

# Band 3 Kapitel 5: Produktion und Gebäude

## Volume 3 Chapter 5: Production and Buildings

### Koordinierende Leitautoren

Hans Schnitzer, Wolfgang Streicher

### Leitautor

Karl W. Steininger

### Beiträge von

Tania Berger, Christoph Brunner, Alexander Passer, Jürgen Schneider, Michaela Titz, Heidi Trimmel, Andreas Türk

### Für den Begutachtungsprozess

Brigitte Bach

### Inhalt

ZUSAMMENFASSUNG	980	5.2.4	Minderung oder THG-Reduktion: Emissionsminderung durch Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energieträger	1006
SUMMARY	980			
KERNAUSSAGEN	981	5.2.5	Adaptation, Anpassungsstrategien	1014
5.1 Produktion	983	5.2.6	Forschung und Entwicklung: Bedarf, Potenzial	1016
5.1.1 Die Rolle des Bereichs „Produktion“ bei Energieverbrauch und Emissionen in Österreich	983	5.3	Literaturverzeichnis	1016
5.1.2 Die Rolle des Außenhandels am Beitrag Österreichs zu den globalen Emissionen	984	5.4	Anhang	1020
5.1.3 Grundsätzliche Möglichkeiten zur Verminderung der Emission von Treibhausgasen	986	5.4.1	Anhang 1	1020
5.1.4 Die wesentlichen Sektoren bezüglich der Emission von Treibhausgasen nach NACE	987	5.4.2	Anhang 2	1022
5.1.5 Minderung oder THG-Reduktion I: Emissionsminderung durch effektiveren Energieeinsatz	991			
5.1.6 Minderung oder THG-Reduktion II: Emissionsminderung durch Brennstoffwechsel und den Einsatz erneuerbarer Energieträger	994			
5.1.7 Instrumente zur Emissionsminderung	996			
5.1.8 Projektionen	998			
5.1.9 Forschung und Entwicklung: Bedarf, Potenzial	999			
5.2 Gebäude	999			
5.2.1 Anzahl und Größe der Gebäude und Wohnungen	999			
5.2.2 Energieträger	1000			
5.2.3 THG-Emissionen im Gebäudebereich	1004			

## ZUSAMMENFASSUNG

### Produktion

Nahezu ein Drittel des globalen Energieeinsatzes und beinahe 40 % der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen können industriellen Tätigkeiten zugerechnet werden. Der Großteil dieser Emissionen kommt aus dem Bereich der Herstellung von Grundmaterialien wie Chemikalien, Eisen / Stahl, Zement, Zellstoff / Papier und Aluminium.

Der Hauptenergieträger für den produzierenden Bereich ist Gas, die elektrische Energie liegt in der selben Größenordnung. Die Einsatzmengen an Kohle und Öl haben sich in den letzten Jahre kaum geändert. Das liegt daran, dass die Kohle zu einem großen Teil aus prozesstechnischen Gründen eingesetzt wird und nur zu einem geringen Teil als Energieträger. Der Einsatz von Öl erfolgt dagegen hauptsächlich in Motoren (Diesel) und ist hier kaum ersetzbar.

Die Treibhausgas (THG)-Emissionen – ausgedrückt als CO<sub>2</sub>-Äquivalent – aus dem Sektor „Industrie und produzierendes Gewerbe“ sind zwischen 1990 und 2010 um 16,2 % (+3,4 Mt) angestiegen.

Die Pläne der Europäischen Union, ein kohlenstoffarmes Wirtschaftssystem in Europa aufzubauen, stellen den produzierenden Bereich vor eine große Herausforderung. Zentraler Ansatz hierbei muss eine Reduktion des Endenergieeinsatzes sein, der in der geforderten Größenordnung nicht durch kontinuierliche Verbesserungen und eine Anwendung des „Standes der Technik“ erreicht werden kann, sondern radikal neue Technologien erfordert; hierzu sind geeignete Forschungs- und Entwicklungs-Programme erforderlich. Es ist abzuwarten, wieweit eine neue Gesetzgebung zur Durchsetzung einer Energieeffizienz erfolgreich sein wird. Das bestehende System des Emissionshandels für CO<sub>2</sub> ist mäßig erfolgreich.

