

# ENERGIEWENDE

Irrtümer aufbrechen, Wege aufzeigen





# **Energiewende – Irrtümer aufbrechen, Wege aufzeigen**

Studie der eZeit Ingenieure GmbH

Im Auftrag des BBU Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e.V.

Berlin, 2018

# Impressum

Studie der eZeit Ingenieure GmbH  
**Energiewende – Irrtümer aufbrechen, Wege aufzeigen**

Im Auftrag des BBU Verband Berlin-Brandenburgischer Wohnungsunternehmen e. V.  
Veröffentlicht im Juni 2018, Berlin.

## Autoren

Taco Holthuizen  
Johanna Kiesewetter  
Maximilian Ludwig  
Regina Christ  
Alexander Kleinow

## Gestaltung

Max Goslicki, Regina Christ, Sergey Kleptcha

## Lektorat

Sonja Kuntzmann

Um den Lesefluss nicht zu beeinträchtigen, wird hier und im folgenden Text zwar nur die männliche Form genannt, stets aber die weibliche Form gleichermaßen mitgemeint.

Alle durch eZeit Ingenieure GmbH erstellten Inhalte und Werke insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, einschließlich der Vervielfältigung, Veröffentlichung, Bearbeitung und Übersetzung, bleiben vorbehalten, eZeit Ingenieure GmbH. Die Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und jede Art der Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtes bedürfen der schriftlichen Zustimmung von eZeit Ingenieure GmbH. Downloads und Kopien dieser Seiten sind nur für den privaten, nicht kommerziellen Gebrauch gestattet.

Selbstverständlich kann in Veröffentlichungen und Facharbeiten aus einzelnen Artikeln des Berichts zitiert werden, wenn die jeweilige Quelle im Literaturverzeichnis aufgelistet wird.

© eZeit Ingenieure GmbH · 2018

# Abkürzungsverzeichnis

<b>An</b>	Gebäudenutzfläche nach EnEV
<b>BAFA</b>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
<b>BHKW</b>	Blockheizkraftwerk
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
<b>CO<sub>2</sub>-Äq.</b>	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
<b>DEM</b>	Dynamischer-Energie-Manager
<b>EE</b>	Erneuerbare Energien
<b>EEA</b>	Energieerzeugungsanlagen
<b>EEG</b>	Erneuerbare-Energien-Gesetz
<b>E<sub>el</sub></b>	Elektrische Energie
<b>E<sub>th</sub></b>	Thermische Energie
<b>EEWärmeG</b>	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
<b>EnEV</b>	Energieeinsparverordnung
<b>EnWG</b>	Energiewirtschaftsgesetz
<b>e<sub>p</sub></b>	Anlagenaufwandszahl
<b>ESG</b>	Energieeffizienzstrategie Gebäude
<b>FW</b>	Fernwärme
<b>GEG</b>	Gebäude-Effizienz-Gesetz
<b>GuD Kraftwerk</b>	Gas-und-Dampf-Kraftwerk
<b>GWP</b>	Global Warming Potential = Maßzahl zum Treibhauspotential
<b>H<sub>T</sub></b>	Transmissionswärmeverlust
<b>iB</b>	Integrierte Betreibergesellschaft
<b>KEA</b>	Kumulierter Energieaufwand
<b>kWh</b>	Kilowattstunden (Unterscheidung in kWh <sub>th</sub> thermisch und kWh <sub>el</sub> elektrisch)
<b>KWK</b>	Kraft-Wärme-Kopplung
<b>PEB</b>	Primärenergiebedarf
<b>PEF</b>	Primärenergiefaktor
<b>PV-Anlage</b>	Photovoltaikanlage
<b>Q<sub>E</sub></b>	Endenergie
<b>Q<sub>H</sub></b>	Heizwärmebedarf nach EnEV
<b>Q<sub>P</sub></b>	Primärenergiebedarf nach EnEV
<b>Q<sub>ww</sub></b>	Warmwasserbedarf nach EnEV
<b>ROI</b>	Return of Investment
<b>SJAZ</b>	Systemjahresarbeitszahl
<b>THG</b>	Treibhausgas
<b>TWh</b>	Terrawattstunden
<b>U-Wert</b>	Wärmedurchgangskoeffizient
<b>WP</b>	Wärmepumpe

# Vorwort BBU

## Warum noch eine Studie zur Energiewende?



Die Energiewende steckt in einer Sackgasse. Trotz Milliardeninvestitionen in vermeintlich nachhaltige Lösungen und hoher Belastungen für die Verbraucherinnen und Verbraucher ist es nicht zu der beabsichtigten signifikanten Senkung der Treibhausgasemissionen gekommen. Die Bundesregierung hat selbst eingeräumt, dass die für 2020 vorgesehenen Klimaschutz-Zwischenziele nicht erreicht werden.

Angesichts der globalen Erwärmung und auch der von Deutschland in diesem Zusammenhang eingegangenen vertraglichen Verpflichtungen ist aber klar: Die Energiewende muss gelingen. Statt eines »weiter so« mit überkommenen und vor allem einengenden Dogmen ist es deshalb höchste Zeit, Energiewende und Klimaschutz neu zu denken. Einige notwendige Eckpunkte aus Sicht der Wohnungswirtschaft:

### **Ganzheitlicher Ansatz**

- Betrachtung der gesamten Volkswirtschaft mit Ursache-Wirkungs-Ketten – keine Verschiebung von Einsparungslasten von einem Sektor in den anderen, Berücksichtigung der Kostenfolgen von Maßnahmen.
- Echte Sektorenkopplung statt Festlegung von Einzelzielen je Sektoren.
- Fokus auf Gesamteffizienz statt wie bisher auf möglichst »dicke Wärmedämmung«.
- Berücksichtigung auch von »Grauer Energie« (= Ressourcen- und Energieaufwand zur Herstellung z. B. von Dämmung) in die Gesamt-Effizienzbetrachtungen.

### **Technologieoffenheit**

- Keine Festlegung auf technologische Lösungen, sondern fallweiser ergebnisorientierter Wettbewerb um die beste Lösung.

### **Effizienzorientierung**

- Fokussierung auf Ergebnisse (= CO<sub>2</sub>-Minderung) statt auf Instrumente.

Auf Grundlage einer in diesem Sinne neu gedachten Energiewende könnte auch der Gebäudesektor einen noch deutlich höheren Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduzierung leisten als schon bisher. Wie das gehen könnte, will die vorliegende Studie aufzeigen. Auf Grundlage umfangreicher Erfahrungen von BBU-Mitgliedsunternehmen – an dieser Stelle einen besonderen Dank an die Märkische Scholle Wohnungsunternehmen eG Berlin für ihre hierbei geleistete Pionierarbeit – weist sie z. B. nach, wie ökologisch und ökonomisch höchst sinnvoll dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Energie sowie thermische und elektrische Vernetzung im Quartier sein können. In Kombination mit einem intelligenten Monitoring- und Energiemanagementsystem sowie unter Einbeziehung der Ressourcenfrage wird so das – aus Klimaschutz-Perspektive wenig zielführende – Primat der Energieeinsparung durch Wärmedämmung schnell auf ein angemessenes Maß reduziert.

Die Wohnungswirtschaft bekennt sich zu einer sozial verträglichen, wirtschaftlich tragfähigen und in diesem Sinne gerechten Energiewende und ist bereit, zu ihrem Gelingen weiterhin einen wichtigen und sinnvollen Beitrag zu leisten. Deshalb hoffen wir mit dieser Studie eine intensive Diskussion über die Erfolgsfaktoren der Energiewende anzuregen – um sie so durch mehr Effizienz zukunftsfest zu machen. Wir wünschen eine interessante Lektüre – und freuen uns auf die Gespräche mit Ihnen!

*Ihre Maren Kern*  
BBU-Vorstand

# Vorwort eZeit Ingenieure

## Energiewende, die wirtschaftliche Chance!



Seit der Veröffentlichung des Berichts »Die Grenzen des Wachstums« des »Club of Rome« im Jahre 1972<sup>1</sup> wächst das Bewusstsein für die Endlichkeit von Ressource und fossiler Energie. Am 1. November 1977 tritt als logische Schlussfolgerung die erste öffentlich-rechtliche Vorschrift für den energiesparenden Wärmeschutz von Gebäuden, die Wärmeschutzverordnung, in Kraft. Damit wird die Gebäudewirtschaft zum ersten Mal zu einem effizienten Umgang mit der Energie zur Gebäudetemperierung verpflichtet.

Fast 25 Jahre später wird 2000 das Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien EEG verabschiedet, nachdem bis heute Strom aus erneuerbaren Quellen bevorzugt ins Stromnetz eingespeist wird. Mit der »Energieeinsparverordnung« EnEV tritt 2002 die Energiedebatte auch in der Gebäudewirtschaft in eine neue Phase. In einem 3-Jahresrhythmus werden seither die Anforderungen an den maximal zulässigen Energieverbrauch zur Gebäudetemperierung verschärft. Kaum fertig gestellt, entspricht damit ein neu gebautes oder saniertes Gebäude nicht mehr dem Stand der Technik, wenn es in der Genehmigungsphase gerade mal den geforderten Energiestandard erfüllt hatte. Gleichzeitig schießt der Einsatz von Baumaterial zur Reduktion der Heizenergie in die Höhe und wird zum Kostentreiber ersten Ranges. Baukostensteigerung kann durch Energiekostenreduktion nicht ausgeglichen werden, damit verteuert sich das Wohnen. Die Akzeptanz in der Bevölkerung für die Jahrhunderaufgabe »Energiewende« fängt an zu bröckeln. Als Achillesferse entpuppt sich gerade der Verbraucherpreis für Strom, der im Zeitraum von 2000 bis 2018 im Gegensatz zu Erdgas und Öl nur eine Richtung kennt, den Weg nach oben. Betroffen ist die gesamte Gesellschaft, überproportional jedoch die untersten und mittleren Einkommen.

Und dazu sprechen sich Negativnachrichten nach energetischer Gebäudesanierung wie ein Lauffeuer herum. Die allgemeine Skepsis wächst, Kosten der Energiewende werden in erster Linie auf Eigentümer und Mieter umgelegt, während große Konzerne sich beispielsweise von der EEG-Umlage befreien können. Ein allgemeiner Unmut spaltet die Bevölkerung in Befürworter oder Gegner. Auch die Energiewende kann in Zeiten des Populismus zur subjektiv empfundenen Bedrohung werden.

Wissende versuchen aufzuklären. Dämmbefürworter melden sich zu Wort, Technikenthusiasten kontern, Ideologien treffen aufeinander. Divergierende Aussagen ohne Hintergrundinformationen vergiften die Energiedebatte. Dies führt zur Verwirrung in der öffentlichen Diskussion.

Doch die Energiewende kann und darf nicht gestoppt werden und muss dabei von der Gesellschaft solidarisch getragen werden. Sie kostet Geld. Nichts tun kostet mehr, so oder so! Aber wenn nun auch der Bundesverband der Deutschen Industrie BDI, offiziell seit dem 18. Januar 2018, die volkswirtschaftlichen Vorteile dieses Wandels erkennt, dann findet sich auch in der Gebäudewirtschaft ein Weg, wie diese Kosten zwischen Eigentümer und Mieter sozialgerecht aufgeteilt werden können. Der Schlüssel zur Lösung des Problems liegt vielleicht ausgerechnet in der Ressourcenthematik<sup>2</sup>. Fast 50 Jahre nach der Publikation »Die Grenzen des Wachstums« steht die Energie zur Gebäudetemperierung immer noch im Fokus der Ressourcendebatte und diese Betrachtungsweise greift zu kurz. Auch die Rohstoffe zum Bau unserer Gebäude sind knappe Güter und benötigen Energie beim Abbau und im Herstellungsprozess zu Baustoffen. Der Materialaufwand zur Reduktion fossiler Energien bei der Gebäudetemperierung muss daher wohl überlegt sein. Wenn aber dieser Abwägungsprozess sektorübergreifend geführt wird, kann der Gebäudesektor eine Schlüsselfunktion bei der Energiewende einnehmen.

Diese Studie soll einen Weg aufzeigen, wie CO<sub>2</sub>-neutrale Gebäudetemperierung mit Baukostenreduktion einhergehen kann. Energie- UND Ressourceneffizienz ermöglicht nicht nur bezahlbares Bauen und Wohnen sondern sie ist auch Basis für nachhaltiges Wirtschaften.

*Taco Holthuizen*  
Geschäftsführer eZeit Ingenieure GmbH

[1] Vgl. (Meadows, Meadows, Ringers, Behrens III, 1972)

[2] Als Ressource wird in diesem Bericht materielles Gut in Form von Rohstoffe und Energie, im weiteren Sinne auch Boden und Umwelt, verstanden.

# Inhalt

<b>I</b>	<b>Quintessenzen</b>	<b>10</b>
I.I	Betriebsoptimierung als Erfolgskontrolle .....	14
I.II	Betriebskosten und CO <sub>2</sub> -Abdruck des Anlagensystems .....	15
I.III	Das Haus als Prosumer .....	19
I.IV	Grenznutzenbetrachtung in der Planung .....	22
I.V	Vernetzung von Gebäuden .....	25
I.VI	Hebelwirkung in der Energiewende .....	27
<b>1</b>	<b>Kontext</b>	<b>30</b>
1.1	Klimaschutzplan – Die Verantwortung Deutschlands .....	31
1.2	Energiewende – Die wirtschaftliche Chance .....	32
1.3	Nationale Regularien – Die wichtigen Steuerelemente .....	34
1.3.1	Energiewirtschaft – Regularien, die zunehmend an den Gebäudesektor rücken .....	34
1.3.2	Gebäudesektor – Regularien, die ihr Ziel nicht verfehlen dürfen .....	35
<b>2</b>	<b>Energie</b>	<b>40</b>
2.1	Energieeffizienz – Energieeinsparung im Gebäude, aber welche? .....	41
2.2	Primärenergie & Faktor – Das »wahre Gesicht«? .....	42
2.3	Endenergie – Der Fokus des Vermieters und Mieters .....	45
2.4	Nutzenergie – Was am Ende übrigbleibt .....	46
2.5	Fossile Energie – Das verschleuderte Erbe der Urzeit .....	47
2.6	Erneuerbare Energie – Der allgegenwärtige Reichtum .....	47
2.7	Abwärme aus Abluft – Wie hochwertige Energie recycelt werden kann .....	48
2.8	Graue Energie / Kea – Die unsichtbare Größe .....	49
2.9	CO <sub>2</sub> -Äquivalent – Die Basis jeder Klimadebatte .....	51
2.10	Lebenszyklusanalyse – Heute an morgen denken .....	52
<b>3</b>	<b>Ressource</b>	<b>54</b>
3.1	Rohstoffe – Ein knappes Gut .....	55
3.2	Rohstoffe – Bewertungskriterien der Umweltbelastung .....	56
3.3	Nachwachsende Rohstoffe – CO <sub>2</sub> -Bindung als Wert erkennen .....	56
3.4	Ressourcenrecycling – Wirtschaften in Kreisläufen .....	57



<b>4</b>	<b>Speicherung &amp; Steuerung</b>	<b>60</b>
4.1	Speicher für Erneuerbare – Die Sonne im Vorratskeller .....	61
4.2	Energiemanager – Das Hirn effizienter Anlagen .....	62
4.3	Monitoring – Durch Monitoring zu Moneten .....	63
4.4	Datensicherheit – Big Brother kann nicht zuschauen .....	65
<b>5</b>	<b>Gebäude</b>	<b>66</b>
5.1	Grenznutzenbetrachtung – Zuviel ist zu viel .....	67
5.1.1	Gebäudehülle – Das behagliche Zuhause .....	67
5.1.2	Heizungssystem – Die unerkannte Effizienzsteigerung .....	69
5.1.3	Anlageneffizienz – Die große Unbekannte .....	70
5.1.4	Gebäudehülle & Haustechnik – Eine einfache Multiplikation begreifen .....	72
5.1.5	Gebäudesektor – Der mögliche Beitrag zum CO <sub>2</sub> -Einsparziel .....	75
5.1.6	Bezahlbares Bauen & Wohnen – Ein möglicher Weg .....	77
5.2	Heizenergiekosten – Die wahren Kosten .....	78
5.3	Energieoptimierter Bau – Die Kunst des Kostenvergleichs .....	80
5.4	Nutzer-Investor-Dilemma – Wer soll es denn bezahlen? .....	81
5.5	Theorie & Praxis – Beispiel einer Umsetzung .....	82
<b>6</b>	<b>Quartier</b>	<b>88</b>
6.1	Gebäudevernetzung – Reduktion der Investitions und Energiekosten .....	89
6.2	Integrierte Betreibergesellschaft – So gelingt das sektorübergreifende Betreiben .....	91
6.3	Genossenschaftsmodell – Energie zu Selbstkosten .....	93
6.4	Ausblick – Energie- und Ressourcenwende als Erfolgsmodell .....	94
<b>7</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>96</b>

# I Quintessenzen



Diese Studie richtet sich an alle Akteure des Gebäudesektors und der Energiewende und soll folgende, zentrale Frage beantworten:

***Welches sind die Hebel, mit denen ein klimaneutraler Gebäudebestand wirtschaftlich und sozial verträglich umgesetzt werden kann?***

Ziel der Studie ist es einen Weg aufzuzeigen, wie Klimaschutz, und damit die Dekarbonisierung, mit »bezahlbarem Bauen & Wohnen« in Einklang gebracht werden kann. Anhand eines bereits realisierten und ausgewerteten Projektes wird aufgezeigt, wie die Klimaschutzziele 2050 für den Gebäudesektor übererfüllt und gleichzeitig das Vermieter-Mieter-Dilemma in eine »Win-win-Situation« aufgelöst werden kann. Dabei leistet der Gebäudesektor zum Klimaschutz einen wesentlich höheren Beitrag, wenn sektorenübergreifend gedacht, geplant und betrieben wird.

Ein vielversprechender Ausblick! Doch der Status quo im Jahr 2018 sieht noch anders aus. So verpasst der bisherige Klimaschutzfahrplan der Bundesregierung bereits das erste Zwischenziel 2020 – auch im Gebäudesektor. Die geplanten Einsparungen werden nicht erreicht. Auch wird an bisher umgesetzten Bauprojekten deutlich, dass insbesondere im Gebäudebestand der Anwendung des Ordnungsrechts im Hinblick auf die wirtschaftliche Belastung der Eigentümer und Mieter Grenzen gesetzt sind. Mit einem »weiter so« im bisherigen Instrumentenmix kommen wir nicht voran.<sup>3</sup> Schließlich wird weniger energetisch modernisiert als vorgesehen, und was gemacht wird, bringt weniger Effekte als geplant.

## ***Was hindert uns also, die Ziele zu erreichen und die Zwischenziele einzuhalten?***

Wir glauben, dass die Grundprobleme die verkürzte Betrachtung des Effizienz- und Einspargedankens auf den Themenkomplex Energie, eine komplette Ausklammerung des Themenkomplexes Ressource, nicht einheitlich definierte Bilanzrahmen sowie Unschärfen in Kommunikation und Begrifflichkeiten sind. Außerdem bleiben Synergieeffekte über eine Sektorenkopplung, die eine Effizienzsteigerung und gleichzeitig eine Kostenreduktion bewirken, größtenteils ungenutzt. Noch dazu können momentane Regularien und daran gekoppelte Förderangebote in die falsche Richtung führen. Das Resultat sind finanziell stark belastete Vermieter, Mieter oder Investoren, aber auch verunsicherte Planer.

Die vorliegende Studie soll einen möglichen Weg aufzeigen, wie diesem Dilemma begegnet werden kann.

[3] Vgl. (Bundesregierung, 2010)

## Was führt tatsächlich zu einer Dekarbonisierung im Sinne des Klimaschutzes, die sozial verträglich umgesetzt und von der Gesellschaft getragen werden kann?

Eine mögliche Antwort ist »Energieeinsparung« und »Energieeffizienz«, zwei Kernbegriffe der deutschen Klimapolitik. Für das »Handlungsfeld Gebäude«<sup>4</sup> stehen bis dato diese beiden Begriffe im Fokus des »Klimaschutzplans 2050«. Dies verdeutlicht bereits der Name Energieeinsparverordnung EnEV, der maßgebenden Verordnung für den Gebäudesektor. So soll über diese EnEV, die mit der neuen Verabschiedung durch das »GebäudeEnergieGesetz« GEG abgelöst wird, bald das Niedrigstenergie-Gebäude als Standard eingeführt werden. Hauptsächlich werden damit immer größere Dämmmaßnahmen, nach dem Motto »viel hilft viel«, gefordert. Ob eine Dämmmaßnahme effizient eingesetzt wird, hängt jedoch von verschiedenen Faktoren ab. »Viel hilft viel« ist eine einfache Antwort, kann aber in die Irre führen. Von ambitioniertem Klimaschutz kann noch nicht die Rede sein.

Neben der Forderung möglichst viel Energie einzusparen wird über die Ausweisung des Primärenergiebedarfs auch die Effizienz adressiert. Leider kann man über den berechneten Primärenergiebedarf nur bedingte Aussagen zur Energieeffizienz oder über die CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Gebäudes im Betrieb treffen. Das liegt zum einen daran, dass in den Berechnungen verwendete Primärenergiefaktoren nicht direkt die Klimaaktivität bei der Umwandlung der Energieträger in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten<sup>5</sup> widerspiegeln und zum anderen daran, dass im Energieausweis die quadratmeterpezifische Summe<sup>6</sup> aller verwendeten Primärenergien ausgewiesen ist. Wie effizient das System im Sinne der Dekarbonisierung wirklich ist, bleibt verborgen. Zudem wird im Betrieb nicht selten der berechnete Energiebedarf weit überschritten, was jede potentielle Investition in Energieeffizienz vor allem für Bestandhalter zu einem Risikospiegel macht. Eine Begrenzung oder aber eine Überprüfung anlagentechnischer Ineffizienzen wird in der Praxis bisher kaum in Betracht gezogen.

Ein dritter Kernbegriff deutscher Klimapolitik bei der Energieversorgung ist die Substitution der fossilen Energieträger durch erneuerbare Energien, um schließlich das Energieversorgungssystem zu einem zuverlässigen, bezahlbaren sowie umweltschonenden System zu transfor-

mieren. Und diese Substitution hat es in sich, schließlich resultieren daraus nicht nur Fragestellungen zur Versorgungssicherheit und Kostenaufteilung, die beantwortet werden müssen, sondern auch diverse Vorteile für die Volkswirtschaft. Beispielsweise tendieren Grenzkosten im Betrieb von Solar- und Windkraftanlagen gegen null, die Wertschöpfung aus der Energiegewinnung kommt der lokalen Wirtschaft zugute, die Unabhängigkeit von Energieträgerimporten steigt, Arbeitsplätze entstehen im eigenen Land, die Umweltbelastung und damit verbundene externalisierte Kosten für Gesundheit, aber auch Umweltschäden, nehmen ab.

Der Beitrag zur Dekarbonisierung durch die Substitution fossiler Energieträger ist für den Verbraucher jedoch vor allem in der Energiewirtschaft und im Verkehr sichtbar.

## Warum wird nicht auch im Gebäudesektor die Substitution der fossilen Energien stärker in den Fokus gerückt?

Schließlich ist gerade am Standort der Nachfrage das Potential zur Substitution fossiler Energieträger riesig! Erneuerbare Energien aus Sonnenlicht, Geothermie und Luft, um nur einige zu nennen, sind unerschöpflich und stehen erst einmal kostenlos für alle und überall zur Verfügung.<sup>7</sup> Darüber hinaus können auch Energien aus industrieller Abwärme oder Prozesswärme von Maschinen und Menschen zurückgewonnen werden, die sich in das Heiz- und Kühlsystem eines Gebäudes mit einbinden lassen. Ganz nebenbei werden durch eine dezentrale Energieversorgung Umwandlungs- und Verteilverluste minimiert. In der Gebäudewirtschaft wird dieser Beitrag nur indirekt durch die Begrenzung des maximal zulässigen Primärenergiebedarfs abgebildet. Eine direkte Abbildung kann momentan nur über das EEWärmeG geahnt werden, das aber nur für Neubauten von Bedeutung ist.

Grundsätzlich muss die Frage erlaubt sein:

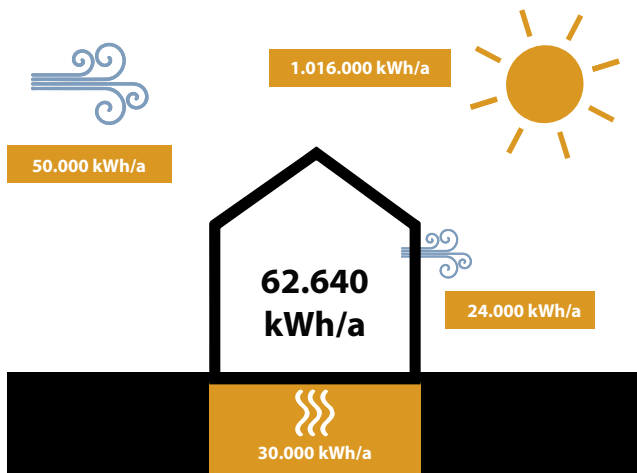
## Warum muss gerade beim Gebäude ein nur schwer verständlicher Primärenergiebedarf ausgewiesen werden und nicht der CO<sub>2</sub>-Ausstoß?

[4] Der »Klimaschutzplan 2050« definiert fünf Handlungsfelder: Energiewirtschaft, Industrie, Gebäude, Verkehr, Landwirtschaft.

[5] Stellvertretend für alle klimaschädlichen Gase wird oft von CO<sub>2</sub> gesprochen bzw. von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, welche alle klimaschädlichen Treibhausgase (THG) miteinbezieht und gewichtet. Eine umfassende Beschreibung findet sich in Kapitel 2.9.

[6] Dies ist für den Laien eine äußerst irreführende Maßangabe. Der Unterschied zwischen der im Energieausweis genannten Wohnfläche und der vermietbaren Wohnfläche kann 30% und mehr betragen.

[7] Sie müssen im Gegensatz zu Gas oder Öl nicht eingekauft werden, benötigen aber ebenfalls Anlagentechnik, um genutzt werden zu können. Der wirtschaftliche Vergleich dieser Anlagentechnik beispielsweise zu konventionellen Brennwertenanlagen muss im Gesamtkontext der energetischen Zielsetzung bewertet werden. Dazu siehe Kapitel 5.2 und 5.3.



A1 Erneuerbare Energien auf einem 1.000 m<sup>2</sup> Grundstück und der Endenergiebedarf eines Mehrfamilienhauses mit 900 m<sup>2</sup> Wohnfläche.

Die mögliche CO<sub>2</sub>-Einsparung kann bisher in keiner Zahl abgelesen werden. Ein Gefühl dafür, welcher Beitrag zur Dekarbonisierung im Gebäudesektor geleistet wird, erfolgt nur durch den für den Nutzer nebulösen Begriff »Primärenergiebedarf«.

Bisher wird vor allem das »Energie einsparen« verordnet.

### **Doch warum soll man Heizenergie einsparen, wenn sie unerschöpflich und zwar direkt am Standort zur Verfügung steht?**

Durch die EnEV wird suggeriert, dass so viel Heizenergie wie möglich eingespart werden muss. Das ist richtig bei rein fossiler Beheizung und, wie nachfolgend noch gezeigt werden wird, falsch, wenn überwiegend erneuerbare Energie zum Einsatz kommt. Die im Laufe der nächsten Legislaturperiode zu beantwortende Frage der Politik ist demnach, ob weiterhin an einem Niedrigstenergie-Gebäudestandard festgehalten wird, oder ob auch in der Gebäudewirtschaft der Ausbau der erneuerbaren Energien stärker in den Fokus rückt und damit eine systemoffene Planungsweise zugelassen wird.

Zu guter Letzt muss man im Kontext der Dekarbonisierung konstatieren, dass ein wesentlicher Themenkomplex gerade in der energie- und ressourcenintensiven Gebäudewirtschaft bisher aus dem bilanziellen Rahmen regulatorischer Forderungen komplett ausgeklammert wird. Essentielle Fragen zur »Ressourcen-Effizienz« fallen sprichwörtlich unter den Tisch. So scheint beispielsweise die Verhältnismäßigkeit des Ressourceneinsatzes in Bezug zur Reduktion der damit erreichten Heizenergieeinsparung keine Rolle zu spielen. Doch das Material zum Bau der Gebäude muss beschafft werden, international! Fehlentwicklungen wie der Raubbau an der Natur und seine lokalen Konsequen-

zen bleiben in Zeiten einer globalisierten Welt gerne verschleiert, führen aber unweigerlich zu internationalen Herausforderungen und »schreien« nach der Definition eines fairen Bilanzrahmens. Denn der Klimaschutz ist und bleibt ein globales Thema.

Im Kontext der Dekarbonisierung müssen dementsprechend auch diverse Fragen zum Thema »Ressource« beantwortet werden.

### **Wie viel nicht erneuerbare Primärenergie steckt in einem Baustoff?**

### **Wie viel nicht erneuerbare Primärenergie spart der letzte Zentimeter einer Dämmung bei der Gebäudetemperatur ein?**

### **Welche lokalen Folgen entstehen durch den Abbau eines Rohstoffes am Ort seiner Gewinnung?**

### **Welche globalen Folgen hat die Förderung eines Rohstoffes in Form von Treibhausgasemissionen und anderen Umweltfaktoren?**

### **Welchen Instandhaltungszyklen unterliegt die eingesetzte Technik bzw. der eingesetzte Baustoff?**

### **Ist die Konstruktion so gewählt, dass sie leicht rückgebaut werden kann, und können die Baustoffe im Sinne des »Kreislaufwirtschaftsgesetzes« wiederverwertet werden?**

Ernsthafte Fragen, die gezielt bereits in der Planung beantwortet werden sollten.

Und hier dürfen wir kein Einsparpotential verschenken! Jährlich werden derzeit in Deutschland pro Person rund 11 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente ausgestoßen, dies entspricht rund 30 Kilogramm pro Tag.<sup>8</sup> Damit die dadurch ausgelöste Erderwärmung unter zwei Grad Celsius bleibt, muss dieser Ausstoß auf maximal 3 Tonnen pro Jahr begrenzt werden. Der Gebäudesektor hat einen wesentlichen Anteil an diesem CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Alleine auf die Gebäudetemperatur – heizen, kühlen und lüften – entfallen rund ein Drittel der nationalen Treibhausgasemissionen.<sup>9</sup>

Die mit dem Ressourceneinsatz einhergehenden Energieaufwendungen werden noch gar nicht berücksichtigt. Wie soll also der Gebäudenutzer ein Gefühl dafür entwickeln,

[8] Vgl. (BMUB, 2016) mit einer Einwohnerzahl von 81,2 Mio. Einwohnern vgl. (Statista GmbH, 2018) für das Jahr 2014 berechnet

[9] Vgl. (BMUB, 2016)

wie hoch dieser Anteil am eigenen CO<sub>2</sub>-Fussabdruck ist? Und das kann, wie im Folgenden noch gezeigt werden wird, zu Fehlentscheidungen führen, nur weil Bezugsgrößen – Primärenergieverbrauch versus CO<sub>2</sub>-Ausstoß – nicht verglichen werden können.

Einige Antworten der Klimaschutzpolitik zur Frage der Dekarbonisierung führen mindestens teilweise am ursprünglichen Ziel vorbei. Das gegenwärtige Zusammenspiel der Rahmenbedingungen ist sachlich nicht zufriedenstellend und politisch nicht zielführend. Folglich müssen Alternativen im bisherigen Instrumentarien-Mix angeboten werden.

Mit der Abhandlung eines Praxisbeispiels sollen im Folgenden vorhandene Potentiale und damit mögliche Alternativen zur bisherigen Strategie dargestellt werden. Dabei werden auch momentane Irrwege aufgezeigt. Das Beispielprojekt wird in der gesamten Studie ausführlich ausgewertet, während im Titel »Quintessenzen« nur die Ergebnisse herausgezogen werden.

### Praxisbeispiel

In dieser Studie wird zur Veranschaulichung der Zusammenhänge als Beispielprojekt ein Wohngebäude aus den 1930er Jahren mit 18 Wohneinheiten in drei Geschossen vorgestellt, welches im Zuge einer energetischen Sanierung einen Dachgeschoßausbau mit zusätzlich drei Wohneinheiten erhalten hat.

Der Massivbau aus Ziegelmauerwerk, dessen Typ zu tausenden in Deutschland gebaut wurde, ist rund 40 m lang und 10 m tief. Die Bestandswohnungen haben eine durchschnittliche Größe von 55 m<sup>2</sup>. Die Wärmeversorgung erfolgte über Fernwärme. Vor der Sanierung lag der Heizenergie- und Strombedarf zur Warmwasseraufbereitung bei 190–210 kWh/m<sup>2</sup> Wohnfläche. Im sanierten Zustand hat das Gebäude insgesamt 1.290 m<sup>2</sup> Wohnfläche.



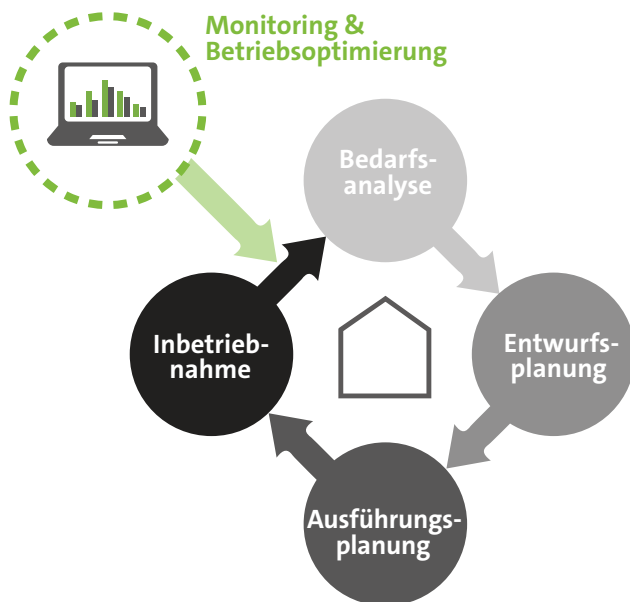
A2 Typengrundriss.



A3 (oben) Ansicht vor der Sanierung.  
A4 (unten) Ansicht nach der Sanierung.

# I.1 Betriebsoptimierung als Erfolgskontrolle

**Vorhandenes Potential ausschöpfen,  
CO<sub>2</sub> und Kosten im Betrieb senken!**



A5 Monitoring & Betriebsoptimierung im Planungszyklus führt zu verbesserten Planungsgrundlagen.

Energetisch optimierte Bauvorhaben halten im anschließenden Betrieb selten die in der Planung versprochenen Energieeinsparziele ein. Das ist kritisch für zukünftige Projekte, denn erhoffte Kosteneinsparungen im Betrieb sind eine wichtige Entscheidungsgrundlage für oder gegen energetische Optimierungsmaßnahmen und Basis der Finanzierungspläne. Begründet wird der Mehrbedarf oft mit dem Nutzerverhalten, einem Rebound-Effekt oder einem erhöhten Energieverbrauch während der Trocknungsphase. Doch dies entspricht nur zum geringen Teil der Wirklichkeit. In den meisten Fällen fehlt die einfachste Maßnahme zur CO<sub>2</sub>- und Betriebskostenreduktion: Eine auf die Inbetriebnahme der Anlagentechnik folgende Betriebsoptimierung. Ein fertiggestelltes Gebäude kann nicht einfach per Knopfdruck in Betrieb genommen werden, sondern es bedarf eines methodischen Vorgehens über eine Spanne von ein bis zwei Jahren.<sup>10</sup> Basierend auf einem hydraulischen Abgleich muss in jedem Gebäude im Zeitraum der Inbetriebnahme ein Mindestmaß an Einregulierung stattfinden.

[10] Anlagenkomponenten müssen zumindest in einer vollständigen Heizperiode untereinander und auf die Nutzer des Gebäudes abgestimmt werden. Perspektivisch werden selbstlernende Regelsysteme zum Einsatz kommen, die größtenteils noch entwickelt werden müssen.

Über ein einfaches Monitoring kann die Anlagentechnik durch gezielte Steuerung und Regelung der Energieflüsse auf das tatsächliche Nutzerverhalten abgestimmt werden. Davon profitieren nicht nur die Anlagenbauer und Planer selbst, indem sie die eigene Planung Projekt für Projekt auf ein ganz neues Level heben, sondern es können auf diesem Weg genauere Planungskennwerte entwickelt werden, die wiederum in die Simulationssoftware einfließen und helfen zukünftige Planungen genauer abbilden zu können. Das durch ein Monitoring mögliche Einsparpotential ist groß, die Inbetriebnahme verursacht kaum Kosten und trotzdem findet ein Inbetriebnahme-Prozess nur selten statt.

**Woher kommt das Desinteresse aller Beteiligten an einem Monitoring?**

Das Vertrauen in die Industrie und deren Produkte ist sehr groß. Noch nach Jahren werden Anlagensysteme auf Basis der ausgelieferten Werkeinstellung betrieben. Doch die Industrie kann ein Nutzerverhalten sowie beispielsweise die Art und Weise der Einbindung ihrer Gasbrennwerttherme im Gesamtkontext nicht voraussehen. Die Anlage muss daher hinsichtlich ihrer Taktung auf die jeweiligen Energieflüsse angepasst werden. Alleine dieser Optimierungsprozess kann mit einer Effizienzsteigerung von 30 % und mehr einhergehen.

**Warum wird also eine transparente Darstellung und Erfassung der Energieflüsse sowie der daraus folgenden Kosten selten vorgenommen?**

**Könnte es daran liegen, dass der mit der Ausführung beauftragte Planer, der ausführende Betrieb und die Industrie in einer gesamtschuldnerischen Haftung stehen und Erfolg schulden<sup>11</sup>, oder vielleicht daran, dass der Gebäudeeigentümer die Mehrkosten, die durch erhöhte Energieaufwendung entstehen, an den Mieter durchreichen kann?**

## Praxisbeispiel

Bereits im ersten Betriebsjahr 2015 konnten durch Betriebsoptimierung in drei von vier Gebäuden die Energiekennwerte erreicht werden, die die ökonomische Entscheidungsgrundlage für die Baumaßnahmen waren. In den darauffolgenden Jahren konnten durch Optimierungsprozesse, beispielsweise durch die Taktung der Wärmepumpen, weitere Energieeinsparpotentiale in der Größenordnung von ca. 20–30 % generiert werden, die bis dahin durch die in der Planungsphase zur Verfügung stehende Simulationssoftware nicht darstellbar gewesen waren.

[11] Im Falle eines Misserfolges könnte der Grund des Versagens aufgrund der Komplexität schwer zuzuordnen sein, daher möchte keiner an dieser Stelle eine Transparenz.

Ein Treffen mit dem Hersteller der Software ergab, dass eine Rückkopplung von Ergebnissen aus dem Monitoring zurück an den Softwarehersteller so gut wie nicht stattfindet.

Im Ergebnis lässt sich festhalten, dass ein erhebliches Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotential durch geringinvestive Maßnahmen wie einem Monitoring gehoben werden kann. Dies gilt für jede Anlagentechnik, egal ob auf Gasbrennwert, Fernwärme oder Wärmepumpe basierend. Das Potential liegt bei mindestens 20% und mehr.<sup>12</sup> Und das ist gegenüber anderen Nachweisen, die durch die Planer im Kontext der Energieoptimierung erbracht werden müssen, verhältnismäßig viel. Bei der Planung und Berechnung von Wärmebrücken nach der EnEV wird beispielsweise ein sehr hoher Konstruktions- und Kostenaufwand betrieben, um den Dämmwert eines Gebäudes zu verbessern. Das Optimierungspotential liegt hier bei maximal 5–7% des Heizwärmebedarfs!<sup>13</sup> Ein Monitoring ist darüber hinaus Grundlage der Vertrauensbildung zwischen Vermieter und Mieter. Im Kontext zur Digitalisierung der Energiewende muss in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, dass zum Schutze des Nutzers die Datenerfassung auf Gebäudeebene statt pro Wohneinheit erfolgen kann, sodass auf das Nutzerverhalten keine Rückschlüsse gezogen werden können (siehe Kapitel 4.3).

### Forderungen an die Akteure der Energiewende:



- Im Kontext der Dekarbonisierung sollten bundesweit die Hemmnisse zur Einführung eines standardisierten Monitorings abgebaut und damit eine Qualitätssicherung der Klimaschutzstrategie eingeführt werden.
- Dabei muss berücksichtigt werden, dass der für die Umsetzung verantwortliche Planer sowie der Anlagenbauer in Deutschland zu einer gesamtschuldnerischen Haftung verpflichtet werden und dass Eigentümer unter hohem Kostendruck stehen. Eine Forderung ohne Entgegenkommen wird auf großen Widerstand stoßen!
- Gleichzeitigkeits- und Sicherheitsfaktoren müssen auf Sinnhaftigkeit und deren Investitionskosten überprüft werden. Die dadurch ausgelöste, unnötige Überdimensionierung der Anlagentechnik ist ein Kostentreiber und verursacht Ineffizienzen.

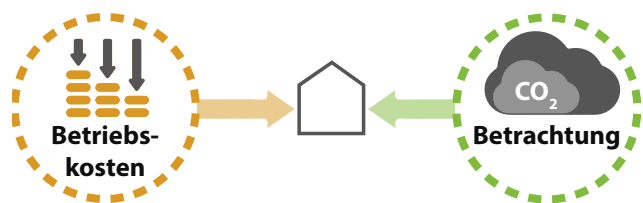
[12] Vgl. (Baulinks, 2004)

[13] Als Wärmebrückenzuschlag nach EnEV kann pauschal 10% angenommen werden. Dieser lässt sich mit einem hohen Aufwand auf wenige Prozent reduzieren.

- Eine Effizienz-Strategie muss aufgelegt werden, mit der Zielsetzung, bestehendes Potential zu nutzen und durch Auswertung zukünftige Ineffizienzen zu minimieren. Hier können Förderprogramme zum Einsatz kommen, die auf tatsächlich nachgewiesener Effizienz aufbauen.
- Zum Schutz des Nutzers kann im Kontext zur Digitalisierung der Energiewende die Datenerfassung auf Gebäude, anstatt auf Wohnungsebene, erfolgen.
- Das Wissen um die Betriebsoptimierung bleibt momentan noch einigen Wenigen vorbehalten. Es sollten Anreize geschaffen werden, damit Erkenntnisse aus dem Monitoring an die Hersteller der Simulationssoftware<sup>14</sup> zurückfließen.

## I.11 Betriebskosten und CO<sub>2</sub>-Abdruck des Anlagensystems

CO<sub>2</sub> und Energiekosten transparent senken!



A6 Betriebskosten und CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Gebäudesektor.

Entscheidet man sich als Gebäudeeigentümer und vor allem als Bestandhalter für eine energetische Modernisierung, ist die wirtschaftliche Darstellbarkeit der Investition die alles entscheidende Maxime. Grundlage ist nicht nur das Erreichen der prognostizierten Planungskennwerte, sondern auch ein zukunftsfähiges Anlagensystem, welches niedrige Betriebskosten garantiert. Geringe Betriebskosten sind Grundlage für eine sozialverträgliche Modernisierungsumlage. Dabei hat der Planer nicht nur enormen Einfluss auf die Kosten im Betrieb, sondern auch auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Bei der Wahl des Energiesystems für ein Gebäude sollten zur Bewertung der Umweltauswirkungen neben aktuellen Energiepreisen und den Energiepreissteigerungen der letzten Jahre vor allem auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und deren Entwicklung bis 2050 im Fokus stehen.

[14] Rückfragen von eZeit Ingenieure an namhafte Hersteller von Simulationssoftware haben ergeben, dass dieser Wissensaustausch nicht stattfindet. In erster Linie werden Ergebnisse aus dem Monitoring nicht kommuniziert. Aus Haftungsgründen?

Wenn man den heutigen Emissionsfaktor von Elektrizität sowie die explodierenden Strompreise der letzten Jahre anschaut, stellt sich eine Grundsatzfrage:

### **Darf man Strom überhaupt zur Gebäudetemperierung einsetzen?**

Die Logik: Durch den Einsatz von Wärmepumpen lässt sich aus einer Kilowattstunde elektrischer Energie ein Vielfaches an erneuerbarer Energie aus der Umwelt generieren. Wird zum Beispiel eine System-Jahresarbeitszahl von 4 erreicht<sup>15</sup>, kostet eine Kilowattstunde thermische Heizenergie am Heizkörper 6,3 Cent<sup>16</sup> und führt zu einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 140 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente<sup>17</sup>. In einem Heizsystem auf Basis beispielsweise von Erdgas kostet eine Kilowattstunde Heizenergie mindestens 9,5 Cent<sup>18</sup> und führt zu einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 241 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente<sup>19</sup>. Doch der entscheidende Vorteil findet sich auf der nationalen Ebene. Im Raum Berlin-Brandenburg wird beispielsweise im Jahr 2033 eine 97%ige bilanzielle Deckung des Strombedarfs mit fluktuierenden erneuerbaren Energien erwartet.<sup>20</sup> Durch ähnliche Entwicklungen in anderen Bundesländern sinkt die CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Kilowattstunde im Strom. Dadurch kann der Primärenergiefaktor gesenkt werden. In der 2015 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie veröffentlichten »Energieeffizienzstrategie Gebäude« wird eine Reduktion des PEF für den deutschlandweiten Strom-Mix nach EnEV 2014 von 1,8 (2020) auf 0,9 (2030) und 2050 sogar auf 0,4 ausgewiesen. Der PEF des fossilen Energieträgers Gas hingegen soll sich nicht reduzieren und bleibt bis 2050 bei 1,1.

### **Was bedeutet das für den jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß einer Beispielswohnung?**

#### Praxisbeispiel

Vor der Sanierung lagen die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen einer Wohnung bei 3,3 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Durch eine Sanierung nach KfW EH 85 auf Basis von Fernwärme hätten die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 2 Tonnen auf 1,3 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente reduziert werden können.<sup>21</sup> Mit Hilfe eines Wärmepumpen-

systems können die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 522 Kilogramm gesenkt werden. Sollte darüber hinaus der im Handlungsfeld »Energiewirtschaft« ausgewiesene erneuerbare Anteil im Strom-Mix bis 2050 auf 80% erhöht werden, dann werden nur noch etwas mehr als 100 Kilogramm pro Jahr ausgestoßen. Diese stetige Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Bilanz kann garantiert werden, ohne dass am Anlagensystem selbst etwas verändert wird. Damit werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Wohnung um mindestens 97% reduziert. Das Ergebnis kann durch diverse Maßnahmen, wie beispielsweise Strom aus eigenen PV-Anlagen, sogar weiter verbessert werden, wenn dem nicht steuerliche Hürden und sonstige Restriktionen entgegenstehen würden!<sup>22</sup>

Die Nutzungsgebühren lagen vor der Sanierung bei 4,80 € pro Quadratmeter Wohnfläche und wurden durch die Sanierung um 1,90 € auf 6,70 € angehoben.<sup>23</sup> Gleichzeitig wurden die Energiekosten zur Gebäudetemperierung von durchschnittlich 1,50 € pro Quadratmeter Wohnfläche vor der Sanierung um etwas über einen Euro gesenkt. Die energetische Optimierung ermöglicht somit eine weitgehende sozialverträgliche Modernisierung. Durch die erhebliche Reduktion des Energieverbrauchs haben zukünftige Energiekostensteigerungen auch deutlich geringere Auswirkungen auf den Nutzer.

Damit wird der für 2050 anvisierte jährliche ökologische Fußabdruck von 0,8 – 3,3 Tonnen pro Kopf umsetzbar.<sup>24</sup>

### **Und wie sieht es mit den externalisierten Kosten aus?**

Die Kosten für den Bau und die Entsorgung der entsprechenden Anlagentechnik bezahlt anders, als beispielsweise bei der Fernwärme, der Gebäudeeigentümer. Nichts wird der Allgemeinheit aufgebürdet. Damit wird auch die Verantwortung für den CO<sub>2</sub>-Abdruck dezentralisiert. Dass über eine dezentrale Energieversorgung auf der Basis von erneuerbaren Energien die CO<sub>2</sub>-Einsparung mit Bau- und Energiekostensenkung einhergehen kann, wird in Kapitel 0.6 beschrieben. Neben den offensichtlichen Vorteilen der drastischen Emissionsreduktion werden negative Gesundheits- und Umwelteinflüsse vermieden und v.a. die Belastung der nachfolgenden Generationen vermindert. Es reicht, wenn wir ihnen für die kommenden Millionen von Jahren den Atommüll hinterlassen. Ökonomisch betrachtet werden sehr hohe Steuergelder aus der Subventionierung fossiler Energien frei, externe Kosten reduziert<sup>25</sup> und vor

[15] Zum Thema Systemjahresarbeitszahl siehe Kapitel 5.1.3.

[16] Preis für Wärmepumpenstrom dividiert durch die Systemjahresarbeitszahl von 4.

[17] Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kilowattstunden liegt bei 561 Gramm, vgl. (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2017, S. 24).

[18] Der Preis für Erdgas liegt bei 6,7 Cent pro Kilowattstunde, vgl. (Bund der Energieverbraucher e.V., 2017) und muss mit dem Faktor von 1,2 multipliziert werden. Dabei wird unterstellt, dass die Verbrennungs- und Verteilverluste nur bei 20% liegen und die Therme tatsächlich im Brennwertbereich arbeitet. Dazu addieren sich noch Stromkosten für die Wärmeverteilung im Haus in der Höhe von 1,5 – 2 Cent/kWh.

[19] Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kilowattstunden liegt bei 201 Gramm, vgl. (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2017, S. 24), multipliziert mit 1,2.

[20] Vgl. (GridLab GmbH, 2014).

[21] Alle Angaben beziehen sich auf die Planungswert des Jahres 2014!

[22] An dieser Stelle sei exemplarisch nur auf die Gefahr der Gewerbesteuerpflicht für Genossenschaften hingewiesen, aber auch EEG-Umlagen auf Eigenversorgung usw. spielen eine Rolle.

[23] Als Modernisierungumlage wäre gesetzlich eine Erhöhung um 11%, d.h. über 6 € pro Quadratmeter Wohnfläche möglich gewesen.

[24] Vgl. (BMUB, 2016) mit einer Einwohnerzahl von 81,2 Mio. Einwohnern vgl. (Statista GmbH, 2018) für das 2014 berechnet

[25] Diverse Kosten durch die Nutzung von Kohle, Atom und Gas bezahlt der Steuerzahler in Form von versteckten Subventionen (siehe Kapitel 5.2). Diese

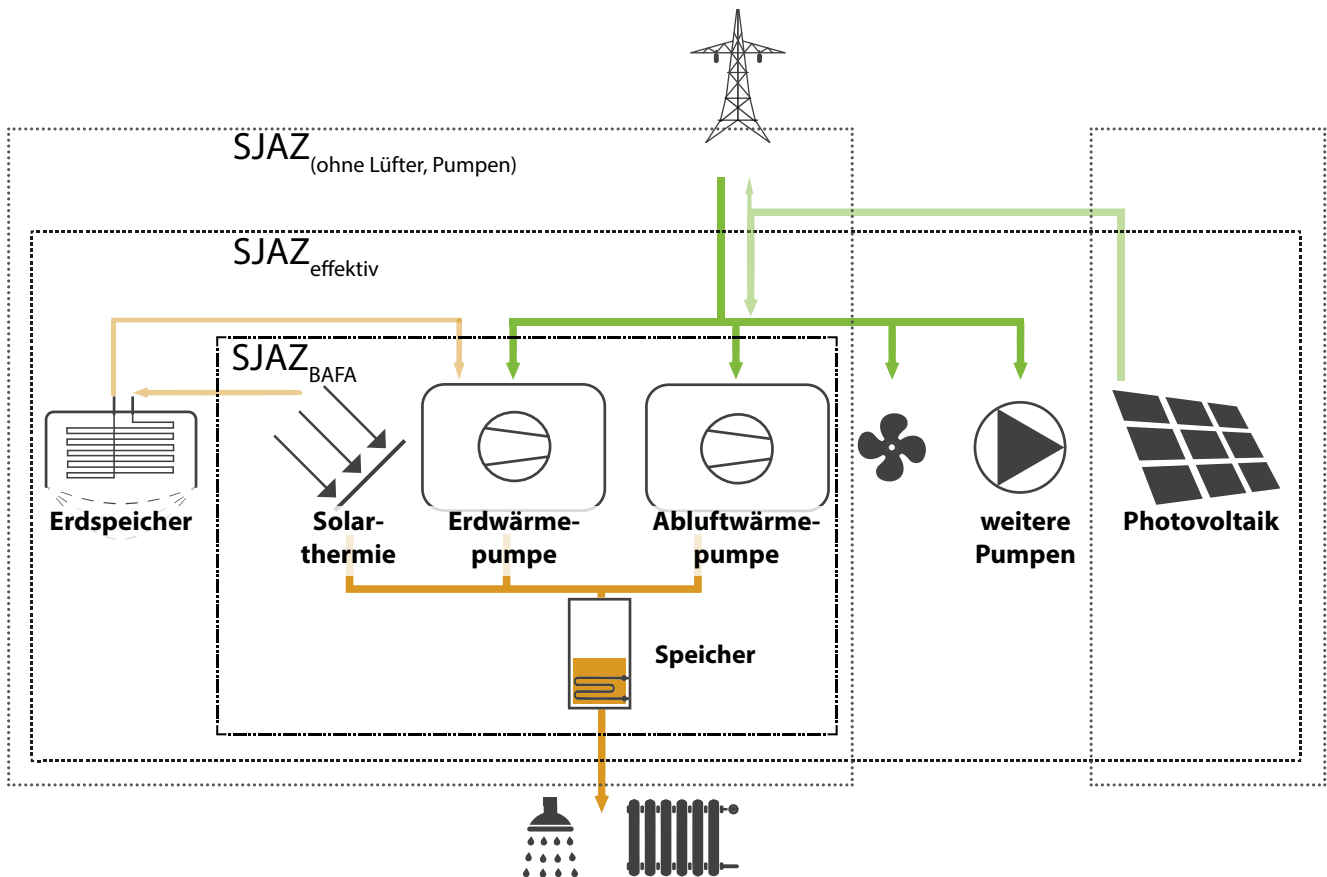


allem kann auch der wirtschaftlichen und geopolitischen Abhängigkeit, dem Diktat einiger Weniger, in diesem Sektor entflohen werden.

**Eine hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung bedingt aber ein effizientes Anlagensystem. Ist dieses realistisch umsetzbar?**

Um eine Systemjahresarbeitszahl SJAZ von 4 und besser zu erreichen, müssen nicht nur alle zum Anlagenbetrieb notwendigen Energiemengen zusammen betrachtet, sondern auch die Effizienz im Betrieb nachgewiesen werden. Oft wird mit möglichst hohen SJAZ geworben, da diese die Effizienz eines Wärmepumpensystems beschreibt. So ist häufig von SJAZ von 5 und größer die Rede. Verlockend – schließlich verspricht diese, dass aus 1 kWh Strom mit Hilfe der Wärmepumpentechnologie 5 kWh Wärme aus erneuerbaren Energien erzeugt werden können. Doch diese Annahme ist mit Vorsicht zu genießen, zumindest, wenn nicht alle für das System notwendigen Energieströme bilanziert sind. Kleine Stellschrauben im Bilanzrahmen führen zu deutlich anderen Ergebnissen. Gerne wird beispielsweise der Pum-

penstrom zur Verteilung der Heizenergie »vergessen« oder der im Regelfall hohe Energiebedarf eines stromgeführten Lüftungssystems wird nicht erfasst. Frischluftzufuhr und Vermeidung von Lüftungswärmeverlusten sind aber unverzichtbare Bestandteile einer energetisch optimierten Bauweise. Der Anteil dieser Energie kann laut Monitoring im Praxisbeispiel bis zu 27 % des Gesamtenergiebedarfs zur Gebäudetemperierung annehmen!<sup>26</sup> Bis dato gibt es keinen Begriff, der alle Kosten der Energieströme zur Gebäudetemperierung wie Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung und Verteilung umfasst und bezeichnet. Niemand kennt somit seine tatsächlichen Energiekosten zum Gebäudebetrieb. Zur Vergleichbarkeit der Energiekosten und der (CO<sub>2</sub>-) Effizienz des Anlagensystems zur Gebäudetemperierung wird der Begriff aber benötigt! Ein Wert, der die »Ökoeffektivität« des Gesamtsystems beschreibt, wird mit der Systemjahresarbeitszahl effektiv SJAZ<sub>eff</sub> eingeführt (siehe Kapitel 5.1.3). In diesem Zusammenhang muss definiert werden, ob sich die Zahlen auf berechnete oder tatsächlich nachgewiesene Kennwerte beziehen. Folgende Grafik – A7 – zeigt Systemjahresarbeitszahlen mit unterschiedlichen Bilanzrahmen.



A7 Darstellung der Systemjahresarbeitszahlen SJAZ<sub>eff</sub>, SJAZ<sub>BAFA</sub> und SJAZ ohne Lüfter, Pumpen. Abbildung nach Vorbild von (Wenzel, 2010), Speicher mit Heizstab. Weitere Pumpen für: Kollektorkreis, Solarweiche, Quellen, Heizkörper, Fußbodenheizung, Speicherbeladung, Abluft-Wärmetauscher, Netzpumpe, Solewasserpumpe 1+2.

belaufen sich laut Greenpeace-Studie auf über 10 Cent pro Kilowattstunden, die EEG-Umlage liegt dabei gerade einmal bei unter 7 Cent.

[26] Dazu gehört der Strombedarf zur Verteilung der Wärme, für den Lüfter der kontrollierten Be- und Entlüftung, für Zirkulationspumpen, zur Steuerung und Regelung, für den Schaltschrank etc.

## Praxisbeispiel

Über die aufgeschlüsselten Energieträger, die zum Betrieb der Anlagentechnik eingekauft werden müssen, erhält man transparente Energiekosten.

T1 Systemjahresarbeitszahlen aus eigenem Monitoring 2016.

KRITERIUM	MIT GABRIEL-EFFEKT	OHNE GABRIEL-EFFEKT
Energiebedarf Heizung und WW [kWh/a]	103.000	103.000
Eingekaufter Strom [kWh/a]	25.417	21.337
SJAZ <sub>eff</sub> [ ]	<b>4,05</b>	<b>4,83</b>
SJAZ (ohne Lüfter, Pumpen)* [ ]	5,95	6,75
SJAZ <sub>BAFA</sub> [ ]	4,60	4,60

\* Bilanzgrenze dieser SJAZ wird mit Blick auf die Abbildung A7 deutlich

Laut den Ergebnissen aus dem Monitoring wurde die für Vermieter und Mieter wichtige SJAZ<sub>eff</sub> von 4,05 erreicht. Die monatlichen Energiekosten belaufen sich auf 42 Cent pro Quadratmeter Wohnfläche. In diesen Kosten sind alle Energieströme des Systems erfasst. Nur die Einspeisung des überschüssigen Stroms der PV-Anlage ins Stromnetz kann bisher nicht zum Ansatz gebracht werden. Es stellt sich somit die Frage nach einer SJAZ<sub>eff</sub>, die auch diese Stromgewinnung mitberücksichtigt.

Da 2014 in der Bauphase die Eigenversorgungsregelung für PV-Anlagen mit einer Leistung von über 10 kWp verändert wurde, ist die ursprünglich geplante Anlage erheblich reduziert worden (Gabriel-Effekt). Entsprechend der Planung hätte eine SJAZ<sub>eff</sub> von 4,83 und damit Energiekosten für die Mieter von monatlich 36 Cent pro Quadratmeter Wohnfläche erreicht werden können. Die Verkleinerung der Anlage hatte eine Energiekostensteigerung von über 16% zur Folge. Und es kommt aus planerischer wie betriebswirtschaftlicher Sicht sogar noch schlimmer!

