tobias, 2006). Dieses Modell geht davon aus, dass ein Verhalten von mehreren Voraussetzungen abhängt: Es muss grundsätzlich möglich sein, das Verhalten zu zeigen, das Verhalten muss bekannt und akzeptabel sein und die Präferenz dafür muss höher sein als für konkurrierende Alternativen; zudem muss das Verhalten während des Entscheidungsprozesses salient sein. Mosler und Tobias (2007) unterscheiden daher zunächst zwischen Techniken, die ein bestimmtes Verhalten erzeugen (s. Abschnitt 4.5.1.1, Abbildung 13) und solchen, die die Häufigkeit eines Verhaltens erhöhen sollen (s. Abschnitt 4.5.1.2, Abbildung 14).

4.5.1.1 Verhaltenserzeugende Techniken

Verhaltenserzeugende Techniken (s. Abbildung 13) beziehen sich gemäß Mosler und Tobias (2007) auf den Bereich der individuellen Verhaltenspräferenzen einer Person, etwa auf die Veränderung der Rahmenbedingungen des Verhaltens (*strukturfokussiert*) oder auf das Überzeugen und Motivieren einer Person (*personenfokussiert*).

Zu den *strukturfokussierten Techniken* gehören demnach *Gebote und Verbote* im Sinne von Vorschriften, Standards und Begrenzungen, also Bestimmungen, die typischerweise von übergeordneten, z. B. staatlichen Stellen erlassen und durchgesetzt werden, wie Emissionsbegrenzungen oder Produktstandards. Im betrieblichen Bereich fallen hierunter auch interne Bestimmungen wie eine „Dienstanweisung Energie“ (Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, o. J.) oder die „Dienstanweisung der Staatlichen Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg“ (Finanzministerium Baden-Württemberg, 2009b).

Die grundlegende Idee hinter *marktwirtschaftlichen Instrumenten* fußt auf der Tatsache, dass Nutzer der Umwelt, insbesondere die Verursacher von Verschmutzungen, zunächst nicht die vollen Kosten ihrer umweltrelevanten Aktivitäten tragen, sondern ein substantieller Teil der Kosten der Allgemeinheit zufällt (soziales Dilemma, vgl. Abschnitt 4.4.6). Ziel dieser Instrumente ist es, unerwünschtes Verhalten durch die Einführung oder Erhöhung der mit dem Verhalten verbundenen Kosten zu erschweren oder erwünschtes Verhalten durch Anreize wie Belohnungen oder Subventionen zu erleichtern. Lenkungsabgaben, Anschluss- oder Benutzungsgebühren und Pfandsysteme werden diesem Bereich ebenso zugeordnet wie die Einrichtung von Märkten für Lizenzen, Konzessionen oder handelbarer Zertifikate wie das europäische Emissionshandelssystem (vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2007; Europäische Union, 2009; Venmans, 2012). Kaufmann-Hayoz et al. (2001) betonen, dass die den marktwirtschaftlichen Instrumenten zugrunde liegenden Regeln einfach und flexibel sein müssen, um Manipulationen und Betrug möglichst wenig Vorschub zu leisten und die Einhaltung der Regelungen effizient überwachen und durchsetzen zu können (s. a. Spada, 1990; Ostrom, 1999, zur Relevanz effektiver Kontrollmechanismen), wobei Missbrauch offenbar nicht immer zuverlässig verhindert werden kann¹¹.

¹¹ In der Vergangenheit berichtete die Presse etwa über Diebstähle und Betrügereien im Bereich der Emissions-Zertifikate (vgl. <http://dw.de/p/LqPD>; <http://tmagazine.ey.com/insights/vat-fraud-in-the-emissions-and-energy-trading-sector/>).

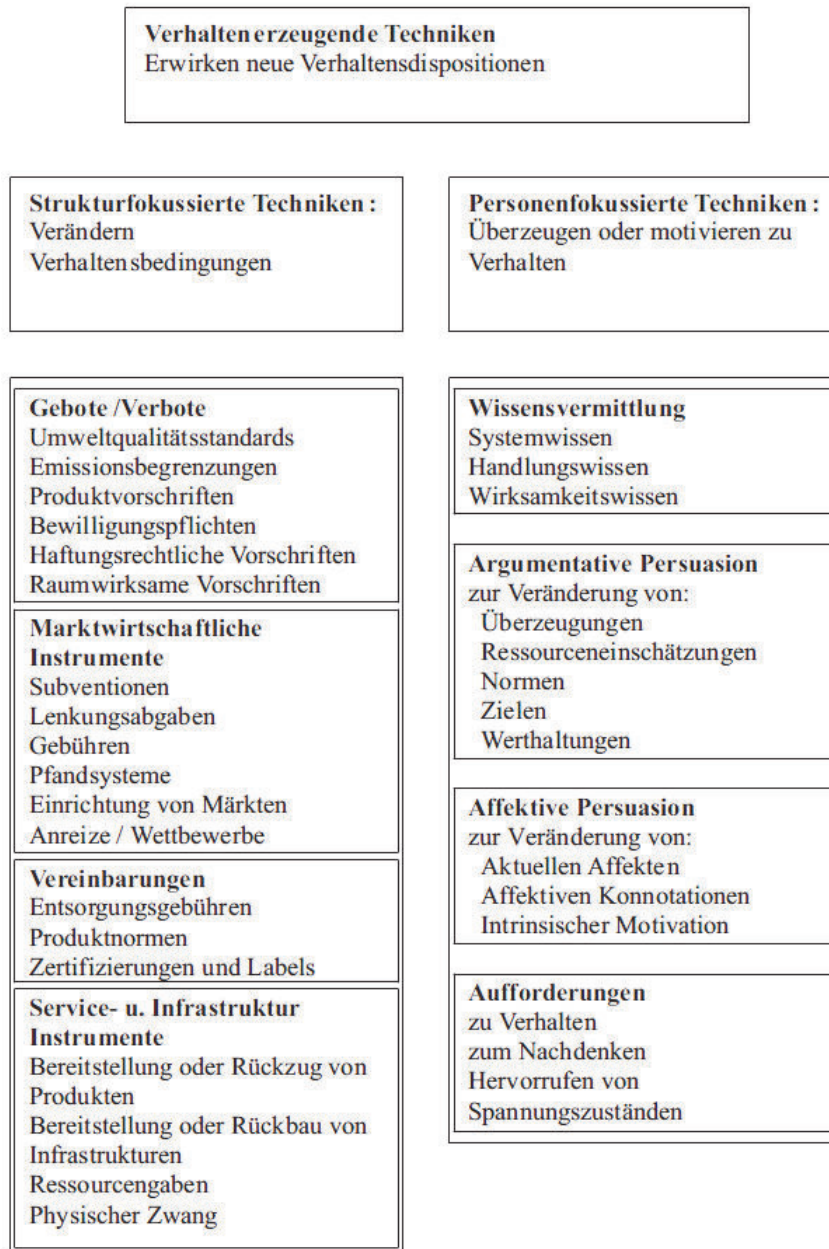


Abbildung 13. Verhaltens erzeugende Techniken adressieren nach Mosler und Tobias (2007, S. 42) entweder Strukturen als Rahmenbedingungen des Verhaltens oder wenden sich direkt an einzelne Personen. Für den Bereich des Energiesparens besonders wichtige strukturfokussierte Techniken sind Vorschriften und Infrastrukturmaßnahmen, während die Vermittlung von Wissen, die Veränderung von Normen und Überzeugen sowie Aufforderungen und das Hervorrufen von Spannungszuständen zu den personenfokussierten Techniken gezählt werden.

Als weiterer Bereich strukturfokussierter Techniken sind Instrumente zu nennen, die sich auf die *Service- und Infrastruktur* beziehen. Dies können bauliche, technische oder organisatorische Maßnahmen sein, die ein Verhalten ermöglichen oder unmöglich machen, wie etwa das Angebot umweltschonender und der Rückzug umweltbelastender Produkte oder Dienstleistungen.

In diesem Zusammenhang sei der Bereich des sog. *nudging* erwähnt. *Nudges* sind nach Thaler und Sunstein (2009) kleine, unmerkliche Schubser, die den Betroffenen in die richtige Richtung lenken sollen (s. a. Bezbatchenko, 2011). Solche Nudges können das Verhalten durchaus in relevanter Weise beeinflussen (Allcott, 2010). Thaler und Sunstein (2009) nennen zwei Beispiele für Nudges, die letztlich eine geschickte Realisierung einer Information über den aktuellen bzw. den mit einer intendierten Handlung einhergehenden Energieverbrauch darstellen: Nachdem der Energieversorger *Southern California Edison* den Energieverbrauch seiner Kunden in Zeiten knapper Energie weder mit automatisch erzeugten Anrufen oder mit SMS noch mit E-Mails hinreichend gut beeinflussen konnte, wurde mit Erfolg eine Tischlampe eingesetzt, deren Farbe an die aktuelle Energiesituation angepasst werden konnte (Thompson, 2007): Rot zeigte an, dass Energie knapp war, und grün, dass es keine Mangelsituation vorlag. Der Energieversorger stattete 120 Kunden mit einer solchen *Ambient Orb* (Thompson, 2007, S. 1) aus und stellte fest, dass ihr Stromverbrauch in Spitzenlastzeiten um 40 Prozent zurückging. Im Automobilbereich warnte das *Ökopedal* des Automobilkonzerns Nissan vor hohem bevorstehendem Energieverbrauch, indem es bei übermäßiger, zu stark erhöhtem Verbrauch führender Betätigung seine Rückstellkraft deutlich erhöhte und somit auf eindrückliche Weise dem Fahrer seine wenig spritsparende Fahrweise signalisierte. In Tests erbrachte das Ökopedal Einsparungen im Bereich von 5–10 Prozent (Thaler & Sunstein, 2009). Wenn auch im Einzelfall das Potenzial solcher Nudges allein eher gering zu sein scheint, kann eine Kombination mit anderen Instrumenten sinnvoll sein (Stern, Dietz, Gardner, Gilligan & Vandenbergh, 2010).

Einen mit Nudges verwandten Ansatz stellt das sog. *choice editing* dar (vgl. Goldstein, Johnson, Herrmann & Heitmann, 2008; Johnson, 2010; Johnson & Goldstein, 2003; Johnson, Hershey, Meszaros & Kunreuther, 1993; Johnson et al., 2012). Die Idee besteht darin, nicht (mehr) erwünschte Optionen durch entsprechende Standardvorgaben zu eliminieren, zumindest aber weniger attraktiv oder schwerer erreichbar zu gestalten und damit unerwünschte Produkte und Verhaltensweisen langsam zu verdrängen (Maniates, 2010; s. a. Pichert & Katsikopoulos, 2008). Bei dem Online-Verkaufssystem eines Verkehrsunternehmens musste ursprünglich beim Kauf einer Fahrkarte eine Platzreservierung gesondert ausgewählt werden; durch eine

Modifikation des Systems dahingehend, dass die Platzreservierung standardmäßig angeboten wurde und –falls nicht gewünscht– explizit abgewählt werden musste, konnte der Anteil an Fahrkarten mit Reservierung von 9 Prozent auf 47 Prozent und der Umsatz um 40 Millionen Dollar pro Jahr gesteigert werden – dies bei nahezu vernachlässigbaren Kosten für die Änderung des Online-Systems. Im Telekommunikationsbereich konnte die Firma AT&T bei konventionell zugestellten Rechnungen viel Papier und Geld sparen, nachdem der Standard bei einem Vertragsabschluss keinen Einzelverbindungs nachweis mehr sondern nur noch eine summarische Rechnung vorsah (Goldstein et al., 2008). Der große Vorteil des *choice editing* ist sein geringer Aufwand für den Adressaten: „It costs very little and works even if people do nothing. In fact it *depends* upon people doing nothing“ (Johnson & Goldstein, 2013, S. 417). Eine wichtige Teilstrategie ist dabei die richtige Formulierung des Angebots bzw. die Nutzung des Framing-Effekts (*reframe*, Tversky & Kahneman, 1981), um die Ablehnungsrate möglichst niedrig zu halten. Vorgegebene Standard-Einstellungen werden i. a. als wohlgemeinter Rat (Madrian & Shea, 2001) oder als Empfehlung (McKenzie, Liersch & Finkelstein, 2006) angesehen; die Festlegung eines Defaults dürfte daher einen wesentlichen Einfluss auf die letztendlich getroffene Wahl haben. Ganz konkret relevant kann dies etwa im Bereich der Reduktion des Stromverbrauchs von PCs sein: Die gängigen Standardeinstellungen der Energieoptionen des weit verbreiteten Betriebssystems Microsoft Windows sind im Hinblick auf einen möglichst geringen Stromverbrauch nicht optimal. Die im Energiesparprojekt in Freiburg gewonnenen mehrjährigen Erfahrungen zeigen, dass die betreffenden Einstellungen von den Nutzern so gut wie nie geändert werden. Grundsätzlich könnten aber etwa Bildschirme bei Nichtgebrauch des PCs meist ohne negative Folgen wesentlich frühzeitiger abgeschaltet werden als in der Standardinstallation vorgesehen; ähnliches gilt für Übergänge in stromsparende Modi wie Stand-by- und Ruhezustand, bei denen die für die nahtlose Fortsetzung der Arbeit erforderlichen Informationen im Hauptspeicher oder auf der Festplatte gespeichert werden und die Sitzung innerhalb kürzester Zeit wieder aufgenommen werden kann. Entsprechende Einstellungen energiesparender Werte könnten etwa als strikte Vorgabe über eine unternehmensweite Voreinstellung im Netzwerk (*Policy*) durchgesetzt oder in Form einer automatisierten Anfrage an die Nutzer mit einem entsprechenden Auswahlmenü angeboten werden. Ein solches Auswahlmenü sollte zwar die Beibehaltung des aktuellen Zustands ermöglichen, gleichzeitig jedoch sparsamere Werte als Default anbieten, um so auf eine Änderung des aktuellen Zustands hinzuwirken (*retrain*).

In vielen Fällen umweltrelevanten Verhaltens (Einsatz von Energiesparleuchtmitteln, Kauf energieeffizienter Fahrzeuge usw.) stehen eher diffusen Gewinnen in der Zukunft ganz konkrete

Kosten in der Gegenwart gegenüber, was die Attraktivität der betreffenden Optionen reduziert. Günstig kann daher sein, Kosten in die Zukunft zu verschieben (*delay*) bei gleichzeitig möglichst kurzfristig erreichbarbarem Nutzen (Johnson, 2010). Die Beschaffung eines Elektrofahrzeugs, dessen Akku nicht verkauft, sondern gemietet werden muss, erscheint etwa durch einen erheblich niedrigeren Anschaffungspreis günstiger als dies bei einem Kauf des Akkus der Fall wäre. Die Gewähr des Vermieters des Akkus für dessen Funktionsfähigkeit während der Mietdauer kann einen zusätzlichen Anreiz darstellen, wird jedoch ggf. durch die für die Akkumiete anfallenden vergleichsweise hohen laufenden monatlichen Fixkosten geschmälert.

Nicht zuletzt sollte der Zeitpunkt (*timing*) einer Aktion sorgfältig geplant werden und zu dem angestrebten Verhalten passen, zum Beispiel sollten Maßnahmen im Bereich der Heizung nicht an einem der kältesten Tage des Jahres diskutiert werden.

Im Unterschied zu den auf die Erzeugung eines Verhaltens gerichteten strukturfokussierten Techniken adressieren *personenfokussierte Techniken* nach Mosler und Tobias (2007) insbesondere die Bereiche Wissen, Überzeugungen und Motivation. In diesen Bereich gehören beispielsweise die Vermittlung von Wissen über die Zusammenhänge in Ökosystemen und die Ursachen von Umweltproblemen (*Systemwissen*), Wissen um mögliche Handlungsoptionen zur Verringerung von Umweltproblemen (*Handlungswissen*) sowie über die relative ökologische Effizienz verschiedener Verhaltensweisen (*Wirksamkeitswissen*) (vgl. Frick, 2003). Die Veränderung der Überzeugungen, Einschätzungen von Ressourcen, Normen, Ziele und Werthaltungen bzw. aktueller Affekte, affektiver Konnotationen oder der intrinsischen Motivation der betreffenden Person ist das Ziel argumentativer und affektiver *Persuasion*. Und schließlich zählt das Hervorrufen kognitiver Spannungszustände zu den personenfokussierten verhaltenserzeugenden Techniken, wie etwa *Aufforderungen* zu einem bestimmten Verhalten, zum Nachdenken sowie das Erzeugen von Dissonanz.

4.5.1.2 Verhaltensfördernde Techniken

Im Gegensatz zu Techniken, die durch das Verändern von Verhaltensbedingungen, Überzeugungen oder Motiven auf neue Verhaltensdispositionen abzielen, richten sich verhaltensfördernde Techniken nach Mosler und Tobias (2007, s. a. Abbildung 14) an die Unterstützung oder Aktivierung bereits vorhandener Verhaltensdispositionen. Indem der Fokus entweder eher auf die Veränderung der Situation oder aber auf die Verbreitung in einer Gruppe gelegt wird, werden *situationsfokussierte* und *verbreitungsfokussierte* Techniken unterschieden.

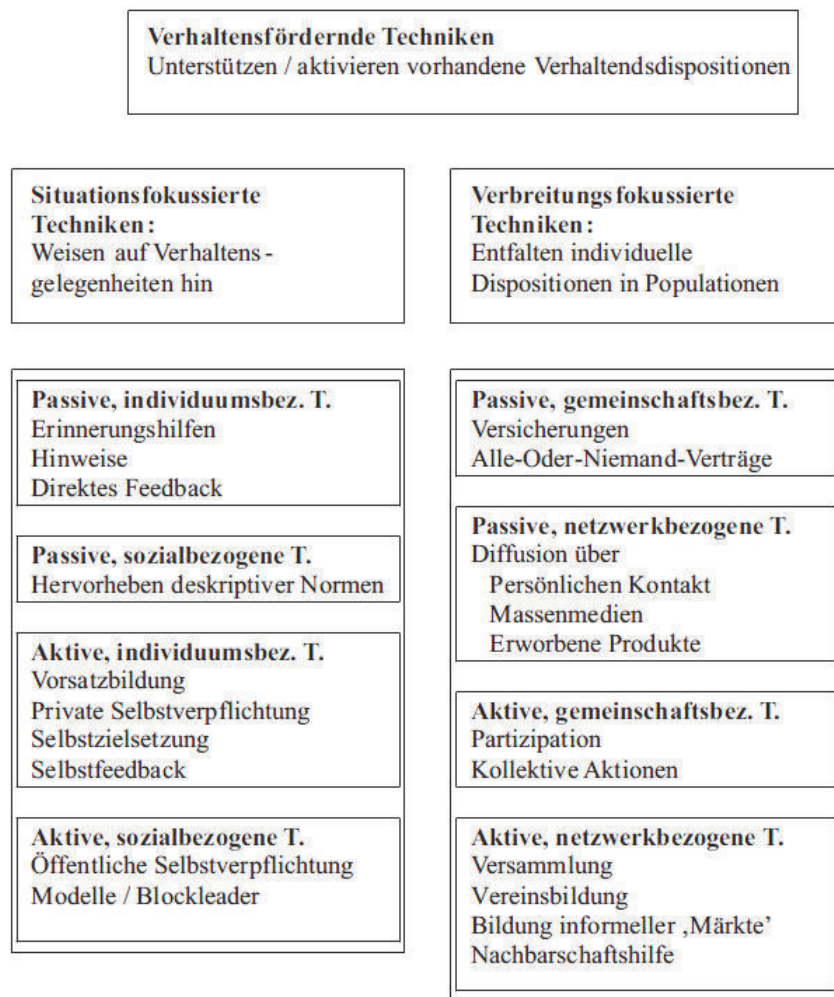


Abbildung 14. Verhaltensfördernde Techniken beziehen sich nach Mosler und Tobias (2007, S. 42) entweder auf bestimmte Situationen und weisen auf konkrete Verhaltensgelegenheiten hin oder sie richten sich gezielt an die Verbreitung in einer Gruppe. Wichtige Techniken für den Bereich des Energiesparens an Hochschulen sind insbesondere Prompts und Erinnerungshilfen, Selbstverpflichtungen, soziale Modelle, Massenmedien wie Internet und Hausmitteilungen, persönliche Kontakte und partizipative Ansätze.

Situationsfokussierte verhaltensfördernde Techniken weisen auf vorhandene Verhaltensgelegenheiten hin; sie können weiter in aktive oder passive, individuums- oder sozialbezogene Techniken unterteilt werden. Typische Beispiele sind bei Mosler und Tobias (2007) etwa Prompts und Erinnerungshilfen, Hinweise und Feedback, das Hervorheben deskriptiver Normen bzw. des Verhaltens anderer Personen, die Bildung von Vorsätzen und Zielen sowie private bzw. öffentliche Selbstverpflichtungen und soziale Modelle.

Verbreitungsfokussierte Techniken richten sich nicht an eine Einzelperson und Möglichkeiten zur Beeinflussung deren Verhaltens, sondern an eine Gruppe von Personen (Mosler & Tobias, 2007). Aktive Techniken setzen dabei eine aktive Beteiligung der Adressaten voraus, während dies bei passiven Techniken nicht erforderlich ist. Die Unterscheidung zwischen gemeinschafts- und netzwerkbezogenen Techniken bezieht sich darauf, ob sich die Betroffenen in eher losen Gemeinschaften zusammenfinden oder ob darüber hinaus ein gewisser Grad an Vernetzung und Koordination gegeben ist. Passiv gemeinschaftsbezogene Techniken dienen der Absicherung des Handelns des Einzelnen, indem sie etwa die Bildung einer Gruppe fördern und damit Alleinsein und Ohnmachtsgefühlen entgegen treten. Mosler und Tobias (2007) zählen Versicherungen wie Ertragsausfallversicherungen oder Alle-oder-niemand-Verträge ebenfalls zu den passiv gemeinschaftsbezogenen Instrumenten. Im Gegensatz dazu werden Techniken, die durch den Einsatz von Massenmedien, Beipackzetteln oder Multiplikatoren die Diffusionen über persönliche Kontakte fördern, zu den passiv netzwerkbezogenen Techniken gezählt. Workshops (Griesel, 2004), Fokusgruppen, Runde Tische und kollektive Aktionen gehören zur Gruppe der aktiven, gemeinschaftsbezogenen Techniken. Kommen weitere, netzwerkbezogene Aktivitäten hinzu, die auf die Verteilung von Ressourcen und Wissen innerhalb der Gruppe abzielen, so sprechen Mosler und Tobias (2007) von aktiven, netzwerkbezogenen Techniken; ein Beispiel wäre etwa die Gründung eines Vereins, der sich bestimmten Zielen im Bereich des Energiesparens widmet.

Mosler und Tobias (2007) weisen darauf hin, dass situationsfokussierte gegenüber personen- und verbreitungsfokussierten Techniken im allgemeinen einen geringeren Aufwand erfordern. Dies ist geht konform mit der Beobachtung, dass aus einmaligen, zentral durchzuführenden Maßnahmen oft ein relativ großer Nutzen bei überschaubarem Aufwand resultiert (Schahn, 2007). Die Zuordnung von Zielverhaltensweisen zu den beiden Dimensionen zentral/dezentral und einmalig/wiederholt (Schahn, 2007) ist naheliegend und wird im nachfolgenden Abschnitt näher ausgeführt.

4.5.2 Dimensionen zur Einordnung energiesparenden Verhaltens

Für eine Unterteilung der verschiedenen Kontexte, in denen energiesparendes Verhalten insbesondere im betrieblichen Umfeld betrachtet werden kann, wird auf das Vierfelderschema von Schahn (2007, S. 145; s. Tabelle 2) zurückgegriffen.

Tabelle 2

Kategorisierung und Erläuterung von Energiesparmaßnahmen gemäß der Dimensionen zentral vs. dezentral und einmalig vs. wiederholt (Schahn, 2007, S. 145)

Wer muss etwas tun	eine Person oder wenige Personen (zentral)	alle Personen im Gebäude (dezentral)
einmalig	Techniker prüfen die Einstellung der Heizungssteuerung; Aktivierung des Intervallbetriebs für die Flurbeleuchtung nachts und am Wochenende	Austausch von Glühbirnen gegen Energiesparlampen am Schreibtisch; Aktivierung der Energiesparoptionen des Rechners
wiederholt / andauernd	Abschaltung öffentlicher Kopiergeräte außerhalb der Öffnungszeiten; Wiedereinschaltung der Nachtabsenkung der Heizungssteuerung, wenn diese wegen einer Veranstaltung am Abend ausgeschaltet war	Abdrehen der Heizung vor dem Nachhausegehen; Abschalten der EDV-Geräte per Sicherung oder Steckdosenleiste nach Arbeitsende

Anhand der beiden Dimensionen zentral vs. dezentral und einmalig vs. wiederholt/andauernd können typische Zielverhaltensweisen von Energiesparprojekten kategorisiert werden. Gleichzeitig findet hier zumindest teilweise eine Abbildung der Rollen der beteiligten Personen statt: *Zentrale* Aufgaben, insbesondere Eingriffe in die Haustechnik, werden in erster Linie von eigens damit betrautem Fachpersonal oder den Hausmeistern wahrgenommen. Beispiele für solche *einmalig* durchzuführenden Handlungen sind die Installation von Präsenzmeldern oder Zeitrelais mit Tastern anstelle von starren Ein-/Ausschaltern, die Begrenzung der Einstellbereiche von Thermostatventilen an den Heizkörpern, ein hydraulischer Abgleich der Heizanlage sowie energierelevante Investitionen. Andererseits ist zu bedenken, dass einmalig vorgenommene falsche Einstellungen an zentralen Geräten (Ausschalten der Nachtabsenkung der Heizung, Umschalten einer Buchförderanlage von Automatik- auf Dauerbetrieb usw.) unter Umständen hohe zusätzliche Energieverbräuche mit sich bringen können und ggf. erst mit großem zeitlichem Abstand bemerkt werden, um dann bei der (Wieder-)Entdeckung scheinbar große erschließbare technische Potenziale darzustellen. Eine typische *wiederkehrende* Aufgabe des zentralen technischen Personals ist die laufende Kontrolle der Heizungsanlage im Hinblick auf Störungen, die Eingabe von Feiertagen in die Steuerung und die Programmierung von Schließ-

zeiten über Weihnachten oder den Jahreswechsel, die durch geringeren Stromverbrauch und reduzierte Heizleistungen zu erheblichen Einsparungen führen können. So sparte die Universität Lüneburg zum Jahreswechsel 2003/2004 allein 136.000 kWh an Wärmeenergie ein (Palm, Stegen & Brüggem, 2004) und der gesamte Stromverbrauch konnte mit einer weiteren einzigen zentralen Maßnahme, der Verschiebung der Reinigungszeiten der Universitätsbibliothek, um 50.000 kWh entsprechend 3 Prozent gesenkt werden (Palm, Stegen & Brüggem, 2004). Zentrale, einmalig durchzuführende Arbeiten sollten daher frühzeitig in die Betrachtungen einbezogen werden, zumal hier mit wenigen Ansprechpartnern und einer geringen personellen Fluktuation gerechnet werden kann. Mögliche Probleme können in einem gewissen Beharrungsvermögen des Personals liegen und im erforderlichen zusätzlichen Zeitaufwand, der jedoch evtl. in Form von Überstunden ausgeglichen werden könnte. Weitergehende, insbesondere finanzielle Anreize, z. B. eine Beteiligung an ggf. erwirtschafteten Prämien, sind angesichts der rechtlichen Bestimmungen im öffentlichen Dienst nicht unproblematisch (Institut für Energie- und Umweltforschung, 2004).

Im Bereich der breiten Nutzerschaft *dezentral* auszuführende Handlungen, die im Idealfall nur *einmalig* erforderlich sind, wären etwa das Abrücken der Möbel von den Heizkörpern sowie der Austausch von Glühbirnen in Schreibtischleuchten gegen effizientere Leuchtmittel. Soweit Nutzer dezentral Beschaffungen durchführen, gehören diese Tätigkeiten ebenfalls in diesen Sektor. Dezentrale, *wiederholt* zu erledigende Aufgaben wie das Ausschalten des Lichts beim Verlassen eines Raumes und das tägliche Abschalten des PCs fallen typischerweise allen Mitarbeitenden zu. Tätigkeiten wie das abendliche Abschalten zentral aufgestellter Drucker und Kopierer werden oft durch besonders engagierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vorgenommen, beispielsweise durch Mitglieder einer Energiespargruppe oder auch durch Personen in Leitungsfunktionen, die aufgrund ihrer Arbeitszeiten das Haus oft eher spät verlassen¹². Mit den unterschiedlichen Rollen sind in der Regel auch unterschiedliche persönliche Umstände verbunden. So hat technisches Personal nicht nur die notwendige Fachkenntnis, sondern in der Regel auch explizit den Auftrag (*Dienstanweisung Energie*, Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, o. J.), dafür zu sorgen, dass mit Energie sparsam umgegangen wird. Von Vorteil ist, dass dieser Personenkreis der Hochschule meist langfristig verbunden ist. Für den wissenschaftlichen Bereich einer Hochschule muss sich das Thema Energiesparen meist den

¹² Der Kanzler einer großen Universität berichtete, er schalte am Abend immer die im Treppenhausbereich aufgestellten Drucker und Kopiergeräte aus, wenn er beim Verlassen des Gebäudes –ohne den Aufzug zu benutzen– die einzelnen Stockwerksebenen passiere.

Anforderungen der wissenschaftlichen Arbeit unterordnen und hat nicht immer eine hohe Priorität. Da zudem ein großer Teil des Personals nach einigen Jahren den Arbeitsplatz wechselt und Studierende ebenfalls nur wenige Jahre an einer Hochschule verbleiben, sind diese Personengruppen schwieriger in ein Energiesparprojekt zu integrieren.

4.5.3 Ergänzende Erkenntnisse aus einigen metaanalytischen Studien zum Energiesparen insbesondere in Haushalten

Die meisten Studien zu verhaltensorientierten Interventionen in Bezug auf energierelevanten Verhalten wurden im Bereich der privaten Haushalte durchgeführt; zu dieser Thematik liegt zudem eine Reihe von metaanalytischen Studien vor. In diesem Abschnitt werden einige relevante methodische und inhaltliche Erkenntnisse aus einigen dieser Arbeiten vorgestellt.

Bereits recht früh stellten Coltrane, Archer und Aronson (1986) eine sozialpsychologisch fundierte Liste von Empfehlungen für das Design von Energiesparprogrammen zusammen. Als wichtige Elemente werden u. a. genannt: Persönliche Ansprache mit personalisierten Informationen und konkreten, möglichst lokal sichtbaren Beispielen aus glaubwürdigen Quellen, Nutzung sozialer Netzwerke, einfache und flexible Möglichkeiten einer aktiven Beteiligung mit rasch sichtbaren, möglichst auch finanziellen Erfolgen, bei denen tatsächliche Verbrauchsreduktionen belohnt werden (s. a. Spada, 2000b).

Studien zum Umgang mit Energie in Haushalten aus dem zeitlichen Bereich von 1977 bis 2004 stellten die Basis für die Review-Studie von Abrahamse et al. (2005) dar. Sie führten dazu eine Recherche in verschiedenen sozial- und umweltspsychologisch orientierten Zeitschriften, in Datenbanken und in Inhaltsverzeichnissen publizierter Artikel durch. Die Studien wurden im Hinblick auf folgende zentrale Fragestellungen untersucht: (1) Ausmaß der Veränderung im Verhalten und/oder Energieverbrauch, (2) Berücksichtigung bzw. Untersuchung psychologischer Determinanten, (3) Ausmaß der möglichen Zuschreibung der Effekte der Interventionen und (4) Langzeiteffekte. Die Erfolge der untersuchten konkreten Interventionen variierten beträchtlich. Die Verbreitung von Informationen führte zwar häufig zu quantitativen und qualitativen Wissenszuwächsen, jedoch nicht unbedingt gleichzeitig auch zu Verhaltensänderungen; dies möglicherweise, weil die Informationen nicht immer hinreichend spezifisch auf den jeweiligen persönlichen Kontext bezogen waren. Belohnungen hatten grundsätzlich eine positive Wirkung, die sich jedoch eher rasch wieder verlor. Rückmeldungen erwiesen sich ebenfalls als wirkungsvoll, sofern bestimmte Rahmenbedingungen erfüllt waren wie etwa eine relativ hohe Frequenz. Langzeiteffekte wurden in den Arbeiten kaum untersucht.

Vorwiegend auf private Haushalte bezogen ist auch die Übersicht von Gynther, Mikkonen und Smits (2012) über die Ergebnisse des EU-geförderten Projekts *BEHAVE (Evaluation of Energy Behavioural Change Programmes)*, zu der 100 zumeist staatlichen Programmen zugeordnete Studien aus 11 europäischen Ländern herangezogen wurden. Ausgangspunkt waren die folgenden Annahmen: (1) Programme zur Beeinflussung energierelevanten Verhaltens wurden in der Vergangenheit meist wenig theoriegeleitet geplant, (2) sie konzentrierten sich auf motivationale Komponenten, (3) sie waren eher zu breit angelegt (*scattergun approach*; Gynther et al., 2012, S. 81), (4) es wurde zu Beginn keine klare Diagnose bzw. Analyse des Gegenstandsbereichs vorgenommen und (5) die Maßnahmen lösten keine andauernden Aktivitäten aus. Die Studie gibt eine Reihe vorwiegend strategischer Empfehlungen für das Design und die Durchführung von Energiesparprojekten ab. Darunter sind die Nutzung von Ergebnissen anderer Projekte und von Synergieeffekten, die sich durch die Zusammenarbeit von Akteuren des privaten und öffentlichen Sektors ergeben können. Außerdem wird dringend empfohlen, interdisziplinär zu arbeiten und gerade zu Projektbeginn genügend Zeit für das Design des Projekts einzuplanen, insbesondere im Hinblick auf die Zielverhaltensweisen sowie die notwendigen Ressourcen und die Implementierung.

In ihrer metaanalytischen Replikationsstudie zu Hines et al. (1986) untersuchten Bamberg & Möser (2007) insgesamt 57 Studien. Dabei ergaben sich mit Einstellung, wahrgenommener Verhaltenskontrolle und persönlicher Norm drei wichtige Prädiktoren umweltfreundlicher Verhaltenseinstellung.

Mit dem Ziel, den Einsatz von Methoden zur positiven Beeinflussung umweltfreundlichen Verhaltens in der Praxis zu fördern, extrahierten Osbaldiston und Schott (2012) aus der verfügbaren Literatur zwischen 1980 und 2009 eine Liste der eingesetzten Treatments und Interventionen mit Darstellungen der Erfolge und der Effektivität von Maßnahmenkombinationen. Dabei stand weniger der Anspruch einer theoretischen Fundierung als die Zusammenstellung von Informationen und eine nachfolgende Analyse im Vordergrund. Die Studien wurden entsprechend des intendierten Zielverhaltens bzw. des Verhaltensbereichs (Wasser sparen, Energie sparen usw.) sowie der eingesetzten Interventionen kategorisiert. Dabei wurden zehn verschiedene Interventionen unterschieden, die wiederum zu vier Gruppen zusammengefasst wurden. Die erste Gruppe bezog sich auf solche Interventionen, die eine Handlung erleichtern, erst ermöglichen oder an ihre Durchführung erinnerten (*convenience* mit den Interventionen *making it easy* und *providing prompts*). Die zweite Gruppe enthielt Interventionen, die Anweisungen und Begründun-

gen für ein Verhalten lieferten (*justification* mit *why-to information* und *instructions*). Eine dritte Gruppe umfasste Maßnahmen, die in Gestalt von Rückmeldungen oder Belohnungen Bezug auf das tatsächlich gezeigte Verhalten und seine Änderung nahmen (*monitoring* mit *feedback* und *rewards*). Und schließlich wurden in einer vierten Gruppen alle Interventionen zusammengefasst, die auf sozialpsychologischen Prozessen aufbauten und soziale Modelle, Erzeugung kognitiver Dissonanz, Selbstverpflichtung oder Ziele einsetzten (*social-psychological processes* mit *social modeling*, *cognitive dissonance*, *commitment*, *setting goals*). Als Ergebnis der quantitativen Auswertung ergaben sich vier insgesamt besonders effektive Interventionen: (1) Das Erzeugen kognitiver Dissonanz, (2) das Setzen von Zielen, (3) die Verwendung von Prompts und (4) der Einsatz sozialer Modelle. Der Leitfaden ist insbesondere deshalb praxisorientiert, weil die Effektivität der einzelnen Interventionen in Bezug auf die jeweiligen Gegenstandsbereiche in einer Tabelle aufgelistet wurden und so die für den betreffenden Gegenstandsbereich am besten geeignete Hauptintervention einfach ermittelt werden kann. In einer zweiten Tabelle findet man dann zu der gewählten Intervention besonders geeignete ergänzende Interventionen. Obwohl diese Studie das spezielle Setting der Hochschulen nicht thematisierte, liefert sie dennoch insofern interessante Hinweise, als für den Bereich des Energiesparens in öffentlichen Bereichen (*public energy conservation*) folgende Interventionen in absteigender Reihenfolge der Nützlichkeit genannt werden: (1) Situationale Vereinfachungen bzw. Abbau von Handlungsschwierigkeiten (*making it easy*), (2) Begründungen für bestimmte Verhaltensweisen (*justification*, *why-to informations*), (3) Prompts, (4) Feedback / Rückmeldungen, (5) Informationen bzw. Anleitungen (*Instructions*, *how-to informations*) und (6) Vorbilder bzw. soziale Modelle (*social modeling*).

Diese Befunde stehen im Einklang mit den Ergebnissen der auf den Kontext der Haushalte bezogenen Metaanalysen. Als weitere relevante Aspekte sind u. a. die Glaubwürdigkeit von Informationen und die Frequenz von Rückmeldungen (Abrahamse et al., 2005; Coltrane, Archer & Aronson, 1986) sowie die faktische und die wahrgenommene Verhaltenskontrolle (Bamberg & Möser, 2007; Cenergie, 2008) zu nennen. Speziell in Bezug auf den Umgang mit Heizenergie könnte es zudem sinnvoll sein, Interventionen an bestimmte, etwa durch Geschlecht und Alter definierte Segmente der Zielgruppe anzupassen (Cenergie, 2008).

4.5.4 Potenziale verhaltensorientierter Interventionen in Bezug auf den Energieverbrauch

Die jährlichen Einsparpotenziale an allen deutschen Schulen wurden vom Unabhängigen Institut für Umweltfragen (2003) auf 300 GWh Strom und 1,8 TWh Wärmeenergie mit einem finan-

ziellen Volumen von 180 Millionen Euro geschätzt. Anhand einer Umfrage unter Projektträgern, Schulämtern und Schulverwaltungsämtern in größeren Städten wurde eine Übersicht über die Energiesparprojekte an 2.039 Schulen erstellt, wobei für 1.387 Schulen exakte Einsparergebnisse erfasst werden konnten. Anreizprogramme sind demnach grundsätzlich gut für solche Projekte geeignet, wobei zurückgehende Prämien allerdings problematisch sein können. Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere öffentliche Liegenschaften erscheint aufgrund der besonderen Situation an Schulen schwierig; eine Zuordnung von einzelnen Maßnahmen zu Ergebnissen war in der Regel nicht möglich und Langzeiteffekte wurden in der Studie nicht untersucht (vgl. Wagner & Matthies, 2011). In vielen Bundesländern gab bzw. gibt es eigenständige Projekte im Bereich Schulen (s. Oswald & Schmidhals, 2001, für Berlin; Sawillon, 2000, 2002 für Baden-Württemberg), auf die aus Platzgründen nicht weiter eingegangen werden kann.

Das Verhalten zuhause und dasjenige im Kontext von Firmen, Organisationen, Schulen und Hochschulen dürfte durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst werden (Stern, 2000) und eine Übertragung von Erkenntnissen zwischen den Bereichen daher nicht ohne weiteres möglich sein. Dennoch kann man davon ausgehen, dass durch verändertes Nutzerverhalten auch im Hochschulkontext in erheblichem Maße Energie eingespart werden kann. Schätzungen für diesen Bereich liegen meist im Bereich von 5 bis 15 Prozent (Matthies & Thomas, 2011). An der Ruhr-Universität Bochum wurde das Potenzial für Einsparungen im Zuge energieeffizienten Heizens und Lüftens auf 15 Prozent geschätzt, womit Kosten in Höhe von 750.000 € sowie 3.700 Tonnen CO_{2eq} vermieden werden könnten (Hansmeier, 2006). Für ein typisches Gebäude der Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich wurde im Rahmen von Versuchen ebenfalls ein Einsparpotenzial von 15 Prozent aufgrund geänderten Nutzerverhaltens ermittelt (Jenni, 1998). Dabei haben zentrale, einmalig durchzuführende Arbeiten oft das größte Einsparpotenzial (Schahn, 2007; Stumpf, 2008a; s. a. Tabelle 2 auf Seite 89 zur Einteilung in zentral vs. dezentral bzw. einmalig vs. wiederholt auszuführende Tätigkeiten). Der Aufwand ist in diesem Sektor meist recht überschaubar – der Nutzen kann jedoch enorm sein.

Das Potenzial von Tätigkeiten, die dezentral wiederholt durchgeführt werden, ist zwar meist geringer, aber dennoch relevant; allerdings ist der damit einher gehende Aufwand relativ groß und die Wirkung nicht unbedingt anhaltend (Schahn, 2007). Typische Potenziale betreffen zum einen den Stromverbrauch, der durch unnötig eingeschaltete Beleuchtung und Bürogeräte bzw. einen vermeidbaren Stand-by-Betrieb entsteht, zum anderen das richtige Heizen und Lüften

während der kalten Jahreszeit. Im Rahmen einer Simulation dreier Hochschulgebäude bezüglich ihres Strom- und Heizwärmebedarfs mit der Software *TRNSYS 15* (TRaNsient SYstems Simulation¹³; Matthies et al., 2011) wurden unter Beachtung der gesetzlichen Vorgaben bzgl. Luftwechsel, Beleuchtungsstärke und Mindesttemperaturen folgende Einsparpotenziale ermittelt: (1) Einrichten des Powermanagements auf allen Geräten und Trennung derselben vom Stromnetz am Arbeitsende: 18 Prozent; (2) Licht beim Verlassen eines Raumes ausschalten: 4 Prozent; (3) Stoßlüften statt Kipplüften: 7 Prozent; (4) Absenken der Raumtemperatur¹⁴ um 1 K: 6 Prozent. Daraus lassen sich für die Planung von Energiesparprogrammen folgende besonders relevante Zielverhaltensweisen ableiten: (1) Ausschalten der Beleuchtung bei Verlassen eines Raumes, (2) Ausschalten der Bürogeräte inkl. PC am Ende der Arbeitszeit, (3) richtige Einstellung des Heizkörperthermostatventils während der Arbeitszeit und das Herunterdrehen am Arbeitsende sowie (4) Stoßlüften als Alternative zum Kipplüften. Die damit verbundenen Handlungen sind meist habituiert (s. Abschnitt 4.4.5, S. 78f für entsprechende Möglichkeiten zur Intervention).

4.6 Zusammenfassung des Kapitels

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die umfangreiche psychologische Forschung zur Erklärung und Beeinflussung energierelevanten Verhaltens u. a. für den Bereich der Haushalte zu wichtigen Ergebnissen geführt hat. Zum Umgang mit Energie in Betrieben, Organisationen und insbesondere in Hochschulen liegen dagegen weit weniger Berichte vor. In diesem Kapitel wurden darin verwendete Modellvorstellungen und mögliche Systematisierungen von Interventionsmaßnahmen sowie die Ergebnisse einiger Metaanalysen vorgestellt. Auch wenn die ausschöpfbaren Potenziale im Bereich des Energieverhaltens an Hochschulen nur in einem niedrigen bis mittleren zweistelligen Prozentbereich (Schleich, 2004) liegen, sind sie es dennoch wert, genauer betrachtet zu werden, zumal technische Effizienzgewinne zumindest teilweise durch Rebound-Effekte kompensiert werden (s. Abschnitt 4.4.7). Tatsächlich können durch eine Kombination aus gering investiven technischen und verhaltensorientierten Maßnahmen langfristig stabile Einsparungen von etwa 20 Prozent erzielt werden. Dies wird am Beispiel des konkreten und in vielerlei Hinsicht prototypischen Energiesparprojekts am Institut für Psychologie der Universität Freiburg deutlich, das den praxisorientierten Teil der vorliegenden Arbeit darstellt und im nachfolgenden Kapitel näher erläutert wird.

¹³ <http://trnsys.com>

¹⁴ Angegeben in der internationalen Einheit Kelvin (K).

5 Ein prototypisches Projekt

In diesem Kapitel wird das Projekt *Nachhaltige Energieeffizienz* als prototypisches technisch, organisatorisch und insbesondere psychologisch motiviertes Energiesparprojekt an einer Hochschule vorgestellt. Das Projekt wird seit Herbst 2006 von einer Arbeitsgruppe unter Beteiligung des Autors sowie von Prof. Dr. Hans Spada, Dr. Michael Scheuermann und Prof. Dr. Nikol Rummel (bis 2009) am Institut für Psychologie der Universität Freiburg betrieben. Neben gering investiven Maßnahmen liegt der Schwerpunkt vor allem auf der Kombination von technischen Optimierungen in Verbindung mit Verhaltensänderungen. Den Rahmen bildet das nachfolgend dargestellte Prämien-Projekt der Verwaltung der Universität Freiburg.

5.1 Organisatorische Einbettung

Im Zentrum des Projekts *Dezentrale monetäre Anreize zum Energiesparen (DezMon)*, das die Stabsstelle Umweltschutz und der Ausschuss Umweltschutz mit Unterstützung des Rektorats an der Universität Freiburg im Jahr 2006 initiierten (Steck, 2009, 2011), steht der Ansatz, Einrichtungen der Universität durch ein geeignetes Prämiensystem Anreize zur Entwicklung eigener Maßnahmen zur Energieeinsparung zu geben. Grundlegende Idee war dabei, vor allem finanziell wenig aufwändige Maßnahmen sowie Verhaltensänderungen zu fördern und deren Akzeptanz zu untersuchen. Den Projekten an den einzelnen Einrichtungen werden dabei keinerlei Vorgaben gemacht; als Hilfestellung erhalten sie in gewissen Abständen Übersichten über die Verbräuche, Energiespartipps in einer WWW-Präsenz sowie technische Hilfestellungen, etwa in Form einer Ausleihe von Energiemessgeräten. Die Institute sind ansonsten frei in ihren Aktivitäten, die sie am konkreten eigenen Bedarf ausrichten können, was den Vorteil der Flexibilität, aber auch den Nachteil eher geringer Anleitung und Unterstützung mit sich bringen kann. Die Erfahrungen aus diesem Projekt zeigen, dass vor allem Einrichtungen mit eigenen technischen Mitarbeitern und/oder engagierten lokalen Betreuern in relativ kurzer Zeit beachtliche Ergebnisse erzielen können.

DezMon belohnt zurückgehende Verbräuche mit einer Prämie; ein Malus ist –anders als etwa an der Freien Universität Berlin (Wanke, 2010)– nicht vorgesehen. Die Prämie wird berechnet, indem die mengenmäßige Energieeinsparung als Differenz des mittleren Verbrauchs während des Referenzzeitraums 2003-2005 und des witterungsbereinigten aktuellen Verbrauchs mit dem aktuellen Preis einer Energieeinheit multipliziert wird.

In der bis Mitte 2009 laufenden Pilotphase des Projekts wurde die Prämie vollständig an die Institute ausgezahlt; es ergab sich also ein Bonus von 100 Prozent. In dieser Phase wurde das System an zunächst drei Einrichtungen mit vier Gebäuden eingeführt. Bei der Auswahl der Institute wurde versucht, einen annähernd repräsentativen Querschnitt durch die Varianten der Nutzung innerhalb der Universität zu gewinnen. Als typisches technisch ausgerichtetes Gebäude wurde das Gustav-Mie-Haus der Physik einbezogen, das u. a. zwei experimentell-physikalisch arbeitende Abteilungen mit je ca. 500 m² Labor- u. Bürofläche, drei theoretisch-physikalisch arbeitende Abteilungen mit ca. 500 m² Bürofläche sowie Räume für Lehrveranstaltungen und Experimente und Laborräume mit insgesamt ca. 840 m² beherbergt¹⁵. Aufgrund von Schwierigkeiten bei der Ermittlung bzw. Zuordnung der tatsächlichen Verbräuche konnten in der ersten Projektphase für dieses Gebäude keine belastbaren Ergebnisse erzielt werden. Der Bereich der naturwissenschaftlich ausgerichteten Gebäude wurde durch das Institut für Biologie I (Zoologie) repräsentiert, das durch den Betrieb einer Vielzahl von Tierställen auch in der Sommerzeit hohe Verbräuche verzeichnet. Die beiden als getrennte Teilprojekte behandelten Gebäude des Instituts für Psychologie (s. Tabelle 3) vertraten die Kategorie der Gebäude mit eher geringen spezifischen Energieverbräuchen. Aus Sicht der Universität war zudem die Bereitschaft des Institutes interessant, sich insbesondere verhaltensorientierten Maßnahmen, die von technischen Optimierungen flankiert wurden, zu widmen und entsprechende Erkenntnisse an das Rahmenprojekt zur Nutzung in weiteren Einrichtungen zurückfließen zu lassen.

Die beiden Pilotinstitute Biologie I (Zoologie) und Psychologie sparten während der Jahre 2007-2012 insgesamt 4.900 MWh (unbereinigt) entsprechend 22 % ein, davon ca. 2.050 MWh Strom (19 %) und 2.850 MWh Heizenergie (25 %)¹⁶. In beiden Einrichtungen sind die Einsparungen bislang relativ stabil. Anfang 2010 wurde der Kreis der Institute und der Gebäude deutlich erweitert. Gemäß der Bilanz für das Jahr 2010 (Steck, 2011) konnten von den dann 15 teilnehmenden Einrichtungen durchschnittlich 11 Prozent Strom und 15 Prozent Wärme mit insgesamt nahezu 2.000 MWh eingespart werden. Von den eingesparten Kosten in Höhe von ca. 200.000 € ging etwa die Hälfte an die Institute.

Im Institut für Biologie I wurden in erster Linie technische Optimierungen vorgenommen, bei denen auch erwirtschaftete Prämien eingesetzt wurden. Darunter waren die Steuerung der Klimaanlage im Hörsaal über Bewegungsmelder, Begrenzung der Thermostatventile, Optimierung

¹⁵ http://nautilux.physik.uni-freiburg.de/~eric/kabuff/urls/gmh/wb_raum.html

¹⁶ Eigene Berechnungen auf der Basis der den teilnehmenden Projekten von der Universität zur Verfügung gestellten Verbrauchswerte.

der Anlage zur Wärmerückgewinnung aus dem Kühlwasser der Kältemaschinen, Optimierung der Lüftungsanlagen der Labore und der Klimaanlage der Kursräume, automatisches Schließen elektrischer Kippfenster in Laboren und Büros, Bewegungsmelder in Fluren, Optimierung der Fischzuchtanlage, Ersatz von Halogen- bzw. Leuchtstofflampen durch LED-Leuchten in Fahrstuhl und Cafeteria sowie der Einsatz schaltbarer Steckdosenleisten¹⁷.

In der ersten Projektphase wurde für alle Teilprojekte als Baseline der Mittelwert der Jahre 2003-2005 herangezogen, wobei durch die Mittelung auch ein gewisse Witterungsbereinigung erfolgen sollte. Zusätzlich wurden die gemessenen Verbräuche in den Jahren 2006-2008 im Rahmen der Prämienberechnung anhand der Veränderung der Verbräuche des Universitätszentrums in der Innenstadt bereinigt. Dabei wurde von den in den Projektgebäuden jeweils realisierten prozentualen Einsparungen die prozentuale Veränderung des Verbrauchs des Innenstadtbereiches abgezogen, was mathematisch gesehen nicht immer korrekte Ergebnisse liefert (s. a. Abschnitt 3.3). Nachdem sich die Verbräuche des Universitätszentrums durch den Beginn des Umbaus der Universitätsbibliothek und des dadurch bedingten Wegfalls dieser Verbrauchseinheit stark verändert hatten, wurde für das Jahr 2009 auf eine Bereinigung verzichtet. Anfang 2011 wurde von der Leitung des DezMon-Projekts entschieden, beginnend mit den Daten aus 2010 bezogen auf den jeweiligen Referenzzeitraum eine Witterungsbereinigung gemäß VDI 2067 auf der Basis der Gradtagszahlen GTZ 20/15 (Raumtemperatur: 20 °C, Heizgrenztemperatur: 15 °C) des Deutschen Wetterdienstes für Freiburg durchzuführen (Verein Deutscher Ingenieure, 2000). Da die Gradtagszahlen für Freiburg nicht öffentlich im Internet bereitstehen, werden sie derzeit vom Teilprojekt Psychologie mehrmals pro Jahr über den Dienst WESTE (Wetterdaten und -statistiken express) des Deutschen Wetterdienstes, Abteilung Klima- und Umweltberatung, kostenpflichtig bezogen und dem Rahmenprojekt zur Verfügung gestellt.

Nach dem Abschluss der dreijährigen Pilotphase trat DezMon mit Beginn des Jahres 2010 in eine produktive Phase ein, in die neben den bestehenden vier Gebäuden weitere acht Gebäude¹⁸

¹⁷ <http://www.bio1.uni-freiburg.de/haus/energieeinsparung>

¹⁸ (1) Rektoratsgebäude Fahnenbergplatz: zentrale Verwaltung, Institut für Hydrologie, Klassische Archäologie; (2) Kollegengebäude IV: Institut für Soziologie, Historisches Seminar, Seminar für Wissenschaftliche Politik, Englisches Seminar, Verbundbibliothek; (3) Gustav-Mie-Haus und Westbau des Physikalischen Instituts; (4) Otto-Krayer-Haus: Institut für Pharmazeutische Wissenschaften, Institut für Experimentelle und Klinische Pharmakologie und Toxikologie; (5) Institut für Sport und Sportwissenschaft; (6+7) Werthmannstr. 4 und Werthmannstr. 6 Vorderhaus: Institut für Physische Geographie, Institut für Kulturgeographie, Fachbereichsbibliothek Geographie, Hydrologie und Völkerkunde; (8) Hermann-Staudinger-Haus: Institut für Makromolekulare Chemie.

mit einer Vielzahl von Einrichtungen einbezogen wurden. Insgesamt erfasste das Projekt damit 10 Einrichtungen, 12 Gebäude mit 16 Prozent der Fläche der Universität sowie 14 Prozent des Energieverbrauchs der Universität. In dieser Phase wurden erstmals erhebliche Teile der Prämie von der Verwaltung abgeschöpft; im Falle der Ur-Piloten Biologie I und Psychologie verblieben noch 50 Prozent der Einsparungen bei den Instituten, bei den neu hinzugekommenen Teilprojekten nur noch 45 Prozent. Die Betreuung des Rahmenprojekts wurde von einem aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) finanzierten Klimaschutzmanager übernommen. In dieser bis Ende 2012 laufenden Phase konnten insbesondere in den Gebäuden der Biologie und der Psychologie weiterhin gute Erfolge erzielt werden. Bei einigen der neu hinzugekommenen Gebäuden war dies sicherlich nicht zuletzt wegen einer inhomogenen Nutzung durch mehrere unabhängige Gruppen und der damit einhergehenden höheren Komplexität des Teilprojekts nicht im gleichen Umfang möglich.

Seit Beginn des Jahres 2013 läuft eine weitere Phase des Rahmenprojekts, die wiederum auf drei Jahre angelegt ist. Es ist beabsichtigt, die Baseline und/oder die Prämienberechnung zu verändern, endgültige Festlegungen wurden bislang nicht getroffen. Diskutiert werden u. a. eine zeitliche Verschiebung der Baseline, eine prozentuale Anpassung der Baseline sowie eine weitere Anhebung der Abschöpfung der eingesparten Beträge durch die Verwaltung.

Nach diesem Überblick über das Rahmenprojekt der Universität wird im Folgenden detaillierter über das Teilprojekt des Instituts für Psychologie und die dortigen Aktivitäten berichtet.

5.2 Übersicht über die Gebäude

Nachdem das Institut für Psychologie seit den frühen achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts stark gewachsen war, belegte es um die Jahrtausendwende insgesamt zehn über die Innenstadt verteilte Gebäude. Im Jahr 2002 wurden große Teile auf dem Campus Engelbergerstraße am Rand der Innenstadt zusammengeführt (s. Tabelle 3). Das heutige Hauptgebäude enthält Büros, eine Bibliothek und kleinere Veranstaltungsräume für Seminare. Zusammen mit einem weiteren, kleineren Gebäude, das im wesentlichen den Hörsaal, zwei Seminarräume und einige wenige Büros beherbergt, stellte es bis 2009 den baulichen Kern des Instituts dar. Derzeit umfasst das Institut acht Abteilungen mit etwa 120 Mitarbeitenden und 600 Hauptfach-Studierenden. Die beiden Gebäude in der Engelbergerstraße bieten aus mehreren Gründen günstige Voraussetzungen für ein Energiesparprojekt. Zum einen werden sie vollständig vom Institut bzw. angeschlossenen Einrichtungen wie Ambulanzen und Ausbildungsinstituten genutzt; eine Aufteilung der Kosten zwischen verschiedenen Einrichtungen entfällt somit. Zum anderen sind

die Gebäude sowohl baulich als auch in Bezug auf ihre Verbrauchszähler eigenständig, wobei der Stromzähler des Hörsaalgebäudes ein Unterzähler des Stromzählers des Hauptgebäudes ist. Zusätzlich von Vorteil sind die getrennten Heizkreise von Hörsaal und Seminar- bzw. Büroräumen im Hörsaalgebäude. Während der Hörsaal über eine Fußbodenheizung erwärmt wird, sind in den übrigen Räumen Radiatoren installiert. Diese Trennung ermöglicht nicht nur eine voneinander unabhängige Regelung der beiden Bereiche, sondern auch die vollständige Abschaltung der Heizung des Hörsaals in nutzungsfreien Zeiten, in denen die Büros weiterhin beheizt werden müssen.

Tabelle 3

Übersicht über die Gebäude des Teilprojekts Psychologie.

	Hauptgebäude Psychologie	Hörsaalgebäude Psychologie
Nutzungsschwerpunkt	Büro	Lehre
Hauptnutzfläche (m ²)	3664	644
Baseline (Mittelwert der Verbräuche 2003-2005)		
Strom (kWh)	191.574	5.811
Wärme (kWh)	250.838 (24.119 m ³ Gas)	68.603
Spez. Wärmeverbrauch kWh/m ² _{HNF} *a	72	203
Verbrauch 2012		
Strom (kWh)	144.960	4647
Veränderung gegen Baseline	-24 %	-20 %
Wärme (kWh) (Bereinigungsfaktor z. Referenzzeitraum: 1,0354)	210.797 (20.269 m ³ Gas)	30.960
Spez. Wärmeverbrauch kWh/m ² _{HNF} *a	61	92
Veränderung gegen Baseline	-16 %	-55 %
Prämie für 2012 (50 % der Einsparungen)	ca. 6.200 €	ca. 2.500 €



Abbildung 15. Ansichten der beiden Gebäude des Instituts für Psychologie in der Engelbergerstraße (Fotos: Verf.).

5.3 Datengrundlage und Datenerhebungen

Da das Projekt am Institut für Psychologie sowohl technische als auch verhaltenswissenschaftliche Aspekte integriert, sind für eine Bewertung Daten aus beiden Bereichen erforderlich. Als Grundlage für die quantitative Bewertung der *Energieverbräuche* werden seit dem Jahr 2006 wöchentliche sowie monatliche Zählerablesungen für Gas, Wärme, Strom und Wasser durchgeführt. Die Daten werden mangels entsprechender elektronischer Übertragungsmöglichkeiten manuell abgelesen und in eine Datenbank übertragen. Häufigere Ablesungen und damit ein höherer Auflösungsgrad der Daten wären im Prinzip möglich, werden aber aus Gründen des damit verbundenen Aufwands nicht vorgenommen. Ein Versuch, über die Fernauslesefunktion des Stromzählers solche Daten zu erhalten, scheiterte an hohen finanziellen Forderungen des Energieversorgers. Der Stromzähler ist zudem nicht so konfiguriert, dass verwertbare Lastgänge abgespeichert und abgerufen werden könnten. Die monatlichen Ablesungen werden an das Rahmenprojekt der Universität übermittelt, das daraus in größeren zeitlichen Abständen Übersichten erstellt, die allen Teilprojekten zur Verfügung gestellt werden.

Insbesondere zur Protokollierung des Stromverbrauchs der Grundlastverbraucher wurden insgesamt 7 Strommessgeräte vom Typ *efergy* (<http://www.efergy.com>). Diese Geräte bestehen aus



Verteiler mit installierten Sendeeinheiten



Anordnung der zugehörigen Empfänger

Abbildung 16. Einsatz von Energiemessgeräten vom Typ *efergy* im Niederspannungshauptverteiler zur Erfassung des Verbrauchs fest angeschlossener Geräte bzw. ganzer Stockwerke.

einer Sendeeinheit, an die bis zu drei Fühler angeschlossen werden können, und einer über Funk damit verbundenen Empfangseinheit, die die Daten protokolliert, speichert und über eine USB-Schnittstelle bereitstellt (s. Abbildung 16). Die Fühler arbeiten nach dem Stromzangenprinzip, weshalb für ihre Installation die betreffenden Stromkreise nicht aufgetrennt werden

müssen. Insgesamt wurden mehr als 30 Fühler beschafft und vom Technischen Gebäudemanagement fest in die Elektroverteiler eingebaut.