Zudem ist ein verstärkter Einsatz erneuerbarer Energien gefordert um einen großer Teil des verbleibenden Energiebedarfs abdecken zu können. Mittelfristig kann auch ein Teil des technologisch erforderlichen Kohlenstoffes aus biogenen Quellen abgedeckt werden. Auch hier besteht ein großer Forschungsbedarf.

### Gebäude

Der Gebäude- und Wohnungsbestand in Österreich wächst seit 1961 linear und hat sich von 2,2 auf 4,4 Mio. Wohnungen im Jahr 2011 verdoppelt. Der Sektor „Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch“ trägt mit 28 % zum Endenergiebedarf und mit 14 % zu den THG-Emissionen bei. Der Energiebedarf für diesen Sektor ist seit ca. 1996 konstant und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um ca. 18 % gesunken. Bedingt durch den Klimawandel wird es zu einer Reduktion des Heizwärmebedarfs um

20 % und einer Zunahme des Kühlbedarfs bis 2050 kommen. Dennoch wird der Heizwärmebedarf für die meisten Gebäude den Kühlbedarf übersteigen.

Bei Neubauten konnte der Heizenergiebedarf seit 1975 aufgrund des technologischen Fortschritts stark gesenkt werden. Gleichzeitig wurden die energetischen Anforderungen durch Bauordnungen und Wohnbauförderungen erhöht.

Dies wird nach Europäischer Gebäuderichtlinie (Richtlinie 2010/31/EU, Neufassung 2010) in Richtung „nearly zero energy buildings“ weiter forciert werden. Zur Hauptreduktion des Energiebedarfs wird die hochwertige thermische Sanierung des Gebäudebestands betragen.

Die weitere Senkung der THG-Emissionen gelingt durch die verstärkte Einbindung der Nutzung erneuerbarer Energieträger (EET). Die fällt umso leichter, je geringer der Energiebedarf des Gebäudes ist. Solarthermie und Photovoltaik werden zunehmend auf freien und richtig ausgerichteten Gebäudeflächen genutzt werden. Wärmepumpen werden in Richtung kleiner Baugrößen weiter forciert werden. Biomasse wird aufgrund beschränkter Verfügbarkeit eher im Bereich Industrie und Mobilität ausgebaut werden, Nahwärmenetze werden aufgrund des verringerten Energiebedarfs der Gebäude eine kleinere Rolle spielen.

Beim Haushaltsstromverbrauch wird es durch effizientere Technologien und „Smart Grid“-Anwendungen zu Einsparungen kommen, jedoch wird die weitere Verbreitung neuer stromkonsumierender Anwendungsbereiche bei gleichbleibendem niedrigen Niveau der Strompreise zu einem Gesamtanstieg führen.

Unter diesen Randbedingungen kann bis 2050 durch EET etwa 90 % des Wärmebedarfs im Gebäudebereich abgedeckt werden.

## SUMMARY

### Industrial Sector

Almost one-third of global energy demand and about 40 % of greenhouse gas emissions can be attributed to the process industry. The majority of emissions are caused by the production of basic materials such as steel, cement, pulp & paper and aluminium.

In Austria, industrial sector energy use dropped from one-third of total national demand to one-fourth between 1970 and 1990, but is currently on an upward trend. In 2010, the industrial sector accounted for 28.4 % of total national energy demand. The main energy carrier for the sector is natural gas while electricity is in the same order of magnitude. The amounts of coal and oil have stabilized at a low level. Coal is

mainly used due to process requirements, and is only marginally used as an energy carrier. Oil is mainly used in combustion engines (e. g., diesel motors) for which there is no easy substitute. Greenhouse gas emissions from industry increased by 16.2 % (+3.4 Mt CO<sub>2</sub>-eq.) between 1990 and 2010.

The European Union's goals to develop a low-carbon economic system pose a great challenge for the industrial sector. In order to meet these goals, a significant reduction in final energy use is required. However, the required reductions cannot be achieved by relying on continuous improvements or application of „Best Available Technologies“, rather radical new technologies are required as well as the corresponding funding for research and development. It remains to be seen how effective the presently planned legislation regarding energy efficiency improvements can contribute to this process.

