

**Materialien der Wiener Stadtwerke zur nachhaltigen Entwicklung
Nummer 4**

Energieeffizienz: Begriffe, Berechnung und Bezug zum Klimaschutz

Wien 2009

Materialien der Wiener Stadtwerke zur nachhaltigen Entwicklung

In Vorbereitung des ersten Nachhaltigkeitsberichts der Wiener Stadtwerke und als Informationsgrundlage für das Nachhaltigkeitsmanagement wurden mehrere Hintergrundpapiere zu ausgewählten Aspekten der Nachhaltigkeit erstellt. Diese Texte waren aber zumeist zu ausführlich und zum Teil auch zu speziell, um sie vollständig im Nachhaltigkeitsbericht abzdrukken. Man ging aber davon aus, dass insbesondere WissenschaftlerInnen und StudentInnen, aber auch JournalistInnen und interessierte BürgerInnen diese Informationen gerne nutzen würden. Daher hat die Konzern-Nachhaltigkeitsbeauftragte der Wiener Stadtwerke beschlossen, diese Texte in einer Reihe als „Materialien der Wiener Stadtwerke zur nachhaltigen Entwicklung“ zu veröffentlichen. Mit der vorliegenden Nr. 5 wird diese Reihe fortgesetzt.

Bislang liegen folgende Materialien der Wiener Stadtwerke zur nachhaltigen Entwicklung vor:

- Nr. 1 Klimaschutz: Einführung, politische Meilensteine und die Ansatzpunkte der Wiener Stadtwerke
- Nr. 2 Daseinsvorsorge: Politisches Konzept und Leistungen der Wiener Stadtwerke
- Nr. 3 Politische Vorgaben: Globaler Rahmen, kommunale Ziele und Programme der Politik zur Nachhaltigkeit
- Nr. 4 Energieeffizienz: Begriffe, Berechnung und Bezug zum Klimaschutz

Die Materialien werden bis auf weiteres nur als PDF-Publikationen veröffentlicht. Download unter www.nachhaltigkeit.wienerstadtwerke.at/downloads.

Impressum

Herausgeberin: Wiener Stadtwerke Holding AG, Schottenring 30, A-1011 Wien

Verantwortlich: DI Isabella Kossina, MBA, Geschäftsführerin der Beteiligungsmanagementgesellschaft (BMG) der Wiener Stadtwerke und Konzern-Nachhaltigkeitsbeauftragte der WSTW.

AutorInnen: Thomas Loew, Institute 4 Sustainability, Berlin (D), Dr. Barbara Zeschmar-Lahl, BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH, Oyten (D)

Wien, Februar 2009

Inhalt

1. HINTERGRUND.....	1
2. BEGRIFFLICHE GRUNDLAGEN.....	2
2.1. ENERGIE UND ENERGIETRÄGER.....	2
2.2. PRIMÄR-, SEKUNDÄR-, END-, UND NUTZENERGIE	2
2.3. ANLAGENTYPEN.....	5
3. EFFIZIENZEN VON ANLAGEN ZUR ENERGIETRÄGERERZEUGUNG.....	6
3.1. EFFIZIENZ VON KRAFTWERKEN.....	6
3.2. EFFIZIENZ VON HEIZWERKEN (FERNWÄRMEERZEUGUNG)	8
3.3. EFFIZIENZ VON ANLAGEN MIT KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG	8
4. EFFIZIENZBETRACHTUNGEN BEI ENDNUTZERN.....	13
4.1. VERGLEICH DER EFFIZIENZ VON GERÄTEN, DIE GLEICHARTIGE ENERGIETRÄGER NUTZEN	13
4.2. VERGLEICH DER EFFIZIENZ VON GERÄTEN, DIE UNTERSCHIEDLICHE ENERGIETRÄGER NUTZEN	14
5. EFFIZIENZBETRACHTUNGEN IN BEZUG AUF STÄDTE, REGIONEN UND LÄNDER	18
5.1. FRAGESTELLUNGEN UND VORÜBERLEGUNGEN.....	18
5.2. ENERGIEEFFIZIENZ EINES LANDES IN BEZUG AUF MONETÄRE GRÖßEN.....	19
5.3. NICHTMONETÄRE KENNZAHLEN ZUM VERGLEICH VON STÄDTEN UND REGIONEN	23
6. ENERGIEVERBRAUCH UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN IN ÖSTERREICH UND WIEN	27
6.1. ÖSTERREICH	27
6.2. ENERGIEVERBRAUCHSENTWICKLUNG DER STADT WIEN	29
7. ENERGIEPOLITIK MIT BEZUG ZU ENERGIEEFFIZIENZ.....	31
7.1. ECKPUNKTE DER EUROPÄISCHEN ENERGIEPOLITIK.....	31
7.2. ECKPUNKTE DER ENERGIEPOLITIK ZU ENERGIEEFFIZIENZ IN ÖSTERREICH	38
7.3. ECKPUNKTE DER WIENER ENERGIEPOLITIK.....	42
8. ENERGIEEFFIZIENZ IN DER NORMUNG.....	44
8.1. ISO 13602-1 (2002) TECHNISCHE ENERGIESYSTEME – ANALYSEVERFAHREN – TEIL 1: ALLGEMEINES.....	44
8.2. ISO 13602-2 (2006) TECHNISCHE ENERGIESYSTEME – ANALYSEVERFAHREN – TEIL 2: GEWICHTUNG UND AGGREGATION VON ENERGIETRÄGERN.....	45
8.3. ISO/PC 242: ENERGIEMANAGEMENT.....	46

9. WEITERE PROJEKTE UND ENTWICKLUNGEN.....	47
9.1. MIKRO- UND MINI-KWK-ANLAGEN IN ÖSTERREICH (E.V.A., 2004)	47
9.2. SIEMENS-STUDIE ZU NACHHALTIGER INFRASTRUKTUR IN LONDON	47
9.3. INTERNATIONALE ENERGIE AGENTUR: OIL MARKET REPORT	49
9.4. INTERNATIONALE ENERGIE AGENTUR: ENERGY CONSERVATION IN BUILDINGS AND COMMUNITY SYSTEMS	50
9.5. ENERGIEEFFIZIENZSTRATEGIE DER GASAG	51
9.6. KLIMASCHUTZREGION HANNOVER	52
9.7. ÖKO-STADT MASDAR-CITY.....	53
9.8. DONGTAN, CHANGXING ECO-CITY	54
9.9. STUDIE ZUR ENTWICKLUNG DER TREIBHAUSGASEMISSIONEN IM ÖSTERREICHISCHEN WOHNGEBÄUDEBESTAND.....	55
9.10. STUDIE WÄRME UND KÄLTE AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN 2030.....	56
9.11. INNOVATION & KLIMA – PLATTFORM DER ÖSTERREICHISCHEN WIRTSCHAFT.....	56
10. QUELLENVERZEICHNIS.....	58
11. ANHANG.....	63
11.1. ANHANG 1: ENERGIE = EXERGIE + ANERGIE	63
11.2. ANHANG 2: FORMEL FÜR ENERGIEEFFIZIENZ IN DER NOVELLE DER EU- ABFALLRAHMENRICHTLINIE VOM 19.11.2008	65

Abkürzungen

a	Jahr
ASUE	Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., Berlin (D)
BAU	business as usual
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BKA	Bundeskanzleramt, Berlin (D)
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin (D)
BMLFUW	Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
BMWA	Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Berlin (D)
CCS	Carbon Capture and Storage (Kohlenstoffabscheidung und -speicherung)
CEN	Comité Européen de Normalisation (Europäisches Komitee für Normung), Brüssel (B)
CHP	Combined Heat and Power
CO ₂	Kohlendioxid
DB	Deutsche Bank
el	elektrisch
ESD	Europäische Energiedienstleistungsrichtlinie (Energy Services Directive)
EU-EHS	Europäisches Emissionshandelssystem
EP	Europäisches Parlament
EU	Europäische Union
EG	Europäische Gemeinschaften (=EWG+EURATOM+EGKS („Montanunion“))
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
F&E	Forschung und Entwicklung
GoO	Guarantees of Origin / Herkunftsnachweise
GuD	Gas und Dampf
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunden
h	Stunde
HKW	Heizkraftwerk
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (=UN-Klimarat)
ISO	International Standardization Organisation
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
NAP	Nationale Zuteilungsplan/-pläne (Nationale Allokationsplan/-pläne)
o.J.	ohne Jahresangabe
PEB	Primärenergiebedarf
PJ	Petajoule

RL	Richtlinie
THG	Treibhausgas
SEP	Städtisches Energieeffizienzprogramm
TES	Technical Energy Systems
t	Tonne (in der Fachsprache der Physik bzw. nach ISO: Megagramm (Mg))
th	thermisch
TJ	Terajoule
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WI	Wuppertal Institut (D)

Einheiten

Kilo	Tausend, z.B. Kilowatt (kW) = Tausend Watt (10^3 W)
Mega	Million, z.B. Megawatt (MW) = 1 Mio. W (10^6 W) = 1.000 kW
Giga	Milliarde, z.B. Gigawatt (GW) = 1 Mrd. W (10^9 W)
Tera	Billion (10^{12}), z.B. Terawatt = 1 Billion Watt
Peta	Billiarde (10^{15}), z.B. Petajoule = 1 Billiarde Joule = 1 Milliarde Megajoule

Umrechnungsfaktoren

1 kWh	entspricht 3,6 Megajoule (MJ)
1 PJ	entspricht 277,8 Gigawattstunden (GWh)

Abbildungen

Abbildung 1: Berechnungsweg des fossilen Primärenergieverbrauchs	2
Abbildung 2: Energieformen von Primärenergie bis Endenergie	4
Abbildung 3: Europäische Energieverbrauchskennzeichnung für eine Waschmaschine.....	13
Abbildung 4: Energieaufnahme und Energieabgabe eines Elektromotors.....	14
Abbildung 5: Energie- und Umweltbilanz der Kompressions-Wärmepumpe im Vergleich zur Erdgasheizung mit Brennwerttechnik bei einem jährlichen Heizwärmebedarf von 10.000 kWh = 10 MWh.....	15
Abbildung 6: Energiebilanz der Kompressions-Wärmepumpe bei einem jährlichen Heizwärmebedarf von 10.000 kWh = 10 MWh.....	16
Abbildung 7: Vergleich der CO ₂ -Emissionen je MWh Nutzenergie verschiedener Heizungssysteme unter Einbezug der Vorkette für Wien und das Jahr 2001.	17
Abbildung 8: Der totale Energiebedarf von Wohngebäuden nach den verschiedenen Baustandards, der definiert wird durch den Energiekennwert.	19
Abbildung 9: Korrelation zwischen dem Bruttoinlandsprodukt und dem Primärenergiebedarf einiger Länder im Jahr 1970 und 2000.....	20
Abbildung 10: Vergleich der Treibhausgasemissionen je EinwohnerIn nach Bundesländern.	24
Abbildung 11: THG-Anteil und Pro-Kopf-Emissionen Wiens verglichen mit dem österreichischen Durchschnitt.	25
Abbildung 12: Basis-Bilanz der Treibhausgasemissionen für Darmstadt.	25
Abbildung 13: Umweltwirkungen des Stadtteils Freiburg-Vauban.	26
Abbildung 14: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Österreich.....	27
Abbildung 15: Monatsstatistik der Stromaufbringung und Verwendung in Österreich (GWh).....	28
Abbildung 16: Entwicklung der Klimagasemissionen und Kyoto-Ziel für Österreich.....	29
Abbildung 17: Änderungsrate des Endenergieverbrauchs in Wien (nach Sektoren in Terajoule).	30
Abbildung 18: EU-Vorschlag zur Aufteilung der Reduktionsanstrengungen.	34
Abbildung 19: R1-Formel nach Abfallrahmenrichtlinie für die Anerkennung von der Abfallverbrennung als Verwertungsverfahren zur Energieerzeugung.....	65

Tabellen

Tabelle 1:	Durchschnittliche Wirkungsgrad, spezifischer Kohleverbrauch (Gramm Steinkohleeinheiten pro Kilowattstunde), CO ₂ -Emissionen von Kohlenkraftwerken	7
Tabelle 2:	Entwicklung der Energieintensität in Österreich in Bezug auf das BIP; EEV = Endenergieverbrauch.....	22
Tabelle 3:	Ex-post Entwicklung der Energieintensität in Österreich [Endenergie in TJ/Mio. Euro – Bruttowertschöpfung zu Herstellungspreisen – exklusive jener des Umwandlungseinsatzes des Sektors Energie – zu realen Preisen (2000=100)].	23
Tabelle 4:	Zuordnung der Umweltbelastungen bei Kraft-Wärme-Kopplung. Rechenbeispiel aus ISO 13602-2.	46

1. Hintergrund

Bei der Suche nach Lösungen für den Klimaschutz wird die Steigerung der Energieeffizienz als ein zentraler Ansatzpunkt angesehen. Es ist eines der 20-20-20-Ziele der Europäischen Gemeinschaft. So sollen bis zum Jahr 2020

- die Emissionen an Treibhausgasen um 20 %¹ gesenkt,
- der Anteil der erneuerbaren Energien auf 20 % angehoben und
- die **Energieeffizienz** um 20 % gesteigert werden.

Die Überlegung ist einfach: Je effizienter eine Anlage Energie einsetzt, desto weniger Energie wird für die Bereitstellung einer Nutzeinheit verbraucht und dementsprechend weniger CO₂-Emissionen werden verursacht². Gleichzeitig sinken die spezifischen Kosten und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen aus unsicheren Lieferländern. Effizienter Einsatz von Energie ist daher nicht nur ein Lösungsbeitrag zum Klimaschutz, sondern trägt i. d. R. gleichzeitig zur Steigerung der Versorgungssicherheit und zur Senkung der volkswirtschaftlichen Ausgaben für den Energieimport bei. Je nach technischer Lösung können auch die Kosten in Form reduzierter Preise an die EndnutzerInnen weitergegeben werden. Damit dient die Steigerung der Energieeffizienz auch der Daseinsvorsorge.

Allgemein wird Energieeffizienz wie folgt definiert: Energieeffizienz ist das Verhältnis von Ertrag an Leistung, Dienstleistungen, Waren oder Energie zu Energieeinsatz (Österreichische Energieagentur 2007:165).

Tatsächlich gibt es aber mehrere Arten der Energieeffizienz, wie beispielsweise Primärenergieeffizienz, Endenergieeffizienz oder Wirkungsgrad einer Anlage.

Diese unterschiedlichen Effizienzarten haben alle ihre Berechtigung für definierte Fragestellungen. Aber aufgepasst: Es gibt Fälle, in denen bei Verwendung des falschen Begriffs der Energieeffizienz ein irreführender Eindruck erweckt und falsche Schlussfolgerungen ausgelöst werden können. Deswegen ist es bei der Diskussion über Energieeffizienz und über eine energieeffiziente Gestaltung von Gebäuden bis hin zur städtischen Energieversorgung erforderlich, diese unterschiedlichen Perspektiven zu berücksichtigen. Das vorliegende Papier vermittelt hierfür eine Übersicht.

¹ Bzw. im Falle einer internationalen Übereinkunft sogar um 30 %.

² Unter der Voraussetzung, dass Produktionsmengen nicht gleichzeitig erweitert oder der Komfort für KonsumentInnen z.B. durch weitere energieverbrauchende Geräte, größere Wohnungen nicht erhöht wird.

2. Begriffliche Grundlagen

2.1. Energie und Energieträger

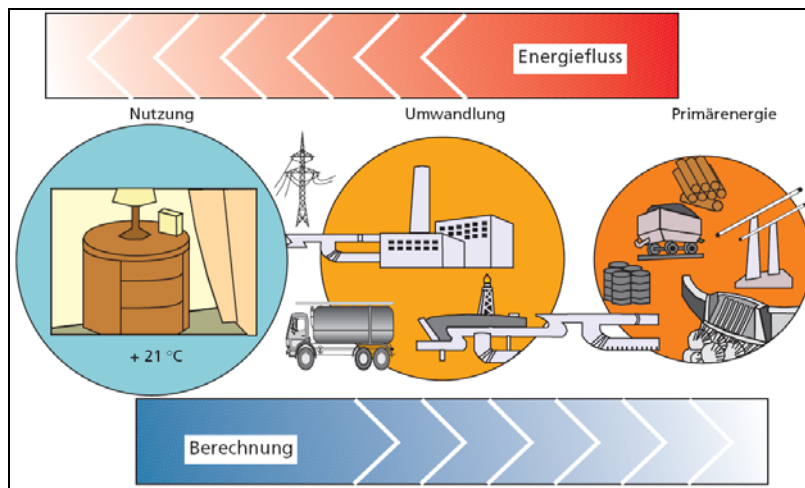
Häufig wird von **Energie** gesprochen, wenn eigentlich **Energieträger** gemeint sind. Das Problem wird von einem Komitee der ISO wie folgt beschrieben: „Oft werden Ausdrücke wie **Energieerzeugung** oder **Energieverbrauch** verwendet. Dies widerspricht jedoch einem der fundamentalsten Prinzipien der Physik, dem ersten Gesetz der Thermodynamik: Energie kann nicht erzeugt oder verbraucht, sondern nur von einer Form in eine andere umgewandelt werden. Erzeugt und verbraucht werden **Energieträger**. Beispiele hierfür sind Öl, Kohle, Netzstrom, Heißwasser in Wärmenetzen [...]. Energiedebatten sind oftmals verwirrend, weil diese beiden Begriffe [Energieträger und Energie] vermischt werden.“³ (ISO/TC 203, 2005:5f.).

Es gilt also, zwischen Energie und Energieträger genau zu unterscheiden.

2.2. Primär-, Sekundär-, End-, und Nutzenergie

Auf dem Weg von der ursprünglichen Energiequelle (der Gewinnung des Primärenergieträgers) hin zur Nutzung der Energie z.B. in Form von Licht, sind Transporte und Energieträgerumwandlungen erforderlich, die immer zu Energieverlusten führen (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Berechnungsweg des fossilen Primärenergieverbrauchs



Quelle: www.ecoheatcool.org

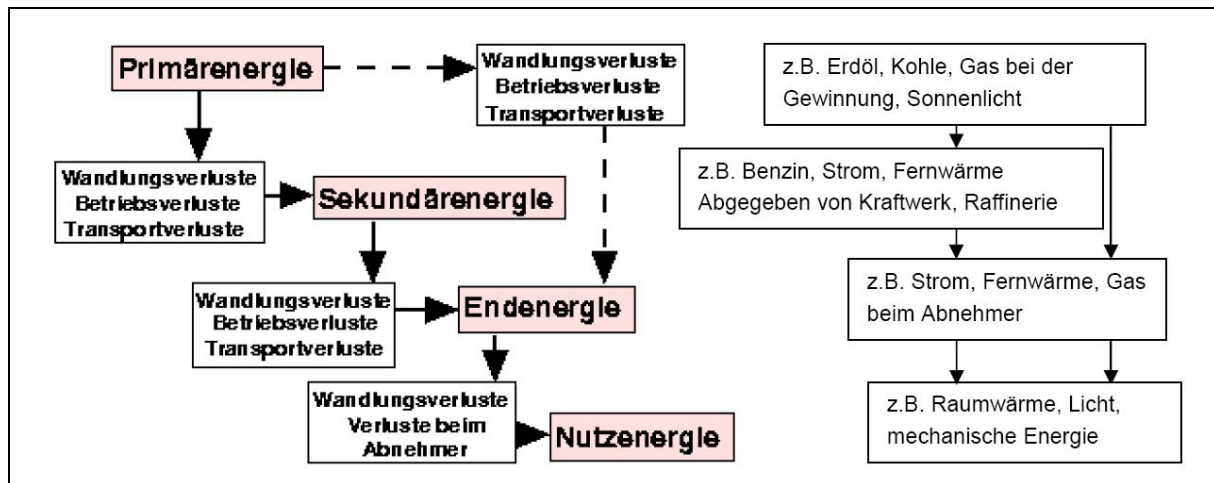
³ Übersetzung durch die Verfasser.

Vor diesem Hintergrund wird zwischen Primär-, Sekundär-, End- und Nutzenergie unterschieden.

- **Primärenergie:** Als Primärenergie wird die Energie der Energieträger bezeichnet, die direkt in der Natur zur Verfügung stehen. Primärenergieträger sind überwiegend fossile Brennstoffe wie Kohle, Erdöl, Erdgas, Torf oder fossile Mineralien wie Uranerz. Aber auch erneuerbare Energieträger wie Sonne, Wind, Geowärme, Biomasse, Wasser zählen dazu. Dementsprechend unterscheidet man auch zwischen fossiler und nichtfossiler (regenerativer) Primärenergie.
- **Sekundärenergie:** Die Sekundärenergie entsteht durch Umwandlung in einem ersten Schritt aus der Primärenergie. Dieser Schritt ist meist notwendig, um die Energie in eine Form zu bringen, in der sie leicht verteilt werden kann (z.B. Raffinierung von Erdöl zu Benzin oder Heizöl). Bei dieser Umwandlung treten Wandlungs- und Betriebsverluste auf, siehe Abbildung 2. Dieser Schritt über einen Sekundärenergieträger erübrigt sich, wenn nach der Gewinnung die Energieform direkt beim Energieabnehmer genutzt werden kann.
- **Endenergie:** Unter Endenergie wird die Energieform verstanden, die beim Energieabnehmer (Haushalt, Unternehmen) ankommt, (z.B. in Form von Strom oder Warmwasser). Es ist also die Energie der gelieferten Energieträger nach Gewinnung, Aufbereitung, Umwandlung und Transport. Im Fall von leitungsgebundenen Energieträgern ist das in der Regel der am Zähler abzulesende Verbrauch. Wegen dieser Verluste ist die bereitgestellte Menge Endenergie immer geringer als die dafür aufzuwendende Primär- bzw. Sekundärenergie.
- **Nutzenergie:** Die Nutzenergie ist die Energieform, die der Energieabnehmer für die gestellte Aufgabe letztlich benötigt, z.B. zur Beleuchtung oder Heizung eines Raums oder zur Bewegung eines Fahrzeugs. Dies verlangt fast immer einen letzten Wandlungsprozess, bei dem aus der Endenergie die benötigte Energieform entsteht (z.B. Strom in Licht).

Der Zusammenhang zwischen diesen Energieformen wird in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2: Energieformen von Primärenergie bis Endenergie



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Pelte (2002)⁴

Definitionen für Effizienzen

Die Unterscheidung der Energiestufen von Primärenergie bis Endenergie wird zur Definition von unterschiedlichen Energieeffizienzen genutzt. Je nach Sachverhalt, der verglichen werden soll, sind diese Effizienzen unterschiedlich gut geeignet, denn bei der Analyse einer Effizienz ist immer die Betrachtungsgrenze entscheidend und die einzelnen Effizienzen implizieren bestimmte Betrachtungsgrenzen. Dies wird im Anschluss an konkreten Fällen deutlich gemacht.

Energieeffizienz: Energieeffizienz ist das Verhältnis von Ertrag an Leistung, Dienstleistungen, Waren oder Energie zum ursprünglichen Energieeinsatz (in Österreichische Energieagentur 2007). Der Kehrwert, Energieeinsatz je Leistungseinheit (z.B. Bruttoinlandsprodukt), wird mit **Energieintensität** bezeichnet.

Primärenergieeffizienz: Eingesetzte Primärenergie je Leistungseinheit. Die Leistungseinheit hängt von der betrachteten Anlage (z.B. Heizungsanlage, Beleuchtung) ab.

Endenergieeffizienz: Eingesetzte Endenergie je Leistungseinheit.

⁴ Prof. Dr. Dietrich Pelte, Ruprecht-Karls Universität Heidelberg, Fakultät für Physik und Astronomie. Er kommt in seinem interessanten Vorlesungsskript zu dem Ergebnis, dass als Ersatz der endlichen fossilen Brennstoffe Atomenergie erforderlich ist. Zudem warnt er vor einem zu hohen Eingriff in den Energiehaushalt der Erde. Die Grenzen der Energie aus Biomasse werden nachvollziehbar dargestellt. Seine Schlussfolgerungen zur Atomenergie wurden nicht geprüft. Auch der WBCSD befürwortet Szenarien, die für eine Übergangszeit (länger als der deutsche Ausstiegsplan) Atomenergie vorsehen. Dem steht u. a. entgegen, dass eine global verbreitete Anwendung von Atomenergie als nicht sinnvoll angesehen wird. Zudem werden zumeist die ökologischen und sozialen Folgen des Uranabbaus, der für die Nutzung der Atomkraft erforderlich ist, ausgeblendet (vgl. Claus Biegert in seinem Beitrag „UN-Deklaration über die Rechte indigener Völker“ http://www.pro-regenwald.de/new_unip.php), ebenso die bislang noch immer ungelöste Frage der langzeitsicheren Endlagerung hochradioaktiver Abfälle.

Wirkungsgrad: Energieeffizienz eines Kraftwerks oder Heizwerks, bestimmt als Verhältnis des Energieertrags zum eingesetzten Energieaufwand (genauere Definition im folgenden Abschnitt zu Effizienzen von Kraftwerken).

Brennstoffnutzungsgrad: Energieeffizienz einer Anlage mit Kraft-Wärme-Kopplung, z.B. eines Heizkraftwerks. Berechnung analog wie Wirkungsgrad. Siehe Erläuterung im folgenden Abschnitt zu Effizienzen von Kraftwerken. (Hinweis: Das österreichische Ökostromgesetz definiert einen Brennstoffnutzungsgrad, der analog, aber nicht gleich dem Wirkungsgrad berechnet wird.)

Abwärme: Jene Wärme, die in einem wärmetechnischen oder thermodynamischen Prozess nicht (mehr) nutzbar ist und welche üblicherweise an die Umgebung abgeführt wird.