Die Erstellung eines Lastprofils, also einer hochaufgelösten Protokollierung des gesamten Stromverbrauchs des Hauptgebäudes, konnte aus organisatorischen Gründen erstmals Ende 2012 erfolgen. Das Technische Gebäudemanagement installierte zu diesem Zweck eigens ein professionelles Energiemessgerät mit der Möglichkeit einer grafischen Netzanalyse vom Typ *C.A 8335 QualiSTAR +* (Abbildung 17).



Abbildung 17. Erfassung eines Lastprofils des Stromverbrauchs am Niederspannungshauptverteiler.

Sofern Rückgänge des Energieverbrauchs eines Gebäudes auf Änderungen im Nutzerverhalten zurückgehen, stellen sie eine gute Bewertungsmöglichkeit der angewandten Interventionen dar. Um diesen Zusammenhang detaillierter analysieren und bewerten zu können, wurden in gewissen Abständen *Verhaltensdaten* erhoben. Dies geschah durch Stichproben sowie durch systematische Begehungen der Gebäude im Sinne von Vollerhebungen, bei denen eigens entwickelte Protokollbögen verwendet wurden. Es wurde darauf geachtet, dass die zu den Begehungszeitpunkten herrschenden Rahmenbedingungen wie Witterung und Außentemperatur, Zeitraum der Begehung, Nutzungsgrad der Gebäude usw. möglichst identisch waren. Dabei wurden die Zustände der Fenster und der Bürogeräte nebst schaltbaren Steckdosen sowie die Einstellungen der Thermostatventile für jeden Raum protokolliert. Für einige Seminarräume geschah dies zusätz-

lich regelmäßig einmal pro Woche. Während der kalten Jahreszeit wurden die Stellungen der Fenster stichprobenartig erfasst. Zudem werden über ein Netzwerkanalysesystem Laufzeiten von Arbeitsplatzrechnern summarisch festgehalten.

5.4 Bestandsaufnahme: Technik, Organisation, Verhalten

Eine Betrachtung in Bezug auf das Verhalten der Nutzer setzt voraus, dass zu Beginn die Ausgangssituation auch mit Blick auf die technischen und organisatorischen Gegebenheiten analysiert wurde (vgl. aus jüngerer Zeit Matthies et al., 2011, und bereits Stern & Gardner, 1981b).

Im Hinblick auf Verbräuche und Kosten stellte sich die Ausgangslage im Jahr 2005 folgendermaßen dar: Der gesamte Energieverbrauch betrug 551 MWh, die Kosten 46.000 €. Die beiden

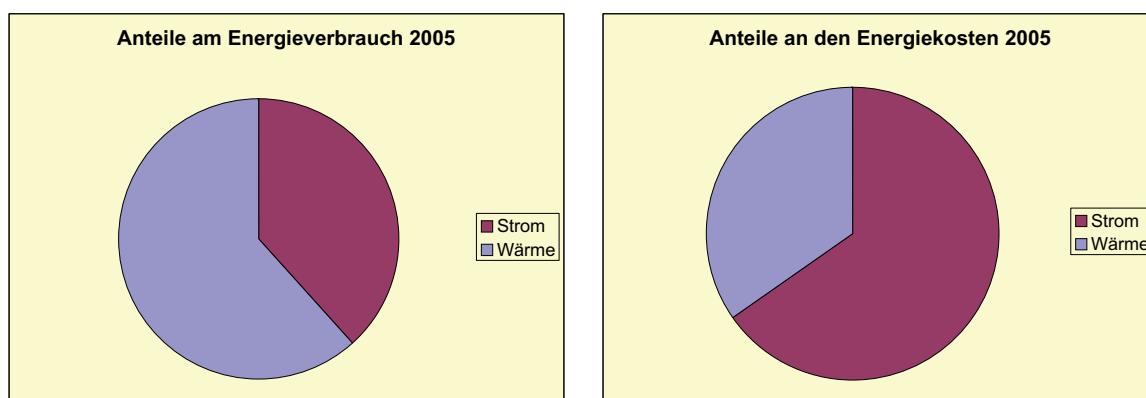


Abbildung 18. Der Anteil des Stroms am gesamten Energieverbrauch beider Gebäude liegt bei etwa einem Drittel und der Anteil der Heizenergie bei zwei Dritteln. Bei den Kosten ist es umgekehrt.

Energieträger Strom und Wärme hatten in Bezug auf diese Dimensionen allerdings sehr unterschiedliche Anteile, wie aus Abbildung 18 ersichtlich ist. Bezüglich der CO₂-Belastung waren die Anteile ungefähr identisch (Abbildung 19).

Beide Gebäude werden von der Verwaltung als zwei getrennte Einzelprojekte geführt und im Projekt auch mit unterschiedlichen Strategien betrieben. Das kleine Hörsaalgebäude erlaubt den Nutzern nur wenige Eingriffsmöglichkeiten und die entsprechenden Effekte auf die Verbräuche sind dementsprechend eher gering. Hier stehen vor allem technische Maßnahmen im Vordergrund, die auf einen optimierten, nutzungsorientierten Betrieb abzielen. Im Hauptgebäude hingegen stehen technische, organisatorische und verhaltensbezogene Strategien gleichberechtigt nebeneinander.

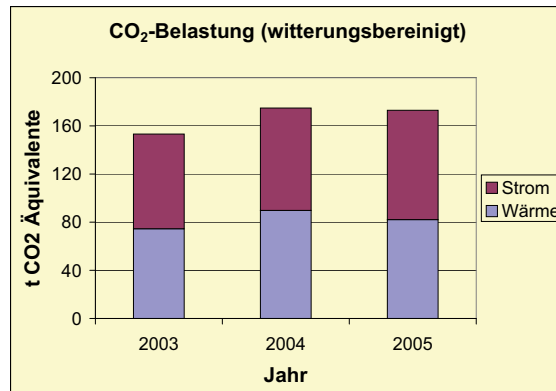


Abbildung 19. Anteile der Energieträger an der CO₂-Belastung (beide Gebäude).

5.4.1 Hauptgebäude

Das Hauptgebäude wurde um 1950 ursprünglich als Krankenhaus errichtet. Der Baukörper ist knapp 80 m lang und zwischen 10 und 17 m breit. Er ist annähernd in Ost-West-Richtung, somit quer zur Südrichtung, orientiert und besteht aus zwei Bauteilen. Der erste enthält sechs Stockwerke plus einem Konferenzraum im sechsten Obergeschoss und verfügt sowohl auf der Nord- als auch auf der Südseite über Arbeitsräume. Der zweite Bauteil hat nur auf der Südseite Räume und ist lediglich fünfstöckig ausgeführt. Insgesamt hat das Gebäude eine Bruttogrundfläche (BGF) von etwa 8.750 m² bei einer Nutzfläche (NF) von 6.050 m²; die Hauptnutzfläche (HNF)¹⁹ beträgt 3.664 m². Das Gebäude wurde in den Jahren 1997 bis 2002 für knapp 4 Millionen Euro umfassend saniert und mit einem Vollwärmeschutz versehen. Als Energieträger wird Gas eingesetzt. Der gleitend-zweistufige Gasbrenner arbeitet modulierend in einem Bereich von 40-350 kW und hat einen elektrischen Anschlusswert von 420 W. Es wurden drei moderne, geregelte Umwälzpumpen verbaut (2 x 65-790 W; 1 x 30-100 W). Die etwa 130 Räume sind mit Radiatoren und begrenzbaren Thermostatventilen (Honeywell MNG) ausgestattet. Nur vier Räume verfügen über eine aktive Kühlung; von den betreffenden Anlagen läuft lediglich das Gerät im Serverraum im Dauerbetrieb.

Die Beleuchtung der Verkehrsflächen wurde überwiegend schon im Rahmen der Sanierung auf eine Steuerung über Zeitrelais umgestellt. Zu Beginn des Projekts wurde festgestellt, dass die Einstellungen der Zeitrelais für die Flurbeleuchtung auf den einzelnen Stockwerken sehr unterschiedlich waren; in einem Fall wurde das Licht durch Drücken des Tasters für vier Stunden eingeschaltet. Keines der im Haus verbauten Zeitrelais bot die Möglichkeit zum vorzeitigen

¹⁹ Zum Zeitpunkt der Flächenberechnung wurde die Nutzfläche noch in Haupt- und Nebennutzfläche unterteilt (vgl. Vermögen und Bau Baden-Württemberg, 2008, und eTASK, 2005).

Ausschalten, d. h. ein ökologisches Verhalten war an dieser Stelle gar nicht möglich bzw. wurde von der vorhandenen Technik verhindert.

Der zum Standort Würzburg witterungsbereinigte Heizenergieverbrauch des Gebäudes (vgl. Abschnitt 3.3.1) betrug im Jahr 2005 32.140 m^3 Gas entsprechend einem auf eine Nettogrundfläche (NGF) von 6.050 m^2 bezogenen spezifischen Verbrauch von $58 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$. Der Stromverbrauch im Jahr 2005 belief sich auf etwa 205 MWh entsprechend $34 \text{ Wh/m}^2_{\text{NGFa}}$.

Der auf dieselbe Fläche bezogene Energieausweis aus dem Jahr 2009 weist einen etwas höheren Heizenergieverbrauch von $47,7 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$ und einen recht ähnlichen Stromverbrauch von $31,4 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$. Die im Energieausweis genannten Vergleichswerte für diese Gebäudekategorie von $150 \text{ Wh/m}^2_{\text{NGFa}}$ (Heizung) und $75 \text{ Wh/m}^2_{\text{NGFa}}$ (Strom) deuten an, dass das Gebäude schon in den Jahren 2006-2008, die dem Energieausweis zugrunde liegen und den Projektzeitraum nur teilweise abdecken, einen recht niedrigen Energieverbrauch hatte (zur Reliabilität von Energieausweisen s. im übrigen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2011). Dieser Eindruck bestätigt sich bei weiteren Vergleichen: Die Werte des Gebäudes unterschreiten deutlich die Vergleichswerte für die Kategorie „2210 Institutsgebäude für Lehre und Forschung I (Geisteswissenschaften)“ in Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009), ebenso diejenigen in Vermögen und Bau Baden-Württemberg (2008). Die Auswertung von Kluttig, Discherl und Erhorn (2001) liefert für „geisteswissenschaftliche Institutsgebäude“ ebenfalls deutlich höhere Werte. Nach den Maßstäben dieser Richtlinien waren die Verbrauchswerte des Gebäudes also schon vor Beginn des Projekts nahezu vorbildlich. Diese recht niedrigen Werte konnten nicht nur innerhalb relativ kurzer Zeit nochmals deutlich verbessert werden, sondern auch sechs Jahre nach Beginn des Projekts auf einem niedrigen Wert gehalten werden und teilweise weiter gesenkt werden. Für das Jahr 2012 konnten Reduktionen von ca. 16 % bei Wärmeenergie und von mehr als 24 % bei Strom erreicht werden.

Detaillierte Informationen über den Verlauf des Stromverbrauchs können aus einem zeitlich hoch aufgelösten Lastprofil gewonnen werden. Abbildung 20 zeigt den an einem besonders schwach ausgelasteten Tag gemessenen Verlauf. Es handelt sich dabei um einen Samstag innerhalb der Schließzeit der Universitätsgebäude zum Jahreswechsel 2012/13, der wohl vor allem durch die Grundlast charakterisiert sein dürfte. Auffällig ist das Abfallen der Grundlast im Bereich 9 bis 18 Uhr, offenbar verursacht durch die Abschaltung der Außenbeleuchtung. In Abbildung 21 wird der Verlauf eines Tages mit einem besonders hohen Stromverbrauch zusätzlich dahinter gelegt, um Informationen über Höhe und Verteilung der Spitzenlasten zu erhalten.

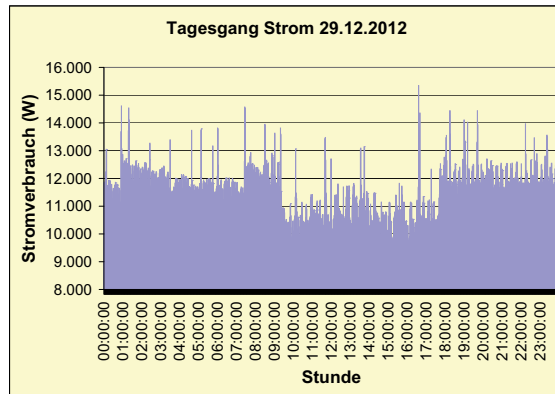


Abbildung 20. Tagesgang des Stromverbrauches an einem gering ausgelasteten Tag im Winter.

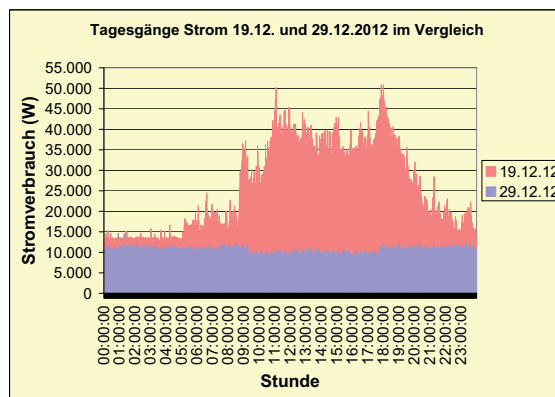


Abbildung 21. Vergleich des Stromverbrauches eines gering und eines stark ausgelasteten Tages zur Winterzeit.

Der erste Gipfel am Morgen deutet auf den Beginn der Reinigungsarbeiten des Putzdienstes und auf das Ende des Absenkbetriebs der Heizung hin. Die beiden Gipfel am Morgen und am Abend korrespondieren offenbar mit dem zu diesen Zeiten im Winter notwendigen Einschalten der Bürobeleuchtung. Kurzfristige Spitzen dürften auf dem Betrieb des Aufzugs zurückgehen, dessen Maschine einen maximalen Leistungsbedarf von etwa 12 kW hat. Die Differenz der beiden Graphen dürfte im wesentlichen den Verlauf der nutzungsabhängigen Verbräuche zeigen.

Nicht zuletzt aufgrund gesetzlicher Vorgaben läuft eine Reihe von Anlagen in öffentlichen Gebäuden rund um die Uhr. Diese Grundlast summierte sich im Hauptgebäude der Psychologie im Jahr 2005 auf einen durchschnittlichen Wert von etwa 12 kW entsprechend einem Jahresverbrauch von über 100 MWh. Die Grundlasten konnten durch verschiedene Maßnahmen teilweise erheblich reduziert werden; Tabelle 4 gibt eine Übersicht über den Stand im Jahr 2012.

Tabelle 4

Übersicht über Grundlastverbraucher des Hauptgebäudes im Jahr 2012.

Komponente	Anschlusswert (W)	mittlerer Verbrauch (W)	Jahresverbrauch (kWh)
Serverraum	3.400	3.400	29.800
Serverraum Klima	max. 1.000	340	3.000
Netzwerkkomponenten (Switches, Access Points)	900	900	7.900
Außenbeleuchtung (helligkeitsgesteuert)	3.100	1.400	12.000
Aufzugssteuerung (mit bzw. ohne Beleuchtung / Fahrbetrieb)	270-340/12.000	530	4.600
Sicherheitsbeleuchtung mit Notstromversorgung (0,5 kW; BS/DS; 50 Rettungszeichenleuchten zu je 8 W)	--	490	4.300
Heizung (Steuerung, Brenner, Umwälzpumpen, Hilfsaggregate)	max. 2.100	420	3.700
Telefonanlage mit Notstromversorgung	380	380	3.300
Mechanische Zwangsentlüftung der WCs im Bauteil I	200	200	1.800
Zutrittskontrollanlage (Kartenlesegeräte, Steuergerät, Konfigurationsrechner)	160	160	1.400
Brandmeldeanlage mit Notstromversorgung	100	100	900
Störmeldeanlage mit Notstromversorgung	20	20	200
Sonstiges	--	630	5.500
Summe	--	8.970	78.400

Anmerkungen. Die Außenbeleuchtung wurde im März 2013 auf sparsamere Leuchtmittel umgestellt.

Anschlusswert Fahrstuhl mit bzw. ohne Beleuchtung / Fahrbetrieb.

Position Sonstiges enthält Kühlschränke, Waschmaschine Putzdienst, Ladegerät für das Bodenbearbeitungsgerät, Boiler, Stand-by-Verbräuche von Beamern, Mediensteuerungen usw. (teilweise geschätzt).

Der Strombedarf der meisten Grundlastverbraucher ist zwar weitgehend konstant, bei einigen Geräten gibt es jedoch tageszeit- und/oder jahreszeit- bzw. witterungsabhängige Variationen. Abbildung 22 zeigt die den Verlauf der gesamten Grundlast über ein Kalenderjahr.

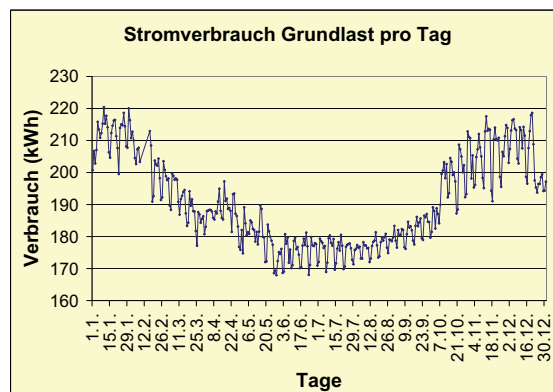


Abbildung 22. Verlauf der Grundlast über das Jahr 2012 mit Wochen-, Feiertags-, Semester- und Jahreszeitenrhythmen.

Zur Abschätzung des Einflusses von Maßnahmen auf den Gesamtverbrauch wurde ein einfaches Modell des Stromverbrauches des Hauptgebäudes erstellt. Der Verbrauch fest verdrahteter Geräte (s. a. Abschnitt 3.2.2) wurde zunächst geschätzt. Die Laufzeiten der Arbeitsplatz-PCs konnten anhand von Daten aus einem Netzwerkmanagementsystem relativ genau bestimmt werden. Anhand des Modells ergaben sich folgende Anteile am Stromverbrauch: 42 % intermittierend betriebene informationstechnische Geräte (insbesondere Arbeitsplatz-PCs); 26 % Dauerlast durch permanent laufende informationstechnische Geräte (Server, aktive Netzwerkkomponenten u. a.); 16 % Beleuchtung; 4 % Lehre (Beamer und Betrieb der Räume für Lehrveranstaltungen); 12 % Betriebstechnik (siehe Tabelle 4 und Abschnitt 3.2.2); 5 % Sonstiges. Zugleich wurde festgestellt, dass viele Arbeitsplatz-PCs rund um die Uhr betrieben wurden.

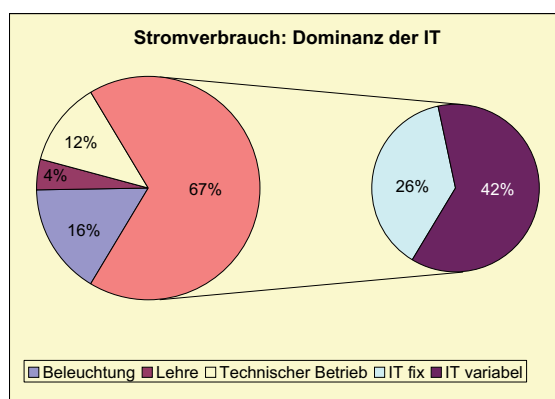


Abbildung 23. Anteile verschiedener Bedarfsgruppen am gesamten Stromverbrauchs: Zwei Drittel gingen auf das Konto zeitlich fixer (Server usw.) und variabler (Arbeitsplatzsysteme usw.) informationstechnischer Systeme.

5.4.2 Hörsaalgebäude

Das Hörsaalgebäude verfügt über eine Nutzfläche von 858 m² (Hauptnutzfläche 387 m²), von denen der große, für 120 Personen konzipierte Hörsaal den größten Teil einnimmt (Universitätsbauamt Freiburg, o. J.). Foyer und Hörsaal werden über eine Fußbodenheizung beheizt, die übrigen Räume über Radiatoren. Die beiden Systeme sind getrennt ausgeführt und verfügen über eigenständige Umwälzpumpen und Steuerungen inklusive Zeitschaltuhren. Die Wärmeenergie wird von einer größeren Hackschnitzelheizanlage, die eine Reihe weiterer Gebäude versorgt, erzeugt und über eine Fernwärmeleitung bezogen. Für das Hörsaalgebäude wurde kein Energieausweis erstellt, weil dieser gemäß EnEV derzeit erst ab 1.000 m² Nutzfläche erforderlich ist (vgl. Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder, 2009).

Im Jahr 2005 belief sich der zu Würzburg bereinigte Wärmeverbrauch auf 79 MWh entsprechend einem auf die Nettogrundfläche bezogenem spezifischen Verbrauch von $122 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$; der Stromverbrauch war mit 6,2 MWh relativ niedrig und entsprach einem spezifischen Verbrauch von $9,7 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$.

Ein Vergleich mit anderen Gebäuden dieses Typus (Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2009; Kluttig et al., 2001; Vermögen und Bau Baden-Württemberg, 2008) fiel recht positiv aus. Das Hörsaalgebäude benötigte demnach trotz nahezu voller Auslastung eher wenig elektrische Energie, der Verbrauch an Wärmeenergie entsprach in etwa dem Durchschnitt. Im Hinblick auf den Stromverbrauch dürfte günstig sein, dass der Hörsaal weder mechanisch belüftet noch gekühlt wird. Im Zuge des Projekts konnte der ohnedies schon sehr geringe Stromverbrauch weiter um ca. 20 % gesenkt werden. Der Verbrauch an Wärmeenergie ging dramatisch auf etwa die Hälfte zurück. Er beträgt jetzt nur noch $62 \text{ kWh/m}^2_{\text{NGFa}}$ und liegt damit in der Spitzengruppe der von Vermögen und Bau Baden-Württemberg (2007) bzw. vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009) untersuchten Objekte. Wesentlich zu diesem Ergebnis beigetragen hat die Einstellung der Heizungssteuerung entsprechend der Nutzungszeiten, d. h. stark reduzierter Betrieb bzw. Ausschalten in Zeiten, in denen das Gebäude geschlossen ist bzw. der Hörsaal nicht genutzt wird. Der damit verbundene manuelle Aufwand wurde vom Projekt geleistet.

5.5 Potenziale für Energieeinsparungen

Sowohl bei der ersten Inbetriebnahme eines Gebäudes (*commissioning*, vgl. Mills, 2011) wie auch beim laufenden Betrieb ist es offensichtlich nicht immer einfach, ein Gebäude ganz konkret auf die Nutzeranforderungen einzustellen (s. a. Schahn, 2007). Entwickeln oder verändern sich diese Anforderungen im Laufe der Zeit, so wird häufig nicht nachgesteuert – eine Überprüfung nach einigen Jahren der Nutzung (*re-commissioning*, Mills, 2011) ist nicht durchweg üblich. Insofern war es nicht überraschend, einige der in der Literatur zu findenden typischen Problempunkte beim Betrieb von Gebäuden auch in den beiden Gebäuden der Psychologie wiederzufinden. Über die Gründe kann an dieser Stelle nur spekuliert werden, aber es ist nicht unplausibel, dass Faktoren wie ein mehrfacher Wechsel der für die Betreuung und Wartung der Anlagen zuständigen Firmen und eine Personalknappheit auf Seiten der Technischen Zentrale der Universität eine Rolle gespielt haben mögen. Im Rahmen intensiver Begutachtungen der Gebäude konnte eine Reihe von Einsparpotenzialen im technischen wie auch im verhaltensbezogenen Bereichen festgestellt werden.

Zwei typische Problempunkte bei einer Heizanlage betreffen die Auslegung und den Stromverbrauch der Umwälzpumpen der Heizung sowie den hydraulischen Abgleich. Eine Nachfrage bei dem mit dem Umbau und der Sanierung befassten Planungsbüro ergab, dass ein hydraulischer Abgleich Teil der damaligen Arbeiten war. Die Umwälzpumpen sind modern und elektronisch geregelt, so dass auch an dieser Stelle kein Handlungsbedarf erkennbar war. Jedoch stellte sich erst im Verlauf des Projekt heraus, dass an mehreren Heizkörpern Ventile mit der falschen Fließrichtung eingebaut waren, was u. a. zeitweise zu sehr störenden Geräuschen im gesamten Rohrleitungssystem der Heizung führte.

Im Rahmen einer Begehung der Häuser fiel zudem auf, dass die Thermostatventile nicht immer sinnvoll eingestellt waren. Als besonders kritisch wurden dabei Ventile gesehen, die dauerhaft auf das Maximum 5 eingestellt waren, was einer angestrebten Temperatur von etwa 28 °C entspricht. Solche Temperaturen sind bis auf Ausnahmen weder durch die Nutzung sachlich gerechtfertigt noch intendiert und in Anbetracht der Auslegung der Heizanlage und der Eigenschaften des Gebäudes auch kaum erreichbar. In einer nicht geringen Anzahl wurden gekippte Fenster festgestellt.

Obwohl es aufgrund der Grundrisse der Büros und der typischen Belegung naheliegend wäre, einen Schreibtisch möglichst nahe an das Fenster und damit über dem Heizkörper zu platzieren, wurden Extremsituationen, die eine Zirkulation der Warmluft praktisch ausschließen, nur vereinzelt vorgefunden.

Im Bereich Stromverbrauch konnte trotz des bei Projektbeginns relativ niedrigen Stromverbrauches eine Reihe von Einsparpotenzialen identifiziert werden. Bei einer Begehung des Gebäudes und anhand von Daten aus einem Netzwerkmanagementsystem wurde ersichtlich, dass ein recht großer Teil der Arbeitsplatzrechner nach Beendigung der Arbeit nicht abgeschaltet wurde, sondern rund um die Uhr lief (s. a. Abschnitt 2.4). Dies galt ebenso für die meisten Drucker, Kopierer und sonstigen Bürogeräte. Aufgrund ihres besonders hohen Anteils am Stromverbrauch und des offensichtlich nicht immer optimalen Einsatzes stellte die IT einen besonders aussichtsreichen Bereich für Einsparmaßnahmen dar.

Die Beleuchtung trug gemäß des Modells zwar nur zu etwa einem Sechstel zum Stromverbrauch bei, dennoch fielen einige Punkte auf. Zum einen waren dies die unterschiedlichen, nicht immer sinnvollen Einstellungen von Zeitrelais für die Beleuchtung. Die Flurbeleuchtungen waren im Zuge der Sanierung zweistufig ausgeführt worden: jeweils abwechselnd waren Leuchten

zwei verschiedenen Gruppen zugeordnet worden, die über eigene Zeitrelais geschaltet wurden. Das Zeitrelais der ersten Gruppe war auf eine kurze Zeitspanne von wenigen Minuten eingestellt worden, während die zweite Gruppe deutlich länger leuchtete. Das Betätigen des Lichtschalters schaltete also zunächst sämtliche Leuchten ein; nach Ablauf der für die erste Gruppe eingestellten Zeit leuchtete dann nur noch jede zweite Leuchte. Aufgrund der Beleuchtungssituation insgesamt erschien es plausibel, ein vollständiges Abschalten der in der ersten Gruppe zusammengefassten Leuchten in Betracht zu ziehen. Zum anderen gab es eine Reihe von Leuchten, die nicht über Zeitrelais, sondern ausschließlich manuell über Schalter gesteuert wurden und deren Ausschalten häufig vergessen wurden. An keinem Schalter oder Taster waren Hinweise auf die zugehörigen Leuchten vorhanden. Dies betraf insbesondere Stellen mit mehreren Bedienelementen für unterschiedliche Leuchten. Die Beleuchtung in den Seminarräumen kann über Taster sowohl aus- und eingeschaltet als auch gedimmt werden; entsprechende Hinweise waren auf den Tastern nicht vorhanden.

Die der Betriebstechnik zugeordneten Geräte entzogen sich weitgehend der Analyse und Optimierung, da die Verbräuche für das Projekt zu diesem Zeitpunkt nicht zugänglich waren. Eine Ausnahme stellten die sog. Rettungszeichenleuchten dar. Es wurde festgestellt, dass diese Leuchten mit Heißkathodenleuchtmitteln betrieben wurden, die einen relativ hohen Stromverbrauch mit sich brachten. Eine Umstellung auf sparsamere Kaltkathodenleuchtmittel schien möglich zu sein.

Insgesamt ergab die Potenzialanalyse eine Reihe von aussichtsreichen Möglichkeiten zur Optimierung. Darunter waren zum einen rein technische Optimierungen wie die Frage der Umrüstung der Rettungszeichenleuchten oder die Einstellung der Nachtabenkung der Heizanlagen. Zum anderen wurde klar, dass in bestimmten Bereichen eine Reihe von technischen Maßnahmen erforderlich war, um sowohl Verschwendung von Energie durch Einschränkungen in der Bedienung zu verhindern als auch ein ressourcenschonendes Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer zu erleichtern oder überhaupt erst zu ermöglichen. Die Kommunikation dieser neuen Möglichkeiten sowie die Beeinflussung des Nutzerverhaltens in Bezug auf die Bereiche Heizung, Fenster/Lüftung und Bürotechnik fanden ihren Niederschlag in den verhaltenswissenschaftlichen Teilen des Projekts.

5.6 Identifikation konkreter Projektziele

Die Projektziele und die Reihenfolge, in der sie bearbeitet werden sollten, wurde anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse festgelegt, bei der leicht erreichbare Ziele (sog. *low hanging fruits*)

vorrangig behandelt werden sollten. Oft weisen zentrale Bereiche große und vielfach auch relativ leicht zu erschließende Einsparpotenziale auf (vgl. Schahn, 2007). Im vorliegenden Projekt traf dies mit Sicherheit auf den Bereich der Heizung zu, bei der im Rahmen der technischen Analyse erhebliche Potenziale ausfindig gemacht werden konnten. Da der Stromverbrauch jedoch für nahezu zwei Drittel der Kosten verantwortlich war (vgl. Abbildung 18, S. 103), wurde dieser Bereich ebenfalls als besonders dringlich eingestuft, wobei erhebliche Einsparpotenziale in dezentralen Bereichen insbesondere in der Optimierung des Nutzerverhaltens gesehen wurden.

In Zusammenarbeit mit dem Technischen Gebäudemanagement wurden in einem ersten Schritt die Einstellungen von Elementen der Gebäudetechnik optimiert sowie eine Reihe von Schwachpunkten der Infrastruktur behoben, die der Verhinderung unerwünschten Verhaltens sowie der Erleichterung und Ermöglichung erwünschten Verhaltens dienten.

In Bezug auf das Nutzerverhalten konzentrierte sich die Arbeit im Projekt auf folgende wesentlichen Punkte, die als Zielverhalten möglicher Interventionen anvisiert wurden: (1) Das Ausschalten von PCs und Peripherie am Arbeitsende, (2) die Vermeidung von Stand-by-Verlusten durch den Einsatz von schaltbaren Steckdosenleisten oder Zwischensteckern mit Schalter, (3) die Optimierung des Lüftungsverhalten bzw. die Vermeidung von dauerhaft gekippten Fenstern in der kalten Jahreszeit sowie (4) eine sinnvolle Einstellung der Heizkörperthermostatventile inkl. des Herunterdrehens bei Abwesenheit.

5.7 Baselines der Verbräuche

Eine quantitative Bewertung durchgeführter Maßnahmen ist nur anhand einer sinnvoll gewählten Baseline möglich. Das Rahmenprojekt DezMon gab als Leitlinie für die Bewertung der erzielten Ergebnisse den Mittelwert der Verbräuche der Jahre 2003-2005 vor. Für das Hauptgebäude ergab sich mithin eine Baseline von 24.119 m³ Gas und 191.574 kWh Strom; für das Hörsaalgebäude Werte von 68.603 kWh für Wärmeenergie und 5.811 kWh für Strom.

5.8 Baseline des Nutzerverhaltens

Informationen zum Nutzerverhalten vor Beginn der Interventionen konnten durch Beobachtungen bzw. Begehungen der Gebäude (Vollerhebungen) im Jahr 2006 gewonnen werden. In Anbetracht der niedrigen Außentemperaturen galt besonderes Augenmerk nicht geschlossenen Fenstern (22 Prozent), den Einstellungen der Thermostatventile sowie nicht ausgeschalteten Arbeitsplatzrechnern samt Peripherie (30 Prozent), eingeschalteten Druckern und Kopierern,

dem Vorhandensein und der Nutzung von schaltbaren Steckdosenleisten. Die Laufzeit von Arbeitsplatz-PCs konnte durch die Interpretation technischer Daten teilweise abgeschätzt werden.

5.9 Planung und Durchführung der Maßnahmen

Bei der Darstellung der Planung und Durchführung der Maßnahmen werden zwei Bereiche unterschieden: Erstens technisch-organisatorische Maßnahmen mit meist eher zentralem, einmaligem Charakter und zweitens Maßnahmen, die eher dezentral und wiederholt erforderliche Handlungen adressieren, sich also typischerweise an das Verhalten einzelner Nutzer richten (vgl. Schahn, 2007; s. a. Abschnitt 4.5.2, S. 89f). Die nachfolgenden Abschnitte gehen auf diese Bereiche detaillierter ein.

5.9.1 Technisch-organisatorische Maßnahmen: Strom

Bereits seit Dezember 2005 waren vom Hausmeister erstellte monatliche Zählerablesungen verfügbar. Diese wurden sehr früh im Projektverlauf durch ein eigenes, deutlich feinmaschigeres Ableseverfahren ergänzt, um Daten für eine Baseline mit höherer Auflösung zu erhalten. Von Dezember 2006 bis Juni 2007 wurden teilweise sogar tägliche Ablesungen vorgenommen; danach konsequent wöchentliche Ablesungen zu möglichst identischen Zeitpunkten. Weitere Maßnahmen bezogen sich auf mehrere Aspekte des Bereichs Beleuchtung sowie auf die zentrale Informationstechnologie.

5.9.1.1 Allgemeinbeleuchtung und weitere zentrale Stromverbraucher

Um die bereits genannten Schwachpunkte in der Steuerung der Allgemeinbeleuchtung zu reduzieren, wurden eine Reihe von kleineren technischen Maßnahmen umgesetzt. Darunter waren die Einstellung der Zeitrelais auf sinnvollere Werte, die Installation zusätzlicher Zeitrelais sowie die Außerbetriebnahme der ersten, nur auf wenige Minuten eingestellten Stufe der Beleuchtung in den Stockwerksfluren. Um den Nutzern eine Möglichkeit zu bieten, selbst aktiv werden und das Flurlicht bei Verlassen ausschalten zu können, wurden die betreffenden Zeitrelais ausgetauscht²⁰. Kaltgetränkeautomat und einige Kopierer sowie ein Heißwasserboiler wurden an Zeitschaltuhren angeschlossen. Die Lüftungsmotoren der WC-Räume im vorderen Bauteil wurden etwas heruntergeregelt. Quasi in Form eines Rebound-Effekts kam der Wunsch auf, die Beleuchtung des Treppenhauses zumindest nicht mehr nur über ein Zeitrelais zu betreiben, sondern zur Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit zu gewissen Zeiten dauerhaft einzuschalten.

²⁰ Die Zeitrelais vom Typ *Crouzet MUR 1* wurden gegen den Typ *MXR 1* getauscht, der zusätzlich im sog. *Ti*-Modus betrieben werden kann, der es ermöglicht, das zuvor eingeschaltete Licht vor Ablauf der eingestellten Zeit durch eine Betätigung des Tasters auszuschalten.

Diesem Wunsch wurde durch eine Schaltung Rechnung getragen, die die Beleuchtung durch eine Schaltuhr und zusätzlich in Abhängigkeit von der über einen Lichtsensor gesteuerten Außenbeleuchtung aktiviert. Damit kann ein relativ energiesparender Betrieb dieser Option erreicht werden. Außerhalb der Vorlesungszeiten sowie während der Schließzeiten über den Jahreswechsel wird diese Schaltung manuell deaktiviert.

Bei einer Begehung des Hauptgebäudes fiel auf, dass die 50 Rettungszeichenleuchten mit relativ ineffizienten T16-Lp-Heißkathodenröhren betrieben wurden. Es stellte sich heraus, dass die vorhandenen Leuchten durch einen Komponententausch auf den Betrieb mit Kaltkathoden-Leuchtmitteln (CCFL) umgerüstet werden konnten. Eine Überschlagsrechnung ergab ein Einsparpotenzial durch reduzierten Stromverbrauch von jährlich etwa 200 € bei einmaligen Materialkosten von ca. 2.600 €. Ausschlaggebendes Argument für die von der Technischen Zentrale vorgenommene Umrüstung war letztlich die wesentlich längere Lebensdauer der CCFL-Leuchtmittel: T16-Leuchtmittel sind mit 2,50 € zwar preiswert, ihre Nutzlebensdauer liegt aber nur im Bereich von etwa 4.000 Stunden (Langer, o. J.), die bei ununterbrochenem Betrieb nur ein halbes Jahr abdecken. Dies bedeutet in der Praxis, dass die Leuchtmittel entweder zweimal im Jahr gewechselt werden müssen oder Ausfälle der Leuchtmittel akzeptiert werden, was aus Sicherheitsgründen kaum in Frage kommt. Langer (o. J.) gibt die Nutzlebensdauer von Leuchtmitteln auf LED-Basis mit 16.000 Stunden bei Preisen von etwa 20 € an; diese Variante wurde u. a. wegen der zum betreffenden Zeitpunkt nicht realistisch einschätzbaren Standzeiten in der Praxis nicht weiter verfolgt. Die Nutzlebensdauer eines CCFL-Leuchtmittel beträgt hingegen etwa 40.000 Stunden entsprechend nahezu fünf Jahren Dauerbetrieb bei einem Preis von etwa 5 €. In Anbetracht der bei doppeltem Preis zehnfachen Nutzlebensdauer und entsprechenden Einsparungen an Arbeitszeit durch den wesentlich seltener notwendig werdenden Austausch der Leuchtmittel fiel die Entscheidung zugunsten der CCFL-Leuchtmittel. Im Zuge eines ohnedies anstehenden Wechsels der Leuchtmittel wurden die Umrüstgruppen mit dem neuen Leuchtmittel eingebaut. In diesem Fall war die Energieeinsparung zwar ursprünglich Ausgangspunkt der Überlegungen für die Umrüstung, sie wäre aber bei einem Verhältnis von 11 W (T16) zu 8 W (CCFL) allein nicht ausschlaggebend gewesen. Dennoch werden durch diese Maßnahme immerhin 1.300 kWh pro Jahr eingespart.

Als ein sehr bedeutender Stromverbraucher mit einem Bedarf von etwa 12 MWh/a und einem Anteil von knapp 9 Prozent entpuppte sich die Außenbeleuchtung – trotz einer eher geringen Anzahl von Leuchten (5 Wand- und 7 Mastleuchten). Im März 2013 wurden die Leuchtmittel

der Mastleuchten im Rahmen eines Pilotprojekts des Technischen Gebäudemanagements gegen effizientere Komponenten (Philips Tornado, Leistungsaufnahme 42 W, Lichtstrom 3.100 lm) ausgetauscht. Aufgrund einer Lebensdauer von 10.000 Stunden dürfte ein neuerlicher Austausch der Leuchtmittel erst nach zwei Jahren erforderlich werden. Mit den neuen Leuchtmitteln sank der Stromverbrauch der Außenbeleuchtung des Hauptgebäudes von 3.100 W auf 1.300 W (s. a. Abbildung 24). Über das Jahr gesehen wird bei einer Leuchtdauer von etwa 4.100 Stunden eine Einsparung von 7.000 kWh²¹ erwartet, eine Energiemenge, die nahezu dem jährlichen Stromverbrauch zweier vierköpfiger Haushalte entspricht. Bezogen auf den gesamten Stromverbrauch des Hauptgebäudes im Jahr 2012 ergibt sich durch diese Umrüstung eine Einsparung im Bereich von 4–5 Prozent. Eine Umrüstung der Wandleuchten auf LED-Leuchtmittel ist in Planung.

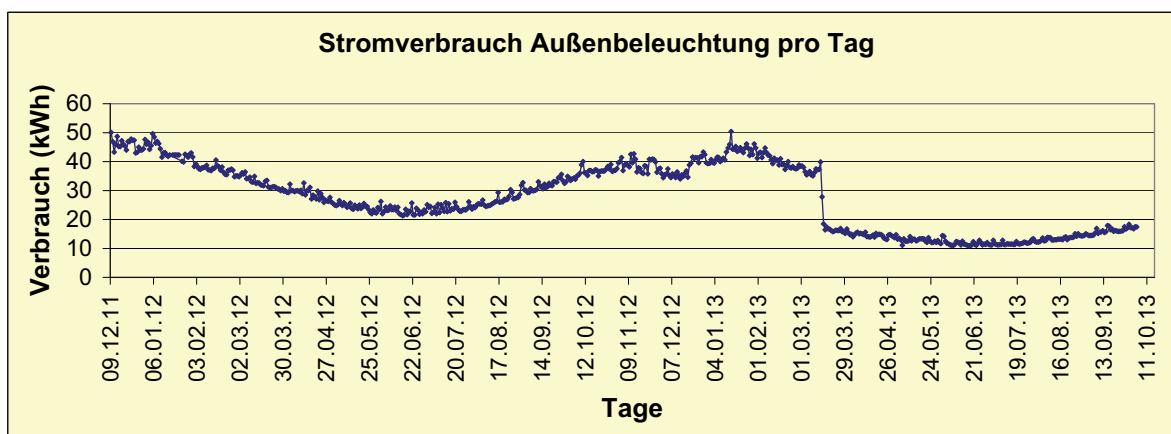


Abbildung 24. Jahreszeitlicher Rhythmus des Strombedarfs der Außenbeleuchtung und Effekt der Umstellung auf energiesparende Leuchtmittel im Laufe des 15.3.2013. Infolge des geringeren Energiebedarfs der neuen Leuchtmittel reduziert sich auch der jahreszeitlich bedingte Schwankungsbereich, d. h. die Verbrauchskurve wird deutlich flacher.

5.9.1.2 Zentrale Informationstechnologie

Der mit 12 m² eher kleine, aktiv gekühlte Serverraum des Instituts mit einer Vielzahl von in drei 19“-Racks untergebrachten Servern, unterbrechungsfreien Stromversorgungen, Bandrobotern, aktiven Netzwerkkomponenten und weiteren Geräten stellt den größten einzelnen Stromverbraucherkomplex des Hauptgebäudes dar. Zu Projektbeginn betrug die aufgenommene Dauerleistung etwa 5 kW; darin ist der Verbrauch der Klimaanlage des Serverraumes nicht enthalten.

²¹ Aufgrund eines Defekts lag der Stromverbrauch der Außenbeleuchtung seit längerem nur im Bereich von 2.800 W; die zu erwartende reale jährliche Einsparung liegt daher mit etwas mehr als 6.000 kWh etwas unterhalb der genannten 7.000 kWh.

Eine Reihe von Konsolidierungen und Virtualisierungen der Serversysteme sowie Neubeschaffungen konnten den Verbrauch spürbar auf ca. 3 kW senken. Durch zusätzliche Geräte stieg dieser Wert bis zum Januar 2013 leider wieder auf ca. 4 kW an. In die Anfangszeit des Projekts fiel ein größerer Defekt der Klimaanlage des Serverraums verbunden mit einem erhöhten Stromverbrauch; diese Anlage wurde Anfang 2010 durch ein sparsamere Inverteranlage ersetzt, die im Sommer 2013 wegen eines Defekts wiederum ausgetauscht werden musste. Zur Trennung der warmen Abluft der Server und der von der Klimaanlage gelieferten Kaltluft wurde ein Kälteschutzvorhang installiert (für das zugrunde liegende *hot aisle / cold aisle*-Prinzip s. etwa Emerson, 2007), wodurch im Sommer eine Temperaturdifferenz von bis zu sechs Grad zwischen der Ab- und der Zuluft der Serversysteme erreicht werden konnte. Aus technischen Gründen konnte die Temperatur der Zuluft nicht über 25 °C angehoben werden; die Temperatur auf der heißen Seite liegt im Sommer bei ca. 30 °C und im Winter bei ca. 28 °C. Dieser Messwert wird zusammen mit der Temperatur des Luftstroms der Klimaanlage in ein Netzverwaltungssystem auf der Basis von Nagios (Barth, 2011) eingespeist; Überschreitungen des Grenzwertes werden der IT-Administration signalisiert. Aufgrund der Bedeutung der Serversysteme wurde zusätzlich eine separate Meldelinie auf die zentrale Störmeldeanlage der Universität aufgeschaltet.

Bedingt durch neue Anforderungen der Anwender ergaben sich jedoch auch zu den Einsparbemühungen gegenläufige Entwicklungen. So stieg die Zahl der Arbeitsplatz-Computer zwischen 2006 und 2012 um ca. 50 Prozent an. Einsparungen, die mit dem Ersatz von Röhrenmonitoren durch Flachbildschirme einher gingen, wurden an einigen Stellen durch die Bestückung von Arbeitsplatzrechnern mit mehreren Bildschirmen deutlich reduziert. In ähnlicher Weise ergaben sich zwar Gewinne durch den Austausch älterer PCs durch solche mit effizienteren Netzteilen – dafür wurden an einer Reihe von Arbeitsplätzen leistungsstarke Serversysteme mit hoher Leistungsaufnahme als Arbeitsplatzrechner aufgestellt, um steigenden Anforderungen an die Rechenleistung bei umfangreichen Berechnungen gerecht zu werden. Die Höhe dieser Rebound-Effekte kann an dieser Stelle nicht näher beziffert werden, dürfte aber nicht unerheblich sein.

5.9.2 Technisch-organisatorische Maßnahmen: Heizung

Nachdem während der initialen Phase des Projekts eine Reihe von suboptimalen Einstellungen an den Heizanlagen aufgefallen waren, wurde eine Strategie zur Optimierung der Steuerungen entwickelt. Die Zeiten für die Nachtabsenkung an Wochentagen bzw. Samstagen und Sonntagen wurden in der Institutskonferenz zusammen mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern

festgelegt und in den Programmen der Heizungssteuerungen entsprechend konfiguriert. Feiertage gelten dabei als Sonntage. Während der Schließzeiten etwa über Weihnachten und den Jahreswechsel wird die Heizung im Hauptgebäude durchgängig auf Sonntag eingestellt; im Hörsaal wird sie vollständig ausgeschaltet. Die Hörsaalheizung wird während der Frühjahrs-Semesterferien ebenfalls ausgeschaltet, wobei zunehmend gelegentliche Einzelveranstaltungen eine Überprüfung der Temperaturen und ggf. ein Einschalten der Heizung für ein bis zwei Tage notwendig machen. Berücksichtigt werden sollte, dass durch die Abschaltung der Heizungen nicht nur Gas bzw. Wärme gespart wird, sondern auch in nicht unerheblichem Umfang elektrische Energie.

Um Fehlbedienungen der Heizkörperthermostatventile im Hauptgebäude zu verringern, wurde in einem partizipativen Prozess festgelegt, die Thermostatventile in institutsöffentlichen Räumen auf maximal 3 entsprechend 20 °C oder 21 °C je nach Typ des Thermostatventils zu begrenzen; für die Büroräume fand eine solche Maßnahme keinen Konsens.

Die im Hörsaalgebäude ursprünglich flächendeckend verwendeten Ventilköpfe der Fa. Heimeier verfügen über Markierungs- bzw. Sicherungsstifte, die das unnötiges Aufdrehen über einen bestimmten Punkt hinweg verhindern sollen. Diese Stifte sind allerdings eher als Erinnerungsstütze gedacht und nicht sonderlich gut gegen Missbrauch und Vandalismus geschützt. Nachdem in der ersten Zeit Stifte wiederholt entfernt oder abgebrochen und die Ventile maximal aufgedreht worden waren, wurden die Heimeier-Ventilköpfe in öffentlichen Bereichen durch MNG-Ventilköpfe aus dem Hauptgebäude ersetzt, die verdeckt arretiert werden können. Weitere Probleme mit diesen Köpfen sind weder im Haupt- noch im Hörsaalgebäude bekannt geworden.

In drei während des Semesters nicht kontinuierlich genutzten Seminarräumen wurden Ende 2008 zeitgesteuerte Thermostatventilköpfe vom Typ Honeywell HR 40 verbaut. Die Wahl fiel auf dieses Gerät, weil der Unterschied in der Bedienung zu den normalen Thermostatventilen recht gering ist. Neben der Zeitautomatik kann es auch manuell, und zwar über ein Stellrad und nicht über Tasten, bedient werden. Allerdings ist der Drehsinn gegenüber den manuellen Varianten vertauscht: Während diese üblicherweise durch Drehen nach links höher gestellt werden (analog zu *Wasserhahn auf*), so ist dies bei zeitgesteuerten Thermostatventilen mit Drehknopf meist umgekehrt (analog zu *Lautstärke hoch*). Auf diesen Unterschied wird durch Aufkleber hingewiesen. Die Zeitprogramme wurden anhand des Belegungsplanes so eingestellt, dass einerseits der Spareffekt bei unverändertem Komfort möglichst groß war und andererseits mög-

lichst selten Korrekturen erforderlich wurden. Einzelveranstaltung mussten manuell nachgetragen werden; eine Anbindung an ein Netzwerk war mit dieser Technik nicht möglich. Insbesondere während der Wintersemester wurde im Rahmen der personellen Kapazitäten versucht, die Zeitprogramme möglichst gut mit der gelegentlich wechselnden Belegung der Räume zu synchronisieren. Während des Projekts ergab sich, dass zeitgesteuerte Thermostatventile gegenüber der üblichen manuell bedienten Variante zwei gewichtige Vorteile aufweisen. Erstens stellen sie sicher, dass die Räume während der programmierten Zeiten tatsächlich warm sind. Zweitens neutralisieren sie manuelle Eingriffe beim nachfolgenden Schaltzeitpunkt und verhindern dadurch die bei manuellen Ventilen infolge der Wahl extremer Einstellungen auftretenden Probleme: Eine zu hohe Einstellung wird zu einem späteren Zeitpunkt automatisch reduziert, und eine zu niedrige Einstellung, die dazu führen könnte, dass das Aufheizen des Raumes zu lange dauert, wird ebenfalls korrigiert. Im Prinzip sind auch mit manuellen Thermostatventilen Begrenzungen möglich, allerdings nicht mit demselben hohen Grad an Flexibilität.

Deutlich flexibler sind funkgesteuerte Thermostatventile, die über eine Zentraleinheit verwaltet werden können. Ein solches System (*MAX!*, <http://www.eq-3.de/max-heizungssteuerung.html>) befindet sich seit Februar 2013 als Ersatz der Geräte vom Typ Honeywell HR 40 in der Testphase. Hierbei kommunizieren die Thermostatventilköpfe per Funk mit einer Zentraleinheit (*Cube*), die ihrerseits am lokalen Netzwerk angeschlossen ist und mit einem normalen Internet-Browser über das Datennetz bzw. das Internet angesteuert werden kann. Ein Cube kann in Abhängigkeit von der Funkreichweite mehrere Thermostatventilköpfe steuern. Ein großer Vorteil ist die bidirektionale Kommunikation zwischen Thermostatventilen und Zentraleinheit und die damit verbundene Möglichkeit, die aktuelle Raumtemperatur über das Web-Interface abzufragen. Zudem wird eine manuelle Veränderung der Einstellung an einem Thermostatventil automatisch an das zweite Geräte in demselben Raum propagiert. Damit geht eine Erleichterung der Bedienung und eine automatische gleichmäßige Belastung der Heizkörper einher. Es ist angedacht, das System an das für die Verwaltung der Raumbelagungen in der Universität eingesetzte System HIS LSF anzubinden.

Zur Überwachung und Qualitätssicherung werden in einer Reihe von Veranstaltungsräumen, darunter im zentralen Hörsaal, die Temperaturen mittels elektronischer Logger vom Typ Voltcraft DL-100T aufgezeichnet. Die Daten werden mehrmals im Jahr ausgelesen und archiviert. Damit konnten gerade in der Anfangsphase des Projekts Hinweise auf notwendige Justierungen der Schaltzeiten sowie auf Fehlfunktionen und Fehlbedienungen gewonnen werden.

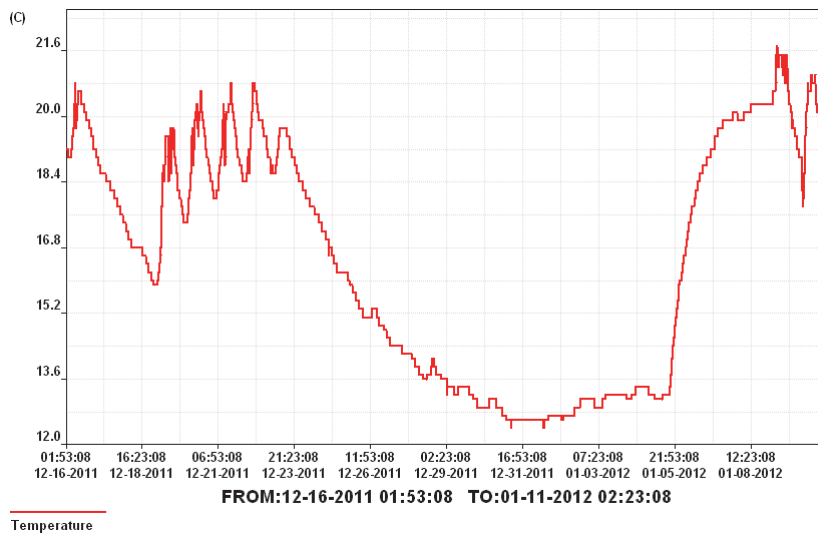


Abbildung 25. Temperaturverlauf im großen Hörsaal Psychologie über den Jahreswechsel 2011/12: Deutlich sichtbar ist das Abfallen der Temperatur während der Schließzeit infolge des Ausschaltens der Fußbodenheizung und der kurze, rasche Anstieg zur Vorbereitung auf die ersten Nutzungstage Anfang 2012.

Abbildung 25 zeigt den Temperaturverlauf im Hörsaal vor, während und kurz nach der Schließzeit über den Jahreswechsel 2011/12.

5.9.3 Verhaltensorientierte Maßnahmen

Wie eingangs des Kapitels erwähnt war und ist ein wesentlicher Aspekt des Projekts *Nachhaltige Energieeffizienz* die Kombination technischer, organisatorischer und verhaltensorientierter Maßnahmen zur Energieeinsparung. In diesem Abschnitt werden die dem letztgenannten Bereich zuzurechnenden, in den Jahren 2006 bis 2013 durchgeführten Maßnahmen und ihr Zusammenhang mit den anderen beiden Bereichen dargestellt.

5.9.3.1 Appelle, Online-Prompts, Energiepartner, Info-Mails: Eine kleine empirische Studie

Erste verhaltensorientierte Maßnahmen wurden im Rahmen einer Qualifikationsarbeit durch eine Gruppe von Studierenden Ende 2006 eingeleitet (Bonnal, Engel & Kempfen, 2007)²². Diese Arbeit wird nachfolgend referiert. Ihr Fokus lag auf aktionsspezifischen Ansätzen zur Änderung des energierelevanten Verhaltens der Institutsangehörigen. Es wurden sowohl verhaltenserzeugende Techniken (strukturfokussiert: Wettbewerb; personenfokussiert: Wissensvermittlung, ar-

²² Die Betreuung dieses Experimentalpraktikums lag seinerzeit in den Händen von Dr. Nikol Rummel, inzwischen Professorin an der Ruhr-Universität Bochum. Der Verfasser der vorliegenden Arbeit war u. a. in die Entwicklung der Online-Prompts eingebunden.

gumentative Persuasion, Aufforderungen) als auch verhaltensfördernde Techniken (situationsfokussiert: Erinnerungshilfen, Appelle bzw. Prompts, Feedback; verbreitungsfokussiert: Partizipation, Teambildung) eingesetzt und und evaluiert (Mosler & Tobias, 2007; vgl. Abb. 13 auf Seite 82 und Abb. 14 auf Seite 86). Mit dem Ziel einer Überprüfung der Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen & Madden, 1986; s. Abbildung 6, S. 61) wurden in einer Fragebogenstudie verschiedene Komponenten des Energiesparverhaltens an einer Stichprobe von Studierenden und Mitarbeitern des Instituts vor und nach den Interventionen dokumentiert.

Die Zielgruppe bestand in erster Linie aus den Mitarbeitenden des Instituts, aber auch die Studierenden wurden mit einzelnen Maßnahmen angesprochen. Als Zielverhalten wurden das Nutzen des Ruhezustands bzw. das Ausschalten und Trennen vom Stromnetz der Arbeitsplatz-PCs samt Peripherie, das Ausschalten der Beleuchtung bei Verlassen des Raumes sowie die Nutzung des Tageslichts, das sinnvolle Einstellen und das Herunterdrehen der Thermostatventile bei Arbeitsende und die Vermeidung von Kippfenstern adressiert.

B E G E H U N G I	F R A G E B O G E N	Experimentelle Phase			B E G E H U N G I	F R A G E B O G E N
		KG	----	Kl. & Entw. Psy.		
		Prompt	„Online-Prompt“	Reha. Psy.		
		Partner	„Energie-Partner“	Allg. Psy.		
		Appell	Appelle	Soz. Psy. & Meth.		
		Mail	Info-Mail mit Tipps	Päd. Psy. & A&O Psy.		

Abbildung 26. Experimentelles Design der Studie Bonnal et al. (2007, S. 14).

Abbildung 26 zeigt das dem Experiment zugrunde liegende Design. Zu Beginn und am Ende der experimentellen Phase wurden jeweils Daten in Form eines Fragebogens zu den Komponenten der Theorie des geplanten Verhaltens erhoben und das tatsächliche Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer des Gebäudes in einer Begehung des Instituts erfasst. Dabei wurden nicht geschlossene Fenster, die Einstellungen der Heizkörperthermostate und die Betriebszustände von Arbeitsplatz-PC und Peripherie notiert.

Eine Experimentalgruppe (*Mail*) erhielt Informationen mit anschaulichen und konkreten, auf das Gebäude zugeschnittenen Energiespartipps per E-Mail. Hier wurde von einem Einfluss auf die Komponenten der Verhaltenskontrolle und der Einstellung in der Theorie des geplanten Verhaltens ausgegangen.

Für die zweite Gruppe (*Appelle*) wurden Räume, insbesondere auch die Büros, mit etlichen Appellen versehen, die die Form kleiner Hinweisschildchen hatten und an diejenigen Geräte geheftet wurde, auf die sich der jeweilige Hinweis bezog. Auch hier wurde ein Einfluss auf die Einstellungskomponente sowie aufgrund der Verbindung der Appelle mit den Geräten ein relativ hoher Einfluss auf die wahrgenommene Verhaltenskontrolle erwartet (s. Abbildung 27 und Abbildung 28).



Abbildung 27. Beispiel für einen Appell an das Herunterdrehen der Heizung (Foto: Verf.).

In der dritten Gruppe (*Partner*) wurden Energiespartteams gebildet, bei denen Energie-Partner in Form von Dyaden sich gegenseitig auf mögliche Nachlässigkeiten und Verbesserungsmöglichkeiten beim energiesparenden Verhalten aufmerksam machen sollten. Damit sollte eine Veränderung des Verhaltens über die Komponente der subjektiven Norm erreicht werden.

In der vierten Gruppe (*Prompts*) kamen Online-Prompts zur Anwendung, die beim täglichen Anmelden am PC als auf den jeweiligen Tag und die zugehörige Wettervorhersage zugeschnittene Energiespartipps auf dem Bildschirm angezeigt wurden (s. Abbildung 29 und Abbildung 30). Angedacht war auch, Rückmeldungen in Bezug auf den tatsächlichen Energie-

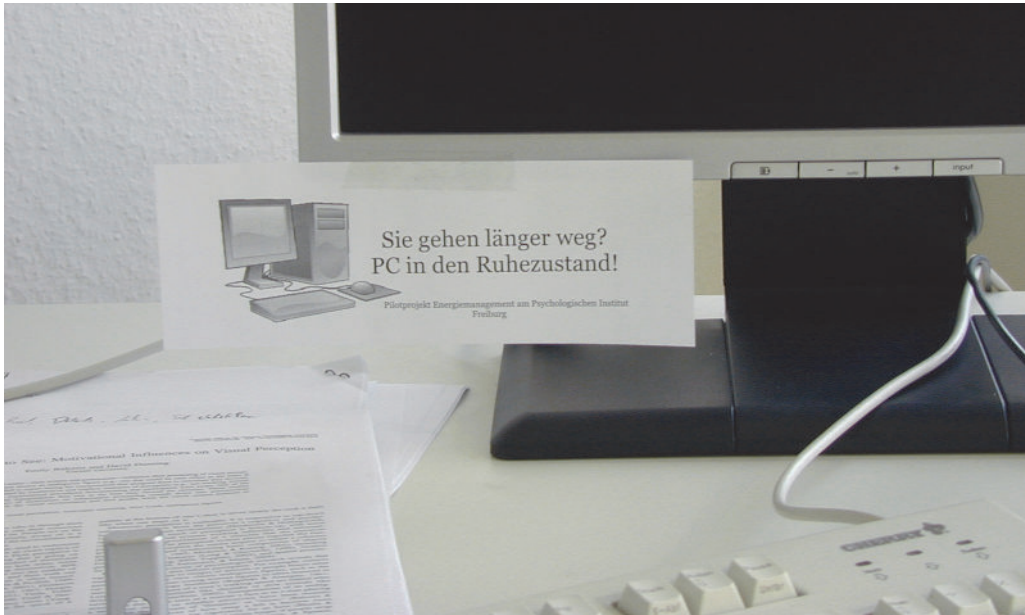


Abbildung 28. Beispiel für einen Appell an das Versetzen des PCs in den Ruhezustand (Foto: Verf.).

verbrauch zu integrieren. Dieser Interventionstyp zielte auf die Einstellung, die subjektive Norm und die wahrgenommene Verhaltenskontrolle.