Der überschüssige Strom aus der PV-Anlage, der nicht zum Betrieb der Anlagentechnik genutzt werden konnte, musste durch die Genossenschaft aus gewerbesteuerlichen Gründen ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Anstatt also die eigenen Mieter bei den Stromkosten zu entlasten, wurde der Genossenschaft eine Einspeisevergütung von ca. 12,5 Cent pro Kilowattstunde bezahlt. Verloren haben alle! Der Verbraucher, da er für die Differenz zwischen Einspeisevergütung und Börsenpreis aufkommen muss, der Stromnetzbetreiber, weil er die Kosten für die Stromnetzstabilisierung, die gerade in die Höhe schießen, dem Stromkunden aufbürden muss, die Genossenschaft, weil sie statt 25–28 Cent pro Kilowattstunde nur 12,5 Cent erhält und der Mieter, weil er nun auf über- teuerte Stromkosten von deutlich über 25 Cent zurückgreifen

muss und damit gleich mehrfach zur Kasse gebeten wird. So zahlt er die EEG-Umlage, wobei die Befreiung der Industrie die Umlage indirekt erhöht, die versteckten Subventionen fossiler Energieträger und den Steueranteil auf die erhöhten Energiekosten, um nur einige zu nennen! Hier ist noch genügend Optimierungspotenzial hin zu einer transparenten sozialen Marktwirtschaft vorhanden.

## Forderungen an die Akteure der Energiewende:



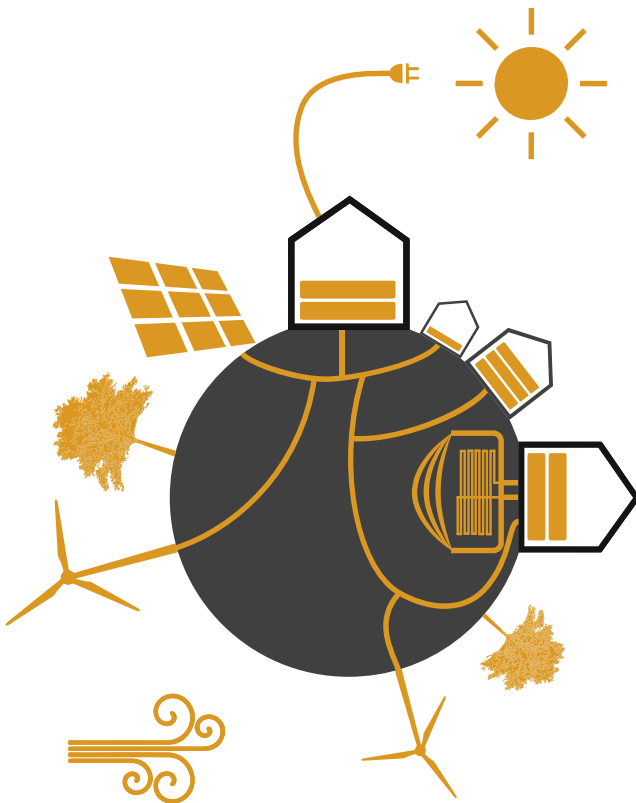
- Der gesamte Energieverbrauch zur Gebäudetemperierung muss transparent, nach Energieträgern aufgeschlüsselt, ausgewiesen werden können.<sup>27</sup> Diese Zahlen dienen zur Information der tatsächlichen Energiekosten und der damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen.
- Die SJAZ ist das Maß der Anlageneffizienz vornehmlich für ein Wärmepumpen-System, sie sollte aber für alle Systeme eingeführt werden, die auf erneuerbare Energien aufbauen. Auf Vergleichbarkeit aufbauend, können sich »best practices« herauskristallisieren.
- Nach der EnEV sollten neben dem Primärenergieverbrauch ebenfalls die CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewiesen werden, da CO<sub>2</sub> als Indikator die Umweltauswirkung direkt widerspiegelt und Basis jeder Klimadebatte ist. Leichter verständlich für Planer, Gebäudeeigentümer und Mieter. So kann beispielsweise dem Mieter ein Gefühl bzw. ein Bewusstsein für die Verhältnismäßigkeit von CO<sub>2</sub>-Einsparmaßnahmen vermittelt werden. Auch dies ist ein wichtiger Baustein für die Akzeptanz und die aktive Auseinandersetzung mit dem Klimaschutz und ein Gegenspieler des klassischen Rebound-Effekts.
- Einführung eines normierten Verfahrens zur CO<sub>2</sub>-Bilanzierung in der Gebäudewirtschaft.
- Dezentrale Gebäudetechnik, welche auf erneuerbare Energien basiert, ist systembedingt im Vorteil und sollte gefördert werden. Die Förderhöhe sollte mindestens die Förderhöhe fossiler Energien übertreffen.
- Die fehlende Internalisierung der Kosten verschleiert die ökologische Wahrheit, hemmt aktiv den Ausbau regenerativer Energien und führt somit zu einer Wettbewerbsverzerrung.

[27] Zur Erfassung sollten keine zusätzlichen Messeinrichtungen benötigt werden, allerdings muss die Verdrahtung entsprechend geplant sein.

- Daher ist es dringend erforderlich die realen Kosten, beispielsweise in Form einer Steuer in Abhängigkeit vom eingesetzten Energieträger beziehungsweise der Energiewandlungstechnologie, abzubilden. So könnte der Markt sein selbstregulatives Potential ausspielen. Dies sollte aber gerecht für alle Sektoren gleichermaßen gelten.
- Einführung einer ausgewogenen CO<sub>2</sub>-Steuer, die die soziale Balance der Gesellschaft berücksichtigt, damit die Umwelt nicht zu Lasten der schwächsten Mitglieder einer Gesellschaft geschützt wird.

## I.III Das Haus als Prosumer

### Das Gebäude als Baustein der zukünftigen Energiezelle!



A8 Das Haus als Prosumer.

Erneuerbare Energien sind die Energieträger der Zukunft. Doch den unumstrittenen Vorteilen von EE stehen große Herausforderungen gegenüber. Die entscheidende Frage ist:

#### Wie kann die Energieversorgung auf der Basis fluktuierender Energien zuverlässig gewährleistet werden?

Ein wichtiger Beitrag zur Lösung dieses Problems ist eine Bereitstellung von »Flexibilitäten«<sup>28</sup> sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite. Dem Gebäude und somit der Wohnungswirtschaft kommt hier eine zentrale Bedeutung zu, schließlich kann sie sowohl in der Erzeugung als auch in der Speicherung und in der Abnahme von EE große Flexibilitätsräume bereitstellen. Auch hier sind auf Wärmepumpen basierende Anlagen im Vorteil und können eine auf KWK-Anlagen basierende Strategie wirtschaftlich vernünftig ergänzen.

Vorzeigekind der deutschen Klimapolitik ist die Stromwende. Die Stromversorgung in Deutschland wird Jahr für Jahr »grüner« – der Beitrag der EE wächst beständig. So wird die Stromversorgung, welche auf den Transport von Strom aus großen zentralen Kraftwerken hin zu den Verbrauchern ausgerichtet ist, zukünftig zu großen Teilen von vielen dezentralen Erzeugungseinheiten auf Basis EE sichergestellt werden. Aber auch für die überwiegend dezentrale Versorgungsstruktur der Wärme steht ein großes Potential zur Verfügung. Vor allem wenn am Gebäude, dem Ort der Nachfrage, verschiedenste erneuerbare Energiequellen und Synergieeffekte sektorübergreifend erschlossen werden.

Der Schlüssel zur Energiewende ist Flexibilität, also Speicherung, Steuerung und Lastmanagement.

Für die Gebäudewirtschaft gilt: Speicher für erneuerbare Energien müssen nicht extra gekauft werden, viele sind bereits da. Als thermische Speicher können vorhandene Pufferspeicher, beispielsweise die Gebäudemasse und das angrenzende Erdreich, sowie bereits vorhandene hausinterne Speicher, wie Trinkwasserspeicher, Zirkulationsleitungen und das Heizungssystem genutzt werden. Auch geothermische Quellen oder Haus und Autobatterien eignen sich als Pufferspeicher. Der Schlüssel zum Erfolg liegt nun darin, das Vorhandene bedarfsgerecht zu aktivieren und so effizient wie möglich zu nutzen. Basis ist somit das Wissen um die Langzeitpufferung erneuerbarer thermischer Energie in Kombination mit einer dynamischen, zentralen Steuerungs- und Regelungstechnik, beispielsweise dem Dynamischen Energiemanager (DEM). Über ihn als Steuerungs- und Regelungssystem werden über Klimadaten thermische Kapazitäten im Gebäude ermittelt und gesteuert. Diese Daten sind ebenso Grundlage für das elektrische Lastmanagement der Anlagentechnik. Der DEM ist somit nicht nur Basis für das Lastmanagement eines Gebäudes, sondern auch systemrele-

[28] Zur Stromnetzstabilisierung ist es immanant wichtig, dass Stromnetzbetreiber zum Lastenausgleich kurzfristig zur Verfügung stehende Spielräume erhalten, damit bei einem Überangebot von Strom wertvolle Energie aus der Stromproduktion nicht »vernichtet« werden muss oder erst gar nicht hergestellt werden kann (beispielsweise Abschaltung von Windkraftanlagen). Auf der anderen Seite müssen bei Unterdeckung kurzfristig Anlagen zur Stromproduktion hochgefahren werden können und damit vorgehalten werden.

vanter Baustein für die thermische und elektrische Vernetzung von Gebäuden zu einem Smart Grid.

Durch eine Kombination aus hoch- sowie niedrigtemperierten Speichern und Batterien am Gebäude kann eine höhere Eigennutzung von EE erreicht werden. Der Primärenergieverbrauch und die Wärmeerzeugungskosten lassen sich somit reduzieren. Durch einen höheren Autarkiegrad wird auch die Abhängigkeit von Energiepreisen gemindert. Darüber hinaus kann durch die Bereitstellung von negativer und positiver Regelenergie ein Beitrag zur Stromnetzstabilisierung geleistet werden, wenn das Steuerungssystem über entsprechende Steuerungseinheiten mit dem Stromnetzbetreiber kommunizieren kann.

### Praxisbeispiel

Solarenergie steht nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt zur Verfügung. Im Sommer, wenn sie am wenigsten gebraucht wird, ist sie im Überfluss da, im Winter hingegen ist Sonnenenergie nicht in ausreichendem Maß vorhanden. Daher werden im Regelfall lediglich ca. 30% des möglichen solarthermischen Ertrages pro m<sup>2</sup> Kollektorfläche genutzt, da überschüssige Energie nicht ausreichend in das Heiz- oder Kühlsystem mit eingebunden werden kann. Einfach eine solarthermische Anlage aufzubauen, wie sie im EEWärmeG bei Neubauten gefordert wird, kann sich so als wirtschaftlicher wie ökologischer Unfug entpuppen.<sup>29</sup> Wenn jedoch diese ungenutzte Energie über beispielweise die DEMooS-Technik<sup>30</sup> intelligenter gespeichert und verteilt wird, erhöht sich der erneuerbare Energieanteil. Im Praxisbeispiel wurden pro m<sup>2</sup> solarthermischer Flachkollektor über 718 kWh kostenlos zur Verfügung stehende Solarenergie geerntet und in das Heizsystem eingebunden.

### Was bedeutet das für die Effizienz einer Anlage?

Die Effizienz eines Anlagensystems zur Heizung, Kühlung, Warmwasseraufbereitung und Lüftung wird durch die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  beschrieben. Der  $e_p$ -Wert besagt, wie viel Primärenergie eingesetzt werden muss, um 1 kWh nutzbare Heizwärme zu erhalten. Sie beschreibt damit den Aufwand von eingesetzter Primärenergie zum Heizenergiebedarf, wobei alle zum Einsatz kommenden EE zum Abzug gebracht werden.<sup>31</sup> Je tiefer also der  $e_p$ -Wert, umso

höher der Anteil EE am Heizenergieverbrauch.

Um an dieser Stelle Missverständnissen vorzubeugen, muss darauf hingewiesen werden, dass sich die Verwendung des Begriffs Primärenergie im »Handlungsfeld Gebäude« grundsätzlich vom Begriff Primärenergie im »Handlungsfeld Energiewirtschaft« unterscheidet. In der Energiewirtschaft werden im Primärenergieverbrauch Deutschlands alle EE subsummiert, im Primärenergieverbrauch der Gebäudewirtschaft sind die EE bereits zum Abzug gebracht worden. Missverständnisse sind damit vorprogrammiert!

### Warum ist $e_p$ so wichtig?

#### Praxisbeispiel

Der Nutzenergiebedarf nach EnEV für Heizung und Warmwasser einer Bestandswohnung nach der Sanierung beläuft sich jährlich auf 57 Kilowattstunden pro Quadratmeter. Dies entspricht einem KfW EH 85-Standard. Der Primärenergiebedarf  $Q_p$  berechnet sich aus der Multiplikation dieser 57 Kilowattstunden mit dem  $e_p$ -Wert. Daraus ergeben sich je nach Heizungssystem<sup>32</sup> folgende Primärenergiebedarfe:

T2 Primärenergiebedarf in Abhängigkeit unterschiedlicher Heizsysteme.

ANLAGE ZUR GEBÄUDETEMPERIERUNG	$e_p$ -Wert	$Q_H + Q_{WW}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	$Q_p$ [kWh/m <sup>2</sup> a]
Gastherme, hydraulisch nicht abgeglichen, ungedämmte Rohre der Wärmeverteilung	3,0	57	171
Gasbrennwerttherme*, hydraulisch abgeglichen, gedämmte Rohre der Wärmeverteilung	1,2		68
Fernwärme**, hydraulisch abgeglichen, gedämmte Rohre der Wärmeverteilung, kontrollierte Lüftung ohne Wärmerückgewinnung	1,0		57
Gasbrennwerttherme†, hydraulisch abgeglichen, gedämmte Rohre der Wärmeverteilung, Solaranlage, kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung	0,9		51
Erdwärmepumpe, hydraulisch abgeglichen, gedämmte Rohre der Wärmeverteilung, Solaranlage, kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung	0,6		34
Erdwärmepumpe, hydraulisch abgeglichen, gedämmte Rohre der Wärmeverteilung, Solaranlage, kontrollierte Lüftung mit Abluftwärmepumpe, Erdspeicher eTank, PV-Direktnutzung	0,36		21

\* Dies setzt voraus, dass die Therme tatsächlich im Brennwertbereich arbeitet.

\*\* Stand 2014 Primärenergiefaktor mit 0,56.

[29] In einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung muss ein nutzbarer Energieertrag von mindestens 300 Kilowattstunden pro Quadratmeter solarthermischer Kollektorfläche nachgewiesen werden können, damit sich die Anlage rechnet.

[30] DEMooS steht für Dynamischer Energie Manager mit offenem, oszillierendem Speicher und wurde durch eZeit Ingenieure GmbH entwickelt. Ziel ist es solarthermische Energie maximal in ein Heizsystem zu integrieren und insbesondere auch Erträge mit einer tiefen Entropie kostengünstig über Wärmepumpen in nutzbarer Wärme höherer Entropie zu überführen.

[31] Im  $e_p$ -Wert ist die Effizienz der gesamten Energieversorgungskette inkl. der Anlagen- und Übergabeverluste bewertet. Doch Achtung! In die Berechnung fließen zur primärenergetischen Bewertung politisch festgelegte Primärenergiefaktoren ein, sodass beispielsweise vorgelagerte Prozesse wie die Rohstoffgewinnung

und der Transport nach Deutschland nicht in die Bilanzgrenze der Kalkulation fallen (siehe Kapitel 0 und 2.2).

[32] Bei der Angabe der  $e_p$ -Werte in der Tabelle handelt es sich um eine Vereinfachung, da dieser von der tatsächlichen Größe und Auslegung der Anlagentechnik abhängt.

Die Tabelle verdeutlicht, warum alte Heizsysteme durch geringinvestive Maßnahmen, wie einem hydraulischen Abgleich, dringend nachgebessert werden müssen, beziehungsweise ausgetauscht gehören. Bei den orange markierten Feldern der Tabelle wird die Zielsetzung der »Energieeffizienzstrategie Gebäude« (ESG) sowie des »Klimaschutzplanes 2050« weit verfehlt, bei den grün markierten weit unterschritten.

Im Praxisbeispiel wurde eine Anlagenaufwandszahl von 0,36 nachgewiesen.<sup>33</sup> Das Gebäude hat einen jährlichen Primärenergiebedarf von 21 Kilowattstunden pro Quadratmeter und unterschreitet damit den Zielwert der »Energieeffizienzstrategie Gebäude« für das Jahr 2050 um knapp 48 %. Mit einer Reduktion des Primärenergiebedarfs von knapp 87 % wurde auch die Zielsetzung aus dem »Klimaschutzplan 2050« erfüllt, ohne dass der bis 2050 sinkende Primärenergiefaktor des deutschlandweiten Strom-Mixes bei dieser Rechnung miteinbezogen wurde.

Fasst man die Erkenntnisse der Kapitel 0.1 – 0.3 zusammen und überträgt diese auf ein konventionell gebautes oder saniertes Gebäude auf Basis von stromgeführten Wärmepumpen, deutlich geringeren Baukosten und mit einem deutlich höheren jährlichen Primärenergiebedarf von beispielsweise 60 Kilowattstunden pro Quadratmeter<sup>34</sup>, ergibt sich bis 2050 folgendes Szenario:

**T3 Konventionell gebautes Haus nach EnEV auf Basis von stromgeführten Wärmepumpen.<sup>35</sup>**

Jährlicher Primärenergiebedarf bei Inbetriebnahme [kWh/m <sup>2</sup> a]	60,0
Verbesserung durch Betriebsoptimierung [%]*	-30
Jährlicher Primärenergiebedarf nach Betriebsoptimierung [kWh/m <sup>2</sup> a]	42,0
Veränderung des PEF im Strom-Mix bis 2030 [%]	-50
<b>Jährlicher Primärenergiebedarf 2030 [kWh/m<sup>2</sup>a]**</b>	<b>21,0</b>
Veränderung des PEF im CO <sub>2</sub> -Anteils im Strom-Mix bis 2040 [%]	-67
<b>Jährlicher Primärenergiebedarf 2040 [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>	<b>14</b>
Veränderung des PEF im Strom-Mix bis 2050 [%]	-78
<b>Jährlicher Primärenergiebedarf 2050 [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>	<b>9,3</b>

\* Nach Erkenntnissen aus aktuellen Projekten sehen wir möglich Betriebsoptimierungen von weit über 30 % als möglich an.

[33] Dieser Wert gilt für das gesamte Gebäude inkl. DG-Neubau.

[34] Es handelt sich hier um ein konventionell gedämmtes Gebäude mit Frischluftversorgung und behaglichen Oberflächentemperaturen der Außenwände. Ein KfW EH-Standard wird nicht erreicht..

[35] Nicht berücksichtigt sind z. B. Effizienzabnahmen bei den technischen Anlagen, aber auch Verbesserungsmaßnahmen durch Vernetzung der Gebäude entsprechend Kapitel 0.5.

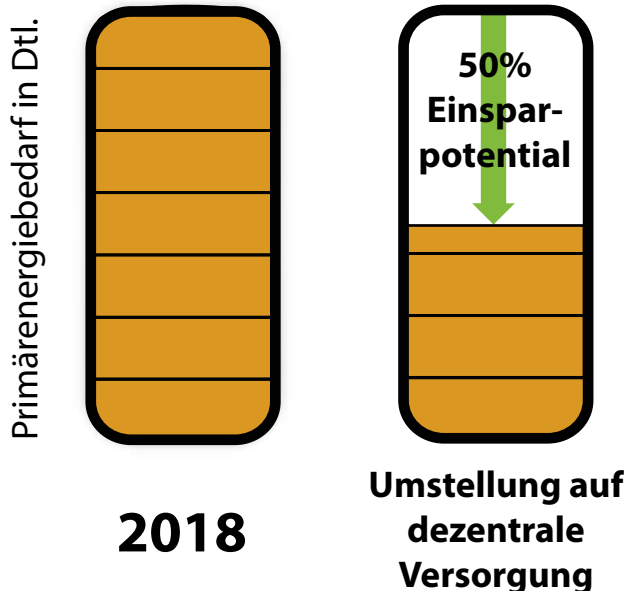
Auch bei einem deutlich günstigeren Gebäude wird bereits ab 2030 die Zielsetzung aus dem »Klimaschutzplan 2050« unterschritten. Durch die dezentrale Versorgung des Gebäudes werden aus energiewirtschaftlicher Perspektive nochmals 30% Umwandlungsverluste vermieden (siehe Kapitel 2.1), die in der Tabelle bisher gar nicht zum Ansatz gebracht wurden.

### Was folgt daraus?

- ➔ Mit der Zunahme der EE am Strom-Mix verbessert sich der  $e_p$ -Wert einer strombasierten Anlagentechnik ohne Anlagenveränderungen vornehmen zu müssen. Damit werden alle Zielsetzungen zur CO<sub>2</sub>-Einsparung deutlich unterschritten.
- ➔ Eine dezentrale Energieversorgung auf der Basis von EE hat eine enorme Hebelwirkung bei der Reduzierung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs.
- ➔ Derartige Systeme weisen eine hohe Zukunftsfähigkeit aus, können mit ihnen schon heute die Klimaziele 2050 unterschritten werden. Zudem lassen sie sich netzdienlich einsetzen.
- ➔ Sobald eine niedrige Anlagenaufwandszahl  $e_p$  erreicht wird, also erneuerbare Energien effizient zum Einsatz kommen, muss der eingesetzte Ressourcenbedarf stärker in den Fokus rücken!

Mit Hilfe weniger Schlüsselkomponenten kann eine hocheffektive dezentrale Energieversorgung ermöglicht werden. Hocheffizient im Sinne der »Energiezelle Gebäude«, aber auch im Sinne der deutschlandweiten Energieversorgung.

Im Rahmen der Gebäudeplanung lassen sich hohe Umwandlungs- und Verteilverluste in den Vorketten der Energieerzeugung vermeiden, wenn eine dezentrale Energieerzeugung am Gebäude mittels EE geplant wird. Dezentrale Systeme, die Wärme und Strom vor Ort für den Eigenbedarf erzeugen, nutzen und speichern, sind äußerst nachhaltig, da Verluste minimiert und das Stromnetz nicht, oder nur gering, belastet wird. Sie weisen im Regelfall sehr tiefe Energiegestehungskosten auf und führen zur größtmöglichen, finanziellen Unabhängigkeit von Energiepreisdiktaten.



A9 Einsparpotential durch die Umstellung auf dezentrale Energiebereitstellung.

Die Gebäudewirtschaft wird sich in den kommenden Jahren vom Konsumenten von Energie zum Produzenten wandeln und Flexibilitäten zur Verfügung stellen können. Als »Prosumer« eröffnen sich ihr dadurch neue Marktchancen. Auch der Mieter kann auf seine Kosten kommen. In einer Vollkostenbetrachtung lässt sich erneuerbare thermische Energie dezentral zu unter 10 Cent und elektrische Energie unter 12 Cent pro Kilowattstunde erzeugen. Dieser Preis wäre nicht nur sozial gerecht, die eingesparten Mittel würden Investitionen im privaten Sektor, Stichwort Sanierungsquote, wie auch in der Wirtschaft auslösen und wären die Antriebsenergie eines Jobmotors. Bezahlbare regenerative Energien führen zur Unabhängigkeit von externen Faktoren. Die Wertschöpfungskette kommt der lokalen Wirtschaft zugute. Ein tiefer Energiepreis ist eine »Win-win-Situation« für alle.

### Forderungen an die Akteure der Energiewende:



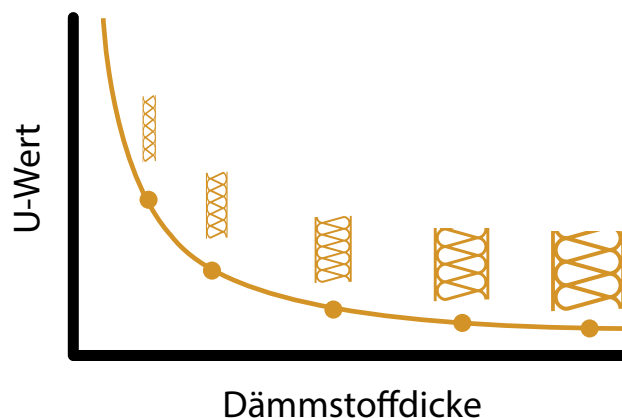
- Es bedarf einer grundsätzlichen politischen Ausrichtung, um die Energiewende umsetzen zu können. Energieeffizienzmaßnahmen werden nur getätigt, wenn sie wirtschaftlich darstellbar sind. Statt kostenintensiver Investitionen in die Gebäudehülle, könnten hocheffiziente regenerative und auch regelenergiefähige Anlagensysteme mehr in den Fokus gerückt werden.
- Das EEWärmeG kann entfallen, wenn der  $e_p$ -Wert

kleiner 1 ist, vorausgesetzt, die Primärenergiefaktoren der Wärmeerzeuger werden transparent nachgewiesen.

- Im  $e_p$ -Wert soll zukünftig die Regelenergiefähigkeit, d.h. der Beitrag des Gebäudes zur Stromnetzstabilisierung, beispielsweise über eine Bonusregelung, mit ausgewiesen werden dürfen. Gleiches ist ebenso bei einer KWK-Anlage, die z. B. mit methanisierendem Gas betrieben wird (P2G), sinnvoll. Primärenergiefaktoren und deren Steuerwirkung müssen überprüft werden.
- Die Einbindung von zertifiziertem, erneuerbarem Strom muss möglich werden. Damit würde der Strom-Mix wegfallen und Strom aus Kohlekraftwerken einen deutlich schlechteren Primärenergiefaktor erhalten. Damit wird ein Anreiz zum Ausbau von EE geschaffen. Nachweispflichten sowie längere Vertragslaufzeiten zur Sicherstellung der tatsächlichen Nutzung EE müssen dabei diskutiert werden.
- Der Ausbau von Solarenergie ist unverzichtbarer Bestandteil der Energiewende. Nachhaltige Energiegewinnung auf Gebäudeebene darf beispielsweise nicht in Form von Steuern bestraft werden, sonst geht ein großer gesellschaftlicher Nutzen verloren.

## I.IV Grenznutzenbetrachtung in der Planung

Das Energiesystem im Gebäude ist der »Schlüssel« zur Energiewende, die Betrachtung der Baustoffe das »Schloss«!



A10 Dämmwertverbesserung und Grenznutzenbetrachtung.

Als wichtige Erkenntnis zur Kostenreduktion kristallisiert sich heraus, dass in Gebäuden, die mit hohen Anteilen an erneuerbaren Energien temperiert werden, durch zusätzliche Dämmung nicht notwendigerweise zusätzlich CO<sub>2</sub> eingespart wird. Wenn der nach der EnEV geforderte Dämmstandard einer Grenznutzenbetrachtung unterzogen wird, stellt man schnell fest, dass ab einer gewissen Dämmstärke der CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu Herstellung jedes zusätzlichen Zentimeters in keinem Verhältnis mehr zu der dadurch erreichten Primärenergieeinsparung bei der Gebäudetemperierung steht (siehe Kapitel 5.1). Dieser Grenzwert ist zudem abhängig vom eingesetzten Dämmmaterial.<sup>36</sup> Die Frage, die somit gestellt werden muss, ist nicht die, ob Dämmung sinnvoll ist, sondern:

**Ab welchem Dämmwert, in Abhängigkeit vom Anteil erneuerbarer Energien an der Gebäudetemperierung, wird durch zusätzlichen Ressourcenaufwand das eigentliche Ziel einer ganzheitlichen, volkswirtschaftlichen Dekarbonisierung konterkariert?**

Im Praxisbeispiel konnte nachgewiesen werden, dass auf Basis der Dämmanforderungen nach KfW EH 85 (EnEV 2009) bereits die Zielsetzung der Bundesregierung für 2050 an den Primärenergiebedarf um über 48 % unterschritten wird. Berechnungen legen nahe, dass auch mit einem deutlich tieferen Dämmstandard, die in der »Energieeffizienzstrategie Gebäude« definierten Zielwerte hätten unterschritten werden können, ohne die Behaglichkeitskriterien der Nutzer zu beeinträchtigen. Dies wurde aber aufgrund der Fördersummen der KfW, die als Nebenanforderung eine Erhöhung des Mindestdämmwerts fordert, unterlassen. Außerdem werden nach der EnEV Mindestdämmwerte gefordert.

Der Ressourceneinsatz könnte somit in Abhängigkeit vom  $e_p$ -Wert optimiert werden, was zu einer deutlichen Baukostenreduktion führen kann.

### Praxisbeispiel

Im Jahre 2015 sickerte parallel zur Umsetzung der ersten Bau-phase durch, dass die Bundesregierung mit der EnEV 2016 eine weitere Reduktion des Transmissionswärmeverlustes um 15 % beabsichtigt<sup>37</sup>. Dazu hätten beispielsweise auf der bis dahin geplanten 14 Zentimeter Polystyrol-Dämmung mindestens weitere 10 Zentimeter aufgetragen werden müssen.<sup>38</sup>

[36] In die Grenzwertbetrachtung fließt u.a. die CO<sub>2</sub>-Intensität sowie der Graue Energieaufwand zur Herstellung des Baustoffs mit ein.

[37] Dazu ist es jedoch nicht gekommen. Nach der WärmeschutzVO 95 wurde 2002 die »Einsparverordnung« durch die EnEV neu gefasst und in 2004, 2007, 2009, 2014, 2016 weiter verschärft. Mit dem GEG soll sie 2018 auf eine neue Ebene gehoben werden. Folgende Frage sollte zum Nachdenken anregen: Reduziert sich der Wert eines sanierten oder neugebauten Gebäudes nach jeder Verschärfung, da es nun nicht mehr dem Stand der Technik entspricht?

[38] Damit wäre allerdings eine Einsparung um 15 % noch nicht erreicht worden.

## Wie sieht dies bezüglich eine Grenznutzenbetrachtung aus?

### T4 Primärenergetische Grenznutzenbetrachtung.

Primärenergiebedarf für die Herstellung der Mehrdämmung* [kWh]	59.911
Dadurch jährliche Heizenergieeinsparung (Q <sub>H</sub> + Q <sub>WW</sub> ) [kWh/a]	4.222
Fall 1: Anteil an Primärenergie in der Heizenergieeinsparung bei $e_p = 0,36$ (2018) [kWh]	1.520
Fall 2: Anteil an Primärenergie in der Heizenergieeinsparung bei $e_p = 0,18$ (ca. 2030) [kWh]	760

\* Berechnung auf Grundlage der Daten aus der Ökobaudat des BMUB. (Ökobaudat, 2017 a)

Der Primärenergiebedarf zur Herstellung der Dämmmaterialerhöhung wird durch die Einsparung bei der Gebäudetemperierung in Fall 1 nach knapp 40 Jahren amortisiert. Durch eine Vernetzung der Gebäude oder eine höhere Einbindung von EE im Stromnetz<sup>39</sup> wird der  $e_p$ -Wert mittelfristig auf unter 0,18 gesenkt werden können, wodurch sich die Amortisationszeit in Fall 2 auf über 78 Jahre erhöht. Die Lebensdauer von Wärmedämmverbundsystemen wird nach BNB-Kriterien<sup>40</sup> mit 40 Jahren angegeben, damit kann der Primärenergieaufwand innerhalb des Lebenszyklus durch die Gebäudetemperierung nicht eingespart werden.

Noch gravierender stellt sich das Ergebnis auf Basis von CO<sub>2</sub>-Emissionen dar.

### T5 Grenznutzenbetrachtung auf Basis der CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

Mit Herstellung verbundenen CO <sub>2</sub> -Emissionen in CO <sub>2</sub> -Äqui* [kg]	7.904
Anteil der in CO <sub>2</sub> -Äquivalente im Strom bei PEF= 1,8 (2018)** [kg]	299
Anteil der in CO <sub>2</sub> -Äquivalente im Strom bei PEF= 0,9 (2030)** [kg]	149
Anteil der in CO <sub>2</sub> -Äquivalente im Strom bei PEF= 0,4 (2050)** [kg]	66

\* Berechnung auf Grundlage der Daten aus der Ökobaudat des BMUB (Ökobaudat, 2017 a).

\*\* In der 2015 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie veröffentlichten »Energieeffizienzstrategie Gebäude« wird eine Reduktion der PEF für Strom nach EnEV 2014 (DIN V 18599-1) von 1,8 (2020) auf 0,9 (2030), 0,6 (2040) und 0,4 (2050) ausgewiesen. Siehe auch T20.

Durch eine Erhöhung der EPS-Dämmung um 10 Zentimeter wird der jährliche Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei der Gebäudetemperierung um knapp 299 kg verringert. Dem gegenüber entstehen durch die Herstellung Mehraufwendungen

Zusätzlich hätten noch alle Fenster sowie die Kellerdeckendämmung weiter verbessert werden müssen.

[39] In Nordostdeutschland wird bereits im Jahr 2033 eine 97%ige bilanzielle Deckung des Strombedarfs mit fluktuierenden Erneuerbaren Energien erwartet (GridLab GmbH, 2014).

[40] Vgl. (BBSR, 2017).

von 7.904 kg. Die Amortisationszeit beträgt demnach 26,46 Jahre<sup>41</sup>. Wenn der Ausbau der EE wie geplant stattfindet, soll bereits im Jahre 2033 in Berlin-Brandenburg der Deckungsanteil von EE im Stromnetz bei 97% liegen. Die in der EnEV 2014 angenommene Schätzung für die Jahre 2030 oder 2050 geht demgegenüber von deutlich pessimistischeren Werten aus. Und trotzdem gilt: Bereits im Jahre 2030 liegt die Amortisationszeit der Mehraufwendung dann bei über 52 Jahren, ab 2050 sogar bei über 119 Jahren!

Werden diese Zusammenhänge nicht beachtet, wird durch die Abkopplung der Energiefrage von der Ressourcenfrage ab einem bestimmten Grenzwert unbewusst CO<sub>2</sub>-Ausstoß subventioniert!<sup>42</sup> Gleichzeitig erhöhen sich die umlagefähigen Baukosten, das Wohnen wird teurer.

### Warum erhöhen sich insbesondere im Neubau durch hohe Dämmwertanforderungen die Baukosten?

Bei Neubauvorhaben wird im Regelfall die maximale Bebaubarkeit eines Grundstücks ausgereizt. Für die Baukosten ist es daher entscheidend, ob Außenwandaufbauten mit zehn Zentimeter Mehrdämmung geplant werden müssen. Hohe Dämmwertauflagen kosten nicht nur mehr, sie benötigen auch mehr Grundfläche, eine Reduktion des Dämmmaterials führt daher zu einem Mehr an vermiet- oder verkaufbarer Wohnfläche.

#### Praxisbeispiel

Beim Beispielgebäude mit einem Umfang von hundert Metern und drei Wohngeschossen beträgt der Flächengewinn im Falle eines Neubaus 30 Quadratmeter. Der Bau dieser 30 Quadratmeter kostet brutto circa 8.000 € (siehe Kapitel 5.1.4). Wenn diese Wohnfläche monatlich zu 10 € pro Quadratmeter vermietet wird, ergeben sich jährliche Einnahmen von 3.600 €, damit wären bereits nach zweieinhalb Jahren die zusätzlichen Baukosten finanziert. Im Ergebnis entgehen dem Gebäudeeigentümer in 30 Jahren, bei einer Rendite von 3%, Miteinnahmen in der Höhe von über 171.000 € pro Gebäude. Noch drastischer sieht diese Vergleichsrechnung aus, wenn diese 30 Quadratmeter in Berlin zu jeweils 3.000 € verkauft werden. In dem Fall bleibt ein ökonomischer Vorteil von 82.800 €.

Die Systemrelevanz der Ressourcenthematik im Kontext der Dekarbonisierung muss einen deutlich höheren Stellenwert erhalten. Hier spielt insbesondere der Bilanzrah-

men eine wichtige Rolle, da Ressourcen zur Herstellung der Bauprodukte oft international eingekauft werden müssen. Eine Diskussion darüber, ob Graue Energie nach dem Verursacherprinzip, also territorial, oder auf einer »verbrauchsbezogenen« Datenerhebung bilanziert werden soll, hängt von verschiedensten Faktoren ab. Aus der Sicht des Planers lässt sich jedoch festhalten, dass nur über eine »verbrauchsbezogene« Bilanzierung, welche alle Emissionen über den gesamten Produktzyklus global einbezieht, sinnvolle Entscheidungen getroffen werden können.

Und auf ein weiteres Problem insbesondere für Planer muss hingewiesen werden. Gerichtsurteile legen immer wieder nahe, dass der Ingenieur zu prüfen hat, ob beispielsweise DIN-Normen noch dem Stand der Technik entsprechen. Wer haftet, wenn Dämmwerte wider besseres Wissen eingehalten werden, obwohl weniger nicht nur zur CO<sub>2</sub>-Reduktion, sondern auch zur Kostenreduktion geführt hätte? Im einen Fall entsteht der Gemeinschaft ein Schaden, im anderen Fall dem Gebäudeeigentümer!

### Forderungen an die Akteure der Energiewende:



- Eine Experimentierklausel sollte im GEG mit aufgenommen werden, damit Experimente beispielsweise zur Fragestellung der Energie- und Ressourcenoptimierung explizit möglich werden. Die gesamtökologischen und ökonomischen Erkenntniswerte aus solchen Projekten dürften enorm sein.
- Die bisherige Grundformel  $Q_p = (Q_H + Q_{WW}) \times e_p$  bleibt erhalten. Der maximal zulässige Primärenergiebedarf und  $H_T'$  werden anhand des Referenzgebäudes bestimmt. Eine weitere Verschärfung betrifft nur den Primärenergiebedarf, nicht aber  $H_T'$ .
- $H_T'$  wird frei gegeben, wenn EE am Gebäude erzeugt und genutzt werden. Voraussetzung: Die thermischen Behaglichkeitskriterien (z. B. nach Dr. Ledwina) werden eingehalten und ein Großteil der Heizenergie wird am Gebäude erzeugt und genutzt. Der Prozentsatz muss diskutiert werden.
- Im Förderprogramm KfW EH 55 muss vor dem Hintergrund der Dekarbonisierung die Nebenanforderung der weiteren Dämmwertverbesserung ( $H_T'$ ) in Frage gestellt werden. Wird diese nicht erfüllt, ist es heute trotz deutlicher Unterschreitung des geforderten Primärenergiebedarfs unmöglich, den Teilschuldnerlass der KfW-Bank zu erhalten. Diese Investitionshilfe ist jedoch essentiell, um Projekte wirtschaftlich und

[41] Die Rechnung berücksichtigt einen Deckungsanteil von lokal erzeugtem PV-Strom. Sie lässt aber unberücksichtigt, dass durch die PV-Anlage deutlich mehr Strom erzeugt wird. Diese Energie kommt dem Handlungsfeld »Energiewirtschaft« zugute.

[42] Beispielsweise begnügt sich die KfW bei den Effizienzhäusern nicht mit der Festlegung eines maximal zulässigen Primärenergiebedarfs. Sie fordert darüber hinaus als Nebenanforderung eine Erhöhung des Dämmwerts.



sozialverträglich umsetzen zu können.

- Der Endenergiebedarf der Energieträger (Strom, Gas, Öl) muss im Energieausweis ausgewiesen werden. Eine Mengengrenzung sollte diskutiert werden. Diese Fairness ist dem Nutzer und Mieter des Gebäudes geschuldet. Er weiß damit, was für Kosten auf ihn zukommen. Eine Begrenzung würde zusätzlich vor zu hohen Energiekosten bei niedrigen Primärenergiefaktoren schützen (Pellet Kessel, »schön« gerechnete KWK-Lösungen etc.).
- Die Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente soll zukünftig in den Fokus rücken, um Planern ökologisch sinnvolle Entscheidungen zu ermöglichen. Vor allem der Grenznutzen des Materialaufwandes gegenüber dem Anteil der EE an der Heiz- und Kühlenergie sollte mindestens bei der Entwicklung zukünftiger politischer Szenarien, im Ordnungsrecht und bei Förderungen aufgegriffen werden.
- Als erster Schritt könnten die CO<sub>2</sub>-Äquivalente fakultativ oder versuchsweise parallel zum »Primärenergiebedarf« als Hauptindikator der EnEV ausgewiesen werden, um Erfahrungen für eine spätere Umstellung der Hauptanforderung zu sammeln. Mit einer gleichzeitigen Begrenzung des Endenergiebedarfs können Ineffizienzen im System »Gebäude« verhindert werden.
- Die Optimierung von Gebäudehülle und Haustechnik muss systemoffen durchgeführt werden können. Es sollte dem Gebäudeeigentümer bzw. Planer überlassen werden, ob er verstärkt in die Hülle oder Haustechnik investieren will.

Die energetische und wirtschaftliche Optimierung eines Gebäudes wird wesentlich durch den Grenznutzen bestimmt. Dieser ist wiederum abhängig von der in der EnEV ausgewiesenen Anlagenaufwandszahl  $e_p$ . Daher sollte ein Fokus auf das tatsächlich mögliche und in der Praxis nachweisbare Verbesserungspotential dieses Wertes gelegt werden. Mithelfen könnten folgende Aspekte:

- Im  $e_p$ -Wert soll zukünftig die Regelernergiefähigkeit, d.h. der Beitrag des Gebäudes zur Stromnetzstabilisierung, beispielsweise über eine Bonusregelung mit ausgewiesen werden dürfen. Gleiches ist ebenso bei einer KWK-Anlage, die z. B. mit methanisertem Gas betrieben wird (P2G), sinnvoll.
- Primärenergiefaktoren müssen offen und transparent diskutiert können und hinsichtlich des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes überprüft werden. So ist beispielsweise der PEF von null einer Müllverbrennungsanlage unglaublich

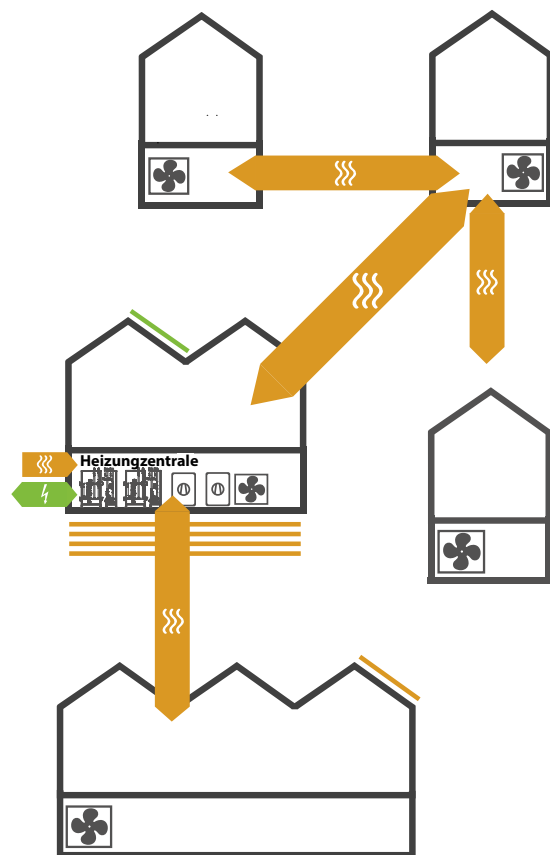
und stellt die Energiedebatte in Frage. Auch der bei der Stromgutschriftmethode von KWK-Anlagen angesetzte PEF des Verdrängungsstrommixes muss heutigen Bedingungen angepasst werden.

- Primärenergiefaktoren und deren Steuerwirkung müssen überprüft werden.
- Die Einbindung von zertifiziertem, erneuerbarem Strom muss möglich werden. Damit würde der Strom-Mix wegfallen und Strom aus Kohlekraftwerken einen deutlich schlechteren Primärenergiefaktor erhalten. Damit wird ein Anreiz zum Ausbau EE geschaffen. Nachweispflichten sowie längere Vertragslaufzeiten zur Sicherstellung der tatsächlichen Nutzung EE müssen dabei diskutiert werden.

Damit könnte technologieoffen entschieden werden, welches der nachhaltigste Weg ist.

## I.V Vernetzung von Gebäuden

### Bezahlbares Bauen und Wohnen mit »Grüner Energie« vereinen!



A11 Vernetzen von Gebäuden zu Nahwärmenetzen.

Werden die Erkenntnisse aus dem Praxisbeispiel auf mehrere thermisch und elektrische vernetzte Gebäude angewendet, können weitere Synergien in den Bereichen Energieeffizienz, Betriebs- und Baukostenoptimierung sowie Ressourcenschonung gehoben werden. Vernetzt man Gebäude nicht nur mittels Nahwärmenetze miteinander, sondern auch über ein eigenes Arealstromnetz mit einem Netzübergabepunkt zum öffentlichen Stromnetz, können Stromüberschüsse im Quartier zwischen den Gebäuden effizienter verschoben werden.

Anhand der unten stehenden Abbildung A12 werden die Ergebnisse und Mehrwerte der sanierten Bestandsgebäude und dem im Planungsstadium befindlichen Neubauprojektes »SolWo Königspark« verdeutlicht.

Wenn eine integrierte, sektorübergreifende Versorgung von Quartieren in Konzeptionierung und Planung mitgedacht wird, bewirkt die thermische und elektrische Vernetzung der Gebäude eine Reduktion der Kosten für die Anlagentechnik (siehe Kapitel 5.5), da diese größer dimensioniert werden kann, wodurch die Strom- und Wärmekosten ökologisch sinnvoll weiter gesenkt werden. Außerdem werden mit einer Reduktion des Technikaufwandes weitere Ressourcen eingespart.

Die Logik ist einfach: Wird in einem Gebäude beispielsweise mehr Strom produziert als verbraucht, kann dieser in einem Nachbargebäude in der Anlagentechnik oder durch Dritte genutzt werden. Da lokal erzeugter, erneuerbarer Strom nachweislich preiswerter ist, als Strom aus dem öffentlichen Stromnetz, können der Strompreis und in der Folge auch der Preis für die thermische Energie gesenkt werden. Mit einem Wärmepumpensystem auf Basis einer effektiven Systemjahresarbeitszahl von 4 bis 5 kann damit

thermische Energie zu unter 3,2 Cent pro Kilowattstunde bereitgestellt werden. Durch die erhöhte Direktnutzung des lokal gewonnen Stroms verbessert sich darüber hinaus die Anlagenaufwandszahl  $e_p$ , was wiederum eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Folge hat.

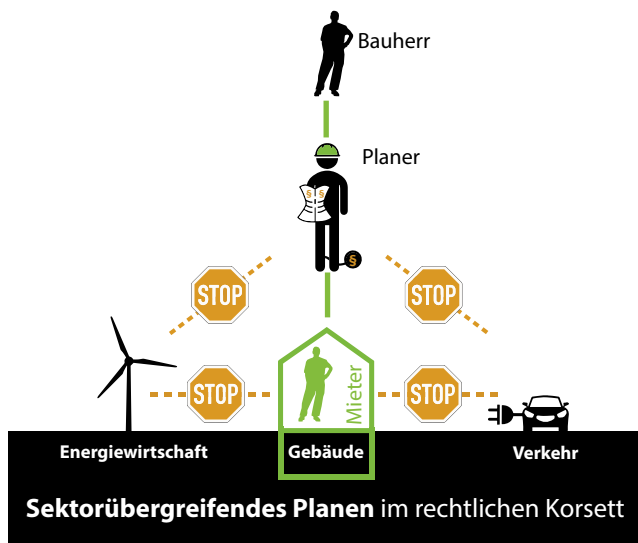
Wenn ein Quartier ganzheitlich mit Energie zur Gebäude-temperierung, für den Nutzerstrom und für die Elektromobilität versorgt wird, können Energiekosten durch verbesserte Einkaufskonditionen weiter gesenkt werden. Zusätzlich wird dabei der Leistungsbezug der unterschiedlichen Verbraucher im Quartier aufeinander abgestimmt und damit weiter reduziert. Auch die Elektromobilität profitiert: Durch die Integration der Batterien der Elektrofahrzeuge ins Arealssystem wird perspektivisch nicht nur das Angebot von schaltbaren Lasten erhöht, sondern auch gleichzeitig mehr lokal erzeugter Strom abgenommen. Die Fahrzeugeigentümer profitieren vom günstigen Strompreis, mittelfristig könnten mit einer bidirektionalen Beladung der Batterien, wie es in Japan üblich ist, sogar Strom aus der Batterie in das Anlagensystem des Gebäudes zurückgeholt werden, was eine weitere Effizienzsteigerung zur Folge hätte.

Um diese Mehrwerte zu heben, müssen jedoch Bauherren, Planer und integrierte Betreiber dazu befähigt werden, solche ganzheitlichen sektorübergreifenden Konzepte umsetzen zu können. Dies ist aufgrund mehrerer juristischer Hindernisse gegenwärtig noch schwer bis unmöglich, da ein »rechtliches Korsett« um das Gebäude gelegt ist, welches durchaus im vorigen Jahrhundert seine Daseinsberechtigung hatte. So wird der Vermieter beispielsweise zum Energieversorger samt aller damit einhergehenden Pflichten, sobald er nur eine Kilowattstunde Strom an seine Mieter liefert. Bei Ladepunkten sieht es etwas besser aus, jedoch stehen hier Hindernisse wie die Gewerbesteuerkürzung im

	heutiges Durchschnittshaus	Klimaschutzplan 2050	Saniertes Bestandsgebäude	Quartiersneubau
<b>Primärenergiebedarf [kWh/m<sup>2</sup>a]</b>	170,5	40,0	24,3	15,4
<b>Energiekosten thermisch [ct/kWh<sub>th</sub>]</b>	9 - 10		6,4	3,2
<b>Energiekosten elektrisch [ct/kWh<sub>el</sub>]</b>	29,5		25,2	16,8

A12 Kennzahlen zu aktuellen und geplanten Gebäuden.

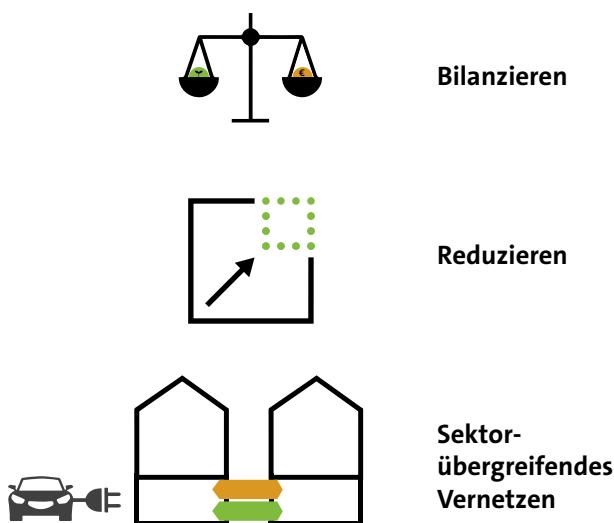
Raum, da diese nicht mehr gewährt wird, sobald das eigentliche Geschäftsfeld des Vermieters verlassen wird. Dadurch werden kaum Anreize geschaffen, den Strombedarf sektorübergreifend, eigenverbrauchsoptimiert und netzdienlich anzubieten.



A13 Aktueller Planungskontext.

TGA-Planung ist nicht mehr nur TGA-Planung – das Gebäude wie auch das Quartier sind »Prosumer« und müssen sich im Betrieb als netzdienliche Energiekraftwerke im sektorübergreifenden Markt verstehen und beweisen. Eine Riesenchance für alle Beteiligten, jedoch nur, wenn der politische Rahmen dies auch zulässt.

Energiewende bedeutet in diesem Kontext Energie- & Ressourceneffizienz mit Dezentralisierung und Vernetzung zu vereinen. Bezahlbares Bauen und Wohnen erfordert darüber hinaus:



A14 Schritte hin zum bezahlbaren Bauen und Wohnen.

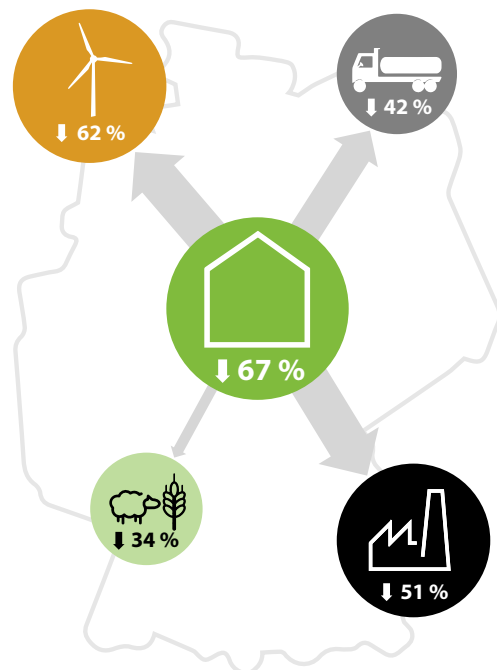
## Forderungen an die Akteure der Energiewende



- Anpassung des Energierechts hin zu einer einfacheren Versorgungsmöglichkeit der Mieter mit Strom aus lokal erzeugten EE.
- Förderung von Betreibermodellen bürgerlicher Energiegenossenschaften durch Investitionszuschuss oder Betriebskostenvorteile (beispielsweise Steuerbefreiung).
- Förderung für Realisierung und Betrieb digitalisierter Governance-Strukturen, -Prozesse und -Systeme auf Gebäude- und Quartiersebene.
- Förderung von kommunalen Energie-, Mobilitäts-, Bau- und Wohnungsgenossenschaftsmodellen durch Investitionszuschuss oder Betriebskostenvorteile (beispielsweise Steuerbefreiung).

## I.VI Hebelwirkung in der Energiewende

Das Handlungsfeld Gebäude besitzt einen größeren Hebel im »Klimaschutzplan 2050«, als bisher angenommen!



A15 Zielwerte der CO<sub>2</sub> Reduktion für die verschiedenen Handlungsfelder bis 2030 und Einfluss des Handlungsfeldes »Gebäude« auf die anderen Sektoren. (Datenbasis: (BMUB, 2016))

Der Beitrag zur nationalen Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung kann durch das »Handlungsfeld Gebäude« erheblich erhöht werden, wenn der bisherige Bilanzrahmen erweitert und sektorübergreifend gedacht wird. Die Dezentralisierung der Energieversorgung sowie Ressourcenoptimierung am Gebäude sind die großen Hebel der Energiewende, da hohe Umwandlungs- und Verteilverluste in den Vorketten der Energieerzeugung vermieden werden können und Materialeinsparung zur CO<sub>2</sub>-Gutschrift auf den Konten der Handlungsfelder »Energiewirtschaft«, »Industrie« und »Verkehr« führen.

Die folgende Rechnung am Praxisbeispiel verdeutlicht den Effekt, der alleine durch eine Ressourcenoptimierung ausgelöst wird, wenn anstatt einem geförderten Niedrigst-Energiehaus mit 24 Zentimeter Dämmung nur zehn Zentimeter realisiert werden.<sup>43</sup>

### Praxisbeispiel

An einem Gebäude können durch Einsparung der Dämmung knapp 11 Tonnen an CO<sub>2</sub>-Äquivalente vermieden werden. Hochgerechnet auf zwölf Gebäude<sup>44</sup> führt dies zur folgenden Gutschrift bei den Handlungsfeldern:

<b>»INDUSTRIE«</b>
Durch die Industrie müssen 1.828 Kubikmeter weniger Dämmmaterial hergestellt werden. Ebenso werden Ressourcen in der Größenordnung von über 43,5 Tonnen eingespart.
<b>»ENERGIE-WIRTSCHAFT«</b>
Durch die Energiewirtschaft müssen alleine für die Dämmung über eine Million Kilowattstunden weniger Primärenergie bereitgestellt werden. Die entsprechenden Energievorräte müssen nicht vorgehalten werden. Damit wird der Ausstoß von etwas über 131 Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalente vermieden.
<b>»VERKEHR«</b>
1.828 Kubikmeter weniger Dämmmaterial und 43,5 Tonnen Ressourcen müssen nicht nur weniger durch Deutschland transportiert werden, sondern auch die dadurch notwendigen Transporte zum Abbau der Materialien und Herstellung der Baumaterialien entfallen. Dies führt nicht nur zur Reduktion des Ausstoßes von CO <sub>2</sub> -Äquivalente, sondern vermindert auch Schadstoffemissionen, Verkehrsbelastung und Lärm.

[43] Zur Erinnerung: Nach einer Grenznutzenbetrachtung für das Dämmmaterial EPS würden als Wärmedämmverbundsystem 10 Zentimeter EPS reichen, um die Anforderungen an den Primärenergiebedarf 2050 zu erfüllen. Zusatzdämmung führt in einer ganzheitlichen Betrachtung nicht zur CO<sub>2</sub>-Reduktion.

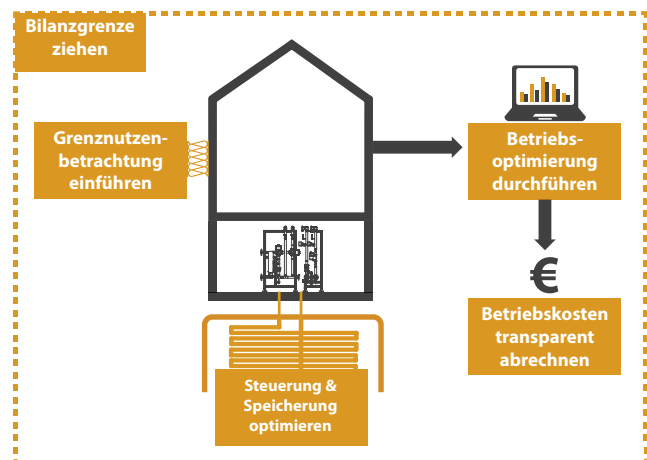
[44] Bisher wurden 13 Gebäude unterschiedlicher Größenordnung saniert.

Nicht dargestellt sind unter anderem die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Dezentralisierung der Energieversorgung und die durch die Vernetzung der Gebäude ausgelöste Technikeinsparung.

## Forderungen an die Akteure der Energiewende:



- ➔ Im Gebäudesektor, einer der rohstoffintensivsten Branchen, muss bereits bei der Planung die Rohstoff- und Energieintensität der Materialien sowie die Transformation hin zu einer Kreislaufwirtschaft verpflichtend beachtet werden.
- ➔ Eine »verbrauchsbasierte« Datenerhebung zur Bewertung der ökologischen Umwelteinflüsse, im Besonderen der CO<sub>2</sub>-Äquivalente, ist Basis für eine ehrliche Entscheidung zwischen Energie-Systemen oder Bau-Produkten und sollte darum langfristig aufgebaut werden.
- ➔ Systemisches Denken & Handeln sowie Ressourcen- & Energieoptimierung sollten in zukünftigen Planungsprozessen in den Fokus rücken. Es muss diskutiert werden, wie dadurch ausgelöste CO<sub>2</sub>-Einsparungen zwischen den Handlungsfeldern des »Klimaschutzplanes 2050« ökonomisch- und sozialgerecht gutgeschrieben werden.

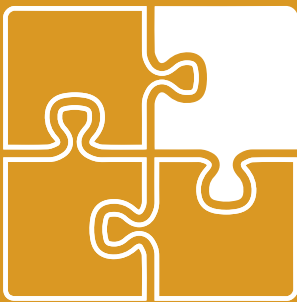


A16 Kernbotschaften im Gebäudesektor.