2.3. Anlagentypen

Es gibt unterschiedliche Typen von Kraftwerken. Folgende sind für die hier vorgenommenen Betrachtungen von Relevanz:

Kondensationskraftwerk, konventionelle Kraftwerke

In diesen Kraftwerken wird aus dem zugeführten Primärenergieträger (Kohle, Gas, Erdöl) ausschließlich elektrischer Strom erzeugt. Die Abwärme, die den Kondensator verlässt, wird nicht mehr genutzt. Der Wirkungsgrad dieser Anlagen beträgt in der Regel 40 bis 50 %.

Heizwerke

Heizwerke sind zentrale Großanlagen zur Erzeugung von Nah- und Fernwärme, die keinen Strom liefern. Ihr Wirkungsgrad kann über 90 % erreichen.

Heizkraftwerke (HKW)

Heizkraftwerken sind große, zentrale Kraftwerke auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung, d.h. sie koppeln Strom und zugleich Wärme aus. Durch die gleichzeitige Nutzung der Wärme wird der Wirkungsgrad der Stromerzeugung herabgesetzt, da die Temperaturdifferenz zwischen Turbineneintritt und -auslass verringert werden muss. Daher ist der maximale Wirkungsgrad geringer als der von Heizwerken, kann jedoch weit über 80 % erreichen.

Blockheizkraftwerke (BHKW)

Blockheizkraftwerken sind *kleine, dezentral installierte* Anlagen zur gleichzeitigen Bereitstellung von Strom und Wärme. Sie werden typischerweise am Ort des Wärmeverbrauchs betrieben. Zur Stromproduktion verwenden BHKW Verbrennungsmotoren, kleine Gasturbinen (unter 15 kW auch Mikro-KWK genannt, s.u.) oder Brennstoffzellen. Die elektrische Leistung von BHKW liegt zwischen 5 kW_{el} und 5 MW_{el}.

Mikro-KWK-Systeme

Kleinste, in einzelnen Gebäuden installierte BHKWs werden auch Mikro-Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme (Mikro-KWK) genannt (Pehnt et al. 2004). Sie haben eine Leistung von unter 15 kW_{el}, ihr elektrischer Wirkungsgrad liegt bei maximal 26%, der Gesamtwirkungsgrad kann jedoch 80% bis über 90% erreichen (Fischer/Praetorius 2006).

3. Effizienzen von Anlagen zur Energieträgererzeugung

3.1. Effizienz von Kraftwerken

3.1.1. Elektrischer Wirkungsgrad

Für die Effizienz von Kraftwerken wird der Begriff Wirkungsgrad (Eta η) verwendet. Der elektrische Wirkungsgrad η_{el} wird nach folgender Formel berechnet:

$$\eta_{el} = \frac{\text{Bereitgestellte Menge Strom (netto) [MWh}_{el}]}{\text{Energiegehalt der eingesetzten Energieträger [MWh]}}$$

Wegen der immer auftretenden Wandlungsverluste ist der Wirkungsgrad stets kleiner als 1 bzw. 100%. Mit Blick auf die Energieeffizienz interessiert nur der Nettowirkungsgrad, d.h. die Menge Strom, die die Anlage effektiv, also nach Abzug des Eigenenergiebedarfs, aus der eingesetzten Primärenergie bereitstellt.

3.1.2. Nennwirkungsgrad

Die technisch maximal mögliche Energieeffizienz, also die Effizienz bei optimalem Betrieb der Anlage, wird als Nennwirkungsgrad bezeichnet. Der Nennwirkungsgrad berechnet sich folgendermaßen:

$$\eta_{el, N} = \frac{\text{Erzeugbare Menge Strom (netto) [MW}_{el}]}{\text{Einzusetzende Primärenergie [MW]}}$$

Heute ist bei Gas- und Dampf-Kraftwerken (GuD-Kraftwerken), die ausschließlich Strom erzeugen, ein Nennwirkungsgrad von 56% bis 58% möglich. Kohlekraftwerke konventioneller Bauart können einen Nennwirkungsgrad elektrisch von 45% (Braunkohle) bis zu 47% (Steinkohle) erreichen (Stand 2003). Der durchschnittliche Nennwirkungsgrad der derzeit in Betrieb befindlichen Kohlekraftwerke zur ausschließlichen Stromerzeugung liegt weltweit bei ca. 30% und in EU 25 bei 38% (BMWA 2003, RWE 2008).

Der Nennwirkungsgrad wird beim Betrieb nicht immer erreicht, denn die tatsächliche Leistung der Anlage hängt von verschiedenen Faktoren ab. Einer dieser Faktoren ist die Stromnachfrage. Diese kann es erforderlich machen, ein Kraftwerk auch in einem nicht optimalen Lastbereich zu fahren. Auch das Anfahren der Anlage führt zu geringerer Energie-

ausbeute. Weitere Einflussfaktoren sind z.B. die Außentemperatur oder die Qualität des Brennstoffs.

3.1.3. Historische Entwicklung der elektrischen Wirkungsgrade von Kraftwerken

Die Stromerzeugung aus stationären Feuerungsanlagen wurde erstmals Ende des 19. Jahrhunderts realisiert. Damals verwendete man zunächst Dampfkolbenmotoren. Diese hatten einen Wirkungsgrad von rund 1%. Mit der Umstellung auf Dampfturbinen wurden höhere Wirkungsgrade von zunächst 5% erreicht. Die weitere Entwicklung bis 1950 erbrachte bei den Kraftwerks-Neubauten einen Wirkungsgrad von 30%. Der Durchschnittswert aller Kraftwerke lag jedoch noch bei mäßigen 17%.

Ein in Dänemark mit neuesten Erkenntnissen an der Küste gebautes Steinkohlekraftwerk, das in der zweiten Hälfte der 1990er Jahre in Betrieb ging, erzielte damals mit Meerwasser-Direktkühlung den Weltbestwert von 47%. Das weltweit beste und größte Braunkohlekraftwerk „BoA“ (Braunkohlekraftwerk mit optimierter Anlagentechnik) der RWE Power AG am Standort Niederaußem im rheinischen Revier mit einer Bruttoleistung von über 1.000 MW(e), das 2002 ans Netz ging, erzielt einen elektrischen Wirkungsgrad von netto 45,3 % (also nach Abzug des Eigenverbrauchs des Kraftwerks für die dortigen Hilfsanlagen, Beleuchtung etc.). In zukünftigen Anlagen ist beabsichtigt, das noch in der Braunkohle enthaltene Wasser vor der Verbrennung mit energiearmer Abwärme zu verdampfen. Bei erfolgreicher Entwicklung wird dies zu einer weiteren spürbaren Erhöhung des Nettowirkungsgrads führen.

Tabelle 1: Durchschnittliche Wirkungsgrad, spezifischer Kohleverbrauch (Gramm Steinkohleeinheiten pro Kilowattstunde), CO₂-Emissionen von Kohlenkraftwerken

	η	g SKE/kWh	g CO ₂ /kWh
China/Russland	23 %	534	1.600
Welt	31 %	396	1.188
Deutschland	38 %	323	969
Künftige Technik	55 %	223	669
Langfristig	60 – 65 %	205 – 189	612 – 567

Quelle Text (angepasst) und Tabelle: Schilling (2004)

3.2. Effizienz von Heizwerken (Fernwärmeerzeugung)

3.2.1. Thermischer Wirkungsgrad

Wenngleich der Reiz der Fernwärme in der Nutzung von Abwärme z.B. der Stromerzeugung oder der Müllverbrennung liegt, müssen für Fernwärmenetze auch Heizwerke speziell zur Erzeugung von Wärme vorgehalten werden. Diese Anlagen dienen der Abdeckung von Spitzenlastzeiten im Winter.

Um die Leistungsfähigkeit dieser Spitzenlastwerke zu vergleichen, wird der thermische Wirkungsgrad berechnet:

$$\eta_{th} = \frac{\text{Bereitgestellte Menge (Fern-)Wärme (netto) [MWh}_{th}]}{\text{Energiegehalt der eingesetzten Energieträger [MWh]}}$$

Das Ergebnis ist der thermische Wirkungsgrad, ein Effizienzwert, in Prozent ausgedrückt.

Im Vergleich zu Strom erzeugenden Kraftwerken ist der Wirkungsgrad von Heizwerken deutlich höher. Bei einer technisch optimalen Auslastung beträgt die Effizienz der Spitzenlastheizwerke von Wienenergie Fernwärme ca. 92%.

Allerdings die Nutzbarkeit von Wärme eine andere ist als die von Strom. In der Physik wird für derartige Nutzungsbetrachtungen die Exergie, vereinfacht gesagt, der Anteil der Energie, der Arbeit verrichten kann, betrachtet. Hierzu siehe unsere Ausführungen in Kap. 3.3.2 und ausführlicher in Kap. 11.

3.3. Effizienz von Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung

3.3.1. Gesamtwirkungsgrad und Brennstoffnutzungsgrad

Bei der gleichzeitigen Gewinnung von Strom und Wärme können die eingesetzten Brennstoffe am effizientesten genutzt werden. Denn bei der Erzeugung von Strom in kalorischen Kraftwerken (und Atomkraftwerken) wird unvermeidbar auch ein großer Anteil der eingebrachten Primärenergie in Wärme umgewandelt. Diese Wärme wird in Heizkraftwerken zur Erzeugung von Fernwärme genutzt.

Der Gesamtwirkungsgrad berechnet sich wie folgt:

$$\eta_{el+th} = \frac{\text{Bereitgestellte Energiemenge} \\ ((\text{Fern-)Wärme (netto) [MWh}_{th}] + \text{Strom (netto) [MWh}_{el]})}{\text{Energiegehalt der eingesetzten Energieträger [MWh]}}$$

Statt vom Gesamtwirkungsgrad wird zum Teil auch vom Brennstoffnutzungsgrad (z.B. UBA 2007⁵) bzw. von Brennstoffausnutzungsgrad (Kail und Haberberger 2001, Ökostromgesetz) gesprochen, weil die Summierung der unterschiedlichen Energieformen Strom und Wärme je nach Zweck der Betrachtung problematisch ist (siehe unten). Daher wird ein Begriff eingesetzt, der nicht auf die Produkte, sondern die Ausbeute des Energieträgers zielt. Das Ökostromgesetz und die novellierte EU-Abfallrahmenrichtlinie bewerten dabei die nutzbare Wärmeenergie geringer als den elektrischen Strom, vgl. Abschnitte 3.3.3 und 3.3.4.

Bei Kraft-Wärme-Kopplung kann derzeit ein Gesamtwirkungsgrad von maximal 86 % erreicht werden. Dieser maximal mögliche Wert wird im Betrieb nicht durchgängig erreicht. Die tatsächliche Energieausbeute liegt niedriger, weil die Anlagen sich nach der jeweiligen Energienachfrage, z. B. nach Strom oder nach Wärme, richten müssen und daher nicht immer aus technischer Sicht optimal gefahren werden können. Bei stromgeführten Heizkraftwerken kann es vorkommen, dass die erzeugte Fernwärme nicht oder nicht vollständig abgenommen wird.

Die KWK-Anlagen von Wien Energie haben in den letzten drei Jahren im Jahresmittel immer Nutzungsgrade (Wirkungsgrade) von über 70 % erreicht, während der Heizperiode liegt der Wert natürlich höher.

3.3.2. Vergleich der Effizienz von Heiz- und KWK-Kraftwerken – Exergie und Anergie

Oben wurde formuliert „bei der gleichzeitigen Gewinnung von Strom und Wärme können die eingesetzten Brennstoff am effizientesten genutzt werden“. Nun liegt aber der maximal mögliche Wirkungsgrad moderner KWK-Kraftwerke mit 86% *unter* dem Wirkungsgrad von Heizwerken, der 94% erreichen kann.

Weshalb gilt Kraft-Wärme-Kopplung als besonders effizient, obwohl der Wirkungsgrad der Anlagen bezogen auf den summarischen Energieoutput geringer ist als bei Heizwerken ohne Stromauskopplung?

Durch die Summenbildung von Strom und Wärme, jeweils gemessen in der Energieeinheit Megawattstunde, also MWh, werden die Sekundärenergieträger Strom und (Fern)Wärme gleichgesetzt. Tatsächlich jedoch ist Strom ein deutlich höherwertiger Energieträger, denn er ist sehr vielseitig einsetzbar und kann über sehr weite Strecken transportiert werden, während Wärme im Prinzip „nur“ zum Heizen von Räumen, zum Kühlen und für industrielle Prozesse im Nahbereich eingesetzt werden kann. Beispielsweise können Heizungen auch mit Strom betrieben werden, nicht jedoch umgekehrt Computer mit heißem Wasser. Den

⁵ UBA 2007, S. 3/4: „Da ein durchschnittlicher Wirkungsgrad aller Kraftwerke nur mit hohen Unsicherheiten berechnet werden könnte, nutzt das UBA ersatzweise den Brennstoffnutzungsgrad aus dem Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung (AGEB 2006a) und der Bruttostromerzeugung nach Energieträgern (AGEB 2006b) (Input/Output-Relation).“

physikalischen Hintergrund für diesen Sachverhalt liefert das Konzept von Exergie und Anergie.

Das Konzept von Exergie und Anergie beschreibt Geller (2006) wie folgt:

„Das Energieerhaltungsprinzip des 1. [thermodynamischen] Hauptsatzes besagt, dass Energie weder vernichtet noch produziert werden kann. Energie ist nur wandelbar in ihren Erscheinungsformen. Erscheinungsformen sind beispielsweise die

- mechanischen Energien (kinetische Energie, potentielle Energie)
- die elektrische Energie,
- die thermischen Energien (Wärme, Enthalpie, innere Energie)

Die mechanischen Energieformen und die elektrische Energie gehören zu den Energieformen, die sich unbeschränkt in jede andere Energieform umwandeln lassen, sofern nur der Prozess der Wandlung reversibel erfolgt. Die Wandelbarkeit der thermischen Energien unterliegt hingegen Einschränkungen, die ihnen der zweite Hauptsatz auferlegt. So kann man zwar die Arbeit eines Rührwerkes vollständig in innere Energie umwandeln, der umgekehrte Prozess gelingt jedoch nicht. Thermische Energien können nur insoweit genutzt werden, als sie sich nicht im thermodynamischen Gleichgewicht mit der Umgebung befinden. Thermodynamisches Gleichgewicht umfasst thermisches Gleichgewicht und mechanisches Gleichgewicht. Chemisches Gleichgewicht bleibt hier außer Betracht. Wenn die Zustandsgrößen Temperatur und Druck des am Energiewandlungsprozess beteiligten Systems mit den Werten der Umgebung übereinstimmen, dann ist die Umwandlungsfähigkeit des Systems erschöpft. Thermische Energien bestehen demnach aus zwei Anteilen, einem unbegrenzt in andere Formen wandelbaren Teil und in einem nicht mehr verwertbaren Teil. Nach einem Vorschlag von Z. Rant werden sie Exergie und Anergie genannt und es gilt:

$$\text{Energie} = \text{Exergie} + \text{Anergie}$$

Die mechanischen Energien und die elektrische Energie sind nach dieser Definition ausschließlich Exergien, weshalb man sie manchmal auch als „Edelenergien“ bezeichnet.“ (Geller 2006).⁶

3.3.3. Brennstoffausnutzungsgrad nach ÖkostromG

Laut österreichischem Ökostromgesetz⁷ ist die Vergütung von Strom aus KWK-Anlagen an die Einhaltung eines in diesem Gesetz gesondert definierten Brennstoffausnutzungsgrads gekoppelt. Dieser Brennstoffausnutzungsgrad berechnet sich nach folgender Formel:

⁶ Wem diese Darstellung noch etwas zu trocken ist, er sei auf die etwas journalistischere Beschreibung von Leuschner verwiesen, die hier im Anhang, Kap. 11.1. zitiert ist.

$$\text{Brennstoffausnutzungsgrad nach ÖkostromG} = \frac{\text{Bereitgestellte Energiemenge} \left(\frac{2}{3} * (\text{Fern-})\text{Wärme (netto) [MWh}_{\text{th}}] + \text{Strom (netto) [MWh}_{\text{el}}] \right)}{\text{Energiegehalt der eingesetzten Energieträger [MWh]}}$$

Im Gegensatz zum Wirkungsgrad geht in der Formel des Ökostromgesetzes die ausgekoppelte Wärme nicht mit dem Faktor 1, sondern nur mit dem Faktor $\frac{2}{3}$ in die Berechnung ein. Die bereitgestellte Wärme wird also geringer gewichtet als der bereitgestellte Strom. Damit eine Vergütung nach Ökostromgesetz für den erzeugten Strom gezahlt wird, muss dieser spezielle Brennstoffausnutzungsgrad mindestens 0,6 betragen.

Diese Berechnung gilt, wie dargestellt, jedoch nur für das ÖkostromG; in der einschlägigen Literatur z.B. in Deutschland wird der Brennstoffnutzungsgrad wie der Gesamtwirkungsgrad berechnet (z.B. UBA 2007).

3.3.4. Energieeffizienz in der Novelle der EU-Abfallrahmenrichtlinie

In der Novelle der Abfallrahmenrichtlinie (EU-Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle vom 19. November 2008) werden im Anhang Vorgaben für Verwertungsverfahren zur Energieerzeugung definiert.

Als Verwertungsverfahren zur Energieerzeugung (R1) werden Anlagen bezeichnet, deren Energieeffizienz mindestens 0,6 (Altanlagen) bzw. mindestens 0,65 (Neuanlagen, ab dem 1.1.2009 genehmigt) beträgt. Dafür wird eine Energieeffizienz nach der so genannten R1-Formel definiert. Diese gewichtet Strom mit Faktor 2,6 und Wärme „nur“ mit Faktor 1,1. Diese politisch festgelegten Werte basieren auf einem durchschnittlichen europäischen Kraftwerk (nicht MVA!). Siehe ausführlicher in Anhang 2: Formel für Energieeffizienz in der Novelle der EU-Abfallrahmenrichtlinie vom 19.11.2008.

3.3.5. Brennstoffnutzungsgrad als Maß für Effizienz?

Ob der Brennstoffnutzungsgrad einer Anlage als Maß für Effizienz geeignet ist, hängt offensichtlich von der Fragestellung ab. Zunächst illustriert er den offensichtlichen Vorteil der Stromerzeugung unter Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber der reinen Verstromung. Jedoch kann aus dem Vergleich des Wirkungsgrads eines Heizkraftwerks mit dem eines Heizwerks nicht geschlossen werden, dass letzteres vorteilhafter ist, weil grundsätzlich nicht nur Wärme, sondern auch Strom benötigt wird. Ausschlaggebend ist letztlich eine Effizienz in Bezug auf den Bedarf in einem Versorgungsgebiet. Siehe u.a.

⁷ <http://www.oem-ag.at/static/cms/sites/oem-ag.at/media/downloads/OekostromgesetzNovelle2006.pdf>

Effizienzbetrachtungen in Bezug auf Städte, Regionen und Länder.

Für den Vergleich von Kraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung untereinander ist der Brennstoffnutzungsgrad ein wichtiger Parameter. Um der Höherwertigkeit von Strom im Vergleich zu Wärme gerecht zu werden, haben das Ökostromgesetz und die novellierte Abfallrahmenrichtlinie - wie oben dargestellt – jeweils eine spezielle Formel entwickelt. Durch die geringere Gewichtung von Wärme soll offenbar erreicht werden, dass stromgeführte KWK nicht gegenüber wärmegeführter KWK benachteiligt wird.

3.3.6. Blockheizkraftwerke

Kleinere Heizkraftwerke werden Blockheizkraftwerke (BHKW) genannt. Sie werden in der Industrie oder auch für Gebäude – hier anstelle von Heizungen – eingesetzt. Motivation ist auch hier die höhere Effizienz, also der höhere Brennstoffnutzungsgrad, durch die Kraft-Wärme-Kopplung. Im Winter, wenn viel Wärme benötigt wird, erzeugen diese Anlagen in der Regel aber mehr Strom, als von den Haushalten benötigt wird. Dieser Strom wird dann an das Netz abgegeben. Im Sommer dagegen ist es oft wirtschaftlicher, Strom aus dem Netz zuzukaufen, weil für die Wärme zu wenig Bedarf besteht. Manche ExpertInnen (z.B. Bradke et al. 2006) halten diese Blockheizkraftwerke für einen wichtigen Lösungsansatz, um den Primärenergiebedarf eines Landes zu senken. Andere vertreten jedoch die Auffassung, dass aufgrund der zunehmenden Gebäudeisolierung der Heizenergiebedarf in Zukunft so weit zurück gehen wird, dass BHKW kein sinnvoller Ansatz seien, sondern besser stärker an der Isolierung von Gebäuden gearbeitet werden solle.

4. Effizienzbetrachtungen bei Endnutzern

Nicht nur bei der Umwandlung von Primärenergieträgern in Endenergie kommt es aus klimapolitischer Sicht auf die Effizienz an, sondern genauso auch beim „Verbrauch“, also beim Einsatz der Nutzenergie.

4.1. Vergleich der Effizienz von Geräten, die gleichartige Energieträger nutzen

Bei Waschmaschinen, Kühlschränken oder auch Glühbirnen hängt der Energieverbrauch sehr stark von der Konstruktion des Geräts ab. Damit die VerbraucherInnen beim Kauf vergleichen können, wie effizient die verschiedenen Modelle sind, ist es in der Europäischen Union bereits seit mehreren Jahren Vorschrift, diese Geräte mit einer entsprechenden Kennzeichnung zu versehen. Im Falle von Waschmaschinen berücksichtigt die Kennzeichnung den Stromverbrauch für einen durchschnittlichen Waschgang.

Die oben genannten Geräte haben gemein, dass sie alle die gleich Energieträger – im konkreten Fall: Strom – nutzen, daher sind hier direkte Vergleiche in Bezug auf den direkten Energieverbrauch leicht möglich. Natürlich beeinflussen aber auch andere Aspekte die Anschaffung dieser Geräte, z.B. Anschaffungspreis, Reparaturanfälligkeit, Lebensdauer und Programmauswahl.

Abbildung 3: Europäische Energieverbrauchskennzeichnung für eine Waschmaschine.



Quelle: Unbekannt

Wirkungsgrad

Statt Effizienz wird auch von Wirkungsgrad gesprochen, der z.B. für Elektromotoren verwendet wird. Dort liegt er zwischen 0,7 und 0,95 resp. zwischen 70 und 95%.

Abbildung 4: Energieaufnahme und Energieabgabe eines Elektromotors.



Quelle: www.energie-fakten.de

4.2. Vergleich der Effizienz von Geräten, die unterschiedliche Energieträger nutzen

Vergleicht man - jeweils in MWh gerechnet - den Bedarf an Erdöl für eine Ölheizung mit dem Stromverbrauch einer Wärmepumpe, ergibt sich, dass man zur Erwärmung eines Raums mit einer Wärmepumpe 80% weniger Energie benötigt als mit einer Ölheizung. Denn eine Wärmepumpe kann im Idealfall aus 1 MWh Strom 3 bis 4 MWh Wärme bereitstellen, indem der Umgebung (z.B. Boden, Abwasser) Wärme entzogen wird.

Bei dieser Rechnung sind jedoch auch die so genannten Vorketten zu berücksichtigen. So stammt Strom in Westeuropa zu nennenswerten Teilen aus mit Gas und Kohle betriebenen Kraftwerken. Die Herstellung von 1 MWh Strom in einem fossil befeuerten Kraftwerk werden im Durchschnitt 2,7 MWh fossile Ressourcen benötigt. Für den österreichischen Strommix 2005 waren es dagegen „nur“ 1,7 MWh primärer Ressourcen/MWh Strom, davon rund 1 MWh/MWh nicht erneuerbar.⁸

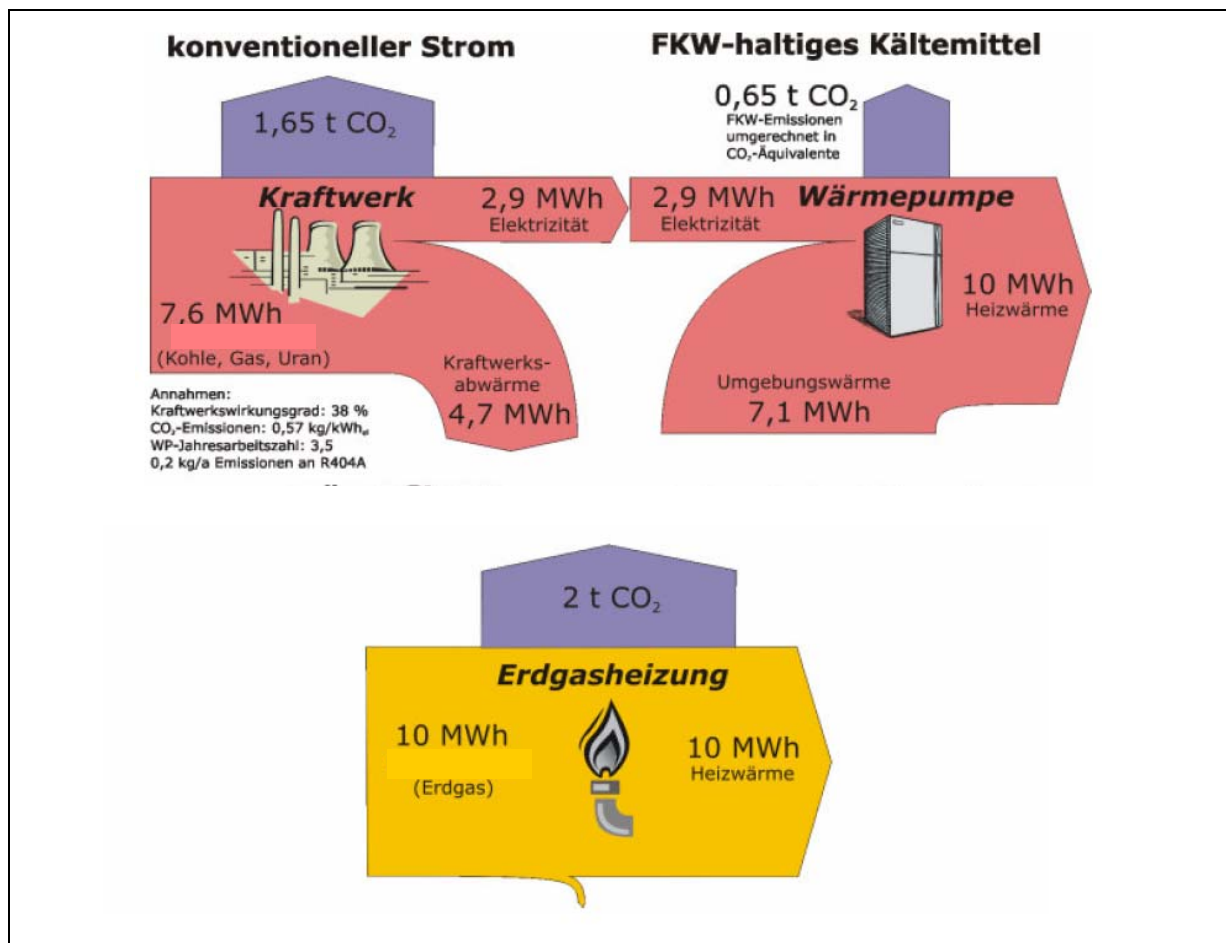
Um die tatsächliche Einsparung von fossilen Brennstoffen und CO₂-Emissionen im Vergleich zu einer Ölheizung zu ermitteln, muss daher mit der Primärenergieeffizienz gerechnet werden. Mit anderen Worten, man muss den durchschnittlichen Verbrauch primärer Energieträger bei der Stromerzeugung sowie die Leitungsverluste beim Transport der primären und ggf. sekundären Energieträger mit berücksichtigen.