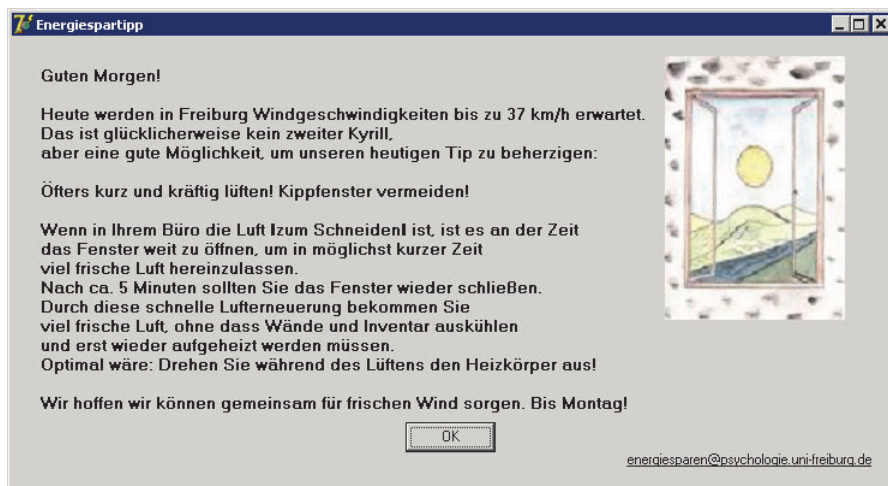


Abbildung 29. Beispiel für einen Online-Prompt zum Stoßlüften (Bonnal et al., 2007, Anhang, S. 58).

Die Experimentalgruppen wurden verschiedenen Stockwerken des Hauptgebäudes des Instituts zugeordnet; ein Stockwerk diente als Kontrollgruppe. Von Vorteil war, dass die Stockwerke bis auf einzelne Quernutzungen relativ homogen von den einzelnen Abteilungen belegt waren. Dennoch konnte eine Konfundierung von Stockwerk und Zugehörigkeit zu einer Experimental-

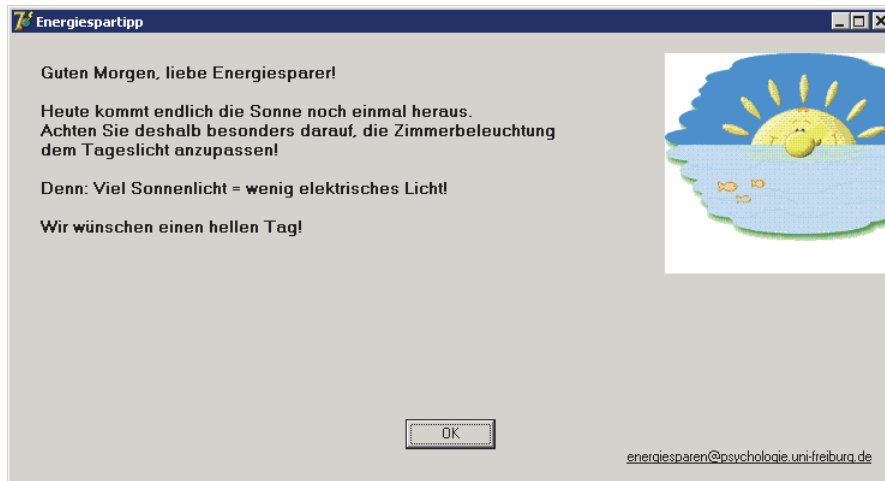


Abbildung 30. Beispiel für einen Online-Prompt zur Beleuchtung (Bonnal et al., 2007, Anhang, S. 60).

gruppe nicht ausgeschlossen werden, ebenso wenig wie eine Treatment-Diffusion durch die verschiedenen gleichzeitig in demselben Haus stattfindenden Interventionen.

Es wurde erwartet, dass sich alle Experimentalgruppen sowohl im Stromverhaltensverhalten als auch im Heizverhalten im Zuge der Interventionen verbessern würden. Als Ergebnis wird in Bezug auf den Stromverbrauch berichtet, dass sich diejenige Gruppe, an die lediglich eine einzige E-Mail mit Informationen verschickt wurde (*Mail*), im Zuge der Intervention sogar verschlechterte – möglicherweise aufgrund einer Verärgerung über die Art des Treatments. Alle anderen Gruppen konnten sich verbessern, wobei die Gruppe *Prompt* die besten Ergebnisse zeigte gefolgt von der Gruppe *Partner*. Für die Kontrollgruppe *KG* und die Gruppe *Appelle* ergaben sich ebenfalls positive, jedoch weniger starke Effekte. Bei der Betrachtung des Heizverhaltens ergaben sich ähnliche, jedoch deutlich geringere Tendenzen, die in der Auswertung keine signifikanten Ergebnisse lieferten und möglicherweise jahreszeitliche bzw. witterungsbedingte Ursachen hatten.

Im Fragebogen wurde eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen genannt, insbesondere Rückmeldungen zum Stromverbrauch, zu Hinweisschildern, Begrenzungen der Thermostatventile, Einschränkungen der Fahrstuhlnutzung, Einbau von Bewegungsmeldern, einer Photovoltaikanlage auf dem Dach, Einsatz von Energiesparlampen, Zeitschaltuhren sowie Energiespareinstellungen der Arbeitsplatz-PCs.

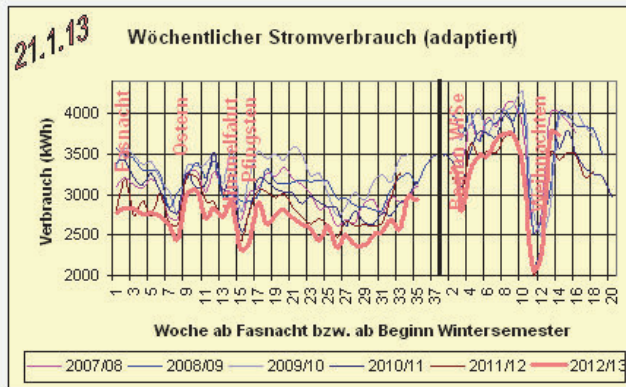
Zusätzliche Aktionen richteten sich speziell an Studierende. Darunter war ein eigens gedrehter Film, der zunächst auf den Hintergrund des Projekts und unter Bezug auf das Rahmenprojekt der Universität auf die monetären Anreize hinwies. Da die Studie in eine Phase fiel, in der die erwirtschafteten Prämien den Studierenden in Form von verlängerten Öffnungszeiten des PC-Pools oder durch direkte Incentives zugute kamen, war dies für die Studierenden ein besonders relevanter Aspekt. Soziale Modelle zeigten im Film auf humorvolle Art Möglichkeiten zur Energieeinsparung und regten so zu eigenen energiesparende Verhaltensweisen an. Der Film wurde unter anderem in Lehrveranstaltungen gezeigt und durch das Verteilen von Handzetteln mit Energiespartipps sowie dem Aufruf zu einem Energiesparwettbewerb ergänzt. Im Rahmen dieses Wettbewerbs wurde ein Büchergutschein für den besten neuen Energiespartipp ausgelobt. Für die Preisverleihung konnte der Sprecher des Instituts gewonnen und dadurch die Unterstützung von Seiten der Leitung des Instituts deutlich gemacht werden.

5.9.3.2 Informationen und Öffentlichkeitsarbeit

Institutsangehörige konnten sich im Rahmen des Projekts über verschiedene Kanäle zum sparsamen Umgang mit Energie und über den Fortgang des Projekts informieren. Mindestens wöchentlich wurden die Informationen und Verbrauchswerte des Projekts im Internet unter <http://www.psychologie.uni-freiburg.de/energieeffizienz/> aktualisiert (s. Abbildung 31). Im Foyer des Hauptgebäudes wurde an gut sichtbarer Stelle ein Plakat im Format DIN A0 angebracht, das in regelmäßigen Abständen, zumeist wöchentlich, aktualisiert wurde (s. Abbildung 32). Insbesondere an die Studierenden richtete sich ein Faltblatt (s. Abbildung 33), das als Bestandteil des Energiesparpaketes (s. a. Abschnitt 5.9.3.5, S. 132) verteilt wurde.

Bei besonderen Anlässen wie der Überweisung der Prämie oder jahreszeitlichen Anliegen wurden die Institutsangehörigen per E-Mail angeschrieben. Aktuelle Entwicklungen aus dem Projekt wurden in Sitzungen wie etwa der Institutskonferenz präsentiert. Zum Bereich Öffentlichkeitsarbeit gehörten Projektpräsentationen im Rahmen lokaler Tagungen und Sitzungen von Universitätsgremien ebenso wie die Beratung anderer Institute.

Projekt Nachhaltige Energieeffizienz - Überblick



- Wir sind registriert als Referenzprojekt der



- Jahr 2011: 8.556 € Prämie (50 %) 26 % weniger Energie** gegenüber Referenz (3.8.12)
- Vergangene Kalenderwoche: **1 % weniger Strom** gegenüber Vorjahr (7.1.13)
- Monat Dezember 2012: **19 % weniger Strom** gegenüber Referenzmonat (2.1.13)
- Wir brauchen **Ihre Rückmeldung** zu technischen Defekten und zur Verbesserung dieser Seiten:

energieeffizienz@psychologie.uni-freiburg.de

Unter dem Motto **"Technik UND Verhalten optimieren"** werden an den **Gebäuden in der Engelbergerstr. 41** seit Oktober 2006 viel versprechende Wege für eine **effizientere Nutzung u.a. der Energieträger Strom, Gas und Wärme** erprobt. Neben **technisch orientierten Maßnahmen** werden auch **Konzepte** aus der Forschung zur Umweltpsychologie eingesetzt. Das Projekt läuft vorerst bis 31.12.2015.

Bezogen auf die Referenz (Mittelwert 2003-2005) **fiel der Stromverbrauch im Dezember 2012 um -19 %**; bezogen auf den Vergleichsmonat des Vorjahres ergibt sich eine Reduktion von -3 %. Seit September 2010 liegen die Monatverbräuche in der Regel unterhalb des jeweiligen Minimums der Jahre 2005-2009.

Bei der **Heizenergie** betrug die Einsparung in Bezug auf die Referenz im **2. Quartal 2012 -36 %** (ohne Witterungsbereinigung: Einsparung -27 %). Im **1. Quartal 2012** waren es **-25 %** (witterungsbereinigt) bzw. 21 % (ein Bezug beider Gebäude auf die Referenz ist nur quartalsweise möglich). Für das **1. Halbjahr 2012** ergeben sich Einsparungen von **-27 %** (witterungsbereinigt) bzw. 22 %.

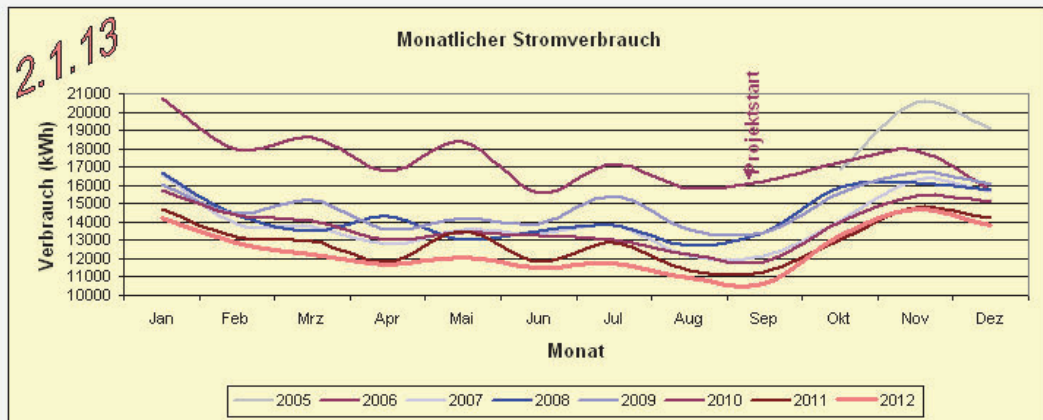


Abbildung 31. Homepage des Projekts *Nachhaltige Energieeffizienz*

Projekt „Nachhaltige Energieeffizienz“ 2013

Michael Stumpf, Hans Spada, Michael Scheuermann
<http://www.psychologie.uni-freiburg.de/energieeffizienz>

Problem in 2005: 46.000 € Energiekosten im Institut mit stark steigender Tendenz

Ziele

- Effizientere Nutzung von Energie durch bedarfsorientierten Einsatz und Verzicht auf unnötige Verbräuche
- Erwirtschaftung einer Prämie
- Schärfung des Umweltbewusstseins
- Vorreiterrolle innerhalb der Universität
- Nachhaltigkeit in Forschung und Lehre

Methoden

- Technische und organisatorische Maßnahmen (z.B. kleinere Investitionen, energieoptimierter Betrieb der Gebäude)
- Verhaltensorientierte, psychologisch fundierte Maßnahmen (Informationen, Aufforderungen, Rückmeldungen, Belohnungen u.a.)

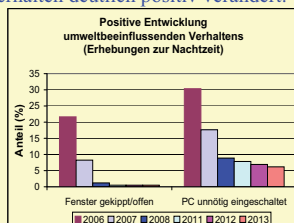
Umsetzung

- Verantwortungsvoller Umgang mit Strom und Wärme (siehe Spartipps)
- Beschaffung energiesparender Geräte
- Optimierung der Steuerungssysteme (Licht, Heizung usw.)
- Einsatz energiesparender (Haus-)Technik
- Umgehende Behebung von Defekten

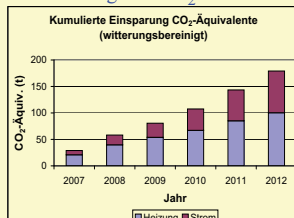
Ergebnis 2007 – 2012: Im Mittel 23 % weniger Energieverbrauch

Einsparungen insgesamt bislang: 715.000 kWh Energie, 180 t CO₂ und 71.000 €

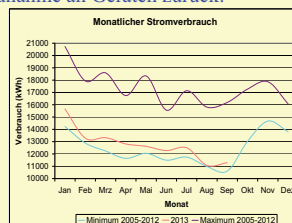
- Die Nutzerinnen und Nutzer haben ihr Verhalten deutlich positiv verändert:



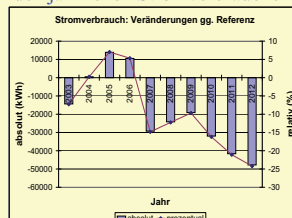
- Der niedrigere Energieverbrauch hilft bei der Vermeidung von CO₂:



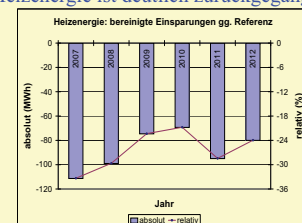
- Der Stromverbrauch ging trotz einer Zunahme an Geräten zurück:



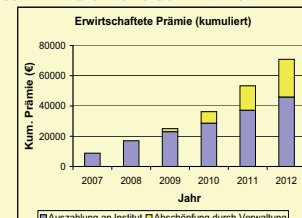
- Es ergeben sich erhebliche Einsparungen bei den jährlichen Stromverbräuchen:



- Der witterungsbereinigte Verbrauch an Heizenergie ist deutlich zurückgegangen:



- Der Rückgang gegenüber der Referenz bestimmt die Höhe der Prämie:



Spartipps

Strom

- Licht ausschalten, sobald es nicht mehr erforderlich ist - beim Verlassen des Raums immer
- PC nach Arbeitsende in Ruhezustand versetzen oder ausschalten; dann vom Stromnetz trennen (Zwischenschalter!)
- Alle Drucker und Kopierer abends ausschalten
- „Jalousie zu, Licht an“ durch passende Lamellenstellung vermeiden
- Nur noch Geräte mit Energiesparzertifikat kaufen
- Netzwerkdrucker anstelle von Arbeitsplatzdruckern einsetzen

Heizung während der Heizperiode

- Am Veranstaltungsende alle Fenster schließen, Heizung auf 2 stellen
- Nur Stoßlüften: Heizung zu, Fenster kurz ganz auf, kein „Dauerkippen“ (auch nicht in WCs)
- Heizung abends auf max. 2, tagsüber max. 3 einstellen

Allgemein

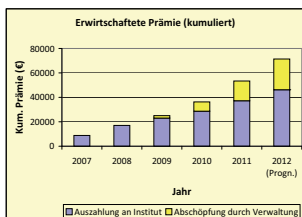
- Defekte melden an hausmeister@psychologie.uni-freiburg.de (abgedrehte warme oder aufgedrehte kalte Heizkörper, Dauerlicht, defekte Fenster, ...)

Einbettung des Projekts

- Rahmen-Projekt „Dezentrale Monetäre Anreize zur Energieeinsparung“ des Arbeitskreises Nachhaltige Universität Freiburg
- Laufzeit: 1.7.2006 – 30.12.2016; URL: <http://www.nachhaltige.uni-freiburg.de>
- 50% der Einsparungen gegenüber der Referenz (Mittelwert der Jahre 2003–2005) gingen bis 2013 an das Institut.

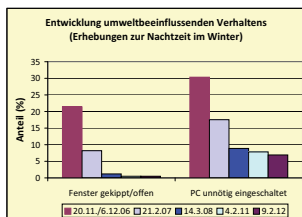
Abbildung 32. Poster zur Information der Institutsmitglieder (Erdgeschoss des Hauptgebäudes; Stand Herbst 2013).

Aufgrund des im laufenden Jahr nochmals gesunkenen Stromverbrauchs dürfte die Prämie 2012 über der für 2011 liegen.



5.2 Erfolge in Bezug auf das Nutzungsverhalten

In der kalten Jahreszeit wurde im Rahmen nächtlicher Begehungen aller Räume wiederholt protokolliert, ob die Fenster geschlossen, elektrische Geräte ausgeschaltet bzw. vom Netz getrennt waren und ob Zwischenschalter bzw. schaltbare Steckdosenleisten eingesetzt und verwendet wurden. Über die Zeit konnten dabei deutliche Änderungen des Nutzungsverhalten beobachtet werden. So ging der Anteil nachts geöffnete Fenster und im Dauerbetrieb laufender PCs drastisch zurück:



1. Vorbemerkung

Mit diesem Falblatt möchten wir Sie über das seit Herbst 2006 am Institut laufende Projekt *Nachhaltige Energieeffizienz* informieren und gleichzeitig um Ihre Unterstützung bitten.

In Zeiten drohender Klimaveränderungen, steigender Energiepreise und knapper Kassen ist das Ausloten aller Möglichkeiten zur Reduzierung klimaschädlicher Faktoren – wie CO₂ einerseits und finanzieller Belastungen andererseits – eine grundlegende gesellschaftliche und wirtschaftliche Verpflichtung. Universitäten kommt dabei unter anderem eine wichtige Multiplikatorfunktion zu.

2. Projektrahmen

Das Projekt *Nachhaltige Energieeffizienz* am Institut für Psychologie geht zurück auf eine Initiative der Stabsstelle Umweltschutz der Universitätsverwaltung sowie des Arbeitskreises *Nachhaltige Universität*, die mit ihrem Rahmenprojekt *Dezentrale monetäre Anreize zur Energieeinsparung (DezMon)* vor allem finanziell wenig aufwändige Maßnahmen und Verhaltensänderungen fördern und deren Akzeptanz untersuchen möchten. Zentrales Anliegen ist dabei, Energie effizienter zu nutzen und insbesondere Verbräuche zu reduzieren, auf die ohne Verlust an Arbeitsmöglichkeiten und Komfort verzichtet werden kann.

Zurückgehende Verbräuche werden in *DezMon* mit einer Prämie belohnt. Zur Berechnung wird zunächst aus dem mittleren Verbrauch der Jahre 2003-2005 („Referenz“), dem witterungs bereinigten aktuellen Verbrauch und dem aktuellen Preis einer Energieeinheit die monetäre Einsparung ermittelt:

$$\text{Einsparung} = (\text{Verbrauch}_{\text{Ref}} - \text{Verbrauch}_{\text{akt. berein.}}) \times \text{Preis}_{\text{akt}}$$

Die Hälfte der von uns erwirtschafteten Einsparung erhalten wir derzeit als Prämie, der Rest verbleibt bei der Verwaltung. Wesentliche Eckpunkte der Projektstrategie beziehen sich darauf, dass weniger der erhobene Zeigefinger im Zentrum steht, sondern aktuelle Informationen und konkrete Hinweise

6. Was können Sie als Studierende am Institut beitragen?

Als Studierende können Sie viel zum Energiesparen und zum Erfolg des Projekts beitragen, denn Studierende sind zahlreich und über viele Stunden am Institut anwesend. Eine Reihe von PCs werden zumeist nur von Ihnen verwendet; außerdem sind Sie tagtäglich in den Veranstaltungsräumen unterwegs und können die Lehrenden wirkungsvoll dabei unterstützen, die Räume energetisch sinnvoll zu nutzen. Folgende Verhaltensweisen sind dabei besonders wichtig und nützlich:

- **Fenster** beim Verlassen eines (Veranstaltung-)Raumes **schließen**, nicht dauerhaft gekippt lassen (auch nicht in WCs, die ohnedies über eine mechanische Lüftungsanlage verfügen).
- **Heizkörperthermostatventile sinnvoll einstellen**: bei Abwesenheit auf „2“ herunterregeln; max. auf „3“ einstellen (niedrigere Einstellungen als „2“ erschweren das Aufheizen für die nächste Nutzung).
- Während der Heizperiode generell **nur stoßlüften**: Heizung auf „*“, Fenster öffnen; danach Fenster zu, Heizung auf „2-3“; Heizung auf „*“, Fenster öffnen; danach Fenster zu, Heizung auf „2-3“; Heizung auf „*“, Fenster öffnen; danach Fenster zu, Heizung auf „2-3“; Heizung auf „*“, Fenster öffnen; danach Fenster zu, Heizung auf „2-3“;
- **Licht generell ausschalten** beim Verlassen von Räumen, WCs usw.
- **Nicht benutzte PCs und Peripheriegeräte ausschalten** (z. B. in CIP-Pool und Bibliothek); schaltbare Steckdosen bzw. Zwischenschalter nutzen.
- **In studentischen Arbeitsbereichen**, z. B. im Fachschaftshäuschen, **mit Energie verantwortungsbewusst umgehen**.
- **Technische Defekte** (Heizung abgedreht/Heizkörper heiß, Dauerlicht usw.) **rasch melden** an hausmeister@psychologie.uni-freiburg.de.
- **Verbesserungsvorschläge** bitte an energieeffizienz@psychologie.uni-freiburg.de.

Table 3: Effektive Möglichkeiten zur Energieeinsparung

7. Projektbeteiligte

Das Projekt wird getragen von einer Arbeitsgruppe des Instituts, der neben Prof. Dr. Hans Spada, Dipl.-Math. Michael Stumpf (Federführung) und Dr. Michael Scheuermann auch Studierende aus dem Kreis der Fachschaft angehören.

Von Seiten der Universitätsverwaltung sind Dr. Marcus Siefert (Klimaschutzmanager der Universität), Dr. Jürgen Steck (Stabsstelle Umweltschutz) sowie das Technische und das Kaufmännische Gebäudemanagement involviert. Wir danken zudem der Energieagentur des Landes Nordrhein-Westfalen für die freundliche Unterstützung.



Nachhaltige Energieeffizienz

am Institut für Psychologie
der Universität Freiburg

<http://www.psychologie.uni-freiburg.de/energieeffizienz>

den ohnedies umweltbewussten Studierenden sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern beim Energiesparen helfen sollen.

3. Maßnahmen

Energiesparmaßnahmen können nach ihrer Häufigkeit (einmalig vs. wiederholt) und nach ihren Akteuren (dezentrale/r Nutzer/in vs. zentrale Technik) in vier Kategorien eingeteilt werden, die sich bzgl. des notwendigen Aufwandes und ihrer Effektivität deutlich unterscheiden:

	zentral	dezentral
einmalig	Einstellung der Steuerungen von Licht und Heizung	Einsatz von schaltbaren Steckdosenleisten
wiederholt	Umstellung Sommer-/Winterzeit; Feiertage	Licht und PC ausschalten, Heizung herunterdrehen, Fenster schließen

Table 1: Dimensionen der Handlungen mit einzelnen Beispielen

Erfahrungsgemäß sind einmalige, zentral vorzunehmende Maßnahmen besonders effektiv und rasch wirksam.

In einem ersten Schritt wurden daher am Institut nach einer Bestandsaufnahme zunächst Optimierungen der Steuerungen von Heizung und Allgemeinbeleuchtung vorgenommen. Danach wurden alle Energie verbrauchenden Bereiche nach ihrem Bedarf klassifiziert; für dabei besonders relevante Gruppen wurden Interventionen eingeleitet. Dies betraf etwa PCs (Dauerbetrieb, Stand-by-Verbrauch), Lüftungsverhalten in den Büros, Beleuchtungen, Boiler und Lebensmittelautomaten. Auch wurde die Beheizung des Hörsaalgebäudes besser an die tatsächlichen Belegungszeiten angepasst.

Wiederholt dezentral von den Nutzerinnen und Nutzern auszuführende Handlungen sind zwar relativ schwer zu initiieren und noch schwerer dauerhaft in Routinen zu überführen, stellen aber dennoch eine wichtige Grundlage des Erfolgs dar. Im Rahmen einer Lehrveranstaltung führte eine Gruppe Studierender im Wintersemester 2006/07 dazu eine Reihe von Interventionen zu Energie sparenden Verhaltensweisen durch.

4. Umweltpsychologischer Hintergrund

Der fachlichen Ausrichtung des Instituts folgend liegt der Schwerpunkt des Projekts weniger auf der technischen als auf der verhaltenswissenschaftlichen Seite. In der umweltpsychologischen Forschung der letzten Jahre hat sich ein weitgehender Konsens bzgl. einer Strategie zur Initiierung und dauerhaften Verankerung von Verhaltensänderungen herausgebildet:

- Positive Einstellung fördern: Vertrauen schaffen, motivieren, durch Persönlichkeit und Qualität der Argumente überzeugen.
- Aktivierung der positiven Einstellung der Beteiligten.
- Wissen vermitteln durch anschauliche, verständliche Informationen möglichst mit Bezug zu Vorerfahrungen.
- Barrieren abbauen, Handlungsmöglichkeiten schaffen (z. B. schaltbare Steckdosenleisten).
- Handlungsmöglichkeiten offensiv aufzeigen: „richtiges Handeln“ mit „richtigem Bewusstsein“; konkrete, praktikable und erfolgversprechende Tipps; Einsatz von Multiplikatoren.
- Verhaltensanreize: u. a. wirtschaftliche Anreize.
- Moralische Wertschätzung.
- Unterstützung bei der Umsetzung, z. B. durch soziale Netzwerke.
- Erkennen positiver Konsequenzen, z. B. durch konkrete, aktuelle und relevante Rückmeldungen.

Table 2: Effektive Maßnahmenkomponenten

5. Wichtige Ergebnisse und Erfolge

5.1 Einsparungen und Prämien

In den Jahren 2007-2011 wurden in den Gebäuden des Instituts in der Engelbergerstraße gegenüber der Referenz witterungsbereinigtem Mittel über 20 % Energie eingespart - insgesamt 146.000 kWh Strom und 449.000 kWh Heizenergie mit einem CO₂-Äquivalent von 140 t und Kosten von ca. 55.000 €. Die Prämien für das Institut summieren sich auf ca. 39.000 €. Mit diesen Mitteln wurden bislang u. a. ein „Umwelttag“, Hilfskraftstunden sowie „Energiesparpakete“ finanziert, die an die Studierenden verteilt wurden und in einer praktischen, weiter verwendbaren, nachhaltigen Box neben Informationen zum Energiesparen eine hochwertige Energiesparlampe sowie einen Zwischenstecker mit Schalter enthielten.

Abbildung 33. Falblatt zur Information insbesondere der Studierenden über ihre spezifischen Möglichkeiten zur Energieeinsparung am Institut.

5.9.3.3 Durchführung eines Umwelttages

Auf Anregung der Fachschaft wurde am 4.12.2007 ein sog. Umwelttag durchgeführt, der ein eingeladenes Positionsreferat, mehrere parallele Workshops zu verschiedenen einschlägigen Themen sowie eine Posterausstellung kombinierte (s. Tabelle 5). Die Finanzierung der Veranstaltung erfolgte aus der Energiesparprämie. Insgesamt nahmen über 100 Personen an dieser Veranstaltung teil; eine Dokumentation findet sich unter der URL <http://www.psychologie.uni-freiburg.de/umwelttag>.

Tabelle 5

Beiträge zum Umwelttag 4.12.2007 (ohne Postersession).

Referenten	Thema
Prof. Dr. Hans Spada, Institut für Psychologie, Universität Freiburg	Einführung
Prof. Dr. Andreas Ernst, Center for Environmental Systems Research, Universität Kassel	„Wandelt sich das Klima und der Mensch nicht?“
Prof. Dr. Gisela Böhm, Univ. Bergen, Norwegen	„Klimawandel: Risikowahrnehmung und Verhalten“
Dipl.-Psych. Sebastian Götz, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg	„Energiesparen im Haushalt durch Feedback des eigenen Verbrauchs“
Dr. Anja Peters, Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe	„Warum fährt Otto N. das falsche Auto? Energieeffizienz und Autokauf - psychologisch gesehen“
Dr. Chantal Ruppert-Winkel & Dipl.-Forst- u. Umweltwiss. Järmo Stablo, Zentrum für Erneuerbare Energien (ZEE) der Universität Freiburg	„Von Erneuerbaren Energien bis Energieverbrauchsverhalten oder: die Kunst vernetzt zu denken“
Dipl.-Math. Michael Stumpf & Dr. Jürgen Steck, Institut für Psychologie / Stabsstelle Umweltschutz der Universität Freiburg	„Energiesparen im Hochschulbereich: Verhalten, Technik, Methoden, Ergebnisse“

5.9.3.4 Norm- und rückmeldungsbezogene Elemente

Für die Heizperiode 2012/13 wurde ein kombiniertes Interventionsinstrument entwickelt, das gezielt das Heizverhalten anspricht und zugleich auf Einsparmöglichkeiten beim Stromverbrauch hinweist. Es sollte entweder an einer Pinnwand aufgehängt oder –in der Mitte horizontal geknickt– auf dem Tisch aufgestellt werden können, grafisch ansprechend und in beiden Szenarien wirkungsvoll sein. Das Instrument sollte zugleich eine Basis für eine ähnliche Aktion in der gesamten Universität inkl. des Klinikums darstellen.

Bei der Gestaltung wurden Elemente aus drei vorliegenden, in anderen Projekten entwickelten Energiesparthermometern aufgegriffen und weiterentwickelt, darunter aus dem Projekt Change

(Matthies et al., 2011), dem Aufsteller der Universität Tübingen (s. Abbildung 34) und dem Türhänger des Umweltministeriums des Landes Baden-Württemberg (s. Abbildung 35). Anders als bei den genannten Energiesparthermometern wurde jedoch eine Einteilung des Folienthermometers mit 1 K anstelle einer solchen mit 2 K verwendet, weil die Anzeige ansonsten für den angestrebten Zweck der Rückmeldung über die aktuelle Raumtemperatur zu ungenau erschien.



Abbildung 34. Zwei Beispiele für Energiesparthermometer.



Abbildung 35. Türhänger des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg.

Die Freiburger Variante stellt zudem eine Kombination verschiedener Komponenten dar, darunter einige, die auf der Basis psychologischer Theorien integriert wurden. Die beim Aufstellen auf dem Tisch und beim Aufhängen in der richtigen Orientierung sichtbare Vorder- bzw. Unterseite enthält einige Informations-, Appell- und Rückmeldeelemente. Die Rückseite des Auf-

stellers bzw. die obere Hälfte des aufgehängten Instruments enthält eine wahrnehmungspsychologisch interessante Kombination eines normalen und eines verfälschten Fotos (Variante der sog. Thatcher-Täuschung; vgl. Fishedick & Havener, 2010; Thompson, 1980). Beim Aufhängen an einer Pinnwand sieht man das unverfälschte Foto mit einer positiven Nachricht („Ich mache mit!“), ohne sogleich die Verfremdung im zweiten, auf dem Kopf stehenden Bild zu erkennen. Die Rückseite des geknickten, auf dem Tisch platzierten Aufstellers zeigt das verfälschte Gesicht als Fratze zusammen mit der negativen Nachricht „Wozu Energie sparen?“. Die Aufsteller wurden von der Druckerei der Universität auf glattem Visitenkartenkarton mit 350 g/m² hergestellt, der hinreichend stabil war, aber noch gut geschnitten und geknickt werden konnte.

Im Einzelnen enthält der Aufsteller die folgenden Elemente:

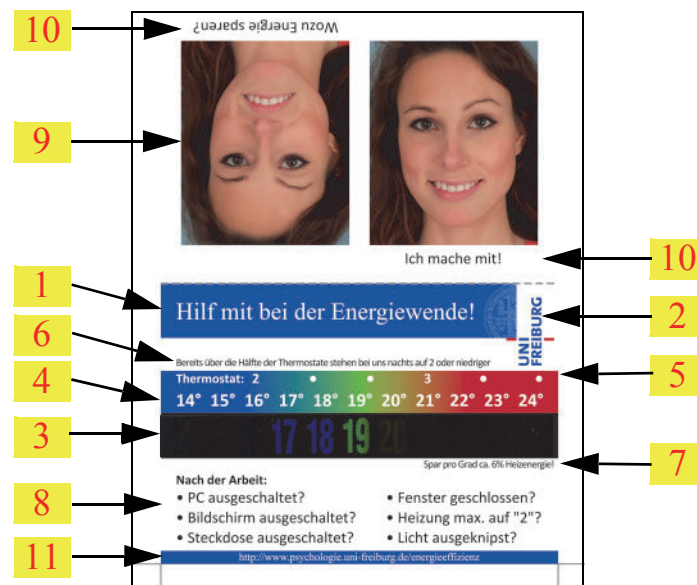


Abbildung 36. Elemente des Energiesparthermometers des Projekts *Nachhaltige Energieeffizienz*

- (1) *Appell* zur Mitarbeit: „Hilf mit bei der Energiewende!“ im Kopf des Aufstellers.
- (2) CD-konforme Gestaltung: Verwendung des aktuellen Corporate Designs (CD) inkl. des Logos der Universität (Vermittlung von *Seriosität*).
- (3) *Rückmeldung/Feedback* zur aktuellen Raumtemperatur: Integration eines Folienthermometers mit temperatursensitiven Flüssigkeitskristallen (thermochromic liquid crystals, TLC) in einer Stufung in 1 K im Bereich 14-24 °C zur Rückmeldung über die aktuelle Raumtemperatur. Von Vorteil ist die rasche Reaktion von TLC-Thermometern auf Tem-

peraturänderungen. Eine an sich wünschenswerte Skalierung von etwa 16 bis 35 °C mit einer Stufung von 1 K ist am Markt derzeit leider nicht verfügbar.

- (4) Visualisierung des optimalen Bereichs (*injunktive / ought-Norm*, Cialdini et al., 1991; s. a. Schultz et al., 2008): Darstellung eines in Bezug auf den Komfort und den Energieaufwand sinnvollen Temperaturbereiches mittels einer Farbschattierung.
- (5) Konkrete und *handlungsrelevante Informationen*: Wiedergabe der Einstellungsskala, die den im Haus eingesetzten Thermostatventilköpfen (Honeywell / MNG) entspricht.
- (6) Verweis auf die im Haus übliche Verhaltensweisen (*deskriptive / is-Norm*, Cialdini et al., 1991; s. a. Lo, Peters & Kok, 2012).
- (7) *Hinweis* auf Einsparungsmöglichkeiten durch eine niedrigere Einstellung des Heizkörperthermostaten („spar 6 % Einsparung pro Grad weniger“).
- (8) Weitere Energiespartipps: *Prompt* mit einer Aufforderung zum Abschalten von PC, Geräten und Licht sowie zur Einstellung der Heizung auf 2 am Arbeitsende.
- (9) Erregung von *Aufmerksamkeit*: Beim Aufhängen an einer Pinnwand sieht man das unverfälschte Foto mit einer positiven Nachricht („Ich mache mit!“), während die Rückseite des geknickten, auf dem Tisch platzierten Aufstellers das verfälschte Gesicht als Fratze zusammen mit der negativen Nachricht „Wozu Energie sparen?“ zeigt (Thompson, 1980).
- (10) Hinweis auf das Vorbild der jungen Dame beim Energiesparen (*Modellverhalten*, Mosler & Gutscher, 1998).
- (11) Weitere Informationsmöglichkeiten: Verweis auf die Homepage des Projekts im Internet für *weitergehende Informationen* zum Projekt des Instituts.

Der Aufsteller wurde Ende Januar 2013 zusammen mit einem kurzen Anschreiben an alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Instituts verteilt. Erste Ergebnisse einer Begehung zur Nachtzeit Anfang Februar 2013 zeigten, dass in mehr als der Hälfte der Büros Aufsteller auf dem Tisch, einem Regal- oder Fensterbrett standen (s. Abbildung 37) oder an einer Pinnwand hingen – ein erfreuliches Ergebnis. Parallel wurden die Einstellungen der Thermostatventile, die im Bereich zwischen „*“ und „5“ eingestellt werden können, erhoben. Nahezu drei Viertel der Thermostate standen auf energiesparenden Einstellungen (2 oder darunter). Der Mittelwert der Einstellungen in Büroräumen ohne Aufsteller lag bei 1,97 ($sd = 1,16$; $N = 45$), derjenige in Räumen mit Aufsteller bei 1,67 ($sd = 1,13$; $N = 50$), der Unterschied deutet einen Trend an, ist jedoch nicht signifikant. In Anbetracht der relativ guten Ergebnisse könnte sich hier auch ein Bodeneffekt andeuten. Aus dem Kreis der Mitarbeitenden des Instituts gingen zu den Aufstellern durchweg positive Rückmeldungen ein.



Vorderseite

Rückseite

Abbildung 37. Energiesparthermometer des Projekts *Nachhaltige Energieeffizienz* bei Aufstellung auf einem Tisch.

Eine interessante weitergehende Fragestellung könnte sein, ob die an einer Pinnwand angebrachten Aufsteller einen ähnlichen Effekt haben wie die Abbildungen von Augen in der Untersuchung von Bateson, Nettle und Roberts (2006). Dort führte das Anbringen der Abbildungen im Umfeld einer Sammelbox zu einer höheren Einzahlungsrate bei Beiträgen für entnommenen Kaffee.

5.9.3.5 Incentives und weitere Interventionen für die Zielgruppe der Studierenden

Für die Prämie der ersten Projektperiode war festgelegt worden, dass die betreffenden finanziellen Mittel den Studierenden zugute kommen sollten. Entsprechend einem Wunsch der Studierenden wurden daraus die Betreuungszeiten des PC-Pools aufgestockt, um den Pool während zusätzlicher Zeiten offen zu halten und damit für Studierende besser nutzbar zu machen.

In den Jahren 2008 bis 2011 wurden auch Energiesparpakete (s. Abbildung 38) für die Studierenden entwickelt, hergestellt und verteilt. In einer praktischen, weiter verwendbaren, nachhaltigen Box enthielten sie neben einer Darstellung des Projekts (s. Abbildung 33, S. 127) und einer von der Energieagentur Nordrhein-Westfalen zur Verfügung gestellten Informationsbroschüre zum Energiesparen insbesondere ein hochwertiges Energiesparleuchtmittel sowie einen Zwischenstecker mit integriertem Schalter zur Vermeidung von Stand-by-Verbräuchen. Insgesamt wurden diese Energiesparpakete an nahezu 600 Studienanfänger und Absolventen verteilt.

5.9.3.6 Ergänzende Maßnahmen

In der kalten Jahreszeit stellte die Lüftung der WCs im vorderen Bauteil des Hauptgebäudes ein Problem dar. Einerseits ist eine gute Durchlüftung erforderlich, andererseits sind aufgedrehte Heizungen bei gekippten Fenstern eine nicht dauerhaft sinnvolle Kombination, zumal die WCs



Abbildung 38. Elemente des Energiesparpaketes für Studierende im Jahr 2011.

über eine Lüftungsanlage mechanisch entlüftet werden. Zu Beginn des Projekts waren die WC-Fenster in der Regel ständig gekippt. Wenn dann in kalten Nächten die Innentemperatur deutlich unter 10 Grad absank und die Frostschutzeinrichtung den Thermostat öffnete, wurde der Raum trotz abgedrehter Heizung beheizt und gleichzeitig die Wärme über das Kippfenster abgeführt. Eine zunächst durchgeführte Begrenzung der Thermostatventile allein führte daher noch nicht zu einem umfassenden Erfolg. Erst das Anbringen von Aufklebern mit dem Hinweis

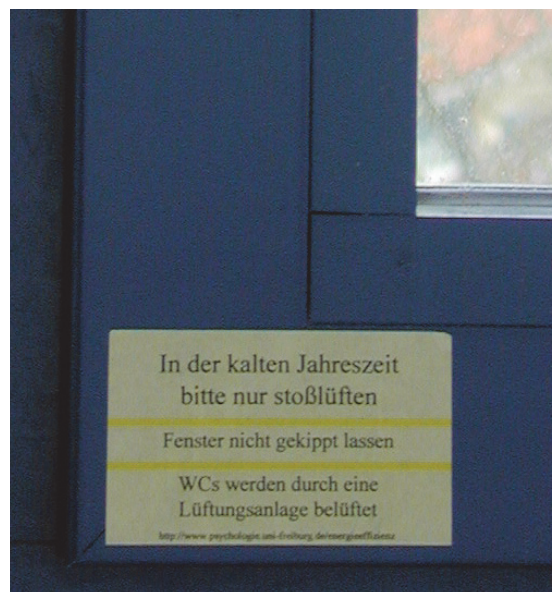


Abbildung 39. Prompt an den WC-Fenstern: Aufforderung, im Winter auch in den WCs Stoßlüften zu praktizieren und die Fenster nicht dauerhaft gekippt zu hinterlassen, um einem Auskühlen der Räume vorzubeugen.

auf die mechanische Lüftung und der Bitte, die Fenster in der kalten Jahreszeit nicht dauerhaft gekippt zu hinterlassen (s. Abbildung 39), verbesserte die Situation deutlich. Nachdem der erste Winter zufriedenstellend verlaufen war, wurde überlegt, die Aufkleber im Frühjahr zu entfernen, um einem Gewohnheitseffekt entgegenzuwirken und der in der wärmeren Jahreszeit anderen Situation Rechnung zu tragen. Zudem schien es plausibel, im darauffolgenden Herbst mit neuen Aufklebern neue Aufmerksamkeit erregen zu können. Da sich die Entfernung der Aufkleber aber als relativ aufwändig herausstellte, wurde darauf verzichtet. Interessanterweise änderte sich das Verhalten der Institutsmitglieder im darauffolgenden Winter nicht in der befürchteten Weise, sondern gekippte Fenster in den WC-Räumen sind in der kalten Jahreszeit seither nur noch in Ausnahmefällen anzutreffen. An dieser Stelle konnte offenbar erfolgreich der Erwerb einer neuen, den Sommer überdauernden Gewohnheit bewirkt werden.

5.9.4 Einsatz von Prämienmitteln für klimabezogene bauliche Maßnahmen

Aus Mitteln des Energiesparprojekts wurde eine Reihe von Maßnahmen durchgeführt, um den Hitzeeintrag in das Gebäude zu verringern bzw. vorhandene Wärme abzuführen. Das Ziel der Investitionen war damit nicht die zusätzliche Erschließung von Energiesparpotenzialen, sondern ein aus der Energiesparprämie finanzierter Beitrag zur Reduzierung der Beeinträchtigung der Nutzung durch hohe Temperaturen im Gebäude während der Sommerzeit – dies nicht zuletzt, um den Einbau von teuren und viel Energie verbrauchenden Klimaanlage zu vermeiden.

Weil am Hauptgebäude im Bereich der Seminarräume im Gegensatz zu den Büros kein außenliegender starrer Sonnenschutz vorhanden ist, heizen sich diese Räume im Sommer bei entsprechender Sonneneinstrahlung stark auf. Dieses Phänomen wurde dadurch verstärkt, dass der bewegliche außenliegende Sonnenschutz durch einen Windwächter bei entsprechenden Windgeschwindigkeit hochgefahren wurde, dann aber in der Oben-Stellung verblieb. Besonders problematisch war dies bei dem Computer-Pool im ersten Obergeschoss, in dem die PCs und Monitore zusätzliche Wärmequellen darstellten. Im Rahmen eines Pilotprojekts wurde dieses Problem mittels einer automatisch gesteuerten Nachtauskühlung angegangen. Zur Nutzung der relativ hohen Unterschiede zwischen den nächtlichen Innen- und Außentemperaturen wurden Kippfenster eingebaut, die bei Vorliegen entsprechender Bedingungen automatisch geöffnet und geschlossen werden können.

In den Seminarräumen wurde diese Problematik mittels einer über Funk wirkenden Schaltuhr angegangen, die den Sonnenschutz in den einzelnen Stockwerken zu bestimmten Zeiten herunterfährt. Während der kalten Jahreszeit wird der ggf. nachmittags für eine Beamerprojektion he-



Abbildung 40. Elektrisch verstellbare Kippfenster zur Nachtauskühlung im PC-Pool (halb geöffnet).

runtergefahrenen Sonnenschutz am nächsten Morgen wieder hochfahren, um mögliche thermische Gewinne nutzen zu können.

In ähnlicher Weise ist das vordere Treppenhaus mit seiner durchgehenden nach Osten orientierte Glasfläche von der sommerlichen Aufheizung betroffen. Die hier entstehenden hohen Temperaturen strahlen auch auf die Seminarräume und die Flure aus. Zur Realisierung einer Nachtauskühlung wurden die Oberlichter, die als motorisch zu öffnende Rauchabzugsklappen von der Brandmeldeanlage angesteuert werden können, mit einer Schaltuhr versehen. Diese öffnet die Oberlichter in den frühen Morgenstunden und schließt sie wenige Stunden später wieder. Zur Vermeidung von Schäden infolge Witterungseinflüssen wurde ein Wind-Regen-Wächter nachgerüstet.

Noch in der Diskussion befindet sich eine Nachrüstung der Verglasung des vorderen Treppenhauses mit einer Wärmeschutzfolie. Die Frage, ob deren Nachteile wie leichte Verdunkelung und reduzierter Wärmeeintrag im Winter die Vorteile überwiegen, ist Gegenstand von entsprechenden Überlegungen. Zunächst soll allerdings der durch die Nachtauskühlung des Treppenhauses erreichbare Effekt bewertet werden.

Während der Sommerzeit liegen zudem die Fenster der Flure des hinteren Bauteiles im Einflussbereich der im Nordosten aufgehenden Sonne. Zur Reduzierung des Wärmeeintrags wurde in den drei oberen Stockwerken ein innenliegender Sonnenschutz nachgerüstet, der in derselben Art ausgeführt wurde wie in den Büros auf der Nordseite des Gebäudes. Weitere Maßnahmen zur Erhöhung des Komforts im Gebäude sind in Planung.

5.10 Ergebnisse und Diskussion

Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Datenbasis dargestellt, die zur Bewertung der in den vorangehenden Abschnitten genannten Interventionen herangezogen werden kann. Anschließend werden die Ergebnisse des Projekts anhand von Veränderungen des Verhaltens der Nutzer und anhand von Veränderungen der tatsächlich angefallenen Verbräuche erläutert. Abschließend werden diese Ergebnisse zusammengefasst, aufeinander bezogen diskutiert und Schlussfolgerungen gezogen.

5.10.1 Datengrundlage

Für die Bewertung der im Projekt getroffenen Maßnahmen stehen von 2003 bis heute fortlaufend Daten aus verschiedenen Quellen zur Verfügung. Zum einen sind dies *Verbrauchsdaten* mit unterschiedlicher Auflösung (bis einschließlich 2005 jährlich, teilweise auch monatlich; ab 2006 in der Regel wöchentlich). Bei den üblichen monatlichen oder gar jährlichen Ablesungen gehen viele Effekte unter oder werden nur undeutlich sichtbar, wie etwa solche infolge von Feiertagen und Beginn bzw. Ende von Vorlesungszeiten oder der Auswirkungen von Interventionen; insbesondere ist eine Betrachtung einzelner Effekte damit kaum möglich. Die seit längerem praktizierte wöchentliche Auflösung ermöglicht einerseits eine relativ gute Identifikation solcher Einflüsse und andererseits den Vergleich von Vorlesungszeiten verschiedener Jahre untereinander. Eine weitere Datenquelle sind die laufend geführten *Protokolle* über energierelevante Ereignisse, seien es Optimierungen, Störungen oder Baumaßnahmen. Wichtige projektrelevante Punkte werden in die Chronik aufgenommen, die auf der Homepage des Projekts einsehbar ist²³. Hinzu kommen stichprobenartig sowie in bestimmten Abständen flächendeckend erhobene *Verhaltensdaten* (eingeschaltetes Licht, nicht geschlossene Fenster, Einstellungen der Heizkörperthermostate und die Betriebszustände von Arbeitsplatz-PCs und Peripherie). Anhand der für mehrere Jahre verfügbaren Verhaltens- und der Verbrauchsdaten können nicht zuletzt auch Betrachtungen zu Langzeiteffekten angestellt werden.

5.10.2 Veränderungen des Verhaltens

Zu Beginn des Projekts führten Bonnal et al. (2007) im Zeitraum 2006/2007 eine kleine empirische Studie durch. Dabei ergab sich in Bezug auf das im Rahmen von Begehungen erfasste und für die Auswertung als z-Werte in einem *Stromscore* zusammengeführte *Stromverhaltensverhalten* (Licht, Ausschalten von PC, Bildschirm und Peripherie am Arbeitsende, Vermeidung von Stand-by-Verlusten durch schaltbare Steckdosenleisten oder Zwischenstecker mit Schalter)

²³ <http://www.psychologie.uni-freiburg.de/zentrale.einrichtungen/energieeffizienz/ergebnisse/Chronik>

ein signifikanter Effekt der eingesetzten Interventionen. In Bezug auf die Hypothese, dass sich das Stromsparverhalten vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt (MZP) in Abhängigkeit von der Intervention unterschiedlich verändern würde, ergab sich ein signifikantes Ergebnis für den Interaktionseffekt ($F(4,1) = 2,808; p = .027$) und für den Faktor Messzeitpunkt zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt ($F(1) = 11,890, p = .001$). Mit Ausnahme der Gruppe *Mail*, die nur eine einmalige Informationsmail erhielt und die sich etwas verschlechterte, verbesserten sich alle Gruppen inkl. der Kontrollgruppe. Der Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten war bei der Gruppe *Prompt* am höchsten; zudem erzielte diese Gruppe zum Messzeitpunkt 2 den weitaus besten Wert. Die Gruppe *Partner* startete bereits auf einem sehr guten Niveau und konnte sich nachfolgend nur noch leicht verbessern. Die Veränderung in der Kontrollgruppe war relativ groß und sogar noch etwas höher als diejenige der Gruppe *Appelle*. In Bezug auf den *Umgang mit Wärmeenergie* (offene Türen, Vermeidung von dauerhaft gekippten Fenstern in der kalten Jahreszeit, sinnvolle Einstellung der Heizkörperthermostate und Herunterdrehen bei Abwesenheit) fanden sich in dieser Studie keine signifikanten Ergebnisse; die Kontrollgruppe verschlechterte sich jedoch als einzige Gruppe. Die größten Verbesserungen zeigten sich bei den Gruppen *Prompt* und *Partner*. Die besten Ausgangswerte und eine geringfügige Verbesserung fand sich bei der Gruppe *Appelle*. In der Gruppe *Mail* fand sich keine nennenswerte Veränderung; die Werte dieser Gruppe waren zudem zu beiden Messzeitpunkten die schlechtesten. Insgesamt wurden die in der Gruppe *Prompt* eingesetzten Online-Prompts als sehr erfolgversprechend eingeschätzt. Die Treatments *Appelle* und *Partner* erwiesen sich ebenfalls als recht erfolgreich. Als problematische Merkmale dieser Studie werden u. a. eine Konfundierung zwischen Stockwerk und Experimentalgruppe und eine Treatment-Diffusion infolge der Kommunikation innerhalb des Instituts genannt. Die deutliche Verbesserung der Kontrollgruppe könnte etwa durch statistische Regression zur Mitte oder durch personelle Veränderungen erklärbar sein.

In den Jahren 2007 bis 2013 folgte eine Vielzahl weiterer Maßnahmen (s. a. Abschnitt 5.9.3, S. 119f), deren Effekt auf das Verhalten der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch Stichproben sowie in größeren Abständen systematisch durch Vollerhebungen überprüft wurde. Der erreichte Stand wird nachfolgend dargestellt; er kann insgesamt als gut bezeichnet werden (vgl. Abbildung 41).

Die Anzahl der in der kalten Jahreszeit im Zuge der Erhebungen vorgefundenen *dauerhaft gekippten Fenster* ist weiter zurückgegangen. Während ihr Anteil zu Beginn des Projekts noch bei

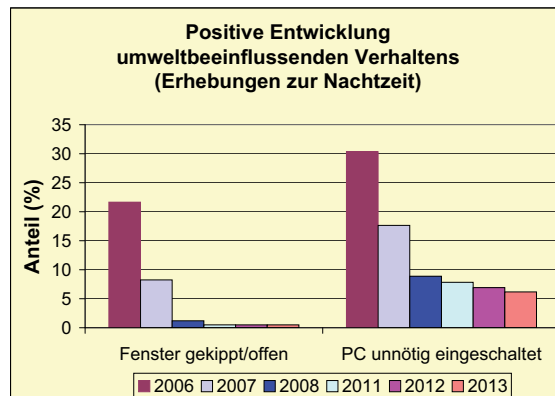


Abbildung 41. Positive Langfristeffekte des Projekts: Kaum noch Kippfenster, deutlicher Rückgang nachts eingeschalteter PCs.

mehr als 20 Prozent lag, so ging dieser in den Folgejahren drastisch auf einen Wert von unter einem Prozent zurück und verharrt seither dort. In den Begehungen ab dem Jahr 2011 wurde jeweils nur noch eines von etwa 200 Fenstern gekippt vorgefunden und dies in einem WC, in dem die Heizung abgedreht war; alle übrigen Fenster waren erfreulicherweise geschlossen.

Wie die Vollerhebungen gezeigt haben, werden die *Heizkörperthermostate* in der Regel sinnvoll eingestellt und befinden sich nachts überwiegend auf einer Einstellung im Bereich kleiner oder gleich 2.

In den letzten beiden Jahren wurde bei den nächtlichen Begehungen im Gegensatz zu Projektbeginn in keinem der verlassenen Räume mehr *eingeschaltetes Licht* vorgefunden. Zu beobachten ist jedoch tagsüber, dass nicht in jedem Fall beim Verlassen eines Raumes die Beleuchtung ausgeschaltet wird.

Die Zahl der zum Arbeitsende nicht ausgeschalteten, *rund um die Uhr betriebenen PCs* konnte von 30 Prozent auf 5 Prozent der insgesamt weit über 200 PCs reduziert werden. Wie sich aus Rückmeldungen ergeben hat, bleiben die verbleibenden PCs oft nur deshalb eingeschaltet, damit sie von zuhause aus zugänglich sind. Zumindest ein Teil dieser Arbeiten könnte vermutlich alternativ auf dem Terminalserver des Instituts durchgeführt werden, was den Dauerbetrieb der Arbeitsplatzrechner entbehrlich machen würde. Diese Situation legt individuelle Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz des Terminalservers nahe.

Zur Vermeidung von stand-by-Verbräuchen wurde seit 2007 die Verwendung von *schaltbaren Steckdosen bzw. Zwischensteckern mit integrierten Schaltern* dringend empfohlen und teilweise

wurden diese Hilfsmittel kostenlos angeboten. Ein großer Teil der Arbeitsplatzcomputer und Monitore wurde nachfolgend mit derartigen Einrichtungen versehen. Über die Jahre zeigte sich jedoch, dass insbesondere Steckdosenleisten, bei denen der Schalter im Gehäuse integriert ist, zunehmend geringer genutzt wurden; bei den letzten Erhebungen war die Mehrzahl dieser schaltbaren Steckdosenleisten eingeschaltet und somit wirkungslos. Auffällig hoch war ihr Anteil an relativ unzugänglichen Stellen, z. B. unter dem Schreibtisch. Die oberhalb des Schreibtischs am Brüstungskanal platzierten Zwischenstecker mit Schalter wurden zu einem wesentlich höheren Prozentsatz genutzt. Durch die fortschreitende Technik war in den letzten Jahren ein deutlicher Rückgang der stand-by-Verbräuche der PC-Monitor-Kombinationen von etwa 10-20 W (seinerzeit normaler PC mit Röhrenbildschirm) auf Bereiche von 1-2 Watt (heutiger sparsamer PC mit Flachbildschirm und automatischer Abschaltung) zu verzeichnen. Die mit einer Vermeidung dieser geringen Verbräuche einhergehenden Einsparungen lassen die Installation von Steckdosen und Zwischenschaltern bei Amortisationszeiten von mehr als zwei Jahren nicht mehr durchgehend wirtschaftlich erscheinen; bei einer unregelmäßigen Nutzung sind sogar noch längere Zeiträume für eine Amortisation erforderlich. Aktuell wird daher größeres Augenmerk der energiesparenden Verwendung der Geräte, insbesondere einer unter energetischen Gesichtspunkten günstigen Konfiguration der Energiesparoptionen sowie der konsequenten Verwendung von stand-by-Modus bzw. Ruhezustand gewidmet.

5.10.3 Veränderungen bei den Verbräuchen und Energiekosten

Die Rückgänge bei den Verbräuchen und Kosten waren relativ hoch. Der gesamte Energieverbrauch der beiden vom Projekt betreuten Gebäude des Instituts konnte während der Jahre 2007 bis 2012 gegenüber der Baseline bei geringen Schwankungen um durchschnittlich etwa 23 Prozent reduziert werden. Es konnten 16,4 % Strom und 26,4 % Wärmeenergie entsprechend 194 MWh bzw. 521 MWh (s. Abbildung 42) eingespart werden, insgesamt also 715 MWh. Mit dieser Energiemenge könnte man etwa zwei Dutzend älterer freistehender Einfamilienhäuser ein Jahr lang mit Strom und Heizenergie versorgen. Die erwirtschafteten Einsparungen bei den Energiekosten belaufen sich gemäß der Prämienberechnung auf insgesamt nahezu 71.000 €, von denen 46.000 € an das Institut zur freien Verwendung überwiesen wurden (s. Abbildung 43 für eine Entwicklung der Prämie über die Jahre 2007-2012). In Bezug auf CO₂-Äquivalente konnte eine Einsparung von ca. 180 t CO_{2eq}²⁴ erzielt werden.

²⁴ Die Angabe in CO_{2eq} bezieht sich in Bezug auf den Stromanteil auf den bundesdeutschen Strommix.

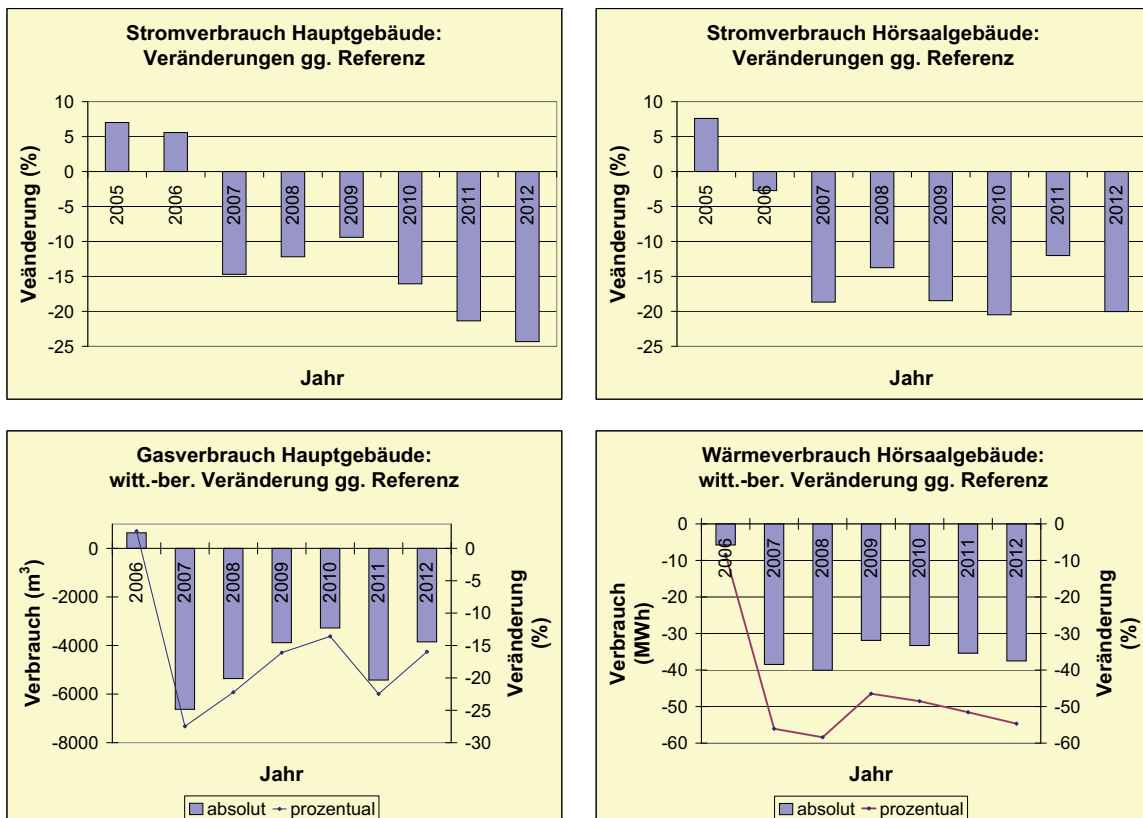


Abbildung 42. Verlauf der Einsparungen bei den Verbräuchen an Strom (obere Zeile) bzw. Heizenergie (untere Zeile) in den beiden Gebäuden im Zeitraum 2005-2012 (Projektbeginn war Herbst 2006).