# 1

# Kontext



Der Weltklimarat IPCC warnt in seinem 5. Sachstandsbericht aus dem Jahr 2014 erneut eindringlich vor den Folgen eines ungebremsen globalen Klimawandels. Ohne einen raschen, ambitionierten und nachhaltigen Klimaschutz wäre ein globaler Temperaturanstieg um durchschnittlich 4 Grad Celsius oder mehr in diesem Jahrhundert wahrscheinlich.<sup>[45]</sup> Bisher ist bereits ein weltweiter Temperaturanstieg von durchschnittlich 0,85 Grad Celsius gegenüber der Zeit vor der Industrialisierung zu verzeichnen, welcher vielfältige Folgen für natürliche und gesellschaftliche Systeme – auch in Deutschland – hat.<sup>[46]</sup>

Im letzten Jahrzehnt sind die globalen Treibhausgasemissionen trotz aller bisherigen Bemühungen zum Klimaschutz sogar noch stärker als zuvor gestiegen. Im Zeitraum von 2000 bis 2010 lag der Anstieg anthropogen verursachter Treibhausgasemissionen bei 2,2 % pro Jahr, während die Emissionen in den drei Jahrzehnten davor im Durchschnitt nur um 1,3 % jährlich gestiegen waren.<sup>[47]</sup>

Trotz der unwiderruflichen Dringlichkeit hier gegen zu steuern steigen die THG-Emissionen stetig an. Parallel dazu verursachen Naturkatastrophen, als Vorboten des Wandels der Ökosysteme, immer größere Schäden. Klimaschutz und Klimaanpassung müssen daher als zwei sich ergänzende Strategien verfolgt werden. Eine Mammutaufgabe, die eine sozialverträgliche Umsetzung erfordert, die dem Gebot der Wirtschaftlichkeit zu folgen hat und deren Aufgabe für die Gebäudewirtschaft noch zusätzlich darin besteht, bezahlbaren Wohnraum zu schaffen.

Neben der Klimadebatte rückt langsam auch die Ressourcenproblematik in das öffentliche Bewusstsein. Das globale Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum verstärkt zunehmend den Druck auf die natürlichen Ressourcen wie Rohstoffe, Energie, Fläche, Wasser und Biodiversität. Deshalb ist ein schonender und gleichzeitig effizienter Umgang mit natürlichen Ressourcen eine Voraussetzung für die Zukunftsfähigkeit von Gesellschaften. Weltweite Strategien bzw. ein grundsätzlicher Plan hin zu einer umweltschonenden und auch gesundheitsbewussten Ressourcennutzung, vom Abbau bis zur Wiederverwertung, fehlen momentan noch gänzlich! Schwerpunkt der politischen Debatte ist vielmehr die Energiewende und damit korrelierende Themen wie Energieeffizienz und Energieeinsparung.

[45] Vgl. (IPCC, 2014)

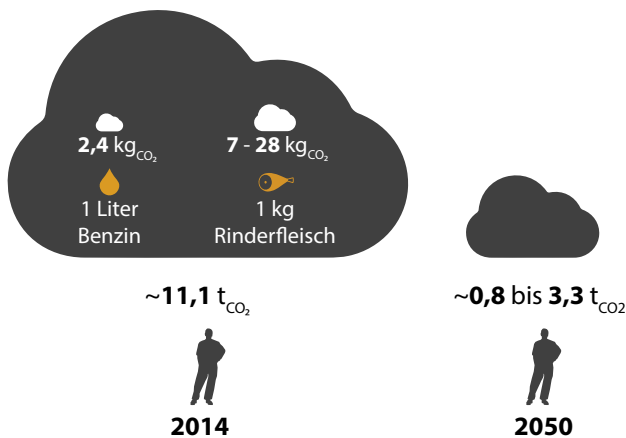
[46] Vgl. (UBA, zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel, 2015 b)

[47] Vgl. (IPCC, 2014)

# 1.1 Klimaschutzplan

## Die Verantwortung Deutschlands

Deutschland hat als eines der weltweit wichtigsten Industrieländer eine besondere Verantwortung im Klimaschutz. Nach der Auflistung der Internationalen Energieagentur war Deutschland im Jahr 2013 absolut betrachtet der weltweit sechstgrößte Treibhausgas-Verursacher, obwohl sich die Bundesrepublik oft als Klimaschutz-Vorreiter lobt und die Emissionen laut Umweltbundesamt zwischen 1990 und 2015 bereits um gut 27% gesunken sind. Somit trägt Deutschland nicht nur aufgrund der industriellen Geschichte, sondern auch heute noch ganz wesentlich zur Klimaveränderung bei. Pro Kopf werden in Deutschland derzeit jährlich ca. 11 Tonnen bzw. rund 30 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Tag ausgestoßen. 2050 müssen diese pro Kopf jährlich nur noch bei 0,8 bis 3,3 Tonnen liegen.<sup>48</sup>



A17 Jährlicher CO<sub>2</sub> Ausstoß pro Person in Deutschland.<sup>49</sup>

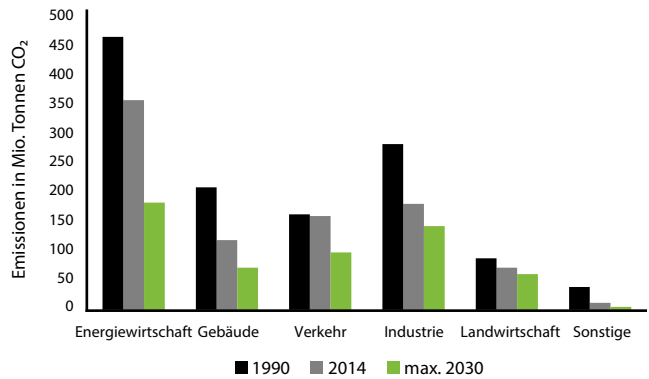
Bereits am 25. Februar 2000 bekannte sich die Legislative der Bundesrepublik Deutschland mit der Verabschiedung des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) zur Energiewende. Seitdem wurden weitreichende Strategien, Gesetze, Vorschriften und Förderungen, um nur einige Maßnahmen zu nennen, verabschiedet und stetig weiterentwickelt.

Im »Klimaschutzplan 2050« sowie im »Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz« (NAPE) wurden die deutschen Energieeffizienzziele im Einklang mit dem Pariser Klimaschutzabkommen festgeschrieben. So hat die Bundesregierung im Jahr 2010 beschlossen die Treibhausgasemissionen bis 2050 im Vergleich zu 1990 um 80 bis 95% zu vermindern. Explizit geht der »Klimaschutzplan 2050« dabei auch

[48] Vgl. (BMUB, 2016) mit einer Einwohnerzahl von 81,2 Mio. Einwohnern vgl. (Statista GmbH, 2018) für das 2014 berechnet.

[49] Einwohnerzahlen für 1990, 2014 von (Statista GmbH, 2018), für 2050 laut (Bundeszentrale für politische Bildung, 2015), CO<sub>2</sub> Werte für Deutschland laut (BMUB, 2016), CO<sub>2</sub> Werte für Benzin laut (BMWl, 2014, S. 26), CO<sub>2</sub> Werte für Rinderfleisch laut (UBA, Daten zur Umwelt, 2015 a, S. 86).

auf das Gebot der Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit ein. Klimaschutz und bezahlbarer Wohnraum müssen im »Handlungsfeld Gebäude« zusammen betrachtet werden.



A18 Handlungsfelder und deren Zieldefinitionen nach »Klimaschutzplan 2050«. (Datenbasis: BMUB, 2016, S. 8)

Für alle Handlungsfelder im »Klimaschutzplan 2050« wurden sowohl Leitbilder und transformative Pfade als Orientierung bis 2050, als auch konkrete Meilensteine und Ziele als Rahmen für jedes definierte Handlungsfeld bis 2030, formuliert. Kernelemente der CO<sub>2</sub>-Einsparung bilden Energieeffizienz, Energieeinsparung und der Wandel von einer fossilen zu einer erneuerbaren Energiebereitstellung.

Als Zwischenziel sollten die CO<sub>2</sub>-Emissionen europaweit bis spätestens 2020 mindestens um 40% gegenüber dem Ausgangswert 1990<sup>50</sup> gemindert werden. Obwohl die Bundeskanzlerin noch im September 2017 die Einhaltung der Zielsetzung in der TV-Sendung »Klartext, Frau Merkel« bekräftigte<sup>51</sup>, werden bis 2020 wahrscheinlich nur 30% Minderung erreicht.<sup>52</sup> Eine Verfehlung um 25%!

Um die energiepolitischen Ziele mit Nachdruck umzusetzen, bedarf es mittlerweile einer Neujustierung der Strategien. Vielversprechend oder sogar unverzichtbar erscheinen sektorübergreifende Projekte, welche Innovationen in allen Bereichen strategisch miteinander verknüpfen und effiziente Win-win-Situationen ermöglichen. Insbesondere für das »Handlungsfeld Gebäude« gilt: Das CO<sub>2</sub>-Einsparpotential von Sektoren und Handlungsfelder übergreifenden Strategien ist aus planerischer Perspektive enorm und kann weit über das hinausgehen, was im »Klimaschutzplan 2050« formuliert ist. Grundlegend hierzu ist jedoch nicht nur eine strategische Fokussierung auf die Problemfelder innerhalb des Handlungsfeldes und eine Anpassung der entsprechenden Regularien, sondern vor allem sektorübergreifendes denken, planen und bilanzieren. Gerade dies

Das »Handlungsfeld Gebäude« kann Antrieb der Dekarbonisierung werden!

[50] Vgl. (BMUB, 2016, S. 23).

[51] Vgl. (Merkel, 2017).

[52] Vgl. (Energiewende Agora, 2017).

wird jedoch durch einen bis dato existierenden «Gesetzes-Dschungel», unklare Bilanzgrenzen und missverständliche Kommunikation massiv erschwert.

Um die Dekarbonisierung, also die Minderung der Treibhausgasemissionen, im »Handlungsfeld Gebäude« zielgerichtet und effektiv voranzutreiben, müssen folgende Fragen beantwortet werden:

**Wie viel Energie wird mit welchem Ressourcenaufwand eingespart bzw. wann tritt die energetische Amortisation ein?**

Interessant und zur Evaluation notwendig sind hierbei im Betrieb nachgewiesene Effizienzmaßnahmen!

**Mit welcher dieser Maßnahmen werden tatsächlich die klimaschädlichen Treibhausgase am stärksten reduziert?**

Dabei muss beachtet werden, wie weit die Bilanzgrenze gespannt wird, um ehrliche und vergleichbare Aussagen zu erhalten!

**Wieviel Ressourcenaufwand ist zur Minderung des Heizenergiebedarfs vor dem Hintergrund der Dekarbonisierung gerechtfertigt?**

Seit der Wärmeschutzverordnung 1977 wird unter dem Effizienzgedanken nur die Energie zur Gebäudetemperierung als Ressource betrachtet. Die Themen Materialeinsatz und Materialeffizienz werden bisher komplett ausgeklammert.

**Welche Ressourcen<sup>53</sup> kommen zum Einsatz und sind diese tatsächlich umwelt- und klimaschonend einsetzbar? Sind Baustoffe beispielsweise in den Produktkettenkreislauf rückführbar oder binden sie sogar CO<sub>2</sub>?**


Auch Ressourcen zur Herstellung der Baumaterialien können knappe Güter sein. Durch explodierende Kosten in der Abfallwirtschaft sollten Rückbaukosten mit beachtet werden. Nachwachsende, CO<sub>2</sub>-bindende Baustoffe bringen hier günstigere Voraussetzungen mit. Ökologisch betrachtet ist Bestandserhalt einem Abriss und darauffolgenden Neubau vorzuziehen.

**Mit welchen Maßnahmen kann der Gebäudebestand im Sinne des »Klimaschutzplanes 2050« wirtschaftlich und sozialverträglich saniert werden?**

Wenn in einem Planungsprozess Gebäudehülle und Haustechnik ganzheitlich optimiert und aufeinander abgestimmt werden, können der Technik- und Ressourceneinsatz reduziert, Baukosten eingespart und die Energie-

und Ressourceneffizienz erhöht werden.

Der Effizienzgedanke darf sich gerade im »Handlungsfeld Gebäude« nicht nur auf den Energiebedarf zur Gebäudetemperierung beziehen, sondern muss durch den Ressourcenbedarf auch die Auswirkungen auf die Handlungsfelder »Energiewirtschaft« (z. B. dezentrale Energieversorgung), »Industrie« (z. B. Herstellung der Baumaterialien) und »Verkehr« (z. B. Lieferung der Baumaterialien, Sektorenkopplung) im Auge behalten.



Energie- und Ressourceneffizienz reduziert Bau- und Energiekosten.

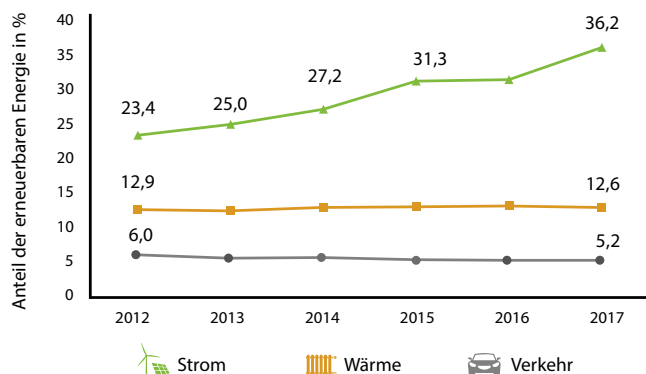
## 1.2 Energiewende Die wirtschaftliche Chance



A19 Energiewende beinhaltet Strom-, Wärme- und Verkehrswende.

Als Energiewende wird der Transformationsprozess des Energie- und Verkehrssystems auf Basis fossiler Energieträger wie Öl, Kohle und Gas sowie Atomenergie hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung mittels erneuerbare Energien EE bezeichnet.

Die Energiewende ist ein zentraler Baustein des Klimaschutzes. Sie gliedert sich in die drei Sektoren Strom, Wärme und Verkehr.



A20 Entwicklung der Anteile der erneuerbaren Energien in den Sektoren. (Datenbasis: UBA, Erneuerbare Energien in Zahlen, 2017 a)

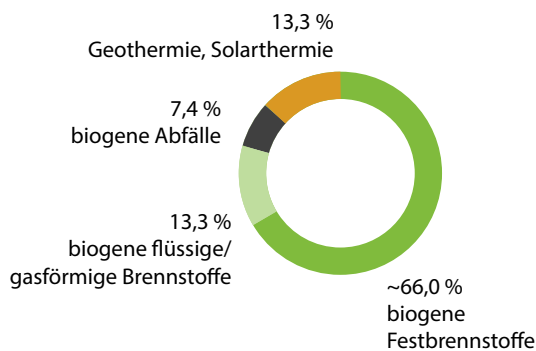
[53] Als Ressource wird in diesem Bericht materielles Gut in Form von Rohstoffe und Energie, im weiteren Sinne auch Boden und Umwelt, verstanden.



Bei der Stromwende ist Deutschland auf einem guten Weg. Das für 2020 gesetzte Klimaschutzziel von 40 % erneuerbarer Energie am Strombedarf wird hier voraussichtlich erreicht. Bereits 2017 lag dieser Anteil bei 36,2%. Die Hauptherausforderungen bei der Transformation eines Stromsystems aus dem Kohle- und Atomstromzeitalter hin zu einem Energiesystem, welches überwiegend aus fluktuierenden und oftmals dezentral erzeugten EE gespeist wird, ist die Stabilisierung des Stromnetzes, d.h. die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts zwischen Stromerzeugung und Stromverbrauch. Mit steigendem Anteil der EE am Strom-Mix, wird daher deren Systemintegration immer wichtiger, da jede systembedingte Abschaltung von Energieerzeugungsanlagen wie Windkraft- oder Photovoltaikanlagen volkswirtschaftliche Kosten verursacht und die Erzeugung von theoretisch nutzbarer Energie verhindert. Diese Systemintegration setzt flexible Verbraucher-, Erzeuger- und Speicheranlagen voraus, die systemdienlich eingesetzt werden können. Der Gebäudesektor könnte hier einen großen Beitrag leisten, da diese zahlreich auf Gebäude- und Quartiersebene vorhanden sind und kostengünstig aktiviert werden könnten. Besonders sektorübergreifende Systeme wie Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke oder Elektromobile werden daher eine immer wichtigere Rolle spielen.

**Systemintegration statt systembedingte Abschaltung = volkswirtschaftlicher Gewinn statt Irrsinn**

Die Wärmewende hingegen steckt in Deutschland noch »in den Kinderschuhen«. 2017 lag der Anteil von EE am Wärmeverbrauch nur bei 12,6%. Den größten Anteil decken biogene Festbrennstoffe ab (ca. 66%), gefolgt von biogenen Gas- und Flüssigbrennstoffen (13,3%) und biogenen Abfällen (7,4%).<sup>54</sup> Energien wie Umweltwärme, Geothermie und Solarthermie werden damit kaum genutzt, obwohl diese gerade im Betrieb hohe Performanzen und erhebliche Kosteneinsparungen ermöglichen. Wenn Strom und Wärme als zwei sich ergänzende Energieformen betrachtet werden, kann insbesondere das »Handlungsfeld Gebäude« einen großen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Reduktion und Stabilisierung des Stromnetzes leisten (siehe Kapitel 4.2).



A21 Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern 2017. (Datenbasis: UBA, Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern, 2018 a)

Der Verkehrssektor muss sich grundsätzlich ändern, damit das bis 2050 gesteckte Klimaschutzziel erreicht werden kann. Neben der Verringerung des Individualverkehrs steht vor allem der Prozess der Umstellung von fossilen Kraftstoffen auf erneuerbare Energieträger im Fokus. Hauptmotivation dahinter ist die Reduktion von luftverunreinigenden und umwelt- und gesundheitsschädlichen Schadstoffen, die durch die Verbrennung des Benzin-Luft-Gemisches entstehen. Neben den gasförmigen Verbrennungsprodukten wie Kohlenstoffmonoxid, Stickoxid, Schwefeldioxid und nicht verbranntem Kohlenwasserstoff, die allesamt toxisch auf den menschlichen Organismus wirken, entstehen auch nicht zu vernachlässigende, gesundheitsschädliche Folgen durch Verkehrslärm und Feinstaub. Elektromobile werden eine große Rolle innerhalb der angestrebten Verkehrswende spielen, da von diesen keine lokalen Schadstoff- und Lärmemissionen ausgehen. Wenn der Ausbau der EE wie geplant voranschreitet, für Berlin und Brandenburg wird für 2033 ein Anteil von 97 % vorausgesagt,<sup>55</sup> fahren hier Elektromobile fast emissionsfrei!

In der Öffentlichkeit wird die Energiewende meist als Stromwende wahrgenommen, obwohl im Gebäudebereich und insbesondere in privaten Haushalten der Anteil von Wärme am Energieverbrauch bei 80 % liegt. Bei der Gebäudetemperierung – heizen, kühlen und lüften – entstehen gegenwärtig rund ein Drittel der nationalen Treibhausgasemissionen,<sup>56</sup> weil hier meist noch fossil auf Basis von Öl und Erdgas geheizt wird. Deshalb kommt dem »Handlungsfeld Gebäude« im »Klimaschutzplan 2050« eine zentrale Rolle zu. Durch die »Energieeinsparverordnung« (EnEV) und das Gesetz zur Förderung von EE im Wärmebereich (EEWärmeG), künftig »Gebäude Energie Gesetz« (GEG), sollen Energieeffizienz und EE im Gebäudebereich implementiert und die Treibhausgasemissionen in diesem Handlungsfeld verringert werden.

Und das Potential ist riesig! EE in Form von Sonnenlicht, Wind, Geothermie, Wasserkraft und Biomasse sind unerschöpflich und stehen, von Anlagenkosten abgesehen, erst einmal kostenlos für alle und überall zur Verfügung. Darüber hinaus können auch Energien aus industrieller Abwärme oder Prozesswärme von Maschinen und Menschen zurückgewonnen werden, die sich in das Heiz- und Kühlsystem eines Gebäudes mit einbinden lassen.

### Warum soll man also Heizenergie einsparen, wenn EE fast grenzenlos am Gebäude zur Verfügung steht?

Durch die EnEV wird suggeriert, dass Heizenergie eingespart werden muss. Das ist richtig bei rein fossiler Beheizung und falsch, wenn überwiegend EE zum Einsatz kommt.

[55] Vgl. (GridLab GmbH, 2014, S. 10)

[56] Vgl. (UBA, Indikator: Energieverbrauch für Wärme, 2018 c)

[54] Vgl. (UBA, Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern, 2018 a)

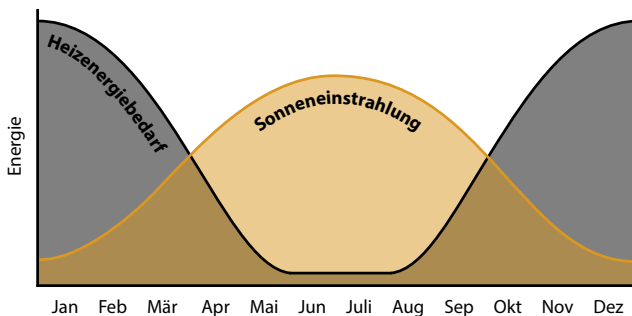
## Praxisbeispiel

Der sanierte Bestandsbau mit 900 m<sup>2</sup> Wohnfläche steht auf einer Grundstücksfläche von tausend Quadratmetern. Am Gebäude stehen jährlich rund 1.016.000 kWh aus der Solarstrahlung, 50.000 kWh aus der Außenluft, 30.000 kWh aus dem oberflächennahen Erdreich und 24.000 kWh aus der Abluft zur Verfügung. Die Gesamtmenge EE beträgt ungefähr 1.120.000 kWh. Mit etwas mehr Aufwand könnten zusätzlich noch über 200.000 kWh Energie aus Tiefenbohrung, Energie aus Wind, aus Grundwasser- oder Abwasserwärmenutzung, aus Prozesswärme und aus Biogas gewonnen werden.

Das Gebäude weist einen jährlichen Nutzenergieverbrauch für Heizung und Warmwasser von etwas mehr wie 62 Tausend Kilowattstunden auf. Dies entspricht nicht einmal fünf Prozent der anliegenden Energie!

EE steht geradezu unerschöpflich und direkt am Standort eines Gebäudes zur Verfügung.

**Wie kann sie aber möglichst effizient, ressourcenschonend und kostengünstig dem Nutzer bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden?**



A22 Schematische Darstellung des Heizenergiebedarfs und der Sonneneinstrahlung über ein Jahr.

Den am Meisten zur Verfügung stehenden EE aus Sonne und Wind ist gemeinsam, dass die Gewinnung dieser Energie chaotischen Schwankungen unterliegt. Sie können daher nicht kontinuierlich und exakt planbar eingesetzt werden. Gerade im Winter, wenn der Heizwärmebedarf am größten ist, reicht beispielsweise die vorhandene Sonnenenergie nicht aus. Um schwankende Sonnen- und Windenergieerträge

wirtschaftlich und ökologisch ganzjährig nutzen zu können, sind daher kurz- und langfristige Speichermöglichkeiten für Strom und Wärme sowie eine intelligente Steuerungs- und Regelungstechnik unerlässliche Bestandteile eines effizienten Heiz- und Kühlsystems von Gebäuden (siehe Kapitel 4).

**Wir haben kein Energieproblem. Es fehlen Speicher- und Regelungsstrategien!**

Damit können nicht nur die Energiegestehungskosten gesenkt werden, wie in den folgenden Kapiteln noch verdeutlicht werden wird, sondern auch ein volkswirtschaftlicher Hebel in Bewegung gesetzt werden.

## 1.3

# Nationale Regularien

## Die wichtigen Steuerelemente

Beim Bau, der Sanierung und den Betrieb von Gebäuden müssen unzählige Regularien beachtet werden. Für Eigentümer, Bestandhalter aber auch Mieter von Immobilien ergibt sich hieraus ein enormer Kostendruck, der sich mit neu dazukommenden Umweltauflagen weiter zuspitzt. Im Planungsprozess gestaltet sich dieser Gesetzes-Dschungel in erster Linie als zeitintensive Hürde und kann eine sektorübergreifende Konzeptionierung verhindern oder zumindest deutlich erschweren. Im Folgenden wird auf die wichtigsten Regularien eingegangen. Dabei werden Grundlagen für sektorübergreifendes Planen aufgeführt und die bisherigen Instrumentarien des »Klimaschutzplans 2050« bzw. der »Energieeffizienzstrategie Gebäude« hinterfragt.

### 1.3.1

## Energiewirtschaft

### Regularien, die zunehmend an den Gebäudesektor rücken

Erneuerbare Energien sind die Energieträger der Zukunft. Vor allem die Stromversorgung in Deutschland wird Jahr für Jahr »grüner« – der Anteil der EE wächst beständig. So wird die Stromversorgung der letzten Jahrzehnte, welche auf den Transport von Strom aus großen zentralen Kraftwerken hin zu den Verbrauchern ausgerichtet war, zukünftig zu großen Teilen von vielen dezentralen Erzeugungseinheiten auf Basis EE sichergestellt werden. Doch den unumstrittenen Vorteilen von EE stehen große Herausforderungen gegenüber.

Eine versorgungssichere Stromversorgung kann nur erfolgen, wenn die Spannung im Stromnetz stabil bei 50 Herz gehalten wird. Die durch Angebot und Nachfrage ausgelöste Schwankungen müssen daher ständig aufeinander angepasst und abgeglichen werden. Die entscheidende Frage ist:

**Wie kann die Stromversorgung auf der Basis fluktuierender Energien zuverlässig und bezahlbar gewährleistet werden?**

Damit dieses Problem gelöst werden kann, müssen »Flexibilitäten« sowohl auf der Angebots- wie auch Nachfrageseite aufgebaut werden. Bevor nun aber kostenintensiv überdimensionierte Erzeugungsanlagen und Speicher für EE aufgebaut werden,<sup>57</sup> sollten parallel dazu die Flexibilitätspotenziale analysiert werden, die sektorübergreifend

[57] Da die Menge der EE aus Sonne und Wind natürlichen Schwankungen unterliegt, ist eine Überdimensionierung der Anlagen zur Versorgungssicherheit unumgänglich. Die Frage ist nur, wie hoch diese sein muss?

genutzt werden können. Dies geschieht im größeren Maßstab schon im »Handlungsfeld Industrie«. Aufgrund von finanziellen Anreizen werden hier durch die Energieversorger und Netzbetreiber leistungs- und energieintensive Prozesse auf der Zeitachse verschoben. Der Gebäudesektor könnte dahingegen aber einen deutlich höheren Beitrag leisten und sowohl in der Erzeugung (siehe Kapitel 2), als auch in der Speicherung (siehe Kapitel 4) und schließlich in der Abnahme (siehe Kapitel 5) große Flexibilitätsräume kostengünstig bereitstellen.

Durch die Dezentralisierung der Stromerzeugung und durch effiziente, sektorübergreifende Technologien werden neue Geschäftsmodelle innerhalb der Gebäudewirtschaft möglich, die der Energiewende eine zusätzliche Dynamik zum Positiven verleihen können. Da damit das Gebäude aber auch zunehmend von den rechtlich-regulatorischen Maßnahmen der

**Der Gebäudesektor als Stromnetzstabilisator schafft volkswirtschaftliche Mehrwerte!**

Energiewirtschaft betroffen ist, müssen diese auf die Bedingungen am und um das Gebäude sowie auf Quartiere angepasst werden, um maximale Synergieeffekte erzielen zu können. Besonders wenn es um die Versorgung von Mietern mit Strom und die steuerbare respektive netzdienliche Versorgung von Ladepunkten für Elektrofahrzeuge geht, besteht derzeit noch ein »Gesetzes-Dschungel« für Planer und Betreiber von dezentralen Energiekonzepten auf Gebäude- und Quartiersebene. Im Folgenden werden die wichtigsten Gesetze benannt.

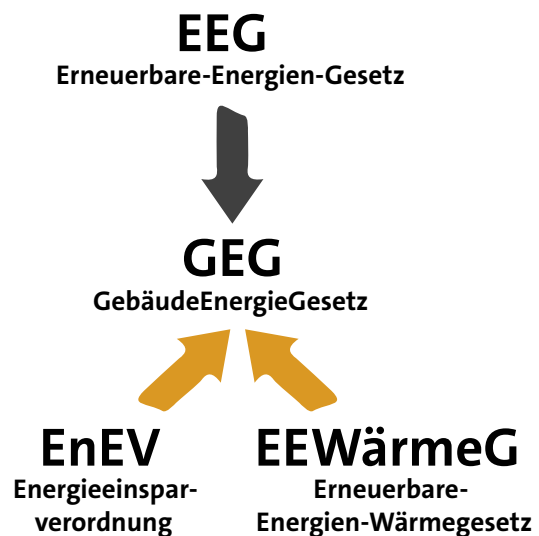
Bereits am 25. Februar 2000 bekannte sich die Legislative der Bundesrepublik Deutschland mit der Verabschiedung des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) zur Energiewende. Dieses Gesetz bildete den ersten wichtigen Grundstein bei der Implementierung von Energieerzeugungsanlagen auf Basis von EE in das deutsche Stromnetz und Strommarktsystem. Es garantierte den Betreibern von EEA den Netzanschluss, die vorzugsmäßige Abnahme der erzeugten elektrischen Energie in das öffentliche Stromnetz und eine feste monetäre Einspeisevergütung. Aufgrund des rasanten Anstiegs der installierten Anlagen und den damit verbundenen, sinkenden Investitionskosten, ist die Höhe der Förderung sukzessive stark abgesenkt worden. Trotzdem hat die Umlage inzwischen eine Höhe von über 30 Milliarden Euro erreicht, die von den Stromverbrauchern jährlich getragen werden muss. 2018 werden voraussichtlich knapp 32 Milliarden Euro an die Anlagenbetreiber fließen.<sup>58</sup> Zum Vergleich: Die energetische Gebäudesanierung wird gerade mal mit 1,5 bis 2 Milliarden Euro jährlich gefördert. Das EEG wurde seit 2000 wiederholt novelliert, unter anderem wurde die Markt- und Netzintegration der EE verbessert. Seit dem 21. Juli 2014 liegt es nun in der fünften Fassung vor.

Neben dem Ausbau erneuerbarer Energien wurden auch im

Hinblick auf die Art und Weise der Energieversorgung zahlreiche regulatorische Maßnahmen ergriffen, die in Form von Gesetzen weiterentwickelt werden. Im Hinblick auf die Stromerzeugung und -versorgung ist an dieser Stelle insbesondere das »Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz« zu nennen, welches thermische und elektrische Energie miteinander verbindet und den Betreibern von beispielsweise Blockheizkraftwerken Investitionszuschüsse und Zuschlagszahlungen für die erzeugte elektrische Energie garantiert. Darüber hinaus ist das »Energiewirtschaftsgesetz« (EnWG) zu nennen, welches grundlegende Regelungen zum Recht der leitungsgebundenen Energie enthält und »eine möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas, die zunehmend auf EE beruht«,<sup>59</sup> sicherstellen soll.

Besonders das EEG und das »Mieterstromgesetz« haben signifikanten Einfluss auf sektorübergreifende Energiekonzepte. Wärmepumpen als elektrische Verbraucher können mittels lokaler Stromerzeugungsanlagen in Eigenversorgungsmodelle nach dem EEG gegossen werden. Soll der Strom an die Mieter weitergegeben werden, wird eine kleine Vergütung durch das »Mieterstromgesetz« gewährt. Jedoch wird der Vermieter bei Versorgung der Mieter zum Energieversorgungsunternehmen nach »Energiewirtschaftsgesetz« mit allen Rechten und Pflichten, die damit einhergehen. Dies schreckt größtenteils Eigentümer und Vermieter ab und macht ökologisch sinnvolle Konzepte wirtschaftlich untragbar!

### 1.3.2 Gebäudesektor Regularien, die ihr Ziel nicht verfehlen dürfen



A23 Regularien im Gebäudesektor sollen zum GEG vereint werden.

[58] (Öko-Institut e.V., 2018)

[59] Vgl. (EnWG, 2005)

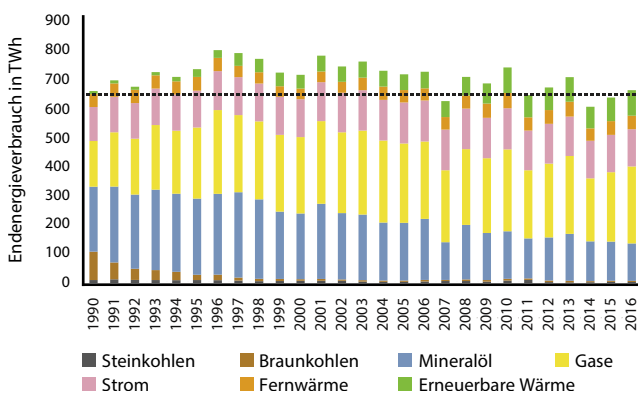
Das »Handlungsfeld Gebäude« ist wegen des großen Treibhausgas-Einsparpotenzials eine wichtige Säule deutscher Klimaschutzpolitik. Schließlich hat der Gebäudebereich einen erheblichen Anteil am gesamten Endenergieverbrauch. Im Jahr 2016 wurden in Deutschland für Raumwärme in Gebäuden 28% des gesamten Endenergieverbrauchs aufgewendet. Weitere knapp 5% entfielen auf die Bereiche Warmwasser und Raumkühlung.<sup>60</sup> Das Ziel der Bundesregierung, bis 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, wird über die »Energieeinsparverordnung« (EnEV) und einem EE-Ausbau nach dem

ESG und GEG müssen maßgeblich zum Erfolg der Energiewende beitragen!

»Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz« (EEWärmeG) gesteuert und über viele Förderprogramme unterstützt. Mit der »Effizienzstrategie Gebäude« (ESG) hat das Bundeswirtschaftsministerium 2015 das Handlungsfeld, um einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, abgesteckt und damit verbundene Verschärfungen hinsichtlich der Anforderungen an den Gebäudesektor festgelegt. So sollen Gebäude bis zum Jahr 2050 nur noch einen geringen Energiebedarf haben, der überwiegend durch EE gedeckt wird. Konkret wird eine Senkung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs des Gebäudebestands um rund 80% bis 2050 angestrebt.

Erreicht werden soll dies mit einem Bündel von Maßnahmen, wobei sich heute schon abzeichnet, dass diese nicht zielführend sind. So zeigt die folgende Abbildung A24 im Zeitraum von 1990 bis 2015, dass der Endenergiebedarf der privaten Haushalte nur um 4%-Punkte im benannten Zeitraum abgenommen hat. Dies wird zum Teil dadurch erklärt, dass sich im gleichen Zeitraum die durchschnittliche Wohnfläche pro Person erhöht hat, zum anderen damit, dass klassische Rebound-Effekte<sup>61</sup> eine Rolle spielen können.

Erreicht werden soll dies mit einem Bündel von Maßnahmen, wobei sich heute schon abzeichnet, dass diese nicht zielführend sind. So zeigt die folgende Abbildung A24 im Zeitraum von 1990 bis 2015, dass der Endenergiebedarf der privaten Haushalte nur um 4%-Punkte im benannten Zeitraum abgenommen hat. Dies wird zum Teil dadurch erklärt, dass sich im gleichen Zeitraum die durchschnittliche Wohnfläche pro Person erhöht hat, zum anderen damit, dass klassische Rebound-Effekte<sup>61</sup> eine Rolle spielen können.

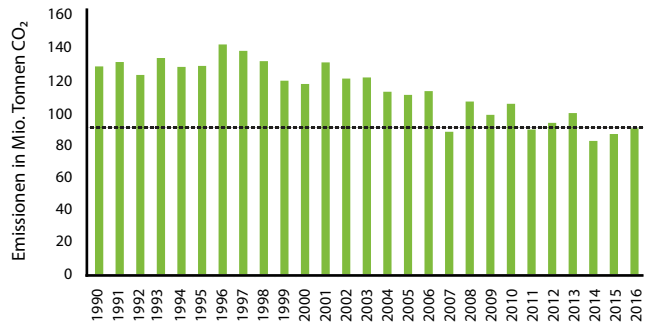


A24 Entwicklung des Endenergieverbrauchs der privaten Haushalte. (Datenbasis (UBA, 2017 b))

[60] Vgl. (UBA, Indikator: Energieverbrauch für Wärme, 2018 c)

[61] Effizienzsteigerungen können dazu führen, dass sich das Verhalten der Nutzerinnen und Nutzer ändert und die ursprünglich geplanten Einsparungen wieder aufgehoben werden. Wenn beispielsweise Betriebskosten sinken, wird länger heiß geduscht..

Dieselbe Abbildung zeigt jedoch auch einen positiven Trend. So verschob sich der Energieträgermix seit 1990 bis 2015 hin zu Energieträgern mit geringeren Kohlendioxid-Emissionen. Diese Verschiebung ermöglicht im selben Zeitraum CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 34%, wie A25 zeigt. Über die Art der Energiebereitstellung wird damit ein deutlicher Einsparhebel erzielt.



A25 Entwicklung CO<sub>2</sub>-Emissionen von Feuerungsanlagen der privaten Haushalte. (Datenbasis (UBA, 2017 b))

Die aktuelle Strategie stößt in wesentlichen Punkten an Grenzen. Die geplanten Einsparungen werden bisher nicht erreicht. Erfahrungen zeigen auch, dass der Anwendung des Ordnungsrechts, insbesondere im Bestand, mit Hinblick auf die wirtschaftlichen Belastungen der Eigentümer Grenzen gesetzt sind. Mit einem »weiter so« im bisherigen Instrumentenmix kommt man nicht voran.<sup>62</sup> Schließlich wird weniger energetisch modernisiert als geplant, und was gemacht wird, bringt weniger Effekt als gedacht. Eine Justierung muss demnach in Zusammenhang mit dem Entwurf des »GebäudeEnergieGesetz« (GEG) zielführend vorangetrieben werden. Doch die große Frage lautet:

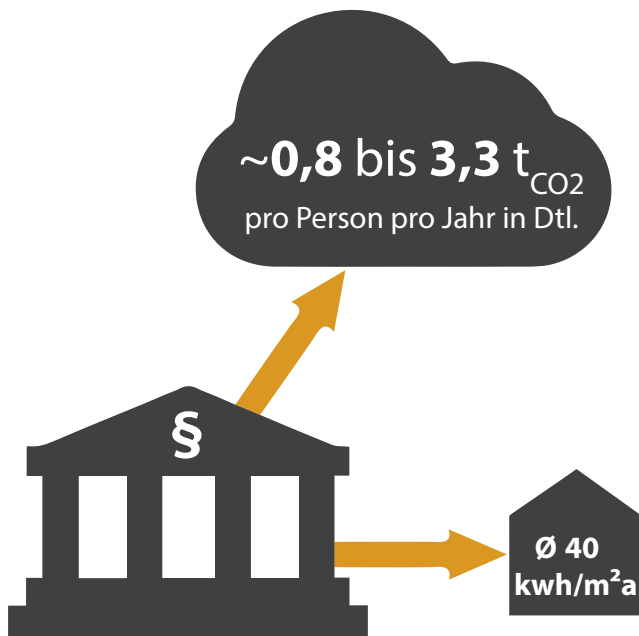
### Was führt zu der beschriebenen Verfehlung bzw. was können zielführende Neuerungen sein?

Auf der Suche nach Maßnahmen, welche nicht nur theoretisch, sondern noch viel wichtiger auch praktisch wirksam sind, werden im Folgenden Probleme innerhalb der wichtigsten Regularien für energieoptimiertes Bauen und Sanieren beschrieben.

#### 1.3.2.1 Energieeinsparverordnung (EnEV)

Die »Energieeinsparverordnung« (EnEV) stellt das wichtigste Instrumentarium der deutschen Energie- und Klimaschutzpolitik dar, um einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 zu erreichen. Ihre erste Fassung trat am 1. Februar 2002 in Kraft. In ihr wurde die damalige »Wärmeschutzverordnung« und »Heizungsanlagenverordnung« zusammengefasst.

[62] Vgl. (Bundesregierung, 2010)



A26 Zielsetzungen für 2050 in Deutschland für den Klimaschutz.<sup>63</sup>

Die grundsätzliche Strategie der EnEV, die sich später auch im »Handlungsfeld Gebäude« des »Klimaschutzplans 2050« wiederfindet, basiert auf dem Effizienz- und Einspargedanken. So wurden innerhalb der EnEV zwei Steuerungsindikatoren definiert, der maximal zulässige Primärenergiebedarf zur Gebäudetemperierung als Hauptanforderung und der maximal zulässige, spezifische Transmissionswärmeverlust als Nebenanforderung. Schon diese Indikatoren selbst erscheinen heute, 16 Jahre nach Inkrafttreten der EnEV, aus verschiedensten Gründen fragwürdig.

Der Primärenergiebedarf eines Gebäudes lässt keine direkten Rückschlüsse auf das Klimaziel zu, das darin besteht, Handlungsfeld übergreifend Treibhausgas-Emissionen zu senken (siehe Kapitel 5.1.4 und 5.1.5). Ausschließlich im Gebäudesektor wird zudem der Primärenergiebedarf als Steuerungsindikator herangezogen und nicht eine CO<sub>2</sub>-Einsparung<sup>64</sup> adressiert. Unterschiedliche Bezugsgrößen in den verschiedenen Handlungsfeldern erschweren nicht nur eine Vergleichbarkeit, auch der Bezug zu übergeordneten Zielen des Klimaschutzes bleibt unklar, Umwelteinflüsse sind nur schwer nachvollziehbar (siehe Kapitel 2.2). Dies verwirrt Gebäudeeigentümer wie Nutzer und erschwert die Arbeit interdisziplinärer Teams. Die Bezugsgröße CO<sub>2</sub>-Äquivalente muss daher Basis jeder Klimadebatte sein, leichter verständlich für Planer, Gebäudeeigentümer und Mieter. So können alle Beteiligten ein Gefühl für die Verhältnismäßigkeit von CO<sub>2</sub>-Einsparmaßnahmen entwickeln, was ein wichtiger Baustein für die Akzeptanz und Kommunikation energetischer Maß-

[63] Datenbasis (BMUB, 2016) mit einer Einwohnerzahl von 81,2 Mio. Einwohnern vgl. (Statista GmbH, 2018) für das 2014 berechnet.

[64] Stellvertretend für alle klimaschädlichen Gase wird oft von CO<sub>2</sub> gesprochen bzw. von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, welche alle klimaschädlichen Treibhausgase (THG) miteinbezieht und gewichtet. Eine umfassende Beschreibung findet sich in Kapitel 2.9.

nahmen ist. Die Frage erscheint also mehr als berechtigt,

### warum nicht auch Gebäude anhand der CO<sub>2</sub>-Emissionen ganzheitlich bewertet werden?

Darüber hinaus kann zwar mithilfe des Primärenergie-Indikators das System Gebäude vom Planer hinsichtlich Wärmeschutz, solare Gewinne, Lüftung, etc. optimiert werden, der tatsächliche Energieverbrauch in der Nutzungsphase weicht oftmals aber erheblich von dem nach der EnEV berechneten Energiebedarf ab. Dies hat in der Vergangenheit oft dazu geführt, dass Einsparpotenziale von energetischen Sanierungen tendenziell überschätzt<sup>65</sup> wurden oder gerade ganz in Frage gestellt werden. Ein vielfach genannter Grund dafür ist das Nutzerverhalten bzw. der Rebound-Effekt. Monitoring-Daten zeigen aber, dass diese Effekte nicht ausschlaggebend für das Problem sind (siehe Kapitel 4.3). Ausschlag-

Wenn geplante Energieeinsparung ≠ realer Energieverbrauch, dann Infragestellung der Maßnahmen

gebend für die Differenz könnte vielmehr eine fehlende, systematische Einregulierung der Anlagentechnik sein. Gerade in der Inbetriebnahme müssen unentbehrliche Stellschrauben eingestellt und das Anlagensystem in sich und auf das Nutzerverhalten angepasst werden. Je genauer man Systemschnittstellen definiert und reguliert, desto effizienter kann die gesamte Anlagentechnik arbeiten. Kleine Fehler im System, wie eine nicht aufeinander abgestimmte Taktung der Erzeugeranlagen, können große Ineffizienzen verursachen und zu einem erheblichen Mehrverbrauch führen. Die Steuerwirkung im Sinne einer Effizienzstrategie ist über die Berechnung des Primärenergiebedarfs alleine also kaum gegeben.

Ein weiterer Grund für die Diskrepanz zwischen Energiebedarf und dem tatsächlichen Energieverbrauch findet sich in der Abrechnungslogik der Heizkostenverordnung. Ein nach EnEV berechneter Energiebedarf kann nicht mit den nach Heizkostenverordnung ermittelten Energieverbräuchen verglichen werden (siehe Kapitel 5.2), daher müsste sie dringend an die Logik der EnEV angepasst werden. Damit können Energiekosten beispielweise vor und nach einer Sanierung momentan nicht bzw. nur sehr schwer verglichen werden.

Effizienz im Sinne der EnEV wird vielmehr auch über die Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes ( $H'_T$ ) als Nebenanforderung gesteuert. Zur Minderung der Transmissionswärmeverluste und zur Absicherung der Gebäudeeffizienz werden konkrete Anforderungen an den Wärmeschutz der Außenbauteile definiert. Als besonders effizientes Gebäude wird ein besonders stark gedämmtes Gebäude verstanden, das dementsprechend einen erhöhten Ressourceneinsatz erfordert. Man spricht von ambitioniertem Klimaschutz. Doch auch dieser Indikator führt nicht

[65] Vgl. (Jochum P., Mellwig P. 2015, S. 54)

notwendigerweise zu einer effektiven CO<sub>2</sub>-Einsparung. Denn Bemühungen zur fortschreitenden Dämmung von Gebäuden werden energetisch obsolet, wenn Dämmmaßnahmen ab einem bestimmten Grenzwert, der abhängig vom eingesetzten Material und der Anlageneffizienz ist,



Heizenergieeinsparung erfordert Materialeinsatz und damit CO<sub>2</sub>-Aufwand!

keine nennenswerten Einsparungen an fossiler Heizenergie bewirken. Die für die Herstellung der Dämmstoffe benötigte Energie wäre dann schlecht eingesetzt.<sup>66</sup> Bislang stellte sich diese Frage kaum, da die energetischen Amortisationszeiten zumeist schnell erreicht wurden. Hohe Dämmstärken und zumeist

auf fossilen Energieträgern beruhende Versorgungsstrukturen ermöglichten hohe CO<sub>2</sub>- und Energieeinsparungen bei vertretbarem Energieinput zur Herstellung der Baumaterialien. Sobald jedoch ein Gebäude über effiziente Anlagen und maßgeblich mit EE versorgt wird, also eine sehr gute, d. h. niedrige Anlagenaufwandszahl  $e_p$  erreicht wird (siehe Kapitel 5.1.2), amortisiert sich die Graue Energie des Dämmstoffes ab einem bestimmten Grenzwert nicht mehr. Bisherige Analysen gehen meist von der bundesweiten mittleren Anlagenaufwandszahl von 1,2 aus.<sup>67</sup> Ab einer, die 60 Prozentmarke überschreitenden Reduktion dieser mittleren Anlagenaufwandszahl (also  $e_p < 0,48$ ), steigen die minimal sinnvollen U-Werte jedoch nennenswert an und können paradoxer Weise sogar unter den Anforderungen des Referenzgebäudes der EnEV liegen.<sup>68</sup>

Heute sind schon Anlagenaufwandszahlen von 0,36 und tiefer möglich (siehe Kapitel 5.1.4). Eine Anpassung der EnEV sowie der »Effizienzstrategie Gebäude« ist darum unumgänglich, wenn nicht unnötig Treibhausgase emittiert werden sollen! Verschärfungen der Anforderungen an  $H_T$  nach dem Fahrplan der »Effizienzstrategie Gebäude«, also beispielsweise die zeitnahe Einführung des Niedrigstenergie-Gebäudestandards, ist gesamtenergetisch betrachtet nur bedingt sinnvoll. Zudem muss bei der Neugestaltung des »GebäudeEnergieGesetz« bedacht werden, dass bei Sanierungs- und Neubauvorhaben berechnete und tatsächlich gemessene Verbrauchswerte zunehmend auseinanderdriften.

### 1.3.2.2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Neben der EnEV ist das »Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz« (EEWärmeG) für den Gebäudesektor wichtig. Es ist ein sinnvolles Instrumentarium, um den Ausbau der erneuerbarer Energien im Gebäudesektor voranzutreiben. Es verpflichtet Eigentümer, den Wärmebedarf von neu zu errichtenden Gebäuden anteilig mit erneuerbaren Energien zu decken.

Für die Energiewende wäre eine Ausweitung der Anforderungen auch auf den Gebäudebestand wünschenswert, da der Einsatz von EE alleine schon über die in einer Sanierung notwendig werdende Frischluftversorgung sichergestellt werden könnte (siehe Kapitel 2.7). Dem gegenüber muss berücksichtigt werden, dass eine zusätzliche Anforderung an die Wohnungswirtschaft ein Hemmnis darstellt, wenn nicht gleichzeitig mehr Handlungsspielraum bei der Fragestellung, wie das Ziel der Primärenergieeinsparung erreicht werden soll, gegeben wird. Es besteht die Gefahr, dass das Image der EE in Mitleidenschaft gezogen werden könnte.

### 1.3.2.3 Förderpolitik – Jedes »Fordern« verlangt ein »Fördern«

Förderinstrumente sind ein wichtiges Instrumentarium des Staates zur Steuerung politischer Zielsetzungen. Im Kontext einer Dekarbonisierung muss es Ziel sein, über zinsvergünstigte Darlehen oder Zuschüsse CO<sub>2</sub>-Einsparung zu belohnen, wirtschaftliche und soziale Härten abzufedern oder auch Dynamik in einen Wirtschaftsbereich zu bringen, damit privates Kapital aktiviert wird.

Für energetische Maßnahmen im Gebäudesektor steht ein Dschungel von Fördertöpfen zur Verfügung, soweit die positive Nachricht. Seit Jahrzehnten wird hier aber in erster Linie Masse statt Effizienz gefördert. Dazu gehören Zuschüsse zu solarthermischen Anlagen, egal wie hoch der nutzbare Ertrag ist, zu PV-Anlagen, egal wie netzdienlich sie ausgelegt sind, zu ambitionierten Dämmmaßnahmen, egal wieviel CO<sub>2</sub> ab einem bestimmten Grenzwert überhaupt noch eingespart werden kann. Auffallend an der Förderpolitik ist, dass der in der »Effizienzstrategie Gebäude« sehr häufig verwendete Begriff Effizienz scheinbar keine Rolle spielt. Auch wieviel Energie tatsächlich eingespart wird, muss nie nachgewiesen werden, denn eine systematische Überwachung der Gebäude nach der Inbetriebnahme durch ein Monitoring fehlt gänzlich. Meist reichen einfache Bedarfsberechnungen sowie theoretische Nachweise zur Effizienz der Anlage, um Fördermittel zu erhalten, die im Zweifelsfall, also bei divergierenden Verbräuchen, durch abweichendes Nutzerverhalten erklärt werden.

Die Erkenntnis, dass Effizienz gefördert werden sollte, setzt sich nur sehr langsam durch. Dabei könnte der Nachweis eines effizienten Umgangs mit Energie und Ressource einfach erbracht werden. Durch einfache Simulationsverfahren kann beispielsweise nachgewiesen werden, wieviel Energie über einen Quadratmeter Solaranlage geerntet und in das Gebäudesystem integriert werden kann (siehe Kapitel 4.3). Über sowieso zu errichtende Messeinrichtungen könnte die entsprechende Effizienz im Betrieb überprüft und die Förderhöhe in einem zweistufigen Verfahren entsprechend erhöht werden. Auch die Berechnung des Grenzwertes, bei welchem Zentimeter Dämmstärke ein zusätzlicher Materialaufwand in Abhängigkeit vom Einsatz erneuerbarer Energie sinnlos wird (siehe Kapitel 5.1.4), könnte über be-

[66] Vgl. (Jochum P. P. M., 2017, S. 192)

[67] Vgl. (Jochum P. P. M., 2017, S. 193)

[68] Vgl. (Jochum P. P. M., 2017, S. 199)

reits vorhandene Software einfach abgebildet werden. Effizienz muss das Maß einer Förderphilosophie werden nach dem Motto, je effizienter ein Gebäudesystem, umso höher die Förderung.

Übersichtliche und verständliche Marktanreizprogramme sind wichtig und sinnvoll. Dazu sind aber auch entsprechende Bewertungsinstrumente wichtig und notwendig. In diesem Zusammenhang muss die Frage erlaubt sein,

**ob die Forderung nach einer über die EnEV hinausgehenden Reduktion des Transmissionswärmeverlust ( $H_T'$ ) bei Niedrigst-Energiehäusern der richtige Bewertungsindikator ist? Was wenn Energiebereitstellung aus »wirklich« erneuerbaren Quellen stammt?**

Die Angst, dass Häuser dann nicht mehr gedämmt werden müssten und »Papphäuser« gebaut werden könnten, ist absurd, da dies planerische Rahmenbedingungen wie zum Beispiel Behaglichkeitskriterien gar nicht zulassen.

**Doch welche Bewertungsinstrumente sind geeignet?**

#### 1.3.2.4 Erste Vorschläge fürs GEG

Das Ziel der CO<sub>2</sub>-Einsparung wird durch die aktuellen Bewertungsinstrumente auf Basis der Indikatoren Primärenergiebedarf  $Q_p$  und Transmissionswärmeverlust  $H_T'$  nicht erreicht. Die Indikatoren selbst müssen darum kritisch hinterfragt werden. Ein Niedrigst-Energiehaus beispielsweise, das mit Fernwärme aus Müllverbrennung versorgt wird, trägt nach den aktuellen Berechnungsmethoden in hohem Maße zur Primärenergieeinsparung bei und suggeriert einen hohen Beitrag zur CO<sub>2</sub>-Minderung, vor allem, wenn der Primärenergiefaktor von Fernwärme null ist.<sup>69</sup> Rauchende Schornsteine implizieren damit CO<sub>2</sub>-Neutralität! Schön sieht die Bilanz auch aus, wenn das Gebäude statt mit Fernwärme, mit Biogas aus Pflanzen beheizt wird, die auf Böden gewachsen sind, die dadurch nicht mehr für den Anbau von Lebens- und Futtermittel zur Verfügung stehen. Diese Grünfärberei untergräbt das Vertrauen der Marktteilnehmer und führt zu Unsicherheit, Ungläubigkeit oder Passivität.

Diese politisch gefärbten Absurditäten können durch transparente Bewertungsmethoden vermieden werden, indem ergänzend zur Primärenergie die CO<sub>2</sub>-Äquivalente bewertet werden und die Höhe des Endenergiebedarfs begrenzt wird. Auch könnte der Ressourceneinsatz zur Erhöhung des Dämmwertes einer Grenznutzenbetrachtung unterworfen werden, ebenfalls auf der Basis von Kilo-

gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Kilogramm Materialeinsatz. Der Vorteil dieser CO<sub>2</sub>-Berechnung: Im Vergleich zu Primärenergiefaktoren werden vor- und nachgelagerte Prozesse transparent bilanziert, das Resultat ist vergleichbar und der Bürger entwickelt ein Gefühl für seinen eigenen ökologischen Fußabdruck. Eine Berechnung auf der Basis von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten hätte zudem den Vorteil, dass sie kompatibel zu internationalen Begrifflichkeiten und Berechnungsmethoden ist, beispielsweise als Basis für den Emissionsrechtehandel.

CO<sub>2</sub>-Äquivalente statt Primärenergie ist Kommunikationsgrundlage des ökologischen Fußabdrucks.

Ebenfalls muss die Anlageneffizienz zur Gebäudetemperaturierung (Heizung, Kühlung, Lüftung) stärker in den Fokus gerückt und ein Monitoring eingeführt werden. Zielführend ist es, eine Förderpolitik auf Basis gemessener Anlageneffizienz und eingesparter CO<sub>2</sub>-Äquivalente aufzubauen. Wobei im zukünftigen GEG eine festgelegte Obergrenze an CO<sub>2</sub>-Emissionen als Grenzwert, entsprechend dem maximal zulässigen Primärenergiebedarf nach dem Referenzmodell der EnEV, sinnvoll sein kann. Dies führt zu einer Technologieoffenheit mit sinnvollen Dämmwerten. Das Ganze lässt sich einfach überprüfen, da Zähler zur Messung des Energieverbrauchs sowieso eingebaut werden müssen.

[69] Vgl. (Netzgesellschaft Düsseldorf mbH, 2018). Fernwärme aus Müllverbrennung kann keinen Primärenergiefaktor von 0,00 haben. Dieser sollte bei 1,3 (vgl. Heizkraftwerk) oder 0,7 (vgl. KWK) liegen. Müll als Ressource darf nur als letzte Option verbrannt werden, was CO<sub>2</sub>-neutral nicht möglich ist.

# 2

## Energie



Unklare Begriffsdefinitionen und Bilanzgrenzen erschweren den Dialog. Sprachlicher Wirrwarr ist Grundlage für Fehleinschätzungen, Lobbyismus und Polemik. Gerade das Themenfeld »Energie« weist unzählige Begriffsdefinitionen mit divergierenden Bilanzrahmen auf. Alleine schon der Begriff »Primärenergie«, immerhin im Fokus der Energieeinsparung nach der EnEV, wird in den Handlungsfeldern »Gebäude« und »Energiewirtschaft« unterschiedlich verwendet. So beinhaltet der Begriff »Primärenergie« in der Energiewirtschaft auch den Anteil der erneuerbaren Energien. In der Gebäudewirtschaft ist damit hingegen nur der nichterneuerbare Energieanteil gemeint, der zur Gebäudetemperierung benötigt wird. In der Kommunikation führen solche

Unterschiede und Bezüge jedoch zu Missverständnissen. Diese Unschärfe kann insbesondere bei der handlungsfeldübergreifenden Bewertung von CO<sub>2</sub>-Einsparmaßnahmen zu Fehlinterpretationen führen. **Es ist daher essentiell, Begrifflichkeiten und deren Bilanzrahmen einheitlich zu definieren und klar und offen zu kommunizieren!**

In der Gebäudewirtschaft wird eine Vielzahl von Energiebegriffen verwendet, jeder mit einem eignen Zweck und Bilanzrahmen. Im folgenden Kapitel werden darum die wichtigsten Begriffsdefinitionen zum Themenkomplex »Energie« aufgezeigt und deren Zweck erläutert, sowie Bilanzierungsmethoden vorgestellt. Dabei wird auf die Bedeutung der Begriffe im Hinblick auf einen nachhaltigen Klimaschutz eingegangen.

Zu Beginn ein kleiner Überblick: Grundsätzlich muss zwischen elektrischer und thermischer Energie unterschieden werden. Thermische Energie wird zur Heizung, Kühlung und Warmwasseraufbereitung benötigt. Elektrische Energie kommt als Systemstrom zur Gebäudetemperierung (für Pumpen, Verteilung, Lüftung etc.), als Allgemeinstrom (Allgemeinbeleuchtung etc.), als Haushaltsstrom zum Betrieb aller im Haus vorhandenen Geräte (Licht, Entertainment, Haushaltsgeräte etc.) und zukünftig auch als Mobilitätsstrom (Elektromobilität) zum Einsatz.

Strom und Wärme müssen grundsätzlich zusammen betrachtet werden, wenn die Energieeffizienz der Gebäudetemperierung bewertet werden soll.