Abbildung 5 zeigt die Energie- und Umweltbilanz einer Kompressions-Wärmepumpe im Vergleich zur Erdgasheizung mit Brennwerttechnik, wobei für den Wärmepumpenstrom ein Kraftwerk ohne KWK und mit einer CO₂-Emission von 570 g/kWh_{el} modelliert wurde. Als

⁸ <http://www.probas.umweltbundesamt.de> / Home / Auswahl nach Themen / Energie / Endenergie (Wärme, Strom, mechan. Energie) / Strom / Strom-Mix / Details: EI-KW-Park-AT-2005, Summe KEA

Kältemittel wurde FKW404A⁹ angesetzt. Nach dieser Modellierung beläuft sich die mit der Bereitstellung von elektrischem Strom verbundene Emission für die Bereitstellung von 10 MWh Heizwärme mittels Wärmepumpe auf rund 2,3 CO₂ Tonnen pro Jahr, für die Erdgasheizung mit Brennwertechnik dagegen nur auf 2,0 t CO₂/a.

Abbildung 5: Energie- und Umweltbilanz der Kompressions-Wärmepumpe im Vergleich zur Erdgasheizung mit Brennwertechnik bei einem jährlichen Heizwärmebedarf von 10.000 kWh = 10 MWh.



Quelle: Quaschnig (2006) (angepasst)

Vereinfachte Darstellung; die Netzverluste des Erdgases bei der Verteilung z.B. im städtischen Netz wurden nicht berücksichtigt. Bei Wien Energie Gasnetz betragen sie im Jahr 2007 lediglich 0,21 % und wären in dieser Betrachtung daher zu vernachlässigen. Allerdings ist die Darstellung der Erdgasheizung in der zitierten Quelle nicht ganz korrekt. Selbst bei einer modernen Brennwertechnik werden z.B. 11 MWh Erdgas benötigt, um 10 MWh Heizwärme zur Verfügung zu stellen.

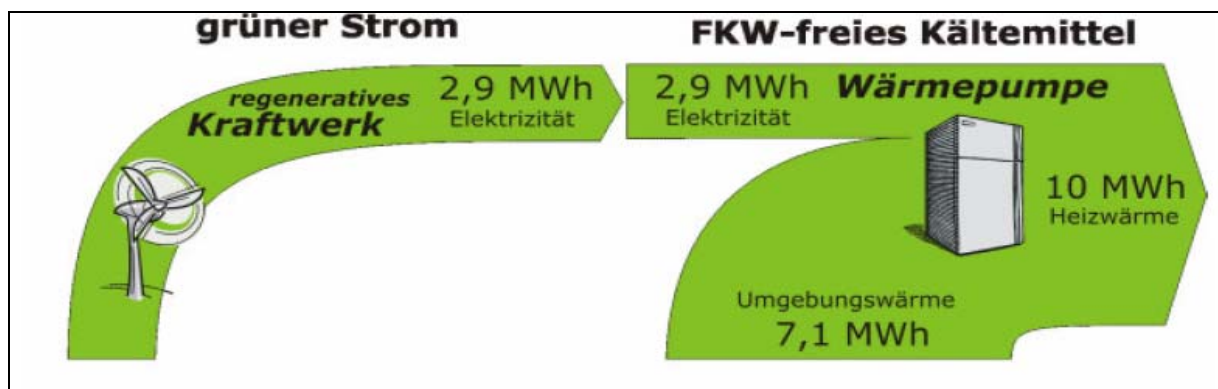
⁹ HFKW404A besteht aus folgenden Einzelsubstanzen (in Klammern: jeweiliges Treibhauspotenzial, verglichen mit fossilem CO₂): 52 % HFKW143a (3.800), 44 % HFKW125 (2.800), 4 % HFKW134a (1.300). In Summe ergibt sich daraus ein gewichtetes Treibhauspotenzial von 3.260.

Für den österreichischen Strommix 2005 belief sich die CO₂-Emission (in CO₂-Äquivalenten¹⁰) endenergiebezogen auf nur 278 g/kWh_{el}, also knapp die Hälfte des oben verwendeten Wertes⁸. Bei Berücksichtigung des österreichischen Strommixes würde sich die Bilanz in Abbildung 5 bereits zugunsten der Wärmepumpe auf (0,8 + 0,65 =) 1,45 t/a verschieben.

Wird zum Betreiben der Wärmepumpe Strom aus regenerativen Quellen genutzt und ein FKW¹¹-freies Kältemittel eingesetzt, dann sieht die Treibhausgas-Bilanz für die Wärmepumpe hervorragend aus – sie stellt die Raumwärme ohne klimarelevante Emissionen¹² zur Verfügung.

Jedoch muss auch berücksichtigt werden, dass die österreichischen wie europäischen Kapazitäten für erneuerbare Energien trotz der umfangreichen Wasserkraftwerke bereits ausgeschöpft werden. Zusätzlicher Strombedarf führt daher zum Anstieg der Erzeugung aus fossil betriebenen Kraftwerken.

Abbildung 6: Energiebilanz der Kompressions-Wärmepumpe bei einem jährlichen Heizwärmebedarf von 10.000 kWh = 10 MWh.



Quelle: Quaschnig (2006) (angepasst)

Die Betrachtung zeigt, dass zum Vergleich von Geräten, die unterschiedliche Energieträger einsetzen, nicht der Energieinhalt der eingesetzten Energieträger allein als Vergleichsgrundlage herangezogen werden darf. Vielmehr müssen die Primärenergieträger, die erforderlich sind, um diese Energieträger bereit zu stellen, und die bis zum Punkt der

¹⁰ Da die verschiedenen Treibhausgase das Klima unterschiedlich stark schädigen, vergleicht man ihre Wirksamkeit mit der von CO₂. Das Treibhauspotenzial (GWP = global warming potential) von 1 Tonne CO₂ fossilen Ursprungs wurde mit 1 definiert. Für andere Treibhausgase berechnet man die CO₂-Gleichwerte, die sog. CO₂-Äquivalente. Methan (das z.B. in großen Mengen von der Landwirtschaft emittiert wird) hat – über einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet – ein GWP von 23, bestimmte Fluorverbindungen erreichen Werte von mehreren Tausend, siehe Fußnote 9.

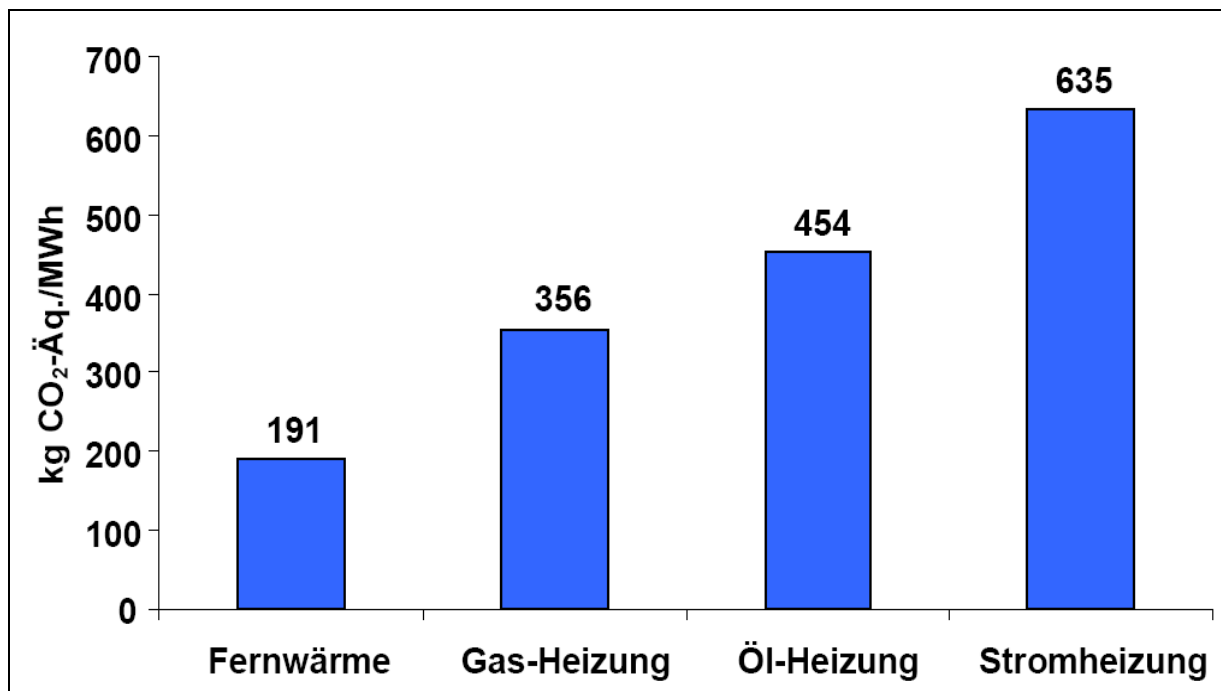
¹¹ FKW = Fluorkohlenwasserstoffe

¹² Die mit der **Herstellung** von Anlagen (Kraftwerken), Aggregaten (Wärmepumpe) und Infrastruktur (Leitungsnetz für Strom und Gas) verbundenen Emissionen werden – wie in Ökobilanzen üblich – nicht berücksichtigt.

Bereitstellung als Endenergie auftretenden Energieverluste mit eingerechnet werden (Primärenergieeffizienz).

Zur besseren Vergleichbarkeit der klimarelevanten Emissionen wird oftmals auf die spezifischen Emissionen an CO₂-Äquivalenten zurückgerechnet, vgl. Abbildung 7.

Abbildung 7: Vergleich der CO₂-Emissionen je MWh Nutzenergie verschiedener Heizungssysteme unter Einbezug der Vorkette für Wien und das Jahr 2001.



Quelle: Daten von Umweltbundesamt GmbH (2003)

5. Effizienzbetrachtungen in Bezug auf Städte, Regionen und Länder

5.1. Fragestellungen und Vorüberlegungen

5.1.1. Fragestellungen

Wie bereits angesprochen dient Energieeffizienz den Zielen des Klimaschutzes und der Versorgungssicherheit. Für die Politik stellt sich die Frage, wie die Energieversorgungssysteme von Städten, Ländern und Regionen optimal gestaltet werden können. Welche Kraftwerke und Verteilungsnetze sollen eingesetzt werden? Welche Auswirkungen haben dezentrale Strukturen? Welche Auswirkungen haben neue Technologien der Energiewandlung?

Hierbei sind natürlich auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen zu beachten. So hat etwa der Nationalrat am 23.05.2006 sechs Gesetzesnovellen¹³ verabschiedet, die unter dem gemeinsamen Oberbegriff „Energieversorgungssicherheitsgesetz“ zusammengefasst werden. U.a. besteht seither bei begrenztem Netzzugang Vorrang der umweltschonenden Erzeugungskapazitäten. Erneuerbare Energieträgern und Strom aus KWK-Anlagen wurden gleichgestellt. Mit dem Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz¹⁴ werden zudem zukünftig Maßnahmen zum verstärkten Ausbau von Fernwärme und Fernkälte gefördert.

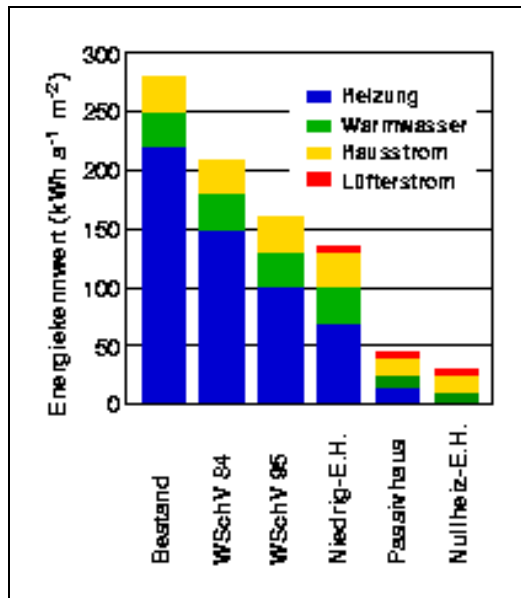
5.1.2. Vorüberlegungen

Beim Vergleich Gasheizung versus Wärmepumpe wurden zwei technische Konzepte betrachtet, die die gleiche Menge Nutzenergie (in diesem Fall 10 MWh Raumwärme) bereitstellen, dafür aber unterschiedliche Energieträger einsetzen. Für die Abschätzung der Klimaeffekte wurde die Primärenergieeffizienz dieser technischen Konzepte verglichen. Lässt sich dieser Ansatz auch auf eine Stadt oder Region übertragen? Kann auch hier ein einzelner Effizienzwert für Vergleiche herangezogen werden? Betrachtet man vereinfachend nur einen Haushalt, dann werden dort unterschiedliche Arten an Endenergie benötigt, nämlich Raumwärme, Kochwärme, Licht, Bewegungsenergie von Maschinen (Hausgeräte) etc. Diese Nutzenergie zu addieren, macht ähnlich wie im Fall der Betrachtung von Fernwärme und Strom nur wenig Sinn. Denkbar ist, alternativ den Nutzenergiebedarf eines Durchschnittshaushalts zugrunde zu legen und auf den Betrachtungsraum hoch zu rechnen, siehe Abbildung 8.

¹³ EIWOG - Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz, Gaswirtschaftsgesetz, Energielenkungsgesetz, Erdöl-, Bevorratungs- und Meldegesetz, Bundesgesetz gegen den unlauteren Wettbewerb, Energie-Regulierungsbehördengesetz

¹⁴ Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz und Änderung des Energie-Regulierungsbehördengesetzes. BGBl I 113/2008, 08.08.2008

Abbildung 8: Der totale Energiebedarf von Wohngebäuden nach den verschiedenen Baustandards, der definiert wird durch den Energiekennwert.



Quelle: Unbekannt, zitiert nach Pelte (2002)¹⁵

Eine andere Möglichkeit, Energieeffizienzen für Länder und Regionen zu bilden, liegt in der Verwendung von Bezugsgrößen, die sich nicht auf Energie beziehen. In Betracht kommen hier insbesondere das Bruttoinlandsprodukt oder die Zahl der EinwohnerInnen oder Beschäftigten.

5.2. Energieeffizienz eines Landes in Bezug auf monetäre Größen

Bruttoinlandsprodukt (BIP) und Primärenergiebedarf (PEB)

Unter der **Energieeffizienz** eines Landes wird das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt¹⁶ je Primärenergiebedarf (in TJ oder kWh) verstanden. Der Kehrwert ist ein Maß für die Energieintensität, siehe auch Definitionen Seite 4.

¹⁵ Die Werte sind nicht mehr aktuell. Da hier das Prinzip gezeigt werden soll, ist dies weniger relevant. Es ist vorgesehen, in 2009 aktuellere Daten zu ermitteln. Eine Statistik für den durchschnittlichen Energiebedarf aller Haushalte je Bundesland in Österreich findet sich bei Statistik Austria. Siehe dort unter: Entwicklung der Energieintensität der Haushalte. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/energie/energieeffizienzindikatoren/index.html.

¹⁶ Das Bruttoinlandsprodukt (Abkürzung: BIP) gibt den Gesamtwert aller Güter (Waren und Dienstleistungen) an, die innerhalb eines Jahres innerhalb der Landesgrenzen einer Volkswirtschaft hergestellt wurden und dem Endverbrauch dienen. <http://de.wikipedia.org/wiki/Bruttoinlandsprodukt>
Im Unterschied zum Bruttonationaleinkommen werden bei der Berechnung des BIP die Leistungen von In- und Ausländern erfasst (so genanntes Inlandsprinzip): **Bruttoinlandsprodukt (BIP)** gleich Bruttonationaleinkommen (vormals „Bruttosozialprodukt“) plus an die übrige Welt gezahlte minus aus der übrigen Welt empfangene Einkommen.

Energieeffizienz BIP/PEV

[Bruttoinlandprodukt in €/a je Primärenergieverbrauch in TJ/a] = €/TJ

[Bruttoinlandprodukt in €/a je Primärenergieverbrauch in kWh/a] =

€/kWh.

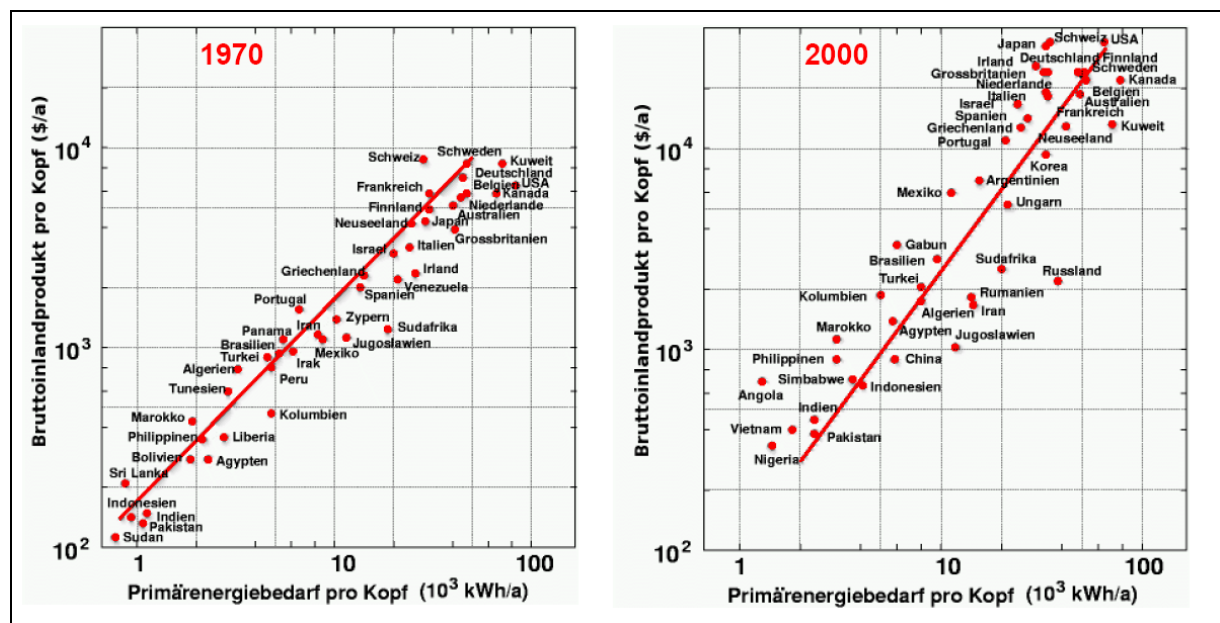
Energieintensität PEV/BIP (auch: Primärenergiebedarf (**PEB**) je Bruttoinlandprodukt)

[Primärenergieverbrauch TJ/a je Bruttoinlandprodukt in €/a] = TJ/€

[Primärenergieverbrauch kWh/a je Bruttoinlandprodukt in €/a] = kWh/€.

Untersuchungen zeigen, dass eine Korrelation zwischen diesen beiden Größen besteht: Je höher das Bruttoinlandprodukt, desto höher auch der Primärenergieverbrauch, siehe **Fehler!** **Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**¹⁷).

Abbildung 9: Korrelation zwischen dem Bruttoinlandsprodukt und dem Primärenergiebedarf einiger Länder im Jahr 1970 und 2000.



Quelle: Unbekannt, zitiert nach Pelte (2002)

Pelte (2002) erläutert die Entwicklungen und unterschiedlichen Ausprägungen folgendermaßen:

„Man beachte, dass die Korrelation zwischen Bruttoinlandprodukt (BIP) und Primärenergiebedarf (PEB) in einer doppelt-logarithmischen Darstellung gezeigt

¹⁷ Bei diesen Darstellungen ist davon auszugehen, dass der zugrunde gelegte Wert für den Primärenergiebedarf sich aus der im Inland **gewonnenen** Primärenergie und den **importierten** fossilen Energieträgern berechnet. Diese „statistische“ Definition für Primärenergie weicht von der in Abschnitt 2.2 Primär-, Sekundär-, End-, und Nutzenergie vorgestellten Definition ab, denn die Energieverluste beim Transport und ggf. der Aufbereitung werden für diese statistische Betrachtung vernachlässigt.

ist, welche die Daten für Länder mit geringem Lebensstandard entzerrt. Und man erkennt auf diese Weise auch, dass der so definierte Lebensstandard um etwa 2 Größenordnungen zwischen den ärmsten und den reichsten Ländern schwankt. Erstere werden natürlich alles daran setzen, längs der Geraden in obiger Abbildung nach oben zu gelangen. ...

Die Schwankungen in den PEB/BIP-Verhältnissen der Länder, welche in der Abbildung oben zu beobachten sind, kommen nicht überraschend, denn beide Größen hängen von vielen Faktoren ab [Industriestruktur, Klimaverhältnisse, Technisierung etc.], die in jedem Land verschieden sind. Außerdem verändern sich die PEB/BIP-Verhältnisse im Laufe der Zeit, wie man erkennt, wenn die Korrelation zwischen Bruttoinlandprodukt und Primärenergiebedarf 30 Jahre später, also für das Jahr 2000, dargestellt wird.

Seit etwa 1980 veränderte sich der Primärenergiebedarf in Deutschland nur noch wenig, während das Bruttoinlandprodukt weiter angestiegen ist. [...] Dafür sind verschiedene Gründe verantwortlich:

Bessere Techniken haben den Nutzungsgrad der Wandlung von Primärenergie zur Nutzenergie erhöht, z.B. durch den Einbau neuer und besserer Heizungsanlagen und durch eine bessere Wärmeisolation von Gebäuden.

Es findet ein langsamer Wandel der Wirtschaftsstruktur von der Industrie- in eine Dienstleistungsgesellschaft statt. [...]

Die Entwicklung in Deutschland lässt sich aber nicht ohne weiteres auf den Rest der Welt übertragen. Es ist in der Tat so, dass das PEB/BIP-Verhältnis in fast allen Ländern in der Zeit von 1980 bis 2003 nur konstant geblieben ist, und in einigen Fällen sogar angestiegen ist.

Für Österreich kommt Statistik Austria bei Verwendung des Bruttoinlandprodukts (BIP) und temperaturbereinigter Werte zu dem Ergebnis, dass die Energieintensität von 1990 bis 2006 **konstant** geblieben ist (Spalte rechts). Hintergrund ist, dass das **Bruttoinlandprodukt** in diesem Zeitraum deutlich stärker angestiegen ist als die **Bruttowertschöpfung**.

Tabelle 2: Entwicklung der Energieintensität in Österreich in Bezug auf das BIP; EEV = Endenergieverbrauch.

Entwicklung der Energieintensität in Österreich

Jahr	Bruttoinlandsprodukt (BIP) real ¹⁾ Mio. Euro	Bruttoinlandsverbrauch	Energetischer Endverbrauch (EEV)		Bruttoinlandsprodukt real ¹⁾	Energieintensität		
			insgesamt	temperaturbereinigt ²⁾		Bruttoinlandsverbrauch je BIP real ¹⁾	EEV je BIP real ¹⁾	EEV, temperaturbereinigt ²⁾ je BIP real ¹⁾
			TJ					
1990	163.536	1.052.148	766.464	782.786	100	100	100	100
1991	169.418	1.120.806	828.395	814.827	104	103	104	100
1992	173.419	1.079.745	809.211	816.223	106	97	100	98
1993	173.997	1.093.264	824.614	826.851	106	98	101	99
1994	178.627	1.088.112	807.285	832.886	109	95	96	97
1995	182.038	1.140.426	845.479	847.652	111	97	99	97
1996	186.806	1.212.042	919.609	887.430	114	101	105	99
1997	190.242	1.211.686	899.741	895.931	116	99	101	98
1998	197.017	1.229.278	926.878	938.863	120	97	100	100
1999	203.560	1.227.446	935.928	953.782	124	94	98	98
2000	210.392	1.222.354	944.616	991.690	129	90	96	98
2001	212.141	1.289.204	995.968	1.010.294	130	94	100	99
2002	213.959	1.309.078	1.009.652	1.034.028	131	95	101	101
2003	216.557	1.378.464	1.063.628	1.061.470	132	99	105	102
2004	221.557	1.387.679	1.063.121	1.074.521	135	97	102	101
2005	226.084	1.433.822	1.097.870	1.089.787	138	99	104	101
2006	233.550	1.442.249	1.092.767	1.105.138	143	96	100	99

Q: STATISTIK AUSTRIA, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2006. Erstellt am 06.05.2008. - 1) Auf Basis von Vorjahrespreisen, Referenzjahr 2000. - 2) Die Temperaturbereinigung bezieht sich auf den Energieverbrauch von Raumheizung und Klimaanlage.