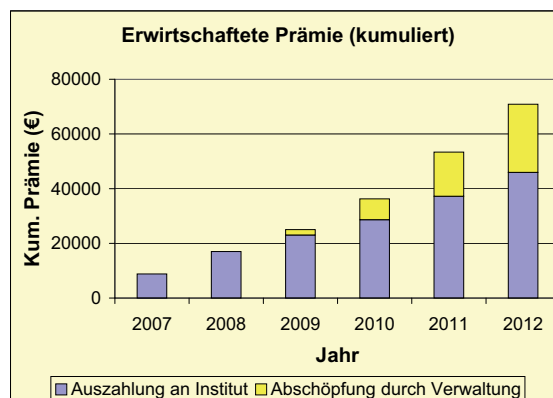


Abbildung 43. Verlauf der erwirtschafteten Prämien. Bislang wurden Einsparungen von ca. 71.000 € erzielt, von denen ca. 46.000 € an das Institut ausgezahlt wurden; 25.000 € verblieben bei der Verwaltung.

Legt man für die Bewertung der Einsparungen beim Stromverbrauch nicht die Baseline, also den Mittelwert der Jahre 2003–2005, sondern den Verbrauch im unmittelbar vor dem Beginn des Projekts liegenden Jahr 2005 zugrunde, so ergeben sich um fünf bis sechs Prozentpunkte höhere Werte – der Stromverbrauch lag im Jahr 2012 immerhin 29 Prozent unter dem des Jahres 2005. Besonders interessant ist der Bruch des über mehrere Jahre zu beobachtenden Trends eines steigenden Stromverbrauchs durch das Projekt: Waren früher Steigerungsraten von sieben Prozent pro Jahr zu verzeichnen, so ergab sich zuletzt ein gegenläufiger Trend mit einer Reduktion von 6 bis 7 Prozent pro Jahr.

5.10.4 Diskussion

Entsprechend ihrer jeweiligen Zweckbestimmung verfügen die beiden vom Projekt erfassten Gebäude über unterschiedliche technische Ausstattungen, werden unterschiedlich genutzt und im Projekt unterschiedlich behandelt. So sind im Hörsaalgebäude die Eingriffsmöglichkeiten für die Nutzer eher gering: Nur in den wenigen und kleinen Büroräumen sind normale Heizkörperthermostatventile verbaut. In den Seminarräumen wird die Temperatur über zeitgesteuerte Heizkörperthermostatventile geregelt; eine manuelle Verstellung ist unabhängig davon weiterhin möglich. Die Temperatur im Hörsaal wird in Abhängigkeit von Innen- und Außentemperatur geregelt und von einer Schaltuhr gesteuert. Die dort erzielten Einsparungen dürften in hohem Maße auf technische und organisatorische Maßnahmen zurückgehen. Im Gegensatz dazu haben technisch-organisatorische Maßnahmen im Hauptgebäude zwar sicherlich auch einen gewissen Anteil an den Einsparungen, aber gerade im Bereich Strom ist von einem erheblichen Einfluss des Nutzerverhaltens auszugehen.

In Bezug auf das Nutzerverhalten konzentrierte sich die Arbeit im Projekt auf folgende wesentliche Punkte, die zugleich als Zielverhaltensweisen definiert wurden: (1) Das Ausschalten von PCs und Peripherie am Arbeitsende, (2) die Vermeidung von Stand-by-Verlusten durch den Einsatz von schaltbaren Steckdosenleisten oder Zwischensteckern mit Schalter, (3) die Verbesserung des Lüftungsverhaltens bzw. die Vermeidung von dauerhaft gekippten Fenstern in der kalten Jahreszeit und schließlich (4) eine sinnvolle Einstellung der Heizkörperthermostate inkl. des Herunterdrehens bei Abwesenheit. In diesen Bereichen konnten gute Ergebnisse erzielt werden. Im Zuge verschiedener verhaltensorientierter Interventionen ging der Anteil der am Arbeitsende nicht ausgeschalteten PCs von 30 Prozent auf ca. 5 Prozent zurück. Schaltbare Steckdosenleisten oder Zwischenstecker mit Schalter sind im Haus weit verbreitet. Während die Nutzung insbesondere von schlecht erreichbaren Steckdosenleisten mit integriertem Schalter

auf einen Wert unter 50 Prozent zurückgegangen ist, werden die meist leichter zugänglichen Zwischenstecker mit Schalter zu einem sehr hohen Prozentsatz am Arbeitsende ausgeschaltet. Der Anteil der bei den Erhebungen vorgefundenen Kippfenster ging von 20 Prozent auf unter 1 Prozent zurück. Die Heizkörperthermostatventile stehen zur Nachtzeit überwiegend auf einem energiesparenden Wert von „2“ oder kleiner.

Der in den Verhaltensdaten festzustellende positive Trend findet seine Entsprechung in den Verbrauchswerten, allerdings sind in den Verbrauchsreduktionen aufgrund der Konfundierung technik- und verhaltensbezogener Einsparungen auch Effekte technischer Maßnahmen enthalten. Verhaltensbezogene und technische Maßnahmen waren im Projekt eng verknüpft – insbesondere war die Rolle technischer Maßnahmen eine doppelte: Einerseits wurde der Gebäudebetrieb durch eine Reihe technischer Maßnahmen optimiert; dadurch konnten die Verbräuche relativ direkt und teilweise in einem abschätzbaren oder sogar berechenbaren Umfang gesenkt werden. Neben die motivierende Funktion solchermaßen zentral durchgeführter Maßnahmen traten vielfältige technische und organisatorische Maßnahmen, die der Ermöglichung oder Erleichterung energiesparenden Verhaltens dienen.

Der Einfluss der Änderungen im Verhalten der Institutsangehörigen auf den Energieverbrauch kann im Prinzip näherungsweise bestimmt werden als Differenz der gesamten Verbrauchsänderungen und der abgeschätzten technisch bedingten Verbrauchsänderungen. Konkret wurde dies für die monetäre Einsparung auf der Basis einer Schätzung der Prämienverteilung entsprechend dem Schema von Schahn (2007) mit seinen zwei Dimensionen *zentral/dezentral* und *einmalig/wiederholt* (s. Tabelle 2, S. 89) für das Jahr 2007 durchgeführt (Stumpf, 2008a); Strom und Heizenergie trugen dabei etwa gleichermaßen zu den gesamten monetären Einsparungen bei. Da gemäß dieser Abschätzung nahezu 30 Prozent der monetären Einsparungen im Bereich *zentral/einmalig* erzielt wurden, sollte dieser Sektor frühzeitig in die Betrachtungen einbezogen werden, zumal hier mit weniger Ansprechpartnern und einer geringen personellen Fluktuation gerechnet werden kann. Mögliche Probleme können in einem gewissen Beharrungsvermögen des Personals liegen und im erforderlichen zusätzlichen Zeitaufwand, der jedoch evtl. in Form von Überstunden ausgeglichen werden könnte. Weitergehende, insbesondere finanzielle Anreize, z. B. eine Beteiligung an ggf. erwirtschafteten Prämien, sind angesichts der rechtlichen Bestimmungen im öffentlichen Dienst nicht unproblematisch (Institut für Energie- und Umweltforschung, 2004). Weiterhin ergab sich, dass 68 % der gesamten (monetären) Einsparungen auf *wiederholte* Tätigkeiten zurückgingen (Strom: 36 %; Wärme: 32 %). Auf *dezentra-*

le, wiederholt ausgeführte Tätigkeiten, mithin auf Änderungen des individuellen Verhaltens der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, gingen 45 % der eingesparten Kosten zurück (Strom: 36 %; Wärme: 9 %).

Auf der Basis dieser Zahlen lässt sich konstatieren, dass das Verhalten der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vor allem auf die durch den Stromverbrauch verursachten Kosten einen hohen Einfluss hatte, während dieser beim Wärmeverbrauch deutlich geringer war. Gründe für den hohen Anteil des Stromverbrauchs liegen zum einen in dem Potenzial, den die dezentrale IT darstellte. Zum anderen erbrachten fortlaufende zentrale, allerdings aufwändige manuell auszuführende Anpassungen der Steuerung der Heizanlagen an Belegungs-, Semester- und Schließzeiten hohe Einsparungen. Beim Wärmeverbrauch waren daher die durch zentral wiederholt ausgeführte Tätigkeiten erzielten Kostenreduktionen mit 23 % deutlich größer, d. h. in diesem Sektor stellte die Haustechnik (Hausmeister, Gebäude- bzw. Energiebeauftragter) einen gewichtigen Faktor dar.

Neben den genannten Ergebnissen gab es einige zusätzliche Nebeneffekte. Das Energiesparprojekt führte zu erhöhter Aufmerksamkeit auf Seiten der mit dem Projekt befassten Personen und der Nutzerinnen und Nutzer gegenüber ungewohnten Ereignissen, die mit dem Sektor Energie und den damit verbundenen technischen Einrichtungen zusammenhingen bzw. damit in Verbindung gebracht wurden. Dies hatte einerseits den positiven Effekt, dass zahlreiche Fehlfunktionen, Störungen und Defekte sehr frühzeitig erkannt werden konnten. Darunter waren Ausfälle der Heizung, defekte Heizkörperventile, defekte Zeitrelais mit der Folge von Dauerlicht in einzelnen Bereichen sowie ein defekter Wärmehähler. Andererseits ergab sich der negative Effekt, dass bei Anomalien im Gebäudebetrieb gelegentlich zuerst an einen möglichen Einfluss des Energiesparprojekts gedacht wurde und zwischen den nun häufiger bemerkten Störungen und den Tätigkeiten im Energiesparprojekt kausale Beziehungen hergestellt wurden. Unerwünschte Einstellungen konventioneller manueller Thermostatventile wurde gelegentlich auf Versäumnisse bei der Einstellung der Zeitprogramme zurückgeführt, da den Nutzern nicht immer präsent war, in welchen Räumen zeitgesteuerte Thermostatventile angebracht waren. Dass „gut gemeint“ nicht zwangsläufig gute Ergebnisse zeitigt, ergab sich bei der manuellen Einstellung der Thermostatventile in Veranstaltungsräumen. Von Seiten des Energiesparprojekts wurde als niedrigste Einstellung bei vorübergehend ungenutzten Räumen die Stufe 2 empfohlen. Stellten Mitarbeitende die Thermostatventile in guter Absicht statt dessen auf Frostschutz (*), so führte dies vereinzelt zu Unmut, weil die Räume nach einigen Tagen ohne Nutzung (und ohne Son-

neneinstrahlung) nicht kurzfristig auf normale Temperaturen erwärmt werden konnten. Dieses Problem trat vor allem in den Übergangszeiten im Hauptgebäude auf, in denen die Außentemperaturgeführte Heizanlage aufgrund relativ hoher Außentemperaturen mit niedrigeren Vorlauftemperaturen arbeitet.

Ein weitere positive Beobachtung war, dass die im Hauptgebäude beheimatete Ambulanz des Institutes eine eigene Energiesparinitiative startete. An allen Heizkörpern in den von der Ambulanz genutzten Räumen im Erdgeschoss fanden sich im Winter 2012/13 Prompts, die zum Herunterdrehen der Heizung beim Verlassen der Räume aufforderten.

5.11 Verbleibende Potenziale, Ausblick

Trotz der Erfolge des Projekts scheinen noch nicht alle Optimierungsmöglichkeiten ausgeschöpft zu sein. Auch wenn nahezu alle Arbeitsplatzrechner nach Arbeitsende ausgeschaltet werden, so bleibt doch noch eine kleine Anzahl von Geräten, die über Nacht in Betrieb sind. Hier ist es vermutlich sinnvoll, die betreffenden Personen anzusprechen, sich nach evtl. vorhandenen Gründen für das Verhalten zu erkundigen und Tipps zu geben. Weitere Potenziale eröffnen die standardmäßig in Windows aktiven Energiesparoptionen, die unter Energiespargesichtspunkten nicht optimal sind. Einer über E-Mail versandten Bitte, die Energieoptionen des PCs sparsamer einzustellen, sind nur sehr wenige Personen nachgekommen. An dieser Stelle ist eine weitere Aktion geplant. Mögliche Varianten wären eine erneute Aufforderung per E-Mail, eine zuvor abgesprochene, zentral vorgegebene Richtlinie oder ein Prompt direkt am Bildschirm, der eine Optimierung der Einstellungen anbietet und diese ggf. auch umsetzt.

Die Nutzung von schaltbaren Steckdosenleisten mit integriertem Schalter ist rückläufig, besonders im Vergleich zu Zwischensteckern mit eingebautem Schalter. Mitte 2011 wurden kostenlose Steckdosenleisten mit abgesetztem, über ein Kabel mit der Leiste verbundenem Schalter angeboten, die jedoch kaum nachgefragt wurden. Auch hier könnte eine weitere Aktion zur Verbesserung der Situation initiiert werden.

Übergreifend über mehrere Institute und Gebäude der Universität ist ein Projekt mit dem Arbeitstitel *Treppe statt Aufzug* geplant. Dabei sollen weniger die eher geringen Möglichkeiten zur Einsparung von Energie als vielmehr der gesundheitliche Aspekt der Treppennutzung in den Vordergrund gerückt werden. Daher ist als einer der Projektpartner auch der *Arbeitskreis Gesunde Universität* der Universität Freiburg vorgesehen.

5.12 Zusammenfassung des Kapitels

In diesem Kapitel wurde das seit 2006 laufende Projekt *Nachhaltige Energieeffizienz* am Institut für Psychologie der Universität Freiburg vorgestellt, das auf der Grundlage eines Prämienprojekts der Universität in zwei Institutsgebäuden eine Kombination technischer und verhaltensorientierter Maßnahmen fokussiert. Minimal investive technische Maßnahmen zielten darin einerseits auf einen energieoptimierten Gebäudebetrieb ab, indem etwa der Betrieb von Beleuchtung oder Heizung stärker an die tatsächliche Nutzung angepasst wurde. Andererseits wurden durch technische Maßnahmen energiesparende Handlungen erleichtert oder gar erst ermöglicht; sie stellten somit notwendige Voraussetzungen energiesparenden Verhaltens seitens der aus Mitarbeitenden und Studierenden bestehenden Zielgruppe dar. Verhaltensorientierte Maßnahmen adressierten u. a. PC-Laufzeiten, Stand-by-Verluste sowie das Lüftungs- und Heizverhalten. Im Sinne der Einteilung von Mosler & Tobias (2007) wurden verschiedene verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken (Anreize, Wettbewerbe, infrastrukturelle Maßnahmen usw.), verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken (u. a. die Vermittlung von System-, Handlungs- und Wirksamkeitswissen, Fokussierung injunktiver Normen), verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken (etwa Erinnerungshilfen, Online- und Offline-Prompts, Poster, Rückmeldungen, Fokussierung deskriptiver Normen) und verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken (Flyer, E-Mails, WWW-Präsenz, Umwelttag, persönliche Kontakte usw.) eingesetzt. Als Grundlage der Bewertung dienten Verbrauchsmessungen und Erhebungen des tatsächlichen Verhaltens der Zielgruppe. In beiden Gebäuden konnten nachhaltige Erfolge erzielt werden, die sich insgesamt in einem um etwa 23 Prozent reduziertem Energieverbrauch und in einer entsprechenden Höhe der erwirtschafteten Prämien widerspiegeln. Auch in Bezug auf die Zielverhaltensweisen konnten gute Erfolge erzielt werden: Rückgang des Anteils der am Arbeitsende nicht ausgeschalteten PCs von 30 Prozent auf ca. 5 Prozent; weite Verbreitung schaltbarer Steckdosenleisten oder Zwischenstecker mit Schalter, wobei deren Nutzung noch gesteigert werden könnte; Rückgang des Anteils der bei den Erhebungen vorgefundenen Kippfenster von 20 Prozent auf unter 1 Prozent; überwiegende energiesparende Einstellung der Heizkörperthermostatventile zur Nachtzeit.

Anhand dieses Projekts wurden in prototypischer Weise der Ablauf, die Gewinnung von Daten für eine Evaluation, Interventionen und ihre Durchführung sowie eine Bewertung dargestellt. Zur Gewinnung weiterer Erkenntnisse wird im folgenden Kapitel eine Reihe anderer einschlägiger Untersuchungen mit psychologischem Hintergrund zum Themenbereich Energiesparen im Hochschulbereich vorgestellt und analysiert.

6 Studien zur Beeinflussung des Energienutzungsverhaltens an Hochschulen – ein integrativer Überblick

6.1 Einleitung

Ein wesentliches Ziel der hier vorliegenden Arbeit stellt die Recherche, Zusammenstellung und Systematisierung von einschlägigen Beiträgen im Hinblick auf einen Überblick über psychologisch fundierte Ansätze zur Beeinflussung des Energienutzungsverhaltens im Hochschulbereich und ihrer Umsetzung in die Praxis dar, aus denen Hinweise auf eine *best practice* für ein Energiesparprojekt im Hochschulbetrieb abgeleitet werden können. Wissenschaftliche, in Publikationen mündende empirische Arbeiten zur Energieeinsparung an Hochschulen, die vor einem psychologischen Hintergrund entstanden sind, sind dabei bislang eher selten (vgl. Matthies & Thomas, 2011). Davon unabhängig ist Energiesparen durch Verhaltensänderungen im weiteren Sinne etwa in der Bundesrepublik Deutschland an den Universitäten Kiel (Bornhauer-Beins, Clemens, Lehmann, Löwe & Paglialonga, 2011; Wibberenz, Reeder & Metasch, 1999), Hamburg (Gottschick, 1999, 2000: Prämienmodell, Umwelt-Teams) und Göttingen (Knöfel, 2010; Nolting, 2000: Prompts, Energiebeauftragte, Energiegespräche), an der Leuphana Universität Lüneburg (Brüggen, 2010, 2012; Palm, Stegen & Brüggen, 2004: CO₂-Ampel, Rückmeldungen u. a.), der Universität Osnabrück (Hloucal, 2009; Universität Osnabrück, 2008, 2010: Mitmachaktionen, Informationen, Werbematerialien u. a.), der Freien Universität Berlin (Wanke, 2012: Prämienmodell) und an vielen weiteren aktuelles Thema.

Als Ergebnis der Recherche werden nachfolgend zwanzig gleichermaßen wissenschaftliche wie praxisrelevante, gut dokumentierte und publizierte Studien vorgestellt, die sich mit der Beeinflussung energiebezogenen Verhaltens im Hochschulbereich durch psychologisch fundierte Maßnahmen befassen. Darunter befindet sich eine Studie, die sich dem Wasserverbrauch in Duschen widmet. Zwölf Studien thematisieren Möglichkeiten zur Erschließung von Einsparpotenzialen beim Stromverbrauch, die zumeist aus nicht ausgeschalteter Beleuchtung resultieren. Interventionen zur Reduzierung des Verbrauchs an Wärmeenergie stehen im Zentrum von drei Studien. Mit Interventionen zur Reduzierung sowohl von elektrischer Energie als auch von Wärmeenergie befassen sich vier Studien. Eine kurze Übersicht findet sich in Tabelle 6, in Tabelle 7 wird die Anwendung verhaltensorientierter Interventionen in den Studien skizziert. Im Anschluss folgen Kurzbeschreibungen der einzelnen Studien, an deren Ende jeweils eine standardisierte Tabelle steht, die wesentliche Elemente und Ergebnisse nach einem einheitlichen Schema zusammenfasst. Zur besseren Vergleichbarkeit und zur Vermeidung drei- oder sogar vierstelliger Prozentangaben für Veränderungen wurden die Originalwerte für die Tabellen

ggf. so umgerechnet, dass sie sich auf umweltschädliches Verhalten (Licht an, Wasser nicht abgedreht, Jalousie falsch eingestellt, Heizkörper abgedeckt usw.) beziehen und nicht auf umweltfreundliches Verhalten (Licht aus, Wasser aus, Jalousie korrekt eingestellt, Heizkörper frei usw.); Erfolge drücken sich somit generell durch Reduktionen und diese wiederum durch negative Werte bei den Veränderungen aus.

Tabelle 6

Betrachtete Studien – ein erster Überblick.

Laufende Nummer; Referenz	Ort / Einrichtung	Zielverhalten
(1) Aronson & O’Leary (1982-83)	University of California, Santa Cruz, USA	Wasser in der Dusche abdrehen
(2) Delprato (1977)	Eastern Michigan Univ., USA	Licht ausschalten (WCs)
(3) Winett (1977-78)	Univ. of Kentucky, USA	Licht ausschalten (Veranstaltungsraum)
(4) McClelland & Cook (1980)	U. of Colorado, Boulder, USA	Licht und Geräte ausschalten (Büros und Veranstaltungsräume)
(5) Luyben (1980)	SUNY Cortland, USA	Licht ausschalten (Veranstaltungsraum)
(6) Luyben (1980-81)	SUNY Cortland, USA	Licht ausschalten (Veranstaltungsraum)
(7) Luyben (1982-83)	SUNY Cortland, USA	Licht ausschalten (Veranstaltungsraum)
(8) Zolik, Jason, Nair & Peterson (1982-83)	DePaul Univ., USA	Licht ausschalten (Veranstaltungsraum)
(9) De Young (1989-90)	U. of Mich., Ann Arbor, USA	Licht ausschalten (öffentliche Bereiche)
(10) Kielmann & Matthies (1998)	Ruhr-Universität Bochum	Licht / Geräte ausschalten
(11) Griesel (2004)	Ruhr-Universität Bochum	Stand-by-Verbräuche vermeiden
(12) Ocejka & Beringuer (2009)	Univ. Madrid, Spanien	Licht ausschalten (Waschraum)
(13) Sussman & Gifford (2012)	Univ. of Victoria, Kanada	Licht ausschalten (Waschraum)
(14) Luyben (1984)	SUNY Cortland, USA	Jalousien im Winter herunterlassen
(15) Staats, Van Leeuwen & Wit (2000)	Leiden, Niederlande	Radiatoren nicht verdecken Thermostatventile identisch einstellen
(16) Hansmeier & Matthies (2007), Hansmeier (2008), Matthies & Hansmeier (2010)	Ruhr-Universität Bochum	Stoßlüften, Heizung abdrehen Möbel abrücken, keine Heizlüfter Fenster und Türen geschlossen halten
(17) Schahn (2004, 2007, 2008)	Universität Heidelberg	Energie-optimierter Betrieb Licht aus, Netzschalter aus
(18) Matthies (2010), Matthies et al. (2011)	Ruhr-Universität Bochum	Licht ausschalten Steckerleiste, PC-Energieoptionen Heizung abdrehen, Stoßlüften
(19) Carrico & Riemer (2011)	vermutlich Vanderbilt University, Nashville, TN, USA	Licht und Geräte ausschalten Heizung herunterdrehen
(20) Stumpf (2008a, 2008b, 2012, 2013)	Universität Freiburg, Institut für Psychologie	Geräte ausschalten, vom Netz trennen Heizung herunterdrehen

Tabelle 7.

Überblick über die in den betrachteten Studien adressierten Zielverhaltensweisen und die eingesetzten Interventionen.

Studien-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Gegenstandsbereich																					
Strom sparen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				■	■	■	■
Wärmeenergie sparen																■	■	■	■	■	■
Wasser sparen	■									■											
Allgemeine Maßnahmen																					
Zielgruppenanalyse																	■		■		■
Potenzialabschätzungen, Prognose				■													■		■		■
Einbeziehung der Leitungsebene				■		■				■				■		■		■		■	■
Verhaltens erzeugende, struktur fokussierte Techniken																					
Prämie, Belohnung, Verlosung																	■	■	■		■
Infrastrukturen											■						■	■	■		■
Verhaltens erzeugende, personen fokussierte Techniken																					
Information (individuell), Brief, Email				■	■	■	■				■			■		■	■	■	■	■	■
Verhaltens fördernde, situations fokussierte Techniken																					
Information (allg.), Poster, Broschüre				■	■					■						■	■	■	■	■	■
Prompts, Erinnerungshilfen	■	■	■	■			■	■				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zielvorgabe, Gruppenziel										■										■	
Selbstverpflichtung, -beobachtung		■								■	■					■		■		■	
Feedback, individuell														■	■						
Feedback, kollektiv				■											■		■		■		■
Soziale Modelle	■																		■		■
Block Leader									■	■										■	■
Energiebeauftragte									■												■
Verhaltens fördernde, verbreitungsfokussierte Techniken																					
Partizipative Elemente										■	■						■	■		■	■
Teambildung																					■
Persönliche Kontakte									■	■						■		■		■	■
Massenmedien (Presse, WWW, ...)									■	■					■		■		■		■

6.2 Reduzierung des Wasserverbrauchs

Wasser, obschon eine in einigen Gebieten der Erde kostbare Ressource, steht im Vergleich zu Strom und Wärmeenergie relativ selten explizit im Fokus von empirischen Untersuchungen zum Wasserverbrauch an Hochschulen. Die Aufwendungen für Trinkwasser betragen hier typischerweise nur einen kleinen Bruchteil der Energiekosten; im Falle des Instituts für Psychologie der Universität Freiburg sind es beispielsweise ca. 2 Prozent. Aufgrund des hohen Energieaufwandes im Zuge des Erhitzens von Wasser besteht jedoch ein enger Zusammenhang zwischen der sparsamen Verwendung von warmem Wasser und der Reduzierung des Energieverbrauchs.

Daher soll nachfolgend eine psychologisch besonders interessante Studie zur Verringerung des Wasserverbrauchs in Duschräumen referiert und in die Auswertung einbezogen werden.

6.2.1 (1) Aronson & O'Leary (1982-83)

Die Arbeit von Aronson und O'Leary (1982-83) hat mehrere interessante Aspekte: Die sparsam zu verwendende Ressource ist hier das (warme) Leitungswasser in einer Dusche, und der größte Effekt konnte durch den gleichzeitigen Einsatz zweier Modelle erreicht werden.

Anlässlich eines früheren Wasserengpasses an der University of California in Santa Cruz waren zuvor in den Duschräumen der Sporthalle Schilder aufgestellt worden, die zu einem sparsamen Umgang mit Wasser aufriefen:

Conserve water: 1. Wet Down. 2. Water off. 3. Soap. 4. Rinse. (S. 220)

Aronson und O'Leary interessierten sich zunächst dafür, ob diese Schilder in Anbetracht des mittlerweile nicht mehr vorhandenen Notstandes noch Beachtung fanden. Eine Befragung der Nutzer der Dusche ergab, dass nahezu alle die Schilder bemerkt und den Inhalt verstanden hatten (93 %). In einer zweiten Befragung gaben 84 % der Befragten an, kurze Duschzeiten auch im Zusammenhang mit dem Sparen von Energie zu sehen.

In der Baseline-Phase wurde das Verhalten der Nutzer der Dusche so verdeckt wie möglich beobachtet. Nur 6 % der Nutzer verhielten sich in dieser Phase so, wie es die Schilder nahelegten. Um auszuschließen, dass die Schilder nicht befolgt wurden, weil sie während des konkreten Verhaltens vielleicht übersehen wurden, stellte man ein Schild prominent in der Mitte des Duschräumens auf. In der Folge verhielten sich mit 19 Prozent immerhin mehr als dreimal so viele Personen regelkonform. In einem nächsten Schritt wurde die Information auf dem Schild geringfügig abgeändert: Aus der Bitte um einen sparsamen Umgang mit Wasser wurde eine Aufforderung zum Energiesparen. Die beobachteten Änderungen im Duschverhalten waren minimal – 20 Prozent der Nutzer befolgten nunmehr die Anweisungen. Ein nennenswerter Anteil der Nutzer reagierte aber offenbar mit Reaktanz auf das nicht zu übersehende, im Weg stehende Schild, was sich etwa durch das absichtliche Umwerfen des Schildes und gleichzeitig besonders lange Duschzeiten äußerte. In einer weiteren Versuchsphase, in der eine einzelne Person unübersehbar das Modellverhalten demonstrierte, stieg der Anteil derjenigen Personen, die während des Einseifens die Dusche abstellten, auf einen Wert von 49 % massiv an. Diese Zahl ließ sich sogar auf 67 Prozent steigern, indem sich zwei Personen gleichzeitig „vorbildlich“ verhielten und so als soziale Modelle fungierten. Daraus ziehen Aronson und O'Leary den Schluss, dass Modellverhalten eine wichtige Komponente in einer Energiesparkampagne dar-

stellen kann und vermuten, dass eine Kombination mit einem hohen Status des Modells den Effekt weiter steigern könnte.

Tabelle 8

Kurzcharakteristik der Studie (1) Aronson & O'Leary (1982-83); UCSC.

Zielgruppe, Design	Männl. Personen; Duschräume Phasen: - Baseline - Großes Schild - Großes, spezifisches Schild und „im Weg“ - Großes, spezifisches Schild, „im Weg“, 1 Modell - Großes, spezifisches Schild, „im Weg“, 2 Modelle
Zielverhalten	Wasser aus (Dusche)
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zu sozialen Modellen
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	--
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	Prompts, Modelle
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Wasser an)
Baseline / Dauer	94 % / 5 Tage (je 3 Stunden)
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Großes Schild: 81 % / -13,8 % / 5 Tage Großes, spezifisches Schild: 80 % / -14,9 % / 5 Tage Großes, spezif. Schild, 1 Modell: 51 % / -45,7 % / -- Großes, spezif. Schild, 2 Modelle: 33 % / -64,9 % / --
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Reaktanz bzgl. Schild Insbesondere doppelte Modelle erfolgreich
<i>Anmerkungen.</i> Die originalen auf abgestelltes Wasser bezogenen Werte wurden auf nicht abgestelltes Wasser umgerechnet.	

6.3 Reduzierung des Verbrauchs von elektrischer Energie

Möglichkeiten zur Reduzierung des Verbrauchs elektrischer Energie an Hochschulen durch die Beeinflussung des Verhaltens der Nutzer wurden bereits um 1970 thematisiert. Eine Reihe insbesondere der frühen Studien befasste sich mit der Problematik der Beleuchtung vor allem in öffentlichen Räumen wie Fluren, Waschräumen und Veranstaltungsräumen, die oft unnötig lange eingeschaltet blieb. Dabei waren Unsicherheiten der Nutzer zu beachten, die im allgemeinen technische Randbedingungen wie den Energieverbrauch der Leuchtmittel beim Ein- und Ausschalten oder ihre Schaltfestigkeit, d. h. der Reduktion ihrer Lebensdauer durch häufiges Ein- und Ausschalten, nicht kannten. In späteren Studien wurden zunehmend auch der Verbrauch

von Bürogeräten, insbesondere im Stand-by-Modus, thematisiert. Typische Interventionen betrafen die Vermittlung von Wissen und das Anbringen von Schildern oder Prompts. Vermutlich nicht zuletzt aus messtechnischen Gründen fand eine Rückmeldung der Verbräuche nur vereinzelt statt, und wenn, dann auf kollektiver Basis.

6.3.1 (2) Delprato (1977)

Der Gegenstandsbereich der Studie von Delprato (1977) betrifft den Umgang mit der Beleuchtung in WCs bzw. Waschräumen. Zunächst wird über technische Möglichkeiten berichtet, mit denen die für Beleuchtungszwecke notwendige elektrische Energie durch das Entfernen oder dauerhafte Abschalten unnötiger Leuchten, die Reduzierung der Lichtstärke einzelner Leuchten oder den Einsatz von Zeitrelais verringert werden kann. Auch ökonomische Wege werden thematisiert wie tageszeitabhängige Tarife und eine hohe Verbräuche bestrafende Preisgestaltung.

Für die Studie wurden 10 WCs nach ihrer Lage in drei Gruppen A, B und C eingeteilt, die täglich dreimal kontrolliert wurden. Die Intervention kombinierte ein Poster (56 x 36 cm) (s.

HELP REDUCE UTILITY COSTS

Shut Off Light When Room Is Not In Use

Utility costs have increased 100% since 1972/73.

They will increase 38% this year and at least 27% next year unless we CONSERVE ENERGY.

HELP US KEEP TRACK OF UNNECESSARY ENERGY WASTAGE BY REMOVING ONE OF THE SMALL ENERGY WASTE SLIPS EACH TIME YOU LEAVE THIS ROOM AND DO NOT SHUT OFF THE LIGHT WHEN THE ROOM IS UNOCCUPIED

Save Taxes Show Concern Thank You

Abbildung 44. Kombination zweier Aufforderungen: Licht ausschalten und Selbstbeobachtung (Delprato, 1977, S. 435).

Abbildung 44) und einen 21 cm langen Pfeil am Lichtschalter sowie eine Aufforderung zur Selbstbeobachtung; die darin genannten „energy waste slips“ bezogen sich auf einen kleinen Block mit nummerierten Abschnitten, der unterhalb des Posters angebracht war. Die Waschräume wurden beobachtet und der Anteil des nicht ausgeschalteten Lichts protokolliert. Die Zeitrahmen für die Erfassung der Baseline und für die Durchführung der Interventionen variierten von Gruppe zu Gruppe (vgl. Tabelle 9).

Im Zuge der Interventionen ergaben sich dabei erhebliche Veränderungen gegenüber den Baselines: In der Gruppe A fiel der Prozentsatz von 70 Prozent eingeschalteten Lichts auf 26 Prozent, in der Gruppe B von 98 Prozent auf 53 Prozent und in der Gruppe C 93 Prozent auf 46 Prozent, was einer Reduktion umweltschädlichen Verhaltens um 63 %, 46 % und 50 % für die Gruppen A, B bzw. C entspricht (s. Tabelle 9). Die Einflüsse des Prompts und der Anregung zur Selbstbeobachtung waren in der Studie miteinander konfundiert und nicht einzeln bestimmbar.

Für die nicht hundertprozentige Vermeidung des brennenden Lichts werden folgende mögliche Erklärungen genannt: Erstens wäre ein zusätzlicher Aufwand nötig gewesen um festzustellen, ob sich noch eine weitere Person im WC befindet. Zweitens wurde das Licht vermutlich gelegentlich „vorsichtshalber“ nicht ausgeschaltet, um negativen Rückmeldungen bei wider Erwarten doch besetztem WC zu entgehen.

Tabelle 9

Kurzcharakteristik der Studie (2) Delprato (1977); Eastern Michigan Univ., Department of Psychology.

Zielgruppe, Design	Männl. Personen Multiple baseline 10 WC-Räume in 3 Gruppen A, B, C
Zielverhalten	Licht aus
Theorien, Modelle, Determinanten	Selbstbeobachtung (<i>self-recording, self-monitoring</i> ; Unterstützung positiven Verhaltens, Flexibilität bzgl. Intentionen)
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	Universitätsweites Rundschreiben vier Monate zuvor
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	Aufforderung zur Selbstbeobachtung
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Prompts
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Licht an)
Baseline / Dauer	Gruppe A: 70% / 31 Tage Gruppe B: 98% / 23 Tage Gruppe C: 93% / 33 Tage
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Gruppe A: 26 % / -63 % / 31 Tage Gruppe B: 53 % / -46 % / 21 Tage Gruppe C: 46 % / -50 % / 11 Tage
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Mögliche Unsicherheiten bzgl. des Zielverhaltens Belegung des Raumes nicht ohne weiteres ersichtlich

6.3.2 (3) Winett (1977-78)

In der Studie von Winett (1977-78) wird das Problem des Ausschaltens des Lichts beim Verlassen eines Veranstaltungsraumes thematisiert. Hintergrund war die Feststellung, dass in einem Gebäude der University of Kentucky das Licht nach Ende der Veranstaltungen überwiegend eingeschaltet blieb. Entsprechende Hinweisschilder mit einem erklärenden Text waren zwar vorhanden, erwiesen sich jedoch schon aufgrund der Positionierung auf einer Anschlagtafel zusammen mit einer Vielzahl anderer Informationen als offenbar wirkungslos. Für die Intervention wurde ein Hörsaal mittlerer Größe (220 Personen) ausgewählt; zwei kleinere Seminarräume dienten als Kontrollgruppe. In der auf eine Baseline-Phase folgenden experimentellen Phase wurden Größe und Position der Hinweise mehrfach variiert.

Als wirkungsvoll erwiesen sich demnach lediglich relativ große, über dem Lichtschalter angebrachte Hinweise mit sehr spezifischen Texten (s. Tabelle 10); diese konnten den Anteil der Beobachtungen, bei denen das Licht eingeschaltet vorgefunden wurde, von anfangs 100 auf 40

Prozent reduzieren. In der Kontrollgruppe schwankten diese Werte unsystematisch zwischen 60 und 100 Prozent. Angaben über eine Langzeitbetrachtung liegen nicht vor.

Tabelle 10

Texte und Blattgrößen für die in den einzelnen Phasen in Winett (1977-78) eingesetzten Prompts (S. 238f).

Nr.	Größe	Text
(1)	DIN A4	„Every Light Lit Hurts; Please Turn Lights and Electrical Equipment Off When Not in Use.“
(2)	5 x 5 cm	„Turn This Light Off When Not in Use“
(3)	DIN A1	„Students and Faculty, Conserve Energy, Turn Out Lights After 5:00 PM or When No Class“
(4)	DIN A2	„Conserve Energy, Turn Out Lights After 5 PM“ „Faculty and Students, Turn Out Lights After 5 PM or When No Class“

Tabelle 11

Kurzcharakteristik der Studie (3) Winett (1977-78); Univ. of Kentucky, Department of Psychology.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer 3 Veranstaltungsräume - Kontrollgruppe: 2 Räume - Experimentalgruppe: 1 Raum
Zielverhalten	Licht aus (Veranstaltungsräume)
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zur Wirkungsweise von Prompts (Tuso & Geller, 1976, zit. n. Winett, 1977-78)
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	Hinweisschilder
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	--
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Sukzessive nacheinander 5 unterschiedliche Prompts (groß, spezifisch, taktisch platziert)
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Licht an)
Baseline / Dauer	Kontrollgruppe: 78 % (Mittelwert) / 6 Wochen Experimentalgruppe: 90 % (Mittelwert) / 2 Wochen
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	40 % (Endwert) / -55,6 % / 4 Wochen
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Gestaltung u. Platzierung der Prompts schwierig Weitere problematische Feststellungen: - Müll - offene Fenster - Einstellung Heizung / Klimaanlage unsinnig

6.3.3 (4) McClelland & Cook (1980)

McClelland und Cook (1980) bezeichnen ihre Studie als die erste, in der ein Versuch unternommen wurde, verhaltenswissenschaftliche Methoden auf das Energiesparen in Organisationen anzuwenden. Sie stellten zentral gesteuerte Methoden solchen gegenüber, die eher einen partizipativen Ansatz verfolgen, und implementierten beide Varianten in acht Gebäuden auf dem Campus der University of Colorado in Boulder, die sowohl Büros als auch Veranstaltungsräume beherbergten. Die erste Intervention bestand aus einem Brief des Kanzlers der Hochschule an alle Mitarbeitenden und Studierenden, in dem die Notwendigkeit des Sparens von elektrischer Energie dargelegt wurde und gleichzeitig diesbezügliche Tipps gegeben wurden. Anschließend wurden Poster und Aufkleber an die Gebäudeverantwortlichen verschickt, die diese entsprechend anbringen sollten. Die Projektleitung erinnerte von Zeit zu Zeit an das Anbringen der Informationsmaterialien. Zudem wurden die Gebäudeverantwortlichen in monatlichen Abständen über den erwarteten sowie über den tatsächlichen Stromverbrauch der Gebäude informiert. In vier Gebäuden sollte die Kommunikation hierarchisch und im wesentlichen von den Gebäudeverantwortlichen in Richtung auf die Nutzer ablaufen (*Management-Bedingung*). In vier weiteren Gebäuden wurde eher dezentral kommuniziert und in kleinen Gruppen interagiert (*Nutzer-Bedingung*); die Anzahl der Treffen, die Beteiligung und die Ergebnisse der Treffen variierten dabei deutlich. Zwei Gebäude wurden der Kontrollbedingung zugeordnet.

Als Daten wurden die Verbrauchswerte der Gebäude erhoben sowie durch Beobachtungen die Verschwendung von elektrischer Energie registriert, da diese nur unzureichend aus den Verbrauchsdaten hergeleitet werden konnten (s. a. Abschnitt 3.2.2, S. 37f). Die wöchentlichen Verbräuche wurden anhand von Gradtagszahlen bereinigt; der Einfluss von Tageslichtstunden oder von Bewölkung war nicht signifikant, eine Bereinigung wurde daher hierfür nicht vorgenommen.

Die zentralen Fragen des Projekts in Bezug auf die Verbräuche waren: Gingen Verbräuche und Verschwendung während der Laufzeit zurück? Waren die (prozentualen) Reduktionen unter den Experimentalbedingungen größer als unter der Kontrollbedingung? Waren die (prozentualen) Reduktionen in der Nutzer- oder in der Managementbedingung größer? Es zeigte sich, dass mit Ausnahme eines Gebäudes die Reduktionen der Werte unter der Experimentalbedingung größer waren als in der Kontrollgruppe. Beim Vergleich der beiden Experimentalbedingungen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Als problematische Punkte werden neben der Witterungsbereinigung der unterschiedliche Umfang, in dem die Nutzer in den

einzelnen Gebäuden Einfluss auf die Verbräuchen nehmen konnten, unterschiedliche Baseline-Werte sowie eine mögliche Treatment-Diffusion genannt. Eine Langzeitbetrachtung war mangels entsprechender Daten nicht möglich.

Tabelle 12

Kurzcharakteristik der Studie (4) McClelland & Cook (1980); University of Colorado, Boulder, Institute of Behavioral Science.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer 10 Gebäude Experimentalgruppe: - „management“ („M“): 4 Gebäude - „participation“ („P“): 4 Gebäude Kontrollgruppe: 2 Gebäude
Zielverhalten	Licht aus Geräte aus in Büros und Veranstaltungsräumen
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zur Entscheidungsfindung in kleinen Gruppen und zum partizipativen Führungsstil
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	Einfache technische Maßnahmen (Beleuchtung) Richtlinien
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	Aufforderung (Brief des Kanzlers) Informationen
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Poster, Labels, Vorhersagen, Reminder, kollektives Feedback
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Licht an) Verbräuche (wöchentlich)
Baseline / Dauer	Beobachtungen (Licht an): > 50 % / 14 Wochen
Potenzialabschätzungen	Schätzung Verbrauch
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Verbräuche (10 Wochen): Signifikanter Rückgang in 7 von 8 Gebäuden um -9,5 % Rückgang Kontrollgruppe: -2,7 % Keine Unterschiede zwischen M- und P-Bedingung
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Verbräuche bereinigt, aber konfundiert Reduktion (Beobachtungen) absteigend: - Flure - Veranstaltungsräume - Büros/Lounges - WCs Rückführung der Verbrauchseinsparungen auf einzelne Interventionen nicht möglich

6.3.4 (5) Luyben (1980)

Soll man das Licht am Ende einer Veranstaltung ausschalten, auch auf die Gefahr hin, dass direkt eine weitere Veranstaltung folgt? Diese mögliche Unsicherheit bei Lehrenden steht im Zentrum der Arbeit von Luyben (1980). Zum Zeitpunkt der Studie galt an der betreffenden Einrichtung die Empfehlung, das Licht nur bei längeren Leerständen der Räume auszuschalten. Im Rahmen der Intervention erhielten in einer ersten Experimentalphase zunächst alle Lehrkräfte, auf deren Veranstaltung keine weitere folgte, einen Formbrief, mit dem sie über die allgemeine Notwendigkeit des Energiesparens und das konkrete Problem der nicht ausgeschalteten Beleuchtung informiert wurden. Zusammen mit dem Hinweis, dass nach ihrer Veranstaltung keine weitere mehr folgen würde, wurden sie um ihre Unterstützung gebeten. Ein möglicherweise zwischen Lehrenden individuell ausgehandelter Tausch von Räumen wurde nicht berücksichtigt, d. h. es wurde in Kauf genommen, dass Personen fälschlicherweise angeschrieben wurden. Beobachter besuchten die Veranstaltungsräume in einem festen Rhythmus und notierten, ob das Licht ein- oder ausgeschaltet war. Gleichzeitig wurde festgehalten, ob der Raum tatsächlich belegt war. Es ergaben sich 55 typische Zeitpunkte, zu denen auf eine Veranstaltung keine weitere mehr folgte; diese wurden nachfolgend in zwei annähernd gleich große Experimentalgruppen A und B eingeteilt.

Das Ergebnis einer ersten Intervention mittels eines einmaligen Anschreibens war eine signifikante Erhöhung des Ausschaltens des Lichts von 67 Prozent (Baseline) auf immerhin 80 Prozent in der ersten Experimentalgruppe A. In der zweiten Experimentalgruppe B war die Verbesserung von 70 Prozent in der Baselinebedingung auf 76 Prozent nicht signifikant, möglicherweise kam es zudem zu einem Deckeneffekt. Weder in der Baseline- noch in der Interventionsphase gab es signifikante Unterschiede zwischen den beiden Experimentalgruppen. Allerdings begannen die Interventionen zu den beiden Gruppen nicht gleichzeitig, sondern die Gruppe B hatte – bei gleichem Beginn – eine längere Baselinephase. In einer zweiten Experimentalphase kam in der Experimentalgruppe A eine zusätzliche Intervention zur Anwendung: An jedem betroffenen Lichtschalter bzw. Ausgang wurde ein kleines Hinweisschild der Größe 11 x 14 cm angebracht, auf dem die Zeiten notiert waren, zu denen das Licht ausgeschaltet werden sollte. Gleichzeitig wurden die Lehrkräfte von dieser Veränderung in Kenntnis gesetzt und nochmals um ihre Mitarbeit gebeten. In dieser Bedingung erhöhte sich der Prozentsatz des ausgeschalteten Lichts um weitere 4 Prozent auf einen Wert von 84 Prozent.

Die Bedeutung der Ergebnisse wird zum einen darin gesehen, dass auch geringe Einsparungen wie diejenigen durch das Ausschalten der Beleuchtung einen Beitrag zu Energieeinsparungen leisten können. Zum anderen wird es für denkbar gehalten, dass Veränderungen des Verhaltens in Bezug auf geringe Energiemengen auch auf das Verhalten in einem anderen Kontext mit ggf. größeren Mengen übertragen werden könnten. Hierzu sei angemerkt, dass solche (positiven) *spill-over* Effekte unter bestimmten Umständen auftreten können (Thøgersen & Crompton, 2009), gelegentlich aber auch gegenteilige Effekte beobachtet werden (vgl. Tiefenbeck, Staake, Roth & Sachs, 2013).

Tabelle 13

Kurzcharakteristik der Studie (5) Luyben (1980); SUNY Cortland.

Zielgruppe, Design	Lehrende Multiple baseline 55 Zeitpunkte (jeweils ohne Folgeveranstaltung) eingeteilt in zwei Gruppen: - Experimentalgruppe A (N=28) - Experimentalgruppe B (N=27) Zwei experimentelle Phasen (Brief; Brief + Poster)
Zielverhalten	Licht aus (Veranstaltungsräume)
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zur Wirkungsweise von Prompts
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	Empfehlung, das Licht nur bei längeren Leerständen der Räume auszuschalten
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	Aufforderung (Brief des Kanzlers)
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Poster
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Licht an)
Baseline / Dauer	Experimentalgruppe A: 33 % / 5 Wochen Experimentalgruppe B: 30 % / 8 Wochen
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Nur Brief: - Experimentalgruppe A: 20 % / -39,4 % / 6 Wochen - Experimentalgruppe B: 24 % / -20 % / 6 Wochen Brief + Poster (nur Experimentalgruppe A): 16 % / -51,5 % / 3 Wochen
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Zeitpunkt für Briefe kritisch Liefert Beitrag zu einer Energiesparkultur Zielgruppe wg. Raumtausch ggf. nicht konsistent
<i>Anmerkungen.</i> Die originalen auf ausgeschaltetes Licht bezogenen Werte wurden auf eingeschaltetes Licht umgerechnet.	

6.3.5 (6) Luyben (1980-81)

Ausgangspunkt der Studie von Luyben (1980-81) war die Beobachtung, dass am Cortland College der State University of New York das Licht in 24 Prozent der Veranstaltungsräume nach Beendigung der Veranstaltung nicht ausgeschaltet wurde. Das diesbezügliche Einsparpotenzial wurde auf insgesamt 300 kWh pro Woche bzw. 9.000 kWh pro Jahr geschätzt. Es wurde angenommen, dass die Salienz einer vom Präsidenten des Colleges ausgesprochenen Bitte zur Energieeinsparung aus zwei Gründen besonders hoch sein würde: Zum einen hat der Präsident einen hohen Status inne und zum anderen verfügt er durch die Vergabe der Ressourcen des Colleges über recht direkte Möglichkeiten zur Einflussnahme auf die Lehrkräfte. Daher erhielten alle Lehrkräfte, auf deren Veranstaltung keine weitere folgte, ein persönlich unterschriebenes Anschreiben des Präsidenten. Darin wurde auf die Notwendigkeit des Energiesparens hingewiesen und auf die Tatsache, dass die Lichter häufig nicht ausgeschaltet wurden. Mit diesem Hinweis verbunden war die konkrete Bitte, für das Ausschalten des Lichts nach der Veranstaltung zu sorgen. Als Erinnerung wurde nach Ablauf einer Woche eine nicht unterschriebene Kopie des Schreibens versandt. Das tatsächliche Verhalten der Lehrkräfte wurde jeweils am Ende der Veranstaltung verdeckt beobachtet und protokolliert.

In der Studie zeigte sich ein recht hoher und überraschend lang anhaltender Effekt dieser organisatorisch recht einfachen Intervention über einen Untersuchungszeitraum von sieben Wochen. Der Prozentsatz ausgeschalteter Lichter stieg von 18 Prozent auf 57 Prozent an. Luyben (1980-81) merkt an, dass der Effekt insbesondere deswegen erstaunlich sei, weil der Abstand der beiden Prompts vom Zielverhalten sowohl in räumlicher als auch in zeitlicher Hinsicht relativ groß war.

Tabelle 14

Kurzcharakteristik der Studie (6) Luyben (1980-81); SUNY Cortland.

Zielgruppe, Design	Lehrende (Stichprobe) Multiple baseline 13 Veranstaltungsräume
Zielverhalten	Licht aus (Veranstaltungsräume)
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zur Wirkungsweise von Prompts Salienz des Absenders des Briefs
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	Aufforderung (Brief des Kanzlers) + nicht unterschriebenes Erinnerungsschreiben
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	--
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Licht an)
Baseline / Dauer	82 % / 10 Tage
Potenzialabschätzungen	300 kWh / Woche bzw. 9 MWh / Jahr
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	43 % / -47,6 % / 7 Wochen (signifikant)
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Information und Salienz konfundiert Hoher Status plus „Macht“ des Absenders Langzeiteffekte: 7 Wochen

6.3.6 (7) Luyben (1982-83)

Während in den Studien Luyben (1980) und Luyben (1980-81) der grundsätzliche Effekt von Prompts in Bezug auf das Ausschalten des Lichts nach einer Lehrveranstaltung thematisiert wurde, steht in der Arbeit von Luyben (1982-83) die Frage im Vordergrund, ob und wenn ja welchen Effekt unterschiedliche Häufigkeiten von Briefen haben könnten. Auch in dieser Studie wurden anhand des Belegungsplans gezielt diejenigen Lehrkräfte kontaktiert, nach deren Lehrveranstaltung keine weitere mehr folgte, und deren Verhalten verdeckt beobachtet. Die 125 in Frage kommenden Veranstaltungen wurden auf fünf Gruppen aufgeteilt, wobei darauf geachtet wurde, dass Veranstaltungen einer bestimmten Lehrperson immer derselben Gruppe zugeordnet wurden. Die auf die Experimentalgruppen angewandten Interventionen unterschieden sich vor allem in der Anzahl der Briefe, die den Lehrkräften zugestellt wurden. Der erste Brief in Form einer kurzen Nachricht wurde jeweils zusammen mit der Liste der Veranstaltungsteilnehmer versandt. Darin wurde darüber informiert, dass nach der Veranstaltung der Raum leer bleiben würde und die Lehrkräfte wurden gebeten, das Licht auszuschalten. Vier der fünf Grup-

pen erhielten entweder einen, zwei, drei, vier oder sieben weitere Briefe. Der Versand erfolgte in der Regel über die Hauspost.

Es zeigte sich, dass die mehrfache Zusendung von Briefen durchaus einen Effekt hatte, allerdings war die Variante mit einer einmaligen Erinnerung, insgesamt also zwei Briefe, genauso wirkungsvoll wie die Variante, bei der mit sieben die maximale Anzahl von Briefen eingesetzt wurde.

Tabelle 15

Kurzcharakteristik der Studie (7) Luyben (1982-83); SUNY Cortland.

Zielgruppe, Design	Lehrende (Stichprobe) 125 Veranstaltungen in 5 Gruppen mit 1, 2, 3, 4, und 7 Briefen (2 Wochen Abstand)
Zielverhalten	Licht aus (Veranstaltungsräume)
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zur Wirkungsweise von Prompts
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	Aufforderung (Notiz) Ggf. mehrfache Briefe
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	--
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Licht an)
Baseline / Dauer	1 Brief: 31 % / 2 Wochen 2-7 Briefe: 32 % / 2 Wochen
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	- 1 Brief: 24 % / -22,6 % / 12 Wochen - 2-7 Briefe: 21 % / -34,4 % / 12 Wochen kein Unterschied zwischen den Gruppen mit 2 oder mehr Briefen
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Zeitpunkt für Briefe kritisch
<i>Anmerkungen.</i> Die originalen auf ausgeschaltetes Licht bezogenen Werte wurden auf eingeschaltetes Licht umgerechnet.	

6.3.7 (8) Zolik, Jason, Nair & Peterson (1982-83)

Zolik, Jason, Nair, und Peterson (1982-83) untersuchten mittels verdeckter Beobachtung in 22 Veranstaltungsräumen den Effekt von Postern in der Größe von etwa DIN A4 auf das Ausschalten des Lichts am Ende der Veranstaltungen. Der Text auf den Postern lautete

CONSERVE ENERGY. PLEASE TURN OFF CLASSROOM LIGHT.
THANK YOU. (Zolik, Jason, Nair, und Peterson, 1982-83, S. 226)

Die Räume wurden zu zwei Gruppen mit je 11 Räumen zusammengefasst; die Poster waren spezifisch für den jeweiligen Raum und nannten hierfür explizit die letzte Veranstaltung eines jeden Tages.

Im Zuge der Intervention sank der durchschnittliche Prozentsatz eingeschalteten Lichts in der ersten Gruppe von 44,5 % in der Baseline-Phase auf 25 Prozent in der Interventionsphase, in der zweiten Gruppe von 33,9 % auf nur noch 12,3 %. Dieses Ergebnis wird als deutliches Zeichen für die Wirksamkeit von Prompts interpretiert.

Tabelle 16

Kurzcharakteristik der Studie (8) Zolik, Jason, Nair & Peterson (1982-83); DePaul University.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer 22 Veranstaltungsräume in 2 Experimentalgruppen I + II multiple baseline
Zielverhalten	Licht aus (Veranstaltungsräume)
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zu Energieverbräuchen in Haushalten bzgl. der Effekte von Information, Prämie und Feedback
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	--
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Prompts 8,5" x 11"
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Licht an)
Baseline / Dauer	- Experimentalgruppe I: 44,5 % / 2 Wochen - Experimentalgruppe I: 33,9 % / 3 Wochen
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	- Experimentalgruppe I: 25 % / -43,8 % / 2 Wochen - Experimentalgruppe II: 12,3 % / -63,7 % / 1 Woche
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	--

6.3.8 (9) De Young (1989-90)

Der direkte Einfluss von Energie-Beobachtern (*energy monitors*) auf die Einschaltzeiten der Beleuchtung in den öffentlichen Bereichen zweier Universitätsgebäude stand im Mittelpunkt der Arbeit von De Young (1989-90). Die Aufgabe dieses Personenkreises bestand darin, im Rahmen ihrer täglichen Routine in der Umgebung ihrer Büros nicht benötigte Beleuchtung auszuschnalten und ihr Verhalten den übrigen Beschäftigten informell mitzuteilen. In einer früheren Untersuchung in einem der Gebäude hatte sich ergeben, dass der nicht in die Lehre involvierte Personenkreis den Zielen des Projekts aufgeschlossener gegenüber stand als der Lehrkörper

bzw. die Studierenden. Daher wählte das Gebäudemanagement aus diesem Kreis einige dauerhaft und vollzeit Beschäftigte aus und bat sie, im Sinne des Projekt tätig zu werden; alle angefragten Personen sagten ihre Mitarbeit zu. Für jedes Gebäude konnten so jeweils acht Personen gewonnen werden, die am Ende der Baseline-Periode des jeweiligen Gebäudes kontaktiert und instruiert wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass zunächst möglichst wenige weitere Personen informiert wurden. Baseline- und Treatment-Perioden der beiden Gebäude waren zeitlich versetzt und unabhängig voneinander. Beim ersten Gebäude dauerte die Baseline-Periode drei Monate und die Treatment-Periode fünf Monate; beim zweiten Gebäude waren es vier bzw. drei Monate. Neben denjenigen Bereichen in den Gebäuden, die der Intervention unterlagen (*treatment areas*) wurde jeweils auch ein Bereich ohne Intervention (*control area*) ausgewiesen. Jeweils einmal pro Tag wurde festgestellt, ob das Licht brannte oder nicht.

Als Ergebnis der Studie ist festzuhalten, dass in den meisten Treatment-Bereichen eine deutliche und signifikante Einsparung zu verzeichnen war: In den Räumen des ersten Gebäudes stieg der Prozentsatz des ausgeschalteten Lichts von 55 auf 80 Prozent, im zweiten Gebäude von 45 auf fast 66 Prozent. Im Gegensatz dazu traten in den Kontroll-Bereichen nur geringe, nicht signifikante Veränderungen auf. Dies traf ebenso zu für die meist nur künstlich zu beleuchtenden Gänge und Treppenhäusern im ersten Gebäude, die ohne Licht sehr dunkel und bedrohlich erschienen und in denen daher das Licht in der Regel eingeschaltet blieb. Räume mit geringem Tageslichteinfall, solche mit mehr als einem Ausgang sowie unübersichtliche Räume boten offenbar eher ungünstige Voraussetzungen für eine Initiative zur Reduktion der Beleuchtung. Es wird angemerkt, dass die Ergebnisse von etlichen weiteren Faktoren beeinflusst worden sein dürften wie der Ausrichtung der Räume nach Norden bzw. Süden, witterungsabhängigen Faktoren, Uhrzeiten der Kontrolle der Räume sowie der Auswahl und Instruktion der Energie-Beobachter. Dennoch werden die Ergebnisse als vielversprechend und ermutigend und der zugrunde liegende partizipative Ansatz als erfolgreich bewertet. Die intendierte und erfolgreiche Aktivierung von Nutzern wurde von diesen nicht nur positiv aufgenommen, sondern die meisten verstanden ihren Bereich als ein Territorium, in dem sie persönlich für die Durchsetzung der Projektziele zuständig und verantwortlich waren und verhielten sich entsprechend. Ein möglicher Schluss daraus wäre, dass es sinnvoll sein könnte, nicht die gesamte Belegschaft in eine Energiesparmaßnahme einzubeziehen, sondern sich auf einige wenige ausgewählte, hoch motivierte Individuen zu konzentrieren.

Tabelle 17

Kurzcharakteristik der Studie (9) De Young (1989-90); University of Michigan, Ann Arbor:

Zielgruppe, Design	Motivierte Nutzer 2 Gebäude (Experimentalgruppe I, Experimentalgruppe II) Experimentalgruppen- und Kontrollgruppen-Bereiche in Gebäude I getrennt nach „Rooms“ und „Halls“
Zielverhalten	Licht aus (öffentliche Bereiche)
Theorien, Modelle, Determinanten	Sozialpsychologische Forschung zum Energieverhalten in Haushalten und zu Commitment
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	--
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	Block Leader
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	Energiebeauftragte / „Energy Monitors“
Daten; Bezug	Beobachtung (Licht an)
Baseline / Dauer	Kontrollgruppe I: 74,2 % / 3 Monate Kontrollgruppe II: 38 % / 4 Monate Experimentalgruppe I „Rooms“: 44,8 % / 3 Monate Experimentalgruppe I „Halls“: 52,0 % / 3 Monate Experimentalgruppe II: 54,9 % / 4 Monate
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Kontrollgruppe I: 71,2 % / -4 % / 5 Monate (n.s.) Kontrollgruppe II: 41,5 % / +9,2 % / 3 Monate (n.s.) Experimentalgruppe I „Rooms“: 20 % / -55,4 % / 5 Monate (sign.: $df = 1,14; F = 23,32; p < .0001$) Experimentalgruppe I „Halls“: 46,8 % / -10% / 5 Monate (n.s.) Experimentalgruppe II: 34,2 % / -37,7 % / 3 Monate (sign.: $df = 1,15, F = 14,80, p < .002$)
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Partizipation erfolgreich Auswahl der Personen und Fluktuation problematisch Zentrale Komponenten: - Individuelles Commitment - Übernahme von Verantwortung Evtl. ist die Ansprache einiger weniger zuverlässiger Personen günstiger als der Versuch der Ansprache aller Nutzer Bewölkung und Jahreszeit relevant Nur 1 Beobachtungszeitpunkt pro Tag Flure ohne Tageslicht durchgehend beleuchten
<i>Anmerkungen.</i> Die originalen auf ausgeschaltetes Licht bezogenen Werte wurden auf eingeschaltetes Licht umgerechnet.	