## 2.1 Energieeffizienz

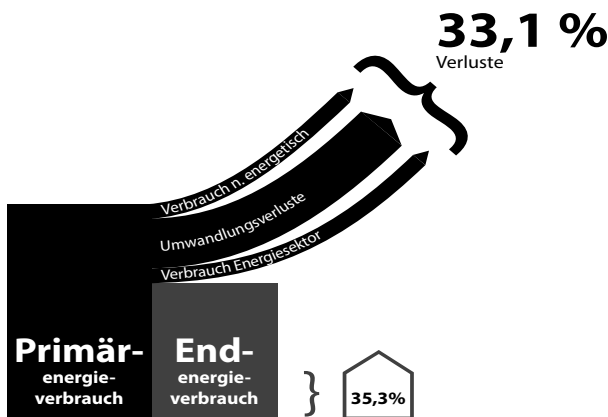
### Energieeinsparung im Gebäude, aber welche?

Wir haben kein Energieproblem! Erneuerbare Energien stehen überall und zu jeder Zeit in Hülle und Fülle zur Verfügung. Auf einem einzigen Quadratmeter Grundstücksfläche im Norden Deutschlands könnten pro Jahr über 1.000 kWh Sonnenwärme geerntet werden. Erdreich, Luft, Wasser, Abwasser, Prozesswärme sind weitere Energiequellen.

### Mit welcher Energie müssen wir eigentlich effizient umgehen? Heizenergie, Endenergie, Nutzenergie, Strom, Wärme?

Das politische, wirtschaftliche und ökologische Ziel des Klimaschutzes ist die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes und des mit der Energieerzeugung verbundenen Abfalls (Ruß, Atommüll etc.). Für den Gebäudesektor bedeutet das ganzheitlich über Energieeffizienz nachzudenken und die Verluste in den Energieflüssen zu beachten, die im Gebäude selbst, aber beispielsweise auch beim Transport von der Förderstelle bis zum Endabnehmer entstehen.

Im Jahr 2015 gingen vom primärenergetischen Verbrauch Deutschlands<sup>70</sup> alleine rund ein Drittel der Endenergie durch Umwandlung in Sekundärenergieträger<sup>71</sup> verloren. Abbildung A27 zeigt die enormen Verluste aus der energiewirtschaftlichen Perspektive.



A27 Energieflussbild 2015 für die Bundesrepublik Deutschland.<sup>72</sup>

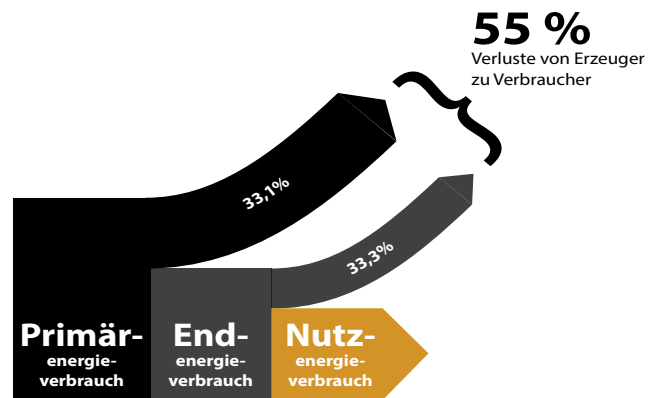
Doch die Verluste sind noch größer! Der größte Teil des

[70] Kohle, Erdöl und Erdgas, Kernbrennstoffe wie Uran, erneuerbare Energieträger wie solare Strahlungsenergie, Windenergie, Wasserkraft und Biomasse. Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch liegt bei 12,5%. Abweichungen in den Summen sind rundungsbedingt.

[71] Durch Umwandlung von Primärenergieträgern werden Sekundärenergieträger erzeugt, die leichter transportier- oder nutzbar sind (z.B. Stromerzeugung in Kraftwerken, Treibstoffherstellung in Raffinerien, Wasserstoffproduktion aus Windenergie).

[72] Datenbasis (BMWl, 2017, S. 9-10;16;36) mit eigenen Berechnungen, 35,3% beziehen sich auf den gebäuderelevanten Endenergieverbrauch

nationalen Endenergieverbrauchs wird zur Deckung des Raumwärmebedarfs von Gebäuden in den Sektoren "Haushalte" und "Gewerbe/Handel/Dienstleistungen". Die Verluste, die durch die erneute Umwandlung des Endenergieanteils in Nutzenergie beispielweise für die Raumwärme oder Beleuchtung entstehen, werden durch das BMWi<sup>73</sup> auf ein weiteres Drittel geschätzt. Damit summiert sich der Energieverlust zwischen »Energieaufkommen im Inland« und Nutzenergie positiv betrachtet auf »nur« 55%<sup>74</sup>, denn in dieser Zahl ist der zum Teil enorme Energieaufwand zur Rohstoffgewinnung der Energieträger am Ursprungsort, man denke nur an Ölsande in Kanada oder an das Thema Fracking, nicht bilanziert.



A28 Energiefluss von Primärenergie bis Nutzenergie in Deutschland. (Datenbasis (BMWl, 2017))

Die Abbildung A28 legt nahe, dass sich durch eine dezentrale Energieversorgung im »Handlungsfeld Gebäude« Energieverluste bei der Wärme- und Stromversorgung erheblich reduzieren lassen. Entgegen der Annahme des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), dass »der Planer im Rahmen der Gebäudeplanung keinen direkten Einfluss auf die Vorketten der Energieerzeugung«<sup>75</sup> hat, können damit gerade durch die Planer hohe Umwandlungs- und Verteilverluste vermieden werden, wenn eine dezentrale Energieerzeugung am Gebäude mittels EE geplant wird. Dezentrale Systeme, die vor Ort Wärme und Strom für den Eigenbedarf gewinnen, nutzen und speichern, sind äußerst nachhaltig, da Verluste minimiert und das Stromnetz nicht, oder nur gering, belastet wird (siehe Kapitel 4 und 4.3). Darüber hinaus weisen sie im Regelfall tiefe Energiegestehungskosten auf und führen zu größtmöglicher, finanzieller Unabhängigkeit von Energiepreisdiktaten.

Um den Energiegehalt aus 100 Liter Rohöl zu nutzen, werden 55 Liter sinnlos verbrannt.

[73] Vgl. (BMWl, 2017, S. 9-10; 36)

[74] Die Nachvollziehbarkeit des Energieflusses auf die einzelnen Sektoren ist nicht vollständig gegeben. Bei der kommunizierten Zahl handelt es sich um einen tendenziellen Wert.

[75] Vgl. (Deutscher Bundestag, 2017)

Der Gebäudesektor kann damit einen erheblichen Beitrag zur Energieeffizienz leisten, der sektorübergreifend betrachtet, weit über das hinausgehen kann, was bisher unter dem Stichwort »Reduktion der Treibhausgas-Emissionen« im »Klimaschutzplan 2050« subsumiert war.

### Doch was wurde bisher unter Primärenergieeinsparung bei der Gebäudetemperierung verstanden?

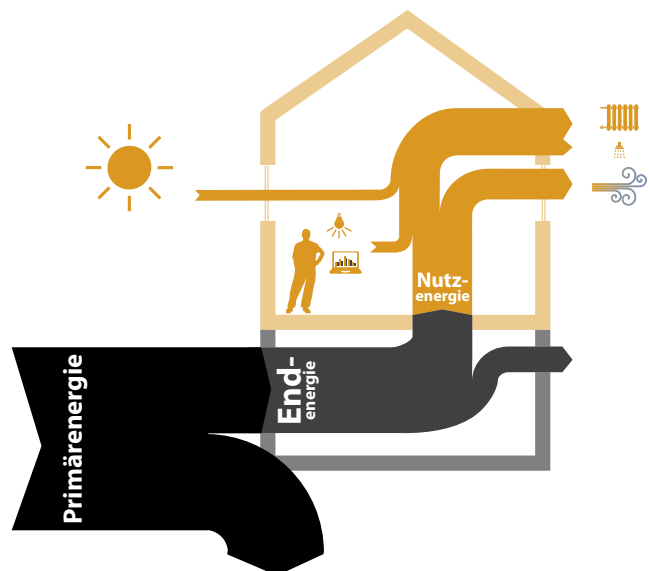
Die Bundesregierung möchte die Treibhausgasemissionen bis 2050 im Vergleich zu 1990 um 80 bis 95% reduzieren. Irrführender Weise werden diese Ziele im »Handlungsfeld Gebäude«, anders als bei anderen Handlungsfeldern, über den Primärenergiebedarf als Indikator adressiert.<sup>76</sup> Konkret soll der Primärenergiebedarf zur Gebäudetemperierung um mindestens 80% gegenüber dem Stand von 2008 sinken. Die bereits 2015 im Bundeskabinett verabschiedete »Energieeffizienzstrategie Gebäude« (ESG), die die Zielgröße Primärenergieverbrauch in den Blick nimmt, kommt zu dem Ergebnis, dass im Jahr 2050 der gesamte Wohngebäudebestand im Durchschnitt nur noch 40 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr verbrauchen darf. Für Nichtwohngebäude liegt dieser auf Primärenergieverbrauch bezogene mittlere Zielwert bei rund 52 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr.<sup>77</sup>

Ganz unbestritten trägt der Gebäudebestand einen erheblichen Anteil am Endenergieverbrauch. Insgesamt entfallen auf Heizen/Kühlen, Warmwasser und Beleuchtung 35,3% des gesamtdeutschen Endenergieverbrauchs (siehe Abbildung A27). Die gebäuderelevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen betragen national betrachtet rund 30% der CO<sub>2</sub>-Emissionen.<sup>78</sup>

Um diesem enormen Verbrauch entgegen zu wirken, soll schon im Jahr 2021 der Niedrigstenergie-Gebäudestandard eingeführt werden. Spätestens zum Jahr 2030 soll damit der energetische Standard von Gebäuden schrittweise auf einen Wert deutlich unterhalb des heute geförderten »Effizienzhaus 55«-Standards weiterentwickelt werden. Probleme, die sich aus dieser Strategie ergeben, wurden bereits im vorherigen Kapitel aufgezeigt und werden in den weiteren Kapiteln noch verdeutlicht.

Grundsätzlichen bedarf es einer politischen Nachjustierung, um der Energiewende neuen Schwung zu geben. Statt steigende Investitionen in die Gebäudehülle, könnten hocheffiziente und auch regelenergiefähige Anlagensysteme

in den Fokus gerückt werden, die auf EE als Energieträger bauen. Dabei kommt der dezentralen Energieversorgung eine Schlüsselrolle zu. Schließlich ist diese energetisch betrachtet erheblich im Vorteil, reduziert Emissionen und Umweltschäden, vermindert ganz nebenbei die Abhängigkeit von Dritten<sup>79</sup> und erhöht die Wertschöpfung im eigenen Land. Insgesamt könnte die durch Gebäude ausgelöste CO<sub>2</sub>-Minderung weit höher ausfallen, als bei einem »weiter wie bisher«, wenn Energie- und Ressourceneinsatz sektorübergreifend optimiert wird (siehe Kapitel 5 und 6).



A29 Energiebegriffe Sankey-Diagramm.

## 2.2 Primärenergie & Faktor

### Das »wahre Gesicht«?

Der Begriff »Primärenergie« wird in der Energie- und Gebäudewirtschaft unterschiedlich genutzt. Als Primärenergie bezeichnet man in der Gebäudewirtschaft die Energie, die eingesetzt werden muss, um eine Kilowattstunde Endenergie<sup>80</sup> an der Bilanzgrenze Gebäude zu erhalten. Die Primärenergie enthält neben dem Endenergiebedarf auch die Verluste aus den vorgelagerten Prozessketten außerhalb der Bilanzgrenze der Endenergie. Dazu zählen beispielsweise die Gewinnung, Umwandlung, Lagerung, Transport und Verteilung des verwendeten Energieträgers. Im Gegensatz zur Energiewirtschaft werden im Primärenergiebedarf eines Gebäudes keine EE subsumiert, sie sind bereits mittels Primärenergiefaktoren zum Abzug gebracht worden.

[79] 2015 wurden in Deutschland 70% des Primärenergiebedarfs importiert. Vgl. (BMWi, 2017)

[80] Der Begriff Endenergie wird in Kapitel 2.3 erklärt.

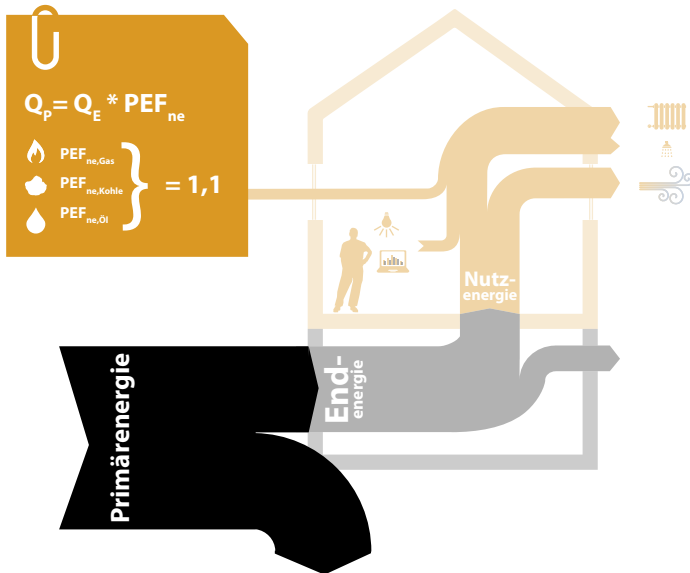
Ziel 2050 an Primärenergieverbrauch  
EU Ø 30 kWh/m<sup>2</sup>a  
D Ø 40 kWh/m<sup>2</sup>a

[76] In der Energiewirtschaft versteht man unter Primärenergie die gesamte benötigte Energie, die sich aus Importen sowie aus der Gewinnung im Inland zusammensetzt. Ausgangspunkt ist der rechnerisch nutzbare Energiegehalt eines natürlich vorkommenden Energieträgers wie Braunkohle, Erdgas oder Sonnenenergie, bevor er einer Umwandlung unterworfen wird. Dazu gehören aber auch Energieträger wie Sonne, Wind und Kernbrennstoffe (siehe Abbildung A33 und Kapitel 0)

[77] Vgl. (BMUB, 2016)

[78] Vgl. (BMUB, 2016)

Der Begriff Primärenergiebedarf wurde mit der EnEV 2002 eingeführt, um im Sinne einer vollständigen Bilanz die Energieverluste und Energieaufwendungen eines Endenergieträgers (Brennstoffe oder Strom) in seiner vorgelagerten Kette zu quantifizieren und damit unterschiedliche Endenergieträger unter Energieeffizienzgesichtspunkten miteinander vergleichbar zu machen.<sup>81</sup> Das Verhältnis zwischen eingesetzter Primärenergie und Endenergie nennt sich Primärenergiefaktor (PEF, fP).

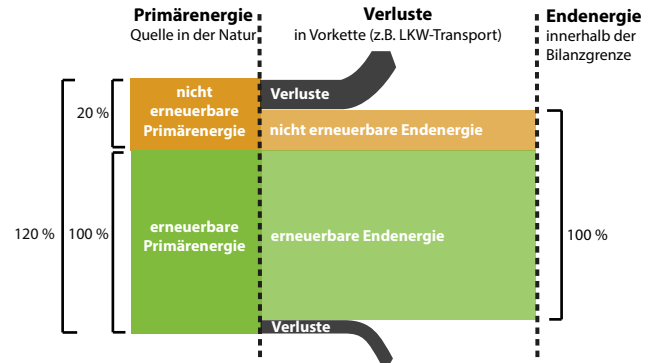


A30 Primärenergiefaktor dargestellt mit der Primär- und Endenergie.

Der Primärenergiebedarf eines Gebäudes ist ein grober Indikator für die Umweltfreundlichkeit eines Heizsystems, der insbesondere den Vergleich zwischen Gebäuden zulässt. Entgegen der allgemeinen Annahme können pro Kilowattstunde Primärenergiebedarf keine bzw. nur sehr bedingt Rückschlüsse zum CO<sub>2</sub>-Abdruck des Energiesystems gezogen werden. Das liegt zum einen daran, dass die PEF die Klimaaktivität bei Umwandlung der Energieträger in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten nicht direkt widerspiegeln und zum anderen daran, dass im Energieausweis die quadrameterspezifische Summe aller verwendeten Primärenergien ausgewiesen ist.

Doch Achtung! Da der Ausbau der erneuerbaren Energien politisch gewollt ist und zur Ressourcenschonung und zur Minderung der THG-Emissionen beiträgt, wird in der EnEV-Berechnungsmethodik nur der nicht-erneuerbare Anteil des Primärenergiefaktors (PEF<sub>ne</sub>) berücksichtigt. So hat beispielsweise die Sonne einen PEF<sub>ne</sub> von 0, Erdgas, Heizöl, Kohle haben eine PEF<sub>ne</sub> von 1,1. Die folgende Darstellung illustriert diesen Zusammenhang am Beispiel des Energieträgers Holz mit einem PEF<sub>ne</sub> von 0,2.

[81] Der primärenergetische Bedarf  $Q_p$  zur Bereitstellung von Endenergie  $Q_e$  am Einsatzort (hier Gebäude) berechnet sich wie folgt: Primärenergie  $Q_p$  (nach EnEV) = Endenergie  $Q_e$  x Primärenergiefaktor PEF



$$PEF_{ne} = \frac{\text{Nicht erneuerbare Primärenergie}}{\text{Nicht erneuerbare Endenergie} + \text{Erneuerbare Endenergie}}$$

Beispiel Holz

$$PEF_{ne} = \frac{20\%}{100\%}$$

$$PEF_{ne} =$$

$$PEF_{ne} = \underline{\underline{0,2}}$$

A31 Darstellung des Primärenergiefaktors am Beispiel Holz. (Datenbasis Wuppertal Institut (2015))

Auch wenn dieser Ansatz nachvollziehbar ist, so berücksichtigt er doch nicht die unterschiedlichen Kohlenstoffintensitäten der fossilen Endenergieträger. Die Brennstoffe Erdgas, Heizöl und Steinkohle werden beispielsweise mit dem gleichen PEF<sub>ne</sub> von 1,1 bewertet. Folgende Tabelle T6 zeigt zum einen die aktuellen Primärenergiefaktoren, zum anderen den Einfluss auf die Umwelt, der bei der Umwandlung des jeweiligen Energieträgers in thermische oder elektrische Energie entsteht. Dieser Einfluss wird in Form von Emissionsfaktoren in Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Kilowattstunde angegeben. Hohe Emissionsfaktoren, wie sie fossile Energieträger aufweisen, sind gleichbedeutend mit sehr negativem Einfluss auf die Umwelt.

T6 Emissions- und Primärfaktoren der wichtigsten Energieträger.

ENERGIETRÄGER	EMISSIONSFAKTOR [gCO <sub>2</sub> -Äqu./kWh]	PRIMÄRENERGIEFAKTOR <sup>3</sup> [-]
Strom	561 <sup>1</sup>	1,8
Fernwärme aus KWK	176 <sup>4</sup>	0 bis 0,7
Erdgas H	201 <sup>1</sup>	1,1
Leichtes Heizöl	266 <sup>1</sup>	1,1
Steinkohlenbriketts	345 <sup>1</sup>	1,1
Holzpellets	18 <sup>2</sup>	0,2 – 0,5
PV, amorph	83 <sup>2</sup>	0,0
Solarthermie <sup>5</sup>	13 <sup>2</sup>	0,0
Windkraft	10 <sup>2</sup>	0,0

1 Vgl. (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2017, S. 24)

2 Vgl. (Institut Wohnen und Umwelt GmbH, 2014, S. 3)

3 Vgl. (Deutscher Bundestag, 2017, S. 6)

4 Wuppertal Institut (2015)

5 Als Fachkollektor

Noch auffälliger ist die Diskrepanz bei den Sekundärenergieträgern Fernwärme und Strom, bei denen die Treibhausgasintensität in hohem Maße von den verwendeten Brennstoffen (Erdgas, Heizöl, Steinkohle, Braunkohle, Biomasse, Abfälle etc.) und den damit einhergehenden Umwandlungstechnologien bestimmt wird.

Bei der Fernwärme beispielsweise führt die Wahl der in der EnEV und im AGFW-Arbeitsblatt FW 309 zugelassene Stromgutschriftmethode dazu, dass rechnerisch sehr niedrige bis negative<sup>82</sup> Primärenergiefaktoren erzielt werden können. Ein Vergleich verschiedener Allokationsmethoden für die Verteilung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einer KWK-Anlage (Kraft-Wärme-Kopplung) auf die beiden Koppelprodukte Strom und Wärme zeigt, wie extrem unterschiedlich je nach Wahl der Methode, die Ergebnisse ausfallen können. Nach dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH wird am Beispiel einer GuD-KWK-Anlage (Gas und Dampf) verdeutlicht, dass insbesondere die Stromgutschriftmethode im Sinne der KWK-Wärme extrem vorteilhafte Ergebnisse produziert. So weist im Fall der GuD-Anlage diese Methode negative Emissionen (-141 g/kWh<sub>th</sub>) aus, woraus man fälschlicherweise schließen könnte, dass ein schlecht gedämmtes Gebäude mit hohem FW-Verbrauch in der Klimabilanz besser sei, als ein gut gedämmtes Gebäude mit niedrigem FW-Verbrauch. In diesem Kontext ist es nachvollziehbar, dass die Stromgutschriftmethode als Rechenmethode hinterfragt wird. Bei dieser Methode muss zumindest der angesetzte PEF für den »gutgeschriebenen« Verdrängungsstrom-Mix von 2,8 reduziert werden. Zu plausibleren Ergebnissen kommt die Allokationsmethode gemäß EU-KWK-Richtlinie 2004/8/EG (EU 2004), welche auch als »Finnische Methode« bezeichnet wird und gleichmäßiger auf die Koppelprodukte verteilt. Im Falle der GuD-KWK-Anlage liegen bei der Wärme die CO<sub>2</sub>-Emissionen mit 176 g/kWh<sub>th</sub> 12 % unter dem Referenzwert für thermische Energie aus einem Erdgaskessel (201 g/kWh<sub>th</sub>) und beim Strom mit 297 g/kWh<sub>el</sub> 47 % unter dem Referenzwert für Strom aus dem deutschen Strom-Mix (561 g/kWh<sub>el</sub>).<sup>83</sup>

Der Primärenergiefaktor des Sekundärenergieträgers Strom wird durch die zunehmende Einspeisung erneuerbarer Energien sukzessive gesenkt. Der deutschlandweite Strom-Mix, in dem auch die erneuerbare Stromerzeugung berücksichtigt wird, weist 2020 einen PEF von 1,8 auf und soll 2050 mit einem EE-Anteil von 80 % bei 0,4 liegen.<sup>84</sup> Auch der PEF vom Fernwärme-Mix soll in diesem Zeitraum von 0,8 auf 0,5 abgesenkt werden. Im Gegensatz dazu verändert sich der PEF

von Gas bis 2050 nicht.<sup>85</sup> Dies hat gravierende Auswirkungen auf die Bewertung eines Anlagensystems zur Gebäude-temperierung. Bei einem strombasierten Wärmepumpensystem verringert sich der Ausstoß der CO<sub>2</sub>-Emissionen sukzessive um knapp 80 %, ohne dass Veränderungen an der Heiztechnik vorgenommen werden müssen, bei Fernwärme immerhin um 37,5 %.

Auch wenn sich der Jahres-Primärenergiebedarf als Hauptanforderungs- und Steuerungsgröße seit Einführung der EnEV 2002 etabliert hat, so ergeben sich bei seiner praktischen Anwendung zunehmend Probleme. Ein Gebäude mit einem geringen Primärenergiebedarf hat nicht notwendiger Weise einen geringeren Einfluss auf die Umwelt. Da die Rechenmethoden zur Ermittlung von Primärenergiefaktoren sehr komplex und nur schwer nachvollziehbar sind, können sie politisch einfach in gewünschte Richtungen gelenkt werden und Umweltfreundlichkeit suggerieren. Dramatisch wird es, wenn Primärenergiefaktoren bei null (Beispiel Fernwärme aus einer Müllverbrennungsanlage) oder nahe bei null liegen (Beispiel Holz). Sie verlieren ihre Steuerungswirkung hin zu energieeffizienten Gebäuden und vernachlässigen wichtige Aspekte wie beispielsweise die Ressourcenverfügbarkeit von erneuerbaren Energieträgern (z. B. Holz, Biogas).

### Praxisbeispiel

Der jährliche Primärenergieverbrauch pro Quadratmeter Wohnfläche vor der Sanierung berechnete sich wie folgt:

T7 Primärenergieverbrauch vor der Sanierung.<sup>86</sup>

ENERGIEFORM	PEF [ ]	ENDENERGIE [kWh/a]	PRIMÄRENERGIE- VERBRAUCH [kWh/a]
Fernwärme	0,56	10.482	5.870
Strom Warmwasser	2,70	990	2.673
Strom Verteilung	2,70	60	163
Strom Lüftung	entfällt		
Gesamt [kWh/a]		11.532	8.706
Gesamt [kWh/m <sup>2</sup> a]		210	158

Die Planung wurde 2012 abgeschlossen, der Primärenergiefaktor von Strom betrug damals 2,7. Der jährliche Primärenergiebedarf betrug 158 Kilowattstunden pro Quadratmeter Wohnfläche.

[85] Diese pessimistische Einschätzung geht davon aus, dass beispielsweise »Windgas« (P2G) in Form von Methan oder Wasserstoff nicht bzw. nur marginal ins Gasnetz eingespeist wird.

[86] Achtung: Der Strombedarf zur Verteilung der Wärme im Gebäude wurde geschätzt, weil er bisher nie getrennt erfasst werden musste. Diese Energieaufwendungen, basierend auf den Erfahrungen aus dem Monitoring, sind in der Realität um ein Vielfaches höher.

**U**  
Dem Gasnetz, Energielieferant und Speicher zugleich, kann eine systemimmanente Rolle zukommen!

[82] Diese werden gleich null gesetzt. Vgl. (ITG, ifeu, Wuppertal Institut, 2016)

[83] Vgl. (Wuppertal Institut (2015), S. 47)

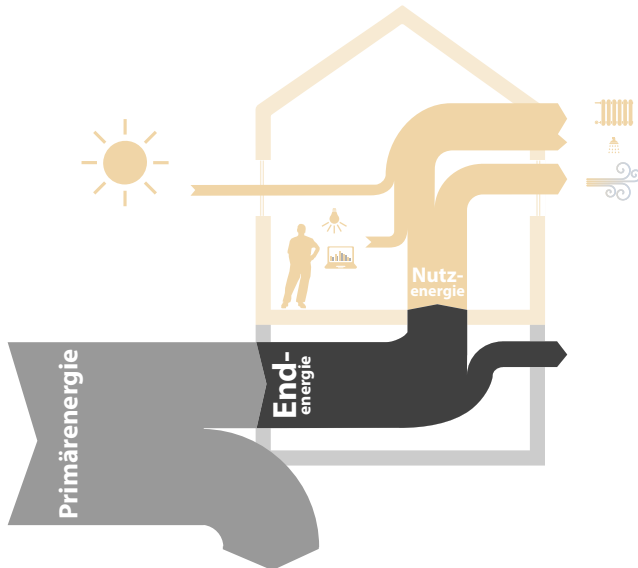
[84] In der 2015 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie veröffentlichten »Energieeffizienzstrategie Gebäude« wird die Veränderung der PEF für verschiedene Energieträger bis 2050 ausgewiesen.

## 2.3

# Endenergie

## Der Fokus des Vermieters und Mieters

Die Endenergie ist diejenige Energie, die nach Rohstoffgewinnung und Transport zum Nutzer im »Bilanzraum Gebäude« zur Verfügung gestellt wird. Folgende Grafik illustriert diesen Zusammenhang.

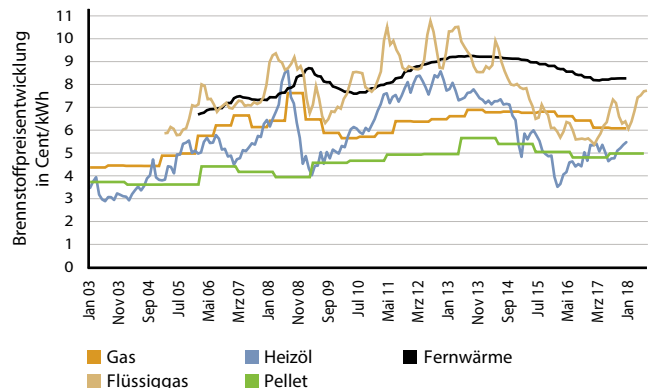


A32 Endenergie im Sankey-Diagramm.

Die Endenergie steht im besonderen Fokus sowohl des Mieters als auch des Vermieters, weil sie Grundlage der Verbrauchskostenabrechnung ist. Sie umfasst alle Energieformen in ihrer Menge, die zur Gebäudetemperierung eingekauft werden müssen. Obwohl die gelieferte Energiemenge wie Gas, Strom oder Fernwärme über Hausanschlusszähler gezählt und erfasst wird, kennt kaum ein Nutzer die tatsächlichen Energiekosten zur Gebäudetemperierung, noch weiß er im Kontext der Dekarbonisierung, wie hoch der CO<sub>2</sub>-Anteil in der Endenergie ist.

### Wie sieht in der Planungsphase der Entscheidungsprozess hin zu einem wirtschaftlichen und nachhaltigen Energiesystem zur Gebäudetemperierung aus?

Energieträger weisen eine unterschiedliche Klimawirksamkeit auf, wie in Kapitel 2.2 bereits dargestellt wurde.



A33 Entwicklung der Brennstoffpreise verschiedener Energieträger in Deutschland (Monatsmittelwerte). (Datenbasis (Bund der Energieverbraucher e.V., 2017))

Bei der Wahl des Energiesystems für ein Gebäude sollten neben aktuellen Energiepreisen und den Energiepreissteigerungen der letzten Jahre vor allem auch die durch die Energieträger entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen im Fokus stehen. Wenn man sich den hohen Preis und den hohen Emissionsfaktor von Strom anschaut, stellt sich die Frage,

### ob Strom überhaupt zur Gebäudetemperierung eingesetzt werden darf?

Die Logik: Mithilfe von Wärmepumpen lässt sich aus einer Kilowattstunde elektrischer Energie ein Vielfaches an thermischer Energie aus der Umwelt generieren. Wird zum Beispiel eine Systemjahresarbeitszahl<sup>87</sup> von 4 erreicht, kostet eine Kilowattstunde thermische Heizenergie 25 Cent/4= 6,3 Cent<sup>88</sup> und führt zu einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 561/4= 140 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Die Kosten von Erdgas liegen im Vergleich bei mindestens 6,7x1,2<sup>89</sup>= 8,0 Cent, führen aber zu einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 201x1,2= 241 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Damit wäre die Wärmepumpe günstiger im Betrieb und würde nur etwas mehr als die Hälfte der CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen. Dieser Wert wird sich mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien am Strom-Mix noch verbessern. Doch diese Berechnung sollte man kritisch hinterfragen, denn eine solche Systemjahresarbeitszahl muss erst einmal nachgewiesen werden können. Andererseits könnte das Ergebnis aber auch durch direkt genutzten Strom aus der eigenen PV-Anlage verbessert werden!

### Warum kennt nun niemand die genauen Energiekosten seines Gebäudes?

[87] Die Systemjahresarbeitszahl besagt, wieviel Strom für eine Kilowattstunde Heizenergie eingekauft werden muss. Sie ist das Maß für die Effizienz eines Wärmepumpensystems im Laufe eines ganzen Jahres. Eine genauere Bilanzierung erfolgt in Kapitel 5.1.3.

[88] 25 Cent entsprechen dem aktuellen Preis (Stand 2018) für Wärmepumpenstrom. Dieser Wert kann mit der SJAZ von 4 vereinfachend dividiert werden, um die thermischen Energiekosten zu berechnen.

[89] Mit dem Faktor von 1,2 wird unterstellt, dass die Verbrennungs- und Verteilungsverluste nur bei 20% liegen.

Im Energieausweis nach der EnEV wird der Endenergiebedarf zur Deckung des Heizenergie- und Warmwasserbedarfs entsprechend den Energieträgern aufgeschlüsselt, ebenfalls wird der benötigte Hilfsstrom zur Verteilung der Heizenergie, beispielsweise für die Zirkulationspumpen oder die kontrollierte Lüftung, ausgewiesen. Für die Beurteilung der Heizkosten ist diese Aufschlüsselung wichtig, da ein hoher Stromanteil höhere Kosten verursacht als ein hoher Gasanteil. Kein Kauf- oder Mietinteressent kann daraus jedoch Rückschlüsse auf die tatsächlichen Betriebskosten ziehen, da die EnEV nicht auf Wohnfläche als Bezugsgröße aufgebaut ist und außerdem diverse Pauschalierungen wie beispielsweise zur Berechnung des Warmwasserbedarfs zulässt (siehe Kapitel 2.4). Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Energie-Kostenabrechnung. Im Betrieb werden Gas

Wir diskutieren über „smart city“ und kennen noch nicht einmal unsere Betriebskosten.

und Strom zwar über separate Zähler erfasst, alle zum Betrieb eines Gebäudes notwendigen Hilfsströme müssen laut »Heizkostenverordnung« nicht gesondert ausgewiesen werden. Sie können, wie beispielsweise die Energie zur Keller- und Treppenhausbeleuchtung, unter »Allgemeinstrom« verbucht werden.

Das ist insbesondere bei Gebäuden mit kontrollierten Lüftungssystemen fatal<sup>90</sup> und führt zur völlig falschen Bewertung der Systemeffizienz und der Betriebskosten.

Der berechnete Endenergiebedarf nach EnEV und die tatsächliche benötigte Energiemenge im Betrieb lassen sich damit nicht vergleichen. Die »Heizkostenverordnung« bzw. die EnEV müssen diesbezüglich dringend angepasst werden.

### Praxisbeispiel

Vor der Sanierung lag der durchschnittliche Heizenergieverbrauch durch Fernwärme bei 190 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr. Dazu wurde Warmwasser über Durchlauferhitzer bereitgestellt. Dieser Strombedarf wurde bisher nicht getrennt erfasst, daher wird ein durchschnittlicher Strombezug von 18 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr angenommen. Da die Bäder an der Außenwand liegen, mussten sie bisher nicht mechanisch belüftet werden. Wenn man nun den gesamten Endenergiebedarf zur Gebäudetemperierung ermitteln will, darf der Strombedarf zur Verteilung der Heizenergie nicht vergessen werden. Dieser wurde bisher ebenfalls nicht separat erfasst und muss daher geschätzt werden. In der Berechnung geht er mit 1,1 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr ein.

Die jährlichen Endenergiekosten in einer Wohnung mit 55 Quadratmetern berechnen sich wie folgt:

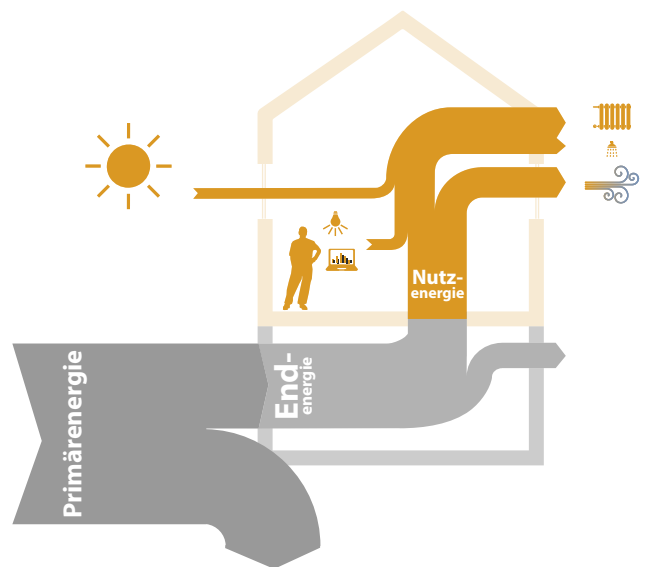
T8 Endenergiekosten einer Wohnung vor der Sanierung.

ENERGIEFORM	KOSTEN [ct/kWh]	ENDENERGIE [kWh/a]	KOSTEN [€/a]
Fernwärme	6,5	10.482	681
Strom Warmwasser	28,0	990	277
Strom Verteilung	28,0	60	17
Strom Lüftung	entfällt		
Jährliche Gesamtkosten [€/a]			975
Spezifische monatliche Kosten [€/m <sup>2</sup> WFL]			1,48

## 2.4 Nutzenergie

### Was am Ende übrigbleibt

Die Nutzenergie nach EnEV setzt sich aus Heizwärme und der Energie für die Warmwasseraufbereitung zusammen. Die Energiemengen werden über getrennte Zähler gemessen.



A34 Nutzenergie im Sankey Diagramm.

Heizwärme wird benötigt, um Transmissionswärmeverluste, also die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle, und die Lüftungswärmeverluste zu kompensieren. Die Dämmung der Außenwände und die Reduktion von Wärmebrücken erhöhen die Güte der thermischen Hülle und reduzieren den Heizwärmebedarf. Lüftungswärmeverluste können über Anlagen zur Wärmerückgewinnung reduziert werden. Interne Gewinne, welche durch Sonneneinstrahlung, aber auch durch zahlreiche weitere Quellen wie Wärmeabgabe von Menschen, Beleuchtung oder Prozesswärme von Kühlschrank, Computer oder Kochen verursacht werden, wirken sich positiv auf die Bilanz aus.

[90] In der Praxis wird der Stromverbrauch oft auf den Zähler des Haushaltsstroms aufgeschaltet und verschwindet damit aus der Bilanz.

Der Warmwasserbedarf wird nach der Berechnungsmethodik der EnEV pauschal mit 12,5 kWh/m<sup>2</sup> angenommen. Tatsächlich wird der Anteil des WW-Verbrauches aber vor allem über die Anzahl der Bewohner und deren Nutzerverhalten beeinflusst und nicht durch die Größe der Wohnung. Während also der Heizwärmebedarf eine annähernde Aussage über die Qualität der Gebäudehülle zulässt, führt die Annahme eines pauschalen WW-Bedarfes oftmals zu erheblichen Abweichungen zwischen Planung und Verbrauch!

## 2.5 Fossile Energie

### Das verschleuderte Erbe der Urzeit

Fossile Energien waren einst Motor des Fortschritts, nun stehen sie am Pranger – zu Recht und schuldig im Sinne der Anklage. Die Folgen der Verbrennung sind für alle Menschen immer stärker spürbar: Smog, Ozon, Feinstaub, Stickoxide, saurer Regen. Der dadurch ausgelöste Klimawandel verursacht eine steigende Zahl von Naturkatastrophen.

Öl, Gas und Kohle sind endlich und brauchen Millionen von Jahren, um unter den richtigen Bedingungen, Temperatur und Druck, entstehen zu können. Sie stehen nur in begrenztem Umfang zur Verfügung und sollten mit Blick auf deren Endlichkeit effizient, vornehmlich als wiederverwertbare Ressource, genutzt werden. Die Verbrennung von Braunkohle setzt zu viele Emissionen frei, Erdöl und Gas sind zu wertvoll, um verbrannt zu werden. In den letzten 100 Jahren wurde jedoch genau das getan und somit ein Großteil unseres Millionen Jahre alten Erbes verschleudert. Die Hauptursache der globalen Erderwärmung.

Die Emissionen der Fossilen werden im internationalen Kontext nach dem »territorialen« Prinzip erhoben. Sie beziehen sich also auf die nationalen Grenzen, sodass die bei der Förderung verursachten CO<sub>2</sub>-Ausstöße in die Bilanzgrenze des Förderlandes fließen. Die bei der Förderung von fossilen Energieträgern wie Erdöl anfallenden Begleitgase werden bisher nicht ausreichend berücksichtigt. Die Autoren neuerer Studien berechnen einen Wert für die Begleitgasemissionen, der fast siebenmal so hoch ist wie die Emissionen, von denen die Europäische Kommission bislang ausgeht.<sup>91</sup>

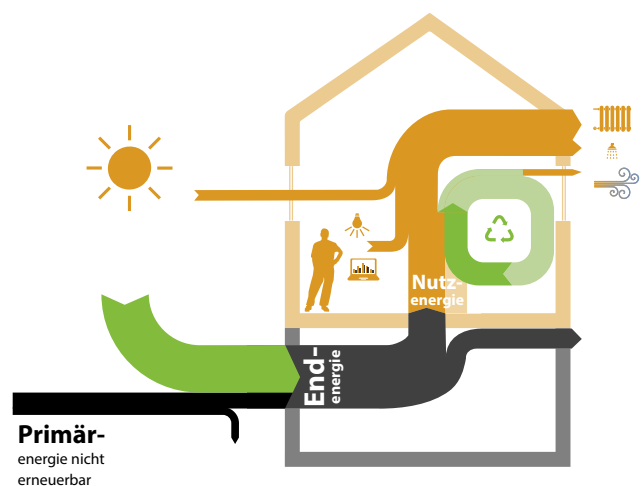
Vor diesem Hintergrund verschärft sich die Dringlichkeit der Transformation hin zu einer flächendeckenden Nutzung der uns stets umgebenden erneuerbaren Energie. Neben den offensichtlichen Vorteilen der drastischen Emissionsreduktionen im eigenen Land, aber auch in den

Fördernationen, werden negative Gesundheits- und Umwelteinflüsse vermieden und v.a. die Belastung der nachfolgenden Generationen vermindert. Es reicht, wenn wir ihnen für die kommenden Millionen von Jahren schon den Atommüll hinterlassen.

Volkswirtschaftlich betrachtet werden sehr hohe Steuergelder aus der Subventionierung fossiler Energien frei, externe Kosten reduziert und vor allem kann auch der wirtschaftlichen und geopolitischen Abhängigkeit, dem Diktat einiger Weniger, in diesem Sektor entflohen werden.

## 2.6 Erneuerbare Energie

### Der allgegenwärtige Reichtum



A35 Gebäude als Prosumer im Sankey Diagramm.

Es führt auf dem Weg zu einem annähernd klimaneutralen Gebäudebestand kein Weg an einer flächendeckenden Nutzung erneuerbarer Energie vorbei! Sie ist überall vorhanden, kann von allen Menschen genutzt werden und ist am Beispiel von Energie aus Sonne und Wind im Anlagenbetrieb tatsächlich auch CO<sub>2</sub>-neutral. Für den Bau der Anlagen werden Energie und Ressourcen benötigt, diesbezüglich unterscheiden sie sich nicht von Kohle- oder Fernwärmekraftwerken, daher sollten vor dem Hintergrund einer Dekarbonisierungsdebatte auch hier eine CO<sub>2</sub>-Bilanzierung zwingend eingeführt werden. PV-Anlagen standen beispielsweise lange in der Kritik, in der Herstellung mehr Energie zu benötigen, wie in deren Lebenszyklus an EE zurückgewonnen werden kann. Dies hat sich mittlerweile geändert. Die Energierücklaufzeit<sup>92</sup> eines PV-Moduls lag bereits 2015 bei unter zwei Jahren.<sup>93</sup> Durch kontinuierli-

[91] Vgl. (era – energy research architecture, 2018)

[92] Die Energierücklaufzeit beschreibt die Zeit, die benötigt wird, um die zum Bau der Anlage aufgewendete Energie wieder zur Verfügung zu stellen.

[93] Vgl. (Fraunhofer ISE, 2015)

che Effizienzsteigerungen der Module und Reduktion des Ressourceneinsatzes sinkt die Energierücklaufzeit weiter und beträgt inzwischen je nach Standort und Modultyp etwas mehr als ein Jahr. Bei großen Windkraftanlagen beträgt diese sogar nur noch zwei bis sieben Monate. Da bekanntlich ein Fernwärmeanschluss im Heizungskeller wenig Materialaufwand erfordert, wäre es nun spannend zu erfahren, wie es diesbezüglich mit der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung eines Fernwärmekraftwerkes aussieht. In diese Bilanz



PV-Modul < 2 Jahre  
Windkraftanl. < 1Jahre  
Fernwärmekraftwerk  
– ungewiss

müsste nicht nur der Bau des Kraftwerkes einfließen, sondern auch die Infrastruktur der Wärmeverteilung, der Bau der Leitungen im städtischen Raum, die tatsächlichen Leitungsverluste bis zur Gebäudegrenze und vieles mehr. Unabhängig davon stellt sich die Frage, über welche Steuermodelle diese gesamten

Kosten der Infrastruktur mitfinanziert und versozialisiert werden. Die PV-Anlage auf dem Gebäude bezahlt nur der Eigentümer der PV-Anlage.

### Warum also weiterhin Öl und Gas zur Gebäudetemperierung verbrennen? Aus Kostengründen? Um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten?

Aus Kostengründen bestimmt nicht. Sonnenwärme muss im Gegensatz zu Öl oder Gas nicht eingekauft werden, sondern steht fast überall im Überfluss und kostenlos zur Verfügung. Um sie ganzjährig nutzen zu können, muss sie aber beispielsweise über Wärmepumpenanlagen, die Strom benötigen, ins Heizsystem eingebunden werden. Wird ein entsprechendes Anlagensystem richtig ausgelegt, liegt der Gesteigungspreis von erneuerbarer thermischer Energie trotz momentan hohen Strompreisen weit unter dem Einkaufspreis von Öl oder Gas. Darauf wird in den Kapiteln 5 und 6 weiter eingegangen. Das Problem: Volatile Energie aus Sonne und auch Wind, gilt es für den Zeitpunkt der Nachfrage zu speichern (*dazu Kapitel 4*). Es besteht also kein Energieproblem, sondern ein Regel- und Speicherproblem.

EE kann aber nicht nur aus der Umwelt gewonnen werden, sie steht auch überall als Prozesswärme zur Verfügung. Als Beispiele seien hier die Prozesswärme aus der Industrie, Abwasserwärme aus der Kanalisation oder auch Abwärme von Beleuchtung, Computer oder Kühlschränken genannt. Ein weiteres enormes Potential kann durch die Vernetzung von Gebäuden unterschiedlichster Nutzung erschlossen werden. Schließlich kann über Nahwärmenetze Erzeugung und Verbrauch von Wärme effizienter ausgeglichen werden. Energie, die vor Ort gewonnen, gespeichert und genutzt wird, wird damit tatsächlich auch der Gebäudebilanz zugeschrieben, zudem verringern sich Verteilverluste.

Aber nicht alle EE sind gleich positiv zu bewerten. Aus welchem Grund sollten Nahrungspflanzen zu Bioethanol

fermentiert werden, während fast eine Milliarde<sup>94</sup> Menschen an Hunger leiden? Warum sollte Biomasse, wie Holz, verfeuert werden, wenn man es als Baumaterial verwenden kann und es somit zu einer dauerhaften CO<sub>2</sub>-Bindung beiträgt?

Doch die Vorteile EE liegen auf der Hand! Jede Kilowattstunde lokal gewonnener EE muss nicht in Form von Gas, Öl oder Kohle importiert oder aufwendig erzeugt werden. Die Wertschöpfung bleibt im eigenen Land, Energiekosten werden langfristig gesenkt, die Preise werden unabhängiger von externen Faktoren. Die Binnenkonjunktur wird langfristig sogar gestärkt, was mittlerweile auch vom BDI bestätigt wird.<sup>95</sup>

## 2.7 Abwärme aus Abluft

### Wie hochwertige Energie recycelt werden kann

Bei Abwärme handelt es sich um Wärme, die beispielsweise beim Kochen, Duschen oder durch elektrische Geräte entsteht und zumeist ungenutzt »verloren« geht. Auch der Mensch selbst gibt je nach Bewegungszustand 60 – 150 Watt pro Stunde ab. Diese Wärmequellen werden sowohl in Wohngebäuden wie auch in Gewerbebauten unterschätzt und bleiben daher in den meisten Fällen ungenutzt. In Wohngebäuden wird Abwärme nach der EnEV als interne Wärmegewinne mit 5 Watt pro Quadratmeter angesetzt. Voll angerechnet werden diese allerdings nur im Winter, obwohl sie sowohl in den Übergangszeiten wie auch im Sommer genutzt werden kann.

Über kontrollierte Lüftungssysteme, die Gebäude mit Frischluft versorgen, kann Abwärme ganzjährig zurückgewonnen und stetig genutzt werden. Anders als bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung über beispielsweise Kreuzgegenstrom-Wärmetauscher<sup>96</sup>, wird bei einer reinen Abluftanlage die Wärme aus der Abluft über einen Wärmetauscher an eine Soleflüssigkeit übergeben und dient so als Wärmequelle für eine



30 % der Gebäudetemperierung lassen sich über konstant zur Verfügung stehende EE abdecken.

[94] Vgl. (World Food Programme, 2018)

[95] Nach der im November 2017 veröffentlichten Studie des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI) wird die Einhaltung der internationalen und deutschen Klimaschutzziele in allen gerechneten Szenarien für ein höheres Bruttoinlandsprodukt sorgen. Im Jahr 2050 soll demnach die Wirtschaftsleistung im Vergleich zu einem Referenzszenario ohne ambitionierten Klimaschutz um 0,4 bis 0,9 Prozent höher liegen.

[96] Beim Kreuzgegenstrom-Wärmetauscher strömen die Luftströme der Zu- und Abluft durch ein Paket aus dünnen Platten (Alu- oder Edelstahlbleche, Kunststofffolien). Diese verlaufen parallel zueinander und sind so zusammengesetzt, dass immer abwechselnd in einer Lage Zuluft und einer Lage Abluft fließt. Dabei wird der warmen Abluft thermische Energie entzogen und der frischen Zuluft zugeführt, wodurch sie sich erwärmt.



Abluft-Sole-Wasserwärmepumpe. Diese kann über 30 % des jährlichen Wärmebedarfes für Heizung und Warmwasser eines nach EnEV-Standard gebauten Gebäudes kostengünstig bereitstellen und reduziert damit den Endenergiebedarf mit zuvor ungenutzter Wärmeenergie.



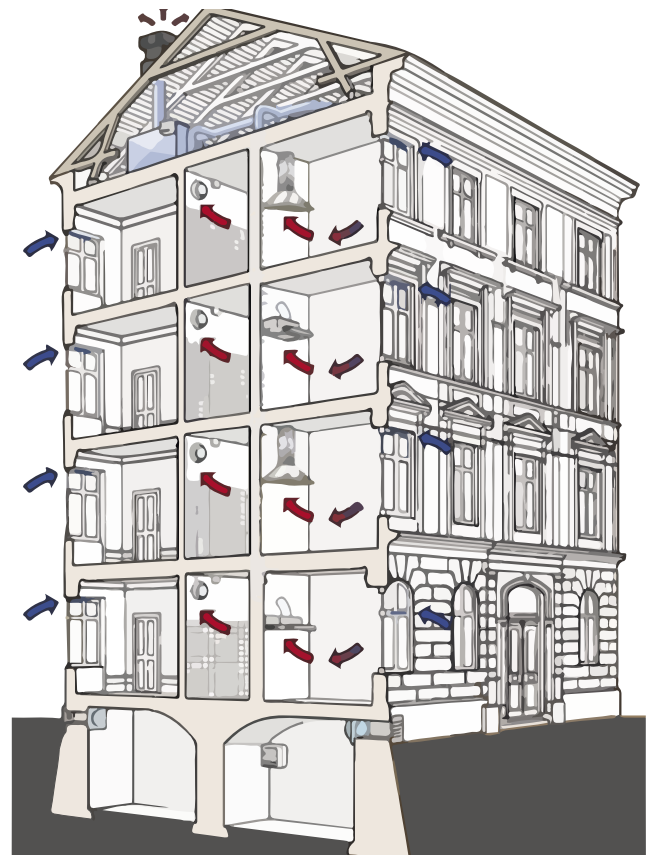
A36 Abluftwärmeaufnahme aus dem Sankey Diagramm A35.

Da die Abwärme 365 Tage im Jahr zur Verfügung steht und kaum Temperaturschwankungen unterliegt, ist sie eine der zuverlässigsten, indirekt erneuerbaren Energiequellen und für Wärmepumpen ein ideales Quellmedium. Im Winter kann diese HEAL-Technik<sup>97</sup> äußerst effizient eine Solaranlage bei der Heißwasserproduktion ersetzen. Damit stellt sich die Frage, warum Sanierungsvorhaben inklusive Denkmalschutz vom EEWärmeG ausgenommen werden!<sup>98</sup>

In einem 2015 sanierten, denkmalgeschützten Mehrfamilienhaus in Berlin Neukölln wird das Heizungssystem auf Basis von Gas durch EE aus einer Abluftanlage ergänzt. Gerade im Altbau stehen zahlreiche Kaminschächte zur Verfügung, die kostengünstig zu Abluftschächten umgenutzt werden können. Selbst im bewohnten Zustand lässt sich dieses System einfach nachrüsten. Die Warmwassererzeugung und Heizungsunterstützung kann damit auch ohne Solaranlage durch EE ergänzt werden. Durch den Einsatz von kaum sichtbaren Nachströmventilen an Fenstern wird die Optik der Fassade nicht beeinträchtigt.

[97] HEAL steht für Hochwertige Energie aus Ab-Luft. Abwärme kann kostengünstig über Wärmepumpen in nutzbarer Wärme höherer Entropie überführt werden (Fußbodenheizung, Warmwasser), gleichzeitig kann die abgekühlte Luft zur Kühlung herangezogen werden.

[98] Das Gesetz soll bei Neubauvorhaben dazu beitragen, den Anteil EE am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte bis zum Jahr 2020 auf 14 Prozent zu steigern.



A37 Schnitt durch ein Altbaugebäude mit Abluftanlage.

## 2.8 Graue Energie / Kea

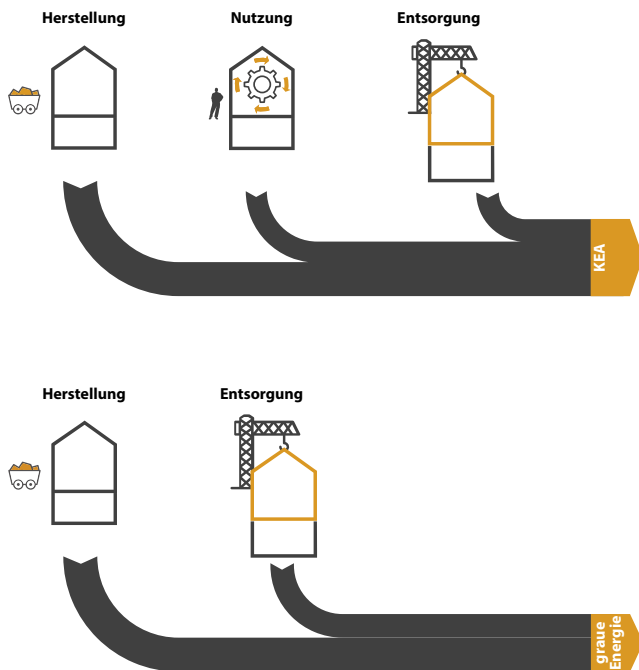
### Die unsichtbare Größe

Ein wesentlicher Energieverbrauch, der gerade in der energieintensiven Gebäudewirtschaft im Kontext der Dekarbonisierung vergessen wird, ist die »Graue Energie«, die Energie nämlich, die zur Herstellung von Stahl, Beton, Ziegeln, aber auch Wärmedämmung benötigt wird und somit auch direkt dem Gebäude zugeordnet werden muss.

Wissenschaftlich-technisch ausgedrückt ist die »Graue Energie« die Summe der Primärenergien, die für die Bereitstellung und Beseitigung des Produkts oder der Dienstleistung aufgewendet werden müssen.<sup>99</sup> Der Begriff »Graue Energie« wird häufig in einem Atemzug mit dem kumulierten Energieaufwand KEA genannt. Hier ist jedoch ein wichtiger Detailunterschied zu beachten. So ist der kumulierte Energieaufwand nach der VDI 4600 als »die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwands, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines ökonomischen Guts (Produkt oder Dienstleistung) entsteht bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden

[99] Vgl. (Gugerli, Frischknecht, Kasser, & Lenzlinger, 2008)

kann« definiert. In Abgrenzung zur »Grauen Energie«, die den Energieaufwand ohne den direkten Energieverbrauch während des Gebrauches beschreibt, schließt also der KEA auch den Energieverbrauch während der Nutzung mit ein und ist damit umfassender. Bei einem Gebäude ist damit der gesamte Energieaufwand von der Gewinnung der Ressource, über den Bau des Gebäudes, den Betrieb desselben in Form von Gebäudetemperierung und Warmwasserbereitstellung sowie dessen Rückbau erfasst.



A38 Schematische Darstellung des kumulierten Energieaufwandes und der »Grauen Energie«.

Im Gegensatz zum Energiebedarf zur Gebäudetemperierung ist das Bewusstsein für den effizienten Umgang mit Ressourcen sowie dem damit verbundenen Energieaufwand und CO<sub>2</sub>-Ausstoß noch kaum vorhanden. Um Heizenergie zu sparen, müssen beim Bau der Gebäudehülle nach der Logik der EnEV mehr Baumaterialien und hochwertigere Produkte wie Fenster und Haustüren eingesetzt werden, da hohe Anforderungen an den Dämmwert gestellt werden. Wahre Energieeffizienz bedeutet in diesem Kontext, auch den Primärenergiebedarf zur Herstellung dieser zusätzlichen Materialien ins Verhältnis zu der damit verbundenen Primärenergieeinsparung zu setzen. Dies gilt umso mehr für Gebäude mit einem hohen Energiestandard. Die gesamten Zusammenhänge werden im Kapitel 5.1 dargelegt.

CO<sub>2</sub>-Emissionen im Herstellungsprozess von Baumaterialien können enorm sein!

Doch Achtung! Wenn die Anteile der EE im zentralen Versorgungssystem zunehmen, dann muss jede Dämmmaßnahme, welche über die EnEV hinausgeht, in Frage gestellt und hinsichtlich dem CO<sub>2</sub>-Aufwand bilanziert werden.

## Praxisbeispiel

Zum Erreichen des KfW EH 85-Standards muss ein 14 Zentimeter starkes Wärmedämmverbundsystem aus EPS mit einer Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda=0,35$  eingebaut werden. Mit 10 Zentimeter zusätzlicher Dämmung wird beispielsweise noch kein EH 55-, sondern nur ein guter EH 70-Standard erreicht. Der Primärenergieverbrauch des zusätzlichen Materials und der Ausstoß an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zur Erreichung des EH 70-Standards berechnen sich wie folgt<sup>100</sup>:

### T9 Primärenergieverbrauch zur Herstellung des zusätzlichen Materials.

MEHRAUF- WENDUNGEN	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	GEWICHT [kg]	PENRT [kWh/Ref.10]	PRIMÄR- ENER- GIE- BEDARF [kWh]
Dämmmaterial <sup>2</sup>	109		503	54.827
Fensterbänke <sup>3</sup>		124	41	5.084
<b>Primärenergiebedarf gesamt [kWh]</b>				<b>59.911</b>

### T10 CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei der Herstellung des zusätzlichen Materials

MEHRAUF- WENDUNGEN	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	GEWICHT [kg]	GWP [kgCO <sub>2</sub> -Äqu./ Ref.1]	CO <sub>2</sub> Äqu. [kgCO <sub>2</sub> -eq.]
Dämmmaterial <sup>2</sup>	109		60	6.540
Fensterbänke <sup>3</sup>		124	11	1.364
<b>CO<sub>2</sub> Äquivalente gesamt [kgCO<sub>2</sub>-eq.]</b>				<b>7.904</b>

1 Referenzeinheit jeweils in m<sup>3</sup> oder kg

2 Styropor, 10 cm Zusatzdämmung

3 Verlängerung der Aluminiumbleche um 10 cm (2 mm stark)

Bei einer Erhöhung der Dämmstärke um 10 Zentimeter werden knapp 60 Tausend Kilowattstunden nicht erneuerbare Primärenergie zur Herstellung des Zusatzmaterials benötigt. Der Ausstoß der CO<sub>2</sub>-Äquivalente beläuft sich auf über 7,9 Tonnen.