Quelle: Statistik Austria (2008)

Das BMWA (2007) hat in seinem Effizienzaktionsplan (s.u.) ebenfalls den nationalen Energieverbrauch in Relation zu einer volkswirtschaftlichen Kennzahl gesetzt. Hier wurden der Verbrauch an Endenergie auf die **Bruttowertschöpfung** (TJ/Mio. Euro) bezogen. Diese ist ja, siehe Tabelle 2, in diesem Zeitraum deutlich geringer angestiegen als das Bruttoinlandsprodukt.

In Tabelle 3 ist zu erkennen, dass

- der Endenergieverbrauch und die Bruttowertschöpfung zugenommen haben,
- die Energieintensität – also der energetische Aufwand für das Erreichen der Bruttowertschöpfung (nicht: Bruttoinlandsprodukt!) – dagegen aber nicht ab-, sondern ebenfalls zugenommen hat, und zwar um knapp 10 % im Zeitraum 1995 bis 2005.

Mit anderen Worten: In den vergangenen Jahren hat die Energieeffizienz in Österreich bezogen auf die **Bruttowertschöpfung** um gut 10 % **abgenommen**.

Tabelle 3: Ex-post Entwicklung der Energieintensität in Österreich [Endenergie in TJ/Mio. Euro – Bruttowertschöpfung zu Herstellungspreisen – exklusive jener des Umwandlungseinsatzes des Sektors Energie – zu realen Preisen (2000=100)].

Österreich	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Endenergieverbrauch [PJ]	845	920	900	927	936	943	1.009	1.013	1.064	1.064	1.105
Bruttowertschöpfung zu Herst.-Pr. [Mrd. € (real. 2000= 100)]	164	166	167	172	177	183	184	185	187	191	193
Energieintensität [TJ/Mio. € (real. 2000=100)]	5,2	5,5	5,4	5,4	5,3	5,1	5,5	5,5	5,7	5,6	5,7

Quelle: BMWA (2007)

5.3. Nichtmonetäre Kennzahlen zum Vergleich von Städten und Regionen

Primärenergiebedarf pro Kopf

Eine weitere Kennzahl, die vergleichsweise einfach gebildet werden kann, ist der Primärenergiebedarf¹⁸ je EinwohnerIn. Wie oben gezeigt, ist neben dem zahlenmäßigen Umfang auch der Wohlstand der Bevölkerung der treibende Faktor für den Energieverbrauch, und die Korrelation bezieht sich auf den Wohlstand. Daher schwankt der Primärenergiebedarf je Einwohner stark in Abhängigkeit des BIP.

Weiterhin bietet es sich an, folgende Unterkategorien zu bilden:

- Primärenergiebedarf der Wirtschaft je Beschäftigtem
- Primärenergiebedarf der Öffentlichen Hand (Fokus Verwaltung) je Beschäftigtem
- Primärenergiebedarf der Haushalte je EinwohnerIn.

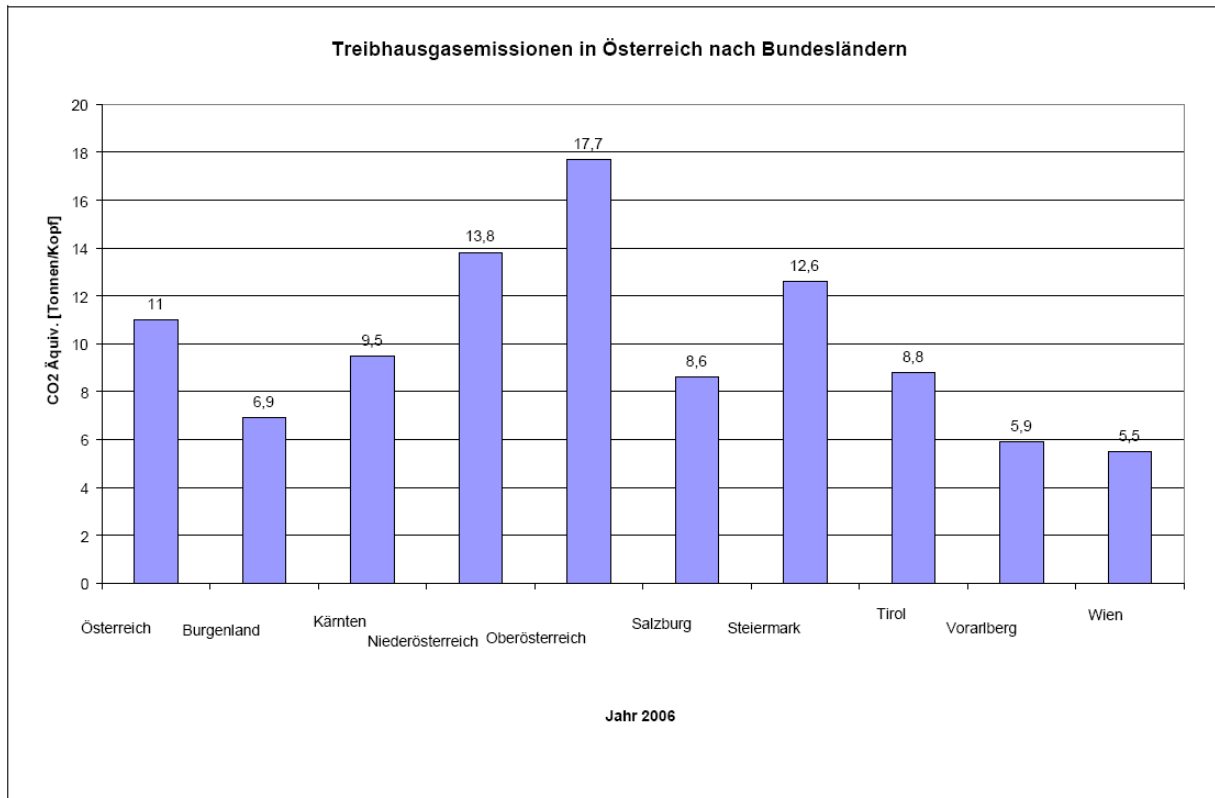
Insbesondere die Kennzahlen mit Bezug auf die Öffentliche Hand und Haushalte würden interessante Vergleiche zwischen Regionen bzw. Städten innerhalb eines Landes (oder auch zwischen Städten mit vergleichbarem Wohlstand) ermöglichen.

¹⁸ Der dabei zugrunde gelegte Wert für den Primärenergiebedarf sich berechnet aus der im Inland gewonnenen Primärenergie und den importierten fossilen Energieträgern. Diese „statistische“ Definition für Primärenergie weicht von der in Abschnitt 2.2 Primär-, Sekundär-, End-, und Nutzenergie vorgestellten Definition ab denn der Energieträgerverbrauch beim Transport und ggf. der Aufbereitung wird für diese statistische Betrachtung vernachlässigt.

Treibhausgasemissionen je EinwohnerIn oder Stadtteil

In verschiedenen Untersuchungen wurden Treibhausgasemissionen je EinwohnerIn berechnet. Beispielhaft angeführt sei hier die Luftschadstoffinventur des Umweltbundesamts (2008a).

Abbildung 10: Vergleich der Treibhausgasemissionen je EinwohnerIn nach Bundesländern.

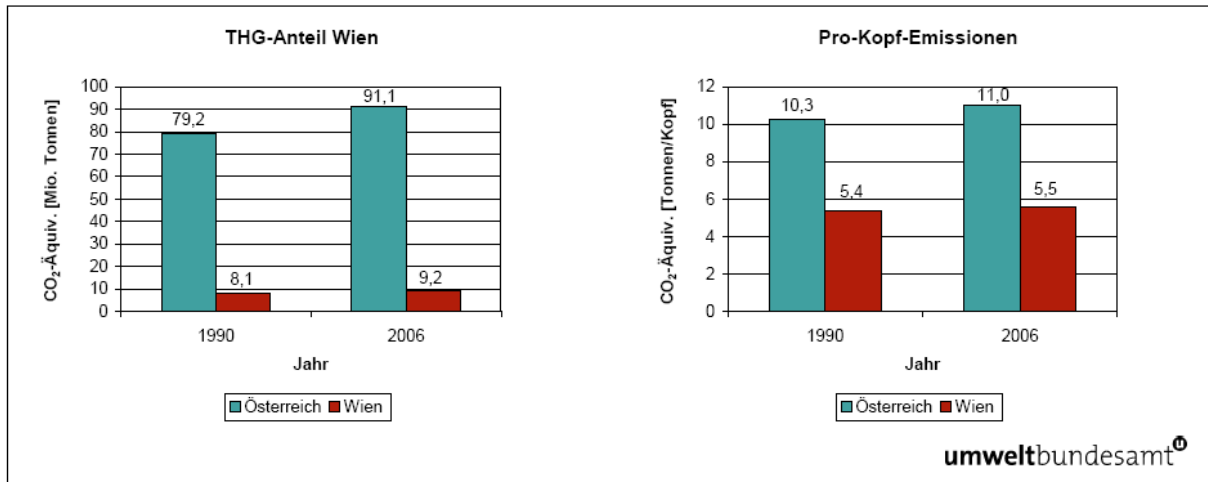


Quelle: Eigene Darstellung nach Umweltbundesamt GmbH (2008a)

Die Statistik lässt sehr unterschiedliche Pro-Kopf-Verbräuche in den Bundesländern erkennen, wobei von einer Vielfalt an Einflussfaktoren wie z.B. Industriestruktur, Art der Besiedlung etc. auszugehen ist.

In Abbildung 11 lassen sich die Veränderungen von 1990 bis 2006 für Wien und Österreich erkennen. Die absoluten Emissionen sind in Österreich um 15% und in Wien um 13,6% angestiegen, die Pro-Kopf-Emissionen dagegen nur um 6,8% (Österreich) resp. 1,9% (Wien). Offensichtlich hat allgemein und insbesondere in Wien die Bevölkerungsdichte zugenommen. Dabei wächst der Abstand des Pro-Kopf-Energieverbrauchs zwischen Wien und dem österreichischen Durchschnitt, Anteil Wiens an den österreichischen Treibhausgasemissionen sowie Pro-Kopf-Emissionen 1990 und 2006.

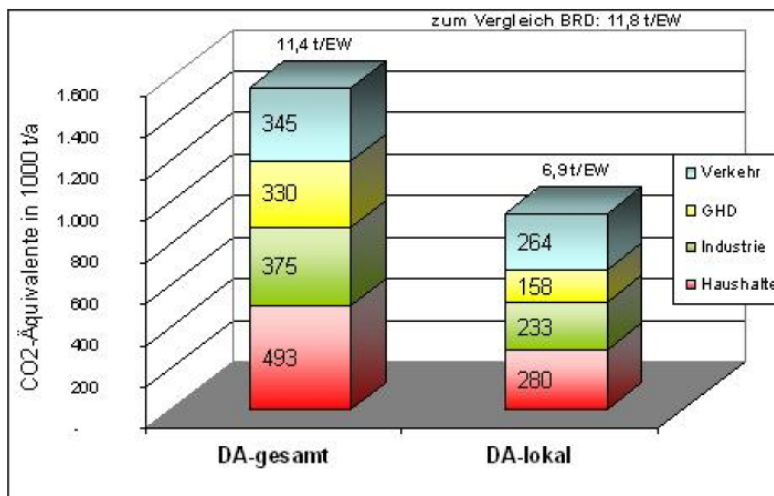
Abbildung 11: THG-Anteil und Pro-Kopf-Emissionen Wiens verglichen mit dem österreichischen Durchschnitt.



Quelle: Umweltbundesamt GmbH (2008a: 106)

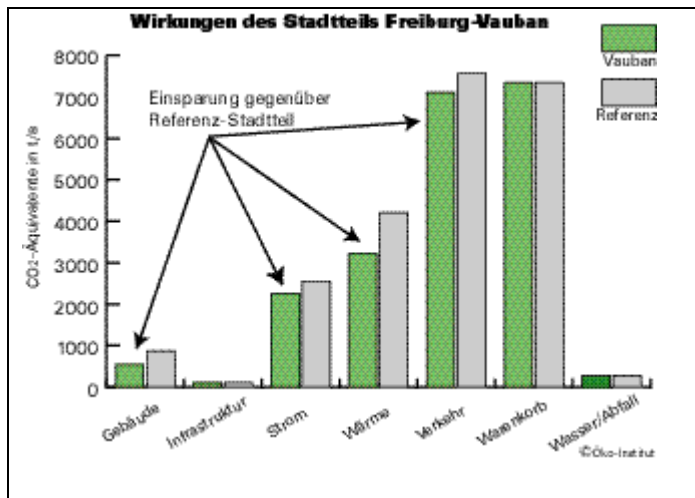
Das Ökoinstitut hat mit Hilfe der Software GEMIS Treibhausgasemissionen verschiedener städtischer Räume verglichen. Abbildung 12 zeigt einen Vergleich der THG-Emissionen eines Stadtteils von Darmstadt verglichen mit der gesamten Stadt. Dabei wird der Beitrag Verkehr, Gewerbe - Handel - Dienstleistungen (zusammen GHD), Industrie und Haushalte betrachtet. In der nachfolgenden Abbildung 13 wird der Freiburger Stadtteil Vauban mit einem Referenzstadtteil verglichen. Hier werden offenbar nur Haushalte betrachtet; es zeigt sich in welchen Bereichen (nämlich Strom, Wärme, Verkehr) Vauban besser als der Referenzstadtteil abschneidet.

Abbildung 12: Basis-Bilanz der Treibhausgasemissionen für Darmstadt.



Quelle: Ökoinstitut (o.J.)

Abbildung 13: Umweltwirkungen des Stadtteils Freiburg-Vauban.



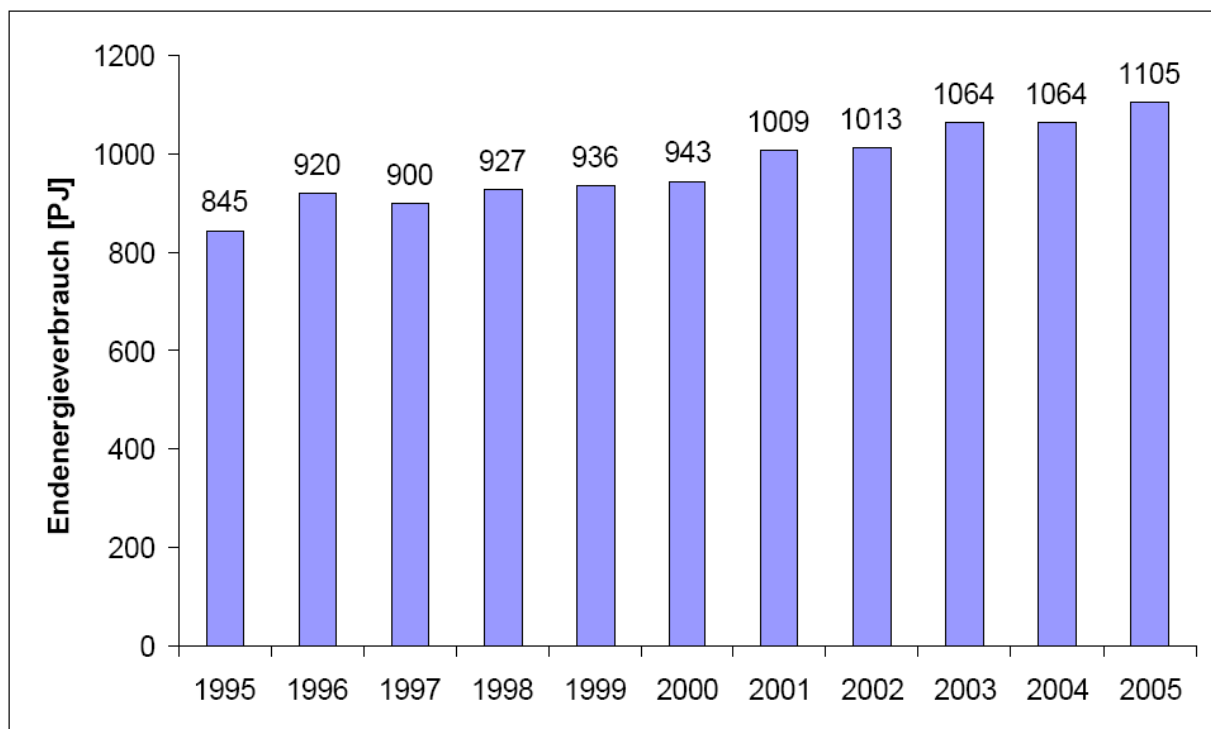
Quelle: Öko-Institut (2003)

6. Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen in Österreich und Wien

6.1. Österreich

Wie in mehreren Industriestaaten nimmt auch in Österreich der Energieverbrauch weiter zu. Der Endenergieverbrauch betrug im Jahr 2005 rund 1.015 PJ und erhöhte sich im Vergleich zum Jahr 2002 um rund 9% (Abbildung 14), der Inlandsstromverbrauch nahm sogar um knapp 11% zu und betrug 2006 rund 67.432 GWh. Den größten Anteil am Energieverbrauch haben die Sektoren Mobilität, Haushalte und Industrie, auf die rund 85% des gesamten Energieeinsatzes entfällt (BMWA 2007, UBA 2008).

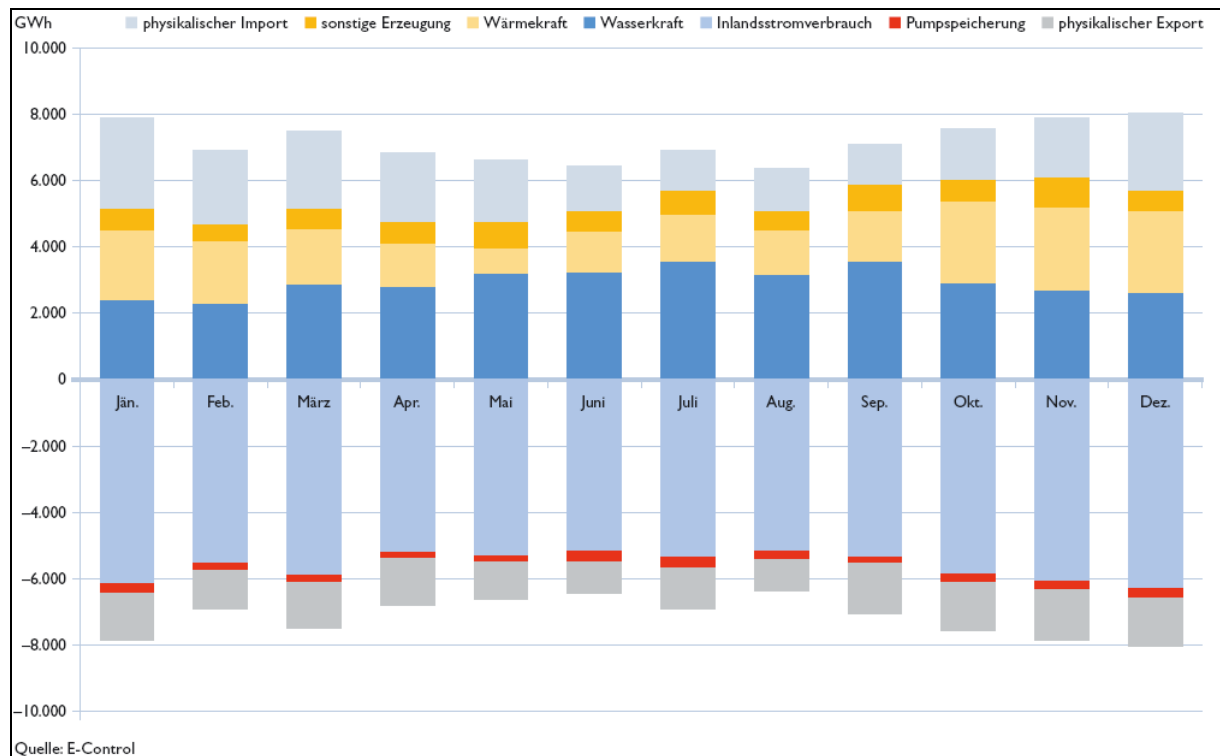
Abbildung 14: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Österreich.



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis BMWA (2007)

„Bereits heute zeigt sich das Phänomen, dass der Stromverbrauch auch im Sommer stark steigt. So ist in Österreich von 2002 bis 2005 der Stromverbrauch im Sommer um 8 % gestiegen. An der Erzeugungsgrafik Österreichs (Abbildung 15) lässt sich gut zeigen, dass trotz des traditionell sehr hohen Anteils der Wasserkraft diese selbst im Sommer nicht mehr ausreicht, um den gesamten Strombedarf zu decken.“

Abbildung 15: Monatsstatistik der Stromaufbringung und Verwendung in Österreich (GWh).



Quelle: Energie-Control (2008)

Ursache für diese Entwicklung ist u.a. der gestiegene Strombedarf für die Raumklimatisierung gerade in den Monaten, in denen KWK-Kraftwerke nicht genügend Abnehmer für ihre Wärme finden. Bei reiner Stromproduktion nimmt der Wirkungsgrad von KWK-Kraftwerken allerdings erheblich ab.

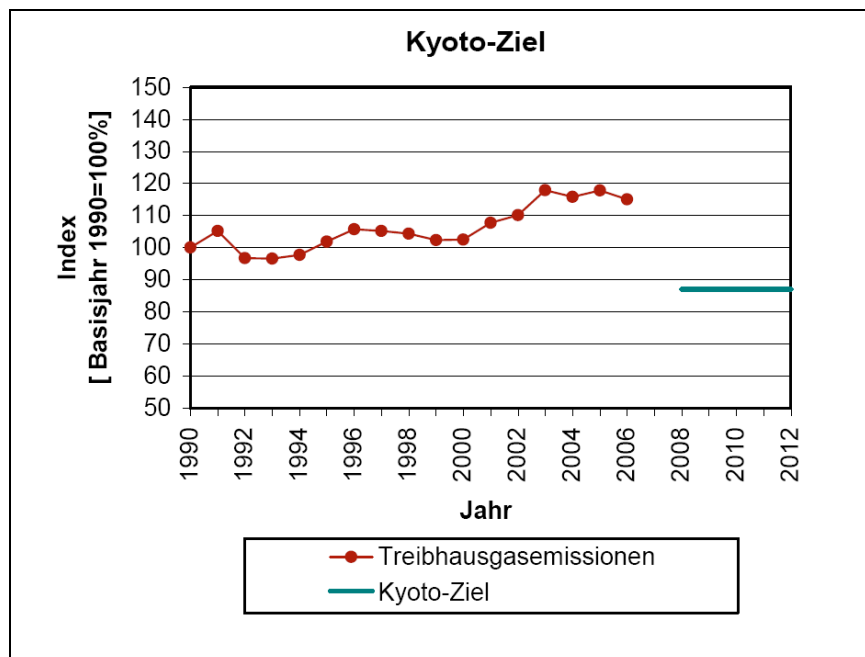
„Das verdeutlicht auch, dass jede zusätzliche verbrauchte MWh Strom in Österreich, aber auch in Europa, in kalorischen Kraftwerken mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von maximal 45 % hergestellt wird. Dieser zusätzliche Strom für die Kälteerzeugung erhöht daher ganz massiv die Abhängigkeit Europas von Energiequellen, die in Krisenregionen liegen, und verursacht hohe Emissionen an Luftschadstoffen und Treibhausgasen. (Schindelar und Wallisch, o.J.)

Verbunden mit dem weiterhin steigenden Energieverbrauch nehmen auch die Treibhausgasemissionen zu. In 2006 lagen die THG-Emissionen Österreichs bei 91,1 Mio. t CO₂-Äquivalente und somit um 15% **höher** als 1990. Dabei hatte sich Österreich im Rahmen des Kyoto-Prozesses verpflichtet, bezogen auf 1990 die Emissionen um 13% zu **senken**, vgl. Abbildung 16.

*„In absoluten Zahlen lagen die Emissionen im Jahr 2006 um 11,9 Mio. t CO₂-Äquivalente **über** dem Basisjahr 1990 und um 22,3 Mio. t CO₂-Äquivalente **über***

dem Kyoto-Ziel von 68,8 Mio. t CO₂-Äquivalente für 2008 bis 2012.“
(Umweltbundesamt GmbH (2008a))

Abbildung 16: Entwicklung der Klimagasemissionen und Kyoto-Ziel für Österreich



Quelle: Umweltbundesamt (2008)

6.2. Energieverbrauchsentwicklung der Stadt Wien

In einer vorbereitenden Studie für das städtische Energieeffizienzprogramm (SEP)¹⁹ von Wien wurden u.a. die Energieverbrauchsentwicklung der Stadt zwischen 1993 und 2003 und die Energiesituation 2003 untersucht. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass der energetische Endverbrauch von 1993 bis zum Jahr 2003 um 24 % auf 135.040 TJ (37.511 GWh) anstieg. Der energetische Endverbrauch des Jahres 2003 verteilt sich auf die Energieträger wie folgt::

- Öl 38 %,
- Gas 23 %,
- elektrische Energie 22 %,
- Fernwärme 15 %,
- Sonstige 2 %.

¹⁹ Siehe unter 7.3 Städtisches Energieeffizienz-Programm Wien (SEP) ab Seite 42.