In any case, an increased share of renewable energies is necessary. In the medium term, carbon requirements for industrial processes could be met using biogenic sources, however significant further research is still required.

### Building Sector

The „space heating and other demand“ sector accounts for 28 % of Austrian final energy demand and 14 % of greenhouse gas emissions. While the number of dwellings has steadily increased since 1961 from 2.2 Mio. to 4.4 Mio. in 2011, the final energy demand has remained constant since 1996 and greenhouse gas emissions have been reduced by about 18 %. Due to climate change, the space heating demand is projected to decrease 20 % by 2050 whereas cooling energy demand will increase. Nevertheless, space heating will be the dominant energy user in most buildings.

For new buildings, the space heating energy demand was strongly reduced due to technological improvements, but also the concurrent passing of new building codes and establishment of new subsidy schemes. Further reductions in demand will occur due to the „nearly zero energy“ buildings requirements of the European Building Directive (Directive 2010/31/EU, recast 2010). The majority of energy reductions are achieved by high-quality renovations and retrofitting.

Further greenhouse gas emissions reductions can be achieved by the increased deployment of renewable energy technologies. Solar thermal and photovoltaics collectors can be mounted on open and favourably oriented building surfaces. Small heat pumps should be developed and widely distributed. Due to limited availability, biomass will most likely be used for industry and mobility rather than in buildings. District heating networks will become less important due to lower energy demand of the buildings.

Household electricity demand will decrease due to efficient technologies and smart grid applications but increase due to new electric applications. On a whole, the total electricity demand will moderately increase.

Under such boundary conditions, 90 % of space heating energy demand in buildings could be covered by renewable energy technologies in 2050.

## KERNAUSSAGEN

### Produktion

- Nachdem es zwischen 1970 und 1995 keinen Anstieg des Energieverbrauchs im Bereich Produktion gegeben hat, kam es danach zu einer starken Steigerung (sicher, da Vergangenheit). Von einer weiteren Steigerung des Energieeinsatzes kann ausgegangen werden, wenn nicht gezielt Maßnahmen gesetzt werden (wahrscheinlich, hängt von der allgemeinen Wirtschaftsentwicklung in Europa ab).
- Die Umstellung von Kohle und Öl auf Erdgas ist weitgehend abgeschlossen; der verbleibende Einsatz an Kohle ist großteils prozessbedingt. Diese Umstellung erfolgte hauptsächlich aus ökonomischen Gründen, hatte aber auch eine positive Wirkung auf die Emissionen von Treibhausgasen. Verbunden hiermit ist jedoch eine starke Abhängigkeit von wenigen Lieferanten bzw. Lieferländern (sicher, da Vergangenheit).
- Viele Maßnahmen zur Energieeinsparung in Produktionsbetrieben zielen hauptsächlich auf die Reduktion des Brennstoffeinsatzes. In vielen Fällen führt dies zu einer Erhöhung des Strombedarfs. Die Emissionen der Stromherstellung werden aber nicht dem produzierenden Bereich zugerechnet. Gleichzeitig führt die Einführung der energieeffizienten Eigenstromherstellung zu einem verstärkten Gaseinsatz und damit zu erhöhten Emissionen des produzierenden Bereichs, obwohl national gesehen der Wirkungsgrad des Energiesystems steigt (sehr wahrscheinlich).
- Erneuerbare Energieträger sind – mit Ausnahme der Zellstoffindustrie – gering verbreitet (sicher, da Faktum).
- Der Energiebedarf für Raumwärme ist im produzierenden Bereich relativ groß und wird derzeit weitgehend durch fossile Energieträger gedeckt; energieeffizientes Bauen und erneuerbare Energien im Bereich der Produktionshallen und Lager sind gering verbreitet; effiziente Bautechniken im Bereich der Industriehallen und gewerblich genutzten Gebäuden kann wesentlich zur Verminderung des Energieeinsatzes im Bereich Produktion beitragen (sehr wahrscheinlich).