[100] Achtung: Um ein deutschlandweit branchenübliches Bild zu erhalten, werden alle Daten aus der Ökobaudat des BMUB genommen (Ökobaudat, 2017 a). Der PENRT für EPS beträgt demnach 502,8 kWh pro Kubikmeter. Es handelt sich um die realen Emissionswerte für die Herstellung ohne Berücksichtigung von Transport, Einbau und Beseitigung. Das »Global warming potential« (GWP) für EPS beträgt demnach 60 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Kubikmeter. Es handelt sich hier um eine Maßzahl für den relativen Beitrag zum Treibhauseffekt. Sie subsumiert alle im Herstellungsprozess entstehenden Gase, die zum Treibhauseffekt beitragen, auf Basis von einem Kilogramm CO<sub>2</sub>. Die im Praxisbeispiel verwendete Capatect-Platte von Caparol weist nach EPD-Datensatz (environmental product declaration) einen Primärenergiebedarf für die Herstellung von 367,02 kWh auf. Das zeigt, dass bereits die Materialwahl einen erheblichen Einfluss auf den Primärenergiebedarf Deutschlands hat.

## 2.9

# CO<sub>2</sub>-Äquivalent

## Die Basis jeder Klimadebatte

Der Anstieg der Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Erdatmosphäre ist der wichtigste Treiber der Erderwärmung. Seit 1835 hat sich die Konzentration von Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre von rund 280 ppm auf 405 ppm im Jahr 2017 erhöht. Hauptverursacher sind durch Menschen verursachte Emissionen. Vor allem die Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle und Erdöl, aber auch durch die Landwirtschaft ausgelöste Veränderungen oder Entwaldung spielen eine Große Rolle. Wenn Energie- und Ressourceneinsatz im Kontext der Dekarbonisierung hinsichtlich des Treibhauseffektes bewertet werden soll, muss dies auf der Grundlage eines normierten Bewertungssystems erfolgen. Immerhin ist es das Ziel, hauptsächlich durch hohe Dämmauflagen (EnEV) und Nutzung erneuerbarer Energien (EEWärmeG) tatsächlich den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren.

Die Basis jeder Klimadebatte ist die Vergleichbarkeit von Produkten und Systemen<sup>101</sup> hinsichtlich des Treibhauspotentials, dem zu Folge müssen sie hinsichtlich ihres relativen Beitrages zum Treibhauseffekt bewertet werden. Nicht nur CO<sub>2</sub>, sondern eine Vielzahl von Treibhausgasen wie Methan oder Lachgas sowie Verunreinigungen wie Rußpartikel oder Ozon, haben einen Einfluss auf die Atmosphäre und können den Treibhauseffekt verstärken. Alle diese »atmosphärischen« Schadstoffe wirken unterschiedlich stark und werden daher auf Basis der Klimawirksamkeit von CO<sub>2</sub>, d.h. den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, miteinander verglichen. Sie sind essentielle Entscheidungsgrundlagen für Planer, um eine Dekarbonisierung im Gebäudesektor voranzutreiben.

CO<sub>2</sub>-Äquivalente, in Englisch »Global warming potential« (GWP), ermöglichen somit eine einheitliche CO<sub>2</sub>-Bilanzierung. Methan hat gemäß Kyoto-Protokoll beispielsweise einen CO<sub>2</sub>-Äquivalent von 21, das bedeutet, dass ein Kilogramm Methan innerhalb der ersten 100 Jahre nach der Freisetzung 21-mal so stark zum Treibhauseffekt beiträgt wie ein Kilogramm CO<sub>2</sub>. Bei Lachgas beträgt dieser Wert sogar 310.

Die durchschnittliche Verweildauer der Gase in der Atmosphäre beträgt bei CO<sub>2</sub> 120 Jahre, bei Methan 15 Jahre und bei Lachgas 114 Jahre.<sup>102</sup> Für den Klimaschutz ist daher eine eingesparte Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent umso mehr wert, je früher sie eingespart wird.

**Durch erhöhten Materialaufwand entstehen sofort CO<sub>2</sub>-Emissionen, die Heizenergieeinsparung folgt nach!**

[101] Vgl. (UBA, Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, 2013 a)

[102] Vgl. (UBA, Treibhausgase, 2017 d)

Auch hier ist es essentiell, dass Bilanzzeiträume offen kommuniziert werden. Immerhin sollen an Gebäuden die Umweltbeeinflussungen der Materialien oder des Heizsystems sichtbar gemacht und Vermeidungskosten aller Sektoren vergleichbar bilanziert werden können. Im Gebäudesektor müsste daher eine normiertes Verfahren zur Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Wärmeversorgung und beim Materialeinsatz eingeführt werden, damit die eigentlichen Ziele der Energiewende, Effizienz, EE und CO<sub>2</sub>-Minderung ganzheitlich betrachtet werden können.

### Praxisbeispiel

Der jährliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß vor der Sanierung berechnet sich wie folgt:

T11 Jährlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß vor der Sanierung.

ENERGIEQUELLE	EMISSIONSFAKTOR [kgCO <sub>2</sub> /kWh]	ENDENERGIE [kWh/a]	CO <sub>2</sub> -ÄQUIVALENTE [kgCO <sub>2</sub> /a]
Fernwärme	0,257	188.675	48.490
Strom Warmwasser	0,561	17.820	9.997
Strom Verteilung	0,561	1.084	0.608
Strom Lüftung	entfällt		
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente gesamt [kgCO<sub>2</sub>/a]</b>			<b>59.095</b>

Pro Bestandsgebäude mit 18 Wohneinheiten wurden vor der Sanierung jährlich 59,1 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert.<sup>103</sup> Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Wohnung mit einer Wohnfläche von 55 Quadratmetern lagen bei 3,3 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten. Zur Erinnerung: Der jährliche ökologische Fußabdruck soll 2050 insgesamt nur noch bei 0,8–3,3 Tonnen pro Kopf liegen.<sup>104</sup>

Durch eine Sanierung nach KfW EH 85 auf Basis von Fernwärme wären folgende Verbräuche zu erwarten gewesen:

T12 Jährlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach der Sanierung mit Fernwärme.

ENERGIEQUELLE	EMISSIONSFAKTOR [kgCO <sub>2</sub> /kWh]	ENDENERGIE [kWh/a]	CO <sub>2</sub> -ÄQUIVALENTE [kgCO <sub>2</sub> /a]
Fernwärme	0,257	78.314	20.127
Strom Lüftung, Verteilung	0,561	5.089	2.855
<b>CO<sub>2</sub>-Äquivalente gesamt [kgCO<sub>2</sub>/a]</b>			<b>22.982</b>

Pro Bestandsgebäude wären nach der Sanierung auf Basis eines Fernwärmekonzepts<sup>105</sup> jährlich 23,0 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert worden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Wohnung

[103] Die CO<sub>2</sub>-Äquivalente von Fernwärme wurden mit 0,257 kg/kWh angesetzt, entsprechend der Angaben des Fernwärmelieferanten zum Zeitpunkt der Planung.

[104] Vgl. Quellen im Kapitel 1.1

[105] Emissionsfaktor 2014 für Fernwärme und Strom vgl. (Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe, 2017), Datenbasis (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2017, S. 30)

mit einer Wohnfläche von 55 Quadratmetern wären bei 1,3 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten gelegen.

Durch eine Sanierung nach KfW EH 85 auf Basis von Wärmepumpen wären folgende Verbräuche zu erwarten gewesen:

T13 Jährlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach der Sanierung mit Erdwärmepumpe.

ENERGIE-QUELLE	EMISSIONS-FAKTOR [kgCO <sub>2</sub> /kWh]	END-ENERGIE [kWh/a]	SPEZIF. END-ENERGIE [kWh/m <sup>2</sup> a]	CO <sub>2</sub> -ÄQUI. [kgCO <sub>2</sub> /a]
Wärmepumpen / Solarthermie	0,561	16.765	11,68	<b>9.405</b>
Wärmepumpen / Solarthermie	0,561	20.066	13,92	<b>11.257</b>

Bei einem Wärmepumpensystem beträgt der Endenergiebedarf nach der Sanierung 11,68 Kilowattstunden pro Quadratmeter Wohnfläche (Zeile 1 in der Tabelle T13). Da während der Bauphase durch die Bundesregierung die Eigenversorgungsregelung für PV-Anlagen mit einer Leistung von über 10 kWp verändert wurde, ist die ursprünglich geplante Anlage um 50% reduziert worden (Gabriel-Effekt). Dadurch hat sich der Endenergiebedarf auf 13,92 Kilowattstunden pro Quadratmeter Wohnfläche erhöht (Zeile 2 in der Tabelle T13)!

Pro Gebäude und Altbaubestand werden nach der Sanierung auf Basis eines Wärmepumpenkonzepts jährlich 9,4 bzw. 11,3 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert. Pro Wohnung mit einer Wohnfläche von 55 Quadratmetern werden die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen damit von knapp 3,3 Tonnen auf 628 Kilogramm gesenkt. Ohne Gabriel-Effekt wären sogar nur noch 522 Kilogramm erreicht worden, eine weitere Verbesserung um knapp 17%.

**Doch was bedeutet dieses Ergebnis für die Zukunft, wenn man es sektorübergreifend bewertet?**

Im Handlungsfeld »Energiewirtschaft« wird sich der erneuerbare Anteil im Strom-Mix bis 2050 auf 80% erhöhen. Wie in Kapitel 2.2 dargelegt, wird dadurch der Emissionsfaktor von Strom von heute 1,8 auf 0,4 reduziert. Damit wird der Anteil der CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei 110 Gramm pro Kilowattstunden liegen. Auf die Beispielwohnung angewendet beutet dies, dass im Jahr 2050 nur noch etwas mehr wie 140 Kilogramm pro Jahr zur Gebäudetemperierung ausgestoßen werden, ohne dass am Anlagensystem etwas verändert wird.

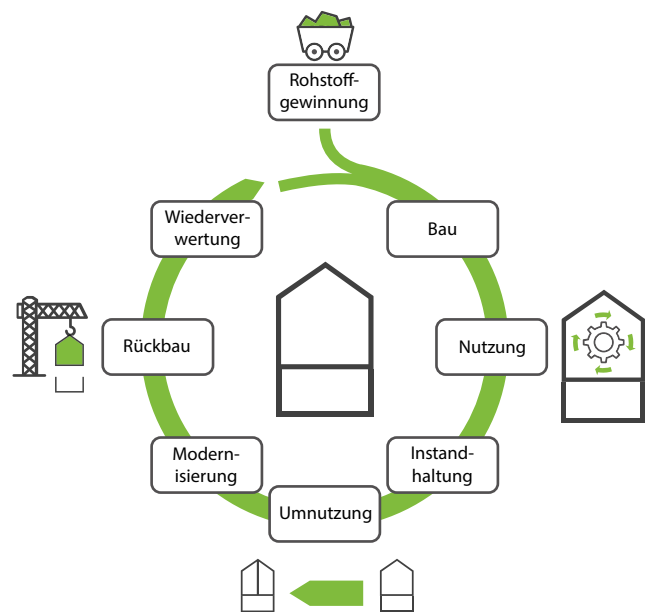
Damit rückt der für 2050 anvisierte jährliche ökologische Fußabdruck von 0,8 – 3,3 Tonnen pro Kopf in den Bereich des Machbaren!

## 2.10 Lebenszyklusanalyse

### Heute an morgen denken

Kann man auf der einen Seite ein dem Namen nach effizientes Niedrigstenergie-Gebäude realisieren, sich auf der anderen Seite dafür jedoch 24 Zentimeter Expandiertes Polystyrol (EPS) an die Fassade montieren, im Wissen, dass das Material energie- und ressourcenintensiv hergestellt wird und bereits heute als Sondermüll entsorgt werden muss? Engagierter Klimaschutz verlangt nach einer nachhaltigen Betrachtung der Zusammenhänge, eine Lebenszyklusanalyse muss im Kontext des »Klimaschutzplanes 2050« gefordert oder zumindest gefördert werden!

Die Lebenszyklusanalyse, Ökobilanz oder auch Life Cycle Assessment (LCA) ist zentraler Bestandteil zur Bewertung der Nachhaltigkeit eines Gebäudes.<sup>106</sup> Die folgende Grafik zeigt die entscheidenden Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes.



A39 Lebenszyklus eines Gebäudes. (Auf Basis Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin, o. J.)

Eine Lebenszyklusanalyse betrachtet alle Lebensphasen eines Gebäudes und das nicht nur energetisch, wie beim bereits vorgestellten kumulierten Energieaufwand KEA (siehe Kapitel 2.8), sondern auch in Bezug auf ökologische Indikatoren wie das Treibhausgaspotential oder das Ozonbildungs- und Ozonabbaupotential, um nur einige zu nennen. Darüber hinaus können auch die anfallenden

[106] Der Vollständigkeit halber wird an dieser Stelle noch auf andere Bewertungssysteme hingewiesen. Dazu gehören: Treibhausgasbilanz (engl. Carbon footprint), UBA-Bewertungsmethode, Methode der ökologischen Knappheit, Material-Input pro Serviceeinheit (MIPS) von Friedrich Schmidt-Bleek am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

Kosten aller Lebensphasen mit betrachtet werden.

### Warum kommt die LCA so gut wie nicht zum Einsatz?

Die einen wissen nichts davon, für die anderen erscheint es zu komplex, wiederum andere interessiert es nicht, da es keine Pflicht oder Anreize zu dieser integralen Betrachtungsweise gibt. Aber genau diese Betrachtungsweise führt dazu die richtigen Fragen im Kontext zu einem energie- und ressourcenschonenden Gebäudebestand zu stellen:

### Wie viel nicht-erneuerbare Primärenergie steckt in einem Baustoff?

### Welche lokalen Folgen hat die Förderung eines Rohstoffes am Ort seiner Gewinnung?

### Welche globalen Folgen hat die Förderung eines Rohstoffes in Form von Treibhausgas-, Eutrophierungs-, Versauerungs-, Ozonabbau- sowie Ozonbildungspotenzial?

### Wie viel nicht erneuerbare Primärenergie spart der letzte Zentimeter einer Dämmung bei der Gebäudetemperierung ein?

### Wo liegt der Grenzwert, ab dem jeder zusätzliche Ressourcenaufwand sinnlos wird?

### Welchen Instandhaltungszyklen unterliegt die eingesetzte Technik bzw. der eingesetzte Baustoff?

### Ist die Konstruktion so gewählt, dass sie leicht rückgebaut werden kann, und können die Baustoffe im Sinne des »Kreislaufwirtschaftsgesetzes« wiederverwertet werden?

Unter Nachhaltigkeitskriterien kann ein Niedrigstenergie-Gebäude mit einem 24 Zentimeter starken, energie- und ressourcenintensiven Vollwärmeschutz aus Polystyrol an der Fassade sogar zu einer »CO<sub>2</sub>-Schleuder« werden, wenn das Gebäude mit einem hohen Anteil EE beheizt wird (*siehe Kapitel 5.1.4*). Ein solches Vorgehen korrumpiert mittlerweile alle Bemühungen zu einem nachhaltigeren Gebäudebestand, was auch Vermieter und Mieter erahnen. Die Verunsicherung nimmt zu.

Energie- UND Ressourceneffizienz muss eingefordert werden!

Betrachtet man die verschiedenen Umwelteinflussfaktoren wird schnell deutlich, dass jede bestehende Gebäudesubstanz, und hier ist vor allem Stahlbeton zu nennen, wenn möglich erhalten bleiben sollte. Abriss und Neubau ist eine Option, die im engagierten Klimaschutz einer genauen Prüfung unterliegen sollte. Daher muss neben der Energiedebatte unbedingt auch eine Ressourcendebatte geführt werden.

Dies hätte viele Vorteile! Eine ganzheitliche Optimierung von Gebäudehülle und Haustechnik reduziert die Lebenszykluskosten eines Gebäudes. Durch geeignete Materialien und Konstruktionen werden künftige Aufwendungen für die Entsorgung von Sondermüll vermieden und schädliche Umwelteinflüsse reduziert. Künftige Generationen müssen unsere Fehler im Gebäudesektor, die wider besseres Wissen begangen werden, weniger »ausbaden«. Durch die Reduktion der Umweltkosten werden Steuereinnahmen frei, die beispielsweise für Bildung/Forschung, Soziales oder Infrastruktur eingesetzt werden könnten.

# 3

## Ressource



Der Themenkomplex »Ressource«<sup>107</sup>, Partner des Themenkomplexes »Energie«, birgt einen enormen Hebel zur CO<sub>2</sub>- und Kosteneinsparung, wenn Energieeffizienz und Ressourceneffizienz zusammen betrachtet werden. Ein Umdenken im »Handlungsfeld Gebäude« könnte daher die Zielvorgaben in allen anderen Handlungsfeldern des Klimaschutzplanes 2050 positiv beeinflussen.

Bei der Herstellung eines Bauproduktes werden zu allererst verschiedene Ressourcen benötigt, die nachfolgend mit einer Energieaufwendung im Abbau und Herstellung des Bauprodukts einhergehen. Eine ganzheitliche Betrachtung des Themenkomplexes »Ressource« erfordert daher eine genaue Untersuchung der Wechselwirkung »Ressource & Energie«, ansonsten führt eine Strategie zur Dekarbonisierung in die Leere.

---

[107] Als Ressource wird in diesem Bericht die Inanspruchnahme von Rohstoffen zur Herstellung, Verarbeitung und Entsorgung von Baumaterialien und Gebäuden verstanden. Jedes Baumaterial muss anhand des Ressourcenaufwandes, dem damit verbundenen Energieaufwand (siehe Kapitel 2.8) und der Rückbau- und Recyclingfähigkeit bewertet werden.

# 3.1 Rohstoffe

## Ein knappes Gut

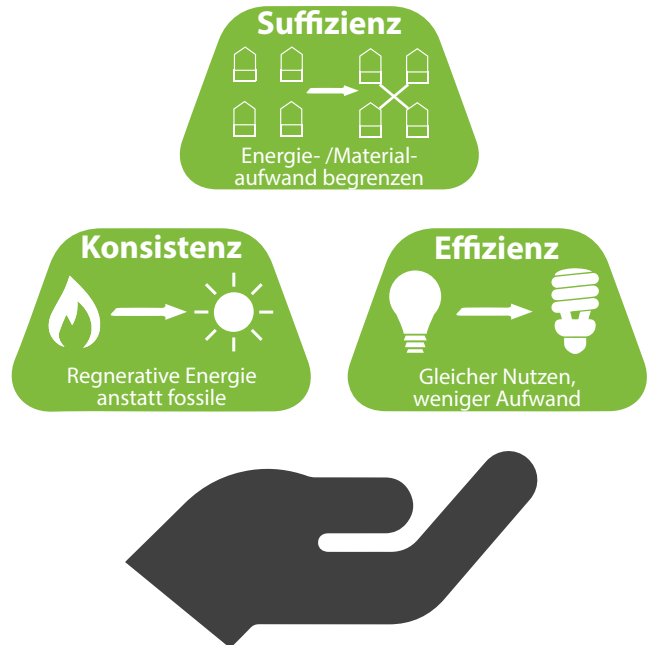
Kein Rohstoff steht unbegrenzt zur Verfügung. Das gehört spätestens seit der Publikation »Die Grenzen des Wachstums«<sup>108</sup> sowie der Ölkrise 1973 mit der anschließenden wirtschaftlichen Stagnation zum Allgemeinwissen. Diese Erkenntnis wurde bisher jedoch in allen »Energieeinsparverordnungen« nur auf fossile Energieträger, nicht aber auf Baumaterialien angewendet. Auch der aktuelle Entwurf des »GebäudeEnergieGesetzes« GEG gibt zum Thema Ressourceneffizienz keine Vorgaben.

Heute werden doppelt so viele Rohstoffe gewonnen wie Ende der 1970er Jahre. Der Pro-Kopf-Verbrauch ist in Europa 4-mal höher als in Asien und 5-mal so hoch wie in Afrika. Deutschland liegt mit einem Rohstoffverbrauch von 200 kg pro Kopf und Tag weltweit mit an der Spitze.<sup>109</sup> Auch bei der Inanspruchnahme von Wasser oder der gebauten Masse im Gebäudesektor liegen die Industrienationen vorne, daher fordern Entwicklungsländer bei internationalen Klimaschutzverhandlungen auch Gleichbehandlung beziehungsweise ausgleichende Gerechtigkeit ein.

Doch ein nachhaltiger globaler Rohstoffabbau ist schon längst nicht mehr möglich. Der »Earth Overshoot Day«, der Tag an dem die Menschheit bereits so viel natürliche Ressourcen verbraucht hat, wie die Erde im ganzen Jahr regenerieren kann, fiel 2017 auf den 2. August.<sup>110</sup> Für Deutschland wurde der 24. April ausgerechnet.<sup>111</sup> Um eine ausgeglichene Bilanz zu erreichen, müssen Ressourceneffizienz, -suffizienz und -konsistenz deutlich stärker an Bedeutung gewinnen.

Die Effizienz-Strategie zielt auf die Menge des eingesetzten Energieflusses für ein bestimmtes Produkt ab und versucht diesen zu reduzieren. Sie ist jedoch in dem Sinne für den Rebound-Effekt anfällig, dass ein reduzierter Stoffeinsatz zur Erhöhung der Produktion genutzt werden kann und wird. Die Effizienz-Strategie erzielt ökologisch ihre größte Wirkung, nachdem die beiden nachfolgenden Strategien gegriffen haben.

Die Konsistenz-Strategie hinterfragt die eingesetzten Stoffe und zielt durch Substitution auf eine Steigerung der Qualität des Stoffstroms im Kontext zum ökologischen Einfluss ab. Von ihr geht eine große ökologische Wirkung aus.



A40 Leitstrategien der Nachhaltigkeit.

Ziel sind Intelligente Wirtschaftssysteme, die ohne Abfälle auskommen, weg von der linearen Produktwirtschaft hin zu einer Kreislaufwirtschaft. In der Öffentlichkeit hat sich das Prinzip »Von der Wiege bis zur Wiege« (»Cradle to Cradle«) bereits einen Namen gemacht.

Bei der Suffizienz-Strategie steht die Reduktion des Ressourcen- und Energieeinsatzes derart im Fokus, dass hinterfragt wird, ob ein Produkt benötigt wird oder es mehr Nutzern zugänglich gemacht werden kann. Exemplarisch sei an dieser Stelle Carsharing genannt, wodurch ein PKW für mehr Nutzer als zuvor erreichbar ist und somit im Optimalfall nicht mehr jeder Nutzer einen eigenen PKW benötigt. Auch von dieser Strategie geht eine hohe ökologische Wirkung aus.

Im Kontext einer globalen Wirtschaft betrachtet, tragen diese drei Strategien nicht nur zur einer volkswirtschaftlichen Wertschöpfung bei, sondern auf ihnen kann eine nachhaltige Rohstoffwirtschaft mit einem enormen Dekarbonisierungspotential aufgebaut werden. Hier kann der äußerst energie- und ressourcenintensive Gebäudesektor einen hohen Beitrag leisten. Bei der Bewertung der CO<sub>2</sub>-Emissionen muss allerdings noch sensibler auf die Bilanzierungsgrenzen geachtet werden. Das Problem: Die Rohstoffgewinnung und deren Weiterverarbeitung zu Baumaterialien werden im »Verursacherland« bilanziert.

Damit werden im internationalen Kontext erhebliche Mengen an Primärenergieaufwand und CO<sub>2</sub>-Äquivalente exportiert und fallen aus der nationalen Bilanz. Im Gebäudesektor muss aber bereits bei der Planung die Rohstoff- und Energieintensität der Materialien sowie die Transformation hin zu einer Kreislaufwirtschaft beachtet werden. Nur so können globale Umwelteinflüsse reduziert werden. Der Planer übernimmt in diesem Prozess eine hohe Verantwortung.

Die Bilanzierung nach dem Territorialprinzip führt zu falschen Schlüssen!

[108] Vgl. (Meadows, Meadows, Ringers, & Behrens III, 1972)  
 [109] Vgl. (UBA, 2012)  
 [110] Vgl. (Global Footprint Network, 2018). Wegen wetterbedingter Schwankungen fiel dieser Tag in 2018 auf den 2. Mai.  
 [111] Vgl. (UBA, 2017 c)

## 3.2 Rohstoffe

### Bewertungskriterien der Umweltbelastung

Bei Rohstoffen wird wie bei der Energie zwischen »erneuerbar« und »nichterneuerbar« unterschieden. Ebenfalls werden Rohstoffe untergliedert in Primärrohstoffe, die als Ausgangsmaterialien für weitere Verarbeitungsstufen dienen, und Sekundärrohstoffe, die durch Recycling zurückgewonnen werden.

Zu den nichterneuerbaren Rohstoffen gehören fossile, mineralische und metallische Rohstoffe. Jede Verwendung dieser Rohstoffe, die nicht in einer Kreislaufwirtschaft eingebunden sind, widersprechen dem Sinn der Nachhaltigkeit. Ein Augenmerk muss daher auf den Rohstoffen liegen, die für die Gebäudewirtschaft in hohen und damit kritischen Mengen abgebaut werden. Dazu gehören so wertvolle Rohstoffe wie Erdöl, Kohle und Erdgas, die in der Gebäudewirtschaft zur Gewinnung von Energie zerstört werden. Gleichzeitig sind sie Grundlage für wichtige Materialien wie Polymere, Arzneimittel, Farben und Lacke, Wasch- und Reinigungsmittel. Gibt es kein Erdöl mehr, müssen Grundchemikalien über komplizierte und kostenintensive Verfahren mit hohem Energieverbrauch wie der Kohleverflüssigung hergestellt werden.

Zu kritischen Ressourcen gehören aber auch Quarzsande, die weltweit scheinbar unbegrenzt vorkommen. Zur Betonherstellung werden aber spezielle Quarzsande benötigt, die nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen. Da der Ertrag aus den klassischen Abbaugebieten wie Kiesgruben, Flussbette oder Meeresstrände langsam zuneige geht, werden nun die Meeresböden ins Visier genommen, eine ökologische Zeitbombe.<sup>112</sup>

Zu den erneuerbaren Rohstoffen zählen bezogen auf das Baugewerbe vor allem nachwachsende, pflanzliche Rohstoffe wie Holz, Hanf, Flachs und Stroh. Sie sind nicht nur endlich, auch sie müssen abgebaut, transportiert und weiter veredelt werden. Dieser Prozess geht einher mit einer Inanspruchnahme von Boden sowie Energie- und Wasseraufwand. Der Anbau steht hier vor allem in Flächenkonkurrenz zur Lebensmittelindustrie und Energiewirtschaft.

Die Umweltbelastung eines Baumaterials muss daher mindestens anhand der ökologischen Knappheit, des Ressourcenaufwandes, dem Treibhauspotential und dem nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand bewertet werden.

[112] Vgl. (Delestrac D., 2014)

## 3.3 Nachwachsende Rohstoffe

### CO<sub>2</sub>-Bindung als Wert erkennen

Nachwachsende Rohstoffe stehen zyklisch zur Verfügung. Ihre Veredelung zu Baustoffen kann teilweise energieintensiv sein, doch selbst dann ist ihr Beitrag zum Treibhaus-effekt im Regelfall sehr gering, da sie im Wachstumsprozess CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre binden. Holzbaukonstruktionen sind Massivbauten daher bezüglich des Dämmwerts und des Treibhauspotentials weit überlegen. Geht man zudem von der Annahme aus, dass Holz am Ende des Lebenszyklus verbrannt und die freiwerdende Energie genutzt werden kann, kann in einer »Wiege zu Wiege«-Betrachtung sogar von einer negativen CO<sub>2</sub>-Bilanz ausgegangen werden.<sup>113</sup> Holz ist zudem ein regionaler Rohstoff, der durch die Forstwirtschaft seit 2002 beständig zunimmt.

In einer Tonne Holz sind über 1,8 Tonnen CO<sub>2</sub> gebunden.

Nachwachsende Rohstoffe kommen in zahlreichen Teilbereichen beim Bau von Gebäuden zum Einsatz, Tendenz steigend. Vor dem Hintergrund der Energie- und Ressourceneffizienz müssen insbesondere Naturprodukte wie Holz und Naturfasern in den Fokus gerückt werden. So kann Holz als Konstruktionsmaterial den Einsatz von Stahl, Beton und Ziegeln, die einen deutlich größeren ökologischen Einfluss haben, im Sinne der Konsistenz-Strategie hervorragend substituieren. Naturfasern eignen sich in besonderem Maße als Dämmmaterialien und wurden bereits in der Bronzezeit vor 3.400 Jahren verwendet. Sie sind im Bereich technischer und bauphysikalischer Anforderungen fossilen und mineralischen Produkten ebenbürtig. Viele verschiedene Naturmaterialien können als Dämmstoff verwendet werden, beispielsweise Zellulose, Holzfaser, Hanf oder Flachs. Die beiden letzt genannten lassen sich mindestens einmal pro Jahr ernten. Sie eignen sich also in besonderem Maße für eine Substitution von Dämmstoffen fossilen oder mineralischen Ursprungs. Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen besitzen eine Vielzahl positiver Eigenschaften, die für steigende Einsatzmengen dieser Materialien verantwortlich sind. Rohstoffgewinnung, Produktherstellung und Einbau sind mit geringen Umwelt- und Gesundheitsrisiken verbunden. Sie geben keine bedenklichen Stoffe an die Raumluft ab, sondern können sie teilweise sogar binden und sorgen für ein angenehmes Raumklima. Durch die Trockenbauweise und die Fähigkeit vieler Naturbaustoffe Feuchtigkeit aufzunehmen, verringert sich das Risiko für Feuchteschäden und Schimmelbefall. Im Fall von Zellulose ist sogar ein Upcycling möglich – aus Altpapier wird

[113] In dieser Berechnung wird davon ausgegangen, dass mit der freiwerdenden Energie fossile Energieträger wie Gas oder Öl substituiert werden.



ein Dämmstoff. Bäume hingegen brauchen mehrere Jahre meist Jahrzehnte bis zur Schlagreife. Sie stehen also nicht unbegrenzt zur Verfügung, doch auch dieser Bestand kann sich in einer nachhaltigen Forstwirtschaft zyklisch regenerieren.

Die Nutzung natürlicher Ressourcen schont also die endlichen Vorräte fossiler Rohstoffe. Ihre Herstellung benötigt, von einigen Ausnahmen abgesehen, vergleichsweise wenig Energie, damit reduzieren sie den klimaschädlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß in die Atmosphäre. Sie speichern das beim Wachstum aufgenommene CO<sub>2</sub> und geben am Ende eines Lebenszyklus selbst bei der Verbrennung oder Kompostierung nicht mehr CO<sub>2</sub> ab, als beim Pflanzenwachstum aufgenommen wurde.

Für eine ganzheitliche Bewertung eines Baumaterials muss neben der bereits erwähnten ökologischen Knappheit, dem Ressourcenaufwand, dem Treibhauspotential und dem nicht erneuerbaren Primärenergieaufwand eine mögliche CO<sub>2</sub>-Bindung über den Lebenszyklus sowie das re- und upcycling Potential betrachtet werden. Ein ganzheitlicher Bilanzrahmen der Umwelteinflüsse kann dabei die Selbstregulation des Marktes in dem Sinne fördern, dass beispielsweise Holz aus Europa statt aus Sibirien zum Einsatz kommt.

## 3.4 Ressourcenrecycling Wirtschaften in Kreisläufen

Nachhaltiges Bauen ist keine Erfindung des 21. Jahrhunderts. Seitdem der Mensch Häuser baut, wurden die Materialien zu diesem Zwecke aus der unmittelbaren Umgebung genutzt. Fehlentwicklungen wie der Raubbau an der Natur und seine Konsequenzen waren umgehend zu spüren, so beispielsweise eine übermäßige Rodung deutscher Wälder im Mittelalter. Im Gegensatz dazu wird der Raubbau in Zeiten einer globalisierten Welt aber nur noch selten in lokalem Zusammenhang zum Nutzer vollzogen, sodass der Schaden nicht sofort ersichtlich ist. Das fehlende Bewusstsein über die Allokation von Ursache und Wirkung oder schlimmer noch, die Gleichgültigkeit wider besseres Wissen, sind die Hemmnisse für einen nachhaltigen Ressourcen- und Energieeinsatz. Dabei ist es gleich, ob es sich um energieintensive Baustoffe oder um chemische Erzeugnisse handelt, die dem natürlichen Stoffkreislauf nicht wieder zuführbar sind. Daher muss eine Rückbesinnung auf alte Ideale eingefordert werden: Das Wirtschaften in Kreisläufen. Das erfordert zum einen die richtige Wahl der Materialien mit den entsprechenden Baukonstruktionen, zum anderen den bewussten Umgang mit alter Bausubstanz.

Stahl steht durch die energieintensive Produktion in der Kritik, obwohl der Anteil von Stahlschrott in der Stahlpro-

duktion bereits heute weltweit bei 37 % liegt, Tendenz steigend. Stahl kann ohne Qualitätsverlust zu 100 % recycelt werden, in Deutschland liegt z. B. die Recyclingquote von Stahlverpackungen bei 93,9 %<sup>[114]</sup>.

Auch Ziegelprodukte können recycelt und wiederverwendet werden. Schwerer wird es mit Betonprodukten, die entsprechend aufbereitet bisher vor allem als Füllmaterial im Straßenbau zum Einsatz kommen. Stahl-, Ziegel- und vor allem Zementherstellung sind sehr energieintensiv, es stellt sich somit die Frage nach der Höhe der nichterneuerbaren Primärenergieanteile in der Produktion. Und hier findet ein Umdenken statt! Die weltweit erste Pilotanlage zur fossilfreien Stahlerzeugung mit Hilfe von Wasserstoff wird gerade in Nordschweden errichtet.<sup>[115]</sup> Selbst in die Ziegel- und auch Zementindustrie kommt Bewegung, sei es durch neue Verfahrenstechniken wie LC3<sup>[116]</sup> oder Celiment®<sup>[117]</sup>, oder durch Umstellung der Produktionsverfahren auf erneuerbare Energie.

Einfacher könnte es die Holzindustrie haben. Der deutsche Wald wächst, außerdem weisen Holzkonstruktionen durch die CO<sub>2</sub>-Bindung von Holz ein negatives Treibhauspotential auf<sup>[118]</sup>. Holztafelbau- oder Holzrahmenbauweise kommen vom Einfamilienhaus bis zum Geschossbau zur Anwendung und können durch einen hohen Vorfertigungsgrad in kurzer Zeit aufgerichtet und am Ende des Lebenszyklus recycelt werden. Als Dämmung können nachwachsende oder recycelte Rohstoffe, wie beispielsweise Zellulose, zum Einsatz kommen. Leicht rückbaubare Konstruktionen ermöglichen zudem eine spätere Wiederverwendung bzw. eine einfachere Entsorgung der Baumaterialien. Eine ideale Voraussetzung, die nur noch in die Gänge kommen müsste.

Ein wichtiger Aspekt ist die Bewahrung alter Bausubstanz. Aus wirtschaftlicher Sicht wird oft der Neubau einer Sanierung vorgezogen, weil externe Kosten nicht berücksichtigt werden müssen. Ökologisch betrachtet kann so ein Vorgehen eine Katastrophe sein. Vor allem energieintensive hergestellte Baustoffe wie Beton oder Mauerwerk müssen mit neuem Ressourcen- und Energieaufwand hergestellt werden. Gleichzeitig entsteht ein großer Haufen Abfall, der nur im Idealfall recycelt werden kann. Sanierungsvorhaben müssen daher gegenüber Abriss- und Neubauprojekten bevorzugt behandelt werden. Im Idealfall können Altbauten so angepasst werden, dass sie den heutigen Ansprüchen genügen.

[114] Vgl. (Stahl-Zentrum, o. J.)

[115] In Schweden soll Stahl bis 2035 komplett fossilfrei produziert werden. Alleine die erste Pilotanlage soll dazu führen, dass die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen Schwedens um 10 % gesenkt werden.

[116] LC3 ist ein Zement aus Kalkstein und kalziniertem Ton. Das Herstellungsverfahren für LC3 setzt weniger Kohlendioxid frei als die Produktion von herkömmlichem Zement.

[117] Celiment® erhielt 2010 den Materialeffizienz-Preis des BMWi.

[118] Durch eine Umstellung des Herstellungsprozesses von Konstruktionsvollholz und anderen Materialien auf EE könnte in Zukunft noch viel nichterneuerbarer Energieaufwand vermieden werden.



A41 Dachgeschossaufstockung in Holzbauweise zur Wohnraumerweiterung.

Jedes Baumaterial muss im Kontext der Dekarbonisierung anhand des Ressourcen- und Energieaufwandes sowie der Rückbau- und Recyclingfähigkeit bewertet werden. Im Sinne der Konsistenz-Strategie sind natürliche Baumaterialien, die sich durch geringen Energieeinsatz und geringe Umweltwirkung auszeichnen, im Vorteil. Das Werkzeug zur Aufklärung ist eine Lebenszyklusanalyse in Form einer Ökobilanz. Während der Ökobilanz stets Zeitintensivität angelastet wurde, stehen mittlerweile Softwareprogramme zur Verfügung, die die Berechnung erheblich erleichtern. Dadurch wird jeder Planer befähigt, umgehend seine angedachte Baukonstruktion hinsichtlich unterschiedlicher Umweltauswirkungen zu bewerten.

Nachwachsende oder recycelbare Rohstoffe als Baustoffe müssen verstärkt zum Einsatz kommen. Sie sind ein kleiner, aber wichtiger Baustein der Energiewende, durch sie werden die Vorräte nichterneuerbarer Rohstoffe geschont.



# 4

# Speicherung & Steuerung



Orkan Herwart hat im Oktober 2017 das Dilemma vor Augen geführt: Innerhalb von Stunden ist in Deutschland der Strompreis kollabiert. Die Windkraftanlagen mussten abgestellt werden, gleichzeitig wurden die Nachbarländer dafür bezahlt, dass sie Überschussstrom aus Deutschland abnehmen. Ein volkswirtschaftlicher Super-Gau! Der nicht realisierte Energieertrag hätte Deutschland kostenfrei zur Verfügung stehen können. Im Klartext: Die durch Witterung ausgelösten Energieverluste sowie die damit verbundenen Abregelungskosten werden solange anhalten, wie Strom- und Wärmemarkt getrennt betrachtet werden, bezahlbare Speicher zur Zwischenspeicherung der Überschüsse fehlen und ein Großteil der Marktteilnehmer vom Strommarkt ausgeschlossen bleiben.<sup>119</sup>

Elektrische und thermische Speicher, die netzdienlich zur Stromnetzstabilisierung eingesetzt werden können, sind vor dem Hintergrund stark fluktuierender Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen elementare Bausteine der Energiewende. Aus Kostengründen liegt es daher auf der Hand, zuerst einmal über bereits vorhandene Speicher nachzudenken, die im Kontext der Energiewende quasi als Add-on eine zusätzliche Funktion übernehmen können. Warum also nicht bestehende Gebäudemassen mit ihren lang- und kurzfristigen Speichern aktivieren? Auch Stromspeicher, die unter gewissen Rahmenbedingungen in der Wohnungswirtschaft schon heute wirtschaftlich eingesetzt werden können, sowie die viel zitierte Sektorenkopplung könnten den möglichen Ertrag aus PV- oder Windkraftanlagen erhöhen. Der Gebäudesektor könnte damit ein wichtiger Baustein im nationalen Lastmanagement werden. Eine mögliche »Win-win-Situation« für Gebäudeeigentümer, Mieter, Energie- und Volkswirtschaft.

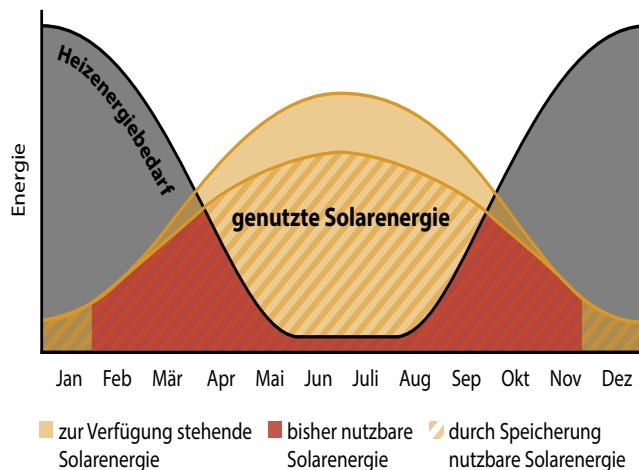
Die Windkapriolen führen vor Augen, mit welchen Problemen auch der Gebäudesektor konfrontiert werden wird, wenn in den kommenden Jahren die Energieversorgung immer mehr auf erneuerbare Energien umgestellt wird. Die aus der Nutzung erneuerbarer Energien resultierenden Probleme sind momentan noch überschaubar, da beispielsweise Solaranlagen noch keinen entscheidenden Anteil an der Energieversorgung übernehmen und dementsprechend noch nicht systemrelevant sind. Doch auch hier ist **die Speicherung & Steuerung der Energieströme das Schlüsselthema zu einer wirtschaftlich erfolgreichen Energiewende.**

[119] Die Abregelung in Deutschland belief sich im Jahre 2016 auf ca. 15.218 GWh, der Höchststand wurde 2015 mit bisher 20.158 GWh erreicht, vgl. (Bundesnetzagentur, 2018).

# 4.1 Speicher für Erneuerbare

## Die Sonne im Vorratskeller

Speicher für erneuerbare Energien müssen nicht extra gekauft werden, viele sind bereits da. Als thermische Speicher können vorhandene Pufferspeicher, beispielsweise die Gebäudemasse und das angrenzende Erdreich, sowie bereits vorhandene hausinterne Speicher, wie Trinkwasserspeicher, Zirkulationsleitungen und das Heizungssystem genutzt werden. Auch geothermische Quellen oder Haus- und Autobatterien eignen sich als Pufferspeicher.



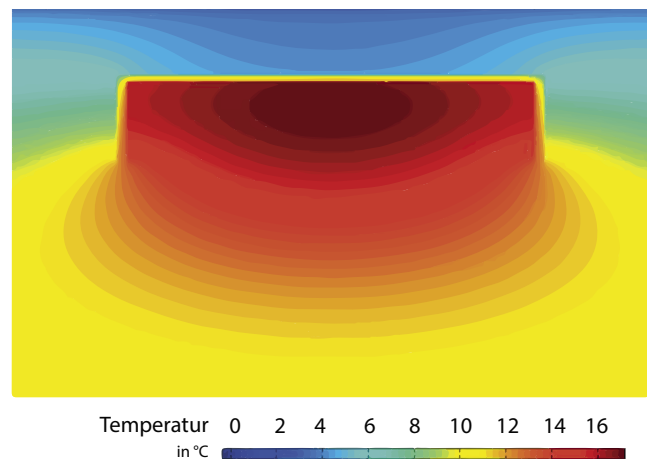
A42 Schematische Darstellung der genutzten Solarenergie über ein Jahr.

Grundsätzlich wird zwischen Wärme- und Stromspeichern unterschieden. Wärmespeicher werden in kurzfristige, höher temperierte und langfristig, niedrig temperierte Speicher untergliedert. Zu den hochtemperierten Speichern werden Puffer- und Schichtenspeicher gezählt. Deren Temperaturniveau beginnt ab ca. 45°C. Sie speichern heißes Wasser des Wärmeerzeugers und halten es für eine spätere Nutzung vor. Darüber hinaus können sie vor allem in den Sommer- und auch Übergangsmonaten Solarwärme aufnehmen, die nur kurzfristig gespeichert und dann den Verbrauchern zugeführt wird. Die Betriebstemperaturen niedrig temperierter Speicher, z. B. Erdspeicher, liegen zwischen 0°C und 23°C. Sie kommen zur Anwendung, um überschüssige und niedrigtemperierte Energie zwischen zu speichern. Diese kann beispielsweise solarthermischen Ursprung haben oder auch aus Luft sowie Abluft stammen. Mit Hilfe von Wärmepumpen lässt sich diese Energie bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt wieder als Wärmequelle nutzen.

Als Beispiele für niedrig temperierte Speicher seien hier der offene Erdspeicher eTank und der Eisspeicher als geschlossener Beton-/ Wasserspeicher genannt. Niedrig temperierte Massenspeicher sind im Wohnungsbau viel größer dimensioniert als hoch temperierte Speicher, da in ihnen

Solarwärme für einen längeren Zeitraum gepuffert werden. Sie sind meist im Erdreich vergraben oder können wie beispielsweise beim eTank unter der Bodenplatte eines Gebäudes liegen.

Die folgende Abbildung A43 zeigt einen beladenen, nach oben und an den Seiten wärmeisolierten eTank, der zu Forschungszwecken mit 98 Temperatursonden versehen wurde.<sup>120</sup> Von Herbst bis Frühling können über ihn insbesondere niedrigere Energieerträge der solarthermischen Anlage nutzbar gemacht werden.



A43 Beladener Zustand eines zu Forschungszwecken in Chemnitz gebauten eTanks

Für eine effiziente Einbindung von EE ist es unabdingbar hoch- und niedrigtemperierte Speicherarten zu kombinieren, da Wärme in Abhängigkeit vom Temperaturniveau gespeichert und so insgesamt viel mehr Energie genutzt werden kann. So können über solarthermische Anlagen selbst im Winter bei bedecktem Himmel Temperaturen von 20°C zur Verfügung stehen – zu kalt für den hochtemperierten Schichtenspeicher, aber eine ideale Quelltemperatur für Wärmepumpen bzw. Niedertemperaturspeicher.

Wärmepumpensysteme bieten darüber hinaus den unschätzbaren Vorteil, negative Regelenergie bereitstellen zu können. Das bedeutet, dass sie beispielsweise bei einer durch Witterung ausgelöste Stromüberproduktion durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen, Strom aus dem Netz aufnehmen können, dieses somit entlasten und Hoch- respektive Niedertemperaturspeicher beladen (Power-to-heat). Auf dieses Thema wird in Kapitel 4.2 eingegangen.

Stromspeicher sind vor allem in Form von Batterien bekannt. Am weitesten verbreitet sind Blei- und Lithium-Ionen-Batterien. Sie unterscheiden sich in ihren Leistungsparametern wie Kapazität, Be- und Entladeleistung,

[120] Forschungsprojekt von eZeit Ingenieure mit der BTU Cottbus und Hartig Ingenieure zur Entwicklung einer Simulationssoftware zur Bemessung von Erdspeichersystemen, gefördert im Rahmen des Programms »Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand« (ZIM) des AiF.

Lebensdauer in Form von Ladezyklen, Gewicht, Anschaffungskosten und müssen nicht zuletzt im Kontext ihrer Ökobilanz bewertet werden. Gerade die Umweltfreundlichkeit wird häufig kritisiert. Doch die Forschung geht bei dieser Schlüsseltechnologie in großen Schritten voran. Inzwischen gibt es beispielsweise erste unbedenkliche Alternativen, die auf Salzwasser anstatt auf Säure setzen.

Das größte Problem von Batterien war lange Zeit, dass der Einsatz im Gebäudebereich nicht wirtschaftlich darstellbar war. Auch gab es lange keine effiziente Steuerung zur

Nutzung des PV-Stroms für den Eigenbedarf, sodass die Einspeisung von überschüssigem Strom in das Netz als einfacher galt, auch weil dies durch die garantierte Einspeisevergütung lukrativer war. Doch nachdem diese Einspeisevergütung schrittweise auf nunmehr 8,51 bis 12,30 Cent pro Kilowattstunde

reduziert wurde, gleichzeitig aber der Strombezugspreis einen Betrag um 30 Cent pro Kilowattstunde angenommen hat, ist das Interesse an einer maximalen Direktnutzung des selbsterzeugten Stroms deutlich gestiegen.

Inzwischen gibt es Systeme, die die Ladezeiten, die Nutzung des Stroms über Wärmepumpen und die Einspeisung so intelligent steuern können, dass nur noch geringfügig Strom in das öffentliche Netz eingespeist werden muss. Dies ist eine Entwicklung, die nicht nur dem Nutzer, sondern auch dem Stromnetz dient, da es weniger Lasten aufnehmen muss. In diesem Kontext können Hausbatterien einen wirtschaftlichen Beitrag leisten, der sich lohnt.

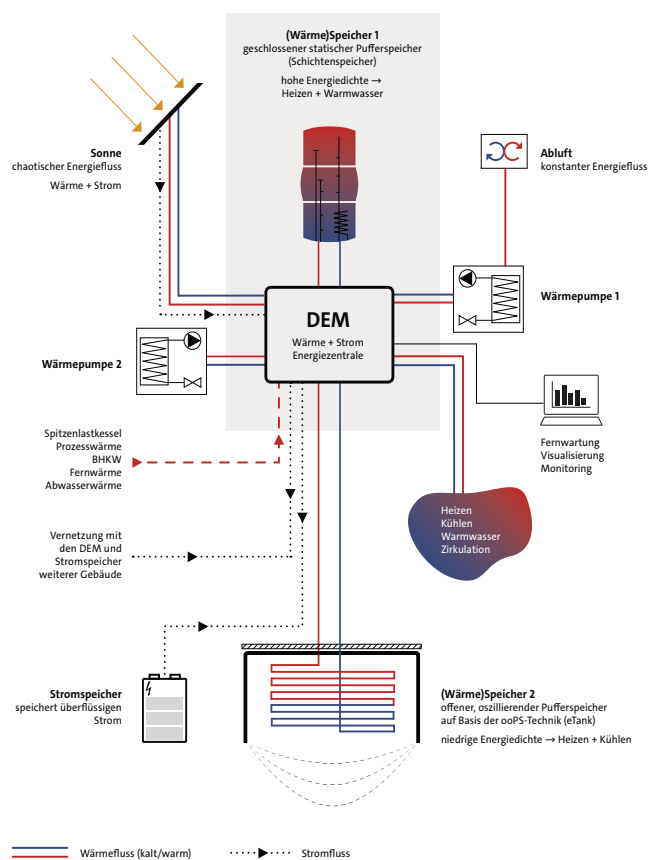
Der effiziente Einsatz einer Batterie sowie deren Wirtschaftlichkeit im Gebäudesektor sind abhängig vom Effizienzstandard des Gebäudes und der Einbindung der Batterie im Gesamtkontext. Je geringer der Primär- bzw. Endenergiebedarf eines Gebäudes, umso wirtschaftlicher ist der Einsatz.<sup>[121]</sup> Im Ergebnis können Batterien, ab einer gewissen Energieeffizienz des Anlagensystems, einen wichtigen Beitrag zur Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Reduktion leisten (siehe Kapitel 5.1.4). Darüber hinaus sind sie hervorragend geeignet, um negative sowie positive Regelernergie bereitzustellen. Zukünftig ist in einem auf EE und Wärmepumpen aufbauendes Heizsystem eine Kombination aus Batterien und kurz- sowie langfristigen Speichern eine äußerst vielversprechende Entwicklung.

## 4.2 Energiemanager Das Hirn effizienter Anlagen

[121] Vgl. (Zappulla, 2014)

Erneuerbare Energie kann über das Jahr betrachtet auch stetig zur Verfügung stehen. Dies gilt insbesondere für Energie aus der Abluft und Geothermie. Nur im Überfluss vorhandene, stark volatile aber dafür sehr günstige Wind- und Sonnenenergienutzung verlangt nach einer ausgefeilten Speicher-, Steuerungs- und Regelungslogik, damit sie auch in den Übergangszeiten und im Winter wirtschaftlich genutzt werden können. Grundlage einer hohen Anlageneffizienz ist die Fähigkeit, EE maximal ins Heizsystem zu integrieren und beispielsweise sommerliche solare Überschüsse über einen längeren Zeitraum zu puffern, damit sie auf Nutzeranforderung immer sicher bereitstehen.

Basis dieses Anlagensystems ist somit das Wissen um die Langzeitpufferung erneuerbarer thermischer Energie in Kombination mit einer dynamischen, zentralen Steuerungs- und Regelungstechnik, dem Dynamischen Energiemanager DEM.



A44 Schematische Darstellung eines Dynamischen Energiemanagers.

Über ihn werden über Klimadaten thermische Kapazitäten im Gebäude ermittelt und Energieflüsse gesteuert. Diese Daten sind ebenso Grundlage für das elektrische Lastmanagement der Anlagentechnik. Der DEM ist somit nicht nur Basis für das Energiemanagement eines Gebäudes, sondern auch systemrelevanter Baustein für die thermische und elektrische Vernetzung von Gebäuden zu einem Smart Grid.

Ein Gebäude beziehungsweise ein Quartier auf Basis kurz- und langfristiger thermischer Speicher kann stabilisierend im Stromnetz eingebunden werden und Regelernergie zur

Verfügung stellen. Bei Stromüberschuss kann beispielsweise kurzfristig Strom über den Heizstab einer Wärmepumpe in thermische Energie umgewandelt und gespeichert werden (Power-to-heat). Bei Stromunterdeckung können beispielsweise Wärmepumpen zeitlich begrenzt abgestellt werden, da über das Grundlastmanagement des DEM eine sichere Wärmeversorgung garantiert werden kann. Diese stabilisierende Wirkung und Bereitstellung von Regelenergie ermöglicht komplett neue Wege der Anlagenkonfiguration und der Netzintegration. Wenn Energieerzeugung und Speicherkapazität vernetzt werden, können durch Gleichzeitigkeitsfaktoren weitere Ressourcen und Kosten eingespart werden (siehe Kapitel 6). Vernetzte Gebäude werden in Zukunft durch ihre thermische und elektrische Speicherfähigkeit wie durch das Lastenmanagement einen wichtigen Beitrag zur Stromnetzstabilität leisten. Dieser systemische Ansatz ermöglicht es, ökonomisch vernünftig Gebäude in Quartieren und diese wiederum als Teile des Stadtsystems mit dem Umland zu vernetzen. Das skalierbare Energiesystem benötigt keine Wüstenenergie bzw. Stromautobahnen, erhöht aber die Versorgungssicherheit. Die Datensicherheit der Nutzer wird dabei nicht gefährdet (siehe Kapitel 4.4).

Die Gebäudewirtschaft ist nicht mehr nur Konsument von Energie, sie wird auch Produzent und stellt Speicherkapazitäten zur Verfügung. Als »Prosumer« eröffnen sich ihr neue Marktchancen. Auch der Mieter kommt auf seine Kosten. In einer Vollkostenbetrachtung kann nicht nur der Sanierungsaufwand bei der Gebäudehülle erheblich reduziert werden, auch thermische Energie lässt sich dezentral CO<sub>2</sub>-neutral preiswert erzeugen (siehe Kapitel 5.1.4 und 5.2). Der Preis wäre nicht nur sozial gerecht, die eingesparten Mittel würden Investitionen im privaten Sektor, Stichwort Sanierungsquote, wie auch in der Wirtschaft auslösen und wären die Antriebsenergie eines Jobmotors. Bezahlbare EE führen zur

Unabhängigkeit von externen Faktoren. Die Wertschöpfungskette kommt der lokalen Wirtschaft zugute. Ein tiefer Energiepreis ist eine »Win-win-Situation« für alle.

Gebäude können zu Stromnetzstabilisation und Versorgungssicherheit beitragen.

## 4.3 Monitoring

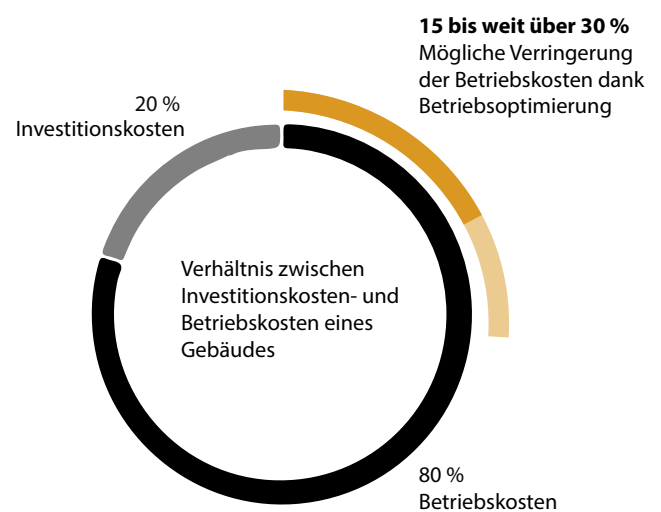
### Durch Monitoring zu Moneten

Die Betriebsoptimierung der Anlagentechnik eines Gebäudes kann in Form eines Monitorings durchgeführt werden, indem alle Energieflüsse mittels sowieso vorhandener Wärmemengen- und Stromzählern erfasst und ausgewertet werden. Monitoring ist das Instrumentarium, um die in aller Regelmäßigkeit auftretende Differenz zwischen »guten« Planungswerten, dann aber »schlechten« Betriebswerten zu nivellieren. Durch die Betriebsoptimierung werden

schlichtweg vorhandene Anlagenpotentiale ausgeschöpft und auf das Nutzerverhalten angepasst, die durch eine Simulation in der Planungsphase nicht erfasst werden konnten. Die Einsparpotentiale liegen in der Größenordnung von ca. 15 bis 30 % der Betriebskosten, oft sogar noch deutlich darüber.

Ein fertiggestelltes Gebäude sollte nicht wie in der Praxis üblich von heute auf morgen in Betrieb genommen werden, sondern es bedarf eines methodischen Vorgangs. Basis ist der hydraulische Abgleich des Anlagensystems. In der Betriebsphase wird jedoch selten optimiert, wenngleich das Einsparpotential groß ist und kaum Kosten verursacht. Während sich Bauherren, Planer und ausführende Gewerke oftmals auf die reine Planung und unmittelbare Umsetzung verlassen, könnte heute schon mittels eingebauter Strom- und Wärmemengenzähler ein Rückschluss auf die Qualität der Umsetzung gezogen werden. Über das Monitoring könnte die Anlagentechnik durch gezielte Steuerung und Regelung auf das tatsächliche Nutzerverhalten angepasst werden. Außerdem bietet das Monitoring das große Potenzial, die Qualität der Planung Projekt für Projekt auf ein ganz neues Level zu heben. Davon profitiert nicht nur der Planer selbst, sondern auch der Mieter in Form von geringeren Betriebskosten, der Vermieter durch die Möglichkeit eine höhere Kaltmiete bei geringerer Warmmiete zu realisieren, die Umwelt durch einen geringeren Verbrauch fossiler Energien und schließlich können auf diesem Weg langfristig genauere Planungskennwerte entwickelt werden, die der Praxis eher entsprechen.

Folgende Grafik zeigt eine übliche Kostenverteilung für Bau und Betrieb eines Gebäudes sowie das Kosteneinsparpotential<sup>122</sup>, was mit Hilfe eines Monitorings zur Betriebsoptimierung erreicht werden kann.



A45 Betriebskosteneinsparung durch Betriebsoptimierung.

[122] Nach den bisherigen Erfahrungen von eZeit Ingenieuren liegt das Optimierungspotential mindestens bei 30%. Die in der Grafik dargestellten 20–30% sind daher eher als das mindest erreichbare Optimierungspotential zu sehen.