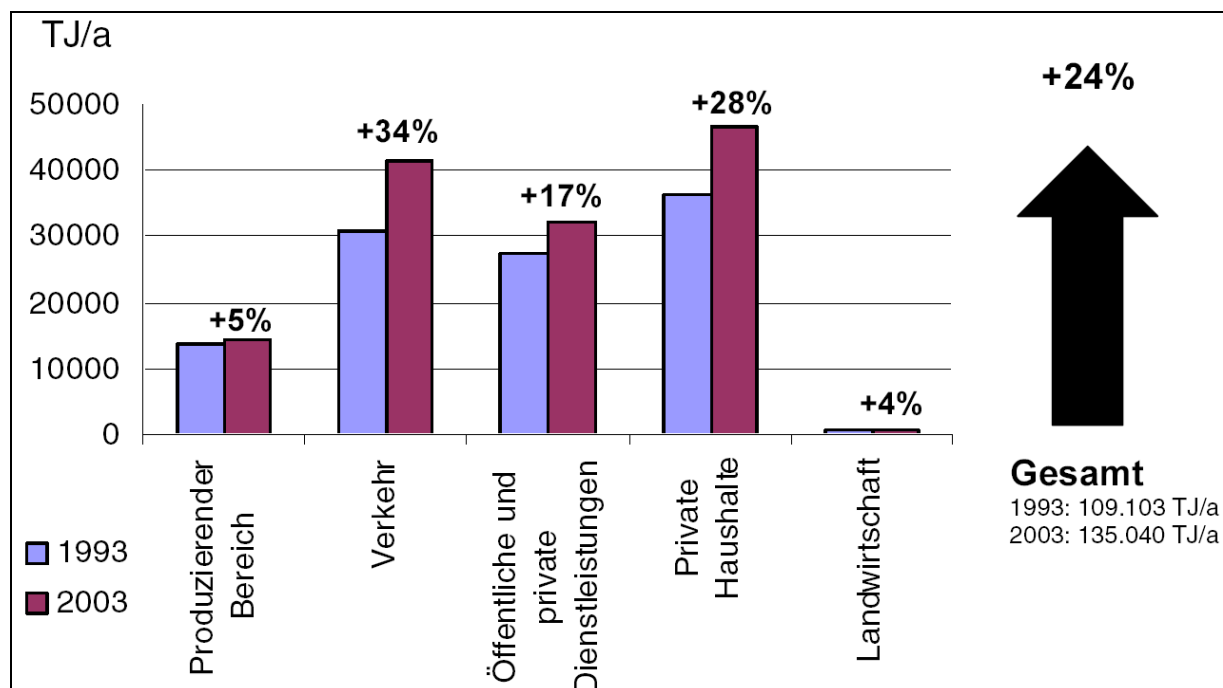
In dem betrachteten Zeitraum wurde Kohle als Energieträger in Wien praktisch ausgemustert, während die Verwendung aller anderen – in letzter Zeit auch der erneuerbaren – Energieträger kontinuierlich zunahm (Stadt Wien 2006.)

Der Endenergieverbrauch des Jahres 2003 von rund 135.040 TJ verteilt sich wie folgt:

- private Haushalte: 34 % (46.436 TJ)
- Verkehr: 31 % (41.495 TJ)
- öffentliche und private Dienstleistungen: 24 % (32.068 TJ)
- produzierender Bereich und Landwirtschaft: 12 % (15.040 TJ).

Der größte Zuwachs entfällt auf den Verkehr und die privaten Haushalte, vgl. Abbildung 17.

Abbildung 17: Änderungsrate des Endenergieverbrauchs in Wien (nach Sektoren in Terajoule).



Quelle: Statistik Austria, zitiert in Stadt Wien (2006)

7. Energiepolitik mit Bezug zu Energieeffizienz

7.1. Eckpunkte der europäischen Energiepolitik

7.1.1. Die 20/20/20-Ziele

In Anbetracht steigender Energienachfrage, explodierender Energiepreise, Unsicherheiten bei der Energieversorgung und des Klimawandels hat die europäische Energiepolitik in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Ziele der europäischen Energiepolitik sind das reibungslose Funktionieren des Energiebinnenmarkts, eine strategische Versorgungssicherheit, die konkrete Reduzierung der Treibhausgasemissionen sowie Wettbewerbsfähigkeit durch faire Energiepreise (EU 2008a).

Vor dem Hintergrund des Stern-Reports Ende 2006 (Stern 2006), dem, 4. Sachstandsberichts (AR4) des Internationalen Klimarats IPCC über Klimaänderungen Anfang 2007 und der anstehenden Klimaschutzkonferenz im Dezember 2007 in Bali hatten sich die europäischen Staats- und Regierungschefs auf der Frühjahrstagung des Europäischen Rats im März 2007 auf eine Energiepolitik für Europa verständigt.

Der vereinbarte Plan sieht die folgenden, so genannten 20/20/20-Ziele vor (EU-KOM 2007):

- 20-prozentige Steigerung der Energieeffizienz.
- Eine unabhängige Verpflichtung der EU, die Emissionen von Treibhausgasen im Vergleich zu den Werten von 1990 bis 2020 um mindestens 20 % zu senken. Eine Senkung von 30 % bis 2020 soll zugesagt werden, falls ein umfassendes internationales Klimaschutzübereinkommen geschlossen wird.
- Einen Zielwert von 20 % für den Anteil erneuerbarer Energiequellen am Gesamtenergieverbrauch der EU bis zum Jahr 2020. Als Subziel wurde ein Anteil von 10 % für Biokraftstoffe bis 2020 vereinbart.

Mit dem so genannten Energie- und Klimaschutzpaket hat die EU-Kommission eine Reihe an Richtlinienvorschlägen entwickelt, die das Erreichen der 20/20/20 Ziele sicherstellen sollen. Weiterhin wird daran gearbeitet, Subziele zu entwickeln, insbesondere bezüglich der Bestimmung der konkreten Zielbeiträge der einzelnen Mitgliedsstaaten. Andere Subziele, z.B. die Steigerung des Anteils an Biokraftstoffen, sind derzeit wieder in der Diskussion.

7.1.2. Verabschiedete Richtlinien und Vorgaben

Schon vor der Verankerung der 20/20/20-Ziele sind EU-Richtlinien in Kraft getreten, die zu diesen Zielen beitragen. Von besonderer Bedeutung für Versorgungsunternehmen sind u.a. der Emissionshandel und die Energiedienstleistungsrichtlinie.

Das europäische Emissionshandelssystem

Im Oktober 2003 wurde die Richtlinie für das EU-Emissionshandelssystem verabschiedet (EH-RL). Der Handel mit Emissionszertifikaten wurde zum 1. Januar 2005 aufgenommen.

Das europäische Emissionshandelssystem stellt ein so genannten „Cap and Trade“-System dar. D.h. es wird zunächst eine Höchstmenge erlaubter Gesamtemissionen festgelegt („Cap“) und diese anschließend in Form von handelbaren Zertifikaten auf die einzelnen in der EU-Emissionshandelsrichtlinie definierten Wirtschaftssektoren und Anlagen verteilt. Die Menge der Emissionszertifikate je Handelsperiode sowie das Verfahren der Zuteilung werden derzeit durch nationale Zuteilungspläne (NAP) von den Mitgliedstaaten festgelegt. Anlagenbetreiber, die mehr emittieren, als sie Berechtigungen zugewiesen bekommen haben, müssen Berechtigungen nachkaufen, die Anlagenbetreiber, die weniger emittieren, als sie Berechtigungen haben, können diese verkaufen („Trade“).

Der europäische Emissionshandel wurde der Einfachheit halber zunächst auf CO₂-Emissionen und bestimmte Anlagen des Energie- und Industriesektors beschränkt. Emissionen der Land- und Forstwirtschaft, des Sektors Verkehr und der privaten Haushalte werden derzeit noch nicht berücksichtigt (Loft 2009 S. 151).

Energiedienstleistungsrichtlinie / Nationale Aktionspläne für Energieeffizienz

Bereits 2006 wurde die EU-Energiedienstleistungsrichtlinie 2006/32/EG²⁰ verabschiedet. Sie verpflichtet die Mitgliedsstaaten u. a. in den Jahren 2007, 2011 und 2014 so genannte Nationale Aktionspläne für Energieeffizienz vorzulegen. Diese Aktionspläne beziehen sich auf den Verbrauch von Endenergie. Berücksichtigt werden dabei nur Energieverbräuche, die nicht dem Emissionshandel unterliegen. Damit bezieht sich der Aktionsplan auf den Energieverbrauch von Haushalten, der öffentlichen Hand sowie von Industrieunternehmen ohne Emissionshandel, ausgenommen sind Flugzeugtreibstoffe und weite Teile des Energieverbrauchs der Streitkräfte.

Die EU-Richtlinie gibt vor, dass bis spätestens 2018 die Mitgliedsstaaten jeweils eine Verbrauchseinsparung von Endenergie in Höhe von 9 % nachweisen müssen. Da Österreich schon 2007 mit der Umsetzung begonnen hat, endet seine Frist schon 2016. Als Basis ist jeweils der durchschnittliche Jahresverbrauch der letzten fünf Jahre vor Umsetzung der Richtlinie anzuwenden.

Diese Richtlinie kann bei erster Betrachtung missverstanden werden. So könnte man meinen, dass der **absolute** Endenergieverbrauch um 9% sinken müsse. So wird die Richtlinie jedoch nicht interpretiert. Ziel ist eine Effizienzsteigerung, die dazu führt, dass bis zum Stichtag rechnerisch eine Verbrauchsreduktion in Höhe der entsprechenden Energiemenge erreicht wird. So sind im 1. Energieeffizienzaktionsplan der Republik

²⁰ Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen Brüssel 2006

Österreich²¹ als nationaler, genereller Energieeinsparrichtwert 80.400 TJ bis 2016 und 17.900 TJ als Zwischenziel für 2010 festgelegt. Dieser Wert muss aufgrund von Energiedienstleistungen und anderen Energieeffizienzmaßnahmen erreicht werden.

Weitere relevante EU-Richtlinien im Bereich Energieeffizienz

Neben der Energiedienstleistungsrichtlinie hat die EU im Hinblick auf die Erreichung der Kyoto-Ziele in den vergangenen Jahren (also vor 20/20/20) bereits mehrere Rechtsakte zur Verbesserung der Energieeffizienz erlassen:

- Richtlinien zu Energieetikettierungen²² und Energieeffizienzanforderungen²³
- KWK-Richtlinie²⁴
- Richtlinie zur Verbesserung der Energieeffizienz in Gebäuden²⁵
- „Eco-Design“-Richtlinie für energiebetriebene Produkte²⁶

7.1.3. Energie- und Klimapaket der EU

Nach der Einigung auf die 20/20/20-Ziele wurden mehrere Richtlinienentwürfe ausgearbeitet und von Kommission am 23.01.2008 vorgestellt. Am 17. Dezember 2008 hat das Europäische Parlament mit großer Mehrheit für das Energie- und Klimapaket der EU gestimmt.

EU Vorschlag zur Aufteilung der Reduktionsanstrengungen zwischen Sektoren

Zur Erreichung des 20%-Treibhausgas-Reduktionsziels im Vergleich zu 1990 (entspricht 14 %iger Reduktion im Vergleich zu 2005) schlägt die EU folgende Aufteilung der

²¹ <http://www.bmwfj.gv.at/NR/rdonlyres/CEF20688-BE63-4CF7-8464-CA1A5A8FCB6D/0/Energieeffizienzaktionsplan.pdf>

²² Richtlinie [92/75/EWG](#) des Rates vom 22. September 1992 über die Angabe des Verbrauchs an Energie und anderen Ressourcen durch Haushaltsgeräte mittels einheitlicher Etiketten und Produktinformationen.

²³ Richtlinie 2000/55/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Energieeffizienzanforderungen an Vorschaltgeräte für Leuchtstofflampen.

²⁴ Richtlinie [2004/8/EG](#) des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie [92/42/EWG](#).

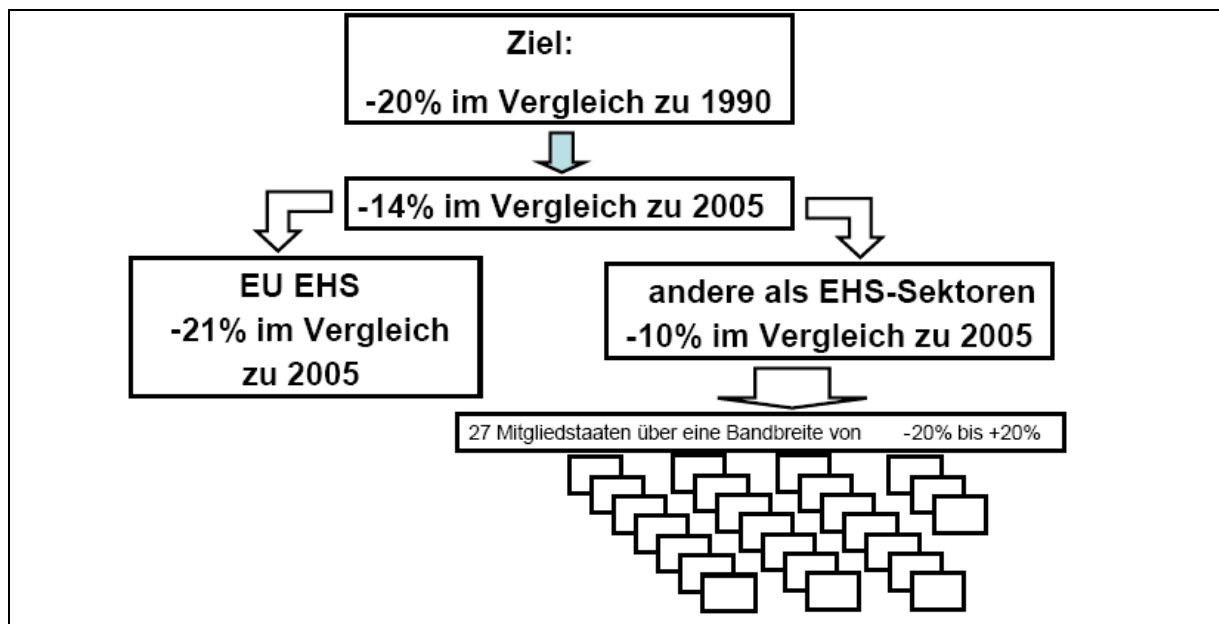
²⁵ Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

²⁶ Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 6. Juli 2005 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte und zur Änderung der Richtlinie [92/42/EWG](#) des Rates sowie der Richtlinien [96/57/EG](#) und [2000/55/EG](#) des Europäischen Parlaments und des Rates.

Reduktionsanstrengungen zwischen den Sektoren vor:

- 21 %ige Reduktion im Vergleich zu 2005 bei den vom EU-Emissionshandelssystem (EU-EHS) erfassten Sektoren;
- 10 %ige Reduktion in den anderen Sektoren.

Abbildung 18: EU-Vorschlag zur Aufteilung der Reduktionsanstrengungen.



Quelle: EU (2008b)

EU-Vorschlag zu Änderungen am EU-Emissionshandelssystem

Die EU schlägt diverse Änderungen für das EU-EHS²⁷ vor, u.a. um für die unter das EU-EHS fallenden Industrieunternehmen im europäischen Binnenmarkt gleiche Wettbewerbsbedingungen sicherzustellen, den Anwendungsbereich des Handelssystems zu erweitern und Investitionen in klimafreundliche Technologien in Mitgliedstaaten mit einem niedrigen Pro-Kopf-Einkommen zu fördern:

- Einbeziehung neuer Industriesektoren und weiterer Gase.
- Statt bisheriger Festlegung des Gesamtumfangs der zu verteilenden Emissionszertifikate durch so genannte Nationale Zuteilungspläne (NAP) soll es eine einheitliche EU-weite Obergrenze für Emissionszertifikate geben.
- Wegfall der spezifischen nationalen Emissionsziele.

²⁷ Richtlinie 2003/87/EG, geändert durch die Richtlinie 2004/101/EG.

- Jährliche Obergrenze wird entsprechend einer linearen Abwärtsentwicklung gesenkt. Das gilt auch nach Ende des dritten Handelszeitraums (2013-2020).
- Versteigerung eines größeren Anteils an Zertifikaten ab 2013 (ab 2020 vollständige Versteigerung).
- Einführung harmonisierter Vorschriften für die kostenfreie Zuteilung von Zertifikaten.
- Umverteilung eines Teils der Rechte, Zertifikate zu versteigern, von Mitgliedstaaten mit einem hohen auf Mitgliedstaaten mit einem niedrigen Pro-Kopf-Einkommen.

EU-Vorschlag zur Festsetzung der Nationalen Zielwerte für nicht unter das EU-EHS fallende Sektoren

Die Festlegung eines Gesamtreduktionsziels von 20% im Vergleich zu 1990 ergibt für die nicht unter das EU-EHS fallenden Sektoren – Verkehr, Gebäude, Dienstleistungen, kleine Industrieanlagen, Landwirtschaft und Abfallwirtschaft – ein Reduktionsziel von 10% im Vergleich zu 2005.

Die EU schlägt vor, unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit für alle Mitgliedsstaaten individuelle Ziele vorzugeben, die zusammen einen Mittelwert von 10% ergeben:

- Mitgliedstaaten mit einem BIP pro Kopf unterhalb des EU-Durchschnitts soll eine unterdurchschnittliche Senkung abverlangt werden (bis hin zu einer maximal zulässigen **Steigerung** der Emissionen um 20%).
- Mitgliedstaaten mit überdurchschnittlichem BIP pro Kopf sollen überdurchschnittliche Senkungsanstrengungen abverlangt werden (bis hin zu maximalen Reduktionen von 20%).

Die Obergrenzen von +20% bzw. -20% sollen die technische und wirtschaftliche Erreichbarkeit der spezifischen nationalen Ziele sicherstellen.

Auch wenn in den Sektoren, die nicht unter das EU-EHS fallen, einige EU-Richtlinien bestehen, sollen die Strategien und Maßnahmen in der Regel von den Mitgliedstaaten selbst entwickelt werden.

EU-Vorschlag zur Festsetzung der Nationalen Zielwerte für Erneuerbare Energien

Die EU hat eine Richtlinie erarbeitet, die den Mechanismus beschreibt, wie das 20%-Ziel für den Anteil an erneuerbaren Energien auf die Mitgliedsstaaten herunter gebrochen werden soll. Berücksichtigt werden die drei Sektoren Stromerzeugung, Wärme-/Kälteerzeugung und Verkehr. Die Mitgliedstaaten entscheiden selbst, welchen Beitrag die einzelnen Sektoren zur Verwirklichung der nationalen Ziele leisten sollen, und wählen angesichts der nationalen Gegebenheiten die dazu zweckmäßigsten Mittel.

Bei der Festlegung der Zielvorgaben berücksichtigt die EU die unterschiedlichen Ausgangssituationen in den Mitgliedsstaaten. Beispielsweise hat Österreich aufgrund seiner geografischen Gegebenheiten einen hohen Anteil an Wasserkraft, mithin bereits heute einen hohen Anteil an erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung. Weiterhin gilt es, die unterschiedliche wirtschaftliche Entwicklung der einzelnen Mitgliedsstaaten zu berücksichtigen, damit Ländern mit einer niedrigeren Wirtschaftsleistung pro Einwohner nicht die Entwicklungsmöglichkeiten genommen werden. Vor diesem Hintergrund ist u.a. vorgesehen:

- Bezugsjahr 2005 für alle Berechnungen.
- Bestimmung der Ausgangssituation bezüglich des Anteils an erneuerbaren Energien (u.a. unter Berücksichtigung von Anstiegen über 2% zwischen 2001 und 2005).
- Berechnung des zu erbringenden Anteils unter Berücksichtigung u.a. des Pro-Kopf-BIP und Einwohnerzahl.
- Festlegung einer Obergrenze des nationalen Zielanteils.

Gemäß diesen Kriterien sieht die EU in ihrem Richtlinienentwurf für Österreich einen Zielwert für den Ausbau erneuerbarer Energien von 34% vor (Langenheld 2008) (s.u.).

Für eine kosteneffiziente Erreichung der nationalen Ziele ist die Einführung eines Handels mit Herkunftsnachweisen zwischen den Mitgliedstaaten geplant. Anstatt lokale erneuerbare Energiequellen zu entwickeln, werden die Mitgliedstaaten auch Zertifikate über die Herkunft von Energie aus erneuerbaren Quellen von anderen Mitgliedstaaten erwerben können.

Darüber hinaus zielt die Richtlinie darauf ab, unnötige Hindernisse für eine verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu beseitigen und Anreize für die Entwicklung besserer Arten von erneuerbaren Energien zu schaffen.

EU-Vorschlag zu neuen Leitlinien für staatliche Umweltschutzbeihilfen

Mit den neuen EU-Leitlinien für Umweltschutzbeihilfen sollen den Mitgliedstaaten und der Industrie die richtigen Anreize zur Intensivierung ihrer Umweltschutzmaßnahmen geboten werden. Sie beinhalten u. a.:

- Möglichkeit einer 100 %igen Förderung der den Unternehmen bei der Erzeugung erneuerbarer Energien entstehenden Mehrkosten
- Beihilfen für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zur frühzeitigen Anpassung an künftige Normen,
- Beihilfen für Umweltstudien,
- Beihilfen für Fernwärme,

- Beihilfen für die Abfallbewirtschaftung,
- Beihilfen in Verbindung mit handelbaren Umweltzertifikaten,
- Anhebung der Beihilfe-Höchstintensitäten für Großunternehmen auf 50 bis 60%, für kleine Unternehmen auf 70 bis 80%.

Die EU-Richtlinie soll aufzeigen, wie nationale oder EU-Fördermittel im Bereich Umweltschutz an Unternehmen vergeben werden dürfen, ohne dass Wettbewerbsverzerrungen entstehen.

Vorschlag für eine EU-Richtlinie über die geologische Speicherung von Kohlendioxid – Carbon Capture and Storage (CCS)

Als Reaktion auf die Forschung im Bereich Carbon Capture and Storage (CCS) schlägt die EU vor:

- Schaffung eines Rechtsrahmens zur CO₂-Bindung und -Speicherung.
- Mitteilung zur Demonstration der CO₂-Bindung und -Speicherung.
- Aufnahme von CCS-Abscheidungs-, Transport- und Speicheranlagen in die Emissionshandelsrichtlinie ab der dritten Phase (ab 2013).
- Kontrolle von CCS-Stätten durch die Mitgliedsstaaten.
- Verbot der Speicherung von CO₂ in der Wassersäule (d.h. keine Tiefseeverenkung).

7.1.4. Grüne und weiße Labels für erneuerbare Energien

Als **grüne Label** werden Zertifikate für erneuerbare Energien bezeichnet (Renewable Energy Certificates - Green Tags). Mit grünem Label zertifizierten Strom werden die Umweltvorteile bei der Elektrizitätsherstellung quasi als Eigentumsrecht zugeordnet. Dementsprechend kann dieser zertifizierte Strom mit einem anderen Preis gehandelt werden.

In Österreich wurde seinerzeit im Zuge der Renewable Electricity Directive (2001/77/EC) ein Handelssystem für grün zertifizierten Strom/grüne Stromzertifikate eingeführt. Dieses System wurde jedoch inzwischen wieder eingestellt (Quelle: Bertoldi 2005).

Weißer Zertifikate (White Certificates) bestätigen, dass eine bestimmte Menge Energie gespart wurde. Unter der Voraussetzung, dass insgesamt der Energieverbrauch gesenkt wird, können die Zertifikate gehandelt werden. Energie-Service-Firmen können diese Zertifikate für Energie sparende Projekte ausstellen. Diese Zertifikate können beispielsweise an Energieversorger verkauft werden, die ein staatlich vorgegebenes oder freiwillig vereinbartes Energiesparziel nicht aus eigener Kraft erreichen (EuroWhiteCert Project o.J.).

Es besteht offensichtlich eine Nähe oder Überschneidung mit CO₂-Vermeidungszertifikaten, die z.B. zur Kompensation der Emissionen von Flugreisen eingesetzt werden.

Verschiedene Europäische Länder betreiben bereits ein Zertifikatsprogramm mit grünen und weißen Labeln, unter anderem Italien, Frankreich und Großbritannien.

7.2. Eckpunkte der Energiepolitik zu Energieeffizienz in Österreich

7.2.1. Energieeffizienzpolitik in der Republik Österreich

Energieeffizienz ist seit der 2002 beschlossenen "Österreichischen Strategie zur nachhaltigen Entwicklung" Bestandteil der nationalen Energiepolitik. Mit der Strategie zur nachhaltigen Entwicklung wurde ein erstes Rahmenkonzept zur Senkung der Energienachfrage durch sinnvollere und effizientere Energieträgernutzung aufgestellt. Der 2003 folgende Energiebericht wies insgesamt über 80 Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz und der Forcierung erneuerbarer Energien aus. Das Grünbuch zur Energieeffizienz der Europäischen Kommission 2005 gab den Anstoß zu einer stärkeren Betrachtung nachfrageorientierter Politik.

Der europäischen Energiedienstleistungsrichtlinie (RL 2006/32/EG, ESD) könnte in diesem Zusammenhang eine gewisse Bedeutung zukommen (s.o.). Die Richtlinie gibt vor, dass die Mitgliedsstaaten Aktivitäten nachweisen müssen, durch die rechnerisch in definierten Zeiträumen so viel Energie eingespart wird, dass der Verbrauch an Endenergie bis spätestens 2018 – im Falle von Österreich bereits 2016 – um 9 % reduziert wird. Als Basis ist der durchschnittliche Jahresverbrauch der fünf Jahre vor Umsetzung der Richtlinie anzuwenden, im Falle von Österreich also 2001-2005.

Folgende Ziele sind in dem Papier definiert:

- Bis 2010 sollen 17.900 TJ (2 %) Endenergieverbrauch eingespart werden (Zwischenziel).
- Bis 2016 sollen 80.400 TJ (9 %) Endenergieverbrauch eingespart werden.

Die Prozentwerte in Klammern beziehen sich jeweils auf den Durchschnittsverbrauch 2001-2005 und nur auf die EndenergieverbraucherInnen, die nicht dem Emissionshandel unterliegen. Aus den Prozentwerten werden dann absolute Werte errechnet. Es müssen nun Maßnahmen nachgewiesen werden, durch die in Summe rechnerisch bei den EndverbraucherInnen entsprechende Energieeinsparungen erreicht wurden. Diese rechnerischen Einsparungen sollen unter anderem durch Energiedienstleistungen realisiert werden. Erbracht werden sollen diese Dienstleistungen wie z.B. Energiecontracting oder Energieauditing von Anbietern von Energieeffizienzmaßnahmen, von Energieverteilern, Verteilernetzbetreiber und Energieeinzelhandelsunternehmen.