6.3.9 (10) Kielmann & Matthies (1998)

An der Ruhr-Universität Bochum wurde eine Reihe von Projekten zum Energiesparen durchgeführt, die psychologisch motiviert oder begleitet wurden. Gut dokumentiert ist u. a. das Projekt *Wir sparen Watt* (Kielmann & Matthies, 1998) im Sommersemester 1998, das sich an alle Angehörigen der Universität richtete. Zentrales Thema war der Verbrauch an elektrischer Energie; Ziel war es, „die Mitglieder der Universität für eine rationellere Energienutzung im Haushalt und am Arbeitsplatz zu sensibilisieren und zu motivieren“ (Kielmann & Matthies, 1998, S. 6). Ausgangspunkt war die Annahme, dass Wissen über Einsparmöglichkeiten zwar in der Regel vorhanden ist, jedoch nur unzureichend in konkretes Handeln umgesetzt wird. Es wurde eine Kampagne entwickelt, die unter anderem auf die Elemente Information als wissenszentrierte Technik sowie Selbstverpflichtung und Block Leader als normzentrierte Techniken setzte. Weitere Bestandteile waren die Vorgabe eines Gruppenziels sowie Komponenten des partizipativen sozialen Marketings, insbesondere die Weitergabe von Ideen an weitere Personen im Sinne eines Schneeballsystems. Besonderes Interesse galt der Dauerhaftigkeit der Verhaltensänderungen, die durch solche Interventionstechniken erreicht werden sollte, die auf soziale Normen und die Übernahme von Verantwortung abzielten. Die grundlegenden Forschungsfragen bezogen sich darauf, welche Informationswege bei welchen Zielgruppen eine hohe Bekanntheit bzw. Teilnahme an der Aktion hervorriefen und darauf, welche Faktoren dazu führten, dass Personen sich als Multiplikatoren zur Verfügung stellten und aktiv wurden; Daten hierzu wurden in einer Nachbefragung erhoben.

In der Planungsphase des Projekts wurden zunächst Energiespartipps zusammengestellt sowie das Einsparpotenzial abgeschätzt und daraus ein realistisches Gemeinschaftsziel abgeleitet. Die Abschätzung ergab, dass die Aktion etwa 4.000 Mitarbeitende und 10.000 der insgesamt 34.000 eingeschriebenen Studierenden erreichen könnte, von denen insgesamt etwa die Hälfte, also 7.000 Personen, teilnehmen würden. Als Einsparpotenzial wurden durchschnittlich 6 kWh pro Person und Monat errechnet, insgesamt also 42.000 kWh pro Monat bzw. 126.000 kWh für die drei Monate Vorlesungszeit im Sommersemester. Als letztendlich angestrebtes Gemeinschaftsziel wurde ein Wert von 50.000 kWh festgelegt. Wesentlicher Bestandteil der Intervention war ein Teilnahmezettel, mit dem man sich zur Einsparung einer bestimmten Menge an elektrischer Energie verpflichten konnte. Aus dem Rücklauf der Teilnahmezettel wurde das gesamte Einsparpotenzial für den Fall des Erreichens der individuellen Ziele errechnet und in Beziehung zu dem eingangs festgelegten Gemeinschaftsziel gesetzt. Verbrauchsdaten bzw. deren Veränderungen im Zuge der Intervention wurden nicht erhoben.

Der rein zahlenmäßige Erfolg der Aktion blieb deutlich hinter den gesteckten Zielen zurück. Insbesondere erreichte die auf drei Monate hochgerechnete Summe der Selbstverpflichtungen mit ca. 3.600 kWh bei weitem nicht die angestrebte Marke von 50.000 kWh, was nicht zuletzt auf den geringen Rücklauf von nur 229 Teilnahmezetteln entsprechend 0,6 % der insgesamt adressierten Gruppe zurückzuführen war. Die durchschnittlich genannte monatliche Einsparung von 5,2 kWh kam hingegen der Annahme, dass jede Person etwa 6 kWh pro Monat würde einsparen können, recht nahe. Die Analyse der Herkunft der Rückmeldeabschnitte ergab, dass nahezu die Hälfte von der siebenköpfigen Initiatorengruppe der Aktion ausgegeben worden war. Etwa ein Drittel der Abschnitte ging auf persönliche Ansprachen in Cafeterien zurück. Im Zuge der Aktion konnten weiterhin elf Personen als Multiplikatoren gewonnen werden, eine Zahl, die ebenfalls weit unterhalb der Erwartungen blieb. Die von diesem Personenkreis ausgegebenen Teilnahmezettel erreichten daher auch nur einen Anteil von 11 Prozent. Die übrigen etwa 15 Prozent der Zettel wurden über andere Kanäle verteilt. Vier Personen aus der Initiatorengruppe hatten zu Beginn der Aktion ein Kontingent übernommen, für dessen Realisierung sie sorgen wollten. Eines konnte vollständig, eines annähernd, eines teilweise und eines gar nicht erfüllt werden. Ebenfalls nicht erfüllt wurde das einzige Kontingent, das eine Person aus der Multiplikatorengruppe zu übernehmen bereit gewesen war.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass zwar eine hohe Bekanntheit der Aktion durch Medien wie Plakate, Universitätszeitungen und dergleichen erreicht werden konnte, Anstöße zur Änderung des individuellen Verhaltens jedoch am besten über persönliche Kontakte gegeben werden konnten. Als Ziel für weitere ähnliche gelagerte Aktionen wird eine deutliche Vergrößerung der Multiplikatorengruppe genannt, die zudem besser geschult werden sollte.

Tabelle 18

Kurzcharakteristik der Studie (10) Kielmann & Matthies (1998); Ruhr-Universität Bochum.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer (N = 40.000) Dauer 3 Monate Teilnahmezettel (Selbstverpflichtung) Materialien für Multiplikatoren Nachbefragung mit Interviewleitfaden Dauerhaftigkeit angestrebt
Zielverhalten	Reduzierung des Stromverbrauchs bei Licht / Fernseher / Drucker / PC / Boiler / Dusche / Waschmaschine / Wasserkocher / Thermoskanne im Haushalt und am Arbeitsplatz
Theorien, Modelle, Determinanten	Wissen Soziale Normen Übernahme von Verantwortung für Dauerhaftigkeit von Verhaltensänderungen
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	Wissensvermittlung
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	Selbstverpflichtung Block Leader-Ansatz Zielvorgabe (Gruppenziel)
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	Partizipatives soziales Marketing / Schneeballsystem
Daten; Bezug	Rücklaufzettel (Selbstverpflichtung) Interviews
Baseline / Dauer	Schätzungen
Potenzialabschätzungen	N = 7.000 Selbstverpflichtung / Person: 6 kWh Selbstverpflichtung gesamt: 42 MWh / Monat 126 MWh in der Laufzeit (3 Monate) „Realistisches“ Ziel: 50 MWh
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Selbstverpflichtung gesamt: 3,6 MWh Rücklauf: 0,6 % Selbstverpflichtung / Person: 5,2 kWh 11 Multiplikatoren
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Informationswege: - Plakate für Studierende wichtig - Uni-Zeitung <i>RUBENS</i> für Mitarbeitende wichtig - Veränderungen des Verhaltens am besten über persönliche Kontakte Möglichst mehr Multiplikatoren; bessere Schulung, aber: Multiplikatorenfunktion kann als „peinlich“ und wenig „prestigeträchtig“ empfunden werden Keine Langzeitbetrachtung wg. zeitlicher Begrenzung

6.3.10 (11) Griesel (2004)

Motiviert durch die Feststellungen in Kattenstein, Ziolk & Unger (2000), denen zufolge in Büros bei geringem Investitionsaufwand durch verändertes Nutzerverhalten etwa 15 Prozent Strom eingespart werden können, wurde an der Ruhr-Universität Bochum eine Kampagne gezielt auf die Verringerung von Leerlaufverlusten bzw. Stand-by-Verbräuchen im Bürokontext ausgerichtet (Griesel, 2004). Basierend auf dem Normaktivationsmodell von Schwartz & Howard (1981) sowie dem High Performance Cycle (HPC) von Locke und Latham (1990) (s. a. Abschnitt 4.2, S. 60f) wurde eine Interventionsmaßnahme in Form eines Workshops entwickelt. Der erste Teil des Workshops befasste sich mit der Aufmerksamkeit und Motivierung der Teilnehmer und Teilnehmerinnen. Dazu wurden unter anderem die mit der Intervention verbundenen Ziele, mögliche Einsparpotenziale der Universität und Empfehlungen für energiesparende Verhaltensweisen dargelegt. Auf dieser Basis sollten im zweiten Teil auf die konkrete individuelle Umgebung am Lehrstuhl bezogene Potenziale aufgedeckt und entsprechende Maßnahmen entwickelt werden, die auf organisatorischer Ebene in eine Zielvereinbarung einfließen.

Das Untersuchungsdesign sah zwei Kontrollgruppen und eine Experimentalgruppe vor. Nach einer dreiwöchigen Baseline-Phase (*vorher*) erfolgte in der vierten Woche die eigentliche Intervention. Die anschließenden drei Wochen fünf bis sieben bildeten die *nachher1*-Phase. In der auf eine vierwöchige Pause folgenden, wiederum auf drei Wochen angelegten *nachher2*-Phase sollte die Nachhaltigkeit der Intervention überprüft werden.

Als Daten wurden über Fragebögen das selbstberichtete Verhalten sowie die Stromverbräuche mittels eigens installierter Zwischenzähler erhoben. Dabei war es jedoch nicht möglich, ausschließlich die adressierten Verbräuche zu erfassen; die Stromverbräuche enthielten zusätzliche Verbräuche etwa der Flurbeleuchtung. Verhaltensänderungen schlugen sich also nur teilweise in den Verbrauchswerten nieder bzw. gemessene Veränderungen unterschätzten möglicherweise die tatsächlich eingetretenen Verhaltensänderungen (s. a. Abschnitt 3.2.2, S. 37f).

Aus verschiedenen Gründen konnten nur die Daten von acht und somit einer sehr geringen Anzahl von Personen je Gruppe in die Auswertung einfließen. Dennoch fand sich ein starker Effekt der Intervention sowohl in Bezug auf das selbstberichtete Verhalten als auch in Bezug auf die Stromverbrauchswerte. Der Stromverbrauch der Experimentalgruppe sank um 10 Prozent (*nachher1*-Phase) bzw. 6 Prozent (*nachher2*-Phase), während er bei den Kontrollgruppen entweder unverändert blieb bzw. sogar um bis zu 9 Prozent anstieg.

Insgesamt wurde die Intervention im Zuge eines Workshops als wirksam und die Wirkung als anhaltend bewertet. Die vorhandenen Potenziale konnten aus verschiedenen Gründen nicht vollständig ausgeschöpft werden.

Einen besonderen Problempunkt stellte die Einstellung der Leitung der Experimentalgruppe dar, die dem Projekt eher skeptisch gegenüber stand und deren Einfluss auf die Gruppe eher negativ gewesen sein dürfte. Hauptkritikpunkt war an dieser Stelle der fehlende finanzielle Anreiz. An diesem Punkt scheiterte auch der Einsatz schaltbarer Steckdosenleisten, da damit ggf. erzielte Einsparungen nicht der Experimentalgruppe, sondern der Universität insgesamt zugute gekommen wären. Es kamen nur kostenlose Maßnahmen ohne kognitiven und personellen Aufwand in Frage. Idealerweise sollte aus einer einmaligen Veränderung der Situation ein möglichst langfristiger Effekt resultieren. Derjenige Teil der Intervention, bei dem in diesem Sinne versucht wurde, Teilnehmer der Experimentalgruppe für Selbstverpflichtungen zu gewinnen, schlug jedoch fehl – nur eine von zehn Personen war dazu bereit.

Als Anregungen aus diesem Projekt werden u. a. die folgenden Bereiche genannt: Die für die Bestimmung der Baseline relevanten Verbräuche sowie Informationen zu Stimmungen, Erwartungen und Befürchtungen sollten frühzeitig erhoben werden und ein solches Workshopkonzept mit den Führungskräften vor Projektbeginn diskutiert werden. Durch Einsatz von Maßnahmen wie Block Leader und soziale Modelle sollte versucht werden, die Beteiligung am Projekt zu erhöhen. Die im Rahmen von Selbstbeobachtungen oder abgelesenen Stromverbräuchen erhobenen Daten sollten auf Auffälligkeiten hin untersucht werden, um Störfaktoren identifizieren zu können.

Tabelle 19

Kurzcharakteristik der Studie (11) Griesel (2004); Ruhr-Universität Bochum.

Zielgruppe, Design	3 Arbeitsgruppen: - Experimentalgruppe: Intervention + Fragebogen - Kontrollgruppe 1: Fragebogen / Annahme Verhaltensbeobachtung - Kontrollgruppe 2: Reaktivität auf Fragebogen 8 Personen je Gruppe Baseline / Intervention / nachher1 / nachher2
Zielverhalten	Leerlaufverluste vermeiden
Theorien, Modelle, Determinanten	Normaktivationsmodell (Schwartz & Howard, 1981) High Performance Cycle (HPC) (Locke & Latham, 1990) (Rolle schwieriger, spezifischer und präziser Ziele) Wissen Normen
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	Aktivierung des Energiemanagement-Systems des PCs
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	Persönliche Wissensvermittlung
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	Selbstverpflichtung (Persönliche Zielsetzung)
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	Partizipation / Workshop (2 Stunden)
Daten; Bezug	Verbräuche Selbstberichte (Fragebogen) Anwesenheiten
Baseline / Dauer	-- / 3 Wochen
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Experimentalgruppe: -- / -10 % / 3 Wochen bzw. -- / -6 % / 3 Wochen Kontrollgruppe 1: +7 – +9 % Kontrollgruppe 2: -1 – +1% zu wenige Personen für Bewertung der Selbstverpflichtungs-Komponente
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Konfundierung der Verbräuche (enthalten untersuchungsfremde Anteile) Intervention wirksam und anhaltend Bei Experimentalgruppe geringe Unterstützung durch Leitung wegen fehlender finanzieller Anreize

6.3.11 (12) Ocejka & Beringuer (2009)

Deskriptive Normen geben wieder, was die meisten anderen Personen tun, und injunktive Normen stellen dar, was von der Allgemeinheit als angemessen erachtet wird (vgl. Deutsch & Gerard, 1955; Reno, Cialdini & Kallgren, 1993). Solche Normen sind gemäß der Focus Theory (Cialdini et al., 1991) am wirksamsten, wenn sie salient sind, d. h. die Personen während ihres Verhaltens auf sie fokussiert sind (Kallgren, Reno & Cialdini, 2000). Ocejka und Beringuer

(2009) untersuchten in ihrer Studie den Effekt der deskriptiven Norm am Beispiel der Frage, wovon das Ausschalten des Lichts in einem ansonsten unbesetzten Sanitärraum nach dem Verlassen abhängt, und zwar unabhängig von einer ggf. salienten injunktiven Norm. Konkret ergab sich, dass eine injunktive Norm das Verhalten erstens kaum beeinflusste und zweitens, dass die deskriptive Norm hoch wirksam war und es daher ganz wesentlich von der jeweils vorgefundenen Situation abhing, ob das Licht beim Verlassen ausgeschaltet wurde. War das Licht beim Betreten bereits eingeschaltet, so wurde es in der Regel beim Verlassen nicht ausgeschaltet. War es zunächst ausgeschaltet, so wurde es eingeschaltet und in einem hohen Prozentsatz der Fälle auch so zurückgelassen. Dabei ergaben sich interessante Unterschiede zwischen den für das Experiment gewählten Örtlichkeiten – in dem ebenfalls untersuchten Schnellrestaurant wurde das Licht wesentlich öfter eingeschaltet zurückgelassen als im Psychologie-Gebäude der Universität.

In einem zweiten Experiment wurde ein Konflikt der deskriptiven Norm mit vier verschiedenen Varianten von Information bzw. Aufforderungen herbeigeführt, die auf einem Hinweisschild enthalten waren:

Tabelle 20

In der Studie von Oceja und Beringuer (2009) eingesetzte Prompts (S. 661).

Nr. Texttyp	Text
(1) Cost-benefit	„You pay for the electricity that you waste“ („La electricidad que derrochas la pagas tú“)
(2) Common good	„Save electricity for the benefit of all“. („Es un bien de todos, ahorra electricidad“)
(3) Social disapproval	„Don't let the side down! Save electricity“. („No quedes en mal lugar, ahorra electricidad“)
(4) Correct behavior	„Before leaving, turn the light off“. („Al salir, apaga la luz“)

Dabei zeigte sich, dass drei der vier Texte unwirksam waren, d. h. dass der Effekt der deskriptiven Norm überwog. Lediglich der besonders konkret und einfach formulierte Text Nr. 4 führte zu einer Verhaltensänderung und damit zu einer Reduktion des eingeschalteten Lichts beim Verlassen des Waschräume von 79 Prozent auf 40 Prozent.

Neuere Arbeiten geben Hinweise auf eine mögliche Rolle von Elaborationen der schriftlichen Aufforderungen (Kredentser, Fabrigar, Smith & Fulton, 2012): Wird wenig elaboriert, so sind unter Umständen deskriptive Aufforderungen günstig, während sich injunktive Aufforderungen eher bei höherem Elaborationsaufwand empfehlen.

Tabelle 21

Kurzcharakteristik der Studie (12) Ocejka & Beringuer (2009); Universität Madrid.

Zielgruppe, Design	Männliche Nutzer von fensterlosen Waschräumen in Psychologie-Gebäude u. Schnellrestaurant 2 unabhängige Studien
Zielverhalten	Licht aus (Wasch-Räume)
Theorien, Modelle, Determinanten	Focus Theory of Normative Conduct (Theorie des normativen Verhaltens)
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	Vorstudie mit Fragebogen
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	--
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	verschiedene Prompts
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen
Baseline / Dauer	--
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	<p><u>Studie 1:</u> Universitätsgebäude: - Licht an--an: 52 % - Licht aus--an: 24% Schnellrestaurant: - Licht an--an: 87 % - Licht aus--an: 65%</p> <p><u>Studie 2:</u> Kontrollgruppe: - Licht an--an: 79 % - Licht aus--an: 43% Experimentalgruppe: - Licht an--an: 40 % - Licht aus--an: 30 %</p>
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	<p>Deskriptive Norm sehr mächtig Information i.w. unwirksam falls konfligierend mit deskriptiver Norm Wichtige Fragen zu Beginn eines Projekts: - Festlegung des Zielverhalten - Gibt es eine injunktive oder deskriptive Norm für dieses Zielverhalten? - Gibt es mögliche Interaktionen der Normen (Konflikt, Übereinstimmung) - Wie können die Normen fokussiert werden?</p>

6.3.12 (13) Sussman & Gifford (2012)

Auch Sussman und Gifford (2012) widmeten sich in ihrer Studie dem Problem des nicht ausgeschalteten Lichts beim Verlassen von Waschräumen. Sie untersuchten den Effekt, den nach psychologischen Prinzipien entwickelte und platzierte Schilder auf das Verhalten der Nutzer haben. Die Studie wurde an einer Stichprobe von 17 kleineren Waschräumen durchgeführt, die über Gebäude einer kanadischen Universität verteilt lagen. Es wurde ein ABAB-B-Design verwendet; dabei war in den A-Phasen kein Schild vorhanden, während es in den B-Phasen jeweils gut sichtbar im Bereich des Lichtschalters angebracht war (s. Abbildung 45); die Größe der Schilder wurde variiert (vgl. a. Winett, 1977-78).



Abbildung 45. Prompt für das Ausschalten von Licht in der Studie von Sussman & Gifford (2012, S. 598).

Zwei der 17 Waschräume wurden der Kontrollgruppe zugeordnet; tatsächlich brannte in ihnen zu allen 82 Beobachtungszeitpunkten während der gesamten Studiendauer das Licht. Baseline-daten wurden jeweils während 5 Tagen erhoben. Die erste Interventionsphase dauerte 10 Tage, die zweite 6 Tage. Nach einer Pause von 11 Wochen erfolgte eine weitere Beobachtungsphase von 8 Tagen. Dabei wurden Daten zur Belegung der Räume und zum Einschaltzustand der Beleuchtung erhoben; in die Auswertung flossen nur Zeitpunkte ein, bei denen der jeweilige Waschraum unbenutzt war (s. Abbildung 46).

Die Studie ergab eine signifikante Wirkung von Schildern insgesamt, wobei die größeren Schilder in der Tendenz, aber nicht signifikant besser waren als die kleinen Schilder. Ein geschlechtsspezifischer Effekt konnte nicht nachgewiesen werden.

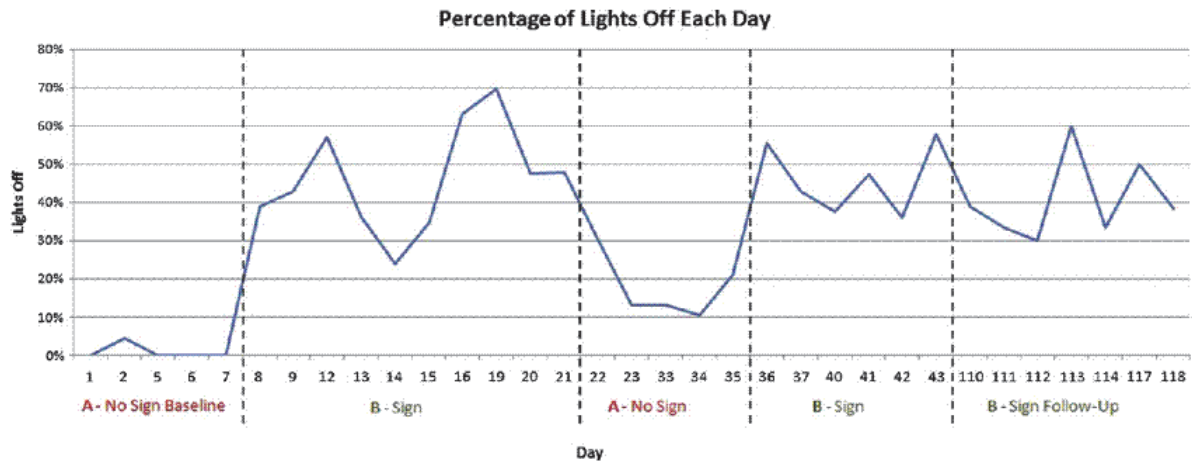


Abbildung 46. Verlauf des ausgeschalteten Lichts in der Studie von Sussman & Gifford (2012, S. 599).

Eine spezifische Besonderheit ergab sich bei einer Gruppe von drei Waschräumen, bei denen die beobachteten Daten besonders systematisch mit der An- bzw. Abwesenheit der Schilder variierten. Eine nachfolgende Analyse ergab, dass diese drei Räume anders als alle anderen über natürlichen Lichteinfall verfügten. Sussman und Gifford geben folgende Erläuterung zu diesem Effekt: Natürliches Licht verringerte die Notwendigkeit, das künstliche Licht einzuschalten bzw. nach dem Verlassen brennen zu lassen und erleichterte dadurch das Befolgen der auf dem Schild genannten Aufforderung.

Während der Phase B der Studie wurde in drei weiteren, im gleichen Gebäude liegenden, weiblichen Personen gewidmeten Waschräumen eine ungewöhnliche Beobachtung gemacht: Dort wurden die Schilder wiederholt von Unbekannten entfernt. Nachdem andere Maßnahmen nicht den gewünschten Effekt hatten, wurden die Schilder mit speziellen Notizen versehen, die die betreffende(n) Person(en) um eine Erklärung ihres Verhaltens baten:

SIGN REMOVAL. The signs that have been developed and printed to encourage energy conservation in this washroom required considerable time and money to produce. Objections? Please note any objections you may have to the "Lights Off" sign in the space provided below BEFORE REMOVING IT:Your input is greatly appreciated. Thanks! 😊 (S. 601)

Tatsächlich fand sich zwei Tage später an einem der Schilder eine Antwort mit einer längeren Erklärung:

This notice is blatant eco-guilt propaganda. **It offends me.** You are entitled to your views but I am entitled to use the toilet without having your views shoved in my face like this. Your notice belongs on a bulletin board. If this is all about “conservation,” **what’s wrong with a simple ‘please turn out the lights’?** [Hervorhebungen im Original] (S. 601)

Sussman und Gifford ersetzten im Folgenden das Schild durch eines ohne Bezug auf die Klimaveränderung. Dieses Schild blieb zwar deutlich länger hängen, verschwand aber schließlich nach wenigen Tagen ebenfalls. Dies legte die Interpretation nahe, dass die Überzeugungsarbeit für umweltfreundliches Verhalten, die mit derartigen Schildern geleistet werden sollte, bei bestimmten Personen Reaktanz in Form umweltschädlichen Verhaltens hervorrufen kann. Auf diesen Aspekt sollte daher bei der Formulierung von Aufforderungen verstärkt geachtet werden.

Tabelle 22

Kurzcharakteristik der Studie (13) Sussman & Gifford (2012); University of Victoria, Canada.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer 17 Waschräume in 5 Gebäuden (5m, 12w) (15 in Experimentalgruppe, 2 in Kontrollgruppe) ABAB-B Design: 5 Tage (A1) / 10 Tage (B1) / 5 Tage (A2) / 6 Tage (B2) / 11 Wochen / 8 Tage (B3)
Zielverhalten	Licht aus
Theorien, Modelle, Determinanten	Designrichtlinien; Luyben (1980), Winett (1977-78)
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	--
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Prompts: kleine (43 %) bzw. große (57 %) Schilder
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Licht an) Stromverbräuche geschätzt
Baseline / Dauer	Kontrollgruppe (Licht an): - 100 % / 5 Tage (Baseline-Phase A1) - 100 % / 5 Tage (Baseline-Phase A2) Experimentalgruppe (Licht an): - 94 % / 5 Tage (Baseline-Phase A1) - 81 % / 5 Tage (Baseline-Phase A2) Stromverbrauch der Experimentalgruppe: 34,7 kWh/Tag / 5 Tage (Baseline-Phase A1)
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Mittelwerte der Experimentalgruppe in den einzelnen Phasen (Licht an): - Experimentalphase B1: 59 % / -37,2 % / 10 Tage - Experimentalphase B2: 60 % / -25,9 % / 6 Tage - Follow-up-Phase B3: 67 % / -17,3 % / 8 Tage Mittelwerte der Experimentalgruppe bzgl. Größen der Schilder (Licht an): - ohne: 89 % / -5,3 % / -- - klein: 62 % / -34,0 % / -- - groß: 48 % / -48,9 % / -- Stromverbrauch der Experimentalgruppe: 24,1 kWh/Tag / -27 % / 8 Tage (Follow-up-Phase B3) (Einsparung: 10,6 kWh / Tag)
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Vandalismus/Reaktanz in 3 Räumen Schilder haben dauerhaften Effekt Einschränkungen: - mangelnde Randomisierung und experimentelle Manipulation im quasi-experimentellen Setting - Beobachtungen nicht notwendigerweise unabhängig - Verallgemeinerungen nur begrenzt möglich Langzeiteffekte: hält mittleres Niveau Tageslicht beeinflusst das Verhalten

Anmerkungen. Die originalen auf ausgeschaltetes Licht bezogenen Werte wurden auf eingeschaltetes Licht umgerechnet.

6.4 Reduzierung des Verbrauchs von Wärmeenergie

Eine Einheit Wärmeenergie kostet in der Regel weniger als eine Einheit Strom. Oftmals übersteigt jedoch die für die Erwärmung von Gebäuden eingesetzte Energiemenge die des Stromverbrauchs erheblich, sodass Einsparungen auch hier zu deutlichen monetären Effekten führen können. Große Potenziale sind in diesem Bereich typischerweise durch bauliche Maßnahmen und technische Optimierungen einerseits und durch Änderungen des Verhaltens der Nutzer andererseits gegeben. In den nachfolgend dargestellten Studien werden die Einstellung von Jalousien, das Freihalten von Heizkörpern, die identische Einstellung von Heizkörpern in einem Raum, der Abstand von Möbeln von der Heizung sowie Stoßlüften thematisiert und mit verschiedenen, vorwiegend verhaltensfördernden situationsfokussierten Interventionen angegangen.

6.4.1 (14) Luyben (1984)

Außenliegende Jalousien können nicht nur als Sonnenschutz im Sommer, sondern je nach Zustand der Fenster auch als zusätzliche Isolierung in der kalten Jahreszeit eingesetzt werden. Gerade im Winter ist es sinnvoll, möglichst viel Tageslicht in die Büros hineinzulassen – erstens kann so Beleuchtung gespart werden und zweitens ist der Eintrag von Wärme in die Räume in dieser Jahreszeit durchaus erwünscht. Abends die Jalousien herunterzulassen und morgens wieder hochzuziehen bedeutet zwar in der Regel einen zusätzlichen und ungewohnten Aufwand, nutzt aber die vorhandene Infrastruktur besser aus. Luyben (1984) stellte dazu in zwei einfach verglasten, mit Jalousien versehenen Universitätsgebäuden zwei unterschiedliche Interventionsvarianten einander gegenüber. Das Basiselement war in beiden Fällen ein direkt an alle Mitarbeitenden gerichtetes und daher in dieser Form ungewöhnliches Schreiben der Universitätsleitung. Weitere Aufrufe erfolgten in den regulären Medien der Universität. In der zweiten Experimentalbedingung wurde dieses Schreiben ergänzt durch ein tägliches Feedback in Form verschiedenfarbiger Zettel. Auf gelbem Papier erfolgte eine Bitte um Beachtung der Regelung bzgl. der Jalousien, auf grünem Papier dagegen eine positive Rückmeldung verbunden mit einem entsprechenden Dank. Die Registrierung der Stellungen der Jalousien am Abend, die Datenerhebung insgesamt sowie die Rückmeldungen wurden durch das Reinigungspersonal realisiert. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Jalousien nicht nur heruntergelassen waren, sondern auch für optimales Schließen richtig orientiert waren.

In beiden Experimentalbedingungen ergaben sich direkt nach dem Start der Aktion erhebliche Anstiege der Ausführungen des Zielverhaltens, dabei war die Steigerung im Fall des zusätzli-

chen Feedbacks nochmals größer. In den beiden untersuchten Gebäuden gab es unterschiedliche Veränderungen bezüglich des Verhaltens der Experimentalgruppen. Im ersten Gebäude stieg die Ausführung des Zielverhaltens in derjenigen Gruppe, die nur das Schreiben erhalten hatte, von 4 Prozent auf 45 Prozent und im zweiten Gebäude von 3 auf 14 Prozent. Diejenige Gruppe, die zusätzlich ein Feedback erhielt, verbesserte sich im ersten Gebäude von 13 Prozent auf 69 Prozent und im anderen von 0 auf 65 Prozent. Dieser Unterschied wird auf eine Treatmentdiffusion zurückgeführt, da die interne Kommunikation im ersten Gebäude durch eine größere Verteilung der Veranstaltungsräume sowie einen für Treffen und gemeinsames Mittagessen genutzten Bereich gegenüber dem zweiten Gebäude vermutlich deutlich erleichtert wurde.

Insgesamt wird die Intervention nicht zuletzt wegen der geringen damit verbundenen Kosten als Erfolg gewertet. Die in der Baselinephase festgestellten sehr geringen Werte konnten durch relativ einfache Interventionen deutlich gesteigert werden. Ein Einfluss auf den Energieverbrauch konnte aus verschiedenen Gründen (vermuteter Anteil am Gesamtverbrauch, witterungsbedingte Variation usw.) nicht sicher festgestellt werden. Berichte über Langzeiteffekte liegen nicht vor.

Tabelle 23

Kurzcharakteristik der Studie (14) Luyben (1984); SUNY Cortland.

Zielgruppe, Design	74 Büros von Lehrenden in 2 Gebäuden (Experimentalgruppe I, Experimentalgruppe II)
Zielverhalten	Jalousien im Winter schließen und korrekt orientieren
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zur Wirkungsweise von Prompts
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	Persönlicher Brief der Universitätsleitung
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Ggf. Prompts + individuelles Feedback
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtung (keine korrekte Stellung der Jalousie)
Baseline / Dauer	Experimentalgruppe I Prompt: 96 % / 11 Tage Experimentalgruppe I Feedback: 87 % / 11 Tage Experimentalgruppe II Prompt: 97 % / 11 Tage Experimentalgruppe II Feedback: 100 % / 11 Tage
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Experimentalgr. I Prompt: 55 % / -42,7 % / 27 Tage Experimentalgr. I Feedback: 31 % / -64,4 % / 27 Tage Experimentalgr. II Prompt: 86 % / -11,3 % / 27 Tage Experimentalgr. II Feedback: 35 % / -65 % / 27 Tage
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Treatmentdiffusion Nur kurzer Zeitraum verfügbar
<i>Anmerkungen.</i> Die originalen auf korrekt eingestellte Jalousien bezogenen Werte wurden auf nicht korrekt eingestellte Jalousien umgerechnet.	

6.4.2 (15) Staats, Van Leeuwen & Wit (2000)

Staats, Van Leeuwen und Wit (2000) untersuchten die Wirkung von Informationen und Rückmeldungen auf den Umgang mit Heizenergie in einem relativ großen Universitätsgebäude mit 384 Büros. Jedes Büro wurde von ein bis drei Heizkörpern beheizt, die mit individuell einstellbaren Thermostatventilen ausgestattet waren. Über den Radiatoren war eine durchbrochene Abdeckung angebracht, durch die die erwärmte Luft aufsteigen konnte und in den Raum geführt wurde. Für eine optimale Beheizung des Raumes sollte diese Abdeckung also frei sein – tatsächlich wurden sie jedoch gern als Ablage verwendet. Um eine gleichmäßige Beheizung des Raumes und eine gleichmäßige Auslastung der Heizkörper zu gewährleisten, sollten zudem möglichst alle Thermostate in einem Raum identisch eingestellt sein.

Für die Intervention wurde folgerichtig das Freihalten der Abdeckung der Heizkörper und die identische Einstellung der Heizkörperthermostatventile als Zielverhalten definiert. In einer Be-

fragung am Ende der zweiten Interventionsphase stuften 80 Prozent der Antwortenden diese beiden Zielverhaltensweisen als nützlich für das Energiesparen ein. Die Intervention wurde in zwei in einem Abstand von je einem Jahr durchgeführte fünfwöchige Blöcke aufgeteilt, in denen jeweils auf eine einwöchige Baseline-Periode eine vierwöchige Intervention folgte (ABA-CA-Design). Jeweils in diesen zehn Baseline- bzw. Interventionswochen sowie zusätzlich einmal ein Jahr nach dem Ende der zweiten Interventionsphase wurden der Zustand der Abdeckungen der Heizkörper, die Einstellungen der Thermostatventile sowie der Gasverbrauch erhoben. Die Interventionen basierten zunächst auf einer Broschüre, in der das gewünschte Zielverhalten erläutert und begründet wurde und zugleich darauf hingewiesen wurde, dass der damit verbundene Aufwand begrenzt sei und der Komfort nicht eingeschränkt werden würde. In jeder der acht Interventionswochen wurde zusätzlich ein Gruppenfeedback in Form einer Nachricht auf „Schwarzen Brettern“ bzw. auf Displays gegeben, die das bislang Erreichte darstellten. In der ersten Interventionsphase erinnerte ein Poster daran, während der bevorstehenden Weihnachtspause die Thermostatventile herunterzudrehen und gleichzeitig auf eine identische Einstellung zu achten. Gegen Ende der zweiten Interventionsphase wurde über persönliche Briefe individuell rückgemeldet, ob die Abdeckungen frei und die Thermostate identisch eingestellt vorgefunden worden waren.

Im Zuge des mehr als zwei Jahre dauernden Projekts konnten deutliche Verhaltensänderungen sowie gleichzeitig eine Reduktion des Gasverbrauchs um sechs Prozent verbunden mit einer monetären Einsparung von etwa 6.000 US\$ verzeichnet werden. Zwar sank die Quote nach dem Ende einer Interventionsphase jeweils wieder ab, blieb jedoch oberhalb des Wertes der vorhergehenden Baseline. Das Freihalten der Heizkörperverkleidungen stieg von ca. 52 Prozent in der ersten Baselinephase auf ca. 74 Prozent in der letzten Interventionswoche an, fiel während der einjährigen Pause auf ca. 60 Prozent, um dann gegen Ende der zweiten Interventionsphase auf knapp 70 Prozent anzusteigen. Nach einem weiteren Wartejahr lag dieser Wert immerhin noch bei 67 Prozent.

Ein ähnliches Bild ergab sich im zweiten Gegenstandsbereich: Zu Beginn des Projekts waren die Thermostatventile nur in etwa 32 Prozent der Räume synchron eingestellt; dieser Wert stieg nach der Einführung der Poster in der dritten Interventionswoche auf 60 Prozent; nach der einjährigen Pause ging dieser Wert auf ca. 46 Prozent zurück. In der folgenden zweiten Interventionsphase konnten zunächst Werte um 55 Prozent und durch Einsatz des individuellen Feedbacks sogar 72 Prozent erreicht werden. Bei der Nacherhebung nach einem Jahr waren die

Ventile noch in rund 60 Prozent der Räume synchron eingestellt. Einen besonderen Effekt scheint in beiden Gegenstandsbereichen tatsächlich das individuelle Feedback in der dritten Woche der zweiten Interventionsphase gehabt zu haben, in der jeweils eine erhebliche Steigerung sichtbar war.

Tabelle 24

Kurzcharakteristik der Studie (15) Staats, Van Leeuwen & Wit (2000); Leiden (NL).

Zielgruppe, Design	Nutzer von Büros (1 Gebäude, 384 Büros) ABACA- Design: 1 Woche / 4 Wochen / 1 Jahr / 4 Wochen / 1 Jahr 11 Messzeitpunkte (in B- und C-Phase Abstand jeweils 1 Woche)
Zielverhalten	Heizkörper nicht verdecken Ventile synchron einstellen
Theorien, Modelle, Determinanten	Rolle von einfachen und günstigen Informationen in Bezug auf Verhaltensänderungen mit langfristigem Effekt
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	--
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Phase B: kollektives Feedback (bulletin board) Phase C: individuelles Feedback Phasen B und C: Wissensvermittlung (Broschüren)
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Beobachtungen (Heizkörper verdeckt, Ventile nicht synchron) Verbräuche
Baseline / Dauer	Phase B (Daten des 1. Messzeitpunkts): - Heizkörper verdeckt: 48 % - Ventile nicht synchron: 68 % Phase C (Daten des 6. Messzeitpunkts): - Heizkörper verdeckt: 40 % - Ventile nicht synchron: 54 %
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Nach Phase B: - Heizkörper verdeckt: 26 % / -45,8 % / 4 Wochen - Ventile nicht synchron: 40 % / -41,2 % / 4 Wochen Nach Phase C: - Heizkörper verdeckt: 30 % / -25 % / 4 Wochen - Ventile nicht synchron: 28 % / -48,1 % / 4 Wochen - Gas: -6 % - Kosten: -6.000 US\$
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Langzeiteffekte jeweils nach einem Jahr: - Nach Phase B: Heizkörper verdeckt: 40 % / -16,7 % Ventile nicht synchron: 54 % / -20,6 % - Nach Phase C: Heizkörper verdeckt: 33 % / -17,5 % Ventile nicht synchron: 40 % / -25,9 % Absinkendes Zielverhalten, jedoch oberhalb Baseline Wenige Beobachtungszeitpunkte Interrater-Reliabilität kaum geprüft
<i>Anmerkungen.</i> Die auf freie Heizkörper und synchron eingestellte Ventile bezogenen Werte wurden auf verdeckte Heizkörper und nicht synchron eingestellte Ventile umgerechnet.	

6.4.3 (16) Hansmeier & Matthies (2007), Hansmeier (2008), Matthies & Hansmeier (2010)

Von November 2006 bis Januar 2007 fand an der Ruhr-Universität Bochum eine Aktion zur Reduktion des Verbrauchs an Wärmeenergie unter dem Titel *Energiebewusste RUB – Richtig Heizen und Lüften* statt (Hansmeier, 2008; Hansmeier & Matthies, 2007; Matthies & Hansmeier, 2010). Die Untersuchung baute auf einer Potenzialanalyse (vgl. Kattenstein, Unger & Wagner, 2002, zitiert nach Hansmeier & Matthies, 2007; Kattenstein, Ziolek & Unger, 2000) auf, die für die untersuchten Gebäude jährliche Energieeinsparungen von durchschnittlich 30 Prozent Wärmeenergie und 15 Prozent Strom ergab. Davon sollte etwa ein Drittel durch Maßnahmen im Bereich des Nutzerverhaltens erreichbar sein. Als Zielverhalten wurden unter anderem Stoßlüften und Jalousienbenutzung definiert. Die theoretische Fundierung fand das Projekt im *Einfluss-schema umweltgerechten Alltagshandelns* (Matthies, 2005; vgl. Abbildung 8 auf Seite 64).

Vor Beginn des Interventionsprogramm wurden im Rahmen einer Zielgruppenanalyse folgende Informationen ermittelt: (1) das aktuelle energierelevante Verhalten am Arbeitsplatz, (2) Barrieren bei der Umsetzung von energieeffizienten Verhaltensweisen, (3) ggf. vorhandene Wirksamkeitsüberzeugungen, d. h. inwieweit Mitarbeiter Verhaltensänderungen für ein effektives Mittel hielten, um den Energieverbrauch zu senken, (4) die Bereitschaft und Motivation zur Teilnahme an einer Energiesparaktion, (5) Informationswege, über die die Mitarbeiter erreichbar waren, sowie (6) weitere Potenziale im Nutzerverhalten an der Ruhr-Universität Bochum. Es ergab sich, dass die genannten Zielverhaltensweisen einerseits nicht flächendeckend praktiziert wurden, andererseits aber auch einer Umsetzung keine wesentlichen Hindernisse entgegen standen. Zugleich hielten vier Fünftel der Mitarbeiter Verhaltensänderungen für ein effektives Mittel zur Senkung des Energieverbrauchs.

Bestandteile des Interventionsprogramms waren u. a. eine Aktionswoche, ein Web-Auftritt, weitere Öffentlichkeitsarbeit und ein Interventionspaket. Letzteres enthielt ein persönliches Anschreiben des Rektorats, eine Broschüre, einen Rückmelde- bzw. Selbstverpflichtungsbogen, einen selbstklebenden Prompt für das Fenster sowie verschiedene diskursanregende Materialien. Über die Aktion wurde im Rahmen der Aktionswoche, in einer Personalversammlung sowie über Aktionsstände, Flyer und Banner informiert.

Folgende Verhaltensempfehlungen wurden für Büroräume gegeben: (1) Stoßlüften statt Kipplüften, (2) Heizungen bei längerer Abwesenheit abdrehen, (3) Mobiliar 30 cm von Heizkörpern abrücken, Ventile danach neu einregeln, (4) Türen geschlossen halten und (5) keine

Heizlüfter oder Radiatoren benutzen. Das gesamte Einsparpotenzial in Bezug auf den Wärmeverbrauch wurde auf 10-15 Prozent geschätzt, wobei davon ausgegangen wurde, dass etwa die Hälfte dieses Potenzials auch ausgeschöpft werden könnte.

Für die Evaluation wurden die Ergebnisse von Befragungen, systematische Beobachtungen sowie witterungsbereinigte Energieverbrauchsdaten herangezogen. Dabei wurde die Bewertung der beobachteten Veränderungen des Lüftungsverhaltens in Relation zu den beiden Gebäude in der Kontrollgruppe vorgenommen; die Entwicklung der Verbräuche wurde in Beziehung gesetzt zu derjenigen der Fachhochschule Bochum. Bei den beiden Befragungen betrug der Rücklauf der Fragebögen im Pretest 9,6 % und im Posttest 7,6 %; Verzerrungen durch die geringe Rücklaufquote konnten durch eine Gewichtungsprozedur bereinigt werden. Als wichtiges Ergebnis der Befragung ist festzuhalten, dass über 90 Prozent der Befragten angaben, dass sie die Tipps ganz oder teilweise umgesetzt hätten. Entsprechend den Befragungsdaten hatte sich der Anteil der Mitarbeiter, die regelmäßig stoßlüften, von etwa einem Viertel auf knapp die Hälfte verdoppelt. Die Anzahl derer, die die Fenster beim Verlassen des Arbeitsplatzes schließen, erhöhte sich von 86 Prozent auf 95 Prozent, während der Anteil derjenigen, die dies nie tun, von 6 Prozent auf 1 Prozent fiel. Der Anteil der Beschäftigten, die die Heizung während längerer Zeiten der Abwesenheit regelmäßig abdrehen, stieg, und der Anteil derer, die dies nie tun, sank um 10 Prozent von 37 Prozent auf 27 Prozent. Ein besonders dramatischer Effekt in den Beobachtungsdaten war der Rückgang dauerhaft gekippter Fenster in Unterrichtsräumen von 73 Prozent auf 7 Prozent; eine Veränderung der Außentemperatur als wesentliche Ursache dafür konnte ausgeschlossen werden. In den Büroräumen sank die Anzahl dauerhaft gekippter Fenster von 7,6 Prozent auf 2,2 Prozent, während dieser Wert in der Kontrollgruppe von 4,2 auf 4,5 Prozent anstieg. Die Energieverbrauchsdaten konnten nur für die Monate November und Dezember ausgewertet werden. Für diesen Zeitraum ergab sich eine monatliche Einsparung von 6 Prozent Wärmeenergie und damit eine Ausschöpfung des geschätzten Potenzials von etwa der Hälfte (weitere Ergebnisse in Tabelle 25). Insgesamt konnten so etwa 1.700 MWh Wärme mit Kosten von 45.000 € eingespart werden, wodurch sich die Aktion bereits im zweiten Monat ihrer Durchführung amortisiert haben dürfte.

In Bezug auf den Bekanntheitsgrad als besonders effektiv erwiesen sich die Projektflyer, die als Ankündigung der Aktionswochen dienten. Ebenfalls gut im Gedächtnis blieben offenbar die WWW-Site der Aktion, das personalisierte und über die Hauspost verschickte Infopakete und die Plakate. Deutlich weniger als der Hälfte der Befragten konnte sich hingegen noch an die Dienst-

anweisung, die Aktionsstände und die in der Zeitung der Universität erschienenen Pressemitteilungen erinnern (Hansmeier & Matthies, 2007).

Als Nebeneffekt der Aktion ergab sich, dass 18 Prozent der Befragten, die die Aktion kannten, angaben, sie seien aufgrund der Aktion auf technische Defekte in ihrem Umfeld aufmerksam geworden; zwei Drittel davon ergänzten, sie hätten diese Defekte auch den zuständigen Stellen gemeldet.

Tabelle 25

Kurzcharakteristik der Studie (16) Hansmeier & Matthies (2007), Hansmeier (2008), Matthies & Hansmeier (2010); Ruhr-Universität Bochum.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer 12 Gebäude (Experimentalgruppe) 2 Gebäude (Kontrollgruppe) Selbstberichte: Pre-Post Lüften (Beobachtungen): Zeitreihe Verbräuche: Zeitreihe, Kontrollgruppe: FH Bochum
Zielverhalten	Stoßlüften, Heizung abdrehen, Möbel abrücken, Fenster und Türen geschlossen halten, keine Heizlüfter
Theorien, Modelle, Determinanten	Soziales Marketing Normaktivationsmodell (Schwartz & Howard, 1981) Integratives Einflusschema umweltgerechten Alltagshandelns Zielgruppenanalyse, Potenzialanalyse Berücksichtigung organisatorischer Besonderheiten
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	Verlosung Interventionspaket
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	Anschreiben des Rektorats Interventionspaket
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	Poster Interventionspaket Selbstverpflichtungen
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	Soziales Marketing Interventionspaket Aktionswoche Webauftritt, Öffentlichkeitsarbeit
Daten; Bezug	Selbstberichte Beobachtungen Verbräuche
Baseline / Dauer	Möbel stehen falsch: 53 % Falsches Lüften: 75 % Kippfenster: - Experimentalgruppe: 7,6 % - Kontrollgruppe: 4,2 %
Potenzialabschätzungen	10-15 %
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer (weitere Ergebnisse im Text)	Möbel stehen falsch: 43 % / -18,9 % / 3 Monate Falsches Lüften: 51 % / -32 % / 3 Monate Kippfenster: - Experimentalgruppe: 2,2 % / -71,1 % / 3 Monate (sig.) - Kontrollgruppe: 4,5 % / +7,1 % / 3 Monate (n.s.) Wärmeverbrauch: -- / -6 % / 2 Monate
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Potenzialausschöpfung: ca. 50 % Basis: Optimierungspotenziale mit günstigen Umsetzungsvoraussetzungen jährliche Auffrischung empfehlenswert (Jahreszeit, Fluktuation)

Anmerkungen. Die originalen auf korrekte Stellungen der Möbel und korrektes Stoßlüften bezogenen Werte wurden auf falsch stehende Möbel und falsches Lüften umgerechnet.

6.5 Integrierte Projekte: Reduzierung des Energieverbrauchs insgesamt

Während sich die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Studien auf energierelevantes Verhalten entweder bei elektrischer oder bei Wärmeenergie konzentrierten, folgt nun die Darstellung von vier integrierten Projekten, in denen beide Teilbereiche gleichermaßen adressiert wurden. Der Komplexität des Gegenstandsbereiches entsprechend kam hier in der Regel eine Kombination aus etlichen psychologisch motivierten Interventionen zum Einsatz.

6.5.1 (17) Schahn (2004, 2007, 2008)

Ein besonders umfangreiches Projekt wurde in den Jahren 2001-2003 im Psychologischen Institut der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg durchgeführt und gut dokumentiert. Hintergrund waren die hohen Verbräuche der Universität (ohne Klinikum) in den Bereichen Strom mit knapp 38.000 MWh und Fernwärme für Raumheizung mit über 67.000 MWh im Jahr 2005, bei denen sich schon geringe prozentuale Einsparungen nennenswert auf den absoluten Verbrauch und die damit verbundenen Kosten auswirken können (Schahn, 2007). Bevor das Projekt *Energiemanagement* am 1. Juli 2001 offiziell begann, war bereits eine Reihe von vorbereitenden Maßnahmen getroffen worden (Schahn, 2008). Unter anderem erfolgten eine Begehung der beiden Gebäude des Instituts und die Erstellung eines Gutachtens durch die Heidelberger Klimaschutz- und Energieberatungsagentur sowie die Information und Motivation der Institutsöffentlichkeit. In den einzelnen Arbeitseinheiten wurden Energiebeauftragte nominiert und Vorschläge zur Energieeinsparung zunächst in diesem Kreis, später institutsweit gesammelt. Angelegt als Modellprojekt, „bei dem der praktischen Anwendbarkeit der Vorzug vor strikter Bedingungskontrolle gegeben wurde“ (Schahn, 2007, S. 138) war das Ziel vor allem das „Sammeln von Erfahrungen unter realistischen Alltagsbedingungen“ (Schahn, 2004, S. 205). Im Zentrum standen Maßnahmen zur Änderung des Nutzerverhaltens, aber auch technische Maßnahmen, die auf Verhaltensänderungen aufbauten. Das Projekt sollte ohne größere Investitionen auskommen und keine Erweiterung der personellen Ausstattung erforderlich machen. Im Sinne eines partizipativen Ansatzes sollten Ideen aus dem Kreis der Nutzer aufgegriffen werden. Als eine zentrale Säule des Projekts bezeichnet Schahn (2004, S. 206) daher die Komponente „Information“, d. h. das Sammeln und Verbreiten von energierelevanten Informationen. Als zweite Säule wird „Motivation durch Rückmeldung“ genannt. Dabei sollten auf der Basis eines Vergleichs der aktuellen Verbräuche mit denen des Vorjahresmonats Rückmeldungen gegeben werden. Aufgrund von Problemen mit den vorliegenden Daten musste man im Laufe des Projekts allerdings auf eine jährliche Rückmeldung übergehen, und selbst diese war aufgrund mangelnder Belastbarkeit der Verbrauchswerte mit erheblichen Problemen behaftet. Als dritte Säule

„Belohnung“ stellte die Universitätsverwaltung dem Institut in Aussicht, den monetären Gegenwert der eingesparten Energie zur freien Verfügung zu überlassen. Als Referenz wurde der Mittelwert der vor dem Beginn des Projekts liegenden Jahre 1997-2000 festgelegt. Aus verschiedenen Gründen wurden für die Berechnung der Prämien nicht die witterungsbereinigten, sondern die tatsächlich gemessenen Verbräuche herangezogen.

Schahn (2007, S. 138) verwendete ein Vierfelderschema mit den beiden Dimensionen „zentral vs. dezentral“ und „einmalig vs. wiederholt“ (s. a. Abbildung 2 auf Seite 89) zur Einordnung der in Frage kommenden Maßnahmen. Im Feld *einmalig / zentral* finden sich Maßnahmen, die von einer oder sehr wenigen Personen nur ein einziges Mal ausgeführt werden müssen, wie etwa bestimmte technische Optimierungen. Der notwendige Aufwand war hier überschaubar; zudem wurden in diesem Bereich die größten Effekte erwartet. Wesentlich mehr Aufwand bei nicht immer ganz so klarem Einsparpotenzial wurde bei Maßnahmen im Feld *wiederholt / dezentral* erwartet, für die eine Vielzahl von Personen für eine ggf. tägliche Ausführung einer bestimmten Handlung gewonnen werden muss. Hinzu treten Maßnahmen, die von einer kleinen Gruppe wiederholt ausgeführt werden müssen wie etwa das Einstellen der Heizungssteuerung auf Feier- und Schließtage oder das Ausschalten der Heizanlage im Sommer. Eine typische Maßnahme, die von vielen Personen im Idealfall nur einmal auszuführen ist, wäre beispielsweise die Kontrolle, ob die Heizkörper und Thermostatventile in den Büros frei von Abdeckungen sind.

Begleitend fanden in den Jahren 2001-2003 jeweils im Wintersemester Projektseminare mit unterschiedlichen Schwerpunkten zum Thema Energiesparen statt (Gillen et al., 2002; eine Übertragung auf andere Institute der Universität Heidelberg erfolgte durch Trott et al., 2004). Über den Fortschritt des Projekts informierte unter anderem eine eigene WWW-Präsenz, die jedoch eher gering genutzt wurde.

Im Zuge des Projekts konnten von Juli 2001 bis Ende 2003 im Mittel 6,5 % Strom und 12,4 % Heizenergie eingespart werden. Im Strombereich gingen die Einsparungen allerdings ab 2002 sukzessive zurück und erreichten 2006, im letzten Jahr der Nacherhebung, sogar einen negativen Wert von -3 Prozent, also eine Steigerung des Verbrauchs gegenüber der Referenz. Der Verbrauch an Heizenergie hingegen ging nahezu kontinuierlich immer weiter zurück; für die Jahre 2001, 2002 und 2003 wurden Einsparungen von 10,5 %, 11,8 % bzw. 14,8 % erzielt, im Mittel also etwa 12,4 %. Die Nacherhebungen in den Jahren 2004, 2005 und 2006 ergaben Einsparungen von 16,9 %, 14,8 % und 15,4 %. Im Gegensatz zum Strombereich waren die Einsparungen bei der Heizenergie also von Dauer, allerdings trifft dies erstens in dieser Form nur für

eines der beiden Gebäude zu und zweitens war der Effekt offenbar vorwiegend auf eine einzige technische Optimierungsmaßnahme zurückzuführen, nämlich die Aktivierung der Nachtabenkung bei der Heizungsanlage, (Schahn, 2007). Maßnahmen aus dem Sektor *einmalig / zentral* dürften weitgehend auch für die Reduktionen beim Stromverbrauch verantwortlich sein. Dies steht nur scheinbar im Widerspruch zu der Tatsache, dass *wiederholte / dezentrale* Maßnahmen, die auf die Verhaltensebene abzielten, durchaus einen Effekt hatten – nur war dieser in den Verbrauchswerten nicht als solcher erkennbar. Weber (2002) stuft diese Problematik als geradezu typisch für verhaltensorientierte Projekte ein.

Schahn (2007) merkt kritisch an, dass die dem Projekt zur Verfügung stehenden Referenzverbräuche aufgrund verschiedener Einflüsse fehlerbehaftet waren, was allerdings eher zu einer Unterschätzung der Einsparungen geführt haben dürfte. Daraus und aus Problemen bei der Erfassung der aktuellen Verbräuche ergaben sich gravierende Probleme bei der Rückmeldung. Diese enthielt zwar die korrekte Tendenz, die kommunizierten Werte waren jedoch weitgehend falsch, was auch falsch berechnete Prämien für das Institut zur Folge hatte. Der partizipative Ansatz im Sinne einer Anwerbung von Energiebeauftragten und der Institutionalisierung einer Arbeitsgruppe war aufgrund des geringen Interesse der Institutsöffentlichkeit nur eingeschränkt erfolgreich. Immerhin konnten aber 47 der 53 von Institutsmitgliedern eingereichten praktikablen Verbesserungsvorschläge umgesetzt werden.

Schahn (2008) gibt folgende praktische Empfehlungen für ähnliche Projekte: Als zentrale Maßnahme ist zunächst die Richtigkeit der zurückliegenden und der aktuellen Energieverbrauchs-messungen sicherzustellen. Weiterhin ist zu beachten, dass ein partizipativer Ansatz erfolgreich zur Generierung von Ideen eingesetzt werden kann, aber möglicherweise dort, wo es um konkrete Arbeitsgruppen geht, aufgrund auftretender Verantwortungsdiffusion gewisse Grenzen erreicht werden. Eine zentrale Koordination des Projekts, die Unterstützung eines partizipativen Ansatzes durch technischen Sachverstand sowie eine positive Einstellung zum Energiesparen sind demnach wichtige weitere Voraussetzungen. Da „trockene“ Information zu Reaktanzeffekten führen kann, sollte der Einsatz einer gewissen „Spaßkomponente“ (S. 156) in die Überlegungen einbezogen werden (s. a. Matthies, Griesel & Wortmann, 2004). Schließlich sollten für einmalig und insbesondere für wiederholt von zentraler Stelle durchzuführende Maßnahmen feste Verantwortlichkeiten bei möglichst mehreren Personen geschaffen werden.

Die Rolle psychologischer Interventionen wird vorwiegend in folgenden Bereichen gesehen: Steigerung der Akzeptanz für technische und organisatorische Maßnahmen sowie Aufdeckung

übersehener Potenziale durch Einbeziehung möglichst vieler Personen. Erst an dritter Stelle folgen Interventionen, die sich an alle Beteiligten richten und die eine wiederholte Ausführung von Handlungen zum Ziel haben. Dieser Bereich sollte daher erst dann in die Betrachtung einbezogen werden, nachdem alle sinnvollen technisch-organisatorischen Optimierungen bereits durchgeführt wurden.

Tabelle 26

Kurzcharakteristik der Studien (17) Schahn (2004, 2007, 2008); Universität Heidelberg, Psychologisches Institut.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer, 2 Gebäude
Zielverhalten	Energie-optimierter Betrieb; Licht aus; Netzschalter aus
Theorien, Modelle, Determinanten	Forschung zu Information, Motivation durch Rückmeldung, Partizipation
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	Technische Analyse / Begehung Klimaschutz- und Energieagentur (KEA) Nominierung von Energiebeauftragten Technische und verhaltensbezogene Maßnahmen
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	Belohnung / finanzieller Anreiz: 100 % Prämie
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	Wissensvermittlung (Veranstaltung, E-Mails, WWW)
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	Kollektives Feedback
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	Partizipation (Sammeln von Vorschlägen, Energiebeauftragte, Projektseminare, Umfragen)
Daten; Bezug	Verbräuche Vorschläge
Baseline / Dauer	Mittelwert Verbräuche / 3 Jahre
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Strom: -6,5 % / 2,5 Jahre Heizung: -12,4 % / 2,5 Jahre Partizipativer Ansatz wenig erfolgreich
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Zähler- und Datenproblematik Bereinigungsproblematik Rückmeldekomponente fehlerhaft Rolle psychologischer Interventionen: - Steigerung der Akzeptanz für technische und organisatorische Maßnahmen - Aufdeckung übersehener Potenziale durch Einbeziehung möglichst vieler Personen - Nach Ausschöpfung technisch-organisatorischer Potenziale Interventionen aus dem Sektor „dezentral/wiederholt“ einsetzen Langzeiteffekte: - Strom: Anstieg bis 3 % über Baseline 3 Jahre nach Ende der Interventionen - Heizung: dauerhafte Einsparung, aber nur 1 Gebäude, vermutlich technisch bedingt

6.5.2 (18) Matthies (2010), Matthies et al. (2011)

Das Projekt Change (Matthies, 2010; Matthies & Hansmeier, 2010; Matthies & Wagner, 2011) dürfte eines der umfangreichsten psychologisch und zugleich transdisziplinär ausgerichteten Projekte mit einem Schwerpunkt auf Änderungen des energierelevanten Verhaltens an Hochschulen zumindest im deutschsprachigen Raum sein. Von 2008 bis 2011 im Rahmen des Themenschwerpunktes *Vom Wissen zum Handeln – Neue Wege zum nachhaltigen Konsum* vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert eröffnete es am Beispiel von Hochschulen psychologische, ingenieurwissenschaftliche und organisationssoziologische Perspektiven auf die Energienutzung in öffentlichen Gebäuden. Projektpartner waren neben der AG Umwelt- und Kognitionspsychologie und dem Lehrstuhl für Energiesysteme und Energiewirtschaft an der Ruhr-Universität Bochum die Hochschul-Informationssystem GmbH (HIS) in Hannover sowie die Energieagentur Nordrhein-Westfalen.