Die durch das Monitoring realisierte Betriebsoptimierung und die durch die Nutzung EE erreichten, geringen Betriebskosten sind darüber hinaus Schlüsselkomponenten, um dem Nutzer-Investor-Dilemma zu begegnen (siehe Kapitel 5.4).

**Warum findet das Monitoring trotz all der genannten Vorteile so wenig Anklang? Warum schrecken speziell Planer vom Monitoring zurück? Der Planer wird in Deutschland zu einer gesamtschuldnerischen Haftung verpflichtet. Kann das der Grund für sein Desinteresse sein?**

**Fall 1.** Anlagenbetrieb ohne Monitoring: Wenn geplante Energiekennwerte nicht eingehalten werden, kann der Planer das Nutzerverhalten als Grund anführen, der Bauherr ist nun in der Pflicht das Gegenteil zu beweisen, d. h. er muss ein Monitoring aufsetzen. Im Ergebnis wird nicht eindeutig feststellbar sein, wer für erhöhte Energieaufwendungen aufkommen muss.

**Fall 2.** Ein Monitoring wird von Anfang an implementiert: Die geplanten Energiekennwerte werden nicht eingehalten. Als Grund kann beispielsweise die Wärmepumpe identifiziert werden. Der Bauherr könnte sich nur an den Planer wenden, da dieser Erfolg schuldet. Dies führt zu Rechtsstreitigkeiten zwischen Planer und Bauherr, die Versicherung des Planers wendet sich an den Heizungsinstallateur, dieser an den WP-Hersteller und so weiter. Es vergehen Jahre der gutachterlichen Auseinandersetzung.

Zwischen Planung und Wirklichkeit klafft beim Energieverbrauch von Gebäuden tatsächlich eine große Lücke. Dies zeigen Statistiken über den Energieverbrauch von energetisch optimierten Neubauten in der Nutzungsphase. Untersuchungen der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e. V. Kiel haben bereits 2010 ergeben, dass der tatsächliche Heizwärmeverbrauch im Durchschnitt 40 % über den Berechnungen lag.<sup>[123]</sup> Und während sich die Gesellschaft bei der Autoindustrie zur Recht durch »Schummel-Software« betrogen fühlt, wird in der Gebäudewirtschaft der zu hohe Energiebedarf über das Fehlverhalten der Nutzer erklärt. Ist das nicht ein Selbstbetrug? Die bisherigen Erfahrungen deuten darauf hin, dass das Nutzerverhalten im Geschosswohnungsbau für vielleicht 10 bis 15 Prozent des erhöhten Energiebedarfs verantwortlich gemacht werden kann. Der größte Teil entsteht durch ein nicht aufeinander abgestimmtes Anlagensystem, was durch ein Monitoring behoben werden könnte. Der Rest kann durch die Abrechnungslogik der »Heizkostenverordnung« begründet werden (siehe Kapitel 2.3).

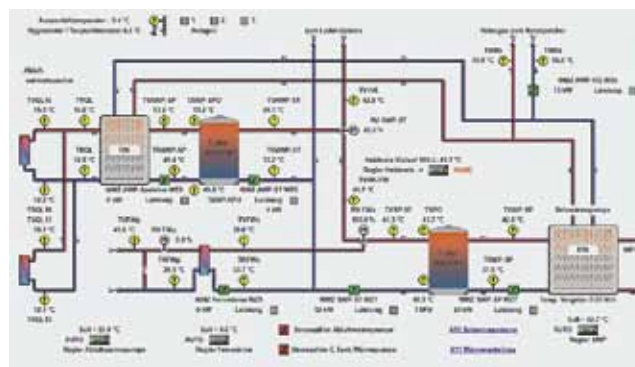
Über die erforderliche Stärke von Dämmung lässt sich herrlich streiten, nicht aber über die Notwendigkeit, An-

lagentechnik nach der Inbetriebnahme eines Gebäudes zu optimieren und auf das Nutzerverhalten abzustimmen. Diese Optimierung gibt es schlicht und einfach nur äußerst selten! Ein Gebäude wird geplant, Wärmebrücken und Heizsystemkomponenten werden berechnet, das komplexe Bauwerk wird umgesetzt und abgenommen, und dann wird auf den Knopf der Heizanlage gedrückt und alle gehen davon aus, dass sie funktioniert. Betrachtet man in diesem Kontext beispielweise das Thema Gasbrennwerttechnik, so muss man konstatieren, dass die entsprechenden Thermen im Normalfall nicht im Brennwertbereich arbeiten, und selbst wenn sie richtig arbeiten, wird nur ein Jahresnutzungsgrad von 85 statt 110 % erreicht.<sup>[124]</sup> Wenn gleichzeitig auch noch der hydraulische Abgleich fehlt, wird dieser Wert weiter reduziert. Was wäre hier wirtschaftlich gewonnen, wenn durch eine Anlagenüberwachung und ein Monitoring alleine schon die Planwerte erreicht werden, ganz zu schweigen von der dadurch erzielbaren CO<sub>2</sub>-Minderung!

Hier könnte eine Förderstrategie ansetzen. Bereits durch einfachste Messsysteme, die keinen Rückschluss auf das Nutzerverhalten zulassen, kann die Anlagentechnik überwacht und aufeinander abgestimmt werden. Im Gegensatz zur Autoindustrie, wo mittlerweile alle Energieflüsse erfasst und ausgewertet werden, verzichtet man im Regelfall bei der Millioneninvestition Bau auf diese Optimierungsmöglichkeit. Nicht einmal solarthermische Erträge werden gemessen und optimiert ins Heizsystem eingebunden, daher wundert es auch nicht, dass insbesondere die Wohnungswirtschaft berechtigt über den wirtschaftlichen Unfug solarthermischer Anlagen redet.

### Praxisbeispiel

Im Praxisbeispiel wurden an acht Häusern detaillierte Untersuchungen vorgenommen und über ein Monitoring ausgewertet:



A46 Web-Anlagensvisualisierung des Wärme- und Strommanagements. (Software: Dr. Riedel Automatisierungstechnik GmbH)

Ein erhöhter Energieverbrauch gegenüber der Planung ist v. a. systemisch bedingt!

[123] VNW e.V. (2010)

[124] Vgl. (Baulinks, 2004)





A47 Web-Anlagenvisualisierung des Wärme- und Strommanagements aus dem Leuchtturmprojekt.<sup>125</sup>

Die Auswertung einzelner Häuser ermöglicht Quervergleiche zwischen den Anlagensystemen und deren Optimierungspotential. Dieser Abgleich lässt auch Analysen zu, wo Reserven in der Anlagenkonfiguration vorhanden sind. Der Energiefluss ist von der End- bis zur Nutzenergie stets synchron messbar und kann nachvollziehbar dargestellt und optimiert werden.

Es kann festgehalten werden, dass eine Phase zur Inbetriebnahme der Anlagentechnik zwingend erforderlich ist. Das Anlagensystem muss nicht nur auf das Nutzerverhalten angepasst und im Betrieb weiter optimiert werden, angenommene Gleichzeitigkeits- und Sicherheitsfaktoren müssen auf Sinnhaftigkeit und Investitionskosten überprüft werden. Eine dadurch ausgelöste, unnötige Überdimensionierung der Anlagentechnik kann ein Kostentreiber sein und Ineffizienzen verursachen.

An Praxis angepasste Simulationssoftware ist Basis für Quartiersplanungen!

Auch eine Investitions- und Betriebskostenreduktion über die heutigen Plankennwerte hinaus ist möglich. Bedingung dafür ist, dass Erkenntnisse aus dem Monitoring komplexer Systeme zurück an den Softwarehersteller fließen, der diese Erkenntnisse in die Software einarbeiten und damit verbesserte Simulationen für zukünftige Projekte zur Verfügung stellen kann. In der Praxis findet dies bisher nicht statt!

Im Kontext der Dekarbonisierung sollten bundesweit die Hemmnisse zur Einführung eines standardisierten Monitorings abgebaut werden.

Außerdem könnte eine Effizienz-Strategie aufgelegt werden, mit der Zielsetzung bestehendes Potential zu nutzen und durch Anlagenüberwachung zukünftige Ineffizienzen zu minimieren. Hier können Förderprogramme zum Einsatz kommen, die auf tatsächlich nachgewiesener Effizienz aufbauen.

[125] Die Untersuchung ist Bestandteil des Leuchtturmprojekts aus dem Umweltinnovationsprogramm des Bundesumweltministeriums BMUB

## 4.4 Datensicherheit

### Big Brother kann nicht zuschauen

In Artikel 7 der Charta der Grundrechte der Europäischen Union steht: »Jede Person hat das Recht auf Achtung ihres Privat- und Familienlebens, ihrer Wohnung sowie ihrer Kommunikation.«<sup>126</sup> Die Frage, die sich hier stellt ist, ob die Erfassung von Letztverbrauchern über Smart Meter in Einklang mit dem formulierten Grundrecht der EU steht? Denn über eine Datenerfassung auf Wohnungsebene sind Rückschlüsse auf Verbraucherprofile möglich. Verbraucher sollen jedoch selbst bestimmen können, wie viele personenbezogene Daten erfasst werden.

Für einen effizienten Betrieb von Gebäuden ist die Erfassung der Energieströme unerlässlich, denn nur so können Optimierungspotentiale aufgedeckt und umgesetzt werden. Dazu sieht das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende MsbG die Einführung von intelligenten Zählern, sogenannte Smart Meter vor. Diese können beispielsweise Strom, Wärme, Gas und Wasser erfassen. Zunächst werden gemäß § 29 MsbG Letztverbraucher mit einem jährlichen Stromverbrauch von über 6.000 Kilowattstunden, was haushaltsübliche jährliche Strommengen übersteigen, mit Smart Meter ausgestattet. In einem Smart Meter Gateway werden dann Daten verschiedener Zähler gespeichert und diese für Marktakteure aufbereitet. Künftig werden auch Letztverbraucher mit geringerem Verbrauch erfasst. Dabei wird laut BMWi großer Wert auf die Datensicherheit gelegt: »In Deutschland dürfen künftig nur intelligente Messsysteme eingesetzt werden, die den Schutzprofilen und technischen Richtlinien des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) entsprechen und damit Datenschutz, Datensicherheit und Interoperabilität gewährleisten. [ ] Schließlich enthält der Gesetzentwurf genaue Regelungen, wer wann auf welche Daten zugreifen darf.«<sup>127</sup> Allein der Fakt, dass jemand auf die Daten zur Betriebsoptimierung, zugreifen darf, ermöglicht den Datenmissbrauch!

Um die positiven Effekte der Energiebilanzierung bei der Gebäudetemperierung nutzbar zu machen, ist es nicht erforderlich, Daten auf Wohnungsebene zu erfassen, sondern die Gebäudeebene ist genauso zweckdienlich. Die Daten, wie beispielsweise die Wärmemengen für Heizung und Warmwasser oder auch Hilfsströme für Lüftung und Pumpen, werden hierbei an der Energiezentrale gemessen, so dass schlussendlich alle Energieströme erfasst sind, jedoch kein Rückschluss auf den einzelnen Nutzer und Mieter zulassen.

[126] Vgl. (EUR-Lex, 2010)

[127] Vgl. (BMW, 2015)

# 5 Gebäude



Bezahlbares Bauen und annähernd CO<sub>2</sub>-neutrales, »warmes« Wohnen könnten schon heute in Sanierung und Neubau umsetzbar sein. Dies ist die Grundlage dafür, dass auch Private ihr eigenes Kapital zukunftsgerichtet aktivieren. Ein nicht zu unterschätzender Aspekt, lag doch das private Geldvermögen im dritten Quartal 2017 bei 5,8 Billionen Euro.<sup>128</sup>

Um diese Ziele zu erreichen sind bei der Planung und Umsetzung bestimmte Bedingungen und Grundsätze zu beachten. Auf diese soll im Folgenden eingegangen werden.

---

[128] Vgl. (Börse-Online, 2018)

# 5.1 Grenznutzenbetrachtung

## Zuviel ist zu viel

Energieeinsparung, so suggeriert es bereits der Name der Verordnung, scheint das programmatische Ziel der »Energieeinsparverordnung« zu sein. »Viel hilft viel« – das Motto wird nicht nur über die EnEV eingefordert, sondern über die KfW-Bank auch gefördert. Damit viel Heizenergie eingespart wird, müssen daher die Dämmwerte der Gebäudehülle hohen Anforderungen genügen, der Materialbedarf steigt. Nach dem Entwurf des »GebäudeEnergieGesetzes« soll der Dämmstandard des KfW EH 55 für zukünftige Bauten sogar festgeschrieben werden.

**Aber macht es Sinn, ein Gebäude, dass beispielsweise nur mit Sonnenenergie vom eigenen Dach beheizt wird, dick einzupacken? Was soll denn eingespart werden, wenn das Gebäude fast CO<sub>2</sub>-neutral betrieben wird?**

Viel dämmen könnte in dem Fall zu viel sein, weil die zur Herstellung der Baumaterialien benötigte Graue Energie ab einem gewissen Grenzwert höher sein kann, wie die dadurch erreichte CO<sub>2</sub>-Einsparung bei der Gebäudetemperierung. Und dieser Graue Energieaufwand, der einher geht mit einem hohen Materialeinsatz zur Erfüllung der gesetzlich geforderten Dämmforderungen, wird komplett unterschätzt.

Mittlerweile wird mehr Energie »verbaut«, als die Gebäude in ihrer durchschnittlichen Lebenszeit von 50–60 Jahren an Betriebsenergie verbrauchen. Im Gebäudebereich liegen typische Werte für Graue Energie bei 400 bis 1.400 Kilowattstunden pro Quadratmeter, beziehungsweise bei 15 bis 40 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr – und damit bereits auf dem Niveau des Betriebsenergieverbrauches von Niedrigenergiehäusern.<sup>129</sup> Schon diese vereinfachte Gegenüberstellung lässt erahnen, dass die für die Herstellung von Baustoffen, die Gebäudeerrichtung und deren späteren Rückbau aufgewandte Energie Dimensionen angenommen hat, die man nicht mehr vernachlässigen kann. Die weiteren gesetzlichen Verschärfungen des Betriebsenergieverbrauches sowie die Nutzung regenerativer Energien führen dazu, dass die Graue Energie künftig den wesentlichen Teil der Umweltwirkung von Bauwerken ausmacht!

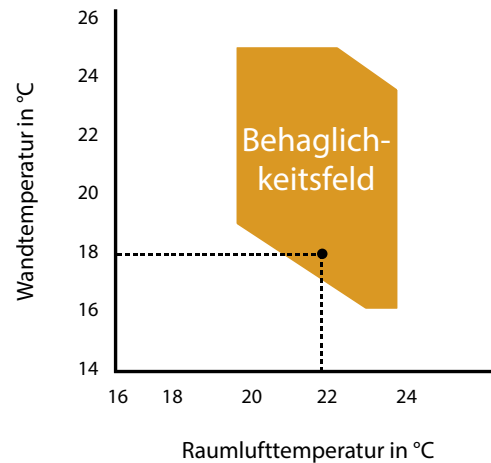
Die verbaute Energie übertrifft die Betriebsenergie, wird aber in der EnEV und im GEG »vergessen«

**Doch wie lässt sich dieser Grenzwert ermitteln?**

[129] Vgl. (Gugerli, Frischknecht, Kasser, & Lenzlinger, 2008)

# 5.1.1 Gebäudehülle

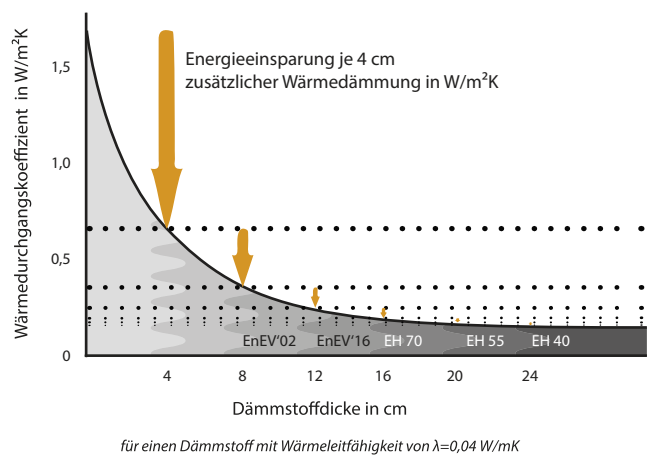
## Das behagliche Zuhause



A48 Behaglichkeitsdiagramm mit Beispielpunkt. (Datenbasis (Hegger, 2007, S. 58))

Jedes Gebäude muss ausreichend gedämmt sein. Aus Gründen der Behaglichkeit sollten Aufenthaltsräume sowohl mit Frischluft versorgt werden, wie auch angenehme Oberflächentemperaturen aufweisen. Bei einer Raumtemperatur von 21 °C muss dazu die Innenseite der Außenwand auch im Winter 18 °C warm sein, damit es schön behaglich ist und es nicht zu einer unangenehmen Kältestrahlung kommt (siehe Abbildung A48). Kältere Oberflächentemperaturen bewirken, dass die tatsächliche Raumtemperatur deutlich erhöht werden muss, damit sich ein gleiches Temperaturgefühl einstellt. Und dieser Energiemehraufwand im Winter kann die Jahresrechnung, aber auch den Primärenergieverbrauch bei der Gebäudetemperierung um zwanzig Prozent und mehr nach oben treiben.

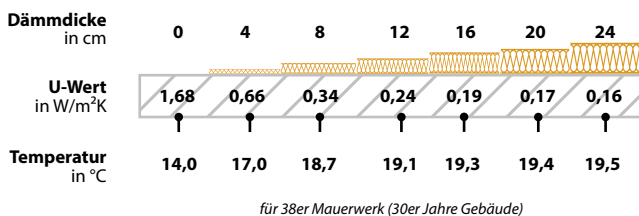
**Wie gut sollte der Dämmwert einer Außenwand optimalerweise sein?**



A49 Dämmwertentwicklung einer 38er Mauerwerkswand mit zunehmender Dämmstoffdicke.

In Abbildung A49 wird die Dämmwertverbesserung, ausgedrückt durch den Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert),

von jeweils 4 cm zusätzlicher Wärmedämmung anhand der orangenen Pfeile dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die ersten vier Zentimeter den höchsten Energieeinspareffekt aufweisen, danach nimmt das Einsparpotential exponentiell ab. Welche Auswirkungen das auf die Planung eines Dämmsystems hat, wird in der Abbildung A50 deutlich. Dargestellt ist hier das Bestandsmauerwerk des Praxisbeispiels mit einer Stärke von 38 Zentimetern, auf dem unterschiedlich starke Wärmedämmverbundsysteme aufgetragen sind. Nach der EnEV muss die Dämmung mindestens 12 Zentimeter stark sein.



A50 U-Wert und Innenwandtemperatur bei schrittweiser Erhöhung der Dämmung.<sup>130</sup>

Bereits ab acht Zentimeter Dämmung wird auf der Innenseite der Wand eine angenehme Oberflächentemperatur von 18,7°C erreicht, die bei einer Raumtemperatur von 21°C für ein behagliches Raumklima sorgt. Eine höhere Dämmstärke führt zu keiner Verbesserung des Behaglichkeitsgefühls und kann daher nur über Primärenergieeinsparung begründet werden. Das Problem: Jeder weitere Zentimeter Materialaufwand hat eine exponentiell abnehmende Einsparung beim Heizwärmebedarf zur Folge, der Primärenergie- und Ressourcenaufwand des Materials nimmt hingegen linear zu.

Es stellt sich somit die Frage,

**ob es auf der Grundlage des CO<sub>2</sub>-Einsparziels einen kritischen Grenzwert geben kann, an dem der Energieaufwand zur Herstellung des zusätzlichen Dämmmaterials durch die dadurch erreichbare Heizenergieeinsparung im Lebenszyklus des Materials nicht mehr amortisiert werden kann?**

Es versteht sich von selbst, dass ein in der Herstellung sehr CO<sub>2</sub>-intensiver Dämmstoff viel schneller diese Schwelle erreicht, als ein nachwachsender, CO<sub>2</sub>-bindender Dämmstoff wie beispielsweise Zellulose. Wenn nun zur Gebäudetemperierung fossile Energieträger verbrannt werden und die Anlage eine schlechte Anlageneffizienz aufweist, kann ein Mehr an Dämmung ökologisch durchaus sinnvoll sein. Wird jedoch zum Großteil mit EE über ein effizientes System geheizt, kann ökolo-

gisch betrachtet sogar eine Reduktion der Dämmung unter die heutigen Anforderungen der EnEV Sinn machen.

Da die durch den »Klimaschutzplan 2050« und »Effizienzstrategie Gebäude« ausgelöste Entwicklung in Richtung Gebäudetemperierung auf Basis erneuerbarer Energien geht, ist die gleichzeitige Verschärfung der Anforderungen an den Transmissionswärmeverlust nach der EnEV mit der Anreizsetzung von Förderprogrammen ein zu undifferenzierter Weg, um die nationale Dekarbonisierung voran zu treiben. So kann es in der Praxis vorkommen, dass auf Grund der Förderbedingungen der KfW und dem Kostendruck auf der Seite der Bauherren unnötiger CO<sub>2</sub>-Ausstoß subventioniert wird. Auf diese Zusammenhänge wird in Kapitel 5.1.4 eingegangen.

Für den Investor ist die Optimierung des Ressourceneinsatzes nicht nur wegen der geringeren Materialkosten interessant. Durch Reduktion der Dämmstärken lassen sich bei gleicher Grundflächenzahl mehr Quadratmeter Wohnfläche bauen, in Neubauprojekten ein nicht zu vernachlässigender Faktor (mehr dazu in Kapitel 5.1.4)

Ökologisch betrachtet kommt es durch Dämmstoffoptimierung zur Einsparung von Grauer Energie und zu einem geringeren Aufkommen von Müll bei einem späteren Rückbau. Die Auswirkung dieser Energieeinsparung wird zwar nicht dem »Handlungsfeld Gebäude« zugerechnet, aber direkt durch ihn beeinflusst. Andere Handlungsfelder entsprechend dem »Klimaschutzplan 2050« wie Energiewirtschaft, Industrie und Verkehr profitieren ebenfalls auf ihrem CO<sub>2</sub>-Konto von dieser Gutschrift. Eine Beispielrechnung wird in Kapitel 5.1.5 aufgeführt.

### Praxisbeispiel

Mit einer 14 Zentimeter starken Dämmung wird der KfW EH 85-Standard erreicht. Mit einer Dämmmaterialerhöhung um weitere 10 Zentimeter wird ein guter KfW EH 70-Standard erreicht. Die zusätzliche Heizenergieeinsparung berechnet sich wie folgt:

T14 Heizenergieeinsparung mit 10 cm Mehrdämmung.<sup>131</sup>

<b>Primärenergieaufwendung 10 cm Dämmung</b> [kWh]*		<b>59.911</b>
<b>Nutzenergiebedarf</b> [kWh/a]	KfW 85; 14 cm Dämmung	<b>58.430</b>
	KfW 70; 24 cm Dämmung	<b>54.208</b>
<b>Heizenergieeinsparung bei 10 cm Mehrdämmung</b> [kWh/a]		<b>4.222</b>

\* siehe Kapitel 2.8

[131] Die Berechnung wurde auf Basis der Energieberater-Software von Hottgenroth durchgeführt und bezieht sich auf AN

CO<sub>2</sub>-Ausstoß darf nicht subventioniert werden!

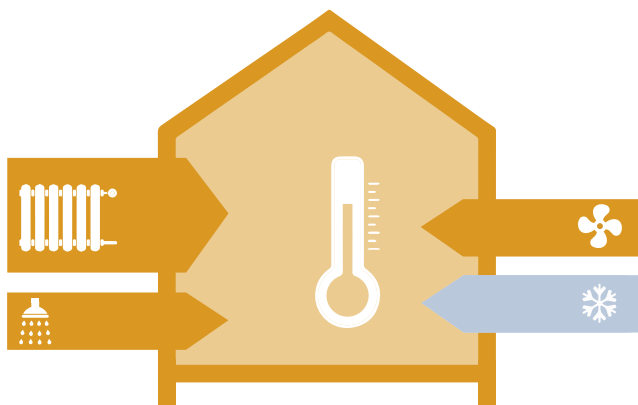
[130] Nach eigenen Berechnungen auf Grundlage einer Außentemperatur von -10°C.

Bei einer Erhöhung der Dämmstärke um 10 Zentimeter werden jährlich über 4.222 Kilowattstunden Heizenergie eingespart. Eine energetische Amortisationsrechnung lässt sich nicht direkt ableiten, weil Heizenergieeinsparung nicht mit der Primärenergieaufwendung für die Dämmstoffherstellung verglichen werden kann. Weitere Ausführungen sind in Kapitel 5.1.4 zu finden.

## 5.1.2 Heizungssystem

### Die unerkannte Effizienzsteigerung

Die energetische Optimierung eines Gebäudes betrifft neben der Dämmung natürlich auch die Anlagentechnik. Der Hebel, welcher von dieser Optimierung ausgeht, wird oft unterschätzt. Die Anlageneffizienz eines Heizungssystems bestehend aus Heizung, Kühlung, Warmwasseraufbereitung und Lüftung wird durch die Anlagenaufwandszahl  $e_p$  beschrieben. Sie bestimmt die Höhe des Primärenergiebedarfes eines Gebäudes unter Berücksichtigung der eingesetzten Energieträger sowie der Anlagenerluste.



A51 Schematische Darstellung der energetischen Bedarfe eines Hauses.

Der  $e_p$ -Wert besagt, wie viel Primärenergie eingesetzt werden muss, um 1 kWh nutzbare Heizwärme zu erhalten. Sie beschreibt damit den Aufwand von eingesetzter Primärenergie zum Heizenergiebedarf<sup>[132]</sup>. Bei alten Heizsystemen kann der Wert bei 3,0 liegen, mit einer effizienten Gasbrennwerttherme und einer einfachen Lüftung wird im optimalen Fall auch ein Wert von 1,0 erreicht. Je mehr EE nun zum Einsatz kommt, eine Forderung des EEWärmeG, umso geringer wird der  $e_p$ -Wert. Bei der Ausarbeitung der EnEV 2002 konnte man sich nicht vorstellen, dass dieser Wert deutlich unter 0,9 liegen kann, weil die entsprechende Reglungs- und Speichertechnik noch nicht ausgereift war. Mit dem Einsatz von thermischen Langzeitspeichern und

[132] Im  $e_p$ -Wert ist die Effizienz der gesamten Energieversorgungskette inkl. der Anlagen- und Übergabeverluste bewertet. Doch Achtung: In die Berechnung fließen zur primärenergetischen Bewertung politisch festgelegte Primärenergiefaktoren ein.

dynamischen Energiemanagern sind seit 2007  $e_p$ -Werte unter 0,6 möglich, zukünftig sind auch Werte unter 0,3 erreichbar. Werden zwei Anlagensysteme auf Basis gleicher Energieträger miteinander verglichen, bedeutet ein  $e_p$ -Wert von 0,3 gegenüber einem  $e_p$ -Wert von 0,9 ein Drittel des Primärenergiebedarfs, gleichzeitig aber auch bis zu zwei Drittel weniger Energiekosten.

Grundlage einer hohen Anlageneffizienz mit einer tiefen Anlagenaufwandszahl ist die Fähigkeit, EE maximal ins Heizsystem zu integrieren und beispielsweise sommerliche solare Überschüsse über einen längeren Zeitraum zu puffern. Basis dieses Anlagensystems ist somit das Wissen um die Langzeitpufferung erneuerbarer thermischer Energie in Kombination mit einer dynamischen, zentralen Steuerungs- und Regelungstechnik.

Ein Beispiel: Solarenergie steht uns nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt zu Verfügung. Im Sommer, wenn wir sie am wenigsten brauchen, ist sie im Überfluss vorhanden, im Winter hingegen ist Sonnenenergie nicht in ausreichendem Maß da. Daher werden im Regelfall lediglich 30 Prozent des möglichen solaren Ertrages pro Quadratmeter Kollektorfläche genutzt, da überschüssige Energie nicht in das Heiz- oder Kühlsystem mit eingebunden werden kann. Wenn jedoch diese Energie nun beispielsweise über die DEMooS-Technik<sup>[133]</sup> gespeichert wird, erhöht sich der erneuerbare Energieanteil, damit sinkt die Anlagenaufwandszahl.



A52 Einbindung der Heizungszentrale.

[133] DEMooS steht für Dynamischer Energie Manager mit offenem, oszillierendem Speicher und wurde durch eZeit Ingenieure GmbH entwickelt. Ziel ist es solarthermische Energie maximal in ein Heizsystem zu integrieren und insbesondere auch Erträge mit einer tiefen Entropie kostengünstig über Wärmepumpen in nutzbarer Wärme höherer Entropie zu überführen.

## Praxisbeispiel

Anhand des Energiebedarfs des sanierten Altbaus (KfW EH 85) wird im Folgenden der Einfluss der  $e_p$ -Zahl dargestellt. Bei der Darstellung handelt es sich um eine Vereinfachung, da der  $e_p$ -Wert auch vom Heizenergiebedarf und Heizsystem des Gebäudes abhängig ist.

T15 Primärenergiebedarf bei unterschiedlichen  $e_p$ -Werten.<sup>134</sup>

Jährlicher Heizenergiebedarf [kWh/a]	77.250
Beheizte Fläche An [m <sup>2</sup> ]	1.363

Heizenergie $Q_h$ + Warmwasser $Q_{ww}$ [kWh/m <sup>2</sup> a]	$e_p$ [ ]	Primärenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]
57	3,00	171
	1,20	68
	0,90	51
	0,60	34
	0,30	17
	0,15	9

Der  $e_p$ -Wert von 1,2 entspricht beispielsweise einer hydraulisch abgeglichenen Heizungsanlage mit Gastbrennwerttherme. Der Primärenergiebedarf liegt hier bei 68 Kilowattstunden. Bei einer alten Anlage kann auch ein  $e_p$ -Wert von 3 erreicht werden, der Primärenergiebedarf liegt dann bei 171 Kilowattstunden. Dies zeigt, warum alte Kessel dringend ausgetauscht und hydraulische Abgleiche durchgeführt werden müssen. Bei einem Wert von 0,6 auf Basis einer effizienten Wärmepumpentechnologie ist der Zielwert aus dem »Klimaschutzplan 2050« bereits unterschritten.

Auch bei niedrigen  $e_p$ -Werten muss immer beachtet werden, wieviel erneuerbare und vor Ort gewonnene Energie tatsächlich in das System eingebunden wird, um eine ehrliche Einschätzung über die Umweltfreundlichkeit des Heizsystems machen zu können. Meist fehlen dazu Messkonzepte, um Energieströme richtig bewerten zu können. Außerdem sagt eine niedrige  $e_p$ -Zahl nicht immer etwas über ein energieeffizientes Heizsystem aus. So kann auch ein Gebäude, das beispielsweise mit Fernwärme aus der Müllverbrennung beheizt wird, einen  $e_p$ -Wert von 0,3 und besser erreichen. Eine kritische Würdigung dazu findet sich in Kapitel 2.2.

[134] Die Berechnung wurde auf Basis der Energieberater-Software von Hottgenroth durchgeführt und bezieht sich auf An.

## 5.1.3 Anlageneffizienz Die große Unbekannte

Seit 2002 müssen für alle nach EnEV gebauten oder sanierten Gebäude Energieausweise ausgestellt werden. Darin kann jeder Gebäudeeigentümer nachlesen, wie hoch der Primär- und Endenergiebedarf zur Gebäudetemperierung sein sollte. Bis heute kennt keiner dieser Gebäudeeigentümer seine tatsächlichen Heizkosten, weil schlicht und einfach nicht alle dafür notwendigen Energieströme separat erfasst, gemessen und abgerechnet werden.<sup>135</sup> In Zeiten der Energiewende versteht somit unter »Heizenergie« und »Heizenergiekosten« jeder etwas anderes. Zur Kommunikation und Vergleichbarkeit der Energiemengen und Energiekosten wird die separate Messung und Ausweisung aber benötigt!



A53 Schematische Darstellung einer Systemjahresarbeitszahl.

Ähnlich sieht die Situation beim Thema Anlageneffizienz aus. Die Systemjahresarbeitszahl (SJAZ) ist das Maß der Anlageneffizienz vornehmlich für ein Wärmepumpensystem. Sie gibt das Verhältnis zwischen der dem System zugeführten, elektrischen Energie und dem System entnommenen thermischen Energie an.<sup>136</sup> Auf Vergleichbarkeit aufbauend, können sich so »best practices« herauskristalisieren. Folgende Grafik A54 veranschaulicht unterschiedliche Systemjahresarbeitszahlen von Wärmepumpensystemen. Allein die Vielzahl der möglichen Systemgrenzen deutet auf die Problematik in ihrer Vergleichbarkeit und Kommunikation hin.

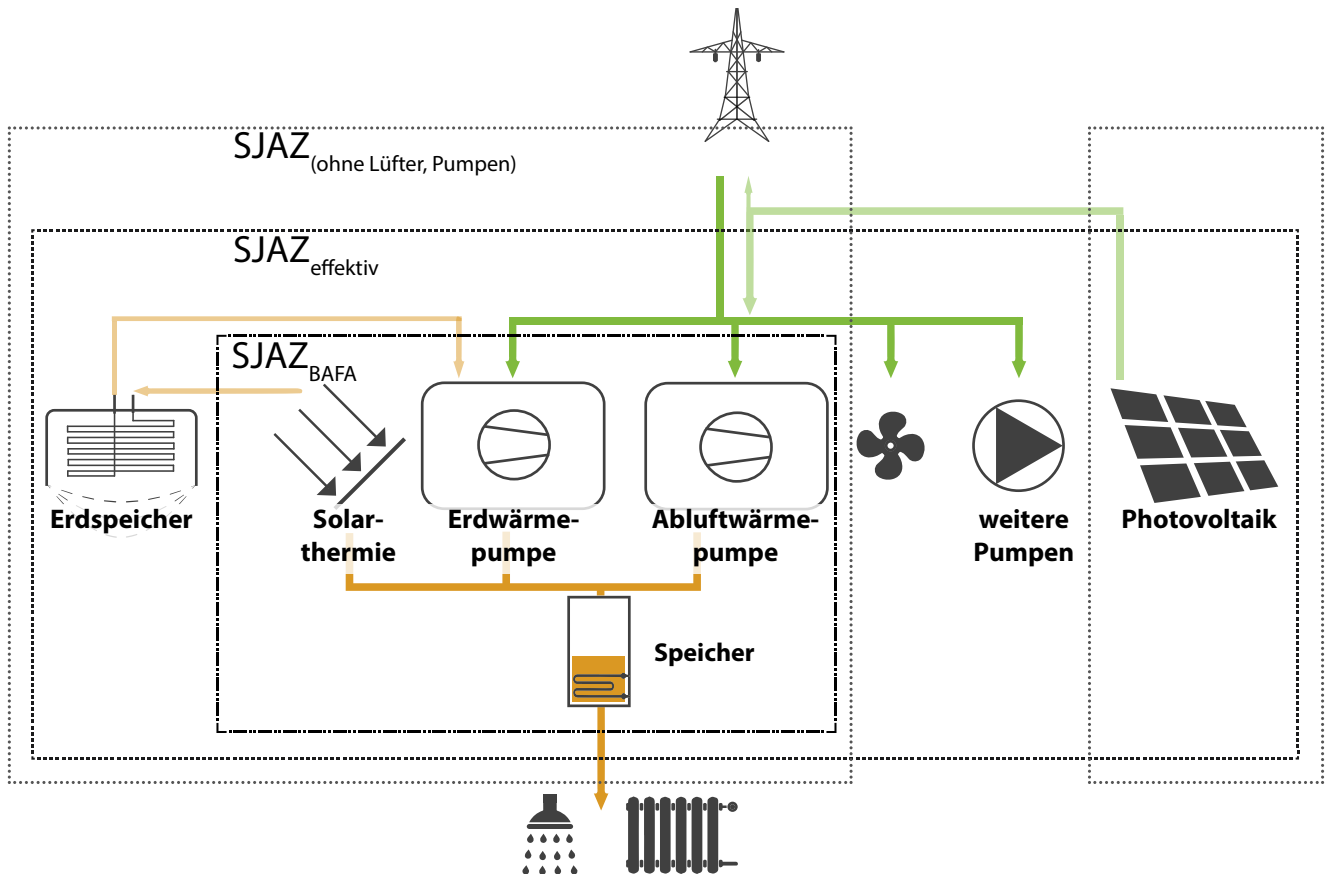
Es ist naheliegend, dass auch der Wert der Systemjahresarbeitszahl je nach betrachteter Bilanzgrenze stark variiert. Die Definition der SJAZ, wie sie das BAFA<sup>137</sup> beschreibt, erfasst nicht alle Energieströme: »Als Systemgrenze wird dabei die Übergabe an das Wärmeverteilungssystem gewählt. Bilanziert wird also die gesamte an die Wärmeverteilung abgegebene Wärmemenge [inkl.] Speicherverluste. [ ] Der Stromverbrauch für die Heizungsumwälzpumpe und die Zirkulationspumpe werden nicht berücksichtigt.«<sup>138</sup>

[135] Eine Heizkostenerfassung nach der Logik der EnEV sieht z.B. die Heizkostenvorgabe nicht vor. Antriebsströme für Lüftungsanlagen werden beispielsweise oft über den Haushaltsstromzähler abgerechnet, ebenso werden Pumpenströme mit diversen anderen Stromabnehmern über den Allgemeinstromzähler erfasst. Eine genaue Abgrenzung der Energiemengen zur Gebäudetemperierung (Heizung, Kühlung, Lüftung, Energieverteilung, Anlagenüberwachung etc.) ist damit nicht gegeben.

[136]  $SJAZ = \frac{\text{Output } E_h}{\text{Input } E_{el}}$

[137] Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA vergibt zahlreiche Fördermittel. Die Höhe der Förderung ist teilweise von der Effizienz der Anlagentechnik abhängig. Zur Vergleichbarkeit von Anlagensystemen hat das BAFA daher eine eigene SJAZ definiert.

[138] Vgl. (BAFA, 2017, S. 2)



A54 Bilanzgrenzen für die Systemjahresarbeitszahlen  $SJAZ_{eff}$ ,  $SJAZ_{BAFA}$  und  $SJAZ$  ohne Lüfter, Pumpen.<sup>139</sup>

Diese  $SJAZ_{BAFA}$  entspricht dem Bilanzfeld in der Abbildung A54. Für eine ganzheitliche Bewertung des Systems und eine Vergleichbarkeit mit anderen Energiesystemen,

ist es jedoch unerlässlich, alle für den Betrieb eines Gebäudes herangezogenen Energien zu bilanzieren. Darunter fällt Energie für Heizung, Kühlung, Warmwasser, Lüftung und Hilfsstrom für den Anlagenbetrieb. Diese Methodik geht mit der Systematik des EnEV-Nachweises einher und erlaubt direkte

Rückschlüsse auf die anfallenden Betriebskosten. Daher muss zur Bewertung des Energiebedarfs und der Energiekosten die durch das BAFA definierte  $SJAZ$  noch um folgende Bestandteile erweitert werden:

- Stromverbrauch für Lüftungsanlage, Heizungsumwälzpumpe, Zirkulationspumpe, Energie für Kühlung und Hilfsstrom für den Anlagenbetrieb. Ausgedrückt durch die  $SJAZ_{Energie}$
- Wie zuvor ( $SJAZ_{Energie}$ ) zuzüglich des vor Ort erzeug-

ten Stroms beispielsweise aus einer PV-Anlage, der tatsächlich zur Gebäudetemperierung genutzt werden kann. Ausgedrückt durch  $SJAZ_{eff}$

Zur Bewertung eines Gesamtsystems, insbesondere im Kontext der Sektorkopplung, muss eine Erweiterung der Bilanzgrenze durch die »Systemjahresarbeitszahl effektiv« ( $SJAZ_{eff}$ ) eingeführt werden. Es ist auch im Sinne des Nutzers eines Gebäudes, der seine tatsächlichen Energiekosten wissen will. Selbstverständlich muss auch die Antriebsenergie und der im Regelfall hohe Primärenergiebedarf eines stromgeführten Lüftungssystems erfasst werden, da Frischluftzufuhr und Vermeidung von Lüftungswärmeverlusten unverzichtbare Bestandteile einer energetisch optimierten Bauweise sind.

### Praxisbeispiel

Aus dem Monitoring der ersten drei Jahre ergeben sich folgende Systemjahresarbeitszahlen sowie jährliche Abrechnungswerte für das gesamte Gebäude inkl. Dachgeschoßaufstockung:

[139] Nach Vorbild von (Wenzel, 2010), Speicher mit Heizstab, als weitere Pumpen zählen Kollektorkreis-, Weiche Solar-, Quellen-, Heizkörper-, Fußbodenheizungs-, Lade-, Abluft-Wärmetauscher-, Netz- und Solewasserpumpe 1+2

#### T16 Systemjahresarbeitszahlen in der Praxis.

KRITERIUM	MIT GABRIEL-EFFEKT	OHNE GABRIEL-EFFEKT
Energiebedarf Heizung und WW [kWh/a]	103.000	103.000
Eingekaufter Strom [kWh/a]	25.417	21.337
SJAZ <sub>eff</sub> [ ]	4,05	4,83
SJAZ (ohne Lüfter, Pumpen) [ ]	5,95	6,75
SJAZ <sub>BAFA</sub> [ ]	4,60	4,60

Laut den Werten aus dem Monitoring wurde die für Vermieter und Mieter wichtige SJAZ<sub>eff</sub> von 4,05 erreicht. Da in der Bauphase die Eigenversorgungsregelung für PV-Anlagen mit einer Leistung von über 10 kWp verändert wurde, ist die ursprünglich geplante Anlage um 50% reduziert worden (Gabriel-Effekt). Entsprechend der Planung wäre eine SJAZ<sub>eff</sub> von 4,83 erreicht worden. Die Einspeisung des überschüssigen Stroms der PV-Anlage ins Stromnetz kann bisher nicht zum Ansatz gebracht werden. Es stellt sich die Frage nach einer SJAZ<sub>eff</sub>, die auch die Stromgewinnung mitberücksichtigt.

Die SJAZ<sub>BAFA</sub> beträgt 4,60, die SJAZ mit PV ohne Strom für die Lüftungsanlage und Pumpen, die im Alltagsgebrauch oft Verwendung findet, liegt sogar bei 5,95 bzw. 6,75. Die beiden SJAZ sagen nichts über die Effizienz einer Anlage hinsichtlich des Dekarbonisierungspotentials und auch nichts hinsichtlich der nachfolgend dargestellten Energiekosten aus.

#### T17 Strombezug, Primärenergie- und Endenergiebedarf.

BESCHREIBUNG	MIT GABRIEL-EFFEKT	OHNE GABRIEL-EFFEKT
Stromeinkauf [kWh/a]*	25.417	21.337
Primärenergiebedarf [kWh/m <sup>2</sup> a]	25,05	21,03
Endenergie [kWh/m <sup>2</sup> a]	13,92	11,68
Monatliche Kosten [€/m <sup>2</sup> ]	0,42	0,36

\*Bezogener Strom pro Jahr abzüglich Direktnutzung PV.

Der jährliche Primärenergiebedarf  $Q_p$  hätte bei 21,03 Kilowattstunden pro Quadratmeter und damit deutlich unter den Zielvorgaben des »Klimaschutzplan 2050« von durchschnittlich 40 Kilowattstunden pro Quadratmeter liegen können. Die Energiekosten hätten sich monatlich auf 36 Cent pro Quadratmeter Wohnfläche belaufen.

Durch den Gabriel-Effekt hat sich der Primärenergiebedarf jedoch auf 25,02 Kilowattstunden pro Quadratmeter erhöht. Die Energiekosten sind entsprechend auf 42 Cent pro Quadratmeter Wohnfläche gestiegen. Dies entspricht einer Erhöhung um über 16%. Doch es kommt noch schlimmer:

Der überschüssige Strom aus der PV-Anlage konnte durch den Vermieter aus gewerbesteuerlichen Gründen nicht kos-

tengünstig an die Mieter weiter gereicht werden und musste daher ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Anstatt die eigenen Mieter bei den Stromkosten zu entlasten, wurde dem Vermieter eine Einspeisevergütung von ca. 12,5 Cent pro kWh bezahlt. Verloren haben dadurch alle: Der Verbraucher, weil er für die Differenz zwischen Einspeisevergütung und Börsenpreis aufkommen muss, der Stromnetzbetreiber, weil er die Kosten für die Stromnetzstabilisierung, die gerade in die Höhe schießen, dem Stromkunden erklären muss, der Vermieter, weil sie statt 25 Cent pro kWh nur 12,5 Cent erhält und der Mieter, weil er nun auf übersteuerte Stromkosten von deutlich über 25 Cent zurückgreifen muss und damit gleich mehrfach für die Kosten Dritter aufkommt, die EEG-Umlage, die Befreiung der Industrie von der EEG-Umlage und die Steuerbelastung auf die erhöhten Energiekosten, um nur einige zu nennen. Ist das soziale Marktwirtschaft?

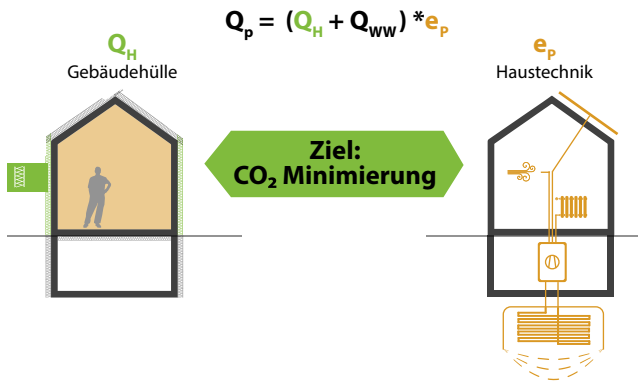
### 5.1.4 Gebäudehülle & Haustechnik Eine einfache Multiplikation begreifen

Ziel im »Handlungsfeld Gebäude« nach dem »Klimaschutzplan 2050« und der »Energieeffizienzstrategie Gebäude« ist es, den Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ganzheitlich zu verringern. Um dies sozialverträglich umsetzen zu können, ist es entscheidend, die verschiedenen Einflussfaktoren und deren Abhängigkeiten untereinander zu verstehen und durch einen Optimierungsprozess abzuwägen, welche Maßnahmen performant sind. Ziel eines Planungsteams sollte es sein, durch möglichst wenig Materialaufwand und möglichst niedrigem  $e_p$ -Wert eine hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung zu generieren, um gleichzeitig einen moderaten Heizwärme- und geringen Endenergiebedarf zu erhalten. Dadurch können sowohl Bau- wie auch Betriebskosten gesenkt werden.

Aus den voran gegangenen Erläuterungen wird ersichtlich, dass bei diesem Optimierungsprozess daher Ressourceneinsatz, Energieeffizienz und dezentrale Energiegewinnung durch erneuerbare Energien zusammen betrachtet werden müssen. Und tatsächlich ist es so, dass in einem solchen Prozess die Qualitäten der Gebäudehülle und der Haustechnik in einer direkten Abhängigkeit zueinanderstehen, sich gegenseitig bedingen. Der Hintergrund: Der Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  eines Gebäudes berechnet sich nach der EnEV aus einer einfachen Multiplikation aus dem jährlichen Heizwärme- plus Trinkwarmwasserbedarf multipliziert mit der Anlagenaufwandszahl  $e_p$ .

Energiewende in Gebäudesektor bedeutet, eine einfache Multiplikation zu verstehen!





A55 Gebäudehülle und Haustechnik stehen in einer direkten Abhängigkeit.

Die Dämmqualität der Gebäudehülle bestimmt aber nicht nur den Wärmeverlust, sondern auch den Kühlbedarf, daher spricht man vom winterlichen und sommerlichen Wärmeschutz. In  $Q_p$  wird damit der Heizwärme- und Kühlbedarf eines Gebäudes berücksichtigt. Der  $e_p$ -Wert bestimmt letztendlich, wie viel Primärenergie eingesetzt werden muss, um 1 kWh nutzbare Wärme zu erhalten.

Am Praxisbeispiel kann aufgezeigt werden, dass ein niedriger  $e_p$ -Wert, durch Nutzung dezentraler EE zu einer Reduktion des Materialaufwandes bei der Gebäudehülle führen muss. Dies ist Voraussetzung dafür, dass in einem nächsten Schritt eine hohe Anlageneffizienz, trotz Reduktion von Anlagentechnik, beibehalten und sogar noch erhöht werden kann (siehe Kapitel 5.5 und 6). Erst Effizienzsteigerung und Materialreduktion führen zu bezahlbaren Bauen und Wohnen!

### Praxisbeispiel

In Kapitel 5.1.1. wurde die Frage aufgeworfen, ob eine Dämmwerterhöhung um 10 Zentimeter zur Erreichung eines KfW 70 EH-Standards ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist. Die Amortisationszeit einer Dämmmaterialerhöhung um 10 Zentimeter auf Basis der dadurch möglichen Heizenergieeinsparung berechnet sich wie folgt:

T18 Amortisation Primärenergieaufwand mit 10 cm Mehrdämmung.<sup>140</sup>

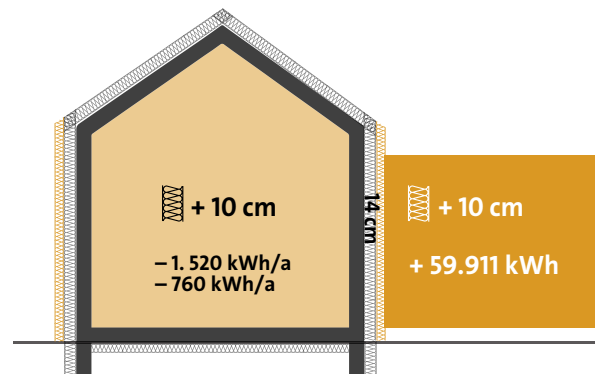
Einmaliger Primärenergiebedarf 10 cm Dämmung [kWh]*	59.911
Jährliche Heizenergieeinsparung ( $Q_H + Q_{WW}$ ) [kWh/a]**	4.222

\* Siehe Kapitel 2.8. \*\* Siehe Tabelle T9.

FORMEL	$Q_H + Q_{WW}$ [kWh/a]	$e_p$ [ ]	$Q_p$ [kWh/a]	AMORTISATIONSZEIT [a]
Primärenergieeinsparung $Q_p = (Q_H + Q_{WW}) \times e_p$	4.222	0,36	1.520	39,4
Primärenergieeinsparung $Q_p = (Q_H + Q_{WW}) \times e_p$	4.222	0,18	760	78,8

[140] Die Berechnung wurde mit der Energieberater-Software von Hottgenroth und Daten aus der (Ökobaudat, 2017 a) durchgeführt und bezieht sich auf An.

Im zweiten Jahr nach der Inbetriebnahme konnte durch das Monitoring ein  $e_p$ -Wert von 0,36<sup>141</sup> nachgewiesen werden. Der Primärenergieaufwand zur Herstellung der Dämmmaterialerhöhung wird somit durch die Einsparung bei der Gebäudetemperierung nach knapp 40 Jahren amortisiert. Durch eine Vernetzung der Gebäude oder eine höhere Einbindung von EE im Stromnetz wird der  $e_p$ -Wert mittelfristig auf unter 0,18 gesenkt werden können, wodurch sich die Amortisationszeit auf über 78 Jahre erhöht. Die Lebensdauer von Wärmedämmverbundsystemen WDVS wird nach BNB-Kriterien<sup>142</sup> mit 40 Jahren angegeben, damit kann der Primärenergieaufwand innerhalb des Lebenszyklus nicht zurückgewonnen werden.



A56 Gegenüberstellung von Primärenergie: Einsparung zu Aufwand.

Der Vollständigkeit halber muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass der kumulierte Energieaufwand KEA der benötigten Anlagentechnik hier nicht mitbilanziert wurde. Dies kann an dieser Stelle aber unter Vorbehalt vernachlässigt werden, eine kritische Würdigung dazu findet sich in Kapitel 2.6.

Eine andere Vergleichsrechnung kommt zu einem ähnlichen Ergebnis. Wenn man die CO<sub>2</sub>-Äquivalente aus der Tabelle T11 nimmt, ergeben sich folgende Amortisationszeiten für das Praxisbeispiel:

[141] Die gesamte regenerativ erzeugte und aus politischen Gründen eingespeiste Strommenge aus der PV-Anlage wurde nicht berücksichtigt und fällt damit aus dem Bilanzrahmen »Gebäude«. Diese Energie kommt dem Handlungsfeld »Energiewirtschaft« zugute.

[142] Vgl. (BBSR, 2017)

**T 19 Amortisation CO<sub>2</sub>-Äquivalente mit 10 cm Mehrdämmung für 2018, 2030 und 2050.<sup>143</sup>**

BESCHREIBUNG d. DÄMMMASSNAHME	ENDENERGIEBEDARF [kWh/a]*
14 cm Dämmung (KfW EH 85)	9.820
24 cm Dämmung (KfW EH 70)	9.110
<b>Endenergieeinsparung durch 10 cm Mehrdämmung [kWh/a]</b>	<b>710</b>

\*Laut EnEV.

MEHR-AUFWENDUNGEN FASSADE	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	GEWICHT [Kg]	GWP [kgCO <sub>2</sub> -Äqu./Ref.**]	CO <sub>2</sub> -ÄQU. [kgCO <sub>2</sub> -eq.]
EPS-Dämmung (10 cm)	109		60,0	6.540
Aluminium-Fensterbänke (2 mm)		124	11,0	1.364
<b>Mehraufwand CO<sub>2</sub> Äquivalente gesamt [kgCO<sub>2</sub>-Äqu.]</b>				<b>7.904</b>

\*\*Referenzeinheit jeweils in m<sup>3</sup> oder kg.

AMORTISATIONSRECHNUNG WÄRMEPUMPENSYSTEM		EMISSIONSFAKTOR [kgCO <sub>2</sub> /kWh]	ENDENERGIE [kWh]	CO <sub>2</sub> -ÄQU. [kgCO <sub>2</sub> -eq.]	JAHRE [a]
2018	Strom aus Stromnetz (PEF 1,8)	0,561	710	398,31	19,84
	Strom mit 25% Deckungsanteil lokaler PV	0,421		298,73	<b>26,46</b>
	Strom mit 35% Deckungsanteil PV + BHKW*	0,365		258,90	30,53
2030	Strom aus Stromnetz (PEF 0,9)	0,281		199,16	39,69
	Strom mit 25% Deckungsanteil lokaler PV	0,210		149,37	<b>52,92</b>
	Strom mit 35% Deckungsanteil PV + BHKW*	0,182		129,45	61,06
2050	Strom aus Stromnetz (PEF 0,4)	0,125		88,51	89,30
	Strom mit 25% Deckungsanteil lokaler PV	0,094		66,39	<b>119,06</b>
	Strom mit 35% Deckungsanteil PV + BHKW*	0,081		57,53	137,38

Durch eine Erhöhung der EPS-Dämmung um 10 cm wird der jährliche Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bei der Gebäudetemperierung um 298,73 kg verringert. Dem gegenüber schlagen Mehraufwendungen von 7.904 kg zu Buche. Die Amortisationszeit beträgt demnach 26,46 Jahre.<sup>144</sup>

[143] Eigene Berechnungen nach EnEV (DIN V 18599-1, EnEV 2014); In Nordostdeutschland wird im Jahr 2033 eine 97 %ige bilanzielle Deckung des Strombedarfs mit fluktuierenden EE erwartet (GridLab GmbH, 2014). Damit dürften die CO<sub>2</sub>-Äquivalente im Strom-Mix weit unter 180 g/kWh liegen.

[144] Die Rechnung berücksichtigt einen Deckungsanteil von lokal erzeugtem PV-Strom. Sie lässt aber unberücksichtigt, dass durch die PV-Anlage deutlich mehr Strom erzeugt wird und in das öffentliche Netz eingespeist werden muss. Diese Energie kommt dem Handlungsfeld »Energiewirtschaft« zugute.

Wenn der Ausbau der EE wie geplant stattfindet, soll bereits im Jahre 2033 alleine in Berlin-Brandenburg der Deckungsanteil von EE im Stromnetz bei 97% liegen. Die in der EnEV 2014<sup>145</sup> angenommene Schätzung für die Jahre 2030 oder 2050 geht demgegenüber von deutlich pessimistischeren Werten aus. Und trotzdem, bereits im Jahre 2030 liegt die Amortisationszeit der Mehraufwendung für die Dämmung bei über 52 Jahre, ab 2050 sogar bei über 119 Jahre!

Aus wirtschaftlichen Gründen ist auch eine Amortisationszeit unter 40 Jahren mindestens teilweise in Frage zu stellen. Selbst wenn die Amortisationszeit bei 20 Jahren liegen würde, könnte auf Basis dieses Heizsystems der Ressourceneinsatz zum Bau einer höheren Dämmqualität aus wirtschaftlichen Gründen nicht gerechtfertigt sein. Der Hintergrund: Bei einer Fassadenfläche von 1.100 Quadratmetern kostet eine Dämmwerterhöhung über 49.000 € zusätzlich.<sup>146</sup> Dadurch wird der jährliche Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten bei der Gebäudetemperierung um 298 kg verringert. Über einen solarthermischen Kollektor können aber pro Jahr über 700 Kilowattstunden Wärme pro Quadratmeter geerntet werden. Dadurch können in einem Energiesystem beispielweise auf Basis von Erdgas nach Tabelle T6 (siehe Kapitel 2.2), über 140 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalente pro Jahr eingespart werden. Etwas mehr wie zwei Quadratmeter solarthermische Fläche tragen damit mehr zur Dekarbonisierung bei, als 1.100 Quadratmeter Mehraufwendung bei der Gebäudedämmung, kosten aber nur Tausend Euro!

In diesem Kontext wird sogar der Einsatz einer Batterie lohnenswert. Der Primärenergiebedarf kann im Praxisbeispiel durch den Einsatz eines Stromspeichers<sup>147</sup> mit einer Kapazität von knapp 15 Kilowattstunden um 11% reduziert werden.<sup>148</sup> Und das Einsparpotential kann noch höher ausfallen: Wenn beispielsweise in einem Quartier mehrere Gebäude zu einem Nahwärmenetz mit einem Kleinst-BHKW zur Spitzenlastabdeckung zusammengeschlossen werden (siehe Kapitel 6), könnten mit einem anteiligen Aufwand von circa 4.000 € pro Gebäude die Emissionen um 30% jährlich gesenkt werden. Die Vorteile von beiden Ansätzen: Das gesamte Wärmepumpensystem mit Batterien kann »Flexibilitäten« zur Verfügung stellen und damit zur Stromnetzstabilisierung eingesetzt werden.

[145] Zur Erinnerung: In der 2015 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie veröffentlichten »Energieeffizienzstrategie Gebäude« wird eine Reduktion der PEF für Strom nach EnEV 2014 (DIN V 18599-1) von 1,8 (2020) auf 0,9 (2030), 0,6 (2040) und 0,4 (2050) ausgewiesen. Gas hingegen soll sich beispielsweise gar nicht reduzieren und bleibt bis 2050 bei 1,1.

[146] Annahme EPS, 10 cm Mehrdämmung; 2,6 € netto pro Zentimeter Dämmstärke inkl. notwendig werdender zusätzlicher Verdübelung, Zulage für Rüstung von 6 € netto sowie Formteile, Bleche etc. von 1,5 € pro Quadratmeter Fassadenfläche, zzgl. 12 % Nebenkosten, zzgl. 19 % Mehrwertsteuer.