Die Österreichische Energieagentur wurde vom BMWA mit der Koordinierung eines nationalen Energieeffizienz-Aktionsprogramms beauftragt. In dem so erstellten Energieeffizienzaktionsplan (Energieagentur 2007; kürzere Fassung von BMWA 2007) werden aus dem Regierungsprogramm 2007–2010 die „bedeutendsten“ Programme bzw. Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz aufgeführt. Diese stimmen überwiegend mit den Inhalten der „neuen Klimastrategie“ aus dem Jahr 2007 überein (BMA 2007; BMLFUW 2007):

- Nationales Energieeffizienz-Aktionsprogramm,
- Verbesserung der Energieintensität um mindestens 5 % bis 2010, um mindestens 20 % bis 2020,
- Energie-Check bei allen österreichischen Haushalten bis 2010,
- Steigerung der Sanierungsrate im Wohnbau, dadurch soll die thermische Sanierung sämtlicher Nachkriegsbauten (1950–1980) bis 2020 ermöglicht werden.
- Bei Neubauten forciert die Bundesregierung gemeinsam mit den Bundesländern Niedrigenergie- und Passivhaus-Standards.
- Für 50 % des Neubaus wird ein klima:aktiv-Standard²⁸ angestrebt.
- Ab 2015 sollen im Bereich der Wohnbauförderung nur mehr Häuser und Bauten im großvolumigen Wohnbau gefördert werden, die dem „klima:aktiv-Passivhausstandard“²⁹ entsprechen.
- Entwicklung und Nutzung energieeffizienter Geräte und Lösungen (Stand-by).
- Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplung als effizientes Verfahren zur Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung.

Der Bericht des BMWA (2007) listet in einer Vielzahl an Tabellen alle bereits vereinbarten Maßnahmen und Programme zum Energiesparen auf. Neue Maßnahmen wurden noch nicht erfasst. Allerdings müssen entsprechend der Vorgaben der EU-Direktive bis 2010 folgende Maßnahmen getroffen werden:

- Zum einen müssen aus einem Katalog von mehreren Maßnahmen für die öffentliche Hand zwei ausgewählt und umgesetzt werden. Zur Auswahl stehen dort Maßnahmen wie z.B. Finanzinstrumente, verbindliche Anforderungen an die Beschaffung von Ausrüstung und Fahrzeugen, Energieaudits etc.

²⁸ <http://www.klimaaktiv.at> und <http://www.oebox.at/kahkp/>.

²⁹ <http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/29521/>.

- Zum anderen sollen Energieverteiler und Energieeinzelhandelsunternehmen einbezogen werden. Hier ist eine freiwillige Vereinbarung vorgesehen. Der Gegenstand dieser Vereinbarung wird in dem Bericht nicht benannt (siehe a.a.O.: S. 109).

Schließlich gibt der Bericht noch einen Ausblick auf die kommenden Jahre. Hier wird eine WIFO-Studie aus dem Jahr 2005 zitiert (WIFO 2005). Nach dem sogenannten Baseline-Szenario wird folgende Entwicklung erwartet:

„Der gesamte energetische Endverbrauch expandiert in der gesamten Projektionsperiode mit 1,1 % p. a., was bei einem durchschnittlichen BIP-Wachstum von 2 % bis 2,2 % einer Steigerung der gesamtwirtschaftlichen Energieeffizienz (bzw. Rückgang der gesamtwirtschaftlichen Energieintensität) um ca. 1,1 % p. a. entspricht“ (BMWA 2007:122).

Wenngleich dieses Szenario nun schon drei Jahre alt ist, macht es deutlich, dass das BMWA nicht damit rechnet, dass der absolute Endenergieverbrauch zurückgeht. Dieses aus Sicht von Klimaschutz und Versorgungssicherheit gravierende Problem wird in dem Bericht des BMWA nicht kommentiert.

Mittlerweile hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) die Österreichische Energieagentur beauftragt, eine Monitoringstelle zur Erfassung der Energieeffizienzmaßnahmen einzurichten. Diese Monitoringstelle (www.monitoringstelle.at) ermittelt die Energieeinsparungen aus tatsächlich gesetzten Maßnahmen und leitet daraus mit entsprechenden Kalkulationsmethoden die rechnerische Einsparung ab, um darüber in Österreich und nach Brüssel zu berichten. Bislang werden in Österreich nationale Berechnungsmethoden entwickelt. Diese nationalen Methoden werden so lange zur Berechnung der Energieeinsparungen in Österreich angewandt, bis ein harmonisiertes europäisches Modell verfügbar ist (Stand Dezember 2008).

7.2.2. Förderung Erneuerbare Energien

Die Novellierung des Ökostromgesetzes wurde mit Beschluss des Nationalrates im Juli 2008 abgeschlossen (Österreichisches Parlament 2008). Es sieht u.a. vor, die finanziellen Mittel zum Ausbau der Ökostromerzeugung um etwa 25 % auf 21 Millionen Euro jährlich zu erhöhen und die garantierte Dauer der geförderten Einspeisetarife für Anlagen auf 13 (Biomasse und Biogas) bzw. 15 Jahre (alle anderen förderfähigen Technologien) anzuheben. Dadurch soll der Ökostromanteil bis 2015 auf 15 % verdoppelt werden (BMLFUW 2008). Das Ökostromgesetz schafft also eine Anreizsituation für den Bau dezentraler Klein-kraftwerke.

Außerdem ist eine kräftige Förderung von Investitionen zum Ausbau von Fernwärme und Fernkälte vorgesehen. Darüber hinaus wurden die Herausnahme der fossilen Kraft-Wärme-

Kopplung aus dem Ökostromgesetz sowie ein separates Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz beschlossen.

7.2.3. Klimaschutzgipfel der österreichischen Bundesregierung 2008

Im April 2008 fand der 2. Klimaschutzgipfel der österreichischen Bundesregierung nach 2007 statt. Auf dem Gipfel bestand Konsens, dass Österreich im Hinblick auf Emissions- und Energietrends in den letzten Jahren keine Trendumkehr bewirken konnte. Es wurde daher als erforderlich angesehen, in Zukunft weitere Maßnahmen in Angriff zu nehmen (BKA 2008):

- Weiterentwicklung der Klimaschutzstrategie zu einem Masterplan 2020, bis zum Herbst 2008.
- Einigung auf ein Klimaschutzgesetz, das den Rahmen für den Masterplan 2020 bildet. Dieses Gesetz solle u.a. folgende Elemente enthalten: Klimaschutzziele bis 2020 (EU-Vorgaben), konkrete Reduktionsziele in den einzelnen Verursacherbereichen wie Raumwärme, Verkehr, Energie, Industrie und Landwirtschaft; Definition des Energiemixes; „Burden-Sharing“ zwischen Bund und Ländern; Zeitrahmen für alle Maßnahmen und regelmäßige Evaluierung und Überprüfung beim Klimaschutzgipfel; Einrichtung eines Koordinierungsinstrumentes zwischen Bund und Ländern.
- Weiterentwicklung der Klima- und Energiefonds zum wichtigsten Instrument der Technologie- und Forschungsförderung im Klimaschutz.
- Vorabüberprüfung neuer Gesetze auf die notwendige Beachtung der Klimaschutzziele und die ökologische Sinnhaftigkeit.
- Ökologisierung der Pendlerpauschale, Privilegierung der NutzerInnen öffentlicher Verkehrsmittel.
- Ökologische Sinnhaftigkeit der Biospritbeimischung sei nur gegeben, wenn dieser im Inland produziert werde. Notwendigkeit diesbezüglicher F&E.
- Anhebung des Ökostromanteils an der Stromproduktion, unter Beachtung der Kosteneffizienz und Verteilungsgerechtigkeit.
- Vorschläge aus der Energiewirtschaft zur Rolle der Wasserkraft seien notwendig.
- Im Bereich Verkehr seien die technologische Weiterentwicklung sowie der massive Ausbau des öffentlichen Verkehrs und die Verteuerung des LKW-Verkehrs notwendig.

7.3. Eckpunkte der Wiener Energiepolitik

7.3.1. Entwicklung

Die Entwicklung der Energiepolitik von Wien wird in dem Konzept für das städtische Energieeffizienzprogramm (SEP) anschaulich dargestellt:

„Die Energiepolitik der Bundeshauptstadt Wien unterliegt seit Erstellung des ersten Wiener Energiekonzepts im Jahre 1978 einem stetigen Wandel. In den späten siebziger und während der achtziger Jahre stand die Schaffung von Voraussetzungen für eine langfristig bedarfsdeckende, sichere und wirtschaftliche Versorgung der Bundeshauptstadt im Vordergrund.

Als Anfang der neunziger Jahre die 2. Fortschreibung des Wiener Energiekonzepts vorgelegt wurde, rückte die Bereitstellung von Energie unter besonderer Berücksichtigung der Verbesserung der Umwelt und Schonung der Ressourcen in den Vordergrund.

Das letzte Wiener Energiekonzept in seiner 3. Fortschreibung aus dem Jahr 1998 orientiert sich neben den beiden genannten Themengewichtungen auch an Leitlinien wie dem „rationellen und sparsamen Umgang mit Energie“, der „sozialen Verträglichkeit und Zufriedenheit der KundInnen“ sowie der „Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit“. Neben diesen qualitativen Vorgaben beinhaltet das Konzept auch konkrete quantitative Zielsetzungen (z.B. für den Ausbau von leitungsgebundenen Energieträgern).“ (Stadt Wien 2006).

7.3.2. Städtisches Energieeffizienz-Programm (SEP)

Im Jahr 2006 wurde auf Basis der Ergebnisse einer 2004 gegründeten Forschungsgruppe³⁰ das „Städtische Energieeffizienz-Programm“ (SEP) veröffentlicht. Das Energiesparkonzept gibt Leitlinien für die verbraucherseitige Energiepolitik bis zum Jahr 2015 vor.

Anhand von Studien zur Energiesituation, der historischen Analyse der Energieverbrauchsentwicklung und einer Prognose zur weiteren Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Wien wurde ein umfassendes Maßnahmenbündel entwickelt und im SEP bereitgestellt. Ziel des Konzeptes ist es, im Vergleich zum prognostizierten Anstieg des Energiebedarfs um 12 % (Business as usual-Szenario) eine Energieeinsparung von 5% zu erreichen (gleichbedeutend mit einem Anstieg des Energieverbrauchs um 7% von 2003

³⁰ In der Forschungsgruppe waren Dipl.-Ing. Dr. Edgar Hauer (MA 27) Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Reinhard Haas (TU Wien), Dipl.-Ing. Herbert Ritter (Österreichische Energieagentur), Dr. Albrecht Reuter (IRM Wien), Dipl.-Phys. Stefan Winkelmüller (Max-Planck-Institut München), Dipl.-Ing. Olivier Pol (arsenal research), Harald Reichl (Oxford Consult) und Ing. Oswald Loibl (Wienenergie) vertreten.

bis 2015)³¹. Dies entspricht einer jährlichen Einsparung von 640 TJ (180 GWh) im Vergleich zum prognostizierten Anstieg.

Unter dem Mantel des Programms wurden für die Sektoren Haushalte, Private Dienstleistungen, Öffentliche Dienstleistungen, Industrie und produzierendes Gewerbe mehr als einhundert Einzelmaßnahmen spezifisch entwickelt. Die Umsetzung der Maßnahmen soll nach dem sog. SPAR-Szenario zu den gewünschten Einsparungen führen. Die im Konzept entwickelten Maßnahmen umfassen:

- Berücksichtigung energierelevanter Aspekte in Raum- und Stadtplanung,
- Fortsetzung der Bewusstseinsbildung bei den EndverbraucherInnen,
- Steigerung der Sanierungsraten und -qualität bei Gebäuden,
- Energetische Verbesserung der Gebäudegüte beim Neubau,
- Effizienzsteigerung in der Heiz- und Kühltechnik,
- Steigerung der Marktdurchdringung und des Einsatzes energieeffizienter Geräte und Forcierung energieeffizienter Technologien für Umwälzpumpen, Aufzüge, Ventilatoren und Beleuchtungen,
- Verstärkte Nutzung von Abwärmepotenzialen in Industrie und produzierendem Gewerbe,
- Energiemanagement.

Der energietechnisch wichtige Bereich Verkehr wurde in diesem Programm nur gestreift, da mit dem Masterplan Verkehr der Stadt Wien diesbezüglich bereits ein Instrumentarium zur Verfügung steht.

7.3.3. Untersuchungen im Rahmen der Entwicklung des SEP

Zur Erstellung des Wiener Energiesparprogramms wurde eine Reihe von Studien durchgeführt. So fand eine Analyse der Energieverbrauchsentwicklung statt und es wurden Prognosestudien über den zukünftigen Energieverbrauch erstellt (Stadt Wien 2006). Genauer analysierten Forscher des Max-Planck-Institut für Plasmaphysik in einer Fallstudie zur Nachfrageseite speziell den Wiener Haushaltssektor. Weiters wurde für *Wien Energie* untersucht, welche Rahmenbedingungen die Entscheidungen von Energieversorgungsunternehmen auf der Erzeugungsseite beeinflussen. Darin wird u. a. dargestellt, welchen Mechanismen der Betrieb des Kraftwerksparks allgemein gehorcht und wie diese in einem

³¹ Vgl. Anstieg des energetischen Endverbrauchs von 1993 bis zum Jahr 2003 um 24 %, auf 135.040TJ (37.511 GWh).

Modell berücksichtigt werden können. Die Ergebnisse wurden von Winkel Müller (2006) zusammengefasst.

8. Energieeffizienz in der Normung

Die Internationale Standardisierungsorganisation (ISO) hat bereits in den 1990er Jahren den Arbeitsbereich ISO/TC 203 Technical Energy Systems eingerichtet, der sich mit der Vergleichbarkeit von Kraftwerken und Energieversorgungssystemen befasst.

Aufgabe von ISO/TC 203 ist die Standardisierung von Konzepten und Methoden zur Definition, Beschreibung, Analyse und Vergleich so genannter technischer Energiesysteme (**Technical Energy Systems, TES**). Darunter wird eine Kombination von Anlagen und Ausrüstungen verstanden, mit denen Energieträger und andere Energieressourcen transformiert, gespeichert oder transportiert werden³². Typisches Beispiel ist ein Kraftwerk und das Verteilungsnetz, über den der Strom den EndverbraucherInnen zur Verfügung gestellt wird. Die Definition der Norm ist so offen gehalten, dass auch unterschiedliche Technologien zur Bereitstellung bestimmter Leistungen wie Licht, Raumwärme und Transport verglichen werden können.

Die von TC 203 zu entwickelnde Normenreihe soll der Entscheidungsvorbereitung zur objektiven Berücksichtigung technischer, ökonomischer, ökologischer und sozialer Aspekte bei der Auswahl von TES dienen.

Im Folgenden wird eine Auswahl für die Energieeffizienz relevanter Normen vorgestellt.

8.1. ISO 13602-1 (2002) Technische Energiesysteme – Analyseverfahren – Teil 1: Allgemeines

Die in 2002 erschienene Norm stellt Methoden zur Analyse, Charakterisierung und dem Vergleich technischer Energiesysteme bereit. Bei der Betrachtung der technischen Energiesysteme werden die Energie- und Materialflüsse (Inputs und Outputs) sowie Risikofaktoren berücksichtigt. In der Norm wird beschrieben, wie Zusammenhänge zwischen den Inputs und Outputs hergestellt werden können, also beispielsweise Energieverbrauch und CO₂-Emissionen auf Fernwärme und Strom zugerechnet werden können.

³² „combination of equipment and plant interacting with each other to produce, consume, or in many cases transform, store, transport or handle energyware and other energy resources“, (ISO 2002: 1).

8.2. ISO 13602-2 (2006) Technische Energiesysteme – Analyseverfahren – Teil 2: Gewichtung und Aggregation von Energieträgern

Der 2006 erschienene zweite Teil der ISO 13602 enthält Richtlinien für die Gewichtung und die Aggregation von Energieträgern. Hier werden verschiedene Gewichtungsmethoden vorgestellt, die eingesetzt werden können. Es wird beispielsweise betrachtet, wie bei der Nutzung von Abwärme aus industriellen Produktionsprozessen für Fernwärme die Treibhausgasemissionen und der Verbrauch von Rohstoffen zugeordnet werden sollten. Dies wird in der Norm als „open loop recycling“ bezeichnet. Für den Fall, dass die Abwärme (das heiße Wasser) von den Industrieunternehmen verkauft wird, sieht die Norm vor, dass die Treibhausgasemissionen der Fernwärme zugerechnet werden (ISO 2006).

Unter Multi-Output werden Systeme betrachtet, bei denen mehrere Produkte oder Energieträger gleichzeitig erzeugt werden. Klassisches Beispiel ist hier natürlich die Kraft-Wärme-Kopplung. Für die Zuordnung der Treibhausgasemissionen, des Ressourcenverbrauchs und etwaiger Luftschadstoffemissionen wird in dieser ISO-Norm die Energiebilanz als Grundlage vorgesehen.

In der Norm wird anhand eines Beispiels die Zuordnungsmethode für die im Rahmen der Erzeugung von Strom und Wärme entstehenden Umweltbelastungen in einer KWK-Anlage dargestellt.

Der Zuordnungsmethode liegt die Annahme zu Grunde, dass sowohl die Vorteile der verbesserten Brennstoffnutzung als auch die Umwelteinwirkungen zwischen den erzeugten Produkten Wärme und Strom einer KWK-Anlage anteilig aufgeteilt werden müssen. Zur Bestimmung des Verhältnisses wird der Wirkungsgrad einer getrennten Erzeugung herangezogen. Das Verhältnis wird als Anteil des für jeden einzelnen Erzeugungsprozess benötigten Brennstoffs am insgesamt benötigten Brennstoff dargestellt. In dem in Tabelle 4 wiedergegebenen Beispiel sind 53 % der Umwelteinwirkungen der elektrischen Energie und 47 % der bereitgestellten Wärme zuzuordnen.

Tabelle 4: Zuordnung der Umweltbelastungen bei Kraft-Wärme-Kopplung. Rechenbeispiel aus ISO 13602-2.

Existing combined heat and power generation plant for which the allocation is to be made:	
Net electricity generation	30 units
Net heat generation	60 units
Alternative generation facilities:	
Heat generation (no fuel gas condensation)	$\eta_h = 90 \%$
Electricity generation	$\eta_e = 40 \%$
Fuel used by alternative electricity generation	$30/0,4 \text{ units} = 75 \text{ units}$
Fuel used by alternative heat generation	$60/0,9 \text{ units} = 67 \text{ units}$
Total fuel used by alternative generation	142 units
Allocate to electricity:	$75/142 = 53 \%$
Allocate to heat:	$67/142 = 47 \%$

Quelle: ISO 13602-2

Die Wahl des Wirkungsgrades hat direkte Auswirkung auf die Zuordnung der Umwelteinwirkungen. In der ISO-Norm werden daher auch unterschiedliche Wirkungsgrade für verschiedene Brennstoffe in verschiedenen KWK-Anlagen dargestellt.

Wien Energie Fernwärme legt bei der Zuordnung (Allokation) der Treibhausgasemissionen aus KWK auf die Fernwärme ein anderes Verfahren, nämlich die Mehrbedarfsmethode zugrunde. Basis der Berechnung sind Messungen unterschiedlicher Betriebsparameter (Außentemperatur, Vorlauftemperatur der Fernwärme, Lastfaktor etc.) mit und ohne Fernwärme-Auskopplung, aus denen dann der jeweilige Brennstoffmehrfbedarf bei Fernwärmeauskopplung ermittelt wird. Um die entsprechenden Parameter zu bestimmen, hat Wien Energie Fernwärme eine Studie beim Umweltbundesamt beauftragt, die unter dem Titel *Emissionen der Fernwärme Wien 2005* veröffentlicht worden ist (Umweltbundesamt 2007a). Nach dieser Methode betragen die Treibhausgasemissionen gesamt (inkl. vorgelagerter Prozesse und inklusive Emissionen der Abfallverbrennung) des Anlagenparks der Fernwärme Wien im Jahr 2005 rund 197 g CO₂-Äq./kWh.

8.3. ISO/PC 242: Energiemanagement

Im Frühjahr 2008 hat die ISO die Gründung eines Projektkomitees (PC) beschlossen, das sich mit der Entwicklung eines Standards zum Energiemanagement befassen soll. Die ISO möchte damit an die ISO 9000er Normenserie zum Qualitätsmanagement und die ISO 14000er Serie zum Umweltmanagement anknüpfen.

Durch die umfassende Beachtung sowohl technischer als auch Management-Aspekte soll Organisationen und Unternehmen ein praktikabler und anerkannter Ansatz zur Verbesserung der Energieeffizienz, Kostenreduzierung und Steigerung der Umweltleistung angeboten werden.

Die Norm soll Begriffe und Definitionen enthalten, die Voraussetzungen für ein Managementsystem beinhalten, sowie Anleitungen für die Nutzung, Umsetzung und Messung des Energiemanagements bieten. Wie ISO 9001 und 14001 soll auch die Norm zu Energiemanagement auf dem kontinuierlichen Verbesserungsprozess nach dem Plan-Do-Check-Act Ansatz aufbauen.

9. Weitere Projekte und Entwicklungen

Im Folgenden werden kurz weitere Projekte und Informationen vorgestellt, die ebenfalls einen Bezug zu Energieeffizienz haben, aber auf die nicht ausführlicher eingegangen werden konnte.

9.1. Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich (E.V.A., 2004)

„Der Bericht der Energieverwertungsagentur zu Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich (Energieverwertungsagentur 2004) soll dazu dienen, die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – konkret in der Bandbreite von kleinen bis sehr kleinen Leistungen – für ein noch breiteres Anwendungsspektrum als bisher vorzustellen und damit einen Impuls für die weitere Implementierung derartiger Anlagen in Österreich zu setzen. Weiters wird den politischen Entscheidungsträgern der aktuelle Stand dieses Technologiefelds aufgezeigt, um einerseits Entscheidungshilfe, andererseits Orientierung für zukünftige Prioritätensetzungen in der Energie-, Umwelt und FTE-Politik zu geben.“

(Auszug aus der Projektbeschreibung von Energytech o.J.).

9.2. Siemens-Studie zu nachhaltiger Infrastruktur in London

Großstädte spielen bei der Bekämpfung des Klimawandels eine entscheidende Rolle: Schon heute lebt mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten, im Jahr 2025 werden es fast 60 Prozent sein. Städte sind für rund 80 Prozent und damit für einen überproportional hohen Anteil der weltweit emittierten Treibhausgase verantwortlich.

London hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2025 die Treibhausgase bis zum Kyoto-Basisjahr 1990 um 60% zu reduzieren. Aus der von Siemens geförderten Studie „Sustainable Urban Infrastructure“ (McKinsey & Company 2008) geht nun hervor, dass London diesem Ziel allein

durch den Einsatz heute schon verfügbarer Technologien in den Bereichen Gebäude, Verkehr und Energieversorgung bis zum Jahr 2025 sehr nahe kommen kann.

Der Studie zufolge ließen sich die CO₂-Emissionen um fast 20 Millionen Tonnen (Mt) bzw. 44 Prozent im Vergleich zu 1990 reduzieren. Durch darüber hinaus gehende gesetzliche Neuregelungen, Verhaltensänderungen der Bürger sowie zukünftige technologische Innovationen könnte auch das Ziel der Stadt, 60 Prozent an Treibhausgasemissionen bis 2025 einzusparen, in greifbare Nähe rücken.

In der Studie wurden erstmals für eine Stadt Kosten und Potenziale von technologischen Hebeln zur Vermeidung von Treibhausgasen aus Sicht der Entscheider (Investoren, Eigenheimbesitzer, Konsumenten, Unternehmen und andere) ermittelt.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass der Einsatz vieler Technologien zur Vermeidung von Treibhausgasen auch wirtschaftlich sinnvoll ist. Es werden für die Implementierung aller Technologien bis 2025 zusätzliche Investitionen von rund 41 Mrd. Euro als erforderlich erachtet, knapp 70 % des Einsparpotenzials können jedoch mit Hilfe von Technologien erzielt werden, die sich durch die mit ihnen verbundenen Energieeinsparungen selbst finanzieren.

Die Studie kommt zu folgenden Einzelergebnissen:

- Das mit Abstand größte Einsparpotenzial liegt im Bereich Gebäude. Sie verursachen rund zwei Drittel der gesamten CO₂-Emissionen der Stadt London. Im Jahr 2025 könnten allein in Londons Gebäuden rund 10 Mt CO₂ eingespart werden. Insgesamt sind dafür Investitionen in Höhe von rund 20 Milliarden Euro erforderlich. Dabei rechnen sich fast 90 Prozent des Potenzials in Gebäuden für diejenigen, die die Investitionsentscheidung treffen. Der Einsatz energieeffizienterer Beleuchtung in Londons Haushalten ist dabei die kosteneffizienteste Einzelmaßnahme mit einem Reduzierungspotenzial von 400.000 Tonnen CO₂ sowie Einsparungen in Höhe von 270 Euro pro vermiedener Tonne CO₂. Die größte Reduzierung von Emissionen – insgesamt 4,5 Mt CO₂ – wird durch bessere Isolierung erreicht.
- Die Treibhausgasemissionen im Bereich Verkehr könnten bis zum Jahr 2025 um ein Viertel – rund 3 Mt CO₂, jährlich – reduziert werden. Dazu sind Investitionen in Höhe von 12,5 Milliarden Euro erforderlich. Effizientere Autos haben hier mit Abstand das größte Potenzial (1,2 Mt CO₂). Im ohnehin CO₂-effizienteren öffentlichen Nahverkehr könnten weitere 400.000 Tonnen CO₂ gespart werden – beispielweise durch den Einsatz von Hybridbussen.
- Nach dem Einsatz aller technologischen Hebel in den Bereichen Gebäude und Verkehr könnte die Stadt bei der Energieversorgung weitere 6,2 Mt CO₂ einsparen. Auf lokaler Ebene bietet der Einsatz verschiedener Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen mit 2,1 Mt CO₂-Einsparungen pro Jahr bis 2025 das weitaus größte Potenzial.