In zwei Projektbereichen sollten zum einen

theoriebasiert neue Interventionsformen für die Förderung energieeffizienten Nutzerverhaltens in Organisationen entwickelt und theoriegeleitet auf Verhaltensebene und im Hinblick auf Energieverbräuche evaluiert werden. (Wagner & Matthies, 2011, S. 21)

und zum anderen

analysiert werden, welches die Gründe, Barrieren und Hemmnisse sind, aufgrund derer bisher kaum fundierte und professionell gestaltete Projekte zum energieeffizienten Nutzerverhalten in Hochschulen durchgeführt worden sind. Das auf Basis psychologischer und ingenieurwissenschaftlicher Expertise entwickelte Instrument für Hochschulen sollte durch enge Kooperation mit PraxispartnerInnen in ein für Hochschulen nutzbares Format gebracht und bekannt gemacht werden. (Wagner & Matthies, 2011, S. 21).

Die in die Untersuchung einbezogenen Gebäude gehörten zu mehreren Universitäten. Diese sog. Praxispartner waren die Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, die Universität Bremen, die Technische Universität Dortmund, die Philipps-Universität Marburg, die Westfälische Wilhelms-Universität Münster, die Universität Rostock, die Universität Siegen sowie die Hochschule Zittau/Görlitz. Die Auswahl der Gebäude für die Untersuchung gestaltete sich aufgrund der Anforderungen schwierig: Voraussetzungen waren gebäudebezogene Wärme- und Stromzähler, ab 2005 verfügbare monatliche Verbrauchsdaten, ein hoher Anteil an Büroflächen sowie die Möglichkeit zur Beobachtung der Fensterstellungen von außerhalb der Gebäude (Matthies et al., 2011).

In einer ersten Projektphase wurden 15 Gebäude von vier Hochschulen, davon zwei Campus-Hochschulen (Dortmund, Siegen) und zwei mit historisch gewachsenen Gebäudebeständen (Münster, Bonn), in die Untersuchung einbezogen (Matthies, 2010). Zunächst wurden in einem Teil der Interventionsgruppe insbesondere Informationsstrategien eingesetzt. In einem zweiten Teil wurden gezielt habit-bezogene Interventionsstrategien verwendet wie etwa Prompts, Steckerleistengutscheine, Thermometer, Selbstverpflichtungsbögen und Aktionsstände, die bestehende, verschwenderische Gewohnheiten aufbrechen, die Aufmerksamkeit auf das Energiesparen und entsprechende energiesparende Verhaltensweisen lenken und die Ausbildung neuer, energiesparender Gewohnheiten unterstützen sollten.



Abbildung 47. Signalisierung der Unterstützung der Leitung und Vorbild zugleich: Der Rektor der Ruhr-Universität Bochum Prof. Elmar Weiler (Matthies, 2010, S. 16).

In einer zweiten Projektphase wurde an 23 Gebäuden von fünf Universitäten (Marburg, Rostock, Zittau-Görlitz, Bremen, Siegen) ein standardisiertes Interventionsprogramm erprobt, das auf einem Web-Portal mit umfangreichem Informations- und Interventionsmaterial basierte.

Stellvertretend für alle Gebäude wurden zur Bestimmung der ausschöpfbaren Potenziale für drei ausgewählte Gebäude Simulationsrechnungen auf der Basis der Gebäudedaten inkl. Informationen über Gebäudedämmung und -dichtigkeit vorgenommen. Im Bereich Stromverbrauch wurde dabei als nutzerbezogener Haupteinflussfaktor der Umgang mit der Büroausstattung und

der Beleuchtung identifiziert, während sich im Bereich Wärmeverbrauch die Einstellung der Raumtemperatur über die Heizung sowie die Fensterlüftung ergaben, wobei für das Schließen der Thermostatventile während des Lüftens lediglich ein geringes Einsparpotenzial von einem Prozent errechnet wurde (Matthies et al., 2011). Insgesamt führte die Simulationsrechnung zu Einsparpotenzialen von 14 Prozent bei Strom und 9 Prozent bei Wärmeenergie (Matthies et al., 2011).

Im Rahmen einer Kurzzeitevaluation anhand von Selbstberichten, Verhaltensbeobachtungen und Verbrauchsdaten ergaben sich positive, aber nicht immer signifikante und vermutlich durch äußere Gegebenheiten (Witterung) sowie Deckeneffekte beeinflusste Ergebnisse (vgl. Matthies et al., 2011). In einigen Fällen war die Auswertung der Energieverbrauchsdaten aufgrund eingeschränkter Qualität und Auflösung mit deutlichen Schwierigkeiten behaftet. Im Schnitt ergab sich in den Interventionsgruppen ein Rückgang im Wärmeverbrauch in Höhe von -0,7 % und im Stromverbrauch von -7,7 %. Dies bedeutet, dass die ursprünglich berechneten Potenziale bei der elektrischen Energie mit 43 % nur knapp zur Hälfte und bei der Wärmeenergie mit 8 % nur zu einem sehr geringen Teil ausgeschöpft werden konnten.

In der Langzeitevaluation wurden Daten vom Oktober 2008 mit denen vom Januar 2010 verglichen. Dabei konnten in Bezug auf den Wärmeverbrauch keine Effekte ermittelt werden bzw. es ergab sich eine Zunahme des Verbrauchs gegenüber dem linearen Trend von 6,1 %. Auch das Lüftungsverhalten und das Kipplüften lagen zu beiden Zeitpunkten auf nahezu identischem Niveau, während die Befragungsdaten sowohl eine Reduktion des Kipplüftens als auch eine Erhöhung der Leistungseinstellung der Heizung nahelegten. Beim Stromverbrauch ergab sich ein Rückgang von -9,5 % entsprechend einer Ausschöpfung des berechneten Potenzials von 53 %. Aus dem Ergebnis beim Wärmeverbrauch wird geschlossen, dass insbesondere ein der kalten Jahreszeit angemessener Umgang mit den Fenstern zu Beginn einer jeden Heizperiode neu eingeübt werden sollte.

Das Projekt bietet über die direkt in das Projekt integrierten Einrichtungen hinaus im Rahmen eines web-basierten Kampagnenportals weiteren Hochschulen die Übernahme diverser Materialien und Strategien an. Davon hat u. a. die Universität Stuttgart Gebrauch gemacht (Hentze, 2012).

Tabelle 27

Kurzcharakteristik der Studie (18) Matthies (2010), Matthies et al. (2011); Ruhr-Universität Bochum.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer
Zielverhalten	Nutzung schaltbarer Steckerleisten Licht ausschalten Heizung herunterdrehen Stoßlüften, dabei Heizung abdrehen PC-Energieoptionen: Standby / Ruhezustand, Ausschalten des Monitors, automatisch vs. manuell
Theorien, Modelle, Determinanten	Psychologie: - Determinanten und Interventionen (Wortmann, 2004): - Informationen - Feedback - insbesondere bezogen auf Habits / Gewohnheiten Ingenieurwissenschaften: - Modellierung von Gebäudeverbräuchen - Bereinigungen Organisationssoziologie: Hochschule als Organisation
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	Verlosung Steckerleistengutschein
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	Infopakete mit Anschreiben der Hochschulleitung und Infobroschüre Energiespartipps via E-Mail
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	Poster Prompts Selbstverpflichtung Thermometer Soziale Modelle (Rektor)
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	Flyer Website Aktionstag
Daten; Bezug	Selbstberichte (Fragebogen) Beobachtungen Verbräuche
Baseline / Dauer	--
Potenzialabschätzungen	Geräte energiesparend einrichten: -14 % Nur Licht: -4 % Summe Strom: -18 % Lüften: -7 % Raumtemperatur absenken: -6 % Summe Wärme: -9 %
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Wärme: -0,7 % Strom: -7,7 %
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Mitarbeiterbefragung Potenzialausschöpfung eher gering Langzeiteffekte noch unsicher Heizungen werden generell höher eingestellt Umgang mit Heizung jährlich wiederholt adressieren Kampagnenportal zur webbasierten Beratung

6.5.3 (19) Carrico & Riemer (2011)

Carrico und Riemer (2011) realisierten eine Studie, in der eine reine Informationskampagne in bestimmten Bereichen mit Feedback-Elementen und zusätzlich durch den Einsatz von Aufklärung und Interventionen durch eigens angeworbene und entsprechend vorgebildete Mitglieder der Zielgruppen (*Peer Education*) angereichert und die Ergebnisse nachfolgend verglichen wurden. Es wurde erwartet, dass Peer Education im Umfeld einer Hochschule ungleich effektiver sein könnten als in einem typischen Haushalt, weil die Peers erstens leichter Einblick in das energierelevante Verhalten der Kolleginnen und Kollegen erhalten und zweitens sowohl injunktive als auch deskriptive Normen gut transportieren können.

Insgesamt wurden vier Gruppen von Gebäuden mit jeweils unterschiedlichen Interventionen gebildet: Kontrollgruppe (nur Informationen), Feedback, Peer Education sowie eine Kombination aus Feedback und Peer Education.

Im Rahmen der Informationskampagne wurden in monatlichen Abständen vier Postkarten verschickt. Diese enthielten zum einen Informationen zum Thema Energie und zur Notwendigkeit des Energiesparens und gaben auf bestimmte Verhaltensweisen bezogene konkrete Hinweise. Zum anderen gaben sie als Ziel eine Einsparung von 15 % oder mehr aus, wobei die Festlegung dieses Wertes theoriegeleitet erfolgt war.

Das monatliche Feedback per E-Mail hatte die Form einer grafischen Darstellung des Verbrauchs des betreffenden Gebäudes im Vergleich zum Vormonat. Im Falle einer Reduktion wurde ein motivierender Text („Keep up the good work!“, S. 5) ergänzt und bei Erreichen des fünfzehnprozentigen Einsparungsziels eine entsprechende Bestätigung („You’ve met your goal of reducing energy use by 15% or more.“, S. 5).

Die im Rahmen der Peer Education tätigen Personen waren in der Regel für jeweils ein Gebäude mit bis zu 290 Mitarbeitenden zuständig und sollten bezugnehmend auf die monatlich versandten Postkarten ergänzende Erinnerungsmails versenden, in denen sie auf die konkreten Gegebenheiten der jeweiligen Gebäude eingingen. Im übrigen sollten sie als Ansprechpartner für Fragen aus ihrer Gruppe zur Verfügung stehen.

Als Daten im technischen Sinne wurden vier Monate vor und während der Intervention die monatlichen Stromverbräuche sowie die lokalen Temperaturen erhoben. Verhaltensbezogene Daten resultierten aus zwei Befragungen vor Beginn der Intervention bzw. direkt im Anschluss an den Versand der vierten Informationspostkarte. Darin enthalten waren Items zur Ermittlung der

Reichweite der Intervention, zu Berichten des eigenen Verhaltens in Bezug auf die Intervention sowie zu wahrgenommenen deskriptiven und injunktiven Normen, zu Vorstellungen über das insgesamt erreichte Ergebnis und zur Attraktivität der mit der Kampagne verbundenen Zielvorgabe.

Während in der Kontrollgruppe, die ausschließlich Informationen erhielt, der Verbrauch im Mittel um vier Prozent anstieg, fiel er in der Gruppe mit Peer Education um 4 Prozent und in der Feedback-Bedingung um 7 Prozent. Die Kombination von Peer Education und Feedback resultierte in einem Rückgang des Stromverbrauchs von sogar 8 Prozent. Alle genannten Werte waren signifikante Reduktionen des Stromverbrauchs gegenüber der Baseline-Phase.

Die Autoren machen folgende Wirtschaftlichkeitsrechnung der untersuchten Interventionen auf: Die Kosten des Peer Education Programms bezifferten sie auf etwa 500 US\$ pro 1.000 Teilnehmer und errechneten so Einsparungen von 15 US\$ pro eingesetztem Dollar (Return on Investment ROI = 15). Bei der Feedback-Variante lauten die Werte 600 US\$ bei einem ROI von 32. Als Vermeidungskosten für eine Tonne CO_{2e} werden relativ geringe 12 US\$ für die Peer Education-Variante bzw. 5 US\$ für die Feedback-Variante angegeben. Abschließend weisen sie darauf hin, dass aufgrund der in ihrer Studie erhobenen Daten letztlich keine Aussagen über Gründe für die tatsächlich erreichte Energieeinsparung getroffen werden könnten. Als mögliche Erklärungen werden angeführt, dass die zugrunde liegenden Verhaltensänderungen im Fragebogen oder zu den nur zwei vorhandenen Messzeitpunkten nicht abgebildet werden konnten. Als weitere Problempunkte werden ein relativ hohes Umweltbewusstsein der Stichprobe bei gleichzeitig geringer Homogenität in Bezug auf umweltfreundliches Verhalten sowie Deckeneffekte genannt.

Tabelle 28

Kurzcharakteristik der Studie (19) Carrico & Riemer (2011); vermutlich Vanderbilt University, Nashville, TN.

Zielgruppe, Design	Nutzer von 4 Gebäuden entspr. 4 Gruppen Kontrollgruppe: Information Experimentalgruppe 1: Information + Feedback Experimentalgruppe 2: Information + Peer Education Experimentalgruppe 3: Information + Feedback + Peer Education
Zielverhalten	Licht und Geräte aus
Theorien, Modelle, Determinanten	Peer Education Injunktive und deskriptive Normen Feedback
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	--
Verhaltenserzeugende strukturfokussierte Techniken	--
Verhaltenserzeugende personenfokussierte Techniken	Vermittlung von System- und Handlungswissen
Verhaltensfördernde situationsfokussierte Techniken	Zielvorgabe (Gruppenziel) Kollektives Feedback (E-Mail, monatlich) Peer Education
Verhaltensfördernde verbreitungsfokussierte Techniken	--
Daten; Bezug	Verbräuche Selbstberichte (Fragebogen) Außentemperaturen
Baseline / Dauer	Verbräuche / 4 Monate Zusätzlich Daten aus zwei zurückliegenden Jahren
Potenzialabschätzungen	Zielvorgabe 15 % Hypothesen: - Experimentalgruppe 2 > Kontrollgruppe - Experimentalgruppe 1 > Kontrollgruppe - Experimentalgruppe 3 > (Experimentalgruppen 1 u. 2)
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Verbräuche: - Kontrollgruppe: +4 % / 4 Monate - Experimentalgruppe 1: -7 % / 4 Monate - Experimentalgruppe 2: -4 % / 4 Monate - Experimentalgruppe 3: -8 % / 4 Monate Verhalten: Unterschiede zw. Experimentalgruppen n.s.
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	Kostenabschätzung: - Peer Education: 500 US\$/1.000 VPN, ROI=15 - Feedback: 600 US\$/1.000 VPN, ROI=32 CO ₂ -Vermeidungskosten: - Peer Education: 12 US\$ - Feedback: 5 US\$ Peer Education nur von 13 Personen durchgeführt für sehr viele (bis zu 290) Nutzer pro Betreuer; nur 2 Betreuer sendeten alle 4 Nachrichten Informationen aus der eigenen sozialen Gruppe waren tendenziell effektiver Implementierungsproblem in Experimentalgruppe 2 nachträglich korrigiert Nur 2 Befragungszeitpunkte - wenig aussagekräftig

6.5.4 (20) Stumpf (2008a, 2008b, 2012, 2013)

Das Projekt *Nachhaltige Energieeffizienz* des Instituts für Psychologie der Universität Freiburg wurde bereits im Kapitel 5 detailliert vorgestellt (Stumpf, 2008a, 2008b, 2012, 2013; s. a. Bonnal et al., 2007). Daher folgt an dieser Stelle nur die tabellarische Zusammenstellung zum Zwecke des Vergleichs mit den vorgenannten Studien.

Tabelle 29

Kurzcharakteristik der Studien (20) Stumpf (2008a, 2008b, 2012, 2013); Universität Freiburg.

Zielgruppe, Design	Alle Nutzer
Zielverhalten	Geräte ausschalten und vom Netz trennen Licht aus (alle Räume) Heizung angemessen einstellen und bei Abwesenheit herunterdrehen
Theorien, Modelle, Determinanten	Theory of Planned Behavior (TPB) Injunktive und deskriptive Normen
Vorausgegangene oder begleitende Interventionen	Minimal investive Maßnahmen
Verhaltens erzeugende strukturfokussierte Techniken	Technische Elemente des Energiesparpakets Belohnungen / Incentives Wettbewerb
Verhaltens erzeugende personen fokussierte Techniken	E-Mails Anschreiben im Energiesparpaket Informationselemente des Energiesparpaket
Verhaltens fördernde situations fokussierte Techniken	Online-Prompts Offline-Prompts Poster
Verhaltens fördernde verbreitungsfokussierte Techniken	E-Mails WWW-Site Ideenwettbewerb Umweltag Film Beschriftung der Vesperdose des Energiesparpakets
Daten; Bezug	Beobachtungen Verbräuche Vorschläge
Baseline / Dauer	3 Jahre (Mittelwert 2003-2005)
Potenzialabschätzungen	--
Effekte während der Laufzeit: Messwert / relative Veränderung / Dauer	Strom: -16 % / 7 Jahre (Projekt läuft noch) Wärme: -26 % / 7 Jahre (Projekt läuft noch)
Erfolgsfaktoren, Probleme, sonstiges	intensive Projektbetreuung erforderlich

6.5.5 Zusammenfassung des Kapitels

Gegenstand dieses Kapitels waren Berichte über zwanzig Untersuchungen mit psychologischem Hintergrund zum Themenbereich Energiesparen im Hochschulbereich. Historisch gesehen haben frühere Studien eher einzelne Zielverhaltensweisen und diese vorwiegend exemplarisch, explorativ, praxisnah und mit wenig theoretischer Unterfütterung fokussiert, während in späteren Arbeiten vermehrt komplexere Szenarien mit Bezug auf konkrete psychologische Modellvorstellungen und mit einer Kombination aus verschiedenen Zielverhaltensweisen behandelt und die Ergebnisse systematischer evaluiert wurden. Insgesamt wird in mehreren Dimensionen ein recht großer Raum aufgespannt. In vielfältigen Settings wurden auf der Basis unterschiedlicher psychologischer Modellvorstellungen eine ganze Reihe von Zielverhaltensweisen mit verschiedenen Interventionen adressiert; dabei wurden durchaus unterschiedliche Ergebnisse erzielt. Im nachfolgenden Kapitel folgt eine integrative Übersicht, in der auf der Basis der den Studien zugeordneten tabellarischen Übersichten deren Charakteristika zusammengetragen, systematisiert und zu einem größeren Bild zusammengesetzt und Empfehlungen für die Durchführung ähnlicher Projekte abgeleitet werden.

7 Ergebnisse, Synthese und Diskussion

7.1 Einführung

Aufbauend auf den in den Kapiteln 1 bis 4 dargestellten technisch-organisatorischen und psychologischen Grundlagen werden in diesem Kapitel die typischen Besonderheiten und methodischen Probleme der in den Kapiteln 5 und 6 vorgestellten Studien integrativ zusammengestellt und diskutiert. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Frage der Wirksamkeit einzelner Interventionen bzw. Kombinationen von Interventionen für bestimmte Einsatzbereiche und Zielgruppen. In Form von Empfehlungen und Anregungen zur Gestaltung zukünftiger Studien zur Reduzierung des Energieverbrauchs an Hochschulen wird dabei eine eher retrospektiv ausgerichtete Sichtweise auf *lessons learned* mit einer konstruktiven, auf die Zukunft gerichteten Sichtweise im Hinblick auf *best practices* verbunden. Darin fließen auch Elemente aus dem integrativen Prozessmodell psychologischer Beiträge zur Energie-Einsparung von Wortmann (2010) (vgl. Abbildung 4 auf Seite 27) und dem Handbuch zur Unterstützung bei der Einführung eines Energiemanagements in Hochschulen von Liers und Person (2012) ein.

7.2 Skizzierung eines Leitfadens für ein integriertes Energiesparprojekt

In diesem Abschnitt wird ein Modell im Sinne eines Leitfadens für ein Energiesparprojekt an einer Hochschule unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens der Mitarbeitenden und Studierenden entwickelt. Das Ergebnis ist kein detailliertes Ablaufschema, sondern eine Skizze bzw. ein Rahmen, wobei insbesondere auf Erkenntnisse und Ergebnisse aus den untersuchten Studien zurückgegriffen wird. Diese Skizze ist als Teil eines iterativen Verfahrens zu verstehen, d. h. es handelt sich insgesamt nicht um einen einmalig zu durchlaufenden Prozess, sondern um eine in gewissen Abständen zu wiederholende Vorgehensweise (s. dazu das Prozessmodell von Wortmann, 2010). Manche der nachfolgenden Hinweise mögen zunächst Selbstverständlichkeiten gleichkommen – die Erfahrungen aus den Studien zeigen jedoch, dass besonderes Augenmerk auch auf zunächst unproblematisch erscheinende Details gelegt werden muss, damit nicht im Nachhinein größere Bereiche aus der Untersuchung wegbrechen, weil sich scheinbar schlichte Voraussetzungen letztendlich als doch nicht erfüllt bzw. nicht erfüllbar herausstellen.

7.2.1 Allgemeine Voraussetzungen, Vorarbeiten und Planung

Gegenstand einer größeren Maßnahme wird meist eine Organisationseinheit, ein Gebäude oder eine Gebäudegruppe sein. Schon bei dieser Festlegung ist in Abhängigkeit von den übergeordneten Projektzielen auf die Erfüllung bestimmter Voraussetzungen zu achten. Unter technischen Gesichtspunkten sind dies etwa das Vorhandensein gebäudebezogener

Energiemengenzähler oder die Möglichkeit, diejenigen Verbräuche, die durch Interventionen beeinflusst werden sollen, isoliert zu messen (Griesel, 2004; Stumpf, 2012). In organisatorischer Hinsicht sind Aspekte wie eine Homogenität der Nutzung, Möglichkeiten der Zuordnung von Flächen zu Nutzergruppen und dergleichen zu beachten. In Bezug auf Verhaltensaspekte kann es etwa wichtig sein, die Stellungen der Fenster relativ einfach feststellen oder Nutzergruppen elektronisch adressieren zu können (Matthies et al. 2011).

7.2.1.1 Bestandsaufnahme

Einer der ersten Schritte sollte sodann eine möglichst umfassende Bestandsaufnahme sein, bei der *organisatorische und technische Gegebenheiten* protokolliert und erste Eindrücke vom *typischen Verhalten der Nutzer* gewonnen werden können. Schon in dieser Phase werden meist erste Potenziale erkennbar. Eine genaue Abschätzung der verhaltensbezogenen Potenziale kann relativ schwierig sein, insbesondere wenn dafür Daten notwendig sind, die zu diesem Zeitpunkt noch nicht zur Verfügung stehen. Erste Abschätzungen können auf der Basis von Kennzahlen (s. Abschnitt 3.4, S. 46ff) erfolgen; gelegentlich werden Simulationen der Gebäude und ihrer Nutzer eingesetzt (Matthies et al., 2011).

7.2.1.2 Festlegung und Kommunikation von Energiesparzielen und Zielverhalten

Eine klare *Definition des Zielverhaltens* und seine *eindeutige Kommunikation* ist Voraussetzung für den Erfolg eines solchen Projekts (Delprato, 1977; Oceja & Beringuer, 2009). Wie sich am Beispiel der WC-Waschräume zeigt, können in der Praxis bei den betreffenden Personen diesbezüglich Unsicherheiten auftreten (Delprato, 1977), die den Erfolg der Intervention beeinflussen. Eine hinreichend präzise Definition der zu adressierenden Zielverhaltensweisen erleichtert auch die Bestimmung der damit zusammenhängenden Verhaltens- und Verbrauchs-Potenziale.

7.2.1.3 Datenbasis für Potenzialanalyse, Baseline und Interventionsphase

In der Regel wird am Beginn eines Energiesparprojekts eine Potenzialanalyse inkl. Wirtschaftlichkeitsbewertung und am Ende eine Bewertung stehen. Es ist sinnvoll, sich schon sehr frühzeitig mit den dafür notwendigen Datengrundlagen zu beschäftigen, diesbezügliche Maßnahmen zu planen und umzusetzen. Aus psychologischer Sicht können objektive, etwa aus Beobachtungen unter Einbezug der Nutzer gewonnene, möglichst flächendeckende *Verhaltensdaten* eine gute Basis für eine Bewertung darstellen; die Beachtung datenschutzrechtlicher Bestimmungen wird dabei vorausgesetzt. Demgegenüber sind Studien, die aus Selbstberichten gewonnene Informationen verwenden, nicht selten mit einer Reihe von Problemen behaftet

(vgl. dazu die Ausführungen im Abschnitt 3.1.4), weshalb sie etwa in der Metastudie von Osbaldiston und Schott (2012) von vornherein von der Betrachtung ausgeschlossen wurden. Nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Erwägungen ist meist eine effektive Bewertung einer Energiesparmaßnahme anhand eines Vorher-Nachher-Vergleichs der *Energieverbräuche* bzw. eines Vergleichs zwischen Experimental- und Kontrollgruppen sinnvoll. Damit ist ein umfangreicher Themenkomplex angesprochen (s. Kapitel 3), insbesondere kann eine der Intervention vorausgehende, sich möglicherweise über mehrere Jahre erstreckende Protokollierung von Verbrauchsdaten erforderlich sein. Dies dürfte nur dann ohne Schwierigkeiten möglich sein, wenn die betreffenden Daten etwa innerhalb eines Energiemanagementsystems ohnedies erhoben wurden; ansonsten müssen ggf. Zugeständnisse an die Qualität und die Aussagekraft der Daten gemacht werden. Zu kurze Zeitspannen für die Erhebung der Baseline können problematisch sein (vgl. Trott et al., 2004).

Mit den Messungen etwa durch entsprechende Zwischenzähler sollten möglichst genau diejenigen Verbräuche erfasst werden, die durch die geplanten Interventionen direkt beeinflusst werden können (McClelland & Cook, 1980; Schahn, 2007; Stumpf, 2012; Trott et al., 2004). Da dies in der Praxis aus technischen Gründen nicht immer möglich sein dürfte, kann ggf. eine näherungsweise Bestimmung dieser Verbräuche erfolgen. Diese setzt jedoch eine möglichst exakte Bestimmung und fortlaufende Messung der *Grundlast* (s. Abschnitt 3.2.2) bzw. derjenigen Anteile der Verbräuche voraus, die von den Interventionen *nicht* beeinflusst werden. Zudem ist eine *fortlaufende Protokollierung aller energierelevanten Ereignisse* während der Projektlaufzeit samt einer Abschätzung der damit einhergehenden Effekte auf den Energieverbrauch erforderlich. Mit solchen Angaben können die jeweils gemessenen Verbräuche um interventionsfremde Anteile bereinigt werden, d. h. es kann eine Abschätzung desjenigen Anteils an den Verbräuchen bestimmt werden, der durch die Interventionen voraussichtlich beeinflussbar sein wird. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Störgrößen nur selten zeitlich konstant sind, sondern gerade im Falle von Hochschulen mit ihren gemäß den Jahreszeiten, der Witterung, den Feiertagen, Vorlesungs- und Schließzeiten und weiteren Faktoren über das Jahr hinweg stark unterschiedlichen Nutzungsintensitäten teilweise sehr deutlichen Schwankungen unterworfen sind. Die so gewonnenen Daten müssen ggf. einer zusätzlichen *Bereinigung um externe Einflüsse* wie etwa Witterung und Lichteinfall unterzogen werden (s. Abschnitt 3.3); im Einzelfall kann es sinnvoll sein, für diesen Zweck geeignete Wetterdaten selbst zu protokollieren.

7.2.1.4 Projektlaufzeiten

Insbesondere in (quasi-)experimentellen Settings kann es schwierig sein, längere Untersuchungszeiträume zu realisieren, nicht zuletzt, weil es in einem Praxisprojekt kaum möglich ist, alle denkbaren Einflussparameter über längere Zeit zu kontrollieren. Dennoch scheint es für die Gewinnung belastbarer Daten wichtig zu sein, eher eine längere als eine kürzere Aktionsdauer anzustreben. In den meisten der untersuchten Studien konnten aufgrund einer zu kurzen Experimentalphase keine Langzeiteffekte ermittelt werden. Obwohl organisatorisch-technische Maßnahmen etwa im Bereich der Heizung in der Regel relativ rasch zu sichtbaren Veränderungen führen, sind Auswirkungen auf den Energieverbrauch unter Umständen erst nach ein oder zwei Heizperioden einigermaßen gut einzuschätzen. Demgegenüber vollziehen sich Verhaltensänderungen im vorliegenden Kontext eher langsam, insbesondere wenn alte Gewohnheiten aufgebrochen und neue aufgebaut werden müssen. Zur Beantwortung der Frage, in welchem Umfang dies gelingt oder ob nicht quasi im Gegenzug die Wirksamkeit der eingesetzten Maßnahmen im Laufe der Zeit nachlässt und eine Rückkehr in alte Verhaltensmuster begünstigt, ist eine hinreichend lange Projektlaufzeit günstig. Größere Änderungen an maßgeblichen Parametern des Projekts wie Festlegung der Baseline, Prämienberechnung oder ähnliches sollten ebenfalls nur in großen Abständen erfolgen; im Freiburger Projekt hat sich dafür eine Unterteilung in Phasen mit einer Zeitdauer von drei Jahren bewährt.

7.2.1.5 Festlegung und Analyse der Zielgruppe im Hinblick auf Interventionen

Bei weniger komplexen Zielverhaltensweisen wurde in den meisten untersuchten Studien auf eine *Analyse der Zielgruppe* verzichtet – insbesondere wurden nur selten Maßnahmen explizit auf bestimmte Zielgruppen zugeschnitten (Hansmeier & Matthies, 2007; Matthies et al., 2011; Stumpf, 2012, 2013). Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass es zweckmäßig sein kann, die verschiedenen Gruppen an einer Hochschule (Verwaltung, technischer Dienst, Studierende, wissenschaftlicher Dienst, Professoren, Dekane, Stabsstellen, Rektorat usw.) unterschiedlich anzusprechen, da sie unterschiedliche Interessen verfolgen und ihre Bereitschaft zur Mitwirkung nicht immer gleichermaßen ausgeprägt ist (Bonnal et al., 2007; De Young, 1989-90; Schahn, 2007; Stumpf, 2012; s. a. Abschnitt 2.5.2). Unter Umständen kann es insbesondere unter dem Aspekt des Verhältnisses von Aufwand und Ertrag sinnvoll sein, sich stärker *an wenige hoch motivierte als an viele weniger motivierte Personen zu wenden* (De Young, 1989-90). Wichtige Elemente der Analyse der Zielgruppe können sich etwa auf das *aktuelle energierelevante Verhalten, Barrieren* bei der Umsetzung von energieeffizienten Verhaltensweisen, *Wirk-*

samkeitsüberzeugungen, Bereitschaft und *Motivation* zur Teilnahme an der Energiesparaktion sowie auf mögliche *Informationswege* für die Kommunikation mit den Mitgliedern der Zielgruppe beziehen (Hansmeier & Matthies, 2007).

7.2.2 Organisatorische und technische Maßnahmen

In den betrachteten Studien wurde auch eine Reihe von organisatorischen und technischen Maßnahmen thematisiert. Auf sie wird in den folgenden Abschnitten näher eingegangen. Darunter sind etwa die Einbeziehung der Leitung der Einrichtung sowie der Beschäftigten, eine intensive lokale Betreuung sowie vielfältige kleinere und größere zentral oder dezentral durchgeführte Maßnahmen.

7.2.2.1 Unterstützung durch die Leitung der Einrichtung

Eine Reihe von Projekten berichtet Erfolge durch eine Unterstützung durch die Leitung der Einrichtung einerseits (Luyben, 1980-81, 1984; Hansmeier & Matthies, 2007; Matthies et al., 2011; McClelland & Cook; 1980; Stumpf, 2012, 2013) bzw. Probleme durch das Fehlen dieser Komponente (Griesel, 2004) andererseits. Es ist daher sinnvoll, sich dieser Unterstützung frühzeitig zu *versichern*, diese nach außen hin zu *dokumentieren* und *sichtbar* zu machen oder sogar mit der Demonstration einer *Vorbild- bzw. Modellfunktion* zu *kombinieren*, wie dies etwa ganz plakativ auf der Titelseite von Matthies (2010) durch den Rektor der Ruhr-Universität Bochum geschah (vgl. Abbildung 47 auf Seite 192).

7.2.2.2 Partizipative Elemente

Partizipative Ansätze zur Einbeziehung der Zielgruppe in die Definition der Ziele und die Implementierung haben viele Vorteile, u. a. eine bessere Anpassung von Maßnahmen an die Zielgruppe sowie die Nutzung von Gruppenprozessen etwa zur Steuerung von Aufmerksamkeit und zur Vermittlung neuer sozialer Normen (Matthies, 2000). Ein weiterer Vorteil kann die Reduzierung von Reaktanzeffekten durch die Einbeziehung der Zielgruppe in die Erarbeitung von Maßnahmen sein (Dickenberger et al., 1993). Eher gering ist vermutlich der Effekt auf die intrinsische Motivation der Teilnehmer (Kaiser, Woelki & Vllasaliu, 2011). In Bezug auf die Studierenden waren in einigen Studien Lehrveranstaltungen und Qualifikationsarbeiten günstige und praktikable Möglichkeiten, diese Gruppe in ein Energiesparprojekt zu integrieren (Bonnal et al., 2007; Schahn, 2007; Stumpf, 2012). Etwas schwieriger stellt sich die Situation offenbar in Bezug auf das wissenschaftliche Personal dar. Für diesen Personenkreis scheinen partizipative Ansätze einerseits geeignet zu sein für die Generierung von Ideen für Einsparungen (Schahn, 2007), andererseits erwies sich der Pool brauchbarer Ideen aber oft als begrenzt bzw.

es war schwierig, innovative, weiterführende Ideen über Trivialitäten (Steckdosenleiste) oder Störungsmeldungen hinaus zu erhalten (Bonnal et al., 2007; Schahn, 2007). Versuche zur Bildung einer *Arbeitsgruppe* aus dem Kreis der Mitarbeiter können sich schwierig gestalten (Schahn, 2007) oder es kann sogar unmöglich sein, *Multiplikatoren* mit dem notwendigen Engagement und in der erhofften Anzahl zu rekrutieren (Kielmann & Matthies, 1998) – möglicherweise war in diesen Fällen die vorhandene intrinsische Umweltmotivation nicht hoch genug, um die mit partizipativen Interventionen einhergehenden hohen Verhaltenskosten ausgleichen zu können (Kaiser, Woelki & Vllasaliu, 2011).

Eine gründliche Schulung von *Multiplikatoren* erwies sich als ebenso wichtig wie die intensive Nutzung *persönlicher Kontakte* als Kommunikationskanal (Kielmann & Matthies, 1998). In einigen Studien finden sich Hinweise auf positive Effekte von *Energiebeauftragten* (De Young, 1989-90; Stumpf, 2012) bzw. *Energieteams* (Bonnal et al., 2007). Auch um in der Zielgruppe eine hinreichend große Bereitschaft zur Unterstützung zu wecken kann eine frühe Phase der *Sensibilisierung*, eine laufende Präsenz des Themas und eine konstante Projektbetreuung vorteilhaft sein (Stumpf, 2012; Trott et al., 2004). Ebenfalls frühzeitig sollten in der Zielgruppe Informationen zu *Stimmungen*, *Erwartungen* und *Befürchtungen* erhoben werden, um entsprechende Befunde berücksichtigen zu können.

7.2.2.3 Dezentrale, lokale Projektbetreuung

Projekte, bei denen sich bestimmte Personen für den Erfolg der Maßnahmen verantwortlich fühlen, erzielen oft bessere Ergebnisse. Diese „Kümmerer“, denen in größeren Projekten eine gewichtige Rolle zukommt, können auch als wichtige Ansprechpartner und Multiplikatoren, ggf. zusätzlich als soziale Modelle und „Block Leader“ (s. Abschnitt 7.2.3.6) fungieren (s. etwa Kielmann & Matthies, 1998).

7.2.2.4 Einmalig durchzuführende zentrale Maßnahmen

Wiederholt zeigte sich, dass *einmalig durchzuführende zentrale technische Maßnahmen* außerordentlich effektiv sein können (Schahn, 2007; Stumpf, 2012). Für eine entsprechende Planung und Durchführung sind allerdings personelle und finanzielle Kapazitäten u. a. beim Gebäudemanagement erforderlich, die nicht immer vorhanden sind. Soweit *situationale Vereinfachungen* in den untersuchten Studien Gegenstand der Untersuchungen sind, werden sie als einmalig zentral durchzuführende Maßnahmen im Sinne von Schahn (2007) typischerweise anderen Interventionen vorgelagert, zumal damit verbundene Effekte relativ groß sein können. Beispiele für Barrieren, die einem umweltfreundlichen Handeln entgegenstehen können, sind etwa per-

manent und unabhängig von der Belegung laufende Lüftungsanlagen ohne Möglichkeiten für manuelle Eingriffe, nicht individuell regelbare Heizkörperventile oder Zeitrelais ohne Präsenzmelder und ohne die Möglichkeit eines manuellen Ausschaltens. Vertrauen in die scheinbare Intelligenz und Zuverlässigkeit der Technik verbunden mit einer entsprechenden Delegation der individuellen Verantwortung kann dazu führen, dass die Bedeutung manueller Eingriffsmöglichkeiten als gering eingeschätzt wird (s. a. Kapitel 4). Zwar lassen sich nicht alle Barrieren im Sinne minimal-investiver Interventionen ohne größeren finanziellen oder personellen Aufwand beseitigen; in vielen Fällen ist der damit einher gehende Aufwand jedoch durchaus überschaubar.

7.2.2.5 Regelmäßig durchzuführende zentrale Maßnahmen

Insbesondere für einen energieoptimierten Gebäudebetrieb sind in erster Linie die Hausmeister bzw. Mitarbeiter des *Technischen Gebäudemanagements (TGM)* verantwortlich, die ggf. über entsprechende Arbeitshilfen wie Schulungen oder Dienstanweisungen zum Energieeinsatz (Finanzministerium Baden-Württemberg, 2009b; Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg, o. J.) und motivationsfördernde Maßnahmen wie etwa Überstundenausgleich o.ä. angesprochen werden können. In der Regel dürfte der Kenntnisstand bezüglich des tatsächlichen Bedarfs direkt vor Ort am höchsten sein. Soweit die Gebäudetechnik nicht über eine Leittechnik zentral gesteuert werden kann, hängt der Grad der Ausschöpfung technisch-organisatorischer Potenziale durch eine laufende Kontrolle der technischen Anlagen und Anpassung von Betriebszeiten an Witterung und Bedarf bzw. Belegung stark von diesem Personenkreis ab. Es kann zweckmäßig sein, auf einzelne Gebäude bezogene Leitfäden für Tätigkeiten zu entwickeln, die zu bestimmten Zeitpunkten wie Beginn und Ende von Vorlesungs- oder Schließzeiten wiederkehren (Stumpf, 2013), anhand derer das Personal vor Ort wiederholt erforderliche energiesparende Maßnahmen rasch und konsequent umsetzen kann.

7.2.2.6 Einmalig durchzuführende dezentrale Maßnahmen

Nach Schahn (2007) fallen in den Bereich der einmalig dezentral durchzuführenden Maßnahmen insbesondere Tätigkeiten, die die Nutzer –ggf. in Zusammenarbeit mit dem Hausmeister und dem Technischen Gebäudemanagement– an ihrem Arbeitsplatz durchführen können. Damit sind insbesondere Problempunkte wie durch Möbel in ihrer Wirkung eingeschränkte Heizkörper, neben Heizkörpern platzierte Kühlschränke, unzugängliche oder durch Möbel in ihrer Messgenauigkeit beeinträchtigte Thermostatventile, unerreichbar verbaute Steckdosenleisten mit Schalter usw. angesprochen. Diese können nach einer Bestandsaufnahme zu Beginn des

Projekts in Zusammenarbeit mit dem Energiebeauftragten, dem Hausmeister und dem TGM angegangen und beispielsweise durch Umstellen der Möbel, Installation von Fernfühlern für Thermostatventile oder Mehrfachsteckdosen mit abgesetztem Schalter mit recht geringem Aufwand behoben und so wichtige Handlungsfreiräume geschaffen werden.

7.2.3 Interventionen im Hinblick auf Verhaltensänderungen

Den Kernbereich für Maßnahmen zur Förderung des Energiesparens am Arbeitsplatz stellen dezentral wiederholt auszuführende Tätigkeiten dar (Schahn, 2007, s. a. Tabelle 2, S. 89). Dazu enthalten die untersuchten Studien eine Fülle interessanter Beiträge mit einer entsprechenden psychologischen Fundierung.

Frühe Studien berufen sich zunächst oft auf einzelne spezifische Forschungsergebnisse. So begründet Delprato (1977) etwa die eingesetzten Aufforderungen zur Selbstbeobachtung mit einer damit einhergehenden Erhöhung der Neigung der betreffenden Person, von ihren ursprünglichen Intentionen abzugehen (vgl. Ajzen, Timko & White, 1982) und eher das gewünschte als das weniger gewünschte Verhalten zu zeigen (Brodén, Hall & Mitts, 1971). Eine Reihe von Arbeiten basiert auf Forschungsergebnissen zur Entscheidungsfindung in kleinen Gruppen und zum partizipativen Führungsstil (McClelland & Cook, 1980) oder zur Wirkungsweise von Prompts (Winett, 1977-78; Luyben, 1980; Luyben, 1980-81; Luyben, 1982-83; Luyben, 1984), wobei bzgl. der Salienz der Prompts ein hoher Status des Absenders bzw. seine Macht über die Zuteilung von Ressourcen (Luyben, 1980-81) eine Rolle spielte. Zolik, Jason, Nair & Peterson (1982-83) verwendeten Ergebnisse aus der Forschung zu Energieverbräuchen in Haushalten bzgl. der Effekte von Informationen, Prämien und Feedback.

Neuere Studien setzen oft ein relativ komplexes psychologisches Instrumentarium ein, zu dem auch explizit bestimmte psychologische Modellvorstellungen gehören (s. a. Abschnitt 4.2). So wird etwa der Zusammenhang zwischen der Qualität von Zielen und der in einem betrieblichen Kontext erbrachten Leistung in Bezug auf die damit einhergehende Arbeitszufriedenheit durch das motivationstheoretische Modell des *High Performance Cycle* (HPC; Locke & Latham, 1990) abgebildet; hieraus wird insbesondere auf die Relevanz schwieriger, herausfordernder, möglichst präziser und spezifisch formulierter Ziele geschlossen (Griesel, 2004). Erwartungen an das Ergebnis einer Handlung (*Einstellungen*), Bewertungen durch andere, der Person nahestehende Personen (*soziale Norm*), Einschätzungen der Schwierigkeit der Durchführung einer Handlung (*wahrgenommene Verhaltenskontrolle*) sowie der Zusammenhang dieser Determinanten mit *Intention* und tatsächlichem *Verhalten* werden durch die Theorie des geplanten

Verhaltens (*Theory of Planned Behavior, TPB*; Ajzen, 1991; Ajzen & Madden, 1986; für eine Metaanalyse s. Armitage & Conner, 2001) beschrieben. Bonnal et al. (2007) leiteten daraus insbesondere ab, dass bei einer Informationsvermittlung ein persönlicher Bezug zu den Verhaltensmöglichkeiten der adressierten Person gegeben und die Hinweise anschaulich sein sollten. Die Rolle sozialer Normen und ihre Aktivierung wird etwa im *Norm-Activation Model* (Schwartz & Howard, 1981) näher betrachtet, in dem u. a. ein im konkreten Fall übliches Verhalten (*descriptive* bzw. *is*-Norm) und ein den Erwartungen anderer Personen entsprechender Soll-Zustand (*injunctive* bzw. *ought*-Norm) und der Einfluss auf das Verhalten thematisiert werden. Dabei kann es günstig sein, durch geeignete Interventionen Elemente aus beiden Bereichen gleichzeitig zu aktivieren (s. a. Abschnitt 4.4.3). Normaktivierende Interventionen wurden unter anderem in den Arbeiten von Kielmann & Matthies (1998), Griesel (2004), Ocejka & Beringuer (2009), Carrico & Riemer (2011) sowie Stumpf (2013) verwendet; dabei kamen etwa Zielvorgaben, Selbstverpflichtungen, Block-Leader und Prompts zum Einsatz. Normen hemmende Faktoren bezieht das *Integrative Einflusschema umweltgerechten Alltagshandelns* (Matthies, 2005) ein, indem Gewohnheiten dort die Aktivierung von Normen verhindern und über den Parameter der Verhaltenskosten Einfluss auf den einer Handlung ggf. vorangehenden Entscheidungsprozess nehmen können. Entsprechend waren hier wie auch im Change-Projekt (Matthies et al., 2011) habit-orientierte Interventionen wie Prompts Teil des Aktionsprogramms.

In den folgenden Abschnitten werden wesentliche Ergebnisse der untersuchten Studien in Beziehung zu den eingesetzten Interventionen und deren Effekten gesetzt. Nicht zuletzt wegen der relativ geringen Anzahl von Studien kann dabei nicht das gesamte Spektrum psychologisch einschlägiger Interventionen (s. Abschnitt 4.5) abgedeckt werden; für zusätzliche Informationen wird auf Frey, Stahlberg & Wortmann (1997) und Wortmann (2010) verwiesen.

7.2.3.1 Informationen

In nahezu allen Studien waren Informationen zu *Handlungsmöglichkeiten* Teil der Intervention; diesbezügliche *Begründungen* wurden oft kombiniert in Form von Briefen, E-Mails, Plakaten und Broschüren oder auch über WWW-Präsenzen angeboten. Informationen sind in der Regel nicht hinreichend für Verhaltensänderungen, jedoch oft notwendige Voraussetzungen (vgl. Abschnitt 4.4.2, S. 71ff).

7.2.3.2 Prompts

Prompts in Form von Broschüren, Notizzetteln, Aufklebers, Flyern, Spots in Radio, Fernsehen oder am PC sind habit-orientierte, Gewohnheiten aufbrechende Interventionen, die eine Hand-

lung unterbrechen und die Aufmerksamkeit kurzzeitig auf einen Hinweis fokussieren sollen. Sie sind fester Bestandteil der meisten Projekte und hatten offensichtlich einen deutlichen Anteil an positiven Ergebnissen. Mit Prompts werden oft auch Informationen und Begründungen für das jeweilige Zielverhalten verbunden. In einem Projekt (Bonnal et al., 2007) wurden die Prompts auf den jeweiligen Tag und die vorliegende Witterungssituation bezogen und beim Anmelden am PC dargeboten.

Für die Gestaltung und den Einsatz von Prompts sind aus der Literatur vielfältige Hinweise bekannt. Neben inhaltlichen Kriterien wie Spezifität und Handlungsorientierung sollten auch formale Aspekte wie einfache, höfliche Wortwahl, Lesbarkeit, Nutzung von Icons, Grafiken und Fotos, Größe, Platzierung, der passende Zeitpunkt und Häufigkeiten bzw. Wiederholungen beachtet werden (Luyben, 1980; Sussman & Gifford, 2012; Winett, 1977-78). Bei schriftlichen Mitteilungen sollte zudem darauf geachtet werden, dass diese nicht zu einem Zeitpunkt versandt werden, zu dem turnusmäßig eine große Zahl weiterer Informationen und Aufforderungen verschickt werden. Der günstige Zeitpunkt scheint gelegentlich eine größere Rolle zu spielen als die Anzahl von Wiederholungen (Luyben, 1982-83). Eine durch den hohen Status des Absenders bzw. dessen Macht über die Zuteilung von Ressourcen bewirkte hohe Salienz von schriftlichen Mitteilungen ist von Vorteil (Luyben, 1980-81). Was Langzeiteffekte angeht, so muss in der Regel davon ausgegangen werden, dass die Wirkung von Prompts mit der Zeit deutlich abnimmt (De Young, 1993).

7.2.3.3 Zielvereinbarungen und Selbstverpflichtungen

Selbstverpflichtungen können in ähnlicher Weise wie Prompts oder strukturelle Änderungen der Umgebung geeignet sein, Gewohnheiten aufzubrechen, indem sie kognitive Dissonanz induzieren und den Einstellungs-Verhaltens-Zusammenhang stärken (Frey et al., 1997). Dabei sind private Selbstverpflichtungen nur der jeweiligen Person bekannt, während im Falle öffentlicher Selbstverpflichtungen die Vereinbarungen öffentlich gemacht werden bzw. von jedermann einsehbar und insbesondere die Personen identifizierbar sind. Gegenüber privaten Selbstverpflichtungen haben öffentliche Selbstverpflichtungen typischerweise einen deutlich höheren Effekt, der zudem über längere Zeit anhält (Pallak, Cook & Sullivan, 1980; Pallak & Cummings; 1976). Selbstverpflichtungen haben sich auch im Bereich Haushalte als recht wirkungsvoll erwiesen (Abrahamse et al., 2005). Anstelle einer expliziten Selbstverpflichtung setzte Delprato (1977) auf eine Anregung zur Beobachtung des eigenen Verhaltens; zusammen mit dem Einsatz von Prompts ergab sich eine sehr deutliche Reduzierung des unerwünschten Verhaltens. In einigen

weiteren Studien wurden Zielvereinbarungen und Selbstverpflichtungen mit unterschiedlichen Erfolgen eingesetzt. Kielmann & Matthies (1998) berichten von einer eher geringen Beteiligung an der Aktion einerseits und einer relativ zutreffenden Abschätzung der zu erwartenden Angaben zu individuellen Einsparmöglichkeiten andererseits; Veränderungen der realen Verbräuche wurden jedoch nicht erhoben. Griesel (2004) setzte Selbstverpflichtungen ergänzend zu einem Workshop ein. Während dessen Effekt als zufriedenstellend berichtet wird, war die Bereitschaft innerhalb der Zielgruppe zur Abgabe einer Selbstverpflichtung so gering, dass keine Bewertung möglich war. In den recht erfolgreichen Projekten von Hansmeier & Matthies (2007) bzw. Matthies et al. (2011) waren Selbstverpflichtungen Teil des recht umfangreichen Interventionsportfolios. Ein möglicher Nachteil von (individuellen) Zielvorgaben und Selbstverpflichtungen kann der hohe Kommunikations- und Verwaltungsaufwand sein, der durch die Notwendigkeit der Kommunikation mit einer Vielzahl von Personen entsteht. Diesem Nachteil steht als Vorteil eine gewisse Wahrscheinlichkeit gegenüber, dass aus der Intervention dauerhafte positive Effekte resultieren (vgl. Kielmann & Matthies, 1998).

7.2.3.4 Rückmeldungen / Feedback

Der Verbrauch von Energie folgt keinem Selbstzweck, sondern stellt regelmäßig eine unbeabsichtigte Nebenfolge energierelevanter Tätigkeiten dar (Weber, 2001, 2002; Wortmann, 2009). Da Energieverbrauch nicht zuletzt aufgrund der mangelnden Wahrnehmbarkeit von Energie (vgl. Abschnitt 4.3) kaum eingeschätzt werden kann, gilt *Feedback* als eine besonders wichtige Komponente von Energiesparprogrammen. Frey et al. (1997) argumentieren, dass häufiges und direktes Feedback den Energieverbrauch überhaupt erst bewusst mache. Zudem sei

die Wahrnehmung einer Diskrepanz zwischen Ist- und Sollwert aufgrund der Verbrauchsrückmeldung ... eine notwendige Bedingung für die Motivation zur Reduktion dieser Diskrepanzen. Darüber hinaus wirkt eine Erfolgsmeldung als Belohnung (positive Verstärkung) für das eigene energiebewusste Handeln. (S. 486)

Auf der Basis der untersuchten Studien lassen sich *individuellem* Feedback, das sich auf das Verhalten einzelner Personen bezieht, auch isoliert gewisse Wirkungen attestieren (Luyben, 1984; Staats et al., 2000). *Kollektives* Feedback, wie es bei der Rückmeldung von Verbrauchsdaten von Gebäuden oder letztlich auch in Form von Verlosungen oder Prämienausschüttungen zum Tragen kommt, wurde nicht isoliert eingesetzt und seine Wirkung lässt sich daher nicht gleichermaßen bewerten, wenngleich solchen Interventionen sicherlich eine unterstützende Rolle zugeschrieben werden kann (Carrico & Riemer, 2011; McClelland & Cook, 1980; Schahn, 2004, 2007, 2008; Staats, van Leeuwen & Wit, 2000; Stumpf, 2012, 2013). Da die Ab-

wesenheit von kollektivem Feedback zur vollständigen Ablehnung einer Maßnahme führen kann (Griesel, 2004), sollte die Aufnahme eine solche Komponente sicherlich erwogen werden. Feedback kann in Kombination mit einer Zielsetzung oder Selbstverpflichtung besonders wirkungsvoll sein (Becker, 1978). Vergleichende Rückmeldungen wurden in den untersuchten Studien nicht eingesetzt, positive Erfahrungen gibt es jedoch sowohl aus dem kommerziellen Umfeld (Siero, Bakker, Dekker & Van den Burg, 1996) als auch aus dem Bildungssektor (Schelly, Cross, Franzen, Hall & Reeve, 2011).

7.2.3.5 Incentives: Prämien, Belohnungen, Verlosungen

Neben der angesprochenen positiven Verstärkung umweltfreundlichen Verhaltens durch Rückmeldungen werden oft auch direkte *Incentives*, also Prämien, Belohnungen usw. eingesetzt, die im Allgemeinen eine rasche Änderung eines Verhaltens ermöglichen. Die Stärke des Effekts korreliert dabei in gewissen Grenzen mit der Höhe der Belohnung, kann aber mit der Zeit nachlassen (Katzew & Johnson, 1987). Die Rolle, die Belohnungen insbesondere in Bezug auf die intrinsische, mit persönlichen Werten und Zielen verbundene Motivation einer Person spielen, wurde in vielen Arbeiten untersucht (vgl. die Metaanalysen Deci, Koestner & Ryan, 1999, 2001). Dabei zeigte sich, dass ein Fülle von Parametern einen Einfluss haben kann. Die Wirkung von Belohnungen kann demnach u. a. abhängen vom Gegenstandsbereich (z. B. Lernen, Problemlösen) und insbesondere von der Frage, ob die belohnte Aufgabe für die betreffende Person interessant ist oder nicht und ob es sich um eine freiwillige oder um eine bezahlte Tätigkeit handelt. Ein weiterer Faktor hängt damit zusammen, ob die Person den Eindruck gewinnt, dass die Belohnung geeignet sein könnte, ihre Autonomie einzuschränken. Eine beiläufige, lediglich eine Information vermittelnde Belohnung kann einen anderen Effekt haben als eine solche, die auf die Zuschreibung einer bestimmten Kompetenz der Person abhebt. Dies gilt in ähnlicher Weise für den Unterschied zwischen einer materiellen und einer immateriellen (z. B. verbalen) Belohnung. Von einer überraschend erfolgten Belohnung können andere Effekte ausgehen als von Belohnungen, die angekündigt bzw. erwartet wurden; im letzteren Fall können etwa negative Effekte bewirkt werden, wenn die erwartete Belohnung ausbleibt. Schließlich kann es einen Unterschied machen, ob die Belohnung für die reine Teilnahme bei der Bearbeitung einer Aufgabe (*task-noncontingent*), für eine aktive Mitwirkung (*task-contingent, engagement-contingent*), für eine erfolgreiche Erfüllung einer Aufgabe (*completion-contingent*) oder gar in Abhängigkeit vom erzielten Ergebnis (*performance-contingent*), möglicherweise in Relation zu den Ergebnissen anderer Personen gewährt wird. Mit dem Sparen von Energie am Arbeitsplatz einhergehende, an dezentraler Stelle wiederholt erforderliche Tätigkeiten dürften

vielfach als eher uninteressant, wenig fordernd und keine besondere Kompetenz voraussetzend empfunden werden. So lange diese Tätigkeiten noch nicht den Charakter von Gewohnheiten angenommen haben, dürfte ein gewisses Maß an intrinsischer Motivation hilfreich sein. Letztere kann insbesondere durch materielle Belohnungen ggf. beeinträchtigt werden, etwa wenn das energiesparende Verhalten nicht nur aufgrund einer erwarteten Prämie gezeigt wird, sondern tatsächlich intrinsisch motiviert ist.

Von einem Standpunkt der wissenschaftlichen Psychologie aus kann man die Rolle, die Prämiensysteme als Anreize in Bezug auf das Energiesparen an Hochschulen spielen, kaum als gut geklärt ansehen. Auch in den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Studien wird die Rolle von Belohnungen bzw. Verlosungen nur vereinzelt thematisiert und wenn, dann in Kombination mit anderen Interventionen (Hansmeier & Matthies, 2007; Matthies et al., 2011). In der Studie von Griesel (2004) wurden mit Kosten verbundene Maßnahmen aufgrund des Fehlens finanzieller Anreize abgelehnt. Beim Heidelberger Projekt (Schahn, 2007) war die Bekanntgabe der erwirtschafteten Prämie jeweils Teil der Rückmeldungen; die Gelder sollten in energiesparende Investitionen fließen. Letztendlich ging diese Komponente aber in gewisser Weise unter; Teile der Energiesparprämie wurden angesichts eines allgemeinen finanziellen Engpasses in den Institutshaushalt überführt. Im Freiburger Projekt (Stumpf, 2012, 2013) wurde angestrebt, die Prämie möglichst sichtbar auszugeben und ihre Verwendung entsprechend zu kommunizieren. Nicht in allen Fällen wurde die Prämie jedoch als zusätzliche Motivation aufgefasst: Einzelne Rückmeldungen legten nahe, dass sich Personen gelegentlich zwar durch die Aktion angesprochen fühlten, jedoch nicht den Eindruck hatten, von der Prämie zu profitieren und deshalb keinen Anlass sahen, sich zu beteiligen. Sinnvoll können zudem immaterielle, an das erzielte Ergebnis gekoppelte Belohnungen sein. Materielle Belohnungen können bei freiwilligen Aufgaben ebenfalls effektiv sein, sollten dennoch möglichst nicht als alleinige Intervention eingesetzt werden. In jedem Fall sollten die betreffenden Personen nicht den Eindruck haben, dass durch die Belohnung Druck auf sie ausgeübt werden soll, besser wäre eine Belohnung im Sinne einer Unterstützung.

7.2.3.6 Soziale Modelle und „Block Leader“

Interventionen dieses Typs werden häufig starke Effekte zugesprochen („the most important part of the program“, Teater, 1983, zitiert nach De Young, 1989-90, S. 266). Ein Vorteil zumindest gegenüber anderen normzentrierten Interventionen wie individuellen Zielvorgaben oder Selbstverpflichtungen ist die eher überschaubare und planbare Anzahl derjenigen Personen, zu

denen persönliche Kontakte aufgebaut werden müssen. Der Effekt *sozialer Modelle* war in der Studie von Aronson und O’Leary (1982-83) besonders ausgeprägt. In Matthies (2010) wird dieses Element auf eindrucksvolle Weise mit der Darstellung der Unterstützung durch die Leitungsebene kombiniert (s. Abbildung 47 auf Seite 192). Der *Block Leader*-Ansatz (vgl. für den Bereich Recycling Burn, 1991; Meneses & Palacio, 2003-2004) wurde in mehreren der untersuchten Studien verfolgt. Carrico & Riemer (2011) setzten mit Erfolg *Block Leader* in Gestalt eigens angeworbener und vorgebildeter Gruppenmitglieder (sog. *Peer Educators*) ein. Eine ähnliche Funktion hatten die Energiebeauftragten (*Energy Monitors*) in De Young (1989-90), und die *Multiplikatoren* in Kielmann & Matthies (1998). Für einen möglichst hohen Effekt dieses Interventionstyps sollte großes Augenmerk auf die Auswahl und Ausbildung der Block Leader gelegt werden (s. a. Abschnitt 7.2.2.2, S. 204f).

7.2.3.7 Ergänzungen: Nudging und Choice Editing

Nicht alle aus der Literatur bekannten Interventionen zur Veränderung von Verhalten wurden in den untersuchten Studien eingesetzt. Nützlich gerade in Bezug auf die Beeinflussung energierelevanten Verhaltens können *Nudging* und *Choice Editing* sein. Nudges, also Interventionen in Form kleiner, fast unmerklicher Schubser, die den Betroffenen in die richtige Richtung lenken sollen, können als Ergänzung zu anderen Maßnahmen dienen (Alcott, 2010; Bezbatchenko, 2011; Thaler & Sunstein, 2009). Als Beispiele hierfür wurden bereits genannt die Lampe „Ambient Orb“ (Thompson, 2007, S. 1), die vom Energieversorger gesteuert über die Farbe ihres Lichts günstige und weniger günstige Zeiten des Stromverbrauchs signalisieren kann und das Ökopedal des Automobilkonzerns Nissan, das seine Rückstellkraft in Abhängigkeit vom erwarteten Benzinverbrauch variieren kann (Thaler & Sunstein, 2009; vgl. a. S. 84). Die Nutzung einer Treppe könnte etwa durch Maßnahmen wie Hinweise, bessere Erreichbarkeit und ansprechendes Design gefördert und die alternative Benutzung eines Aufzugs durch die Manipulation von Parametern wie Fahrgeschwindigkeit, Türöffnungszeiten usw. unattraktiver gemacht werden (Van Houten, Nau & Merrigan, 1981). In einer ähnlichen Weise wirken Maßnahmen wie *choice editing*, die im Falle von Wahlmöglichkeiten die aus Sicht der Intervention sinnvollsten Alternativen als Default vorgeben, ohne jedoch den Raum der Möglichkeiten insgesamt einzuschränken (Johnson, Hershey, Meszaros & Kunreuther, 1993; Johnson et al., 2012; vgl. S. 84). Als Beispiel könnte etwa eine Menü bzw. eine Eingabemaske für die Energiesparoptionen eines PCs konsequent auf energiesparende Einstellungen abheben und diese als Default darbieten.