[147] Vgl. (Zappulla, 2014)

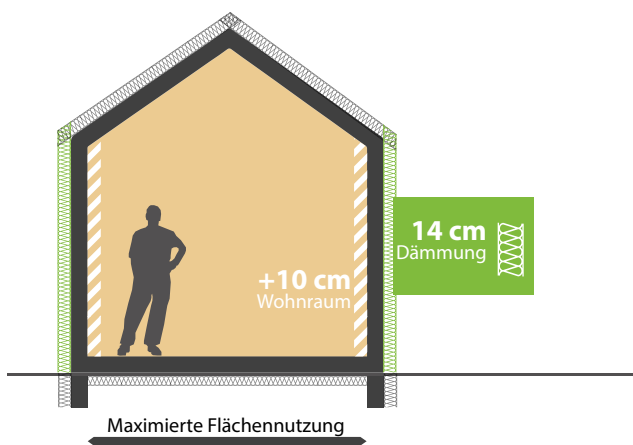
[148] Die OPzV-Batterie, auf Grundlage der Blei-Säure-Technologie, hat eine Gesamtkapazität von 14,8 kWh und deckt einen Anteil von rund 2.000 kWh pro Jahr. Mit der Einbindung dieses Batteriespeichers kann bei dieser energetischen Sanierung die Anlagenaufwandszahl des Gebäudes um elf Prozent verringert werden.

Jede Investition in die Anlagentechnik ist ab einem gewissen Dämmstandard aus ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten vorzuziehen, sowohl hinsichtlich der Investitions- wie auch der Betriebskosten. Davon profitieren Vermieter wie auch Mieter.

Weniger ist mehr!

Eine ganzheitliche Optimierung von Gebäudehülle und Haustechnik bedeutet, Energieeffizienz, Energiegewinnung und Ressourceneinsatz zusammen zu betrachten. Vor diesem Hintergrund reduzieren sich auch die Baukosten pro Quadratmeter Wohnfläche. Im Neubau kann dabei noch

ein weiterer Effekt erzielt werden: Der Optimierungsprozess führt zur Wohnraumvergrößerung!



A57 Wohnraumvergrößerung durch Reduktion der Dämmstärken.

Durch den hohen Siedlungs- und Kostendruck und die Notwendigkeit, viel Wohnraum zu schaffen, werden im Regelfall alle bebaubaren Grundstücke maximal ausgenutzt. Die zulässige Grundfläche, die auf einem Baugrundstück bebaut werden darf, wird über die Grundflächenzahl und über die

Geschoßflächenzahl definiert. Sie besagen, wie hoch das Gebäudevolumen bezogen auf die Grundstücksfläche sein darf. Für die Baukosten ist es daher entscheidend, ob Außenwandaufbauten mit zehn Zentimeter Mehrdämmung geplant werden müssen. Hohe Dämmwertauflagen kosten nicht nur mehr,

sie benötigen auch mehr Grundfläche. Eine Reduktion des Dämmmaterials führt daher zu einem Mehr an vermieteter oder verkaufter Wohnfläche (siehe Abbildung A57). Im Praxisbeispiel mit einem Umfang von hundert Metern und drei Wohngeschossen liegt im Falle eines Neubaus der Flächengewinn bei 30 Quadratmeter. Der Bau dieser 30 Quadratmeter kostet brutto circa 8.000 €.<sup>[149]</sup> Wenn diese Wohn-

[149] Annahme, abgeleitet aus eigenen Projekten: Pro Quadratmeter Decke 130 €, Estrich und Fußbodenheizung 50 €, Belag 32 €, Maler 8 €, abzgl. Dämmung 20 €, zzgl. 12 % Nebenkosten, zzgl. 19 % Mehrwertsteuer.

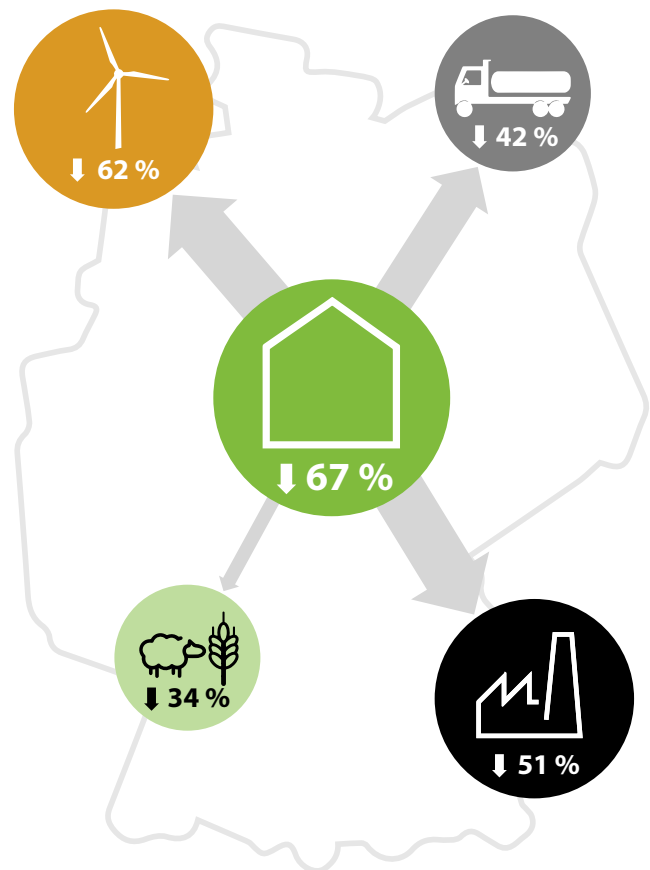
fläche monatlich zu 10 € pro Quadratmeter vermietet wird, ergeben sich jährliche Einnahmen von 3.600 €, damit wären bereits nach zweieinhalb Jahren die zusätzlichen Baukosten finanziert. Im Ergebnis entgehen dem Gebäudeeigentümer in 30 Jahren, bei einer Rendite von 3 %, Mieteinnahmen in der Höhe von über 171.000 € pro Gebäude.

Noch drastischer sieht diese Vergleichsrechnung aus, wenn diese 30 Quadratmeter in Berlin zu jeweils 3.000 € verkauft werden. In dem Fall bleibt ein ökonomischer Vorteil von 82.800 €, bei zwölf Gebäuden somit von knapp einer Million €. Damit könnten weit über 50 % der Heizanlage eines vernetzten Quartiers bestehend aus diesen zwölf Gebäuden bezahlt werden!

## 5.1.5

### Gebäudesektor

#### Der mögliche Beitrag zum CO<sub>2</sub>-Einsparziel



A58 Zielwerte der CO<sub>2</sub>-Reduktion für die verschiedenen Handlungsfelder bis 2030. Die Pfeile zeigen schematisch den Einfluss des Handlungsfeldes »Gebäude« auf die anderen Sektoren. (Datenbasis (BMUB, 2016))

Der Beitrag zur nationalen Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung kann durch das »Handlungsfeld Gebäude« erheblich erhöht werden, wenn der bisherige Bilanzrahmen erweitert und sektorübergreifend gedacht wird. Der Fokus muss auf die Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung gerichtet werden, welche durch den Gebäudesektor ausgelöst werden

kann. Dazu gehören neben der Energie zur Gebäudetemperierung (v. a. Handlungsfelder »Gebäude«, »Industrie«, »Energiewirtschaft«) auch die Energie zur Herstellung der benötigten Materialien (v. a. Handlungsfelder »Energiewirtschaft«, »Industrie«) sowie die Energie für den Bau (v. a.

**Das CO<sub>2</sub>-Einsparpotential durch das »Handlungsfeld Gebäude« ist enorm, wenn man es zulässt!**

Handlungsfelder »Energiewirtschaft«, »Industrie«, »Verkehr«). Die Dezentralisierung der Energieversorgung sowie Ressourcenoptimierung am Gebäude sind die beiden großen Hebel der Energiewende, da hohe Umwandlungs- und Verteilverluste in den Vorketten der Energieerzeugung vermieden werden

können und Materialoptimierung zu CO<sub>2</sub>-Gutschriften auf den Konten der Handlungsfelder »Energiewirtschaft«, »Industrie« und »Verkehr« führen. Ein über das Gebäude hinausgehender Bilanzrahmen ist nötig, um im Detail, beispielsweise zum Bau eines Mehrfamilienhauses, sinnvolle Entscheidungen hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Einsparung treffen zu können.

Die Optimierung des Ressourceneinsatzes, zu der auch wie in Kapitel 6 dargestellt, die Reduktion des Technikeinsatzes gehört, wirkt als Multiplikator auf die anderen Handlungsfelder. So muss beispielsweise für unnötige EPS-Dämmung, wie das Praxisbeispiel zeigt, keine Primärenergie in Form von Öl durch die Energiewirtschaft bereitgestellt werden, kein sinnloser Produktionsaufwand in der Industrie erfolgen und kein treibstoffintensiver Lastwagen durch Europa fahren. Wenn insgesamt auch noch geringere Dämmstoffdicken realisiert werden können, werden wie in der nachfolgenden Beispielsrechnung dargestellt, weniger Transportfahrten zur Baustelle nötig, wodurch sich auch noch Emissionen im »Handlungsfeld Verkehr« reduzieren lassen. Schlankere Wandaufbauten führen im Neubau außerdem zu mehr vermietbarer Wohnfläche und damit günstigeren Baukosten. Investitionskosten können somit leichter refinanziert werden. Geringere Baukosten entspannen den massiven Kostendruck auf Seiten der Bauherren, was wiederum positive Effekte auf die Sanierungsquote haben wird.

### Praxisbeispiel

Durch eine Optimierung von Gebäudehülle und Haustechnik im »Handlungsfeld Gebäude« kommt es beim Praxisbeispiel zu folgenden Einsparungen:

T20 Dekarbonisierungspotential durch ein Gebäude.

DEKARBONISIERUNGSPOTENTIAL IM HANDLUNGSFELD GEBÄUDE	VOLUMEN [m <sup>3</sup> ]	PRIMÄR-ENERGIE-BEDARF [kWh]	CO <sub>2</sub> -ÄQU. [kgCO <sub>2</sub> ]
Dämmmaterialeinsparung 10 cm*	109	59.911	7.820
Dämmmaterialeinsparung 14 cm (empfehlenswert)	153	83.793	10.948

\* Siehe Tabelle T9 und T10.

Der jährlich Primärenergieverbrauch nach der Sanierung liegt bei 21,03 Kilowattstunden pro Quadratmeter und damit über 47% unter den Zielvorgaben des »Klimaschutzplanes 2050« von durchschnittlich 40 Kilowattstunden. Nach einer Grenznutzenbetrachtung für das Dämmmaterial EPS hätten als Wärmedämmverbundsystem 10 Zentimeter EPS gereicht, um die Anforderungen an den Primärenergiebedarf 2050 zu erfüllen. Dies lässt die EnEV aber nicht zu. Dabei könnten gegenüber einem bisher geförderten Niedrigst-Energiehaus 14 Zentimeter Dämmung eingespart werden. Pro Gebäude ließen sich demnach knapp 11 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente verhindern und gleichzeitig die Zielvorgaben des »Klimaschutzplanes 2050« erfüllen.

Betrachtet man in diesem Kontext das mögliche Dekarbonisierungspotential, das durch die ersten zwölf sanierten Gebäude ausgelöst werden könnte, führen diese in den anderen Handlungsfeldern des »Klimaschutzplan 2050« zu folgenden Einsparungen:

<b>»INDUSTRIE«</b>
Durch die Industrie müssen 1.828 Kubikmeter weniger Dämmmaterial hergestellt werden. Ebenso werden Ressourcen in der Größenordnung von über 43,5 Tonnen eingespart.
<b>»ENERGIE-WIRTSCHAFT«</b>
Durch die Energiewirtschaft müssen alleine für die Dämmung über eine Million Kilowattstunden weniger Primärenergie bereitgestellt werden. Die entsprechenden Energievorräte müssen nicht vorgehalten werden. Damit wird der Ausstoß von etwas über 131 Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalenten vermieden.
<b>»VERKEHR«</b>
1.828 Kubikmeter weniger Dämmmaterial und 43,5 Tonnen Ressourcen müssen nicht nur weniger durch Deutschland transportiert werden, sondern auch die dadurch notwendigen Transporte zum Abbau der Materialien und Herstellung der Baumaterialien entfallen. Dies führt nicht nur zur Reduktion des Ausstoßes von CO <sub>2</sub> -Äquivalenten, sondern vermindert auch Schadstoffemissionen, Verkehrsbelastung und Lärm.

Die durch das »Handlungsfeld Gebäude« ausgelösten Einsparungspotentiale durch Klima-Effizienzsteigerung sind in den Handlungsfeldern des »Klimaschutzplanes 2050« nicht berücksichtigt. Damit kann das »Handlungsfeld Gebäude« einen deutlich höheren Beitrag zur Energiewende leisten und dazu kann günstiger gebaut werden.

## 5.1.6 Bezahlbares Bauen & Wohnen Ein möglicher Weg

Effizienz in der Energie- und Ressourcenfrage sollte der Logik nach zu CO<sub>2</sub>- und damit Energie- und Baukostenreduktion führen. Damit kann ein Weg hin zu einer sozial verträglichen, wirtschaftlich tragfähigen und in diesem Sinne gerechten Energiewende auf skizziert werden.

Aus den oben dargestellten Überlegungen ergeben sich folgende Empfehlung und Forderungen:

- Die gesetzlichen Regularien der »Energieeinsparverordnung« führen zu einer drastischen Reduzierung der Betriebsenergieverbräuche. Dies darf aber nicht zu Lasten einer CO<sub>2</sub>-Verlagerung in den Herstellungsprozess von Bauwerken und Baustoffen geschehen. Wenn der Baubereich seine gesellschaftlich-ökologische Verantwortung erkennt und diese auch annimmt, muss die Energiebilanz von Gebäuden über den gesamten Lebenszeitraum betrachtet und reduziert werden.
- Die Anforderungen an den Mindestdämmwert sind heute schon zu hoch, wenn Gebäude maßgeblich mit erneuerbaren Energien beheizt werden. Solange die Gebäudehülle die Kriterien der Behaglichkeit erfüllt, sollte der Staat den maximal zulässigen Primärenergiebedarf beziehungsweise die maximal zulässigen Treibhausgasemissionen festlegen und es dem Planer überlassen, ob sich eine Investition in die Gebäudehülle oder aber in die Haustechnik energetisch und wirtschaftlich besser rechnet.
- Eine Effizienzstrategie mit dem Fokus auf Energie- UND Ressourceneffizienz führt zu einer Reduktion der Baukosten sowie Erhöhung der Wirtschaftlichkeit als Grundvoraussetzung zur Steigerung der Sanierungsrate. Das käme sowohl Vermieter wie auch Mieter zugute.

Zur Vereinfachung von EnEV, EEWärmeG und GEG sowie zur Reduktion der Baukosten können folgende Vorschläge beitragen:

- Die bisherige Grundformel  $Q_p = (Q_H + Q_{WW}) \times e_p$  bleibt erhalten. Der maximal zulässige Primärenergiebedarf und  $H_T'$  werden anhand des Referenzgebäudes bestimmt. Eine weitere Verschärfung betrifft nur den Primärenergiebedarf, nicht aber  $H_T'$ .
- $H_T'$  wird frei gegeben, wenn EE am Gebäude erzeugt und verbraucht werden. Voraussetzung: Die thermischen Behaglichkeitskriterien (z. B. nach Dr. Ledwina) werden eingehalten und ein Großteil der Heizenergie wird am Gebäude erzeugt und genutzt. Der Prozentsatz muss diskutiert werden.

- Im Förderprogramm KfW EH 55 muss vor dem Hintergrund der Dekarbonisierung die Nebenanforderung der weiteren Dämmwertverbesserung ( $H_T'$ ) in Frage gestellt werden. Wird diese Auflage nicht erfüllt, ist es heute trotz deutlicher Unterschreitung des geforderten Primärenergiebedarfs unmöglich, den Teilschulderlass der KfW-Bank zu erhalten. Diese Investitionshilfe ist jedoch essentiell, um Projekte wirtschaftlich und sozialverträglich umsetzen zu können.
- Das EEWärmeG kann entfallen, wenn  $e_p$  kleiner 1 ist, vorausgesetzt, die Primärenergiefaktoren der Wärmeerzeuger werden transparent nachgewiesen.
- Die Endenergie und der Energieträger (Strom, Gas, Öl) muss ausgewiesen werden. Eine Mengengrenzung sollte diskutiert werden. Diese Fairness ist dem Nutzer und Mieter des Gebäudes geschuldet. Er weiß damit, was für Kosten auf ihn zukommen. Eine Begrenzung würde zusätzlich vor zu hohen Energiekosten bei niedrigen Primärenergiefaktoren schützen (Pellet Kessel, »schön gerechnete« KWK-Lösungen etc.).

Die Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente soll zukünftig in den Fokus rücken, um Planern ökologisch sinnvolle Entscheidungen zu ermöglichen. Vor allem die Grenznutzenbetrachtung sollte mindestens bei der Entwicklung zukünftiger politischer Szenarien, im Ordnungsrecht und bei Förderungen aufgegriffen werden.

- Als erster Schritt könnte die Menge der CO<sub>2</sub>-Äquivalente fakultativ oder versuchsweise parallel zum Primärenergiebedarf ausgewiesen werden, um Erfahrungen für eine spätere Umstellung der Hauptanforderung zu sammeln. Mit einer gleichzeitigen Begrenzung des Endenergiebedarfs können Ineffizienzen des Systems »Gebäude« verhindert werden.
- Die Optimierung von Gebäudehülle und Haustechnik muss systemoffen durchgeführt werden können.
- Dämmstoffe, eventuell auch Baustoffe, mit einem hohen Anteil an CO<sub>2</sub>-Äquivalente bei der Produktion werden mit einer Malus-Regelung belegt (beispielsweise über Abminderungsfaktoren), alternativ kommt es zu einer Gutschrift, wenn ein gewisser  $e_p$ -Wert unterschritten wird und das Dämmmaterial eine hohe CO<sub>2</sub>-Bindung aufweist.

Die energetische und wirtschaftliche Optimierung eines Gebäudes wird wesentlich durch den Grenznutzen bestimmt. Dieser ist wiederum abhängig von der in der EnEV ausgewiesenen Anlagenaufwandszahl  $e_p$ . Daher sollte ein Fokus auf das tatsächlich mögliche und in der Praxis nachweisbare Verbesserungspotential dieses Wertes gelegt werden. Mithelfen könnten folgende Aspekte:

- Im  $e_p$ -Wert soll zukünftig die Regelenergiefähigkeit, d.h. der Beitrag des Gebäudes zur Stromnetzstabilisierung, mit ausgewiesen werden dürfen, ebenso eine KWK-Anlage, die z.B. mit methanisierendem Gas betrieben wird (P2G). Über eine Bonus-Regelung könnte der Einsatz gefördert werden.
- Primärenergiefaktoren müssen offen und transparent diskutiert und hinsichtlich des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes überprüft werden können. So ist beispielsweise der PEF von Null für Fernwärme aus einer Müllverbrennungsanlage unglaublich und stellt die Energiedebatte in Frage. Auch der bei der Stromgutschriftmethode von KWK-Anlagen angesetzte PEF des Verdrängungsstrom-Mixes muss heutigen Bedingungen angepasst werden.
- Primärenergiefaktoren und deren Steuerwirkung müssen überprüft werden.
- Die Einbindung von zertifiziertem, erneuerbarem Strom muss möglich werden. Damit würde der Strom-Mix wegfallen und Strom aus Kohlekraftwerken einen deutlich schlechteren Primärenergiefaktor erhalten. Damit wird ein Anreiz zum Ausbau von EE geschaffen. Nachweispflichten sowie längere Vertragslaufzeiten zur Sicherstellung der tatsächlichen Nutzung EE müssen dabei diskutiert werden.

Der Ausbau von Solarenergie ist unverzichtbarer Bestandteil der Energiewende. Nachhaltige Energiegewinnung auf Gebäudeebene darf nicht mehr bestraft werden,<sup>150</sup> sonst geht ein großer gesellschaftlicher Nutzen verloren.

Energie- und Ressourceneffizienz erfordert es, eine ganzheitliche, erweiterte Betrachtung der Umweltwirkungen von Bauwerken zu etablieren. Die Gesamtenergiebilanz, also der Aufwand an Grauer Energie und Betriebsenergie über den gesamten Gebäudelebenszyklus, gilt es künftig zu erfassen und zu optimieren. Anders wird der Bausektor seinen Beitrag zum klimapolitischen 2-Grad-Ziel nicht leisten können.

Und dies kann eine wirtschaftliche Chance sein!

## 5.2 Heizenergiekosten

### Die wahren Kosten

Die Argumentation, dass »Grüne Energie« unschlagbar günstig ist, ist einfach und bestechend! Fossile Energieträger kosten viel Geld. Kohle, Öl oder Gas müssen nicht nur eingekauft und geliefert werden, der Abbau hat einen erheblichen Einfluss auf die Umwelt und die Gesellschaft. Für diese Kosten kommt im besten Fall nur der Steuerzahler auf,<sup>151</sup> in der Realität werden aber vor allem Dritte damit belastet. Beim Kunden angekommen, wird die wertvolle, endliche Ressource zur Energiegewinnung verbrannt und damit zerstört, statt sie zu veredeln. Berücksichtigt man alle Verbrennungs- und Verteilungsverluste, sowie den Strombedarf zur Verteilung der thermischen Energie, kostet den Nutzer heute eine Kilowattstunde Heizenergie am Heizkörper abgerechnet mindestens acht bis zehn Cent.<sup>152</sup>

Grüne thermische Energie aus Abluft, Sonne oder Geothermie ist erst einmal gratis. Im Regelfall kann sie dezentral geerntet werden und steht kalkulierbar zur Verfügung. Der Einsatz hat bis auf die Produktion der Anlagentechnik keinen Einfluss auf die Umwelt und die Gesellschaft, der Steuerzahler muss nicht für versteckte Kosten aufkommen. Damit diese Energie geerntet werden kann, müssen aber strombasierte Wärmepumpen zum Einsatz kommen. Will man nun den Strombedarf zur Ernte der EE sowie zur Verteilung der thermischen Energie ermitteln, dürfen die Strommengen für die zahlreichen Pumpen zur Verteilung des Warmwassers nicht fehlen. Die für den Nutzer einzige relevante Zahl zur Ermittlung dieser Stromkosten ist die effektive Systemjahresarbeitszahl, die besagt, wieviel Strom man zur Bereitstellung einer Kilowattstunde Heizenergie kaufen muss.

Grüne Energie ist unschlagbar günstig, da sie aus der Umwelt nur geliehen wird!

### Praxisbeispiel

Beispielrechnung der Strom- und Energiekosten in Abhängigkeit von der  $SJAZ_{eff}$  für das Jahr 2016.

[151] Wenn die versteckten Kosten für Kohle, Atom und Gas in den Strompreis eingerechnet würden, müssten nach einer Studie im Auftrag von Greenpeace Energy 10,8 Cent pro Kilowattstunde mehr bezahlt werden (Vgl. FÖS, 2015). Diese Kosten werden durch die Steuerzahler in Form von versteckten Subventionen bezahlt, die EEG-Umlage liegt im Gegensatz dazu bei unter sieben Cent.

[152] Beispiel: Der Preis für Erdgas liegt bei 6,7 Cent pro Kilowattstunde, vgl. (Bund der Energieverbraucher e.V., 2017) und muss mit dem Faktor von 1,2 multipliziert werden. Dabei wird unterstellt, dass die Verbrennungs- und Verteilungsverluste nur bei 20 % liegen und die Therme tatsächlich im Brennwertbereich arbeitet. Dazu addieren sich noch Stromkosten für die Wärmeverteilung im Haus in der Höhe von 1,5 – 2 Cent/kWh.

[150] EEG-Umlage, Gewerbesteuer bei Genossenschaften, etc.

## T21 Berechnung der effektiven, monatlichen Heizenergiekosten.<sup>153</sup>

<b>Stromkosten (Wärmepumpenstrom) [€/kWh]</b>	0,25
Stromkosten (Allgemeinstrom) [€/kWh]	0,28

<b>Jährl. Energiekosten gesamt mit Gabriel-Effekt [€/a]</b>	6.573
<b>Jährl. Energiekosten gesamt ohne Gabriel-Effekt [€/a]</b>	5.553
<b>Monatl. Energiekosten mit Gabriel-Effekt [€/pro m<sup>2</sup> WFL]</b>	0,42
<b>Monatl. Energiekosten ohne Gabriel-Effekt [€/pro m<sup>2</sup> WFL]</b>	0,36

Die für Mieter ehrlichen Energiekosten nach der effektiven Systemjahresarbeitszahl  $SJAZ_{eff}$  lagen monatlich bei 42 Cent pro Quadratmeter Wohnfläche, ohne Gabriel-Effekt sogar nur bei 36 Cent. Ein Traumwert für viele Mieter, transparenter geht es nicht. Doch die Realität sieht leider anders aus.

In einer Heizkostenabrechnung werden die tatsächlichen Kosten der Gebäudetemperierung nicht transparent dargestellt, da die Abrechnungen nicht entsprechend der EnEV aufgebaut sind. Man erkennt zwar, wieviel Strom, Gas, Fernwärme etc. für den Betrieb eines Gebäudes eingekauft wurden und wie diese Kosten auf die Wohnfläche umgelegt werden, mehr aber nicht. Relevante Strommengen, beispielsweise für die nötigen Lüfter zur Frischluftversorgung der Wohnungen, fallen aus der Bilanz, wenn sie auf die Stromzähler der Wohnungen aufgeschaltet sind. Dafür wird aber der Allgemestrom erfasst, zu dem der Energiebedarf für die Außen-, Treppenhaus- und Kellerbeleuchtung ebenso gehören, wie der Strombedarf zur Datenübertragung, für das Messwesen, die Gegensprechanlage, die Anlagenüberwachung oder die Hebeanlagen, um nur einige zu nennen. Dieser Allgemestrom hat aber nichts mit Heizkosten im eigentlichen Sinne zu tun.

Gesonderte Stromunterzähler zur Erfassung des Antriebsstroms für die Verteilung der Wärme im Gebäude, für die Lüftung oder für den Allgemestrom fehlen oft. Das ist zwar gesetzlich erlaubt, der Nutzer erhält aber kein Gefühl für den Anteil des Antriebsstroms an den Energiekosten der Gebäudetemperierung. Im Praxisbeispiel lag dieser bei 24 %, davon entfiel alleine 60 % auf die Lüftungsanlage. Auch der Anteil des Allgemestroms, der definitiv nicht zur Gebäudetemperierung gezählt werden kann,<sup>154</sup> lag bei über 18 % der jährlich ausgewiesenen Energiemenge.

Die transparente Darstellung der Energiekosten und des Kostenvergleichs ist ein essentieller Baustein der Vertrauensbildung im Kontext der Dekarbonisierung.

Das Praxisbeispiel zeigt, dass der Anlagenstrom zur Frischluftversorgung einen sehr hohen Einfluss auf die Energiekosten hat. Dies muss bei allen Gebäuden, insbesondere bei

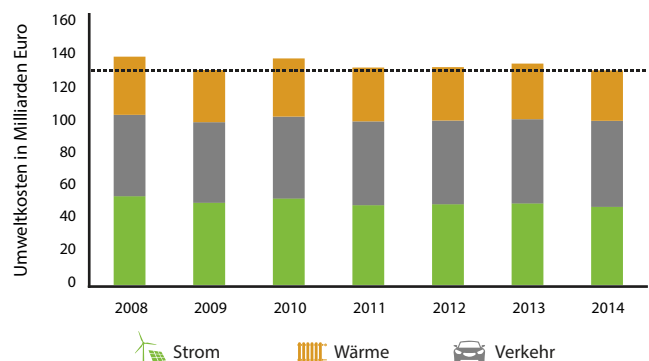
den zahlreichen, namensrechtlich geschützten Niedrigst-Energiehäusern, beachtet werden. Zu den Energiekosten addieren sich noch Wartungs- und Instandhaltungskosten.

Im Praxisbeispiel muss der Mieter für »grüne« Heizenergie auf Basis einer Wärmepumpentechnologie 6,4 Cent bzw. 5,4 Cent pro Kilowattstunde<sup>155</sup> bezahlen und damit deutlich weniger, wie auf der Basis fossiler Energieträger. Was wäre gewonnen, wenn der aktuell hohe Strompreis durch Eigenerzeugung über Photovoltaik- oder BHKW-Anlagen erheblich gesenkt und beispielsweise über eine genossenschaftlich organisierte Betreibergesellschaft an den Mieter weitergegeben werden könnte (siehe Kapitel 6.2 und 6.3). Über BHKW-Anlagen (Biogas) lässt sich ein Strompreis inklusive ROI (Return of Investment) der Anlagentechnik von 18 Cent pro Kilowattstunde generieren, über PV kann sogar ein Preis von 12 Cent pro Kilowattstunde erreicht werden. Damit könnten die Gestehungskosten der Heizenergie nochmals erheblich gesenkt und ein weiterer, sozialverträglicher und wirtschaftlich vernünftiger Puzzlestein geschaffen werden. Auf diese Perspektive wird in Kapitel 6 eingegangen.

**Ziel-Kosten pro Kilowattstunde:**  
Wärme < 2 Cent  
Strom < 12 Cent

Dezentral erzeugte EE kann sehr günstig geerntet werden, die Kosten für den Bau und die Entsorgung der entsprechenden Anlagentechnik bezahlt der Gebäudeeigentümer, nichts wird der Allgemeinheit aufgebürdet.

## Und was kosten fossile Energien nun wirklich, wenn man die externen Kosten berücksichtigt, die durch die Allgemeinheit getragen werden?



A59 Umweltkosten durch Treibhausgase und Luftschadstoffe für Strom- und Wärmeerzeugung sowie Straßenverkehr. (Datenbasis (UBA, Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen, 2018 b)

Zu den externen Kosten sind »umweltbedingte Gesundheits- und Materialschäden, Ernteauffälle oder die Kosten des Klimawandels [zu zählen]. So hat im Jahr 2014 die Nutzung der fossilen Energieträger bei der Stromerzeugung

[153] Grundlage der Berechnung ist  $SJAZ_{eff}$

[154] Im Sinne des Klimaschutzplans 2050 müsste dieser im Handlungsfeld »Energiewirtschaft« bilanziert werden.

[155] Die Kosten des Stromeinkaufs werden durch die benötigte Heizenergie von 103.000 Kilowattstunden dividiert.

Umweltkosten von etwa 47 Milliarden Euro verursacht.«<sup>156</sup> Im Bereich der Wärme belaufen sich die Umweltkosten auf 30,6 Milliarden Euro. Diese real anfallenden Kosten spiegeln sich jedoch nicht in den Preisen der fossilen Energieträger wider.

Noch fragwürdiger sieht es bei der Atomenergie aus. Die Risiken der Entsorgung wurden in einem einmaligen Akt gerade durch die Steuerzahler geschultert, obwohl ein Konsens für ein Endlager noch aussteht. Unabhängig davon, wurden die wahren Risiken aus der Gewinnung von Atomenergie noch nie versicherungstechnisch abgesichert, was zu einer erheblichen Erhöhung des Strompreises geführt hätte.<sup>157</sup> Auch hier war der Versicherungsnehmer stets die Allgemeinheit, selbst wenn Einzelne aus ethischen Gründen den Bezug von Atomenergie ablehnten!

Diese fehlende Internalisierung der Kosten verschleiert die ökologische Wahrheit, hemmt aktiv den Ausbau EE und führt somit zu einer Wettbewerbsverzerrung.

Daher ist es dringend erforderlich die realen Kosten, beispielsweise in Form einer CO<sub>2</sub>-Steuer in Abhängigkeit vom eingesetzten Energieträger beziehungsweise der Energiewandlungstechnologie, abzubilden, damit der Markt sein selbstregulatives Potential ausspielen kann. Dies muss aber gerecht für alle Sektoren gleichermaßen gelten.

## 5.3 Energieoptimierter Bau Die Kunst des Kostenvergleichs

Das Gerücht, dass energieoptimiertes Bauen ein Privileg reicher Bauherren sei, hält sich hartnäckig. Auch das Vorurteil, dass sich solarthermische Anlagen nicht rechnen, ist in aller Munde. Wenn man in einer wirtschaftlichen Bewertung energetischer Maßnahmen nur die Investitionskosten gegenüber der Energiekosteneinsparung berücksichtigt, kann es tatsächlich schwer werden, die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme darzustellen. Doch diese Betrachtungsweise greift zu kurz, da sich eine wirtschaftliche Bewertung nicht auf Einzelmaßnahmen beschränken darf, sondern den Gesamtkontext Gebäudehülle und Haustechnik im Auge behalten muss (siehe Kapitel 5.1.4).

So führt beispielsweise ein Vergleich der Amortisationszeit von Heizanlagen auf Basis unterschiedlicher Energieträger in die Irre, wenn dieser losgelöst vom gewünschten

Energiestandard des Gebäudes betrachtet wird. Anlagenbestandteile wie Wärmepumpen, Lüftungsanlagen oder solarthermische Anlagen sind ebenso Puzzlesteine eines energetischen Gesamtkonzepts, wie die Dämmung einer Kellerdecke, Fenster mit hochwertigeren Dämmwerten oder Maßnahmen zur Vermeidung von Wärmebrücken und können nur im Gesamtkontext wirtschaftlich bewertet werden. Warum eine davon losgelöste Betrachtung irreführend ist, verdeutlicht folgende Beispielrechnung:

### Praxisbeispiel

Wenn eine Fassadendämmung mit einer Stärke von 14 Zentimetern um 10 Zentimeter auf insgesamt 24 Zentimeter erhöht wird, führt dieser Ressourceneinsatz nach Kapitel 5.1.4 zu einer jährlichen Heizenergieeinsparung von 4.222 Kilowattstunden. Damit können jährlich Energiekosten in der Höhe von 270 € eingespart werden.<sup>158</sup> Diese Zusatzdämmung, die in vielen Niedrigst-Energiehäusern zum Standard gehört, kostet bei der Errichtung 49.000 € mehr. Die Amortisationszeit liegt damit bei über 181 Jahren und wäre aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu rechtfertigen.

Damit soll verdeutlicht werden, dass sich energetische Konzepte wirtschaftlich nur vor dem Hintergrund eines gleichwertigen CO<sub>2</sub>-Einsparziels messen lassen. Bei einem auf fossile Energieträger basierendem Anlagenkonzept wird es eher sinnvoll sein, den Heizwärmebedarf durch erhöhte Dämmforderungen zu beschränken, bei einem hohen Anteil an EE können die Anforderungen an den Dämmwert der Bauteile deutlich zurückgefahren werden. Die energetische und wirtschaftliche Optimierung von Gebäudehülle UND Haustechnik ist somit ein dynamischer, iterativer Prozess.

In die wirtschaftliche Bewertung energieoptimierter Bauten müssen Faktoren wie Wertstabilität des Gebäudes, Wohnwerterhöhung oder Kosten der Bauwerkserhaltung ebenso einfließen, wie die Energiekosten zur Gebäudetemperierung, die Abhängigkeit der Nutzer von zukünftigen Energiepreissteigerungen oder die Wartungskosten der Anlagentechnik. Wenn auch hier ganzheitlich gedacht wird, lässt sich die These, dass ein wirtschaftlicher und energieoptimierter Bau auf Basis der Zielsetzungen aus dem »Klimaschutzplan 2050« bereits heute eine ökonomische Notwendigkeit ist, einfach nachweisen (siehe Kapitel 5.5). Alleine schon die Wertstabilität eines Gebäudes muss im Kontext der Dekarbonisierung kritisch hinterfragt werden.

Seit 2002 hat sich die EnEV im Drei-Jahresrhythmus verschärft. Ein Gebäude, das 2002 noch nach der »Wärmeschutzverordnung 1995« gebaut werden durfte, hatte bei der Fertigstellung bereits an Wert verloren, da es nicht

[156] Vgl. (UBA, Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen, 2018 b)

[157] Noch vor der Reaktorkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011 hat der Bundesverband Erneuerbare Energien (BEE) die »Versicherungsforen Leipzig« mit der Berechnung der Kosten beauftragt. Im Ergebnis ist Kernkraft massiv unterversichert, die zu zahlenden Prämien hätten den Strompreis je nach Versicherungsfall auf bis zu 2,36 € pro Kilowattstunden steigen lassen.

[158]  $4.222 \text{ kWh/a} \times 6,4 \text{ ct/kWh} = 270 \text{ €/a}$



mehr dem Stand der Technik entsprach. So erging es allen Gebäuden, die in der Folge saniert oder neu gebaut wurden, wenn sie zum Zeitpunkt der Fertigstellung nur gerade den maximal zulässigen Primärenergiebedarf der vorangegangenen EnEV unterschritten. Mit dem

Jede EnEV-Verschärfung führt zu Wertverlust gebauter Gebäude!

»Klimaschutzplan 2050« steht fest, wohin die Reise geht. Warum also nicht den Spielraum nutzen, der durch die Reduktion des Energieverbrauchs entsteht und die bereits geringen Energiekosten durch den Einsatz von EE noch weiter reduzieren? Die Energiekosteneinsparung reduziert die Gesamtbelastung und kann daher zur Erhöhung der Nettokaltmiete genutzt werden. Mit der Modernisierungsumlage steht ein entsprechendes Instrumentarium zur Verfügung. Diverse Studien weisen darauf hin, dass die Kosten der Energiewende von der Gesellschaft auch getragen werden, wenn die Kostenverteilung sozialgerecht erfolgt.<sup>159</sup> Es ist daher davon auszugehen, dass der Mieter eine moderate Mieterhöhung mittragen wird, wenn er gleichzeitig auch einen entsprechenden Mehrwert erhält. Und dieser Mehrwert kann einfach dargestellt werden.

In einem energetisch optimierten Gebäude werden beispielsweise Behaglichkeitskriterien und Wohnraumklima durch die Nutzer deutlich höher bewertet, da Wohnräume im Regelfall mit Frischluft versorgt werden. Gleichzeitig wird durch die permanente Abfuhr von nutzerbedingtem Feuchtigkeitseintrag über die kontrollierte Lüftung das Risiko von Bauwerksschäden durch Schimmelbildung minimiert. Dies hat ein gesünderes Wohnraumklima zur Folge, da dieser Feuchtigkeitsentzug beispielsweise auch der Hausstaubmilbe die Lebensgrundlage entzieht. Wohnwert-erhöhung geht somit mit Bauwerkserhaltung einher.

Damit die Kostenverteilung der energetischen Maßnahmen sozialgerecht erfolgen kann, stehen zahlreiche Finanzierungs- und Förderprogramme über die KfW, Landesbanken oder die BAFA zur Verfügung, um nur einige zu nennen. Hier sollte jedoch die Fragestellung, ob sich eine Investition besser in die Gebäudehülle oder Haustechnik rechnet, dem Investor oder Planer überlassen werden, damit ein systemoffener Prozess angeschoben wird. Es reicht, wenn der Staat nur den maximal möglichen Primärenergiebedarf, oder besser noch, die maximal möglichen CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Gebäudes definiert. Zusätzliche Steuerungsmaßnahmen, wie eine über die EnEV hinausgehende Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes und damit Bevorzugung der Gebäudehülle durch die KfW, sollten vermieden werden.

[159] Als Beispiel: Laut Umfrage des Meinungsforschungsinstituts Forsa im Jahre 2016 finden rund 88 Prozent der landesweit Befragten den Atomausstieg und die Umstellung von fossilen auf EE »völlig richtig« oder »eher richtig«. Kontrovers wird vor allem das Wie und die Verteilung der Kosten diskutiert. Zum ähnlichen Ergebnis kommt auch das soziale Nachhaltigkeitsbarometer, das am 14.11.2017 in Berlin vorgestellt wurde.

## 5.4 Nutzer-Investor-Dilemma

### Wer soll es denn bezahlen?

Oft bleiben energetisch sinnvolle Sanierungen aus, weil der Vermieter die Investitionskosten trägt und der Mieter von den getätigten Investitionen profitiert. Da das BGB eine Mieterhöhung nach der Modernisierung erlaubt, ist dies in Deutschland eher ein soziales Dilemma. Die für die Wirtschaftlichkeit nötige Miete liegt durch die aktuell vorhandenen Auflagen an eine energieoptimierte Bauweise deutlich über den einsparbaren Energiekosten und wäre für viele Mieter zu hoch. Auch gibt es oft begründeten Widerstand der Mieter gegen energetische Modernisierungen. Das liegt an der Sorge, dass die erhofften Energieeinsparungen nicht erreicht werden und der Vermieter die energetische Sanierung als Vorwand nutzt, um die Miete kräftig zu erhöhen. Dabei liegt vor allem im unsanierten Gebäudebestand das Potential aus dem Nutzer-Investor-Dilemma eine »Win-win-Situation« zu generieren.

Sanieren muss sein, geht es doch in erster Linie um die Werterhaltung des Gebäudes. Wird ein bestehendes Bauwerk vernachlässigt und nicht mehr ans den Wohnstandard angepasst, sinkt der Wert der Immobilie, entstehende Bauschäden können gravierende Auswirkungen auf die Bausubstanz und die Lebensqualität der Nutzer haben.

Die Voraussetzungen für sozialverträgliche Sanierungen sind die Kopplung der energetischen Maßnahmen mit sowieso anstehenden Modernisierungs- und Instandhaltungsarbeiten, sowie einer guten Planung, Ausführung und strategischen Bewertung des Gebäudes nach ökonomischen Kriterien. Wenn eine Fassade instandgesetzt werden muss, sind Gerüst, Farbe und Baustelleneinrichtung Instandhaltungskosten. Nur der Dämmstoff ist wirklich Teil der energetischen Modernisierung. Durch die Optimierung der Dämmstärken werden überflüssige Ausgaben reduziert.

Auch hier geht es letztendlich, wie überall in der Energie-debatte – um eine ehrliche Betrachtung der Bilanzgrenzen.

Die frühzeitige Einbindung der Mieter erhöht zwar den Verwaltungsaufwand, bewährt sich aber bezogen auf die Akzeptanz einer Maßnahme. Die zweite wichtige Voraussetzung ist, dass die Bau- und Energiegestehungskosten so weit gesenkt werden können, dass die notwendige Mieterhöhung durch die Einsparung von Heizkosten zumindest deutlich reduziert wird. Dies funktioniert nur über eine klare Senkung des Endenergiebedarfes durch den Einsatz dezentraler, erneuerbarer Energie, sowie einer darauf aufbauenden Finanzierungsstrategie.

## Praxisbeispiel

Im Praxisbeispiel wurde der marode Bestand komplett saniert und die Mieter frühzeitig in den Sanierungsprozess eingebunden. Die Energiekosten sanken nach der Sanierung von durchschnittlich 1,50 € pro Quadratmeter Wohnfläche auf 45 Cent. Die Modernisierungsaufschläge von 1,90 € pro Quadratmeter Wohnfläche wurden von so gut wie allen Mietern akzeptiert<sup>160</sup>, sie hätten aber durch Ressourcenoptimierung deutlich weiter gesenkt werden können, wenn dies durch den Gesetzgeber sowie den Förderbedingungen der KfW möglich gewesen wäre. Die Mehrkosten der energetischen Sanierung wurden ab dem zweiten Bauabschnitt komplett durch das Finanzierungsmodell<sup>161</sup> aufgefangen, womit die Sozialverträglichkeit der Sanierungsmaßnahme nachgewiesen werden konnte.

Geringere Baukosten entspannen den massiven Kostendruck auf der Seite der Bauherren und können so zu einer höheren Sanierungsrate beitragen. Auch muss neben Fördermodellen nachgedacht werden, wie steuerliche Anreize geschaffen werden können<sup>162</sup>, damit der Altbaubestand energetisch nicht nur teilsaniert, sondern grundsaniert wird. Verschiedene Studien, wie beispielsweise »Erst breit, dann tief sanieren«<sup>163</sup>, zeigen, dass mehr energetische Modernisierung in solidem, durchschnittlichem Standard insgesamt mehr Energieeinsparung bringt, als wenig Modernisierung in großer Tiefe.

## 5.5 Theorie & Praxis Beispiel einer Umsetzung

Der »Klimaschutzplan 2050« sieht vor, dass die Klimaschutzziele sozialverträglich erreicht werden sollen.

**Wie ist das zu schaffen? Wie kann im hohen Maße Primärenergie am Gebäude eingespart, aber gleichzeitig vermieden werden, dass Wohnkosten exorbitant steigen?**

**Wie kann ein Gebäude saniert werden, ohne dass die ursprünglichen Mieter sich die Miete nicht mehr leisten können?**

[160] Die mögliche Modernisierungsumlage von 11% hätte eine Mietsteigerung zwischen 6 und 7 € zur Folge gehabt. Die Nutzungsgebühr (entspricht der Kaltmiete zgl. Nebenkosten) ist von 4,5 € vor der Sanierung auf 6,3 € pro Quadratmeter gestiegen.

[161] Maßgeblicher Anteil hat der Teilschulderlass aus dem EH 70-Programm der KfW und die Förderung über die BAFA.

[162] Beispielsweise eine CO<sub>2</sub>-Steuer auf den Energieverbrauch für Mieter und Vermieter, Abschreibungsmodelle für effiziente Anlagen und ganzheitliche Sanierungskonzepte, Steuer auf energieintensive Bauprodukte, Förderung von nachgewiesenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen bei der Gebäudetemperierung etc.

[163] Vgl. (Henger, Hude, & Runst, 2016)

Das folgende Praxisbeispiel soll einen Weg aufzeigen, wie das Dilemma aufgelöst werden kann.

2012 wurde die eZeit Ingenieure GmbH durch die Märkische Scholle Wohnungsunternehmen eG mit der Erstellung eines umfassenden Konzeptes für die energetische Sanierung ihrer größten Wohnanlage in Berlin Lichterfelde Süd beauftragt. Die im Gartenstadtcharakter angelegte Siedlung zeichnet sich durch eine in den 1930er Jahren gebauten, 2–4 geschossigen Wohnbebauung aus, die in den 1960er Jahren mit bis zu siebengeschossigen Gebäuden erweitert wurde.



A60 Wohnsiedlung in Lichterfelde Süd, Berlin. (Luftbild von 5-13 von Geoportal Berlin /DOP2RGB, eigene Einfärbung)

Für die sanierungsbedürftige Wohnanlage sollte ein umfassendes Konzept entwickelt werden, das soziale sowie energetische Faktoren berücksichtigt. Die Mehrfamilienhäuser waren stark sanierungsbedürftig. Sie waren an das Berliner Fernwärmenetz angeschlossen, dessen Wärme über ein marodes Quartiersnetz verteilt wurde. Der Bauherr entschied sich auf Grund des hohen Sanierungsbedarfes für eine Komplettsanierung mit zeitweiser Umsetzung der Mieter.

Die Genossenschaft legt größten Wert auf Sozialverträglichkeit. Deshalb sollte die Modernisierungsumlage moderat sein und größtenteils durch Heizkosteneinsparung sowie eine auf das Sanierungskonzept abgestimmte Finanzierung aufgefangen werden. Der Wunsch, eine nahezu warmmietenneutrale Sanierung durchzuführen, war erklärtes Ziel. Die Analyse der Gebäudehülle stand daher am Anfang der Konzepterstellung.

**Wieviel Wärmedämmung ist nötig, um trotz der tiefen Vorlauftemperaturen der Heizung eine behagliche Situation zu schaffen?**

**Welchen KfW-Standard kann das Gebäude erreichen und lohnt es sich etwas mehr Dämmung aufzutragen, um von den guten Förderbedingungen zu profitieren, die wiederum die Sozialverträglichkeit der Maßnahme unterstützen?**

**Können die Heizkörper beibehalten werden oder muss auf deutlich teurere Flächenheizkörper umgestiegen werden?**

**Können die Holzkastenfenster mit vertretbaren Kosten erhalten und saniert werden?**

Im Ergebnis wurde eine energetisch optimale Dämmstärke der Außenwände von 12 Zentimeter ermittelt, die um weitere 2 Zentimeter erhöht wurde, um die Förderbedingungen des KfW EH 85 nach EnEV 2009 zu erfüllen. Auch wurden die Fenster durch dreifach verglaste Kunststoffenster ersetzt. Der jährliche Heizwärmebedarf nach

EnEV wurde durch diese und weitere Maßnahmen von knapp 160 Kilowattstunden pro Quadratmeter auf 30 – 35 Kilowattstunden gesenkt. Damit stand der Weg offen, den Heizwärmebedarf über Wärmepumpentechnologie und am Gebäude gewonnener erneuerbarer Energie zu decken. Im alten Dach-

speicher sollten größere familienfreundliche Wohnungen geschaffen werden. Die Entscheidung hin zu einer Holzbauaufstockung sorgte im Vergleich zu einer Aufstockung in Mauerwerk zu einem Mehr an vermietbarer Wohnfläche und einem vergleichsweise kurzen Bauablauf durch den Einsatz von vorgefertigten Holzelementen. Der Dachneubau wurde nach den Förderbedingungen des KfW EH 55 Standards gebaut.

Ziel der Wärmeversorgung war es, ein Höchstmaß des Energiebedarfes mit vor Ort gewonnener Energie über Abluftwärme, solarthermische Module, Erdwärme, Photovoltaik-Anlage und Speichersystemen zu decken und damit den Primärenergiebedarf sowie die Heizkosten erheblich zu senken.

Abluftwärme, Solarthermie und Erdwärme stehen dezentral zur Verfügung und müssen nicht, wie beispielsweise Fernwärme, eingekauft werden. Die einzigen Kosten, die im Betrieb entstehen, sind, abgesehen von Wartungs- und Instandhaltungskosten, die Stromkosten zur Gewinnung der Umweltenergie. Da Strom teuer ist, muss der Fokus auf die Anlageneffizienz und die effektive Systemjahresarbeitszahl gelegt werden, der alle Energie- und damit Kostenaufwendungen erfasst (siehe Kapitel 5.1.3). Die Energiekosten der Mieter sollten um 60 bis 70 Prozent gesenkt werden.



A61 Bad Bestand vorher/nachher.



A62 Wohnung und Badezimmer im DG.

**Förderung ermöglicht Reduktion der Modernisierungsumlage!**

Durch eine intelligente Steuerungs- und Speichertechnik sowie die Beheizung des Gebäudes mit niedrigen Vorlauftemperaturen konnte der nutzbare Solarertrag der solarthermischen Anlage enorm erhöht werden, von jährlich 250 bis 300 Kilowattstunden pro Quadratmeter auf über 700 im Jahr 2016. Überschüssige und niedrige Temperaturerträge der Solaranlage werden in den Erdspeicher eTank geleitet, der neben den Gebäuden errichtet wurde. Bei Heizbedarf wird die so im Erdreich des eTanks gepufferte Energie über kaskadierende Wärmepumpen nutzbar gemacht und ins Heizsystem »zurückgeholt«. Hochtemperierte Solarerträge werden direkt in das Warmwasser- oder Heizsystem sowie den Schichtenspeicher geleitet.

Über eine Abluftanlage mit Nachströmöffnungen über Fensterventile werden die Wohnungen mit Frischluft versorgt. Die Abluft wird über Badezimmer und Küche über die bestehenden Schornsteine in die Keller geführt. Dort wird die Energie aus der Luft über eine Abluft-Sole-Wasserwärmepumpe zurückgewonnen und ganzjährig hocheffizient (JAZ 4–5) dem Heiz- und Warmwassersystem wieder zur Verfügung gestellt. Allein diese Wärmequelle deckt 30 Prozent des gesamten Wärmebedarfs des Gebäudes.

Die ehemals ineffizient und kostenintensiv, über Durchlauferhitzer bereitgestellte Warmwassererzeugung erfolgt über eine Zirkulationsleitung mit Anbindung an wohnungseigene Frischwasserzentralen. Das System ermöglicht hohe Energieeinsparungen, da deutlich niedrigere Temperaturen benötigt werden und auf eine der Legionellen-Thematik geschuldete tägliche Hochheizung verzichtet werden kann.

Ein Dynamischer Energie Manager (DEM) steuert die Energieflüsse. Die Wärmeübertragung funktioniert im Bestandsbau über kostengünstige Heizkörper, im neuen Dachgeschoss über Fußbodenheizung. Ein Teil des zum Betrieb der Anlage benötigten Stroms wird durch eine PV-Anlagen auf dem Dach erzeugt.



A63 Vereinfachte Darstellung der Anlage.

Seit 2015 wurden bereits 14 Gebäude mit 282 Bestandswohnungen saniert. Die Anlagentechnik der fertig gestellten Gebäude wird über ein Monitoring überwacht und im Betrieb optimiert.

Wurden die ersten Gebäude noch mit einem Wärmedämmverbundsystem aus Styropor gedämmt, fand in den nächsten Bauabschnitten ein Umdenken statt. Die Gebäude wurden mit Mineralwolle und zu Versuchszwecken je einmal mit Holzwolle und mit Hanfdämmung versehen. Um die Vorgaben der KfW zu erfüllen, mussten allerdings die Dämmstärken ein weiteres Mal erhöht werden, da nachwachsende Dämmstoffe offiziell etwas niedrigere Wärmeleitzahlen aufweisen. In einem Forschungsvorhaben<sup>164</sup> werden nun die verschiedenen Dämmstoffe und Stärken analysiert und die tatsächlichen Auswirkungen auf den Wärmeschutz des Gebäudes untersucht.

Haben Gebäude mit gleichen Dämmwerten tatsächlich den gleichen Energieverbrauch zur Folge?

Durch finanzielle Anreize der KfW wurden ab dem dritten Bauabschnitt die Dämmstärken ein weiteres Mal auf nunmehr 16 Zentimeter erhöht, um die Vorgaben des EH 70 zu erreichen. Der Heizwärmebedarf wurde dadurch nur geringfügig gesenkt.

Der ökologische Nachteil dieser Maßnahme: Der Primärenergieaufwand für die zusätzliche Dämmung gegenüber der Primärenergieeinsparung in der Gebäudetemperierung muss grundsätzlich in Frage gestellt werden (siehe Kapitel 5.1.4).

Der ökonomische Vorteil dieser Maßnahme: Der Teilschulderlass hat sich bei einer Bemessungssumme von 65.000 € pro Wohneinheit von 4.875 € (KfW EH 85) im Jahre 2013 auf 14.625 € (KfW EH 70) ab dem Jahre 2015 erhöht. Damit standen statt 87.750 € Teilschulderlass, ab dem zweiten Bauabschnitt im Jahre 2015 schon 263.250 € pro Gebäude zur Verfügung.

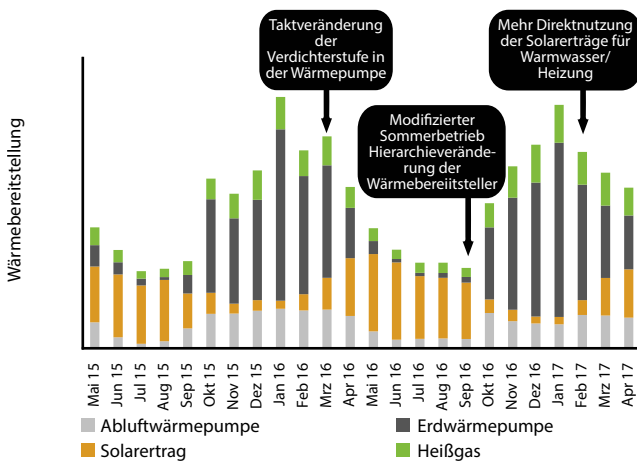
2013, zu Beginn der Planungsphase, wurden die Mehrkosten zur Erreichung der energetisch hochwertigen Ziele gegenüber einem Fernwärmesystem auf 110.000 € pro Gebäude geschätzt, tatsächlich lagen sie aber am Ende bei ca. 176.000 €. Im Ergebnis kostete das hochwertigere, dezentrale Wärmepumpensystem durch die Finanzierung über die KfW vom zweiten Bauabschnitt an ca. 90.000 € weniger, als das zum Vergleich herangezogene Fernwärmesystem, verursacht 11,7 Tonnen weniger CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch den hohen Einsatz EE (siehe Kapitel 2.9), führt zu einer Energiekostensparnis von deutlich über 10.000 € im Jahr und die Mieter sind weit weniger von Energiepreiserhöhungen betroffen.

[164] Die Untersuchung ist Bestandteil des Leuchtturmprojekts aus dem Umweltinnovationsprogramm des BMUB in Kooperation mit Caparol Farben Lacke Bautenschutz GmbH

## Wie sieht es nun mit dem tatsächlichen Energieverbrauch aus?

Erfahrungen zeigen, dass eine in der Planungsphase nach EnEV geplante Energieeinsparung in der Praxis nicht erreicht wird. Dazu ein Zwischenergebnis des Monitorings aus dem ersten Betriebsjahr 2016 an einem Beispielhaus: Die benötigte Heizenergie wurde zu 29,5% aus der Abluft gewonnen, 30,1% wurden über solarthermische Anlagen und 40,4% über oberflächennahe Geothermie, dem eTank, beigesteuert. Der Antriebsstrom, der zum Anlagenbetrieb eingekauft werden musste, lag 2016 bei 25.400 Kilowattstunden. Ohne Berücksichtigung des überschüssigen Stromertrages aus der Photovoltaikanlage wurde ein jährlicher Primärenergiebedarf von 25 Kilowattstunden pro Quadratmeter<sup>165</sup> erreicht. Zur Erinnerung: Die Zielsetzung im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung liegt aktuell bei 40!

Was ohne Monitoring niemals aufgefallen wäre, aufgrund zu kurzer Taktung der Wärmepumpen kam es zu deutlich erhöhtem Stromverbrauch. Durch Verbesserung der Einschaltzeiten im März 2016 (siehe Abbildung A64) konnte der Verlust im Vergleich zum vorherigen Betriebszeitraum um ca. 25% gesenkt werden. Diese Optimierung spiegelt sich auch in den Systemjahresarbeitszahlen der Wärmepumpen wider.



A64 Wärmebereitstellung über zwei Jahre mit Zeitpunkt der Betriebsoptimierung<sup>166</sup>

Die Anfang 2018 gemessene SJAZ<sub>BAFA</sub> der Wärmepumpe liegt bei 4,60. Ein weiteres Beispiel für zielführendes Monitoring stellt die Erhöhung der solaren Erträge für die Heizungs- und Warmwasserunterstützung dar. Aufgrund der Anlagenüberwachung konnten ca. 30% der solaren Erträge intelligenter gespeichert und verteilt werden. Im Ergebnis wurden pro Quadratmeter solarthermischer Flachkollektor über 718 kWh<sup>167</sup> kostenlos zur Verfügung stehende So-

laranergie geerntet und in das Heizsystem eingebunden.

Das Heizkonzept auf Basis EE wurde in den verschiedenen Bauabschnitten ständig weiterentwickelt. In vier Gebäuden wurden Batterien eingesetzt, um durch ein Strom-Wärme-Management die Eigennutzung des selbsterzeugten Stroms zu steigern.<sup>168</sup> So soll einerseits das Stromnetz entlastet werden, andererseits aber auch der lokal erzeugte Grünstromanteil um über 10% erhöht und die Verbrauchskosten weiter gesenkt werden.

Optimierung von Gebäudehülle und Haustechnik bedeutet nicht nur den Dämmaufwand zu reduzieren, es bedeutet auch Technikkosten bei gleichbleibender Effizienz des Heizsystems einzusparen. In der dritten Bauphase 2016 wurde mit den Häusern 13 und 16 erstmals die Anlagentechnik von zwei Wohngebäuden zusammengefasst. Die Energiebereitstellung erfolgt mit der gleichen Effizienz über ein kleines Nahwärmenetz, das Heizsystem wird mit ca. 30% aus Fernwärme gespeist. Die Investitionskosten der Anlagentechnik konnten so um über hunderttausend Euro gegenüber dem ersten Bauabschnitt gesenkt werden. Der berechnete Primärenergiebedarf liegt auch hier mit 27 Kilowattstunden pro Quadratmeter weit unter dem im Durchschnitt geforderten Verbrauch nach dem »Klimaschutzplan 2050«.