Weitere 3,7 Mt CO₂ lassen sich durch Maßnahmen in Bezug auf die nationale Stromerzeugung erzielen: Allein die verstärkte Umstellung von Kohle auf Gas zur Stromerzeugung würde Londons Emissionen um 1,2 Mt CO₂ senken. Der vermehrte Einsatz erneuerbarer Energieträger über die bisher definierten Ziele hinaus würde Londons CO₂-Bilanz um weitere 800.000 Tonnen CO₂ reduzieren.

- In Anbetracht der hohen Deponiegebühren und -steuern in England gibt es auch wirtschaftlich interessante Alternativen zur Müllentsorgung auf Deponien. Neben dem Recycling von Rohstoffen lässt sich Hausmüll mit modernen Technologien zum Beispiel zur Energieerzeugung nutzen – sei es durch die Umwandlung in Biogas oder die direkte Verbrennung. Die so gewonnene Energie kann tausende Haushalte mit Elektrizität und Wärme versorgen.

(Text aus einer Pressemitteilung von Siemens (2008) entnommen und z.T. überarbeitet)

9.3. Internationale Energie Agentur: Oil Market Report

Die in Paris ansässige Internationale Energieagentur (IEA) hat Februar 2009 einen aktuellen „Öl-Markt Report“ veröffentlicht. Wie jeden Monat enthält der Report die neuesten Daten zum Erdöl-Markt u.a. mit Prognosen für Nachfrage und Angebot (IEA 2009). Aus dem aktuellen Bericht geht hervor, dass die großen Ölkonzerne Investitionen in neue Förderprojekte stornieren, die Ölförderkapazitäten sinken und sich auch die Ölreserven bis 2013 stark reduzieren könnten. Nobuo Tanaka, Chef der IEA gibt dies Grund zur Besorgnis: „Wenn die Nachfrage wieder anzieht, könnte das Zurückfahren der Investitionen zu einem Versorgungsengpass führen. Wir prophezeien sogar, dass dieser Engpass 2013 eintreten könnte.“ Mit dem Engpass wären Preissteigerungen auf bis zu 200 Dollar pro Barrel verbunden, die nach einer Erholung der Wirtschaft bis 2010, zu einer neuen Weltwirtschaftskrise führen könnten.

Die IEA prognostiziert, dass fast die Hälfte des globalen Ölbedarfs in Zukunft über neu erschlossene Ölfelder gedeckt werden müsste, weil bestehende Reserven nach und nach versiegen. „Tanaka ruft deswegen die OECD-Staaten, also 30 westliche Industriestaaten, für die er spricht, zu einer radikalen Wende in der Energiepolitik auf. Leider stelle er fest, dass wegen der Wirtschaftskrise die Investitionen auch in erneuerbare Energien und in Atomkraft zurückgingen. Wenn jedoch keine zusätzlichen Maßnahmen gegen den Klimawandel ergriffen würden und die CO₂-Emissionen weiter steil ansteigen, verursache dies einen Anstieg der Erdwärme um sechs Grad Celsius am Ende dieses Jahrhunderts. Die IEA rät zu einer größeren Energieeffizienz. Die Regierungen sollten die Konsumenten dazu verleiten, Energie so zielgenau wie möglich zu verbrauchen. Global empfiehlt er einen Energie-Mix, bei dem die Hälfte der Energie aus erneuerbaren Ressourcen wie Wind, Wasser oder Sonne kommt. Ein Viertel müsste aus der Atomkraft kommen. Und bei einem weiteren Viertel muss der CO₂-Ausstoß eliminiert werden, indem das CO₂ unter der Erde gespeichert wird. Weil

dies aber schwierig umzusetzen sein wird, rechnet die IEA mit einer steigenden Abhängigkeit vom Öl.“ (Kläsgen 2009).

9.4. Internationale Energie Agentur: Energy Conservation in Buildings and Community Systems

Da etwa ein Drittel der Primärenergie in nicht-industriellen Gebäuden, überwiegend zum Wärmen, Kühlen und Beleuchten verwendet wird und als Reaktion daraufhin in vielen Staaten Ziele zur Reduktion der in den Gebäuden verwendeten Energie von 15 bis 30% definiert wurden, sieht die Internationale Energieagentur (IEA) dringenden Bedarf internationaler Kooperation von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in diesem Bereich.

Die IEA hat bereits in den 1970er Jahren ein “Implementing Agreement on Energy Conservation in Buildings and Community Systems (ECBCS)” gegründet. Aufgabe von ECBCS ist es, die Forschung und Entwicklung von Technologien zu Energieeinsparung in Gebäuden zu erleichtern und zu beschleunigen (IEA o.J.-a). Zu diesem Zweck werden Forschungsaktivitäten der IEA-Mitgliedstaaten in diesem Bereich koordiniert und unterstützt. Die Ergebnisse der Forschungsaktivitäten werden veröffentlicht und ihre Einführung unterstützt. Sie sollen darüber hinaus bei der Formulierung nationaler Richtlinien und Standards angewendet werden. Die Forschungsaktivitäten werden von ECBCS in thematisch verschiedene Projekte, so genannte „Annexe“, unterteilt. Über 20 Projekte sind schon abgeschlossen, derzeit laufen 9 Projekte wie z.B.:

- Holistic Assessment Tool-kit on Energy Efficient Retrofit Measures for Government Buildings (EnERGo) (2005-2008)
- Heat Pumping and Reversible Air Conditioning (2006-2009)
- Low Exergy Systems for High Performance Buildings and Communities (2006-2010)
- Energy Efficient Communities (2007-2011) (IEA o. J. -b)

Das für Wien Energie wohl das interessanteste Projekt ist „Energy Efficient Communities“ (Energieeffizienz in Gebäuden und Kommunen) (Annex 51). Das Projekt befindet sich noch in der Definitionsphase; die operative Phase soll eine Laufzeit von 2009 bis 2012 haben.

In vier Unterarbeitsgruppen (Subtasks) wird folgenden Themen nachgegangen:

- Subtask A: Existing Organizational Models, Implementation Instruments and Planning Tools for Local Administrations and Developers – a state-of-the-art review
- Subtask B: Case Studies on Energy Planning and Implementation Strategies for Neighbourhoods, Quarters and Municipal Areas;
- Subtask C: Case Studies on the preparation of Integrated Energy and CO₂-Abatement Concepts for towns or cities and corresponding implementation strategies;

- Subtask D: Instruments for a successful community energy policy.

Als Beitrag zu dem IEA-Projekt hat das deutsche Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie die Initiative „EnEff:Stadt – Forschung für die energieeffiziente Stadt“ gestartet.

*[Ziel ist, dass] „bisherige Forschungsaktivitäten aus den Bereichen energetische Gebäudesanierung, energieeffiziente Versorgungskonzepte und neue Energietechnologien integriert und Synergien genutzt werden. Kern der Aktivitäten sind Demonstrationsprojekte, mit denen die Energieeffizienz ganzer Siedlungsgebiete bzw. Stadtteile modellhaft verbessert werden soll.“
(Projekträger Jülich o.J.)*

Ähnliche Projekte und Initiativen finden im Rahmen des Annexes der Internationalen Energieagentur sowie innerhalb nationaler Fachprogramme, z.B. in den Niederlanden, in Österreich und der Schweiz statt.

Weitere Informationen:

- www.ecbcs.org
- www.ecbcs.org/annexes/annex51.htm (zum Projekt Energy Efficient Communities)
- www.eneff-stadt.info

9.5. Energieeffizienzstrategie der GASAG

Der Berliner Gasversorger Gasag hat ein Programm aufgelegt, damit in der deutschen Hauptstadt deutlich weniger Kohlendioxid (CO₂) ausgestoßen wird. Die Einsparungen entsprechen etwa fünf Prozent der gesamten Menge, die Verkehr, Verbraucher und Wirtschaft heute in Berlin verursachen. Bis zu 1,5 Milliarden Euro müssten investiert werden. „Davon wollen wir so viel wie möglich übernehmen“, sagte Vertriebsvorstand Prohl. „Wir wollen mit der Energieeffizienz ein Geschäft machen.“

Kernstück des neuen Programms ist die Förderung von Blockkraftwerken zur dezentralen Versorgung von Siedlungen und einzelnen Häusern mit Strom und Wärme. Damit sollen Übertragungsverluste vermindert werden, wie sie beim Transport von Strom und Fernwärme von Großkraftwerken zum Verbraucher entstehen. Das Ziel ist, Brennstoffe zu sparen. Darum geht es auch bei den weiteren Punkten – nämlich der Modernisierung von Heizungsanlagen, von denen viele in Berlin noch älter als 30 Jahre sind. Außerdem sollen Erdgasanlagen mit regenerativen Energien wie Sonnenkraft kombiniert und zum Teil mit – klimaneutralem – Biogas betrieben werden. Die Gasag will in Brandenburg bis zu 15 Biogasanlagen für insgesamt 150 Millionen Euro bauen.

(Leicht angepasster Auszug aus einer Zeitungsmeldung im Tagesspiegel vom 7.9.07).

9.6. Klimaschutzregion Hannover

9.6.1. Klimaschutzregion u.a. mit der Stadt und den Stadtwerken

Die Klimaschutzregion Hannover ging im Frühjahr 2003 an den Start, um Klimaschutz und Wirtschaft im Raum Hannover gemeinsam voranzubringen. Angestrebtes Ziel ist, die Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid bis zum Jahr 2050 drastisch zu reduzieren und dabei gleichzeitig eine möglichst große Zahl von Arbeitsplätzen zu sichern beziehungsweise zu schaffen. Zu den Projektträgern gehören, neben der Region Hannover und der Landeshauptstadt Hannover, der enercity-Fonds proKlima, die Klimaschutzagentur sowie die Stadtwerke Hannover AG.

9.6.2. Robuste Pfade für ein zukunftsfähiges Energiesystem

Das Wuppertal Institut (WI) hatte bereits 2002 gemeinsam mit weiteren Instituten nationale Nachhaltigkeitsszenarien für die Enquête-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages und das Umweltbundesamt entwickelt. Unter Berücksichtigung der regionalen Nachfrage- und Angebotsstrukturen hat das WI daraus ein Nachhaltigkeitsszenario für die Region Hannover abgeleitet. Ein solches Szenario ist keine Prognose, sondern eine Aussage über eine mögliche Entwicklung. Das Szenario besagt: Wenn bei einer als gegeben angenommenen Entwicklung von Bevölkerung und Wirtschaftswachstum wirtschaftlich sinnvolle Gelegenheiten der Effizienzverbesserung und der Nutzung erneuerbarer Energien – insbesondere bei ohnehin anstehenden Ersatz- und Erneuerungsinvestitionen – konsequent genutzt werden, dann ist es möglich, bis 2050 die CO₂-Emissionen in der Region Hannover gegenüber 1997 um mehr als 60 Prozent zu verringern.

Etwas mehr als die Hälfte dieser möglichen CO₂-Minderung müsste durch Erschließung von Effizienzpotenzialen überwiegend bei der Nachfrage nach Raumwärme erbracht werden.

Ausgehend von vier strategischen Handlungsoptionen, den so genannten robusten Pfaden, und einer Analyse zukunftsfähiger Technologien wurden für 15 Handlungsfelder Zielwerte in 10-Jahres-Schritten bis 2050 und eine Fülle von Projekt- und Maßnahmenvorschlägen entwickelt, mit denen diese Zielwerte erreicht werden sollen.

Diese Vorschläge ermöglichen es zum Teil, gleichzeitig neue Geschäftsfelder zu erschließen. Nach Diskussionen mit PartnerInnen insbesondere aus der Wirtschaft bei diversen Workshops wurden daraus etwa 20 Programme oder größere Projekte ausgewählt, die angegangen werden sollen.

Diese Liste soll im Laufe der Zeit und abhängig von Interessensbekundungen von PartnerInnen jeweils fortgeschrieben werden. Um das anvisierte Klimaschutzziel zu erreichen, sind laut WI-Studie bis zum Jahr 2020 zusätzliche Investitionen in Höhe von über 1,3 Milliarden Euro in der Region Hannover erforderlich – also jährlich rund 80 Millionen

Euro. Diese Summe macht deutlich: Es sind zwar Anstrengungen nötig, um den Klimaschutz in der Region Hannover voranzubringen; jedoch sind die erforderlichen Investitionen angesichts der Wirtschaftsleistung der Region durchaus realisierbar und nicht zu hoch.

2.000 bis 3.700 Vollzeit Arbeitsplätze könnten allein bis zum Jahr 2020 in der Region Hannover durch Klimaschutzinvestitionen bedingt sein – soweit die vom Wuppertal Institut vorgeschlagenen Strategien zur Kohlendioxid-Reduktion konsequent umgesetzt werden. Zu diesem Ergebnis kommt die Studie des Niedersächsischen Instituts für Wirtschaftsforschung (NIW).

9.6.3. Leuchtturmprojekte als Orientierung

Ein wichtiger Strategiebaustein der Klimaschutzregion Hannover ist, Projekte mit Vorbildcharakter zu realisieren. Diese sollen möglichst viele Akteure, Leistungsanbieter und Leistungsnachfragende für die Vision einer nachhaltigen Energiezukunft begeistern. Einige solcher „Leuchtturmprojekte“ – wie die Nullemissionssiedlung „Lummerlund“ am Kronsberg – bestehen in der Region bereits, weitere werden folgen. Für deren Umsetzung stellen die ProjektpartnerInnen der Klimaschutzregion Hannover zum Teil Anschubfinanzierungen bereit. Außerdem beabsichtigt die Initiative, durch Beteiligung an EU- und Bundesförderprogrammen weitere Impulse für die regionale Klimawirtschaft zu schaffen.

Statement des Vorstandsvorsitzenden der Stadtwerke Hannover

Michael G. Feist, Vorstandsvorsitzender der Stadtwerke Hannover AG gibt zu dem Projekt folgende Statement ab:

„Die ökologische Ausrichtung ist nicht nur ein wesentliches Attribut von energy, sondern auch ein Potenzial für Wachstum. Für unseren Heimatmarkt gilt das ganz besonders. Die Wirtschaftlichkeit von Klimaschutz haben wir dabei immer im Fokus. Darüber hinaus stärken diese Investitionen die regionale Wirtschaft. Darum engagieren sich die Stadtwerke Hannover in der Klimaschutzregion Hannover.“

(Text entnommen aus: Klimaschutzagentur Region Hannover (Hrsg.) (o.J.) Gemeinsam Zeichen setzen. Das Projekt Klimaschutzregion Hannover stellt sich vor. Hannover).

Weitere Informationen in o.g. Quelle und unter <http://www.klimaschutz-hannover.de/>

9.7. Öko-Stadt Masdar-City

Masdar-City ist Teil einer groß angelegten Initiative für erneuerbare Energien, für die Abu Dhabi weitere 15 Milliarden Dollar locker macht. „Masdar“, Deutsch für „Quelle“ oder „Ursprung“, soll den erneuerbaren Energietechnologien made in Abu Dhabi weltweit zum

Durchbruch verhelfen. Die Ölscheichs des Emirats wollen zum globalen Vorreiter auf dem Gebiet erneuerbarer Energien werden.

Kein Kohlendioxid, kein Abfall, keine Autos: Das Emirat Abu Dhabi beginnt 2008 mit dem Bau der Öko-Stadt Masdar-City. 22 Milliarden Dollar lassen sich die Scheichs das Prestigeprojekt kosten, bereits im Jahr 2016 soll die grüne Polis in der Wüste bezugsbereit sein. Der britische Stararchitekt Lord Norman Foster entwirft die CO₂-neutrale Metropole, die sechs Quadratkilometer groß sein wird. Gespart wird nicht nur Energie, sondern auch Wasser. Im Vergleich zu traditionellen Städten werde der Konsum weniger als halb so groß sein, versprechen die Planer. In der Stadt, soll die Sonne das Öl ablösen. Derzeit ist eine Ausschreibung für das „größte Solarkraftwerk der Welt“ im Gang. Das solarthermische Kraftwerk nutzt die Wärme zur Stromerzeugung. Es wird über Wärmespeicher (z.B. Flüssigsalztanks) verfügen, die um die Mittagszeit mit überschüssiger Sonnenenergie aufgeheizt werden können. Das macht die Produktion von Solarstrom selbst nach Sonnenuntergang möglich.

(Text entnommen aus Heumann (2008): Grüne Öko-Stadt in der Wüste (online) <http://www.spiegel.de/wirtschaft/0,1518,534205,00.html> (21.07.08)).

Weitere Informationen:

<http://www.masdar.ae> (Offizielle Website des Projekts).

<http://www.ecocit.org> (Internationales Netzwerk von Forschern, zu nachhaltiger Stadtplanung).

9.8. Dongtan, Changxing Eco-city

In der Nähe von Shanghai wird ebenfalls eine Stadt gebaut, die ausschließlich erneuerbare Energien nutzen und energieautonom sein soll. Dongtan liegt auf der drittgrößten Insel von China im Mündungsgebiet des Yangtze Flusses. Auf der Insel gibt es wertvolle Vogelschutzgebiete, die neue Stadt wird dort direkt angrenzen. Die Stadt soll auf die Bedürfnisse von Radfahrern und Fußgängern ausgelegt werden. Im Stadtgebiet sind auf Freiflächen landwirtschaftliche Betriebe vorgesehen.

Das Planungsbüro von Dongtan, die Firma Arup mit Sitz in London, arbeitet in China an einem weiteren Eco-city Projekt: Changxing im Großraum Beijing soll die erste nachhaltige Stadt in China werden, wobei hier anscheinend noch nicht Klimaneutralität anvisiert wird.

Weitere Informationen:

<http://www.dongtan.biz> (Offizielle Website des Projekts)

<http://www.arup.com> (Internetseite des Planungsbüros)

9.9. Studie zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen im österreichischen Wohngebäudebestand

In dem Forschungsprojekt „Entwicklung der Treibhausgasemissionen im österreichischen Wohngebäudebestand bis 2020 unter Annahme verschiedener Optimierungsziele und unter Berücksichtigung energiepolitischer Maßnahmen“ geht das Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der TU Wien folgenden Fragen nach:

- Wie entwickeln sich Treibhausgasemissionen, Energieverbrauch und Technologiewahl für die Bereiche Raumwärme und Warmwasser im österreichischen Wohngebäudebestand bis 2020 unter der Annahme, dass soziale Kosten, Treibhausgasemissionen und monetäre Kosten minimiert werden?
- Welchen Einfluss hat die Variation bedeutender Rahmenbedingungen wie die Entwicklung der Preise von Energieträgern, das Niveau von Austausch- / Renovierungsraten, die Höhe der externen Kosten auf die Ergebnisse?
- Welchen Einfluss haben energiepolitische Instrumente (insbesondere Investitionszuschüsse / Förderungen)?
- Wie stellt sich das Verhältnis von Effizienz und Effektivität bei verschiedenen Förderszenarien dar?

Eines der Ergebnisse des Projektes ist, dass ein ökonomisch realisierbares Potential einer ca. 30% igen Reduktion von Treibhausgasemissionen für Raumwärme und Warmwasserbereitung gegeben ist.

Hinsichtlich des zukünftig verwendeten Energieträgers für den Wärmebedarf in Gebäuden kommen die Autoren nach der Durchführung verschiedener Simulationen zu dem Ergebnis:

„In jedem Simulationsfall unter den Preisannahmen des Referenz-Szenarios erfolgt ein massiver Wechsel weg von Ölheizungen, außer bei „minimiere monetäre Kosten“ gibt es auch einen geringer ausgeprägten Trend weg vom Erdgas. Dies deutet darauf hin, dass zur Zeit (2005/2006) vorherrschende Energiepreisrelationen mit moderat ansteigender Tendenz Anreiz genug für diesen Energieträgerwechsel bei nüchterner ökonomischer Kalkulation sein sollten. Die Bedeutung von Fernwärme, Wärmepumpen und Biomasse-Energieträgern (Pellets, Hackschnitzel) wächst.“ (Schriefl et al. 2007:2)

Zu dem Projekt wurde bislang nur ein Abstract für eine Tagung identifiziert, weitere Informationen müssen ggf. recherchiert werden.

Weitere Informationen:

Energy Economics Group, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Technische Universität Wien, Gußhausstraße 25-29/373-2, 1040 Wien, Tel.: +43 1 58801/37355, schriefl@eeg.tuwien.ac.at, www.eeg.tuwien.ac.at.

9.10. Studie Wärme und Kälte aus erneuerbaren Energien 2030

„In der vorliegenden Studie wird die Entwicklung des Sektors Wärme und Kälte des österreichischen Endenergieverbrauchs bis zum Jahr 2030 untersucht. Dieser Sektor umfasst gegenwärtig 51,3% des Gesamt-Endenergieverbrauchs und wird für die weitere Analyse in die vier Bereiche Raumwärme und Warmwasser, Klimatisierung, Dampferzeugung und Prozesswärme, sowie Industrieöfen gegliedert, wobei der Bereich Raumwärme und Warmwasser mit einem Anteil von 63% den gewichtigsten Bereich im Sektor Wärme und Kälte darstellt.

Ziel der Arbeit ist es, die zukünftige Rolle der erneuerbaren Energie und der Energieeffizienz im Sektor Wärme und Kälte bis zum Jahr 2030 festzustellen. Mit Hilfe von Szenarien wird deshalb der Einfluss unterschiedlicher Rahmenbedingungen auf die Technologiediffusion, die resultierenden CO₂-Emissionen sowie auf unterschiedliche volkswirtschaftliche Faktoren diskutiert. In der Folge wird die Frage beantwortet, ob eine zu 100% auf Erneuerbaren basierende Versorgung mit Wärme und Kälte in Österreich bis zum Jahr 2030 möglich erscheint. Der methodische Zugang besteht im Bereich Raumwärme und Warmwasser aus der disaggregierten Abbildung des gesamten österreichischen Gebäudebestandes auf einem umfassenden Computermodell. Auf Basis dieses Modells erfolgen Szenarienrechnungen, wobei drei Szenarien den möglichen Entwicklungsraum entscheidender Parameter bis 2030 überspannen.

(Auszug aus der Kurzfassung von Haas et al. 2007)

9.11. Innovation & Klima – Plattform der österreichischen Wirtschaft

Österreich müsste zur Erfüllung seiner Klimaschutzzusagen im Kyoto-Protokoll derzeit mehr als ein Viertel an CO₂ und anderen Treibhausgasen reduzieren. Angesichts dieser gravierenden Herausforderung für Wirtschaft und Politik unterstützt „Innovation & Klima“ als Klimaplattform der österreichischen Wirtschaft mit folgenden Intentionen die österreichische Klimapolitik:

- Die Klimapolitik wird als ein Instrument der wirtschaftlichen Innovation im Sinne der Lissabon-Strategie der Europäischen Union positioniert.
- Für die drei Sektoren Mobilität, Gebäude sowie Industrie und Energie werden Strategien mit hohem Innovationspotential, starker Signalwirkung und politischer

Konsensfähigkeit vorgestellt. Maßnahmen, die diese drei Kriterien erfüllen, werden in diesem Projekt als Top-Aktivitäten bezeichnet.

Die Wirtschaftskammer Österreich, die Industriellenvereinigung, der Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreich und das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit haben daher das Projekt Innovation & Klima initiiert. Die Umsetzung erfolgte durch das Österreichische Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), das Wegener Center for Climate and Global Change der Universität Graz, das Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz und die KWI Management Consultants & Auditors GmbH.

Das Projekt kommt u. a. zu folgenden Ergebnissen:

- Mit Kraft-Wärme-Technologien kann die Effizienz bei der Bereitstellung von Elektrizität und Wärme deutlich verbessert werden. Österreich hat dafür noch ein hohes, nicht genutztes Potential.
- Die meisten der nach 1945 bis 1980 errichteten Gebäude sind hoch sanierungsbedürftig. Einfamilienhäuser verursachen besonders hohe CO₂-Emissionen.
- Domestic Offset Projects könnten zur Umsetzung von zusätzlichen nationalen Emissionsreduktionsprojekten motivieren.

In dem Projekt sind neben einer Kurzfassung (WIFO et al. 2008) folgende Publikationen entstanden:

- Das Policy Book – Entscheidungsgrundlagen für Politik und Wirtschaft.
- Das Guide Book – Leitlinien für Mobilität, Gebäude sowie Industrie und Energie
- Das Fact Book – Bausteine für eine neue Klimapolitik.

Downloads unter www.innovation-klima.at.