7.2.3.8 Problembereiche: Reaktanz- und Rebound-Effekte

Während der Durchführung der Interventionen in den untersuchten Studien kam es teilweise zu Ablehnung und *Reaktanz* (Aronson & O’Leary, 1982-83; Griesel, 2004; Sussman & Gifford, 2012), in Einzelfällen wurden *Rebound*-ähnliche Effekte beobachtet (Matthies et al., 2011, Stumpf, 2012). Die Effekte der eingesetzten Interventionen können dadurch unter Umständen erheblich beeinflusst werden. Hinweise zur Vermeidung von Reaktanz wurden im Abschnitt 4.4.4 (S. 77ff) gegeben, für Rebound-Effekte wird auf den Abschnitt 4.4.7 (S. 79ff) verwiesen.

7.2.4 Anmerkungen zur Evaluation

Alltagsverhalten in Bezug auf den Umgang mit Energie ist unter Laborverhältnissen nur ansatzweise gut zu untersuchen. Laborexperimente und Simulationsstudien (s. z. B. Mosler & Martens, 2008) können wichtige Einblicke in grundlegende Abläufe liefern und das Verständnis für bestimmte Verhaltensweisen fördern – allerdings verhalten sich reale Personen in realen Umfeldern mit vielen nicht sinnvoll modellierbaren zusätzlichen Einflussfaktoren möglicherweise anders. Daher sind theoriegeleitete Feldstudien ein unverzichtbares Element bei der Erforschung des menschlichen Umganges mit Energie. Schahn (2007) schildert die Problematik folgendermaßen:

Erwarten Sie also im Folgenden *keinen Bericht über eine kontrollierte experimentelle Studie* ... [sondern] die Schilderung eines umfangreichen Praxisprojekts, ... das vom Ideal eines Experiments mit strikter Bedingungskontrolle weit entfernt ist. Dieser Beitrag liefert jedoch eine Schilderung der praktischen Schwierigkeiten, die bei der Durchführung aufgetreten sind und die bei künftigen Projekten nun vermieden werden können. Und trotz aller interpretativen Probleme kann ferner geschlossen werden, dass Energie gespart wurde, und welche Maßnahmen sich dabei prinzipiell als eher sinnvoll bzw. welche als eher untauglich erwiesen haben ... (S. 140f)

In den untersuchten Studien wird eine Reihe von methodischen Probleme angesprochen. Strikte experimentelle Bedingungen sind in komplexeren, realitätsnahen Settings nur schwer zu realisieren (Schahn, 2007; Sussman & Gifford, 2012); Konfundierungen und Treatmentdiffusionen sind beispielsweise kaum zu verhindern (Bonnal et al., 2007; Luyben, 1980-81, 1984). Die Gewinnung von Daten ist oft problematisch (keine Vollerhebungen, zeitlich punktuelle Erhebungen) und die gewonnenen Ergebnisse sind unter Umständen nur schwer replizierbar (Staats et al., 2000). Bei bereits hoch motivierten Zielgruppen kann es leicht zu Deckeneffekten kommen (Carrico & Riemer, 2011). Generell sollte vor einem flächendeckenden Einsatz eines Interventionsprogrammes zunächst ein *Vortest* erfolgen bzw. eine *Pilotstudie* durchgeführt werden (s. a. Osbaldiston & Schott, 2012).

7.2.5 Langzeitbetrachtungen

Ein wichtiger, aber empirisch schwierig zu handhabender und eher selten untersuchter Aspekt betrifft die mit Interventionen im Idealfall einhergehenden *Langzeiteffekte*. Für die Beurteilung von Interventionen in Bezug auf ihre langfristige Wirksamkeit nennt De Young (1993) folgende fünf Aspekte: (1) die Zuverlässigkeit auch bei wiederholtem Einsatz, (2) die für die Änderung eines Verhaltens notwendige Zeitdauer, (3) die Allgemeingültigkeit in unterschiedlichen Gruppen, (4) Übertragungseffekte in Bezug auf andere Verhaltensweisen (*spill-over* Effekte, s. a. De Young, 1993; Thøgersen & Crompton, 2009) sowie (5) eine Dauerhaftigkeit, die nachgelagerte Wiederholungen der Intervention überflüssig macht. Wie in vielen anderen Studien zur Veränderung von Umweltverhalten (vgl. Osbaldiston & Schott, 2012) hatten die meisten der hier vorgestellten Projekte eine teilweise recht kurze, zumindest aber sehr begrenzte Laufzeit. Echte Langzeiteffekte konnten nur vereinzelt untersucht werden; diesbezügliche Ergebnisse sind daher rar bzw. unsicher, falls sie überhaupt erhoben wurden (Matthies et al., 2011). In der Studie von Schahn (2007) wurden in der Tat dauerhafte Veränderungen der Verbrauchswerte festgestellt, die aber auf eine Reihe einmaliger, vorwiegend technischer Maßnahmen zurückgeführt wurden. Eines der Projekte (Stumpf, 2012) läuft kontinuierlich über einen Zeitraum von nunmehr sieben Jahren; in dieser Zeit wurden verschiedene einzelne Maßnahmen umgesetzt und deren Effekte beobachtet. Hier lassen sich sowohl in technischen wie in verhaltensbezogenen Teilen dauerhafte Effekte feststellen, die sich auch in entsprechenden Reduktionen des Energieverbrauchs niederschlagen. In manchen Bereichen, wenn etwa Handlungen wie Stoßlüften nur zu bestimmten (Jahres-)Zeiten zur optimalen Ausnutzung der Heizenergie erforderlich sind, können regelmäßige Wiederholungen der verhaltensfördernden Maßnahmen erforderlich sein (Matthies et al., 2011; Stumpf, 2013).

7.3 Abschließende Anmerkungen

Energiesparen am Arbeitsplatz stellt aus der Sicht der wissenschaftlichen Psychologie immer noch ein weitgehend unerforschtes Feld dar (Schahn, 2007). Dennoch konnten bei der Analyse der untersuchten Studien durchaus eindruckliche Effekte auf der Verhaltensebene durch den Einsatz psychologisch begründeter Interventionen festgestellt werden (Hansmeier & Matthies, 2007; Stumpf, 2012, s. a. Kapitel 5). Verhaltensbedingte Potenziale in Bezug auf den Energieverbrauch in Büros, die oft im Bereich 10 bis 15 Prozent verortet werden, konnten in den untersuchten Studien nicht immer in dieser Größenordnung erschlossen werden; in Einzelfällen gelang es insbesondere in Kombination mit technisch-organisatorischen Maßnahmen jedoch, diese Werte deutlich zu übertreffen. Der mögliche direkte und indirekte Beitrag von Hochschulen zur Reduktion des Energieverbrauchs und zu einer effizienteren Nutzung von Energie im Zuge von Verhaltensänderungen ist offensichtlich nicht unerheblich.

Eine Übertragung von Erkenntnissen, die am Gegenstandsbereich Hochschule gewonnen wurden, auf andere Bereiche und Organisationsformen wie etwa Behörden des Bundes und der Länder, städtische Liegenschaften, Finanzdienstleister oder größere, außeruniversitäre Forschungsinstitute ist wünschenswert und vielversprechend, bedarf jedoch sorgfältiger weitergehender Analysen (Matthies & Thomas, 2011; Thomas & Aberspach, 2011).

Literatur

Mit „*“ markierte Einträge beziehen sich auf die untersuchten Studien.

- Aarts, H., Verplanken, B. & van Knippenberg, A. (1998). Predicting behavior from actions in the past: Repeated decision making or a matter of habit? *Journal of Applied Social Psychology*, 28, 1356–1375.
- Abrahamse, W. & Steg, L. (2011). Factors related to household energy use and intention to reduce it: The role of psychological and socio-demographic variables. *Human Ecology Review*, 18(1), 30–40.
- Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C. & Rothengatter, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology*, 25(3), 273–291.
- Adomßent, M. (2010). Hochschule und Nachhaltigkeit. Eine kritische Bestandsaufnahme. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 33(4), 33–34. Zugriff am 13.12.2011
http://www2.leuphana.de/copernicus/fileadmin/user_upload/downloads/ZEP_Heft_4_2010_Kommentar_Hochschule_Nachhaltigkeit.pdf.
- Adomßent, M. & Mader, C. (2010). *Frischer Wind für eine nachhaltige Zukunft: Warum sollten Hochschulen Mitglied der COPERNICUS Alliance werden?* Vortrag HRK/DUK in Bremen, 14. April 2010. Zugriff am 13.11.2011 http://www.bne-portal.de/coremedia/generator/unesco/de/Downloads/Aktuelles/COPERNICUS_20Pr_C3_A4sentation_Bremen_14.04.2010.pdf.
- Aebischer, B., Bradke, H. & Kaeslin, H. (2000). Energie und Informationstechnik. Energiesparer oder Energiefresser? *Bulletin der ETH Zürich*, 276, 40–42. Zugriff am 21.9.2007
<http://fm-cc.ethz.ch/cc/bulletin/FMPro?-db=bulletin.fp5&-format=bulletin%5fdetail%5fde.html&-lay=html&-sortfield=seite&-op=eq&Heftnummer=276&-max=2147483647&-recid=120&-find=>.
- Ahrens, C. D. (2009). *Meteorology today: An introduction to weather, climate, and the environment*. Belmont, CA: Brooks, Cole.
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: a theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.), *Action control: from cognition to behavior* (pp. 11–39). Berlin: Springer.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179–211.
- Ajzen, I. & Madden, T. J. (1986). Prediction of goal-directed behavior: Attitudes, intentions, and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Social Psychology*, 22, 453–474.
- Ajzen, I., Timko, C. & White, J. B. (1982). Self-monitoring and the attitude-behavior relation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 42(3), 426–435.
- Allcott, H. (2010). *Social norms, and energy conservation*. Working paper. Cambridge, MA: MIT. Zugriff am 5.3.2010 <http://web.mit.edu/allcott/www/Allcott%202010%20-%20Social%20Norms%20and%20Energy%20Conservation.pdf>.
- Allcott, H. (2011). Consumers' perceptions and misperceptions of energy costs. *American Economic Review*, 101(3), 98–104.
- Anderegg, W. R. L., Prall, J. W., Harold, J. & Schneider, S. H. (2010). Expert credibility in climate change. *PNAS*, 107(27), 12107–12109.

- Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.) (2012). *Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2011 – Berechnungen auf Basis des Wirkungsgradansatzes. Stand: September 2012. Im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen bearbeitet von DIW und EEFA*. Berlin: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB). Zugriff am 7.1.13 <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=139>.
- Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (Hrsg.) (2001). *Messgeräte für Energie und Medien (EnMess 2001)*. Berlin: Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV). Zugriff am 5.1.2012 <http://www.amev-online.de/cae/servlet/contentblob/1030278/publicationFile/enmess2001.pdf>.
- Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (Hrsg.) (2010). *Energie 2010. Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden*. Berlin: Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV). Zugriff am 5.1.2012 <http://www.amev-online.de/cae/servlet/contentblob/1030270/publicationFile/energie2010.pdf>.
- Armitage, C. J. & Conner, M. (2001). Efficacy of the theory of planned behavior: A metaanalytic review. *British Journal of Social Psychology*, 40, 471–499.
- *Aronson, E. & O’Leary, N. (1982-83). The relative effectiveness of models and prompts on energy conservation: A field experiment in a shower room. *Journal of Environmental Systems*, 12(3), 219–224.
- Atelsek, F. J. & Gomberg, I. L. (1977). *Energy costs and energy conservation programs in colleges and universities: 1972-73-1974-75*. Higher Education Panel Reports, 31. Washington, D.C.: American Council on Education.
- Attari, S. Z., DeKay, M. L., Davidson, C. I. & De Bruin, W. B. (2010). Public perceptions of energy consumption and savings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(37), 14 September 2010, 16054–16059.
- Badenova (Hrsg.) (2007). *Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung – NAV) vom 01. 11. 2006 (BGBl. I Nr. 50 S. 2477) und Ergänzende Bedingungen der badenovaNETZ GmbH zur Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) gültig ab 1. April 2007*. Freiburg: badenovaNETZ GmbH. Zugriff am 11.9.2012 http://www.badenovanetz.de/mediapool/media/dokumente/badenova_tochter/badenovanetz/stromnetz/stromnetz_netznutzung/nav/NAV_ErgaenzendeBedingungen.pdf.
- Baechler, M. & Farley, J. (2011). *A guide to building commissioning*. Prepared for U.S. Department of Energy under contract DE-AC05-76RL01830. Report PNNL-21003. Richland, Washington: Pacific Northwest National Laboratory. Zugriff am 7.3.2012 http://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-21003.pdf.
- Baird, J. C. & Brier, J. M. (1981). Perceptual awareness of energy requirements of familiar objects. *Journal of Applied Psychology*, 66(1), 90–96.
- Baldrige, J. V., Curtis, D. V., Ecker, G. & Riley, G. L. (1978). *Policy making and effective leadership: A national study of academic management*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Bamberg, S. & Möser, G. (2007). Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 27(1), 14–25.
- Bandura, A. (1976). *Lernen am Modell. Ansätze zu einer sozial-kognitiven Lerntheorie*. Stuttgart: Ernst Klett.

- Bartelmus, P. (2002). Suffizienz und Nachhaltigkeit – Definition, Messung, Strategien. In M. Linz, P. Bartelmus, P. Hennicke, R. Jungkeit, W. Sachs, G. Scherhorn et al. (Hrsg.), *Von nichts zu viel: Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit; über ein Arbeitsvorhaben des Wuppertal Instituts* (Wuppertal Papers 125) (pp. 39–48). Wuppertal: Wuppertal Inst. für Klima, Umwelt, Energie. Zugriff am 23.10.2008 http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/WP125.pdf.
- Barth, W. (2011). *Nagios – System- und Netzwerk-Monitoring*. 3., erw. Ausg. München: Open Source Press.
- Barthel, C., Bunse, M., Irrek, W. & Thomas, S. (2006). *Optionen und Potenziale für Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen. Kurzfassung*. Endbericht im Auftrag der E.ON AG. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Zugriff am 11.1.2013 http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/EE_EDL_Final_short_de.pdf.
- Bastenhorst, K.-O., Gilch, H., Müller, J. & Schaltegger, S. (2000). Umweltmanagement als Grundlage für die nachhaltige Universität. In G. Michelsen, *Sustainable University – Auf dem Weg zu einem universitären Agendaprozess* (pp. 40–68). Frankfurt: VAS.
- Bateson, M., Nettle, D. & Roberts, G. (2006). Cues of being watched enhance cooperation in a real-world setting. *Biology Letters*, 2(3), 412–414.
- Baumgardinger, K. (1998). *Energiemanagement an Universitäten – Ablaufschritte mit Beispielen europäischer Universitäten*. Unveröff. Diplomarbeit. Wien: Institut für Wirtschaft und Umwelt der Wirtschaftsuniversität.
- Becker, L. J. (1978). Joint effect of feedback and goal setting on performance: A field study of residential energy conservation. *Journal of Applied Psychology*, 63(4), 428-433.
- Beele, H. E. (2003). Auslegung von Thermostatventilen. Konzeptionen im Rahmen der EnEV. *IHK Fachjournal*, 2002/03, 62–67.
- Bender, A., Spada, H., Scheuermann, M., Froschmayr, I., Ständer, E. & Traber, S. (2004). *Visualisierung des Energieverbrauchs an Schulen in Baden-Württemberg. Begleitstudie zur pädagogisch-psychologischen Evaluierung*. Unveröff. Abschlussbericht. Freiburg: Institut für Psychologie der Universität.
- Benke, G., Leutgöb, K. & Schmid, W. (1999). *Energieeffiziente Universitäten. Endbericht*. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Verkehr (BMWV). Wien: Energieverwertungsagentur – Verein zur Förderung der sinnvollen Verwendung von Energie (E.V.A.).
- Bezbatchenko, A. (2011). *Where meaning lies: Student attitudes and behaviors related to sustainability in college*. Dissertation. New York, NY: Department of Administration, Leadership, and Technology, New York University. Zugriff am 27.9.2011 http://www.aashe.org/files/resources/student-research/2009/annie_bezbatchenko_dissertation_-_proquest-umi_final.pdf.
- Birnbaum, R. (1988). *How colleges work: the cybernetics of academic organization and leadership*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Birnbaum, U., Gabrysch, K., Schüler, H., Götsche, J., Kauert, B., Kleemann, M. et al. (2007). *Leitfaden für die energetische Sanierung von Laboratorien*. Jülich: Forschungszentrum Jülich GmbH. Zugriff am 22.2.2012 http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnSan/Leitfaden_LABSAN.pdf.
- Birzele-Harder, B., Deffner, J. & Götz, K. (2008). *Lust am Sparen oder totale Kontrolle? Akzeptanz von Stromverbrauchs-Feedback. Ergebnisse einer explorativen Studie zu Feedback-Systemen in vier Pilotgebieten im Rahmen des Projektes Intelliekon*. Frankfurt/M.: Institut für sozial-ökonomische Forschung (ISOE).
- Bogun, R. (2004). „Umweltsünder“ oder „Vorreiter“? Über Bewertungs- und Motivationsprobleme im Umweltmanagement an Hochschulen. artec-paper Nr. 109. Bremen: artec – Forschungszentrum Nachhaltigkeit der Universität.

- *Bonnal, A., Engel, J. & Kempen, R. (2007). „Wir sparen, aber wie?!“ – Evaluation der Energiesparmaßnahmen des Instituts für Psychologie. Unveröff. Praktikumsbericht. Freiburg: Institut für Psychologie der Universität.
- Bornhauer-Beins, L., Clemens, M., Lehmann, M., Löwe, J. & Paglialonga, L. (2011). *Strombericht*. Kiel: Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Zugriff am 20.5.2011 <http://www.next-step-kiel.de/wp-content/uploads/2011/05/Strombericht.pdf>.
- Bortz, J. & Döring, N. (2009). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Bostrom, A., Morgan, M. G., Fischhoff, B. & Read, D. (1994). What do people know about global climate change? 1. Mental models. *Risk Analysis*, 14(6), 959–970.
- Bourgeois, D., Reinhart, C. & McDonald, I. A. (2005). *Assessing the total energy impact of occupant behavioural response to manual and automated lighting systems*. Report National Research Council Canada NRCC-48658. Zugriff am 15.3.2011 <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/nrcc48658/nrcc48658.pdf>.
- Broden, M., Hall, R. V. & Mitts, B. (1971). The effect of self-recording on the classroom behavior of two eighth-grade students. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 4, 191–199.
- Brookes L. G. (1978). Energy policy, the energy price fallacy and the role of nuclear energy in the UK, *Energy Policy*, 6, 94–106.
- Brookes, L. (1990). The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficiency solution. *Energy Policy*, 18(2), 199–201.
- Brown, M. A. (2004). Obstacles to energy efficiency. *Encyclopedia of Energy*, Vol. 4 (pp. 465–475).
- Brown, M. A., Gumerman, E., Sun, X., Sercy, K. & Kim, G. (2012). Myths and facts about electricity in the U.S. South. *Energy Policy*, 40, 231–241.
- Brüggen, I. (2010). *Eine Universität zur Entwicklung der Zivilgesellschaft des 21. Jahrhunderts*. Vortrag, Univ. Hamburg, 26.10.2010. Zugriff am 17.1.2012 http://www1.uni-hamburg.de/Energie_und_Umwelt/archiv/proto%20ab2009/Nachhaltigkeit_Leuphana.pdf.
- Brüggen, I. (2012). *Auf dem Weg zur klimaneutralen Universität*. 6. HIS-Forum Energie „Energieeffizienz in Hochschulen“ 18. – 20. Juni 2012 in Clausthal-Zellerfeld. Hannover: HIS GmbH.
- Bubbenzer, O. & Radtke, U. (2007). Natürliche Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte. In W. Endlicher & F.-W. Gerstengarbe (Hrsg.) (2007), *Der Klimawandel: Einblicke, Rückblicke und Ausblicke* (pp. 17–26). Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Zugriff am 26.10.11 <http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel-28044/119/PDF/119.pdf>.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.) (2004). *UNI21. Hochschulbildung für eine nachhaltige Entwicklung*. Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Zugriff am 1.2.2010 http://www.bmbf.de/pub/uni_21.pdf.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2007). *Revidierter Nationaler Allokationsplan 2008-2012 für die Bundesrepublik Deutschland*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Zugriff am 30.7.2012 http://www.bkwk.de/aktuelles/politik/EmiHNA-PII%20revidiert%2013%20%2007%20_4_.pdf.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2009a). *Energieeffizienz – Die intelligente Energiequelle. Tipps für Industrie und Gewerbe*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Zugriff am 2.12.2010 http://www1.tfh-berlin.de/EMR/9__Energieeffizienz_die_intelligente_Energiequelle.pdf.

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2009b). *Innovation durch CSR – Die Zukunft nachhaltig gestalten*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Zugriff am 17.7.2009 http://www.4sustainability.org/downloads/BMU_2009_Innovation_durch_CSR.pdf.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2009). *Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand*. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Zugriff am 15.2.2011 http://www.bbsr.bund.de/nr_22282/BBSR/DE/Bauwesen/EnergieKlima/GesetzlicheRegelungen/DL3_NWG_Regeln_Energieverbrauchskennwerten,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DL3_NWG_Regeln_Energieverbrauchskennwerten.pdf.
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2011). *Evaluierung ausgestellter Energieausweise für Wohngebäude nach EnEV 2007*. BMVBS-Online-Publikation 01/2011. Berlin: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). Zugriff am 13.3.2012 http://www.bbsr.bund.de/nr_340720/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2011/DL_ON012011,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DL_ON012011.pdf.
- Bureau international des poids et mesures (Ed.) (2006). *Le Système international d'unités – The International System of Units*. Sèvres Cedex, France: Bureau international des poids et mesures, Organisation intergouvernementale de la Convention du Mètre (BIPM). Zugriff am 18.2.2013 http://www.bipm.org/utis/common/pdf/si_brochure_8.pdf.
- Burn, S. M. (1991). Social psychology and the stimulation of recycling behaviors: The block leader approach. *Journal of Applied Social Psychology*, 21, 611-629.
- Carbon Trust (Ed.) (2012). *Degree days for energy management — a practical introduction*. London, UK: Carbon Trust. Zugriff am 12.9.2012 <http://www.carbontrust.com/media/137002/ctg075-degree-days-for-energy-management.pdf>.
- *Carrico, A. (2009). *Motivating pro-environmental behavior: The use of feedback and peer education to promote energy conservation in an organizational setting*. Dissertation. Nashville, Tennessee: Faculty of the Graduate School of Vanderbilt University.
- *Carrico, A.R. & Riemer, M. (2011). Motivating energy conservation in the workplace: An evaluation of the use of group-level feedback and peer education. *Journal of Environmental Psychology*, 31(1), 1–13.
- Cenergie (Ed.) (2008). *Energy analysis and energy behaviour and comfort survey of 24 Belgian offices. El-Tertiary project, final report of Cenergie 18.04.08*. Supported by European IEE-program, BIM and VEA. Antwerp, BE: Cenergie. Zugriff am 22.7.2011 http://www.eu.fhg.de/el-tertiary/downloads/D26a_Report-survey-BE.pdf.
- Cervinka, R. & Schmuck, P. (2010). Umweltpsychologie und Nachhaltigkeit. In V. Linneweber, E.-D. Lantermann & E. Kals (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie IX: Umweltpsychologie, Band 2: Spezifische Umwelten und umweltbezogenes Handeln* (pp. 595–641). Göttingen: Hogrefe.
- Chao, Y.-L. & Lam, S.-P. (2011). Measuring responsible environmental behavior: Self-reported and other-reported measures and their differences in testing a behavioral model. *Environment and Behavior*, 43(1), 53–71.
- Chong, H. M. (2002). *A case study of electricity use for building and office equipment in Carnegie Mellon university*. Senior Honors thesis. Pittsburgh, MA: Department of Electrical and Computer Engineering, Carnegie Institute of Technology, Carnegie Mellon University. Zugriff am 9.4.2010 <http://www.yellowdocuments.com/1164504-a-case-study-of-electricity-use>.

- Cialdini, R. B., Kallgren, C. A. & Reno, R. R. (1991). A focus theory of normative conduct: A theoretical refinement and reevaluation of the role of norms in human behavior. *Advances in Experimental Social Psychology*, 24, 201–234.
- Coltrane, S., Archer, D. & Aronson, E. (1986). The social-psychological foundations of successful energy conservation programmes. *Energy Policy*, 14(2), 133–148.
- Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S. A., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R. et al. (2013). Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, 8(2), 024024.
- Cook, S. W. & Berrenberg, J.L. (1981). Approaches to encouraging conservation behavior: A review and conceptual framework. *Journal of Social Issues*, 37(2), 73–107.
- Cornell University (Ed.) (o. J.). *Energy Conservation Initiative*. Ithaca, NY: Cornell University. Zugriff am 15.11.2012 <http://www.pressoffice.cornell.edu/pressoffice/presskits/upload/Cornell-Energy-Conservation-Initiative.pdf>.
- Corral-Verdugo, V., Frias-Armenta, M. & Garcia-Cadena, C. H. (2010). Introduction to the psychological dimensions of sustainability. In V. Corral-Verdugo, C. Garcia-Cadena & M. Frias-Armenta, M. (Eds.), *Psychological approaches to sustainability: Current trends in theory, research and applications* (pp. 3–18). New York: Nova Science Publishers.
- Corves, C. (2010). *Modellcampus Nachhaltige Universität Kiel. Klimafreundliches Energieversorgungskonzept für die CAU Kiel*. Zugriff am 22.3.2011 <http://www.modellcampus.uni-kiel.de/wp-content/uploads/2010/12/Corves-Roundtable-Energie.pdf>.
- Costanzo, M., Archer, D., Aronson, E. & Pettigrew, T. (1986). Energy conservation behavior. The difficult path from information to behavior. *American Psychologist*, 41, 521–528.
- Coumou, D. & Rahmstorf, S. (2012). A decade of weather extremes. *Nature Climate Change*, 2, 491–496.
- Cremer, C., Eichhammer, W., Friedewald, M., Georgieff, P., Rieth-Hoerst, S., Schlomann, B. et al. (2003). *Energy consumption of information and communication technology (ICT) in Germany up to 2010*. Project number 28/01. Summary of the final report to the German Federal Ministry of Economics and Labour. Karlsruhe/Zurich: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (Fraunhofer ISI) u. Centre for Energy Policy and Economics (CEPE). Zugriff am 27.9.2011 http://www.cepe.ethz.ch/publications/ISI_CEPE_ICT_english.pdf.
- Darby, S. (2011). Communicating energy demand: Measurement, display and the language of things. In L. Whitmarsh, S. O'Neill & I. Lorenzoni (Eds.), *Engaging the public with climate change – behaviour change and communication* (pp. 217–232). London: Earthscan.
- Dauncey, G. (2011). *Ten myths about the new efficient light bulbs*. Vancouver, BC: BC Sustainable Energy Association. Zugriff am 13.12.2012 <http://www.bcsea.org/blog/guy-dauncey/2011/01/28/ten-myths-about-new-efficient-light-bulbs>.
- Deci, E. L., Koestner, R. & Ryan, R. M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin*, 125, 627–668.
- Deci, E. L., Koestner, R. & Ryan, R. M. (2001). Extrinsic rewards and intrinsic motivation in education: Reconsidered once again. *Review of Educational Research*, 71(1), 1–27.
- Delakowitz, B. & Hoffmann, A. (2000). The Hochschule Zittau/Görlitz: Germany's first registered environmental management (EMAS) at an institution of higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 1(1), 35–47.
- *Delprato, D. J. (1977). Prompting electrical energy conservation in commercial users. *Environment and Behavior*, 9, 433–440.
- Dessaul, A. (2006). Wir sparen. Technischer Hochschulbetrieb und Umweltpsychologen initiieren Kampagne. *Rubens*, 13(109), 3. Zugriff am 14.8.2013 <http://www.ruhr-uni-bochum.de/rubens/pdfs/rubens109.pdf>.

- Dessaul, A. (2007). Energie auf der Kippe. Noch immer wird an der RUB zu oft falsch gelüftet. *Rubens*, 14(112), 6. Zugriff am 14.8.2013 <http://www.ruhr-uni-bochum.de/rubens/pdfs/rubens112.pdf>.
- Deutsch, M. & Gerard, H. B. (1955). A study of normative and informational social influence upon individual judgment. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 51, 629–636.
- Deutsche Unternehmensinitiative für Energieeffizienz (Hrsg.) (2011). *Expertise: 10 Punkte Sofortprogramm – wirtschaftlicher und schneller Atomausstieg durch Energieeffizienz*. Berlin: Deutsche Unternehmensinitiative für Energieeffizienz e.V. (DENEFF) mit wissenschaftlicher Beratung durch das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Zugriff am 3.1.2013 http://www.deneff.org/cms/index.php/news-reader/items/id-10-punkte-sofortprogramm.html?file=tl_files/Infomaterial/Presse/20110407%20DENEFF_Expertise%2010%20Punkte%20Sofortprogramm%20Energieeffizienz.pdf.
- Deutscher Bundestag (Hrsg.) (1980). *Fragen für den Monat August 1980 mit den dazu erteilten Antworten*. Deutscher Bundestag, 8. Wahlperiode, Drucksache 8/4470 v. 8.8.1980. Berlin: Deutscher Bundestag. Zugriff am 25.7.2012 <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/08/044/0804470.pdf>.
- Deutscher Städtetag (Hrsg.) (2009). *Energie- und Wassereinsparung durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens in öffentlichen Gebäuden. Hinweise zum kommunalen Energiemanagement, 4.0 Betriebliche Hinweise*. Köln: Arbeitskreis Energieeinsparung des Deutschen Städtetages. Zugriff am 10.2.2011 <http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/schwerpunkte/fachinfos/2010/26.pdf>.
- DeWaters, J. & Powers, S. (2013). Establishing measurement criteria for an energy literacy questionnaire. *Journal of Environmental Education*, 44(1), 38–55.
- *De Young, R. (1989-90). Promoting conservation behavior in shared spaces: the role of energy monitors. *Journal of environmental systems*, 19(3), 265–273.
- De Young, R. (1993). Changing behavior and making it stick: The conceptualization and management of conservation behavior. *Environment and Behavior*, 25(3), 485–505.
- Dickenberger, D., Gniech, G. & Grabitz, H.-J. (1993). Die Theorie der psychologischen Reaktanz. In D. Frey & M. Irle (Hrsg.), *Theorien der Sozialpsychologie. Band 1: Kognitive Theorien der Sozialpsychologie* (pp. 243-273). Bern: Huber.
- Dietz, T., Gardner, G. T., Gilligan, J., Stern, P. C. & Vandenberg, M. P. (2009). Household actions can provide a behavioral wedge to rapidly reduce US carbon emissions. *PNAS*, 106(44), 18452–18456. Zugriff am 10.2.2010 <http://www.pnas.org/content/106/44/18452.full.pdf+html>.
- Dillahunt, T., Mankoff, J. & Paulos, E. (2010). *Understanding conflict between landlords and tenants: Implications for energy sensing and feedback*. Proceedings Ubicomp '10 Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing, Copenhagen; 26 September 2010 through 29 September 2010, 149–158
- Dunlap, R. E. (1998). Lay perceptions of global risk: Public views of global warmings in cross-national context. *International Sociology*, 13(4), 473–498.
- Duscha, M. & Hertle, H. (1999). *Energiemanagement für öffentliche Gebäude: Organisation, Umsetzung, Finanzierung*. Heidelberg: Müller.
- Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Hrsg.) (2006). *Im Forum Chriesbach arbeiten. Informationen zum Umgang mit einem Gebäude, das nach Kriterien der nachhaltigen Entwicklung gebaut wurde*. Dübendorf, CH: Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (Eawag). Zugriff am 16.3.2010 <http://www.forumchriesbach.eawag.ch/dokumente/Benutzerbroschuere.pdf>.

- Emerson (2007). *Five Strategies for cutting data center. Energy costs through enhanced cooling efficiency. A white paper from the Experts in Business-Critical Continuity*. Columbus, Ohio: Emerson Electric Co. Zugriff am 23.3.2010 http://www.com-news.com/WhitePaper_Library/Power_Management/pdfs/EfficiencyWP_low_041707.pdf.
- Endlicher, W. (2007). Das Unbeherrschbare vermeiden und das Unvermeidbare beherrschen – Strategien gegen die gefährlichen Auswirkungen des Klimawandels. In W. Endlicher & F.-W. Gerstengarbe (Hrsg.) (2007), *Der Klimawandel: Einblicke, Rückblicke und Ausblicke* (pp. 119–131). Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Zugriff am 26.10.2011 <http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel-28044/119/PDF/119.pdf>.
- Energieagentur NRW (Hrsg.) (2007). *Faktor Mensch: Reduzierung der Energiekosten durch bewusstes Nutzerverhalten – ein schlafender Riese*. Flyer zur Tagung, 22.11.2007 in der Historischen Stadthalle Wuppertal. Essen: Energieagentur NRW. Zugriff am 17.2.2010 http://www.ea-nrw.de/_database/_data/datainfo-pool/faktor_mensch_programm_und_anmeldung.pdf.
- Energieagentur NRW (Hrsg.) (2010). *Auszeit! Energiesparen ohne Komfortverzicht*. Essen: Energieagentur NRW. Zugriff am 22.7.2011 <https://services.nordrheinwestfalendirekt.de/broschuerenservice/download/70922/auszeit-internetversion.pdf>.
- Ernst, A. (2008). Ökologisch-soziale Dilemmata. In E.D. Lantermann & V. Linneweber (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Umweltpsychologie – Band 1* (pp. 377–413). Göttingen: Hogrefe.
- eTASK (Hrsg.) (2005). *Flächensystematik nach DIN 277-2 (Ausgabe Februar 2005). Grundflächen und Raumninhalte von Bauwerken im Hochbau – Gliederung der Netto-Grundfläche*. Köln: eTASK Service-Management GmbH. Zugriff am 23.2.2012 http://www.etask.de/Data/Sites/1/etask_din277_din277-2.pdf.
- eTelligence (Hrsg.) (2013). *Neue Energien brauchen neues Denken. Abschlussbericht eTelligence*. Oldenburg: EWE AG. Zugriff am 21.2.2013 http://e-energy.de/documents/eTelligence_Projektbericht_2012.pdf.
- Europäische Union (Hrsg.) (2006). *Aktionsplan für Energieeffizienz: Das Potenzial ausschöpfen*. KOM(2006)545 endgültig. Mitteilung der Kommission. Brüssel: Kommission der Europäischen Gemeinschaften. Zugriff am 14.1.2013 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0545:FIN:DE:PDF>.
- Europäische Union (Hrsg.) (2009). *EU-Maßnahmen gegen den Klimawandel: Das Emissionshandelssystem der EU*. Luxemburg: Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften. Zugriff am 30.7.2012 http://ec.europa.eu/clima/publications/docs/ets_de.pdf.
- European Union Climate Change Expert Group (Ed.) (2008). *The 2°C target. Background on impacts, emission pathways, mitigation options and costs*. Information reference document. O.O.: European Union Climate Change Expert Group (EG Science). Zugriff am 23.10.12 http://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/future/docs/brochure_2c_en.pdf.
- Finanzministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2009a). *Energiebericht 2007. Staatliche Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg*. Stuttgart: Finanzministerium Baden-Württemberg (FM). Zugriff am 4.8.2010 http://www.finanzministerium.baden-wuerttemberg.de/fm7/2347/Energiebericht_2009.518536.pdf.

- Finanzministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2009b). *Dienstanweisung der Staatlichen Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg - DAW*. Stuttgart: Finanzministerium Baden-Württemberg (FM). Zugriff am 6.7.2012 http://www.vbv.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1295643/DAW-2009_gesamt_Juni.pdf.
- Fischedick, M. & Havener, T. (2010). *Du bist Magie: Die unglaublichen Fähigkeiten unseres Körpers*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Taschenbuch-Verl.
- Fitzner, K. & Finke, U. (2012). *Lüftungsregeln für freie Lüftung*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Zugriff am 18.9.2012 http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/F2072.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- Flint, K. (2001). Institutional ecological footprint analysis – A case study of the University of Newcastle, Australia. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 2(1), 48–62.
- Frackmann, E. (2006). Ist ein Reimport möglich? Organisations- und Erfolgsprinzipien amerikanischer Spitzenforschungsuniversitäten. *Wissenschaftsmanagement*, 6, 40–44. Zugriff am 2.10.2012 http://www.wissenschaftsmanagement.de/dateien/dateien/management/downloaddateien/wim_2006_06_edgar_frackmann_ist_ein_reimport_moeglich.pdf.
- Frey, D., Stahlberg, D. & Wortmann, K. (1997). Energiesparen. In: D. Frey & S. Greif (Hrsg.), *Sozialpsychologie - Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen* (pp. 484-494). Weinheim: Beltz PVU.
- Frick, J. (2003). *Umweltbezogenes Wissen: Struktur, Einstellungsrelevanz und Verhaltenswirksamkeit*. Unveröff. Dissertation. Zürich: Philosophische Fakultät der ETH.
- Friedemann, A., Döring, N. & Westermann, D. (2009). Passives Verbraucherverhalten auf dem liberalisierten Strommarkt: Eine Interviewstudie zu Nicht-Wechselgründen von Stromkunden. *Umweltpsychologie*, 13(1), 100–120.
- Friedrichsmeier, T., Matthies, E. & Klöckner, C. A. (2013). Explaining stability in travel mode choice: An empirical comparison of two concepts of habit. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 16, 1-13.
- Froehlich, J. (2009). *Promoting energy efficient behaviors in the home through feedback: The role of human-computer interaction*. Paper presented at HCIC conference. Zugriff am 2.2.2010 http://www.cs.washington.edu/homes/jfroehli/publications/HCIC09_RoleOfFeedback.pdf.
- Froehlich, J. (2011). *Sensing and feedback of everyday activities to promote environmentally behaviors*. Unpublished dissertation. Seattle, WA: University of Washington. Zugriff am 4.12.2012 http://www.cs.umd.edu/~jonf/publications/Froehlich_SensingAndFeedbackOfEverydayActivitiesToPromoteEnvironmentalBehaviors_UWPhdDissertation2011.pdf.
- Gatersleben, B. (2013). Measuring environmental behaviour. In L. Steg, A. E. van den Berg & J.I.M. de Groot (eds.), *Environmental Psychology: An introduction* (pp. 131–140). West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Gatersleben, B., Steg, L. & Vlek, C. (2002). Measurement and determinants of environmentally significant consumer behavior. *Environment and Behavior*, 34(3), 335–362.
- Gatersleben, B. & Vlek, C. (1998). Household consumption, quality-of-life and environmental impacts: a psychological perspective and empirical study. In K. J. Noorman & A. J. M. Schoot Uiterkamp (Eds.), *Green households? Domestic consumers environment and sustainability* (pp. 141–179). London: Earthscan.
- Geller, E. S. (1989). Applied behavior analysis and social marketing: An integration for environmental preservation. *Journal of Social Issues*, 45(1), 17–36.

- Geller, E. S., Berry, T. D., Ludwig, T. D., Evans, R. E., Gilmore, M. R. & Clarke, S. W. (1990). A conceptual framework for developing and evaluating behavior change interventions for injury control. *Health Education Research: Theory & Practice*, 5, 125–137.
- Gesetz über Energiedienstleistungen und andere Energieeffizienzmaßnahmen (EDL-G) vom 4. November 2010 (BGBl. I S. 1483).
- Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz – EnEG). Energieeinsparungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 1. September 2005 (BGBl. I S. 2684), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 28. März 2009 (BGBl. I S. 643) geändert worden ist.
- Gifford, R. (2011). The dragons of inaction: Psychological barriers that limit climate change mitigation and adaptation. *American Psychologist*, 66(4), 290–302.
- Gifford, R., Scannell, L., Kormos, C., Smolova, L., Biel, A., Boncu, S. et al. (2009). Temporal pessimism and spatial optimism in environmental assessments: An 18-nation study. *Journal of Environmental Psychology*, 29, 1–12.
- Giljum, S., Hammer, M., Stocker, A., Lackner, M., Best, A., Blobel, D. et al. (2007). *Wissenschaftliche Untersuchung und Bewertung des Indikators „Ökologischer Fußabdruck“*. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 363 01 135, UBA-FB 001089. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Zugriff am 26.9.2012 <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3486.pdf>.
- *Gillen, T., Supp, A., Scheibe, A., Steinhäuser-Pigao, J., Steiger, V. & Witzel, C. (2002). *Projektbericht „Energiesparen an Universitätsgebäuden am Beispiel des Psychologischen Instituts in Heidelberg“*. Erstellt im Rahmen des Projektseminars „Energiesparen“, WS 2001/02. Heidelberg: Psychologisches Institut der Universität. Zugriff am 19.3.2013 http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/zen-tral/projekt_energiesparen/projektbericht0102.pdf.
- Goldstein, D. G., Johnson, E. J., Herrmann, A. & Heitmann, M. (2008). Nudge your customers toward better choices. *Harvard Business Review*, 86(12), 99–106.
- Gottschick, M. (1999). Wie lassen sich Hochschulangehörige zu mehr Mitarbeit im Umweltschutz motivieren? Einführungsreferat. In P. Viebahn & M. Matthies (Hrsg.) (1999). *Umweltmanagement an Hochschulen: Konzepte, Strategien, Lösungen* (pp. 167–168). Bochum: Projekt-Verl.
- Gottschick, M. (2000). *Umweltmanagement an der Universität Hamburg? Aktivitäten, Organisation, Anreizsysteme, Sensibilisierung*. Vortragsfolien. Zugriff am 17.1.2012 http://www.his.de/pdf/34u/na-0085_folie-gottschick.pdf.
- Graichen, V., Gores, S., Penninger, G., Zimmer, W., Cook, V., Schlomann, B. et al. (2011). *Energieeffizienz in Zahlen. Endbericht*. CLIMATE CHANGE | 13/2011. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungskennzahl 3708 41 121, UBA-FB 00 1469. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Zugriff am 22.11.2012 <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4136.pdf>.
- Greenbang (Ed.) (2009). *Top 10 myths of efficient light bulbs*. London, UK: Greenbang.com. Zugriff am 13.12.2012 http://www.greenbang.com/top-10-myths-of-efficient-light-bulbs_11301.html.
- *Griesel, C. (2004). Nachhaltigkeit im Bürokontext – eine partizipative Intervention zur optimierten Stromnutzung. *Umweltpsychologie*, 8(1), 30–48.
- Großklos, M. (2009). *Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen*. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt (IWU).
- Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949 (BGBl. S. 1), zuletzt geändert durch das Gesetz vom 11. Juli 2012 (BGBl. I S. 1478).

- Guzek, G. (2010). *Zur Energieeinsparung in Heizungsanlagen durch den hydraulischen Abgleich*. Dresden: TUDpress, Verl. der Wiss.
- Gwerder, M., Gyalistras, D., Oldewurtel, F., Lehmann, B., Wirth, K., Stauch, V. et al. (2010). *Prädiktive Gebäuderegulation mithilfe von Wetter- und Anwesenheitsvorhersagen: Resultate des Projekts OptiControl*. 16. Status-Seminar „Forschen und Bauen im Kontext von Energie und Umwelt“, 2.-3.9.2010, ETH Zürich. Zugriff am 3.8.2011 http://www.brenet.ch/pdfstat_2010/44_energie_gwerder.pdf.
- Gyalistras, D. (2009). *Prädiktive Regelung von Gebäuden: Methoden, Werkzeuge und Fallstudie Integrierte Raumautomation*. Vortrag an der Hochschule Luzern, Technik & Architektur, 26. Oktober 2009. Zürich: Gruppe für Terrestrische Systemökologie & Institut für Automatik, ETH Zürich. Zugriff am 8.3.2012 http://www.climate-impacts.ch/_DGTalksPres/Gyal_09_Pres-HSLU.pdf.
- Gyalistras, D. and The OptiControl Team (2010). *Use of weather and occupancy forecasts for optimal building climate control (OptiControl)*. Final report 23-June-2010 (Updated 5-October-2010). Zürich: Systems Ecology, Institute of Integrative Biology, ETH. Zugriff am 3.8.2011 http://www.opticontrol.ethz.ch/Lit/Gyal_10_Rep-OptiCtrlFinalRep.pdf.
- Gynther, L., Mikkonen, I. & Smits, A. (2012). Evaluation of European energy behavioural change programmes. *Energy Efficiency*, 5(1), 67–82.
- Hansmeier, N. (2006). Richtig Heizen und Lüften. *Rubens*, 13(110), 3. Zugriff am 14.8.2013 <http://www.ruhr-uni-bochum.de/rubens/pdfs/rubens110.pdf>.
- *Hansmeier, N. (2008). „Energiebewußte RUB“ – ein Projekt zur Förderung energieeffizienten Verhaltens an der Ruhr-Universität Bochum. Vortrag auf dem HIS-Praxisseminar Energie „Hochschulen können mehr als Energie sparen“, Clausthal-Zellerfeld, 2.-4.6.2008.
- *Hansmeier, N. & Matthies, E. (2007). *Energiebewusste RUB – Richtig Heizen und Lüften. Ergebnisse einer umweltpsychologischen Intervention zur Förderung energieeffizienten Verhaltens an der Ruhr-Universität Bochum*. Unveröffentlichter Projektbericht, Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Psychologie. Zugriff am 29.7.10 <http://www.change-energie.de/download/EnergiebewussteRUB%20Projektbericht.pdf>.
- Hartzell, J. (2007). Offsets and ‘future value accounting’. In K. Smith, *The carbon neutral myth. Offset indulgences for your climate sins* (pp. 63-69). Amsterdam: Carbon Trade Watch. Zugriff am 17.9.2012 http://www.carbontradewatch.org/pubs/carbon_neutral_myth.pdf.
- Harvey, L. D. D. (2009). Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples. *Energy Efficiency*, 2(2), 139–163.
- Heath, Y. & Gifford, R. (2006). Free-market ideology and environmental degradation: The case of belief in global climate change. *Environment and Behavior*, 38(1), 48–71.
- Henning, H. M. (2009). *Modellbasierte Methoden zur Analyse des Gebäudebetriebs*. Vortrag Energieeffizienz durch intelligentes Gebäudemanagement, Fraunhofer-InHaus-Zentrum, Duisburg, 05.02.2009. Zugriff am 1.9.2009 http://www.ise.fraunhofer.de/veroeffentlichungen/nach-jahrgaengen/2009/veroeffentlichungen/modellbasierte-methoden-zur-analyse-des-gebaeudebetriebs/at_download/file.
- Hentze, H. (2012). *Projekt change beim Energiemanagement der Universität Stuttgart*. Vortrag beim 6. Forum Energie – Energieeffizienz in Hochschulen, Arbeitstagung der Hochschul-Informationen-System GmbH (HIS) und der Technischen Universität Clausthal, 18.-20.6.2012, Clausthal-Zellerfeld.
- Herremans, I. & Allwright, D. E. (2000). Environmental management systems at North American universities: What drives good performance? *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 1(2), 168–181.
- Herring, H. & Sorrell, S. (Eds.) (2009). *Energy efficiency and sustainable consumption: The rebound effect*. New York: Palgrave.

- Hierzinger, R., Albu, M., Elburg, H. v., Scott, A. J., Lazicki, A., Penttinen, L. et al. (2012). *European smart metering landscape report 2012. SmartRegions deliverable 2.1*. Wien: Österreichische Energieagentur. Zugriff am 21.2.2013 <http://www.smartregions.net/GetItem.asp?item=digistorefile;366143;1522¶ms=open;gallery>.
- Hines, J. M., Hungerford, H. R. & Tomera, A. N. (1986). Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: A meta-analysis. *Journal of Environmental Education*, 18(2), 1–8.
- Hloucal, M. (2009). *Umwelteinstellungen und -verhalten der Studierenden und Mitarbeiter der Universität Osnabrück. Evaluation der „TU WAS“-Kampagne*. Im Auftrag der Umweltkoordinatorin der Universität Osnabrück. Osnabrück: Universität. Zugriff am 30.9.2011 <http://www.uni-osnabrueck.de/UmweltmanagementDokumente/Evaluationsergebnisse.pdf>.
- Hochhuber, J. (2012). Energieeffizienz: Die beste Energiequelle. In: LfU, *Öko-Energien nachhaltig nutzen. Fachtagung, 24. Mai 2012* (pp. 10–13). Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Zugriff am 23.7.2012 http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_btb_19_oekoenergien_nachhaltig_nutzen.pdf.
- Hochschulrektorenkonferenz (Hrsg.) (2010). *Hochschulen für Nachhaltige Entwicklung. Erklärung der Hochschulrektorenkonferenz und der Deutschen UNESCO-Kommission zur Hochschulbildung für nachhaltige Entwicklung – Ein Beitrag zur UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“*. Entschließung der 7. Mitgliederversammlung der Hochschulrektorenkonferenz am 24. November 2009. Beschluss des Vorstands der Deutschen UNESCO Kommission am 22. Januar 2010. Bonn: Hochschulrektorenkonferenz. Zugriff am 11.10.2010 http://www.hrk.de/de/download/dateien/Hochschulen_und_Nachhaltigkeit_HRK_DUK.pdf.
- Hoes, P., Hensen, J. L. M., Loomans, M. G. L. C., de Vries, B. & Bourgeois, D. (2008). User behavior in whole building simulation. *Energy and Buildings*, 41(3), 295–302.
- Hofer, P. (2003). *Einfluss von Temperatur- und Globalstrahlungsschwankungen auf den Energieverbrauch der Gebäude*. Bern: Bundesamt für Energie. Zugriff am 23.2.2010 http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_535956765.pdf&ndung=Einfluss von Temperatur- und Globalstrahlungsschwankungen auf den Energieverbrauch der Gebäude.
- Huber, M. (2012). Die Organisation Universität. In: M. Apelt & V. Tacke (Hrsg.), *Handbuch Organisationstypen* (pp. 239–252). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hübner, W. (2009). *Energiebericht 2008*. Münster: Westfälische Wilhelms-Universität. Zugriff am 3.11.2009 http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/wwumwelt/energiebericht_2008_komplett.pdf.
- Institut für Energie- und Umweltforschung (Hrsg.) (2004). *Auswertung der Budget- und Anreizsysteme zur Energieeinsparung an hessischen Schulen. Leitfaden*. Fachbericht zur „Auswertung des Förderprogramms Klein-BHKW des Landes Hessen“; Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu). Zugriff am 14.9.2010 http://www.ifeu.de/bildungundinformation/pdf/lf_hess_budgetsystem_schule.pdf.
- Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2005). *Energiebericht für Landesbauten Nordrhein-Westfalen. Umsetzung der baupolitischen Ziele*. ILS NRW Materialien 3-05. Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS NRW). Duisburg: WAZ-Druck GmbH & Co. KG. Zugriff am 18.1.2011 http://www1.fh-koeln.de/imperia/md/content/www_ums/energiebericht_nrw.pdf.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.) (2001). *Klimänderung 2001: Verminderung*. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. Ein Bericht der Arbeitsgruppe III des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Cambridge: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.) (2007). *Climate Change 2007: Synthesis report. An assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. Zugriff am 21.10.2009
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm.
- International Energy Agency (Ed.) (2012). *World energy outlook 2012 factsheet*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), International Energy Agency (IEA). Zugriff am 12.11.2012
<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebseite/2012/factsheets.pdf>.
- Irrek, W. (Koordination), Thomas, S., Böhler, S. & Spitzner, M. (2008). *Definition Energieeffizienz*. Wuppertal: Wuppertal Inst. für Klima, Umwelt, Energie. Zugriff am 22.11.2012
http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/energieeffizienz_definition.pdf.
- Jackson, T. (2005). *Motivating Sustainable Consumption – a review of evidence on consumer behavior and behavioral change*. A Report to the Sustainable Development Research Network, January 2005. Zugriff am 3.8.2011
<http://fennerschool-lectures.anu.edu.au/lectures/2009/ENVS3028/Jackson%202005.pdf>.
- Jacobeit, J. (2007). Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Klimasystem. In W. Endlicher & F.-W. Gerstengarbe (Hrsg.) (2007), *Der Klimawandel: Einblicke, Rückblicke und Ausblicke* (pp. 1–16). Potsdam: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Zugriff am 26.10.2011
<http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel-28044/119/PDF/119.pdf>.
- Jaffe, A. B. & Stavins, R. N. (1994). The energy-efficiency gap. What does it mean? *Energy Policy*, 22(10), 804–810.
- Jastorff, B., Müller-Christ, G., Behrens, B. & Sövegjarto-Wigbers, D. (2006). *EMAS an Hochschulen – Ökologische und technologische Innovationen durch anspruchsvolles Umweltmanagement*. artec-paper Nr. 132. Bremen: artec – Forschungszentrum Nachhaltigkeit der Universität.
- Jenni, F. (1998). Effiziente Energienutzung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich. In T. Albrecht, M. Göring, M. Nitze, H.-P. Zeise, H.-J. Neugebauer, P. Viebahn et al. (1998). *Energieeinsparung als Aufgabe in Hochschulen*. Kurzinformation Bau und Technik, B5 (pp. 35–40). Hannover: HIS Hochschul Informations System. Zugriff am 21.6.2010
http://www.his.de/pdf/pub_kib/kib199805.pdf.
- Jevons, W. S. (1865). *The coal question*. London: Macmillan.
- Johnson, E. J. (2010). *Its not that easy being green... and how to overcome it*. Paper presented, Carlson on Sustainability Conference, Carlson School of Management, Minneapolis, MN, October 21, 2010. Zugriff am 31.7.2012
<http://www.csom.umn.edu/sustainability/documents/Johnson.pdf>.
- Johnson, E. J. & Goldstein, D. (2003). Do defaults save lives? *Science*, 302(5649), 1338–1339.
- Johnson, E. J. & Goldstein, D. (2013). Decisions by default. In E. Shafir (Ed.), *The behavioral foundations of public policy* (pp. 417–427). Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Johnson, E. J., Hershey, J., Meszaros, J. & Kunreuther, H. (1993). Framing, probability distortions, and insurance decisions. *Journal of risk and uncertainty*, 7(1), 35–52.
- Johnson, E. J., Shu, S. B., Dellaert, B. G. C., Fox, C., Goldstein, D. G., Häubl, G. et al. (2012). Beyond nudges: Tools of a choice architecture. *Marketing Letters*, 23, 487–504.
- Jorgensen, B. S., Martin, J. F., Pearce, M. W. & Willis, E. M. (in press). Predicting household water consumption with individual-level variables. *Environment and Behavior*.

- Jung, A. (2012). *Smart-Metering in deutschen Haushalten – Status und Perspektiven*. Vortrag, 20.10.2012, BITKOM Akademie Köln. Zugriff am 22.2.2013 http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/Vortraege_GF/aj/BITKOM_Akademie_Workshop_Koeln_Smart-Metering_in_deutschen_Haushalten_-_Status_und_Entwicklungsperspektiven.pdf.
- Kahlenborn, W., Kabisch, S., Klein, J., Richter, I. & Schürmann, S. (2010). *DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme in der Praxis. Ein Leitfaden für Unternehmen und Organisationen*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Zugriff am 26.9.2011 <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3959.pdf>
- Kaiser, F. G. & Vllasaliu, L. (2011). Suffizienz statt: Effizienz: Schlüssel zum gesellschaftlichen Wandel hin zur 2000-Watt-Gesellschaft. In SES, *Energiekrise als Chance*. Fachtagung, 17. September 2010, Zürich (pp. 84–93). Zürich: Schweizerische Energiestiftung (SES). Zugriff am 30.3.2012 http://www.energiestiftung.ch/files/textdateien/infomaterial/fachtagungen/fachtagung10/tagungsband_2010_web.pdf.
- Kaiser, F. G., Woelki, D. & Vllasaliu, L. (2011). Partizipative Interventionsmaßnahmen und partizipatives umweltpolitisches Handeln: Ausdruck intrinsischer Umweltmotivation, nicht deren Ursache. *Umweltpsychologie*, 15(2), 77-92.
- Kallgren, C. A., Reno, R. R. & Cialdini, R. B. (2000). A focus theory of normative conduct: When norms do and do not affect behavior. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 26, 1002–1012.
- Kals, E. (1996). *Verantwortliches Umweltverhalten. Umweltschützende Entscheidungen erklären und fördern*. Weinheim: Beltz PVU.
- Kals, E., Montada, L., Becker, R. & Ittner, H. (1998). Verantwortung für den Schutz der Allmenden. *GAI*, 7, 296–303.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. & Thrän, D. (2009). Einleitung und Zielsetzung. In M. Kaltschmitt, H. Hartmann & H. Hofbauer (Hrsg.), *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren* (pp. 1-40). Berlin: Springer.
- Kaplowitz, M. D., Thorp, L., Coleman, K. & Yeboaha, F. K. (2012). Energy conservation attitudes, knowledge, and behaviors in science laboratories. *Energy Policy*, 50, 581– 591.
- Karjalainen, S. (2007a). Gender differences in thermal comfort and use of thermostats in everyday thermal environments. *Building and Environment*, 42(4). 1594–1603.
- Karjalainen, S. (2007b). *The characteristics of usable room temperature control* [Huonelämpötilan hallinnan käyttöliittymät. Käytettävyyden tarkasteluja toimistoympäristössä]. Espoo 2007. VTT Publications 662. Dissertation for the degree of Doctor of Science in Technology. Lämpömiehenkuja, Finland: VTT Technical Research Centre of Finland. Zugriff am 12.2.2010 <http://lib.tkk.fi/Diss/2008/isbn9789513870607/isbn9789513870607.pdf>.
- Karjalainen, S. (2009). Thermal comfort and use of thermostats in Finnish homes and offices. *Building and Environment*, 44(6), 1237–1245.
- Karlin, B., Davis, N., Sanguinetti, A., Gamble, K., Kirkby, D. & Stokols, D. (in press). Dimensions of conservation: Exploring differences among energy. *Environment and Behavior*.
- Kaschenz, H., Albert, A., Mordziol, C., Schubert, J., Wachsmann, U., Schwermer, S. et al. (2007). *Stromsparen: weniger Kosten, weniger Kraftwerke, weniger CO2. Fakten und Argumente für das Handeln auf der Verbraucherseite*. Positionspapier, August 2007. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Zugriff am 26.10.2011 <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3191.pdf>.
- Kastner, I. (2012). *Veränderung nachhaltigkeitsrelevanter Routinen in Organisationen*. Vortrag beim 6. Forum Energie - Energieeffizienz in Hochschulen, Arbeitstagung der Hochschul-Informationssystem GmbH (HIS) und der Technischen Universität Clausthal, 18.-20.6.2012, Clausthal-Zellerfeld.

- Kattenstein, T., Ziolek, A. & Unger, H. (2000). *Maßnahmen zum rationellen Energieeinsatz an Hochschulen – Reduzierung des Strombedarfs an der Ruhr-Universität Bochum*. 3. Technischer Fachbericht zum Forschungsvorhaben IV A4 – 206 002 98: Optimierung der bestehenden Energieversorgung der Ruhr-Universität Bochum. Bochum: Lehrstuhl für Nukleare und Neue Energiesysteme der Ruhr-Universität.
- Katzev, R. D. & Johnson, T. (1987). *Promoting energy conservation: An analysis of behavioral research*. Westview special studies in natural resources and energy management. Boulder, CO: Westview Press.
- Kaufmann-Hayoz, R., Bättig, C., Bruppacher, S., Defila, R., Di Giulio, A., Flury-Kleubler, P. et al. (2001). A typology of tools for building sustainability strategies. In: R. Kaufmann-Hayoz & H. Gutscher, *Changing things - moving people: strategies for promoting sustainable development at the local level* (pp. 33-107). Basel: Birkhäuser.
- Kawamoto, K., Koomey, J. G., Nordman, B., Brown, R. E., Piette, M. A., Ting, M. et al. (2002). Electricity used by office equipment and network equipment in the U.S.. *Energy*, 27(3), 255–269.
- Kazdin, A. (2009). Psychological science's contributions to a sustainable environment: Extending our reach to a grand challenge of society. *American Psychologist*, 64, 339–356.
- Kemfert, C. (2007). Klimawandel kostet die deutsche Volkswirtschaft Milliarden. *Wochenbericht des DIW Berlin*, 74(11), 165–169.
- Kempton, W. (1986). Two theories used of home heat control. *Cognitive Science*, 10, 75–91.
- Kempton, W. & Layne, L. L. (1994). The consumer's energy analysis environment. *Energy Policy*, 22(10), 857–866.
- Kempton, W. & Montgomery, L. (1982). Folk quantification of energy. *Energy*, 7(10), 817–827.
- Kerr, C. & Gade, M. L. (1986). *The many lives of academic presidents: Time, place and character*. Washington, D.C.: Association of Governing Boards of Universities and Colleges.
- Keul, A. G. (2002). *Psychologie und Energie-PR – Energiesparen als optimale Vermittlung nachhaltigen Bauens und Wohnens?* Schriftenreihe "Berichte aus Energie- und Umweltforschung", 14. Wien: Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit). Zugriff am 1.9.2009 http://www.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht_keul.pdf.
- Khazzoom, J. D. (1980). Economic implications of mandated efficiency standards for household appliances. *The Energy Journal*, 1(4), 21–40.
- *Kielmann, R. & Matthies, E. (1998). „Wir sparen Watt“. *Eine Gemeinschaftsaktion zum Energiesparen an der Ruhr-Universität Bochum*. Bericht der Fakultät für Psychologie, Kognitions- und Umweltpsychologie (Bericht Nr. 52). Bochum: Fakultät für Psychologie der Ruhr-Universität.
- Kissock, K. & Mulqueen, S. (2008). *Targeting energy efficiency programs using advanced billing analysis*. Paper presented, ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, August 17–22, 2008, Pacific Grove, California. Zugriff am 4.12.2012 http://academic.udayton.edu/kissock/http/Publications/2008_ACEEE_TargEngyEffCommBldgs.pdf.
- Klesse, A., Müller, J. & Person, R.-D. (2011). Einsparpotenziale durch Verhaltensänderungen im Umgang mit Energie – Herausforderungen der Messbarkeit im realen Gebäudebetrieb am Beispiel Hochschulen. In R. Defila, A. Di Giulio & R. Kaufmann-Hayoz, R. (Hrsg.), *Wesen und Wege nachhaltigen Konsums. Ergebnisse aus dem Themenschwerpunkt „Vom Wissen zum Handeln – Neue Wege zum nachhaltigen Konsum“* (pp. 415–430). München: Ökom.

- Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (Hrsg.) (o. J.). *Dienstanweisung Energie*. Zugriff am 20.2.13 <http://www.kea-bw.de/fileadmin/user.../Dienstanweisung-Energie.DOC>, http://www.kuk-nds.de/fileadmin/dokumente/Themen/KEM/Dienstanweisung-Energie_BaWUE.pdf.
- Klößner, C. A. & Blöbaum, A. (2010). A comprehensive action determination model: Toward a broader understanding of ecological behaviour using the example of travel mode choice. *Journal of Environmental Psychology*, 30(4), 574-586.
- Klößner, C. A. & Matthies, E. (2004). How habits interfere with norm-directed behaviour: A normative decision-making model for travel mode choice. *Journal of Environmental Psychology*, 24(3), 319-327.
- Klößner, C. A. & Verplanken, B. (2013). Yesterday's habits preventing change for tomorrow? About the influence of automaticity on environmental behaviour. In L. Steg, A. E. van den Berg & J. I. M. de Groot (eds.), *Environmental Psychology: An Introduction* (pp. 197–220). Chichester: BPS Blackwell.
- Kluttig, H., Dirscherl, A. & Erhorn, H. (2001). *Energieverbräuche von Bildungsgebäuden in Deutschland*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Zugriff am 15.9.2008 <http://www.enob.info/fileadmin/media/Publikationen/EnSan/bildungsgebaeude.pdf>.
- Knöfel, H. (2010). *Klimaschutzbericht. Gebäudemanagement der Georg-August-Universität Göttingen*. Göttingen: GM 3 Technisches Gebäudemanagement, GM 32 Energiecontroller der Georg-August-Universität. Zugriff am 4.1.2012 <http://www.uni-goettingen.de/de/128028.html>.
- Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (Hrsg.) (2009). *Aushangpflicht von Energieausweisen nach § 16 Absatz 3 Energieeinsparverordnung (EnEV)*. Wiesbaden: Bauministerkonferenz – Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU). Zugriff am 16.12.2009 <https://www.netstab.de/groups/amev/pop-up.php?rs=b427b0581ade57d3758392f52682a109>.
- Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (Hrsg.) (2010). *Bauwerkszuordnungskatalog*. Stand Dez. 2010. Wiesbaden: Ausschuss für Staatlichen Hochbau, Fachkommission Bau- und Kostenplanung: Netzwerk Kostenplanung der Bauministerkonferenz – Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU). Zugriff am 5.9.2012 <https://senstadtfms.stadt-berlin.de/intelliform/forms/abau/berlin/anlagen/aii/aii09/index>.
- Kopytziok, N. (2011). *Die CAU auf dem Weg zu einem EMAS-zertifizierten Energie- und Umweltmanagement – Umweltmanagement nach EMAS III an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel*. Vortrag, Umwelttag an der CAU am 4. Februar 2011. Kiel: Christian-Albrechts-Universität. Zugriff am 22.3.2011 <http://www.umweltmanagement.uni-kiel.de/pdfs/Umweltmanagement-an-der-CAU-04-02-2011.pdf>.
- Kredentser, M. S., Fabrigar, L. R., Smith, S. M. & Fulton, K. (2012). Following what people think we should do versus what people actually do. Elaboration as a moderator of the impact of descriptive and injunctive norms. *Social Psychological and Personality Science*, 3(3), 341–347.
- Landesregierung Baden-Württemberg (Hrsg.) (2007). *Solidarpakt II – Vereinbarung des Landes Baden-Württemberg mit den Hochschulen und Berufsakademien des Landes Baden-Württemberg vom 2. März 2007*. Stuttgart: Land Baden-Württemberg. Zugriff am 4.1.2013 http://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/pdf/hochschulen/finanzierung/Solidarpakt_II.pdf.

- Landtag von Baden-Württemberg (Hrsg.) (2009). *Energieeinsparung und Stellenwert von Contracting bei der energetischen Sanierung landeseigener Gebäude*. Antrag der Abg. Franz Untersteller u. a. GRÜNE und Stellungnahme des Finanzministeriums. 14. Wahlperiode, Drucksache 14/3833. Stuttgart: Landtag von Baden-Württemberg. Zugriff am 4.1.2013 http://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP14/Drucksachen/3000/14_3833_D.pdf.
- Langer, R. (o. J.). *Wirtschaftliche Rettungswegekennzeichnung*. Unveröff. Manuskript.
- Larrick, R. P. & Soll, J. B. (2008). The MPG illusion. *Science*, 320, 1593–1594.
- Larsen, H., Pettersen, J., Solli, C. & Hertwich, E. G. (2013). Investigating the carbon footprint of a university – The case of NNTU. *Journal of Cleaner Production*, 48, 39–47
- Leal Filho, W. (1998). Umweltschutz und Nachhaltigkeit an Hochschulen: Europäische Beispiele. In W. Leal Filho, *Umweltschutz und Nachhaltigkeit an Hochschulen. Konzepte – Umsetzung* (pp. 9–18). Frankfurt: Lang.
- Leuphana Universität (Hrsg.) (2012). *Klimaneutral. Konzept*. Online-Ressource. Zugriff am 27.9.12 <http://www.leuphana.de/index.php?id=4588>.
- Liers, J. (2009). Vergleichbarkeit unterschiedlich installierter Hochschulen und Aufwandsermittlungen im Technischen Gebäudemanagement. In R. Tegtmeyer & V. Gürtler (Hrsg.) (2009). *Forum Gebäudemanagement an Hochschulen – Dokumentation* (pp. 219–233). HIS: Forum Hochschule, 11. Hannover: Hochschul-Informationssystem GmbH. Zugriff am 1.2.2010 http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-200911-1.pdf u. http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-200911-2.pdf.
- Liers, J. & Person, R.-D. (2012). *Energiemanagement in Hochschulen. Handbuch zur Unterstützung bei der Einführung eines Energiemanagements in Hochschulen*. HIS:Forum Hochschule, 13. Hannover: HIS Hochschul-Informationssystem GmbH (HIS). Zugriff am 26.11.2012 http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201213.pdf.
- Lo, H. S. (2011). *White collars green sleeves – an interorganizational comparison of determinants of energy-related behaviors among office workers*. Proefschrift ter verkrijging van de graad van doctor aan de Universiteit Maastricht. Maastricht: Universiteit Maastricht. Zugriff am 27.6.2012 <http://arno.unimaas.nl/show.cgi?fid=21180>.
- Lo, H. S., Peters, G.-J. Y. & Kok, G. (2012). Energy-related behaviors in office buildings: A qualitative study on individual and organisational determinants. *Applied Psychology*, 61(2), 227–249.
- Locke, E. & Latham, G. (1990). Work motivation and satisfaction: Light at the end of the tunnel. *Psychological Science*, 1, 240–246.
- Loew, T. & Braun, S. (2006). *Organisatorische Umsetzung von CSR: Vom Umweltmanagement zur Sustainable Corporate Governance*. Berlin: Institute 4 Sustainability. Zugriff am 26.11.2010 http://www.4sustainability.org/downloads/Loew_Braun_2006_Organisatorische_Umsetzung_von_CSR.pdf.
- Loga, T., Großklos, M. & Knissel, J. (2003). *Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten – Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung*. Eine Untersuchung im Auftrag der Viterra Energy Services AG, Essen. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Zugriff am 2.3.2010 http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/neh_ph/IWU_Viterra__Nutzerverhalten_Heizkostenabrechnung.pdf.
- Lorenzoni, I., Leiserowitz, A., De Franca Doria, M., Poortinga, W. & Pidgeon, N. F. (2006). Cross-national comparisons of image associations with “Global Warming” and “Climate Change” among laypeople in the United States of America and Great Britain. *Journal of Risk Research*, 9(3), 265–281.
- *Luyben, P. D. (1980). Effects of informational prompts on energy conservation in college classrooms. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 13, 611–617.

- *Luyben, P. D. (1980-81). Effects of a presidential prompt on energy conservation in college classrooms. *Journal of Environmental Systems*, 10, 17–25.
- *Luyben, P. D. (1982-1983). A parametric analysis of prompting procedures to encourage electrical energy conservation. *Journal of Environmental Systems*, 12, 329–339.
- *Luyben, P. D. (1984) Drop and tilt: A comparison of two procedures to increase the use of venetian blinds to conserve energy. *Journal of Community Psychology*, 12(2), 149–154.
- Maas, A. (1995). *Experimentelle Quantifizierung des Luftwechsels bei Fensterlüftung*. Unveröff. Dissertation. Kassel: Fachbereich Architektur der Universität Gesamthochschule. Zugriff am 15.11.2011 http://www.uni-kassel.de/fb6/bpy/de/forschung/abgeschlprojekte/pdfs/maas_diss.pdf.
- Madlener, R. (2011). Steigerung der Energieeffizienz: Problem oder Lösung? In SES, *Energiekrise als Chance*, Fachtagung, 17. September 2010, Zürich (pp. 61–75). Zürich: Schweizerische Energiestiftung (SES). Zugriff am 30.3.2012 http://www.energiestiftung.ch/files/textdateien/informaterial/fachtagungen/fachtagung10/tagungsband_2010_web.pdf.
- Madlener, R. & Alcott, B. (2011). *Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkopplung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen*. Endfassung einer Studie an die Enquete Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages vom 7.12.2011. Zugriff am 30.3.2012 <http://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse17/gremien/enquete/wachstum/gutachten/m17-26-13.pdf>.
- Madrian, B. C. & Shea, D. F. (2001). The Power of suggestion: Inertia in 401(K) participation and savings behavior. *The Quarterly Journal of Economics*, 116(4), 1149-1187.
- Maleetipwan-Mattson, P. (2012). *Evaluation of lighting control systems: A case of occupants' experience and use of different control systems in office environments*. Lund, Sweden: Department of Architecture and Built Environment, Faculty of Engineering, Lund University. Zugriff am 25.2.2013 <http://ceebel.se/wp-content/uploads/2012/10/Mps-mon-2012-21-Pim.pdf>.
- Maniates, M. (2010). Editing out unsustainable behavior. In Worldwatch Institute (Ed.), *State of the World 2010: Transforming cultures from consumerism to sustainability* (pp. 119–126). New York: Worldwatch Institute. Zugriff am 17.4.2012 http://webpub.allegheeny.edu/employee/m/mmaniate/choice_editing_Maniates.pdf.
- Maréchal, K. (2010). Not irrational but habitual: The importance of „behavioural lock-in“ in energy consumption. *Ecological Economics*, 69(5), 1104–1114.
- Martiskainen, M. (2007). *Affecting consumer behaviour on consumer demand*. SPRU – Science and Technology Policy Research, Sussex Energy Group. Brighton: University of Sussex.
- Marx, G. (2009). *Kann Nutzerverhalten Energieeinsparung bewirken? Erfahrungen der EnergieAgentur.NRW aus der Arbeit mit Verwaltungen*. Vortrag bei NaturGut Ophoven, Leverkusen, 30.10.2009. Wuppertal: EnergieAgentur.NRW. Zugriff am 2.3.2010 http://www.naturgut-ophoven.de/fileadmin/bilder/Presse/Vortrag_Marx_Energieagentur.ppt.
- Masoso, O. T. & Grobler, L. J. (2010). The dark side of occupants' behaviour on building energy use. *Energy and Buildings*, 42(2), 173–177.
- Matthies, E. (2000). Partizipative Interventionsplanung – Überlegungen zu einer Weiterentwicklung der Psychologie im Umweltschutz. *Umweltpsychologie*, 4(2), 84-99.
- Matthies, E. (2005). Wie können PsychologInnen ihr Wissen besser an die PraktikerInnen bringen? Vorschlag eines neuen integrativen Einflusschemas umweltgerechten Alltagshandelns. *Umweltpsychologie*, 9(1), 62–81.

- *Matthies, E. (2010). Gewohnheiten wechseln. Verbundprojekt „change“ zum Energienutzungsverhalten im Öffentlichen Dienst. *rubin*, Frühjahr 2010, 16–21. Zugriff am 7.7.2010 <http://www.ruhr-uni-bochum.de/rubin/rubin-fruehjahr-10/pdf/beitrag2.pdf>.
- Matthies, E., Griesel, C. & Wortmann, K. (2004). Einstellungen mit Witz verändern? Zum Einfluss von Humor auf das Verständnis einer Energieeffizienzkampagne und auf die Einstellungsbildung bei Hoch- und Niedrig-Umweltbewussten. *Umweltpsychologie*, 8(1), 120-144.
- Matthies, E. & Hansmeier, N. (2010). Optimierung des Energienutzungsverhaltens in Organisationen. *Umweltpsychologie*, 14(2), 76–97.
- *Matthies, E. & Hansmeier, N. (2010). Optimierung des Energienutzungsverhaltens in Organisationen. *Umweltpsychologie*, 14(2), 76–97.
- *Matthies, E., Klesse, A., Kastner, I. & Wagner, H.-J. (2011). Darstellung des Projekts Change. In E. Matthies & H.-J. Wagner (Hrsg.), *Change – Veränderung nachhaltigkeitsrelevanter Routinen in Organisationen* (pp. 25–182). Reihe: Energie und Nachhaltigkeit, Band 7. Münster: Lit Verlag.
- Matthies, E. & Thomas, D. (2011). Nachhaltigkeitsrelevante Routinen am Arbeitsplatz – Voraussetzungen für einen erfolgreichen Wandel. In R. Defila, A. Di Giulo & R. Kaufmann-Hayoz, R. (Hrsg.), *Wesen und Wege nachhaltigen Konsums. Ergebnisse aus dem Themenschwerpunkt „Vom Wissen zum Handeln – Neue Wege zum nachhaltigen Konsum“* (pp. 229–244). München: Ökom.
- *Matthies, E. & Wagner, H.-J. (Hrsg.) (2011). *Change – Veränderung nachhaltigkeitsrelevanter Routinen in Organisationen*. Reihe: Energie und Nachhaltigkeit, Band 7. Münster: Lit Verlag.
- Matzarakis, A., Thomsen, F. & Mayer, H. (2009). Klimawandel und Heizgradtage in Freiburg im Breisgau, Südwestdeutschland. *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*, 69(7/8), 319–324.
- *McClelland, L. & Cook, W. S. (1980). Energy conservation in university buildings: Encouraging and evaluating reductions in occupants' electricity use. *Evaluation Review*, 4(1), 119–133.
- McKenzie, C. R. M., Liersch, M. J. & Finkelstein, S. R. (2006). Recommendations implicit in policy defaults. *Psychological Science*, 17, 414–420.
- Meinholz, H. (2000). Umweltmanagement an einer Fachhochschule. In HIS (Hrsg.) (2000), *Umweltmanagement in Hochschulen. Chancen und Grenzen eines Umweltaudits* (pp. 17–21). Hannover: Hochschul-Informations-System. Zugriff am 5.11.2009 http://www.his.de/pdf/pub_kib/kib200003.pdf.
- Meneses, G. D. & Palacio, A. B. (2003-2004). Comparison of two techniques to promote recycling: Block leader versus reward. *Journal of Environmental Systems*, 30, 105-134.
- Metasch, U. (1995). *Untersuchungen zum Stromverbrauch – Effektivität von Maßnahmen zur rationellen Elektrizitätsverwendung am Beispiel des Instituts für Reine und Angewandte Kernphysik*. Unveröff. Diplomarbeit. Kiel: Universität.
- Meyer-Renschhausen, M. (2004). *Energiemanagement im Hochschulsektor – ökonomische und organisatorische Aspekte*. Aachen: Shaker.
- Milfont, T. L. (2010). Global Warming, Climate Change and Human Psychology. In V. Corral-Verdugo, C. Garcia-Cadena & M. Frias-Armenta, M. (Eds.), *Psychological approaches to sustainability: Current trends in theory, research and applications* (pp. 19–42). New York: Nova Science Publishers.
- Mills, E. (2011). Building commissioning: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions in the United States. *Energy Efficiency*, 4, 145–173.
- Moorefield, L., Frazer, B. & Bendt, P. (2011). *Office plug load field monitoring report*. California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research Program. CEC-500-2011-010. Zugriff am 19.9.2012 <http://www.energy.ca.gov/2011publications/CEC-500-2011-010/CEC-500-2011-010.pdf>.

- Mosler, H.-J. & Gutscher, H. (1998). Umweltpsychologische Interventionsformen für die Praxis. *Umweltpsychologie*, 2(2), 64–79.
- Mosler, H.-J. & Martens, T. (2008). Designing environmental campaigns using agent-based simulations: Strategies for changing environmental attitudes. *Journal of Environmental Management*, 88, 805–816.
- Mosler, H.-J. & Tobias, R. (2007). Umweltpsychologische Interventionsformen neu gedacht. *Umweltpsychologie*, 11(1), 35–54.
- Müller, J. (2006). EMAS und andere standardisierte Umweltmanagementsysteme an Hochschulen – Eine Bestandsaufnahme. In B. Jastorff, G. Müller-Christ, B. Behrens & D. Sövegjarto-Wigbers, *EMAS an Hochschulen – Ökologische und technologische Innovationen durch anspruchsvolles Umweltmanagement*, artec-paper Nr. 132 (pp. 34–55). Bremen: artec – Forschungszentrum Nachhaltigkeit der Universität.
- Müller, J. & Altvater, P. (2007). *Nachhaltigkeit an deutschen Hochschulen*. HIS: Forum Hochschule, 2, 11–12. Hannover: Hochschul-Informations-System GmbH. Zugriff am 1.2.2010 http://www.his.de/pdf/pub_mag/mag-200702.pdf.
- Müller, J. & Person, R.-D. (2010). *CO2-Bilanz für Hochschulen*. HIS: Forum Hochschule, 4, 10–11. Hannover: Hochschul-Informations-System GmbH. Zugriff am 8.11.2010 http://www.his.de/pdf/pub_mag/mag-201004.pdf.
- Mungwitikul, W. & Mohanty, B. (1997). Energy efficiency of office equipment in commercial buildings: the case of Thailand. *Energy*, 22(7), 673–680.
- Murakami, Y., Terano, M., Mizutani, K., Harada, M. & Kuno, S. (2007). Field experiments on energy consumption and thermal comfort in the office environment controlled by occupants' requirements from PC terminal. *Building and Environment*, 42(12), 4022–4027.
- National Climate Assessment and Development Advisory Committee (Ed.) (2013). *Federal Advisory Committee draft climate assessment report*. Draft 11 Jan 2013. Washington, DC: National Climate Assessment and Development Advisory Committee (NCADAC), U.S. Global Change Research Program. Zugriff am 14.1.2013 <http://ncadac.globalchange.gov/download/NCAJan11-2013-publicreviewdraft-full-draft.pdf>.
- National Energy Technology Laboratory (Ed.) (2008). *Advanced metering infrastructure*. NETL modern grid strategy powering our 21st-century economy. Conducted by the National Energy Technology Laboratory for the U.S. Department of Energy, Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, February 2008. Pittsburgh, PA: National Energy Technology Laboratory (NETL), Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, Department of Energy. Zugriff am 14.1.2013 http://www.netl.doe.gov/smartgrid/referenceshelf/whitepapers/AMI%20White%20paper%20final%20201108%20%28%29%20APPROVED_2008_02_12.pdf.
- Nolting, H.-P. (2000). *Energiesparen im Waldweg 26: Ergebnisse des Experiments – und eine Bitte*. Brief an die Institutsangehörigen. Göttingen: Universität. Zugriff am 16.12.2011 <http://www.izne.uni-goettingen.de/wp-content/uploads/2010/12/Energiesparen-im-Waldweg1.pdf>.
- Nordman, B., Meier, A. & Piette, M. A. (1998). *PC and monitor night status: Power management enabling and manual turn-off*. LBNL Paper LBNL-46099. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory. Zugriff am 8.4.2010 <http://escholarship.org/uc/item/2gz2b15s>.
- *Oceja, L. & Berenguer, J. (2009). Putting text in context: The conflict between pro-ecological messages and anti-ecological descriptive norms. *Spanish Journal of Psychology*, 12, 657–666.
- Ölander, F. & Thøgersen, J. (1995). Understanding of consumer behaviour as a prerequisite for environmental protection. *Journal of Consumer Policy*, 18(4), 345–385.

- Oreskes, N. (2004). Beyond the ivory tower: The scientific consensus on climate change. *Science*, 306(5702), 1686.
- Orlowski, P. F. (2009). *Praktische Regeltechnik. Anwendungsorientierte Einführung für Maschinenbauer und Elektrotechniker*. Dordrecht: Springer.
- Osaldiston, R. & Schott, J. P. (2012). Environmental sustainability and behavioral science: Meta-analysis of proenvironmental behavior experiments. *Environment and Behavior*, 44(2), 257–299.
- Ostertag, K. (2003). *No-regret potentials in energy conservation — an analysis of their relevance, size and determinants*. Heidelberg: Physica-Verlag.
- Ostrom, E. (1999). *Die Verfassung der Allmende: jenseits von Staat und Markt*. Tübingen: Mohr.
- Oswald, H. & Schmidhals, M. (2001). *Energiesparen an Berliner Schulen – Beste Praxis*. Berlin: Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V.. Zugriff am 15.11.2011 http://www.fiftyfiftyplus.de/fileadmin/fifty-fifty/inhalte/dokumente/Downloads/Materialien_Kommune/Beste_Praxis_UfU.pdf.
- Otto, S., Kaiser, F. G. & Arnold, O. (2013). *Climate change's critical challenge for psychology: Preventing rebound and promoting intrinsic motivation for environmental engagement*. Paper presented at the 10th Biennial Conference on Environmental Psychology, 22–25 September, 2013, Otto von Guericke Universität Magdeburg, Magdeburg, Germany.
- Ouellette, J. A. & Wood, W. (1998). Habit and intention in everyday life: The multiple processes by which past behavior predicts future behavior. *Psychological Bulletin*, 124, 54-74.
- Pallak, M. S., Cook, D. A. & Sullivan, J. J. (1980). Commitment and Energy Conservation. In L. Bickman (ed.), *Applied Social Psychology Annual* (pp. 235-253). Beverley Hills, Ca: Sage.
- Pallak, M. S. & Cummings, N. (1976). Commitment and voluntary energy conservation. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 2, 27-31.
- Palm, W.-U. & Ruck, W. (2000). Nachhaltige Energienutzung in öffentlichen Gebäuden – Hochschulen als Vorreiter. In G. Michelsen, *Sustainable University – Auf dem Weg zu einem universitären Agendaprozess* (pp. 69–89). Frankfurt: VAS.
- Palm, W.-U., Stegen, J.-C. & Brüggem, I. (2004). Energiemanagement an der Universität Lüneburg. In R.-D. Person, J. Hartkop, H. Vorwerk, F. Rotter, W.-U. Palm, J.-C. Stegen et al., *Energieeinsparung in Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen* (pp. 16–17). Hannover: HIS Hochschul-Informationen-System. Zugriff am 30.4.2008 http://www.his.de/pdf/pub_kib/kib200403.pdf.
- Palmborg, C. (1986). Social habits and energy consumption in single family homes. *Energy*, 11(7), 643–650.
- Pawlik, K. (1991). The psychology of global environmental change: Some basic data and an agenda for cooperative international research. *International Journal of Psychology*, 26, 547–563.
- Pehnt, M. (Hrsg.) (2010). *Energieeffizienz: Ein Lehr- und Handbuch*. Berlin: Springer.
- Person, R.-D. (1999). *Rationelle Energieverwendung in Hochschulen*. Hannover: HIS Hochschul-Informationen-System.
- Person, R.-D. (2012). Energiecontrolling und Energieeffizienz in Hochschulen. Zusammenfassung des Projektberichts. In J. Liers & R.-D. Person, *Energiemanagement in Hochschulen. Handbuch zur Unterstützung bei der Einführung eines Energiemanagements in Hochschulen*. HIS:Forum Hochschule, 13 (pp. 131–158). Hannover: HIS Hochschul-Informationen-System GmbH (HIS). Zugriff am 26.11.2012 http://www.his.de/pdf/pub_fh/fh-201213.pdf.

- Peters, A. & Dütchke, E. (2013). *Extrinsic and intrinsic motivations inducing and containing rebound effects*. Paper presented at the 10th Biennial Conference on Environmental Psychology, 22–25 September, 2013, Otto von Guericke Universität Magdeburg, Magdeburg, Germany.
- Peters, G. P., Andrew, R. M., Boden, T., Canadell, J. G., Ciais, P., Le Quéré, C. et al. (2013). The challenge to keep global warming below 2 °C. *Nature Climate Change*, 3, 4–6.
- Phillips, Y. (2012). Landlords versus tenants: Information asymmetry and mismatched preferences for home energy efficiency. *Energy Policy*, 45, 112–121.
- Pichert, D. & Katsikopoulos, K. V. (2008). Green defaults: Information presentation and pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 63–73.
- Rechnungshof Baden-Württemberg (Hrsg.) (2008). *Denkschrift 2008 zur Haushalts- und Wirtschaftsführung des Landes Baden-Württemberg mit Bemerkungen zur Haushaltsrechnung für das Haushaltsjahr 2006. Beitrag Nr. 21: Technisches Gebäudemanagement bei landeseigenen Immobilien*. Rechnungshof Baden-. Karlsruhe: Rechnungshof Baden-Württemberg. Zugriff am 4.1.2013 <http://www.baden-wuerttemberg.de/sixcms/media.php/974/B021-2008.pdf>.
- Rees, W. E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 4(2), 121–130.
- Reiter, S. M. & Samuel, W. (1980). Littering as a function of prior litter and the presence or absence of prohibitive signs. *Journal of Applied Social Psychology*, 10, 45–55.
- Reno, R. R., Cialdini, R. B. & Kallgren, C. A. (1993). The transsituational influence of social norms. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64, 104–112.
- Reynolds, T., Bostrom, A., Read, D. & Morgan, M. (2010). Now what do people know about global climate change? Survey studies of educated laypeople. *Risk Analysis*, 30(10), 1520–1538.
- Roberson, J. A., Webber, C. A., McWhinney, M. C., Brown, R. E., Pinckard, M. J. & Busch, J. F. (2004). *After-hours power status of office equipment and energy use of miscellaneous plug-load equipment*. Berkeley, CA: Energy Analysis Department, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California. Zugriff am 8.4.2010 http://enduse.lbl.gov/Info/LBNL-53729_REV.pdf, <http://enduse.lbl.gov/Projects/OffEqpt.html>.
- Roltsch, W. J., Zalom, F. G., Strawn, A. J., Strand, J. F., Pitcairn, M. J. (1999). Evaluation of several degree-day estimation methods in California climates. *International Journal of Biometeorology*, 42(4).169–176.
- Ross, M. H. & Williams, R. H. (1976). Energy efficiency: Our most underrated energy resource. *The Bulletin of the Atomic Scientists*, November, 30–38.
- Rückert-John, J., Bormann, I. & John, R. (2013). *Umweltbewusstsein in Deutschland 2012. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage*. Umweltforschungsplan des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Zugriff am 8.4.2013 http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Umweltinformation_Bildung/4396.pdf.
- Santarius, T. (2012). *Der Rebound Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz*. Impulse zur Wachstumswende, 5. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Zugriff am 30.3.2012 http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/Impulse5.pdf.
- Saunders, H. D. & Tsao, J. Y. (2012). Rebound effects for lighting. *Energy Policy*, 49, 477–478.
- Sawillion, M. (2000). „Klimafreundliche & energiesparende Schulen“ in Baden-Württemberg - Ergebnisse des Modellprojekts des Ministeriums für Umwelt und Verkehr. Karlsruhe: Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg.

- Sawillion, M. (2002). *Visualisierung des Energieverbrauchs an Schulen - Ein zukunftsweisendes Modellprojekt des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg*. Karlsruhe: Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (KEA).
- Scannell, L. & Gifford, R. (2010). The relations between natural and civic place attachment and pro-environmental behavior. *Journal of Environmental Psychology*, 30, 289–297.
- Schahn, J. (1993). Die Kluft zwischen Einstellung und Verhalten beim individuellen Umweltschutz. In J. Schahn & T. Giesinger (Hrsg.), *Psychologie für den Umweltschutz*, 29–49. Weinheim: Beltz PVU.
- *Schahn, J. (2004). Pilotprojekt Energiemanagement an der Universität Heidelberg. Energiesparen in Universitätsgebäuden. *Umweltpsychologie*, 8(1), 204–208.
- *Schahn, J. (2007). Projekt Energiemanagement am Psychologischen Institut der Universität Heidelberg: Ein erfolgreicher Fehlschlag. *Umweltpsychologie*, 11(2), 138–163.
- *Schahn, J. (2008). *Pilotprojekt „Energiemanagement“ der Universität Heidelberg am Psychologischen Institut*. Unveröff. Vortragsmanuskript zum „Change“ Expertenworkshop, Universität Bochum am 3. April 2008.
- Schelly, C., Cross, J. E., Franzen, W. S., Hall, P. & Reeve, S. (2011). Reducing energy consumption and creating a conservation culture in organizations: A case study of one public school district. *Environment and Behavior*, 43(3), 316–343.
- Scherbaum, C. A., Popovich, P. M. & Finlinson, S. (2008). Exploring individual-level factors related to employee energy-conservation behaviors at work. *Journal of Applied Social Psychology*, 38(3), 818–835.
- Scheuthle, H., Frick, J. & Kaiser, F. G. (2010). Personzentrierte Interventionen zur Veränderung des Umweltverhaltens. In V. Linneweber, E.-D. Lantermann & E. Kals (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie IX: Umweltpsychologie, Band 2: Spezifische Umwelten und umweltbezogenes Handeln* (pp. 643–667). Göttingen, Germany: Hogrefe.
- Schläfli, S. (2011). Neues Hirn für alte Häuser. *ETH Globe*, 2, 31–33.
- Schleich, J. (2000). Hemmnisse bei der rationellen Energieanwendung in Universitäten. In: H.-P. Winkelmann, *Energieeinsparung an Universitäten und Hochschulen: Handlungsansätze für eine nachhaltige Entwicklung der Hochschulen am Beispiel der rationellen Energieverwendung*, 33–39. Dortmund: CRE-COPERNICUS.
- Schleich, J. (2004). Energy costs – why bother? Barriers to energy efficiency in the german higher education sector. In S. Sorrell, E. O'Malley, J. Schleich & S. Scott, *The economics of energy efficiency: Barriers to cost-effective investment* (pp. 95–126). Cheltenham: Elgar.
- Schleich, J. (2007). The economics of energy efficiency: Barriers to profitable investments, *EIB Papers*, 12(2), 82–109. Zugriff am 7.2.13 <https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/44886/1/539674605.pdf>.
- Schleich, J., Klobasa, M., Brunner, M., Götz, S., Götz, K. & Sunderer, G. (2011). *Smart metering in Germany – results of providing feedback information in a field trial*. Working Paper Sustainability and Innovation, No. S 4/2011. Karlsruhe: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (Fraunhofer ISI). Zugriff am 26.4.2012 <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-media/docs/isi-publ/2011/ISI-A-5-11.pdf>.
- Schlomann, B., Gruber, E., Geiger, B., Kleeberger, H., Wehmhörner, U., Herzog, T. et al. (2009). *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006*. Projektnummer 45/05, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) und an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). Zugriff am 21.7.2011 http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/e/download/publikationen/Erhebung_GHD_Abschlussbericht.pdf.

- Schmidt, F., Freihofer, H., Stergiaropoulos, K., Claus, G., Harter, J., Ast, H. et al. (1999). *Rational use of energy at the University of Stuttgart building environment Final report*. Stuttgart: Forschungsinstitut für Kerntechnik und Energiewandlung e.V. (IKE).
- Schultz, P. W., Khazian, A. & Zaleski, A. (2008). Using normative social influence to promote conservation among hotel guests. *Social Influence*, 3, 4–23.
- Schümann, D. (1996). *Maßnahmen zur Reduktion des Wärmebedarfs. Anwendung der dynamischen Gebäudesimulation am Beispiel des Instituts für Reine und Angewandte Kernphysik*. AERA-Text 3. Kiel: Arbeitsgruppe Energie Rationell Anwenden (AERA) an der Christian-Albrechts-Universität.
- Schwartz, S. H. & Howard, J. A. (1981). A normative decision-making model of altruism. In: J. P. Rushton & R. M. Sorrentino (Eds.), *Altruism and helping behavior. social, personality, and developmental perspectives* (pp. 189–211). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schwarzer, R. (2004). *Psychologie des Gesundheitsverhaltens. Einführung in die Gesundheitspsychologie* (3., überarbeitete Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Seligman, C., Darley, J. M. & Becker, L. J. (1978). Behavioral approaches to residential energy conservation. In R. H. Socolow (Ed.), *Saving energy in the home: Princeton's experiments at twin rivers* (pp. 231–254). Cambridge; MA: Ballinger Publishing Company.
- Sexton, R. J., Johnson, N. B. & Konakayama, A. (1987). Consumer response to continuous-display electricity-use monitors in a time-of-use pricing experiment. *Journal of Consumer Research*, 14(1), 55–62.
- Siemens (Hrsg.) (2011a). *Energie sparen dank Verwendung von Wettervorhersagen*. Fachartikel. Zug, CH: Industry Sector Building Technologies Division, Siemens Schweiz AG. Zugriff am 8.4.2010 <http://www.industry.siemens.de/buildingtechnologies/de/de/presse/presse-artikel/2011/Documents/Monte%20Rosa.zip>.
- Siemens (Hrsg.) (2011b). *Verfahren und Anordnung zum prädiktiven Steuern von Raumtemperaturen in einem Gebäude unter Berücksichtigung der Kosten verschiedener Energiequellen*. Europäische Patentanmeldung. Patentblatt 2011/25 v. 22.6.2011. München: Europäisches Patentamt. Zugriff am 8.4.2010 <http://www.opticontrol.ethz.ch/Lit/EP2336835A1.pdf>.
- Siero, F. W., Bakker, A. B., Dekker, G. B. & Van den Burg, M. T. C. (1996). Changing organizational energy consumption behaviour through comparative feedback. *Journal of Environmental Psychology*, 16(3), 235–246.
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99–118.
- Sinden, F. W. (1978). A two-thirds reduction in the space heat requirement of a twin rivers townhouse. In R. H. Socolow (Ed.), *Saving energy in the home: Princeton's Experiments at Twin Rivers* (pp. 63–101). Cambridge; MA: Ballinger Publishing Company.
- Smith, K. (2007). *The carbon neutral myth. Offset indulgences for your climate sins*. Amsterdam: Carbon Trade Watch. Zugriff am 17.9.2012 http://www.carbontrade-watch.org/pubs/carbon_neutral_myth.pdf.
- Socolow, R. H. (1978). The twin rivers program on energy conservation in housing: highlights and conclusions. In R.H. Socolow (Ed.), *Saving energy in the home: Princeton's Experiments at Twin Rivers* (pp. 1–62). Cambridge; MA: Ballinger Publishing Company.
- Söder-Mahlmann, J. & Weidner-Russel, B. (2003). *Stellung der Hochschulen im Liegenschaftsmanagement der Länder. Aktualisierter Sachstand*. Kurzinformation Bau und Technik, B5. Hannover: HIS Hochschul Informations System. Zugriff am 25.2.2013 http://www.his.de/pdf/pub_kib/kib200305.pdf.

- Soland, M. (2013). „Relax... Greentech will solve the problem!“ – *Socio-psychological models of environmental responsibility denial due to greentech optimism*. Paper presented at the 10th Biennial Conference on Environmental Psychology, 22–25 September, 2013, Otto von Guericke Universität Magdeburg, Magdeburg, Germany.
- Sonderegger, R. C. (1978). Movers and stayers: The resident's contribution to variation across houses in energy consumption for space heating. In R.H. Socolow (Ed.), *Saving energy in the home: Princeton's Experiments at Twin Rivers* (pp. 207–230). Cambridge; MA: Ballinger Publishing Company.
- Sorrell, S. (2007). *The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*. Sussex, UK: Sussex Energy Group for the Technology and Policy Assessment function of the UK Energy Research Centre, University of Sussex. Zugriff am 15.12.2008 <http://www.ukerc.ac.uk/Downloads/PDF/07/0710ReboundEffect/0710ReboundEffectReport.pdf>.
- Sorrell, S. (2009). Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy*, 37(4), 1456–1469.
- Sorrell, S., Schleich, J., Scott, S., O'Malley, E., Trace, F., Boede, U. et al. (2000). *Reducing barriers to energy efficiency in public and private organisations (BARRIERS)*. Coordinated by the University of Sussex. The Joule III Programme, Contract number JOS3CT970022. Zugriff am 24.2.2010 <http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/reports/barriers/finaltoc.pdf>, <http://www.sussex.ac.uk/Units/spru/publications/reports/barriers/final.html>.
- Spada, H. (1990). Umweltbewusstsein: Einstellung und Verhalten. In: L. Kruse, C.-F. Graumann & E.-D. Lantermann (Hrsg.), *Ökologische Psychologie. Ein Handbuch in Schlüsselbegriffen* (pp. 623-631). München: PVU.
- Spada, H. (2000a). Mensch und Umwelt. Bewusstsein und Verhalten. In: Müller, U. (2000). *Umwelt und Verkehr. Anstöße vor Ort: Beiträge zu umwelt- und verkehrspolitischen Themen in Zusammenarbeit mit Kommunen des Landes Baden-Württemberg* (pp. 148–162). Stuttgart: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg.
- Spada, H. (2000b). Ein schwieriger Weg – Vom Bewusstsein zum Verhalten. In: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.), *Barrieren zwischen Bewusstsein und Verhalten* (pp. 22-32). Konstanz: Bodensee Magazin.
- Spreng, D. & Semadeni, M. (2001). *Energie, Umwelt und die 2000 Watt Gesellschaft. Als Grundlage zu einem Beitrag an den Schlussbericht Schwerpunktsprogramm Umwelt (SPPU) des Schweizerischen National Fonds (SNF)*. CEPE Working Paper Nr. 11. Zürich: Center for Energy Policy and Economics (CEPE) der ETH.
- *Staats, H., Van Leeuwen, E. & Wit, A. (2000). A longitudinal study of informational interventions to save energy in an office building. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 33, 101–104.
- *Stadt Heidelberg (Hrsg.) (2005). *EnergieSparen in den Gebäuden der Universität Heidelberg*. Heidelberg: Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie, Abt. Energie der Stadt Heidelberg. Zugriff am 16.12.2011 http://www.sicherheit.uni-hd.de/umwelt/energie/Energie-Zwischenbericht_7.pdf.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2007). *Gliederung der Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008)*. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt. Zugriff am 22.3.2012 <http://www.statistikportal.de/statistik-portal/klasiWZ03.pdf>.
- Steck, J. (2009). *Die nachhaltige Organisation*. Vortrag auf der Tagung „Nachhaltigkeit im Krankenhaus“, Freiburg, 26.-27.3.09. Zugriff am 22.6.2009 http://www.uniklinik-freiburg.de/iuk/live/veranstaltungen/tagungsunterlagen/steck_freiburg_03_09.pdf.

- Steck, J. (2011). *Umweltdaten der Universität Freiburg. DezMon und Nachhaltige Universität*. Freiburg: Stabsstelle Umweltschutz der Universität. Zugriff am 4.10.2011 <http://www.nachhaltige.uni-freiburg.de/projekte/dezmon-2010/umweltbilanz2011.pdf>.
- Steg, L. & Abrahamse, W. (2010). How to promote energy savings among households: Theoretical and practical approaches. In V. Corral-Verdugo, C. Garcia-Cadena & M. Frias-Armenta, M. (Eds.), *Psychological approaches to sustainability: Current trends in theory, research and applications* (pp. 61–80). New York: Nova Science Publishers.
- Stengel, O. (2011). *Suffizienz. Die Konsumgesellschaft in der ökologischen Krise*. Wuppertaler Schriften zur Forschung für eine nachhaltige Entwicklung, Band 1. München: Oekom.
- Stern, P. C. (1992). What psychology knows about energy conservation. *American Psychologist*, 47, 1224-1232.
- Stern, P. C. (2000). Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of Social Issues*, 56(3), 407–424.
- Stern, P. C. (2011). Contributions of psychology to limiting climate change. *American Psychologist*, 66(4), 303-314.
- Stern, P. C., Dietz, T., Gardner, G. T., Gilligan, J. & Vandenberg, M. P. (2010). Energy efficiency merits more than a nudge. *Science*, 328(5976), 308–309.
- Stern, P. C. & Gardner, G. T. (1981a). The place of behavior change in the management of environmental problems. *Zeitschrift für Umweltpolitik*, 4(2), 213–240.
- Stern, P. C. & Gardner, G. T. (1981b). Habits, hardware, and energy conservation. *American Psychologist*, 36(4), 426–428.
- Strunk, E. & Zapp, R. (2008). Energie-Monster: Die Ruhr-Universitäten sind Verbrauchsriesen. *Pflichtlektüre 4*, Studierendenzeitung der Universitäten Bochum, Dortmund und Essen, 10–11.
- *Stumpf, M. (2008a). *Energiesparen durch finanzielle Anreize für die Nutzer: Integration von technischen und verhaltensorientierten Maßnahmen an der Universität Freiburg*. Vortrag im Rahmen der HIS-Veranstaltung „Praxisseminar Energie – Hochschulen können mehr als Energie sparen“, TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, 2.-4.6.2008. Zugriff am 6.8.2012 http://www.his.de/publikation/seminar/Praxisseminar_Energie_062008/pdf/vortrag_stumpf.pdf.
- *Stumpf, M. (2008b). *Mit Knöpfchen UND Köpfchen: Effiziente Nutzung von Energie am Institut für Psychologie der Universität Freiburg*. Vortragsfolien, „Change“ Expertenworkshop, Universität Bochum am 3. April 2008.
- *Stumpf, M. (2012). Technische Optimierungen & Verhaltensänderungen – ein starkes Team beim Energiesparen. *greenletter – Informationen zur Green-IT-Initiative des Bundes*, 3, 18–19. Berlin: Die Beauftragte der Bundesregierung zur Informationstechnik (BfIT). Zugriff am 24.2.2012 http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2012/Newsletter_GreenIT/greenit_newsletter_3_download.pdf?__blob=publicationFile.
- *Stumpf, M. (2013). *Projekt „Nachhaltige Energieeffizienz“*. WWW-Präsenz. Freiburg: Institut für Psychologie der Universität. Zugriff am 5.4.2013 <http://www.psychologie.uni-freiburg.de/energieeffizienz>
- *Sussman, R. & Gifford, R. (2012). Please turn off the lights: The effectiveness of visual prompts. *Applied Ergonomics*, 43(3), 596–603.
- Swim, J. K., Clayton, S. & Howard, G. S. (2011). Human behavioral contributions to climate change: Psychological and contextual drivers. *American Psychologist*, 66(4), 251–264.
- Swim, J. K., Stern, P. C., Doherty, T. J., Clayton, S., Reser, J. P., Weber, E. U. et al. (2011). Psychology's contributions to understanding and addressing global climate change. *American Psychologist*, 66(4), 241–250.

- Tanner, C. (1998). Die ipsative Handlungstheorie: Eine alternative Sichtweise ökologischen Handelns. *Umweltpsychologie*, 2, 34-44.
- Tegtmeyer, R. (2008). *Benchmarking im Gebäudemanagement: Kennzahlen und mehr*. Vortrag auf der ATA-Tagung, 15.05.2008, Mainz. Zugriff am 6.6.2008 http://www.his.de/pdf/pub_vt/34/15.Mai-2008_ATA-Tagung_Beitrag-Tegtmeyer.pdf.
- Thaler, R. & Sunstein, C. R. (2009). *Nudge: Wie man kluge Entscheidungen anstößt*. Berlin: Econ.
- Thøgersen, J. & Crompton, T. (2009). Simple and painless? The limitations of spillover in environmental campaigning. *Journal of Consumer Policy*, 32(2), 141-163.
- Thomas, D. & Aberspach, T. (2011). Übertragbarkeit von Change auf andere Organisationsformen. In E. Matthies & H.-J. Wagner (Hrsg.), *Change – Veränderung nachhaltigkeitsrelevanter Routinen in Organisationen* (pp. 219–255). Reihe: Energie und Nachhaltigkeit, Band 7. Münster: Lit Verlag.
- Thompson, C. (2007). Clive Thompson thinks: Desktop orb could reform energy hogs. *Wired Magazine*, 15.08. Zugriff am 22.7.13 http://www.wired.com/techbiz/people/magazine/15-08/st_thompson.
- Thompson, P. (1980). Margaret Thatcher: A new illusion. *Perception*, 9(4), 483–484.
- Tickton, S. G. et al. (1980). *The energy conservation idea handbook. A compendium of imaginative and innovative examples of ideas and practices at colleges and universities today*. Washington: Academy for Educational Development.
- Tiefenbeck, V., Staake, T., Roth, K. & Sachs, O. (2013). For better or for worse? Empirical evidence of moral licensing in a behavioral energy conservation campaign. *Energy Policy*, 57, 160–171.
- Timpe, C. (2012). *Berücksichtigung von Grünstrom im Carbon und Environmental Footprinting*. Vortrag, Dialogforum Grünstrom-Bilanzierung im Carbon und Environmental Footprinting, 23. Februar 2012, Hessische Landesvertretung, Berlin. Zugriff am 14.2.2013: http://www.pcf-projekt.de/files/1330420249/prasentation_timpe_grunstrom.pdf.
- Tobias, R. (2006). *Situative kognitive Wirkungen auf die Verhaltenswahl – Empirisch fundierte Computersimulation der Wirkung von Gewohnheiten, Erinnerungs-Hilfen, Vorsätzen, Selbstverpflichtungen und situativen Normen*. Unveröff. Dissertation. Zürich: Psychologisches Institut der Universität.
- Tobias, R. (2009). Changing behavior by memory aids: A social psychological model of prospective memory and habit development tested with dynamic field data. *Psychological Review*, 116(2), 408-438.
- *Trott, L. v., Müller, S., Thielmann, F., Petruich, S., Hess, C. & Ullrich, C. (2004). *Projektbericht „Energiesparen an Universitätsgebäuden“*. Erstellt im Rahmen des Projektseminars „Energiesparen“, WS 2003/04. Heidelberg: Psychologisches Institut der Universität. Zugriff am 19.3.2013 http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/zen-tral/projekt_energiesparen/projektbericht0304.pdf.
- Truelove, H. B. & Parks, C. (2012). Perceptions of behaviors that cause and mitigate global warming and intentions to perform these behaviors. *Journal of Environmental Psychology*, 32(3), 246–259.
- Tsao, J. Y., Saunders, H. D., Creighton, J. R., Coltrin, M. E. & Simmons, J. A. (2010). Solid-state lighting: an energy-economics perspective. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 43(35), 354001.
- Tversky, A. & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211(4481), 453–458.

- Umweltbundesamt (Hrsg.) (2006). *Wie private Haushalte die Umwelt nutzen – höherer Energieverbrauch trotz Effizienzsteigerungen. Hintergrundpapier*. Dessau: Umweltbundesamt (UBA). Zugriff am 30.10.2008 <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/private-haushalte.pdf>.
- Unabhängiges Institut für Umweltfragen (Hrsg.) (2003). *Bundesweite Studie zum Thema „Einsparprojekte an Schulen“. Beteiligung, Ergebnisse, Projekte, Erfahrungen, Aussichten*. Berlin: Unabhängiges Institut für Umweltfragen (UfU).
- United Nations Environment Programme (Ed.) (2010). *The emissions gap report. Are the Copenhagen Accord Pledges sufficient to limit global warming to 2 °C or 1.5 °C? A preliminary assessment*. November 2010. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme (UNEP). Zugriff am 18.10.2012 http://www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgapreport/pdfs/EMISSION_GAP_REPORT_%20HIGHRES.pdf.
- United Nations Environment Programme (Ed.) (2011). *Bridging the emissions gap. A UNEP Synthesis Report*. November 2011. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme (UNEP). Zugriff am 18.10.2012 http://www.unep.org/pdf/UNEP_bridging_gap.pdf.
- Universität Freiburg (Hrsg.) (o. J.). *Baudatei*. Online-Dokument. Freiburg: Zentrale Universitätsverwaltung der Albert-Ludwigs-Universität. Zugriff am 26.7.2012 <http://www.zuv.uni-freiburg.de/service/audatei>.
- Universität Freiburg (Hrsg.) (2012a). *Grün und günstig. Vom 1. Januar 2013 an arbeitet die Universität Freiburg bei der Strombeschaffung mit der badenova AG zusammen*. Pressemitteilung v. 3.8.2012. Freiburg: Stabsstelle Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Albert-Ludwigs-Universität. Zugriff am 8.2.2013 <http://www.pr.uni-freiburg.de/pm/2012/pm.2012-08-03.212>.
- Universität Freiburg (Hrsg.) (2012b). *Umweltdatenvergleich 2005-2010*. Online-Dokument. Freiburg: Zentrale Universitätsverwaltung der Albert-Ludwigs-Universität. Zugriff am 6.6.2013 <http://www.nachhaltige.uni-freiburg.de/projekte/umweltdatenvergleich/umweltdatenvergleich2>.
- Universität Göttingen (Hrsg.) (2012). *Energiekosten UGoe*. Göttingen: GM3 Technisches Gebäudemanagement, GM32 Energiecontrolling der Georg-August-Universität. Zugriff am 8.1.2013 <http://www.uni-goettingen.de/de/36564.html>.
- Universität Osnabrück (Hrsg.) (2008). *Nachhaltigkeit 2008. Umweltbericht der Universität Osnabrück*. Osnabrück: Der Präsident der Universität. Zugriff am 30.9.2011 http://www.uni-osnabrueck.de/UmweltmanagementDokumente/Umweltbericht_03._September.pdf.
- Universität Osnabrück (Hrsg.) (2010). *Energie sparen und gewinnen (abgeschlossenes Projekt)*. WWW-Seite. Osnabrück: Umweltkoordination der Universität. Zugriff am 16.2.2012 <http://www.uni-osnabrueck.de/barrierefrei/11000.html>.
- Universitätsbauamt Freiburg (Hrsg.) (o. J.). *Hörsaalgebäude für das Institut für Psychologie*. Broschüre. Freiburg: Universitätsbauamt (UBA).
- Uzzell, D. (2000). The psycho-spatial dimension of global environmental problems. *Journal of Environmental Psychology*, 20, 307–318.
- Van Dam, S. S., Bakker, C. A. & Van Hal, J. D. M. (2010). Home energymonitors: impact over the medium-term. *Building Research & Information*, 38(5), 458–469.
- Van Houten, R., Nau, P. A. & Merrigan, M. (1981). Reducing elevator energy use: A comparison of posted feedback and reduced elevator convenience. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 14(4), 377-387.
- Venmans, F. (2012). A literature-based multi-criteria evaluation of the EU ETS. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5493–5510.

- Verband der Netzbetreiber (Hrsg.) (2007). *TransmissionCode 2007. Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber*. Berlin: Verband der Netzbetreiber - VDN – e.V. beim VDEW. Zugriff am 11.9.2012 <http://www.vde.com/de/fnn/dokumente/documents/transmissioncode2007.pdf>.
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (Hrsg.) (1995). *Energiemanagement im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung*. Instandhaltungs-Information Nr. 15. Frankfurt a.M.: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA). Zugriff am 28.11.2012 <http://www.gks-klima-service.de/info/info115.pdf>.
- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (Hrsg.) (2005). *Regelungstechnische Anforderungen an die Hydraulik bei Planung und Ausführung von Heizungs-, Kälte, Trinkwarmwasser- und Raumlufitechnischen Anlagen*. VDMA-Einheitsblatt 24199 (Stand Mai 2005). Frankfurt a.M.: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA). Zugriff am 7.3.2012 <http://www.omentrop.de/DE/infomaterial/VDMA.pdf>.
- Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.) (2000). *VDI 2067. Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung (Blatt 1)*. Berlin: Beuth Verlag.
- Vermögen und Bau Baden-Württemberg (Hrsg.) (2008). *Betriebskosten und Verbräuche. Kennwerte von Hochbauten – Universitäten und Universitätskliniken*. Stuttgart: Vermögen und Bau Baden-Württemberg.
- Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS). Brüssel: Kommission der Europäischen Gemeinschaften. *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften*, L114.
- Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV). Energieeinsparverordnung vom 24. Juli 2007 (BGBl. I S. 1519), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 29. April 2009 (BGBl. I S. 954) geändert worden ist.
- Verplanken, B., Aarts, H., van Knippenberg, A. & van Knippenberg, C. (1994). Attitudes versus general habit: Antecedents of travel mode choice. *Journal of Applied Social Psychology*, 24, 285–300.
- Verplanken, B. & Orbell, S. (2003). Reflections on past behavior: A self-report index of habit strength. *Journal of Applied Social Psychology*, 33(6), 1313–1330.
- Verplanken, B. & Wood, W. (2006). Interventions to break and create consumer habits. *Journal of Public Policy and Marketing*, 25(1), 90–103.
- Viebahn, P. (1999). Konzept und Entwicklungsstand des Osnabrücker Umweltmanagement-Modells für Hochschulen. In P. Viebahn & M. Matthies (Hrsg.) (1999). *Umweltmanagement an Hochschulen: Konzepte, Strategien, Lösungen* (pp. 3–17). Bochum: Projekt-Verl.
- Viebahn, P. & Matthies, M. (1999). *Umweltmanagement an Hochschulen: Konzepte, Strategien, Lösungen*. Bochum: Projekt-Verl.
- Viebahn, P. & Matthies, M. (2000). *Ökobilanzierung und Umweltmanagement an Hochschulen. Konzept und Umsetzung an der Universität Osnabrück*. Bochum: Projekt-Verl.
- Vine, E. (1992). The persistence of energy savings: What do we know and how can it be ensured? *Energy*, 17(11), 1073–1084.
- Vine, E. L. (1993). *The human dimension of program evaluation*. Energy Analysis Program, Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California: Berkeley, CA. Report LBL--33601. Zugriff am 18.2.2011 http://www.ecee.org/conference_proceedings/ecee/1993/Panel_1/p1_23/Paper/.
- Vining, J. & Ebreo, A. (2002). Emerging theoretical and methodological perspectives on conservation behavior. In R. B. Bechtel & A. Churchman (Eds.), *Handbook of environmental psychology* (pp. 541-558). New York: Wiley.

- Vlek, C. & Keren, G. (1992). Behavioral decision theory and environmental risk management: Assessment and resolution of four 'survival' dilemmas. *Acta Psychologica*, 80, 249–278.
- Wagner, H.-J., Koch, M. K., Burkhardt, J., Große Böckmann, T., Feck, N. & Kruse, P. (2007). CO₂-Emissionen der Stromerzeugung. Ein ganzheitlicher Vergleich verschiedener Techniken. *BWK*, 59(10), 44-52.
- Wagner, H.-J. & Matthies, E. (2011). Hintergrundinformationen und Einführung zum Projekt Change. In E. Matthies & H.-J. Wagner (Hrsg.), *Change – Veränderung nachhaltigkeitsrelevanter Routinen in Organisationen* (pp. 1–24). Reihe: Energie und Nachhaltigkeit, Band 7. Münster: Lit Verlag.
- Wanke, A. (2010). *Energieeffizienz an der Freien Universität Berlin. Eine Zehnjahresbilanz*. Vortrag, 11. Berliner Energietage, 10.-12. Mai 2010. Zugriff am 28.9.2010 http://www.berliner-energietage.de/fileadmin/Redaktion/Berliner%20Energietage/2010/Vortraege/5.04_Wanke.pdf.
- Wanke, A. (2012). *Klimaschutz durch Energiemanagement an der Freien Universität Berlin*. Vortrag beim 6. Forum Energie-Energieeffizienz in Hochschulen, Arbeitstagung der Hochschul-Informationen-System GmbH (HIS) und der Technischen Universität Clausthal, 18.-20.6.2012, Clausthal-Zellerfeld.
- Webber, C. A., Roberson, J. A., McWhinney, M. C., Brown, R. E., Pinckard, M. J. & Busch, J. F. (2006). After-hours power status of office equipment in the USA. *Energy*, 31(14), 2823–2838.
- Weber, E. U. (2006). Experience-based and description-based perceptions of long-term risk: Why global warming does not scare us (yet)? *Climatic Change*, 77, 103–120.
- Weber, L. (2001). Bestimmungsgrößen des Stromverbrauchs in Bürogebäuden. *Bulletin SEV/VSE*, 93(3), 27–32. Zugriff am 1.9.2009 <http://www.electrosuisse.ch/display.cfm?id=115875>.
- Weber, L. (2002). *Energie in Bürogebäuden: Verbrauch und energierelevante Entscheidungen*. Zürich: VDF Hochschulverlag an der ETH.
- Weber, L., Menti, U.-P. & Keller, I. (1999). *Energieverbrauch in Bürogebäuden*. Bern: Bundesamt für Energie. Zugriff am 13.2.2012 <http://www.bfe.admin.ch/php/modules/enet/streamfile.php?file=000000005177.pdf&name=000000195160.pdf>.
- Wehnert, T., Jörß, W. & Kreibich, R. (2004). *Telematik im kommunalen Energiemanagement*. Frankfurt a. M.: Peter Lang Verlag.
- Weidmann, M., Renner, T. & Reiser, S. (2009). *Klimaneutrale Unternehmen in Deutschland. Motive, Methoden und Meinungen – eine Unternehmensbefragung*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Zugriff am 6.12.2010 http://www.ebusiness.iao.fraunhofer.de/Images/091218_KlimaneutraleUnternehmen_Internetversion_tcm379-164441_tcm462-42971.pdf.
- Wibberenz, G., Reeder, L. & Metasch, U. (1999). *Ermittlung und Umsetzung von Energiesparpotentialen*. Abschlußbericht zu den durch das Ministerium für Finanzen und Energie geförderten AERA-Studien, Stand 20. September 1999. Kiel: Arbeitsgruppe Energie Rationell Anwenden (AERA) der Christian-Albrechts-Universität.
- Wiedmann, T. & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. In: C. C. Pertsova (Ed.), *Ecological economics research trends* (pp. 1–11). Hauppauge NY: Nova Science Publishers.
- *Winett, R. A. (1977-78). Prompting turning-out lights in unoccupied rooms. *Journal of Environmental Systems*, 7(3), 237–241.

- Winkelmann, H.-P. (2000). Energieeinsparung an Hochschulen als Beitrag für eine nachhaltige Entwicklung. In: H.-P. Winkelmann, *Energieeinsparung an Universitäten und Hochschulen: Handlungsansätze für eine nachhaltige Entwicklung der Hochschulen am Beispiel der rationellen Energieverwendung*, 7–16. Dortmund: CRE-COPERNICUS.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1993). *Welt im Wandel: Grundstruktur globaler Mensch-Umwelt-Beziehungen*. Berlin: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU).
- Wood, W., Tam, L. & Witt, M. G. (2005). Changing circumstances, disrupting habits. *Journal of Personality and Social Psychology*, 88(6), 918–933.
- Wortmann, K. (1994). *Psychologische Determinanten des Energiesparens*. Weinheim: Beltz PVU.
- Wortmann, K. (2001). *Verhaltensbedingte Energieeinsparungspotentiale. Antworten zu den Fragen der Enquête-Kommission Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung des Deutschen Bundestages*. Kiel: Energiestiftung Schleswig-Holstein.
- Wortmann, K. (2004). Energie als Thema der Umweltpsychologie, Einführung in das Schwerpunktthema, *Umweltpsychologie*, 8(1), 2-11.
- Wortmann, K. (2009). Energieeffizienz – psychologisch gesehen. In P. von Rohr, B. Batlogg & P. Walde (Hrsg.), *Energie*, 27–43. Zürich: vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.
- Wortmann, K. (2010). Energie. In V. Linneweber, E.-D. Lantermann & E. Kals (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C: Theorie und Forschung, Serie IX: Umweltpsychologie, Band 2: Spezifische Umwelten und umweltbezogenes Handeln* (pp. 409–436). Göttingen: Hogrefe.
- Young, D. (2008). Who pays for the ‘beer fridge’? Evidence from Canada. *Energy Policy*, 36, 553–560.
- *Zolik, E. S., Jason, L. A., Nair, D. & Peterson, M. (1982-83). Conservation of electricity on a college campus. *Journal of Environmental Systems*, 12(3), 225–228.