Die Schlüsselfunktion solch kleiner Nahwärmenetze ist der systematische Ausgleich von Angebot und Nachfrage erneuerbarer Energiequellen auf Basis von Speichersystemen. Dynamische Energiemanager sorgen nicht nur für eine möglichst verlustfreie Versorgung der Nutzer mit der günstigsten, vorhandenen Energie, über sie werden auch die Energieströme gemessen, ausgewertet sowie das gesamte Anlagensystem im Betrieb optimiert. Der wirtschaftliche Erfolg wird durch das Monitoring der Anlage abgesichert. Um einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen, werden in Zukunft dezentrale Nahwärmenetze einen entscheidenden Beitrag leisten.

In 2017 wurde dieser Ansatz zur Kostenreduktion in einem zweiten Nahwärmenetz auf knapp 150 Wohneinheiten in fünf Wohngebäuden erweitert (siehe Abbildung A66, S. 87). Vier der Gebäude wurden im KfW EH 70-Standard saniert. Beim mittleren Gebäude Nr. 40 aus den 1960er Jahren kamen nur geringinvestive Maßnahmen zum Tragen, auf aufwendige Dämmmaßnahmen verbunden mit einer entsprechenden Modernisierungsumlage wurde weitgehend verzichtet.

[165] Bezugsgröße ist die Quadratmeterberechnung nach EnEV.

[166] Aus Monitoringdaten.

[167] Es können ca. 60% des solaren Ertrags direkt in Nutzwärme (Warmwasser und Heizen) umgewandelt werden, 40% indirekt über den eTank.

[168] Die Untersuchung ist Bestandteil des Leuchtturmprojekts aus dem Umweltnovationsprogramm des BMUB in Kooperation mit Parabel Energiesysteme GmbH.



A65 Lageplan der Wohnsiedlung Lichterfelde Süd, Berlin.

Mit Spannung wird den Messergebnissen entgegengefiebert, erwartet man auch an diesem Gebäude eine Deckung des Heizwärmebedarfs mittels EE von 70%. Damit wäre eine Lösung für den Umgang mit denkmalgeschützten Gebäuden und anderer schützenswerter Altbausubstanz gefunden. Durch den Zusammenschluss der Gebäude in einem Nahwärmenetz konnten die Kosten für die Anlagentechnik um über eine Million Euro gegenüber dem ersten Bauabschnitt gesenkt werden. Eine weitere Reduktion um eine halbe Million Euro wäre möglich gewesen, wenn das zum 1. August 2017 in Kraft getretene Nahwärmenetz-Förderprogramm der BAFA wie geplant im ersten Quartal verabschiedet worden wäre.

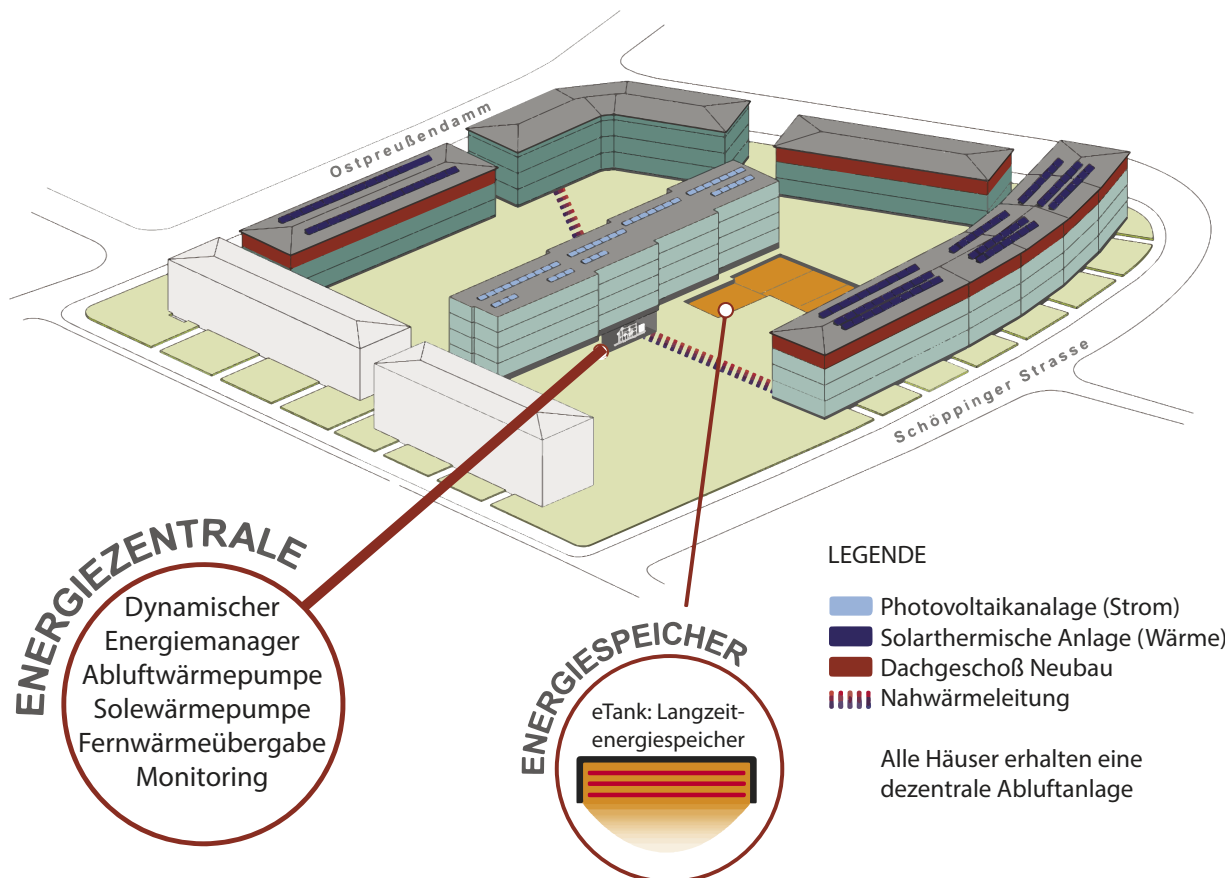
Als weitere Neuerung in diesem Bauabschnitt wurde die Warmwassererzeugung wieder zentral bereitgestellt. Eine

Ultrafiltrationsanlage sorgt trotz niedriger Zirkulationstemperaturen zwischen 45°C und 50°C für Legionellenfreiheit.<sup>[169]</sup> So konnten weitere Kosten eingespart, aber trotzdem die hohe Energieeffizienz der Frischwasserzentralen erreicht werden.

Energiesimulationen sagen eine Nutzung von 65–70 % erneuerbarer Energie und 30–35 % Fernwärme voraus. Das Nahwärmenetz behält eine Größe, die Wärmeverluste und Pumpenleistungen überschaubar halten und gleichzeitig Schwankungen im Bedarf der einzelnen Gebäude gut ausgleichen kann.

[169] Vorteil gegenüber Frischwasserstation: Es müssen deutlich weniger Ultrafiltrationsanlagen verbaut werden, dementsprechend reduzieren sich die Baukosten. Da keine Frischwasserstationen mehr in den Bädern verbaut werden, können diese flexibler gestaltet werden.

Durch Quartiersvernetzung kann Denkmalschutz mit Klimaschutz einhergehen.



A66 Schematische Darstellung des Nahwärmenetzes.

Dieser thermische »zellulare Ansatz«<sup>170</sup> folgt in der Dimensionierung anderen Größenordnungen, wie der elektrische »zellulare Ansatz«, folgt aber ähnlichen Logiken. Eine synergetische Kopplung dieser Ansätze ermöglicht eine deutliche Effizienzsteigerung des Anlagensystems und damit weitere Kosteneinsparungen beim Bau von Quartieren.

[170] VDE-Studie »Der Zellulare Ansatz« aus dem Jahre 2015: »Die Grundidee des Konzepts »Zellularer Ansatz« besteht darin, dass auf lokaler Ebene von Haushalten bis Industrie sogenannte »Energiezellen« gebildet werden, bei denen der Energiehaushalt sowie der Energieaustausch untereinander plan- und steuerbar sind. Die lokalen Energiezellen werden durch Energienetze und Kommunikationssysteme untereinander verbunden und bilden übergeordnete größere Energiezellen mit spezifischen Schnittstellen und Eigenschaften, wobei das Zusammenfassen von Energiezellen über mehrere Ebenen erfolgt und der Zellulare Ansatz sowohl auf kleine als auch auf größere Einheiten und Systeme anwendbar ist. Eine vollständige Energiezelle besteht aus den Komponenten Erzeuger, Wandler, Speicher, Netzanschluss, Lasten sowie schutz- und leittechnische Einrichtungen.« Vgl. (Energietechnische Gesellschaft, 2015)

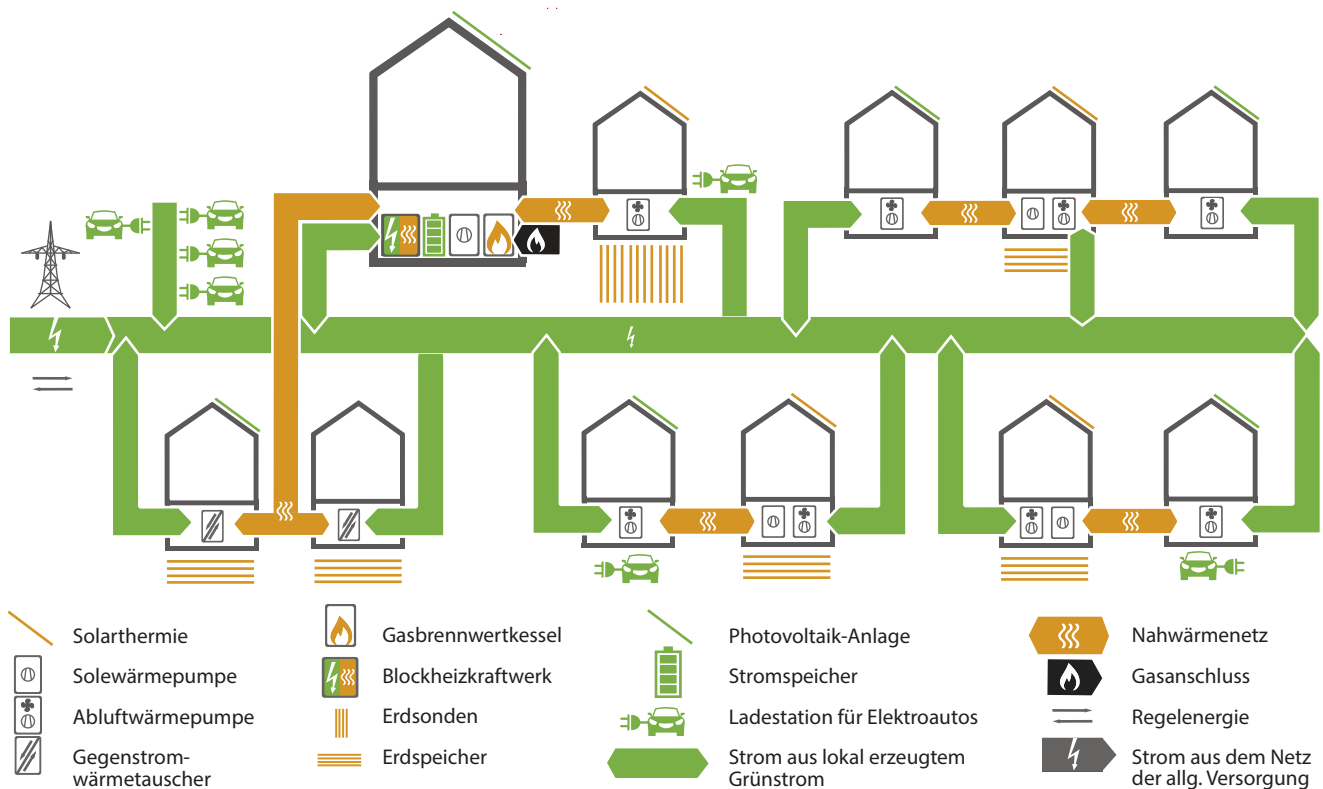
# 6 Quartier



Durch die Dezentralisierung der Energiebereitstellung wird das Gebäude zum »Prosumer«, das heißt Konsument und Produzent von thermischer und elektrischer Energie. Besonders Technologien wie Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke sorgen dafür, dass nicht nur im »Handlungsfeld Energiewirtschaft«, sondern auch im »Handlungsfeld Gebäude« die gemeinsame Betrachtung von Strom, Wärme und Gas in den Vordergrund rücken muss. Da durch die Elektromobilität auch der Verkehrssektor an das Gebäude rückt, wird eine gemeinsame Betrachtung und synergetische Vernetzung dieser Sektoren auf Gebäude- und Quartiersebene bei Planung, Umsetzung und Betrieb ein Muss!

Besonders auf Quartiersebene lassen sich die im vorigen Abschnitt beschriebenen Konzepte und Potenziale ausbauen, da weitere Synergien durch die Vernetzung von Gebäuden entstehen. Bezahlbares Bauen und Wohnen mit sozialverträglicher Grüner Energie zu verknüpfen ist keine Utopie. Sie kann sich für Investor und Mieter rechnen.





A67 Schema zur thermischen und elektrischen Vernetzung der Gebäude für das Projekt SolWo Königspark in Königs Wusterhausen.

## 6.1 Gebäudevernetzung – Reduktion der Investitions- und Energiekosten

Energie in Form von Wärme und Strom sollte für jeden Bürger zu bezahlbaren, fairen Preisen zur Verfügung stehen. Günstige Energie ist auch der Motor der Wirtschaft.

Bezahlbares Bauen und Wohnen bedeutet nicht nur bezahlbare Kaltmieten, sondern auch bezahlbare Warmmieten in den Fokus zu rücken. Einen nicht unerheblichen Anteil der Warmmiete betreffen die Kosten für Heizung und Trinkwarmwasser. Der Haushaltsstrom wird nicht mit einbezogen, da jeder Mieter diesen selbst trägt und über einen separaten Stromliefervertrag mit einem der rund 900 Energieversorger in Deutschland abrechnet. Seit der Liberalisierung des Strommarktes kann sich jeder Endverbraucher den Stromlieferanten selbst aussuchen. Da der Strom durch das öffentliche Versorgungsnetz geleitet wird, fallen viele Umlagen und Steuern an, welche den Strompreis für Haushalte im Jahr 2017 im Durchschnitt auf ca. 29,5 Cent pro Kilowattstunde steigen ließ. Eine Preissteigerung um über 100% im Vergleich zum Jahr 2000, zeitgleich begleitet durch die Energiewende-Debatte. Erneuerbare Energien sind teurer als fossile Energieträger! Das suggeriert der aktuelle Strompreis.

Integrierte, sektorübergreifende Versorgungsmodelle auf Basis von EE ermöglichen im »Handlungsfeld Gebäude« jedoch niedrige Strom- und Wärmegestehungskosten und demnach günstige Strom- und Wärmepreise, wenn sie mit geringer Marge an den Nutzer weitergegeben werden können. Der Weg dorthin könnte einfach sein.

Wenn Gebäude nicht nur über ein Nahwärmenetz miteinander verbunden werden (*siehe Kapitel 5.5*), sondern auch über ein eigenes Quartierstromnetz mit einem Netzübergabepunkt zum öffentlichen Netz der allgemeinen Versorgung, können Stromüberschüsse im Quartier zwischen den Gebäuden effizienter verschoben werden.<sup>[171]</sup> Anhand des nachfolgend beschriebenen Neubauprojektes »SolWo Königspark« lässt sich verdeutlichen, welche Mehrwerte durch die thermische und elektrische Vernetzung entstehen können.

Mit dem »SolWo Königspark« soll in mehreren Bauabschnitten ein neuer Stadtteil von Königs Wusterhausen

**Flexibilitäten sind der Schlüssel zur Energiewende!**

[171] Die Netzintegration der Erneuerbaren Energien ist eine große volkswirtschaftliche Herausforderung. Bei dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ins Leben gerufene WindNODE-Projekt ist eZeit Ingenieure als assoziiertes Partner unterstützend tätig: Im Projekt SolWo-Königspark sollen Power-to-Heat-Anlagen für den Zweck der Netzstabilisierung verbaut und vertraglich sowie wirtschaftlich in den Markt der Systemdienstleistungen integriert werden.

mit knapp 3.000 Wohneinheiten in der direkten südlichen Peripherie Berlins entstehen. Die zukünftigen Bewohner des Quartiers sollen aktiv am Quartier partizipieren können. Um Anreize für den sorgsam Umgang mit »Grüner Energie« zu schaffen, werden integrierte Energiekonzepte und auch Mobilitätsangebote wie Mieter-Car Sharing geplant. Ergänzt durch energetisch und wirtschaftlich optimierte Gebäude wird eine heterogene Bewohnerstruktur mit unterschiedlichen Wohnstandards von Eigentumswohnung bis sozialem Wohnungsbau realisiert. So kann zum einen der akute, lokale Wohnungsbedarf befriedigt werden. Zum anderen wird mit diesem Projekt die Möglichkeit aufgezeigt, adäquaten bezahlbaren Wohnraum in Ballungsgebieten zu schaffen.

Besonderer Wert wird auf eine ganzheitliche Betrachtung der Energie- und Mobilitätsversorgung gelegt, in der die Stromversorgung von Mietern, Wärmepumpen und Ladepunkten integriert geplant wird. Eines der Hauptziele ist es den Wärmeverbrauch des Quartiers CO<sub>2</sub>-neutral zu Selbstkosten zu decken und gleichzeitig netzstabilisierend durch schaltbare Lasten die regionale Energiewende zu unterstützen. Dazu kommen unterschiedliche konventionelle und innovative, in der Praxis bereits bewährte Technologien und Systeme zum Einsatz, die in bestehenden Projekten ihre Performanz bewiesen haben (siehe Kapitel 5.5).

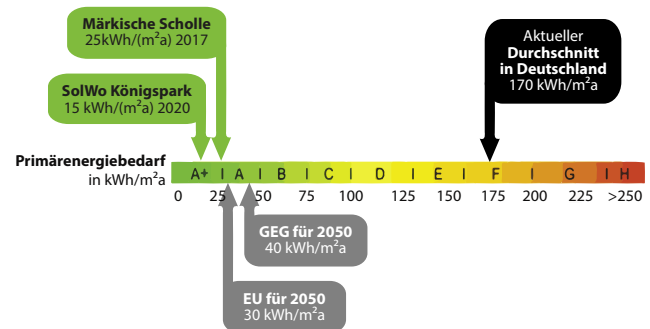
Wärmeseitig stellen Wärmepumpen und ein Mix aus solar- und geothermischen Anlagen gekoppelt mit Lang- und Kurzzeitspeichern die zuverlässige und nachhaltige Wärmeversorgung auf Basis von EE sicher. Die Stromversorgung erfolgt mittels Photovoltaikanlagen, einem Blockheizkraftwerk und Batteriespeichern. Der Vorteil der Kombination von Photovoltaikanlagen und BHKWs liegt auf der Hand: BHKWs laufen vor allem im Winter auf Vollast und können so die jahreszeitbedingte geringere PV-Stromproduktion substituieren. Das BHKW<sup>172</sup> und die Wärmepumpen ermöglichen eine synergetische Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Gas. Zusätzlich werden mehrere kleine Wärmenetze und ein Quartierstromnetz aufgebaut, welche zusätzliche Synergien im Ökologischen und im Ökonomischen versprechen (siehe Abbildung A69, S. 92).

Durch das innovative Energiekonzept wird das Ziel der Bundesregierung für 2050 um über 60 % unterschritten.<sup>173</sup>

Diese Berechnungen wurden 2016 auf Basis der EnEV 2014 durchgeführt. Die Wohngebäude unterschreiten end- und primärenergetisch deutlich den KfW EH 40-Standard, kommen aber nicht in den Genuss der entsprechenden Förderungen. Der Grund: Die Anforderungen an den geforderten Dämmwert sowohl

in den Programmen EH 40 und auch des EH 55 werden zugunsten einer Ressourcenschonung, Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie Wohnflächenmaximierung aufgegeben, weil es das erklärte Ziel ist, bezahlbares Bauen und Wohnen zu ermöglichen.

In dieser Rechnung ist primärenergetisch noch nicht der Mehrwert durch die Substitution von erneuerbarem Strom aus PV-Anlagen und dem BHKW über das Quartierstromnetz eingerechnet. So wird ein Primärenergiebedarf von unter 15 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr angestrebt (siehe Abbildung A68).



A68 Primärenergiebedarf ausgewählter Projekte im Vergleich zu den »Klimaschutzzielen 2050«.

Da das Quartiersystem hohe schaltbare Lasten aufweist, wird sich der Primärenergiebedarf des Quartiers mit der Umsetzung der Energiewende im Strombereich weiter verringern.<sup>174</sup> Exemplarisch ist dies in der zweiten Spalte (Primärenergiebedarf von 2035) von Abbildung A69, S. 92 dargestellt.

Ökonomisch betrachtet bieten die ganzheitliche Versorgung und der integrierte Betrieb von Quartieren fünf wesentliche Vorteile:

- Wird in einem Gebäude mehr Strom produziert als verbraucht, kann dieser in einem Nachbargebäude durch Dritte genutzt werden. Da lokal erzeugter erneuerbarer Strom preiswerter ist als der Strom aus dem öffentlichen Netz, können der Strompreis, und in der Folge auch der Preis für die thermische Energie, gesenkt werden. Nachweislich kann ein Preis für PV-Strom unter 12 Cent pro Kilowattstunde<sup>175</sup> und ein BHKW-Strom für 18–20 Cent pro Kilowattstunde<sup>176</sup> erzielt werden. In einem Wärmepumpensystem mit einer effektiven Systemjahresarbeitszahl von 4 bis 5 kann damit thermische Energie unter 3,2 Cent pro Kilowattstunde gewonnen werden (siehe Abbildung A69, S. 92).

[174] Die Annahme in der »Energieeffizienzstrategie Gebäude« mit einem PEF von Strom von 0,4 sind daher mehr als realistisch.

[175] Vgl. (Fraunhofer, 2013)

[176] Eigene Berechnung nach [www.bhkw-plan.de/grundlagen/wirtschaftlichkeitsrechnung](http://www.bhkw-plan.de/grundlagen/wirtschaftlichkeitsrechnung)

Die Zielsetzung 2050 ist auf Dauer »nicht bezahlbar«. Was, wenn sich besser sein schon heute rechnet?

[172] Das BHKW wird bilanziell mit Biogas betrieben und hat einen Deckungsanteil von ca. 6 %.

[173] Berechnungen des Fachplaners IDS Ingenieurdienstleistungsservice GmbH

- Durch die erhöhte Nutzung des lokal gewonnenen Stroms verbessert sich die Anlagenaufwandszahl  $e_p$ . Dadurch wird nicht nur der Primärenergiebedarfs der Gebäude weiter reduziert, sondern auch die Baukosten. In Kapitel 5.1.4 werden das Verhältnis und die Wirtschaftlichkeit von zusätzlicher Wohnfläche zu entsprechenden Baukosten dargestellt und der dadurch entstehende Vorteil für den Klimaschutz beschrieben.
- Durch die Integration der Batterien der Elektrofahrzeuge ins Quartiersystem wird nicht nur das Angebot von schaltbaren Lasten erhöht, sondern auch gleichzeitig mehr lokal erzeugter Strom abgenommen. Die Fahrzeugeigentümer profitieren vom günstigen Strompreis. Aber nicht nur sie, auch das »Handlungsfeld Energiewirtschaft« sowie das »Handlungsfeld Verkehr« werden so ihre Ziele entsprechend dem »Klimaschutzplan 2050« schneller erreichen.
- Durch die sektorübergreifende Vernetzung des Quartiers kann externer Strom in größeren Mengen und damit zu besseren Konditionen beschafft werden. Nicht nur die Energiemenge ist relevant, sondern auch die Höhe der bezogenen elektrischen Leistung am Übergabepunkt zum öffentlichen Netz der allgemeinen Versorgung. Denn Strom wird auf Mittelspannungsebene über einen Leistungs- und Arbeitspreis eingekauft. So können Wärmepumpen, Elektromobile und weitere elektrische flexible Verbraucher im Quartier aufeinander abgestimmt und kostenoptimiert sowie netzdienlich den Strom abnehmen.
- Wenn eine integrierte, sektorübergreifende Versorgung von Quartieren in Konzeptionierung und Planung mitbedacht wird, bewirkt die thermische Vernetzung eine Reduktion der Kosten für die Anlagentechnik. Zukünftig können größere Anlagen die Quartiere versorgen, d.h. nicht in jedem Gebäude muss eine Anlage stehen. Auch die Stromerzeugungsanlagen können größer dimensioniert werden, wodurch die Strom- und Wärmekosten, sowie der Einfluss auf die Umwelt, weiter gesenkt werden können.

Durch die Vernetzung im Quartier kommt es zur Effizienzsteigerung bei gleichzeitiger Reduktion des Energie- und Ressourcenaufwands. Dadurch verringern sich die Baukosten. Eine Zusammenfassung der eben dargestellten Erkenntnisse und Aussagen liefert die Abbildung auf der S. 92: A69 Reduktion von Investitions- und Energiekosten durch Vernetzung von Gebäuden.<sup>177</sup>

[177] Quelle für Durchschnittshaus vgl. (BMWI, 2018) mit eigenen Berechnungen, Werte von »Klimaschutzplan 2050« vgl. (BMUB, 2016), Werte von Schema 1–5 basierend auf Planungs- und Monitoring-Daten der Wohnsiedlung Lichterfelde Süd, Werte für Schema 6–8 basierend auf Ausführungsplanung zum »SolWo Königspark«.

Der Betrieb und die Abrechnung von sektorübergreifenden Energiesystemen gegenüber dem Kunden ist jedoch mit zahlreichen Vorgaben und Pflichten belegt, die Wohnungseigentümer und Mieter größtenteils davon abhalten, nachhaltige Betriebsmodelle umzusetzen. Wer Mieter mit Strom versorgt, muss als Versorger alle Rechte und Pflichten eines Energieversorgungsunternehmens nach »Energiewirtschaftsgesetz« und »Stromsteuergesetz« abbilden. Aktuell gibt es bei lokalen Mieterstromprojekten die Möglichkeit einer Vergütung durch das sogenannte »Mieterstromgesetz«. Versorgt man sich selbst, fällt man in die sogenannte »Eigenversorgungsregelung«, welche gegenwärtig die attraktivsten Konditionen im Strombereich gewährt.

**Wie kann also ein integrierter Betrieb abgebildet werden, damit sektorübergreifende Energiekonzepte ihre volle ökologische und ökonomische Wirkung entfalten?**

## 6.2 Integrierte Betreiber-gesellschaft

### So gelingt das sektorübergreifende Betreiben

Eine Vielzahl neuer Möglichkeiten der Partizipation und Interaktion zwischen den unterschiedlichen Nutzern und Infrastrukturen im Quartier ermöglichen die Erschließung von Synergien. Hierbei spielen Sharing-Konzepte, also die gemeinsame Nutzung von Infrastrukturen und Ressourcen eine zentrale Rolle. So bieten Konzepte wie Mieter-Car-Sharing den Bewohnern des Quartiers die Möglichkeit, aktiv am Quartier zu partizipieren.

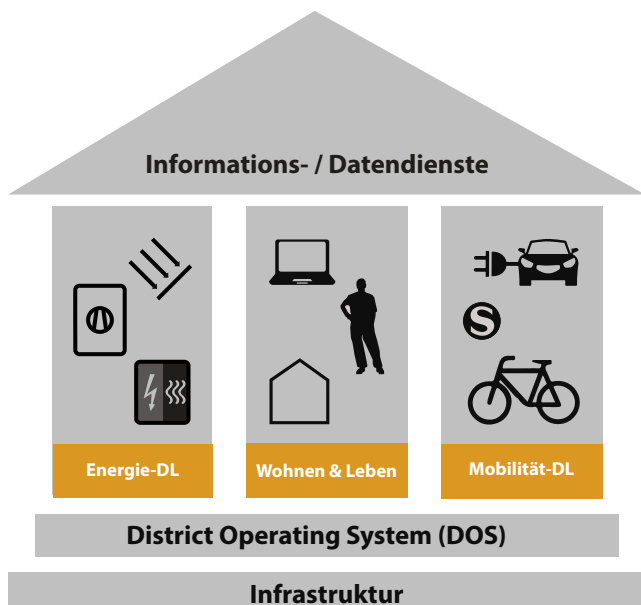
Besonderer Wert wird auf eine ganzheitlich integrierte Betrachtung der Energie- und Mobilitätsversorgung gelegt, da über den Lebenszyklus eines konventionellen Quartiers um ein Vielfaches höhere Energie- und Betriebskosten auf ohnehin hohe Investitionskosten folgen (siehe Kapitel 4.3). Deshalb ist das nachhaltige Betreiben von energieoptimierten Gebäuden wirtschaftlich betrachtet eine Pflicht. Um Synergien in tatsächliche Mehrwerte umzuwandeln, könnten die unterschiedlichen Dienstleistungen aus einer Hand betrieben werden. Die Kopplung der Sektoren Wärme, Strom und Mobilität als Bindeglied zum integrierten Quartiersbetrieb ist eine Innovation, die nachhaltige Impulse in viele Lebens- und Wirtschaftsbereiche geben kann.

**Identifikation beginnt mit Partizipation!**

Eine integrierte Betreiber-gesellschaft »iB« bietet ihre Dienstleistung in drei Segmenten an. Energie, Mobilität

Schema	Konzept	Primärenergiebedarf		Energiekosten	
		heute [kWh/(m²a)]	2035 [kWh/(m²a)]	thermisch [ct/kWh <sub>th</sub> ]	elektrisch [ct/kWh <sub>e</sub> ]
	<b>Durchschnittshaus in Deutschland</b> mit <b>Gastherme</b>	170,5		9 - 10	29,5
<b>Klimaschutzplan 2050</b>		<b>40,0</b>			
	<b>1. Sanierung und Neubau</b> Solewärmepumpe, Abluftwärmepumpe, <b>Erdspeicher</b> und <b>Solarthermie</b>	30,1	18,7	7,5	29,5
	<b>2. wie zuvor</b> + <b>Photovoltaik</b>	25,1	15,6	6,6	26,0
	<b>3. wie zuvor</b> + <b>Batterie</b>	24,3	15,1	6,4	25,2
<b>Kosteneinsparung durch Reduktion von Technikeinsatz</b>					
	<b>4. wie zuvor</b> + <b>thermisch vernetzt</b>	23,8	14,8	6,3	24,7
	<b>5. wie zuvor</b> + <b>elektrisch über einen gemeinsamen HA vernetzt</b>	23,5	14,7	5,5	21,6
<b>Kosteneinsparung durch Reduktion von Technikeinsatz</b>					
	<b>6. wie zuvor</b> + <b>elektrisch vernetzt über Trafo</b>	20,1	12,5	3,4	18,0
	<b>7. wie zuvor</b> + <b>BHKW</b>	18,0	11,2	3,4	17,8
	<b>8. wie zuvor</b> + <b>Regelenergie</b>	15,4	9,6	3,2	16,8

und Wohnen & Leben. Die Struktur der Kosten setzt sich aus einem Grundpreis und einem Arbeitspreis zusammen. Der Grundpreis beinhaltet, die Vorhaltung der segment-spezifischen Anlagen sowie anteilig die Vorhaltung der gemeinschaftlich genutzten Anlagen und der Infrastruktur. Der Arbeitspreis wird erhoben für die »bestellungsspezifisch« anfallenden Betriebskosten. Eine »iB« baut sich auf einer gesamtheitlichen Infrastruktur auf (siehe Abbildung A70), welche die unterschiedlichen Systeme in den Segmenten mit geeigneten Datenschnittstellen anschlussfähig macht und mittels einer Zwischenschicht in Form des Quartiersbetriebssystems »DOS« vernetzt.



A70 Schema zur integrierten Betreibergesellschaft »iB«.

Das Geschäftsziel der »iB« ist folglich die Ausnutzung von quartiersseitig entstehenden Synergien, um die Nutzer des Quartiers nachhaltig sowie kostengünstig mit »Grüner Energie« zu versorgen und darin eingebettet kombinierte Mehrwertdienstleistungen anbieten zu können. Informations- und Kommunikationstechnologien nehmen hierbei eine Schlüsselrolle ein. Sie sind Grundvoraussetzung für eine weitgehende Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung von Geschäfts- und Betriebsprozessen. So können neue Geschäftsmodelle im Quartier ermöglicht und gleichzeitig viele Synergiepotentiale in reale Mehrwerte verwandelt werden! Auf den drei Segmenten basierend sollte eine Körperschaft, die als »iB« auftreten möchte, möglichst alle Rollen samt Rechten und Pflichten annehmen. Hierbei kann sie selbstverständlich auf »Erfüllungsgehilfen« in Form von Subunternehmern zurückgreifen und Aufgaben delegieren. Die Betreibergesellschaft trägt jedoch stets das unternehmerische Risiko aller in diesen Rollen anfallenden Geschäfts- und Betriebsprozesse.

## 6.3 Genossenschaftsmodell

### Energie zu Selbstkosten

Eine altbewährte Gesellschaftsform, an der ihre Mitglieder aktiv partizipieren können, ist die Genossenschaft. Im Fall der integrierten Quartiersversorgung bietet sich die Gründung einer Energiegenossenschaft an, welche ihren Mitgliedern und weiteren Nutzern des Quartiers erneuerbare Energien zu Selbstkosten zur Verfügung stellen kann. Durch die Beteiligung der Mieter und Eigentümer der Wohnungen können nicht nur echte Partizipation erreicht, sondern auch wirtschaftliche Versorgungsmodelle angewandt werden. Nach § 61 EEG<sup>178</sup> zahlen Eigenversorger nur eine 40-prozentige EEG-Umlage auf den selbst erzeugten Strom. Voraussetzung bei diesem Modell ist die Personenidentität zwischen dem Betreiber und dem Endnutzer der Energieerzeugung, neben weiteren Vorgaben. Daher können Pachtmodelle, in denen die Betreibergesellschaft die relevanten Anlagen vom Gebäudeeigentümer pachtet und betreibt, von wirtschaftlichen Vorteil für beide Parteien sein. Strom und Wärme wird im Rahmen eines kombinierten Energiedienstleistungsvertrags zu Selbstkosten durch die Energiegenossenschaft an ihre Mitglieder und Mieter verkauft.

Die Maximierung von Renditen auf die vermarkteten thermischen und elektrischen Kilowattstunden werden ausgeschlossen. Somit bietet diese Gesellschaftsform einen Anreiz, auf Quartiersebene sektorübergreifend Konzepte auf Basis EE umzusetzen, die Quartiersbevölkerung an diesen zu beteiligen und hieraus ein nachhaltiges Bewusstsein für EE zu schaffen. Die Identität mit dem Quartier steigt.

Teile der notwendigen Aufgaben, wie die Stromlieferung, könnten aus einer kommunalen Energieversorgungs-genossenschaft heraus erbracht werden, in der die Bürgerenergiegenossenschaft Mitglied ist. Dieses zweistufige Modell bietet einen flexiblen Rahmen, unterschiedliche Aufgaben auf verschiedenen Verantwortungs- und Kompetenzebenen abzubilden.

Deshalb ist die politische Förderung folgender Aspekte sinnvoll:

- Anpassung des Energierechts hin zu einer einfacheren Versorgungsmöglichkeit der Mieter mit Strom aus lokal erzeugten EE.
- Förderung von Betreibermodellen bürgerlicher Energiegenossenschaften durch Investitionszuschuss oder Betriebskostenvorteile (Steuerbefreiung).

[178] Vgl. (EEG Umlage für Letztverbraucher und Eigenversorger, 2017)

- Förderung für die Realisierung und den Betrieb digitalisierter Governance-Strukturen, -Prozesse und -Systeme auf Gebäude- und Quartiersebene.
- Förderung von kommunalen Energie-, Mobilitäts-, Bau- und Wohnungsgenossenschaftsmodellen durch Investitionszuschuss oder Betriebskostenvorteile (beispielsweise Steuerbefreiung).
- Förderung für Realisierung und Betrieb digitalisierter Governance-Strukturen, -Prozesse und -Systeme auf kommunaler Ebene.

## 6.4 Ausblick

### Energie- und Ressourcenwende als Erfolgsmodell

Energetisch ganzheitlich entworfene Gebäude und Quartiere können eine wichtige Schlüsselrolle bei der Energiewende einnehmen. So können Haushalte und besonders solche mit geringem Einkommen von kostengünstiger CO<sub>2</sub>-neutraler Energie für Strom, Heizung und Warmwasser profitieren. Gleichzeitig können der Ressourceneinsatz und damit die Kosten zum Bau dieser Gebäude erheblich reduziert werden. Das ist Grundlage für bezahlbares Wohnen und Arbeiten.

Ist die Energie- und Ressourcenwende die 5. Industrielle Revolution?

Möglich ist dies durch die integrative Nutzung eines möglichst hohen Anteils lokal erzeugter Wärme unter dem Einsatz innovativer Wärmespeichertechnologien und hocheffizienter Anlagentechnik sowie einem optimierten Ressourceneinsatz bei der Planung der Gebäudehülle. Damit werden Baukosten gespart und der Einsatz von Grauer Energie minimiert. Die Einbindung lokaler Stromerzeuger und -speicher senkt den Primärenergiebedarf der technischen Gebäudeausrüstung weiter. Neue Geschäftsmodelle wie die regionale Vermarktung von Mieterstrom werden möglich.

Die energetische Kopplung der Sparten Strom, Wärme/Kälte und Gas birgt zusätzliche betriebs- und volkswirtschaftliche Potentiale. Andere Wirtschaftssektoren wie Mobilität werden in ein Energieversorgungssystem integriert. Mithilfe einer Kopplung der Energienetze in sogenannte »Energiezellen« kann Flexibilität für die lokale und regionale Integration der volatilen Stromerzeuger zur Verfügung gestellt werden. Hierbei wird dem Grundsatz gefolgt, Erzeugung und Verbrauch von Energie auf möglichst niedriger Spannungsebene im Elektrizitätsnetz auszubalancieren.

Der Herausforderung der regionalen Integration dezentral einspeisender fluktuierender Erzeuger kann durch die aktive Partizipation des Quartiers am Stromversorgungssystem und durch die Bereitstellung von Regelenergie begegnet werden. Diese Problematik ist insbesondere in der Region Nord-Ost-Deutschland ausgeprägt, da in Nordostdeutschland eine 97%ige bilanzielle Deckung des Strombedarfs mit fluktuierenden EE im Jahr 2033 erwartet wird. Somit trägt ein energetisch ganzheitlich entworfenes Gebäude oder Quartier aktiv zur gesellschaftlichen Akzeptanz der Energiewende bei und ist volkswirtschaftlich tragbar.

Lokal erzeugte EE im Quartier birgt also viele Vorteile für den Gebäudesektor:

- Verringerung des Primärenergiebedarfs
- Wohnraummaximierung durch optimierte Wandaufbauten
- Reduktion der Betriebsenergie
- Reduktion der Baukosten für technische Gebäudeausrüstung durch Vernetzung, Monitoring und Optimierung

Auch wirtschaftlich schwer darstellbare Anwendungsfälle wie Mieterstrom werden möglich.

Aus diesem Grund arbeiten die Autoren dieser Studie gerade an Modellen für Betreibergesellschaften, in denen neben den herkömmlichen Aufgaben der Instandhaltung der Anlagentechnik, des Energieeinkaufs sowie der Energieabrechnung auch zusätzliche Aufgaben wie die Beladung oder auch Betrieb einer Carsharing-Flotte wahrgenommen werden.<sup>179</sup>

Die Betreibergesellschaft kann auch als Bürgerenergiegenossenschaft konzipiert werden, die eine minimale Rendite erwirtschaftet und die Mieter im Quartier zu Grenzkosten versorgt. Dieser Ansatz, die Quartiersbevölkerung an einem nachhaltigen Quartierskonzept zu beteiligen, entspricht dem partizipatorischen Ansatz, wirkt idealerweise identitätsstiftend und schafft hieraus nachhaltiges Bewusstsein.

Identität beginnt mit Kommunikation. Wir freuen uns auf die Gespräche mit Ihnen!

[179] Das Projekt wird fachlich und finanziell von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.



# 7

# Quellenverzeichnis

- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (02 2017).** Statistischer Bericht E IV - j/14. Abgerufen am 13.02.2018 von statistik-berlin-brandenburg.de: [https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat\\_berichte/2017/SB\\_E04-04-00\\_2014j01\\_BB.pdf](https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/publikationen/stat_berichte/2017/SB_E04-04-00_2014j01_BB.pdf)
- BAFA. (24.11.2017).** Innovationsförderung Wärmepumpen mit verbesserter Systemeffizienz. Abgerufen am 27.03.2018 von Förderfähige Anlagenkonzepte: [http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ee\\_waermepumpen\\_innovationsfoerderung\\_anlagenkonzepte.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/ee_waermepumpen_innovationsfoerderung_anlagenkonzepte.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- Baulinks. (31.07.2004).** Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln. Abgerufen am 13.02.2018 von baulinks.de: <https://www.baulinks.de/webplugin/2004/1019.php4>
- BBSR. (24.02.2017).** Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB). Abgerufen am 13.02.2018 von nachhaltigesbauen.de: [http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff\\_gebauedaten/BNB\\_Nutzungsdauern\\_von\\_Bauteilen\\_2017-02-24.pdf](http://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/baustoff_gebauedaten/BNB_Nutzungsdauern_von_Bauteilen_2017-02-24.pdf)
- BMUB. (11 2016).** Klimaschutzplan 2050. Abgerufen am 19. 03 2018 von [https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan\\_2050\\_bf.pdf](https://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf)
- BMWI. (16.09.2014).** Berechnung des Energieverbrauchs. Abgerufen am 27.03.2018 von Leitfaden zur Anwendung der europäischen Norm EN 16258: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/energieverbrauch-treibhausgas-emission-oenpv.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/energieverbrauch-treibhausgas-emission-oenpv.pdf?__blob=publicationFile)
- BMWI. (23.09.2014).** Erdgasspeicher: Deutschland hat EU-weit die größten Kapazitäten. Abgerufen am 01.02.2018 von bmwi-energiewende.de: <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2014/29/Meldung/infografik-erdgasspeicher-deutschland-hat-eu-weit-die-grossten-kapazitaeten.html>
- BMWI. (21.09.2015).** Intelligente Messsysteme als wichtiger Bestandteil der Energiewende. Abgerufen am 01.02.2018 von bmwi.de: [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/F/faktenblatt-digitalisierung-energiewende.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/F/faktenblatt-digitalisierung-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- BMWI. (10 2016).** Eine Zielarchitektur für die Energiewende: Von politischen Zielen bis zu Einzelmaßnahmen. Abgerufen am 13.02.2018 von bmwi.de: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/zielarchitektur.html>
- BMWI. (05 2017).** Energieeffizienz in Zahlen. Abgerufen am 13.03.2018 von [http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=10](http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienz-in-zahlen.pdf?__blob=publicationFile&v=10)
- BMWI. (23.01.2018).** Unsere Energiewende: sicher, sauber, bezahlbar. Abgerufen am 13.03.2018 von <http://www.bmwi.de/Navigations/DE/Themen/energie-daten.html>
- Börse-Online. (17. 01. 2018).** Geldvermögen der Deutschen steigt weiter - Schon fast 6 Billionen Euro. Abgerufen am 01.02.2018 von boerse-online.de: <http://www.boerse-online.de/nachrichten/aktien/Geldvermoegen-der-Deutschen-steigt-weiter-Schon-fast-6-Billionen-Euro-1013161075>
- Bund der Energieverbraucher e.V. (06.11.2017).** Preise: Was kostet die Kilowattstunde? Abgerufen am 05.12.2017 von energieverbraucher.de: [http://www.energieverbraucher.de/de/preise\\_\\_981/](http://www.energieverbraucher.de/de/preise__981/)
- Bundesnetzagentur. (2018).** Netz- und Systemsicherheit. Abgerufen am 27.03.2018 von [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen\\_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz\\_Systemsicherheit/Netz\\_Systemsicherheit\\_node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html)
- Bundesregierung. (28. 09. 2010).** Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Abgerufen am 13. 03.2018 von [https://m.bundesregierung.de/Content/DE/\\_Anlagen/2017/11/2017-11-14-beschluss-kabinett-umwelt.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://m.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2017/11/2017-11-14-beschluss-kabinett-umwelt.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- Bundeszentrale für politische Bildung. (27. 12. 2015).** Bevölkerungsentwicklung und Altersstruktur. Abgerufen am 26. 03 2018 von Bevölkerung in absoluten Zahlen, Anteile der Altersgruppen in Prozent, 1960 bis 2050: [https://www.bpb.de/system/files/datei/SOZ\\_01\\_04%20Bevoelkerungsentwicklung%20und%20Altersstruktur.xlsx](https://www.bpb.de/system/files/datei/SOZ_01_04%20Bevoelkerungsentwicklung%20und%20Altersstruktur.xlsx)
- Delestrac, D. (Regisseur). (2014).** Krieg um Sand [Kinofilm].
- Deutscher Bundestag. (2017).** Sachstand Primärenergiefakto-



ren. Abgerufen am 13. 02.2018 von bundestag.de: <https://www.bundestag.de/blob/487664/1a1c2135f782ff50b84eb3e7e0c85ef3/wd-5-103-16-pdf-data.pdf>

**EEG Umlage für Letztverbraucher und Eigenversorger. (2017).** §61.

**Energietechnische Gesellschaft. (01.06.2015).** Der zellulare Ansatz. Abgerufen am 28.03.2018 von <https://www.vde.com/de/etg/publikationen/studien/vdeetg-studiederzellulareansatz>

**Energiewende Agora. (09 2017).** Das Klimaschutzziel von -40 Prozent bis 2020: Wo landen wir ohne weitere Maßnahmen? Abgerufen am 26.03.2018 von Kernergebnisse: <https://www.agora-energie-wende.de/de/themen/-agothem-/Produkt/produkt/442/Das+Klimaschutzziel+von+-40+Prozent+bis+2020%3A+Wo+landen+wir+ohne+weitere+Ma%C3%9Fnahmen%3F/>

**EnWG. (07.07.2005).** Energiewirtschaftsgesetz. Abgerufen am 01.02.2018 von dejure.org: <https://dejure.org/gesetze/EnWG/1.html>

**EUR-Lex. (30.03.2010).** CHARTA DER GRUNDRECHTE DER EUROPÄISCHEN UNION. Abgerufen am 01.02.2018 von eur-lex.europa.eu: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A12010P>

**FÖS. (01 2015).** Was Strom wirklich kostet. Abgerufen am 13.02.2018 von greenpeace-energy.de: [https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/Greenpeace\\_Energy\\_Was\\_Strom\\_wirklich\\_kostet\\_2015.pdf](https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/publikationen/Studien/Greenpeace_Energy_Was_Strom_wirklich_kostet_2015.pdf)

**Fraunhofer. (11 2013).** Stromgestehungskosten erneuerbare Energien. Abgerufen am 13.03.2018 von [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2013\\_ISE\\_Studie\\_Stromgestehungskosten\\_Erneuerbare\\_Energien.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2013_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf)

**Fraunhofer ISE. (07.11.2015).** Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Abgerufen am 13.02.2018 von projekt.izt.de: [https://projekt.izt.de/fileadmin/user\\_upload/FH\\_ISE\\_2015\\_151107\\_Fakten\\_zur\\_PV.pdf](https://projekt.izt.de/fileadmin/user_upload/FH_ISE_2015_151107_Fakten_zur_PV.pdf)

**Global Footprint Network. (2018).** Earth Overshoot Day. Abgerufen am 01.02.2018 von footprintnetwork.org: <https://www.footprintnetwork.org/our-work/earth-overshoot-day/>

**GridLab GmbH. (28.11.2014).** Kurzstudie zu Potenzial und Beitrag der Energieregion Nordostdeutschland zur Energiewende - Berlin. Abgerufen am 13.02.2018 von energietechnik-bb.de: <http://energietechnik-bb.de/sites/default/files/downloads/potentialstudie-energieregion-nordostdeutschland-zur-energie-wende-281114-2110.pdf>

**Gugerli H., Frischknecht R., Kasser U., Lenzlinger M. (11./12.9.2008).** Merkblatt SIA 2032: Graue Energie im Fokus. Abgerufen am 13.02.2018 von umweltchemie.ch: [http://www.umweltchemie.ch/wp-content/uploads/Graue\\_Energie\\_im\\_Fokus.pdf](http://www.umweltchemie.ch/wp-content/uploads/Graue_Energie_im_Fokus.pdf)

**Hegger M., Fuchs M., Stark T., & Zeumer M. (2007).** Energie Atlas, nachhaltige Architektur. München/Basel, Berlin, Boston: Institut für Internationale Architekturdokumentation/Birkhäuser.

**Henger R., Hude M., & Runst P. (15. 06. 2016).** Erst breit, dann tief sanieren. Die Rolle von Sanierungsfahrplänen in der Energieberatung. Abgerufen am 01.02.2018 von iwkoeln.de: [https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2016/288540/IW-Gutachten\\_2016-06-15\\_Die\\_Rolle\\_von\\_Sanierungsfahrplaenen\\_im\\_Gebaedesektor.pdf](https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2016/288540/IW-Gutachten_2016-06-15_Die_Rolle_von_Sanierungsfahrplaenen_im_Gebaedesektor.pdf)

**IPCC. (2014).** IPCC, 2014: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Abgerufen am 01.02.2018 von ipcc.ch: [https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC-AR5\\_SYR\\_barrierefrei.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf)

**IPCC. (2014).** IPCC, 2014: Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). Abgerufen am 01.02.2018 von ipcc.ch: [https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC-AR5\\_SYR\\_barrierefrei.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf)

**Jochum P., Mellwig P. (07 2015).** Dämmbarkeit des deutschen Gebäudebestands. Abgerufen am 26.03.2018 von prof.beuth-hochschule.de: [https://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/prof/jochum/Downloads/DP\\_Endbericht.pdf](https://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/prof/jochum/Downloads/DP_Endbericht.pdf) abgerufen

**Jochum P., Mellwig P. (02 2017).** Ableitung eines Korridors für den Ausbau der erneuerbaren Wärme im Gebäudebereich. Abgerufen am 26.03.2018 von prof.beuth-hochschule.de: [https://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/prof/jochum/Downloads/Anlagenpotenzial\\_Endbericht.pdf](https://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/prof/jochum/Downloads/Anlagenpotenzial_Endbericht.pdf)

**Meadows D. H., Meadows D. L., Ringers J., & Behrens III W. W. (1972).** the limit of growth. Abgerufen am 27.03.2018 von A Report for THE CLUB OF ROME'S Project : <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>

**Merkel A. (14.09.2017).** Klartext, Frau Merkel. Abgerufen am 27.03.2018 von ZDFmediathek: <https://www.zdf.de/nachrichten/heute-sendungen/videos/klartext-frau-merkel-106.html>

**Netzgesellschaft Düsseldorf mbH. (2018).** Energierechtliche Informationen Fernwärme. Abgerufen am 23.03.2018 von swd-ag.de: <https://www.swd-ag.de/privatkunden/kundenservice/energierechtliche-informationen/fernwaerme/>

**Ökobaudat. (27.11.2017 a).** Ökobaudat. Abgerufen am 13.02.2018 von oekobaudat.de: <http://oekobaudat.de/datenbank/browser-oekobaudat.html>

**Ökobaudat. (27.11.2017 b).** Prozess-Datensatz: EPS-Hartschaum (Styropor \*) für Wände und Dächer W/D-035 (de). Abgerufen am 13.02.2018 von oekobaudat.de: [http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c5edec42-1921-46c6-a3aa-5cbd27685a74&stock=OBD\\_2017\\_I&lang=de](http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=c5edec42-1921-46c6-a3aa-5cbd27685a74&stock=OBD_2017_I&lang=de)

**Ökobaudat. (27.11.2017 c).** Prozess-Datensatz: Aluminiumblech (de). Abgerufen am 13.02.2018 von oekobaudat.de: [http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=a4c1c27c-53a0-4027-83f6-88c52c758bb1&stock=OBD\\_2017\\_I&lang=de](http://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=a4c1c27c-53a0-4027-83f6-88c52c758bb1&stock=OBD_2017_I&lang=de)

**Öko-Institut e.V. (04.04.2018).** Wieviel kostet erneuerbarer Strom? Analyse der EEG-Umlage von 2010 - Endbericht für das Bundesministerium für Wirtschaft. Von www.oeko.de: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Endbericht-Analyse-EEG-Umlage-2010-2018.pdf> abgerufen

**Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin. (0. J.).** Nachhaltiges Bauen im Öffentlichen Hochbau. Abgerufen am 13.02.2018 von stadtentwicklung.berlin.de: [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/nachhaltiges\\_bauen/de/hochbau/index.shtml](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/nachhaltiges_bauen/de/hochbau/index.shtml)

**Senatsverwaltung für Wirtschaft, Energie und Betriebe. (2017).** Berliner Energieverbrauch und CO2-Bilanz. Abgerufen

am 05.04.2018 von Emissionsfaktoren: <https://www.berlin.de/sen/energie/energie/energiepolitik/berliner-energieverbrauch-und-co2-bilanz/#g>

**Stahl-Zentrum. (o. J.).** Themenpapier: Recycling-Weltmeister Stahl. Abgerufen am 13. 02 2018 von [stahl-online.de](http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2016/03/Recycling_V5.pdf): [http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2016/03/Recycling\\_V5.pdf](http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2016/03/Recycling_V5.pdf)

**Statista GmbH. (2018).** Einwohnerzahl - Anzahl der Einwohner von Deutschland von 1990 bis 2016. Abgerufen am 27. 03 2018 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2861/umfrage/entwicklung-der-gesamtbevoelkerung-deutschlands/>

**Statista GmbH. (2018).** Erdgasverbrauch in Deutschland in den Jahren von 1980 bis 2016 (in Milliarden Kubikmeter). Abgerufen am 01.02.2018 von [de.statista.com](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/41033/umfrage/deutschland---erdgasverbrauch-in-milliarden-kubikmeter/): <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/41033/umfrage/deutschland---erdgasverbrauch-in-milliarden-kubikmeter/>

**UBA. (12.11.2012).** Deutsche verbrauchen zu viele Hi-Tech-Metalle. Abgerufen am 01.02.2018 von [umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/deutsche-verbrauchen-zu-viele-hi-tech-metalle): <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/deutsche-verbrauchen-zu-viele-hi-tech-metalle>

**UBA. (10 2013 a).** Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Abgerufen am 27.03.2018 von Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2012: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate\\_change\\_15\\_2013\\_emissionsbilanz\\_erneuerbarer\\_energetraeger\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_15_2013_emissionsbilanz_erneuerbarer_energetraeger_0.pdf)

**UBA. (06 2013 b).** Globale Landflächen und Biomasse. Abgerufen am 05.04.2018 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale\\_landflaechen\\_biomasse\\_bf\\_klein.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globale_landflaechen_biomasse_bf_klein.pdf)

**UBA. (15.10.2015 a).** Daten zur Umwelt. Abgerufen am 27.03.2018 von Umwelt, Haushalte und Konsum: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/daten\\_zur\\_umwelt\\_umwelt\\_haushalte\\_und\\_konsum\\_2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/daten_zur_umwelt_umwelt_haushalte_und_konsum_2.pdf)

**UBA. (02 2015 b).** zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Abgerufen am 29.03.2018 von Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe Anpassungsstrategie der Bundesregierung: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht\\_2015\\_zur\\_deutschen\\_anpassungsstrategie\\_an\\_den\\_klimawandel.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/monitoringbericht_2015_zur_deutschen_anpassungsstrategie_an_den_klimawandel.pdf)

**UBA. (16.03.2017 a).** Erneuerbare Energien in Zahlen. Abgerufen am 19.03.2018 von [umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen>

**UBA. (13.02.2017 b).** Energieverbrauch privater Haushalte. Abgerufen am 01.02.2018 von [umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte): <https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte>

**UBA. (02.08.2017 c).** Earth Overshoot Day 2017: Ressourcenbudget verbraucht. Abgerufen am 01.02.2018 von [umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/themen/earth-overshoot-day-2017-ressourcenbudget): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/earth-overshoot-day-2017-ressourcenbudget>

**UBA. (12.12.2017 d).** Treibhausgase. Abgerufen am 01.02.2018 von [umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase): <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase> abgerufen

**UBA. (02 2018 a).** Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energieträgern. Abgerufen am 19.03.2018 von [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/bilder/energiebereitstellung\\_aus\\_ee\\_02-2018.png](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/bilder/energiebereitstellung_aus_ee_02-2018.png)

**UBA. (20.03.2018 b).** Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen. Abgerufen am 27.03.2018 von Gesamtgesellschaftliche Bedeutung der Umweltkosten: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen#textpart-1>

**UBA. (21.02.2018 c).** Indikator: Energieverbrauch für Wärme. Abgerufen am 13.03.2018 von Welche Bedeutung hat der Indikator?: <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-energieverbrauch-fuer-waerme#textpart-3>

**ITG, ifeu, Wuppertal Institut (07.04.2016).** Weiterentwicklung der Primärenergiefaktoren im neuen Energiesparrecht für Gebäude. Abgerufen am 13.03.2018 von: <https://www.dvgw.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=2191&token=eel751513f729becc75bef8cae85d03a5e059754>

**VNW e.V. (2010):** Passivhaus, Effizienzhaus, Energiesparhaus & Co Aufwand, Nutzen und Wirtschaftlichkeit. Studie der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. unter Mitarbeit von Dietmar Walberg und Timo Gniechwit für den Verband norddeutscher Wohnungsunternehmen e.V., Bundesverband Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen Landesverband Nord e.V. Kiel, 29.10.2010

**Wenzel B. (2010).** Jahresarbeitszahlen. Abgerufen am 13.02.2018 von [jahresarbeitszahlen.de](http://www.jahresarbeitszahlen.de/index.php/jahresarbeitszahl/systemgrenzen): <http://www.jahresarbeitszahlen.de/index.php/jahresarbeitszahl/systemgrenzen>

**World Food Programme. (2018).** Hunger. Abgerufen am 13.02.2018 von [de.wfp.org](http://de.wfp.org/hunger/hunger-statistik): <http://de.wfp.org/hunger/hunger-statistik>

**Wuppertal Institut (2015):** Konsistenz und Aussagefähigkeit der Primärenergie-Faktoren für Endenergieträger im Rahmen der EnEV. Diskussionspapier unter Mitarbeit von Dietmar Schüwer, Thomas Hanke und Hans-Jochen Luhmann. Wuppertal, Dezember 2015.

**Zappulla, M. (2014):** DEMooS energy systems as the catalyst for a sustainable urban development. Berlin: Technische Universität Berlin, Masterarbeit.



**BBU Verband Berlin-Brandenburgischer  
Wohnungsunternehmen e.V.**

Lentzeallee 107  
14195 Berlin

Tel. +49 30 897 81-0  
Fax. +49 30 897 81-249

info@bbu.de  
www.bbu.de

**eZeit Ingenieure GmbH**

Tempelhofer Weg 69  
10829 Berlin

Tel.: +49 30 50 56 56 36  
Fax: +49 30 50 56 56 37

info@ezeit-ingenieure.eu  
www.ezeit-ingenieure.eu