10. Quellenverzeichnis

- Anders, J. Thor (2007): Weighting and Aggregation of Energyware. Special ISO Focus 2007 – World Energy Congress, 13-15.
- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE) (Hrsg.) (2007): Dezentrale Stromerzeugung mit Erdgas in Einfamilienhäusern. (Download: www.asue.de).
- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE) (Hrsg.) (2005): BHKW Kenndaten 2005. (Download: www.asue.de).
- Bertoldi, Paolo et al. (2005): White, green & brown certificates: How to make the most of them? (Download: <http://www.ewc.polimi.it/dl.php?file=integration.pdf>).
- Bollig, Peter (2007): Energieeffizienzbetrachtung am Beispiel der MVA Asdonkshof. Symposium Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz, B.E.W. Duisburg 26.10.2007 (Download: http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/bollig_munlv_symposium.pdf).
- Bradke et al. (2006): Bullenseethesen: Thesen zur dezentralen Micro-Kraft-Wärme-Kopplung (Download http://www.ewe.de/download/pdf/BULLENSEE-THESEN_Ausarbeitung_8.pdf).
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.) (2006): Nachhaltige Ver- und Entsorgung – Impulse aus der sozial-ökologischen Forschung. (Verfasser: Dr. Monika Offenberger). (Download: <http://www.bmbf.de/publikationen/2701.php>).
- Bundeskanzleramt (BKA) (2008): Klimaschutzgipfel 2008. (Online) <http://www.klimaschutz.bka.gv.at/site/6160/default.aspx>, (17.7.2008).
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (Hrsg.) (2007): Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008-2012. (Download: www.klimastrategie.at).
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft BMLFUW (2008): Novelle zum Ökostromgesetz im Wirtschaftsausschuss beschlossen. (Online) <http://presse.lebensministerium.at/article/articleview/66737/1/21503/>, (17.7.2008).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Hrsg.) (2007): 1. Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich gemäß Regierungsprogramm der Österreichischen Bundesregierung gemäß EU-Richtlinie 2006/32/EG, Wien. (Download: http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/doc/neeap/austria_neeap_de.pdf).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) (Hrsg.) (2003) : Forschungs- und Entwicklungskonzept für emissionsarme fossil befeuerte Kraftwerke – Bericht der COORTEC-Arbeitsgruppen. Berlin, (Download: <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Dokumentationen/forschungs-und-entwicklungskonzept-fuer-emissionsarme-fossil-befeuerte-kraftwerke-bericht-der-COORETEC-arbeitsgruppen-dokumentation-527.property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>).
- Deutsche Bank Research (Hrsg.) (2008): Die Kraft-Wärme-Kopplung – Ein Eckpfeiler des deutschen Energie- und Klimaprogramms. (Download: www.dbresearch.de).
- Energie.ch (Hrsg.) (2008): Thermophotovoltaik. (Online) <http://www.energie.ch/themen/haustechnik/tpvtaik/index.htm>, (2.7.2008).
- Energie-Control (Hrsg.) (2008) Marktbericht 2008. Nationaler Bericht an die Europäische Kommission, Wien. (Download: http://www.e-control.at/portal/page/portal/ECONTROL_HOME/NEWS/-BERICHTE/LIBERALISIERUNGSBERICHT/files/ec_mb_08_k5.pdf)
- Energieinfo (Hrsg.) (2008): Energielexikon. (Online) <http://www.energieinfo.de/eglossar/node102.html> (2.7.2008).
- Energieverwertungsagentur (Hrsg.) (2004): Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich. (Download: http://energytech.at/pdf/kwk_oesterreich.pdf).

- Energytech (Hrsg.) (o.J.): Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich (E.V.A., 2004). (Online) <http://energytech.at/en/rxml/results.html?id=3586> (17.7.2008).
- Europäische Kommission (Hrsg.) (2006): GRÜNBUCH Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie, Brüssel. (Download: http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy/doc/2006_03_08_gp_document_de.pdf).
- Europäische Union (EU) (Hrsg.) (2008a): Tätigkeitsbereiche der Europäischen Union - Zusammenfassungen der Gesetzgebung: Eine Energiepolitik für Europa. (Online) <http://europa.eu/scadplus/leg/de/lvb/l27067.htm> (17.7.2008).
- Europäische Union (EU) (Hrsg.) (2008b): EU KOM MEMO/08/34 - Fragen und Antworten zum Vorschlag der Kommission, die Belastungen zu verteilen. (Online) <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/08/34&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en> (17.7.2008).
- Europäische Union (EU) (Hrsg.) (o.J.): ÖSTERREICH – Fact Sheet Energiemix. (Download: http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/country/at/mix_at_de.pdf).
- Euroheat & Power Initiative (Hrsg.) (2005): Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling systems ECOHEATCOOL Work package 3. Brüssel. (Download: <http://www.euroheat.org/ecoheatcool/documents/Ecoheatcool%20WP3%20Web.pdf>).
- Euroheat & Power Initiative (Hrsg.): Ohne Titel. (Download: www.ecoheatcool.org).
- Fischer, Corinna; Praetorius, Barbara (2006): Nachhaltige Transformation des Elektrizitätssystems und Dynamik der Dezentralisierung: Zur Diffusion von Mikro-KWK in Deutschland. In: Reiche, D., Bechberger, M. (Hrsg.): Ökologische Transformation der Energiewirtschaft – Erfolgsbedingungen und Restriktionen. Berlin, 277-295.
- Fritsche³³, Uwe R. (2007): Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung. – Arbeitspapier – Darmstadt.
- Geller, Wolfgang (2006): Thermodynamik für Maschinenbauer, 4., erweiterte Auflage, Heidelberg
- Haas Reinhard; Biermayr Peter; Kranzl, Lukas; Müller Andreas; Schriefl Ernst (2007) Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030, Kurzfassung Wien (Download: http://www.erdwaermelehpfad.com/documents/Endbericht-Waerme-Kaelte-2030-2007-10-16_01.pdf).
- International Standardization Organisation (ISO) (Hrsg.) (2005): ISO/TC 203 Business Plan, Date 2005-06-20 Version: Draft #5. (Online) http://isotc.iso.org/livelink/livelink/-4276507/Business_Plan_Draft_5_N_78.doc?func=doc.Fetch&nodeid=4276507 (2.7.2008).
- International Standardization Organisation (ISO) (Hrsg.) (2002): ISO 13602-1, Technical energy systems – Methods for analysis – Part 1: General. 1. Ausgabe. Genf.
- International Standardization Organisation (ISO) (Hrsg.) (2006): ISO 13602-2, Technical energy systems – Methods for analysis – Part 2: Weighting and aggregation of energywares. 2. überarbeitete Ausgabe, Genf.
- Internationale Energieagentur (IEA) (Hrsg.) (o.J.-a): About the ECBCS. (Online) <http://www.ecbcs.org/home.htm> (23.7.2008).
- Internationale Energieagentur (IEA) (Hrsg.) (o.J.-b): The ECBCS Research Programme. (Online) <http://www.ecbcs.org/annexes/index.htm> (23.7.2008).
- Internationale Energieagentur (IEA) (Hrsg.) (2009): Oil Market Report. (Download: www.oilmarketreport.org).
- Kail, Christoph; Haberberger, Georg (2001) Kenngrößen zur optimalen Auslegung großer KWK-Anlagen in VDI-Berichte Nr. 1594, 2001, 99-112. (Download: <http://www.fh-meschede.de/public/kail/pdf/vdi-1594.pdf>).

³³ Uwe Fritsche ist Koordinator für den Bereich Energie & Klimaschutz beim Öko-Institut, Büro Darmstadt.

- Kläsger, Michael (2009): Die nächste Ölkrise kommt. (Online) www.sueddeutsche.de/finanzen/319/459957/text/ (26.03.2009).
- Klimaschutzagentur Region Hannover (Hrsg.) (o.J.): Gemeinsam Zeichen setzen. Das Projekt Klimaschutzregion Hannover stellt sich vor. Hannover (Download: http://www.klimaschutz-hannover.de/fileadmin/site/dokumente/Broschueren/Broschuere_KSregion_040525.pdf).
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2007): Eine Energiepolitik für Europa, vom 10.1.2007, KOM(2007) 1 end., angenommen durch den EU-Rat am 8./9.3.2007. (Download: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52007DC0001:DE:NOT>).
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hrsg.) (2006): GRÜNBUCH - Eine europäische Strategie für nachhaltige, wettbewerbsfähige und sichere Energie. Brüssel.
- Kugeler, K. (2001) (Hrsg.): Energiewirtschaft Teil I – Vorlesungsskript RWTH Aachen. (Download http://www.lrst.rwth-aachen.de/skripte/energiewirtschaft/ew_kap_04_fossilekraftwerke.pdf).
- Langenheld, Alexandra (2008): [Die Europäische Richtlinie für erneuerbare Energien](#). Vortrag im Rahmen des Workshops „EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien - Die österreichische Energiepolitik im Rahmen des Europäischen Energie- und Klimaschutzpakets“, Wien 15.5.2008. (Download: <http://www.biomasverband.at/biomasse?cid=34370#id2>).
- Leuschner, Udo (o.J.) Energie = Exergie + Anergie. (Online) <http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB102-07.htm> (6.12.2008)
- McKinsey & Company (2008): Sustainable Urban Infrastructure – London Edition – a view to 2025. (Download: http://w1.siemens.com/press/pool/de/events/media_summit_2008/-sustainable_urban_infrastructure-study_london.pdf).
- Mende, Dieter (2007): EEZ-Report 2007 - Brennstoffzellen und frühe Märkte Wasserstoff als Energieträger - Technologie, Energie und Klima. (Download: www.energieportal24.de/download_189.htm).
- Öko-Institut; Enerko (Hrsg.) (2008): Vergleich von Heizkraftwerksvarianten für die Stadtwerke Kiel – Endbericht. (Verfasser: Herbert Freischlad; Dr. Armin Kraft; Stefan Kotzur; Dr. Felix Chr. Matthes; Julia Repenning; Dr. Katja Schumacher). (Download: <http://www.stadtwerkekiel.de/unternehmen/GKK/Zusammenfassung%20Gutachten.pdf>).
- Öko-Institut (o.J.) zitiert nach Agenda 21 Darmstadt (Hrsg.) (o.J.): Klimabilanz. (Online) http://www.agenda21.darmstadt.de/ksk_klimabilanz.html (21.09.2007).
- Öko-Institut (Hrsg.) (2003): Nachhaltige Stadtteile auf innerstädtischen Konversionsflächen: Stoffstromanalyse als Bewertungsinstrument. Freiburg.
- Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency (Hrsg.) (2007): 1. Energieeffizienzaktionsplan der Republik Österreich gemäß Regierungsprogramm der Österreichischen Bundesregierung für die XXIII. Gesetzgebungsperiode (Verfasser: Michael Sattler, Herbert Tretter, Andrea Jamek, Elvira Lutter, Andreas Veigl). Wien.³⁴
- Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO) (Hrsg.) (2005): Energieszenarien für Österreich bis 2020. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit (BMWA). Wien.
- Österreichische Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), Wegener Center for Climate and Global Change der Universität Graz, Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz KWI Management Consultants & Auditors GmbH (Hrsg.) (2008) Innovation & Klima: Innovative Klimastrategien für die österreichische Wirtschaft. Das Executive Summary, O.O.
- Österreichisches Parlament (2008): Ökostromgesetz-Novelle passiert Nationalrat im zweiten Anlauf. (Online) http://www.parlament.gv.at/PG/PR/JAHR_2008/PK0657/PK0657.shtml (17.7.2008).

³⁴ Dies ist die Langfassung für das BMWA. Daraus wurde offensichtlich der Bericht für die EU erstellt, indem das Kapitel 4. Bewertung der Zielerreichung raus genommen wurde. Siehe BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT (Hrsg.) (2007).

- Pehnt, Martin; Cames, Martin; Fischer, Corinna; Grashof, Katherina; Praetorius, Barbara; Sauter, Raphael; Schumacher, Katja; Schneider, Lambert; Voß, Jan-Peter (2004): TIPS Discussion Paper 4: Micro CHP – A sustainable innovation? (Download: www.tips-project.de).
- Pelte, Dietrich (2002): Die Zukunft unserer Energieversorgung. Physikalische Grundlagen und Folgerungen. Vollständig überarbeitetes Vorlesungsmanuskript vom SS 2002. (Online) <http://www.physi.uni-heidelberg.de/~pelte/energie2/start.htm> (27.8.2007)
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA) (Hrsg.) (2007): prEN 15243 – Lüftung von Gebäuden - Berechnung der Raumtemperaturen, der Last und Energie für Gebäuden mit Klimaanlage April 2007 ICS 91.140.30 Deutsche Fassung Schluss-Entwurf. (Online) <http://www.sia.ch/forum/attachment.php?attachmentid=1691&d=1177051881> (27.08.2008).
- Projekträger Jülich (o.J.): EnEff:Stadt - Forschung für die energieeffiziente Stadt. (Online) <http://www.eneff-stadt.info/> (27.4.2008).
- Quaschnig, Volker (2006): Renaissance der Wärmepumpe (erschieden in Sonne Wind & Wärme 09/2006, 28-31). (Online) <http://www.volker-quaschnig.de/artikel/waermepumpe/index.html> (11.6.2007).
- RWE (Hrsg.) (2008): FACTS & FIGURES 2008 -Updated May 2008. (Online) <http://rwecom.geber.de/factbook/en/servicepages/welcome.html> (02.03.2009).
- Saarbrücker Stadtwerke (2008) (Hrsg.): Fernwärme – Wärme aus der Ferne für Sie. (Download: http://www.saarbruecker-stadtwerke.de/upload/2-3_fernwaermeinfo270105.pdf).
- Schilling, Hans-Dieter (2004): Wie haben sich die Wirkungsgrade der Kohlekraftwerke entwickelt und was ist künftig zu erwarten? O.O. (Download: <http://www.energie-fakten.de/pdf/wirkungsgrade.pdf>).
- Schindelar, Franz, Wallisch, Alexander (o.J.): Nutzung der Abwärme aus den Wiener Abfallverbrennungsanlagen für den Betrieb eines Fernkältenetzes - Auswirkungen auf die Primärenergieeffizienz der Fernwärme und Fernkälte in Wien. (Manuskript), o.O.
- Schrieffl, Ernst, Haas, Reinhard, Kranzl, Lukas, Müller, Andreas (2008): Entwicklung der Treibhausgasemissionen im österreichischen Wohngebäudebestand bis 2020 unter Annahme verschiedener Optimierungsziele und unter Berücksichtigung energiepolitischer Maßnahmen. Wien. (Download: http://eeg.tuwien.ac.at/-events/iewt/iewt2007/papers/abstracts/Poster/PosterStrategien/Schrieffl_CO2Gebaeude.pdf).
- Siemens (2008): Siemens veröffentlicht Studie zu nachhaltiger Infrastruktur in London. (Online) http://w1.siemens.com/press/de/pressemitteilungen/2008/corporate_-_communication/axx20080660.htm (23.7.2008).
- Stadt Wien (Hrsg.) (2006): Städtisches Energieeffizienz Programm – Konzept. Wien.
- Statistik Austria (2008) Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, Energiestatistik: Energiebilanzen Österreich 1970 bis 2006. (Online) http://www.statistik.at/web_de/statistiken/-energie_und_umwelt/energie/energieeffizienzindikatoren/index.html (22.06.2008).
- Stern, Nicholas (2007): The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge.
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2007): Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix. – Climate Change 1/07 (Verfasser: Marcus Machat, Kathrin Werner). Dessau. (Download: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3195.pdf>).
- Umweltbundesamt (UBA) (Hrsg.) (2003a): Anforderungen an die zukünftige Energieversorgung - Analyse des Bedarfs zukünftiger Kraftwerkskapazitäten und Strategie für eine nachhaltige Stromnutzung in Deutschland. (Verfasser: Jürgen Landgrebe; Helmut Kaschenz; Rainer Sternkopf; Bärbel Westermann; Klaus Becker; Wolfgang Müller; Jörg Schneider; Andreas Burger; Christoph Kühleis). Dessau.
- Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.) (2003): Die Entwicklung des Wiener Wärmemarktes und die daraus resultierenden ökologischen Effekte. Durchgeführt von der Umweltbundesamt GmbH Im Auftrag der Fernwärme Wien GmbH Endbericht 14. Mai 2003. (Erstellt von: DI Werner Pölz DI Christian Rolland). Wien.

- Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.) (2007a): EMISSIONEN DER FERNWÄRME WIEN 2005 – Ökobilanz der Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen aus dem Anlagenpark der Fernwärme Wien GmbH (Verfasser: Pölz, Werner). Wien. (Download: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0076.pdf>)
- Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.) (2008): Energieeinsatz in Österreich. (Online) http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/energie/energie_austria/ (6.4.2008).
- Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.) (2008a): Bundesländer Luftschadstoffinventur 1990–2006. Wien.
- Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg.) (2005): Klimaschutz 2010 – Konzept für Baden-Württemberg. Stuttgart.
- Wagner, Eberhard (o. J.): Warum ist der elektrische Wirkungsgrad von Kernkraftwerken in der Regel niedriger als der von Kohlekraftwerken? (Online) <http://www.energie-fakten.de/wirkungsgrad-kohle-kkw.html> (23.8.2007).
- Wien Energie (2007): Weitblick. – Nachhaltigkeitsbericht 05/06. (Download: http://www.nachhaltigkeit.wienerstadtwerke.at/fileadmin/user_upload/Downloadbereich/Wien_Energie_Weitblick_NB.pdf).
- Winkelmüller, Stefan (2006): Optimierung der Nachfrage- und Erzeugungsstruktur kommunaler Energiesysteme am Beispiel von Wien. Augsburg.
- Zach, Otto (2008): Der EU-Richtlinienentwurf aus Sicht des Wirtschaftsministeriums. Vortrag im Rahmen des Workshops „EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien - Die österreichische Energiepolitik im Rahmen des Europäischen Energie- und Klimaschutzpakets“. Wien. (Download: <http://www.biomasseverband.at/biomasse?cid=34370#id2>).
- Zingerle, Georg (2006): Quadratur des Kreises – Nachhaltigkeit, Wettbewerb, Versorgungssicherheit. Europas Energiestrategie aus der Sicht der österreichischen Bundesländer in: energy Zeitschrift der Österreichischen Energieagentur 2/2006, 6-7. (Download: <http://www.energyagency.at/publ/pdf/en2-06.pdf>).

11. Anhang

11.1. Anhang 1: Energie = Exergie + Anergie

„Nach dem Entropiesatz der Thermodynamik strebt Energie innerhalb eines geschlossenen Systems unaufhaltsam und unumkehrbar einem Zustand völliger Verteilung bzw. Dissipation zu. Dieser Zustand wäre auf unserem Planeten längst annähernd erreicht, wenn nicht Tag für Tag die Sonne dazwischenfunken würde, indem sie die Erde mit Energie höherer Wertigkeit versorgt. Tatsächlich stammen fast alle unsere Energie-Ressourcen von der Sonne, ob es sich um Kohle, Öl, Gas, Holz, Wasserkraft, Windkraft oder um die unmittelbare Nutzung der solaren Licht- und Wärmestrahlung handelt. Ausnahmen bilden lediglich die Kernenergie, die Gezeitenenergie und die geothermische Energie.

Dank der Sonneneinstrahlung herrscht an der Erdoberfläche eine mittlere Temperatur von plus 15°C. Bis zum absoluten Nullpunkt bei minus 273,15°C fehlen also fast noch 300°C. Das ist einerseits recht angenehm, weil die Menschheit sonst längst erfroren wäre. Andererseits nützt Energie auf diesem Temperaturniveau gar nichts, weil sich nur die Differenz zwischen geringeren und höheren Zuständen der Entropie nutzen lässt. Zum Beispiel, indem man ein Kraftwerk bauen würde, das die Differenz zwischen der Oberflächentemperatur der Erde und der Kälte des Weltraums nutzt. Oder weniger utopisch: Ein Kraftwerk, das die Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche des Meeres und dem kälteren Wasser am Grund der Ozeane nutzt. Aber auch das lässt sich nur sehr schwer und mit zweifelhaftem Erfolg verwirklichen. In der Praxis wird deshalb das vorhandene Entropie-Gefälle zwischen Energie von höherer und geringerer Wertigkeit mit den bekannten Methoden des Verbrennens von Kohle, Gas, Öl und Holz, durch die Nutzung von Wind- und Wasserkraft oder durch direktes "Anzapfen" der solaren Einstrahlung genutzt. Sobald Energie auf das Temperaturniveau der normalen Umgebung absinkt, kommt sie für eine Nutzung nicht mehr in Frage.

Soweit wäre für die Physiker alles klar. Sie können mit den Hauptsätzen der Thermodynamik ganz gut leben. Nicht so die Techniker: Die wurmt es gewaltig, dass für jene Form der Energie, die sie am meisten interessiert, in diesem physikalischen System kein Begriff vorgesehen ist: nämlich für jene Energieform, die man nun mal braucht, damit das Auto fährt und die Spiegeleier in der Pfanne braten. Der Techniker sieht natürlich ein, dass Energie unter physikalischen Gesichtspunkten weder erzeugt noch verbraucht werden kann. Aber als praktisch denkender Mensch weiß er genau, dass ein Brikett im Ofen unwiderruflich verbrennt und keine Zauberformel den Strom zurückbringt, den eine Glühbirne verbraucht hat. Dass diese Energie nicht vernichtet wurde, sondern vom Zustand geringerer Entropie in einen solchen höherer Entropie überführt wurde - schlichter gesagt: dass sie jetzt irgendwo im allgemeinen Wärmesumpf steckt - tröstet ihn wenig. Für ihn ist sie einfach futsch, das heißt, sie ist nicht mehr nutzbar.

Und deshalb haben die Techniker für jene Form von Energie, die sie am meisten interessiert, eine spezielle Bezeichnung erfunden: Sie lautet "Exergie" und steht für jede Art von Energie, die sich für den Menschen in nützliche Arbeit umsetzen lässt. "Exergie" ist also das, mit dem sich eine Turbine in Schwung bringen, eine Herdplatte erhitzen, eine Wohnung heizen oder sonstige nützliche Arbeit verrichten lässt. Diese Exergie kann auch - im Unterschied zur Energie - tatsächlich verbraucht werden, indem sie zum Teil in eine niederwertigere Energieart umgewandelt wird.

Für den übrigen Teil der Energie haben die Techniker die Bezeichnung "Anergie" geprägt. Sie steht für jene Form von Energie, die sich nicht nutzen lässt oder bei der Energieumwandlung als Abwärme nutzlos verpufft.

Da Energie immer die Summe aus Exergie und Anergie bildet, ergibt sich folgende Gleichung:

$$\text{Energie} = \text{Exergie} + \text{Anergie}$$

Der Energietechniker bewertet Energie also unter einem pragmatischen Aspekt: ob sie als Exergie nützliche Arbeit verrichten kann oder ob sie wertlose Anergie darstellt. Er sieht seine Aufgabe darin, die vorhandene Energie mit möglichst hohem Wirkungsgrad - das heißt mit möglichst geringer Anergie - in Exergie zu verwandeln.

Der Exergie-Begriff ist nützlich und notwendig, um Energieformen mit Blick auf ihre praktische Nutzung bewerten zu können. Wenn man beispielsweise die elektrische Leistung und die Wärmeabgabe eines Heizkraftwerks – beides in Kilowattstunden – einfach zusammenrechnet, entsteht leicht der Eindruck, als ob Strom und Wärme dieselbe Energie-Qualität hätten. In Wirklichkeit wird aber der Exergie-Gehalt der Wärme vom thermodynamischen Wirkungsgrad begrenzt. Er ist also in der Praxis relativ gering. Dagegen besteht Strom zu hundert Prozent aus Exergie.“

Quelle: Leuschner, Udo (o.J.) *Energie = Exergie + Anergie* (online) <http://www.udo-leuschner.de/basiswissen/SB102-07.htm> (6.12.2008)

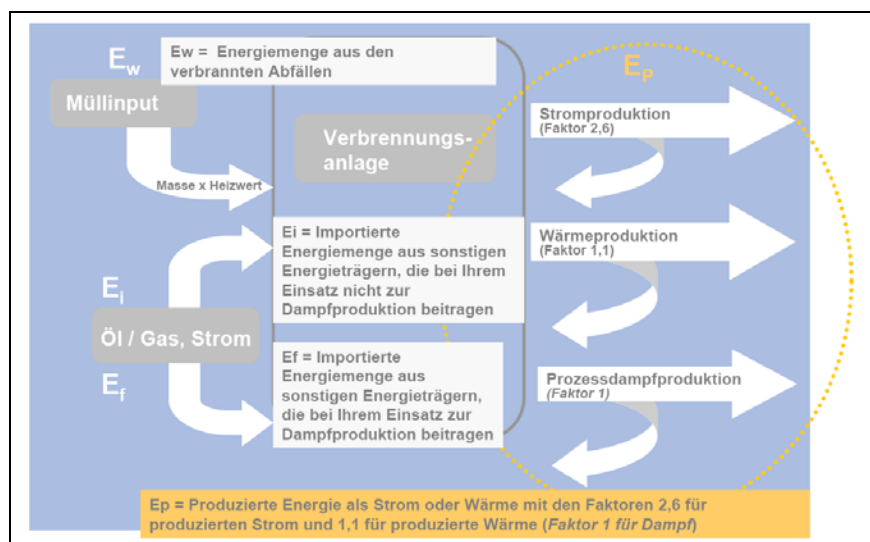
11.2. Anhang 2: Formel für Energieeffizienz in der Novelle der EU-Abfallrahmenrichtlinie vom 19.11.2008

Im Anhang II der Novelle der Abfallrahmenrichtlinie (EU-Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle vom 19. November 2008) werden als Verwertungsverfahren zur Energieerzeugung (R1) Anlagen bezeichnet, deren Energieeffizienz mindestens 0,6 (Altanlagen) bzw. mindestens 0,65 (Neuanlagen, ab dem 1.1.2009 genehmigt) beträgt. Die Energieeffizienz wird dabei nach der so genannten R1-Formel wie folgt definiert:

$$\text{Energieeffizienz} = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 \cdot (E_w + E_f)}$$

Folgende Abbildung erläutert, was die einzelnen Abkürzungen bedeuten.

Abbildung 19: R1-Formel nach Abfallrahmenrichtlinie für die Anerkennung von der Abfallverbrennung als Verwertungsverfahren zur Energieerzeugung



Quelle: Bollig, Peter (2007)

Entscheidend hierbei ist, dass die Produktion von Strom und Wärme unterschiedlich gewichtet werden: Strom mit Faktor 2,6, Wärme „nur“ mit Faktor 1,1. Diese politisch festgelegten Werte haben folgenden Hintergrund:

- Der Faktor 2,6 ergibt sich aus dem Bedarf an Dampfergie, den ein durchschnittliches europäisches Kraftwerk (nicht MVA!) mit einem durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrad von 38 % zur Erzeugung von 1 MW elektrischen Strom benötigt (2,6 MW Dampf → 1 MW Strom).
- Der Faktor 1,1 für Wärme ergibt sich aus dem Bedarf an Dampfergie, den ein durchschnittliches europäisches Kraftwerk (nicht MVA!) mit einem durchschnittlichen thermischen Wirkungsgrad von 91 % zur Erzeugung von 1 MW externer thermischer Energie benötigt (1,1 MW Dampf → 1 MW Wärme).

Der Faktor 0,97 umfasst nicht nutzbare Verluste durch Schlackenwärme, Unverbranntes, Abstrahlung u.ä.“