- Das Potenzial für industrielle Wärme-Kraft-Kopplungen und ORC-Anlagen ist nicht ausgeschöpft, deren verbreiteter Einsatz kann ebenfalls zu einer Emissionsminderung beitragen (sehr wahrscheinlich).
- Maßnahmen im Bereich der Energiebereitstellung überwiegen gegenüber Maßnahmen bei den Energiedienstleistungen nach wie vor (sicher, da Faktum).
- Langfristig sind Verbesserungen an bestehenden Apparaten und Maschinen nicht ausreichend, um die energiepolitischen Ziele zu erreichen; Neuentwicklungen sind daher notwendig (wahrscheinlich).
- Von keiner der untersuchten Branchen gibt es Strategien zur Adaption an eine Klimaänderung, die Produktionsverfahren betreffend (sehr wahrscheinlich richtig).
- Viele der alten Industriebetriebe in Österreich stehen an Standorten mit einer möglichen Nutzung von Wasserkraft in kleinem Maßstab. Das Potenzial einer Revitalisierung dieser Anlagen ist nicht ausgeschöpft; hier besteht ein großes Potenzial für erneuerbare Energien im Produktionssektor (sehr wahrscheinlich).
- Für die Auswirkungen der in Österreich nachgefragten Güter und Dienstleistungen auf die globale THG-Konzentration ist nicht nur die Produktion in Österreich relevant. Bezieht man auch die durch österreichischen Konsum im Ausland verursachten Emissionen in die Betrachtung mit ein, so liegen die Emissionswerte für Österreich um etwa die Hälfte höher als in der UN-Bilanz angegeben, in der nur die Emissionen innerhalb der österreichischen Grenzen erfasst sind (hohes Vertrauen). Aus den Warenströmen lässt sich ableiten, dass die österreichischen Importe einen Großteil ihrer Emissionen in China sowie Süd- und Ostasien verursachen.

### Gebäude

- Der Gebäude- und Wohnungsbestand in Österreich wächst seit 1961 in etwa linear. Der Sektor Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch trägt mit 28 % zum Endenergiebedarf und mit 14 % zu den österreichischen THG-Emissionen bei. Bei Neubauten wurde in den letzten Jahren ein beträchtlicher technologischer Fortschritt in Bezug auf die Reduktion des Heizenergiebedarfs realisiert. Im Gleichklang wurden sowohl die energetischen Anforderungen durch die Bauordnungen und die Wohnbauförderungen sukzessive erhöht (sicher, da Vergangenheit).
- Bedingt durch den Klimawandel wird es zu einer Reduktion des Heizwärmebedarfs um 20 % und einer Zunahme des Kühlbedarfs kommen. Trotzdem wird der Heizwärmebedarf für die meisten Gebäude den Kühlbedarf übersteigen (sehr wahrscheinlich).
- Die technischen Richtlinien für Bauteile werden an die geänderten Klimabedingungen angepasst werden (sehr wahrscheinlich).
- In den nächsten Jahren wird dieser Trend weiter forciert werden. Im Sinne des mit der europäischen Gebäude-Richtlinie (Richtlinie 2010/31/EU, Neufassung 2010) eingeschlagenen Weges in Richtung „nearly zero energy buildings“ ist eine sehr ambitionierte Festlegung von Neubaustandards erforderlich, um langfristige Klimaschutzziele im Gebäudebereich zu erreichen (wahrscheinlich). Durch den hohen Anteil des Gebäudebestands und einer Neubaurate von ca. 1 % pro Jahr kommt der hochwertigen thermischen Gebäudesanierung ein hoher Stellenwert zu (sehr wahrscheinlich).
- Die im Neubau entwickelten Technologien werden z.T. auch bei der Sanierung einsetzbar sein (wahrscheinlich). Gleichzeitig werden auch kostengünstige und hochwertige Technologien zur Sanierung von Gebäuden zu entwickelt (wahrscheinlich).
- Die weitere Senkung der THG-Emissionen gelingt durch die optimale Einbindung der Nutzung von EET (sehr wahrscheinlich). Je geringer der Energiebedarf von Gebäuden ist, desto leichter fällt die Versorgung über erneuerbare Energieträger. Solarthermie und Photovoltaik werden zunehmend auf den nicht zur Belichtung notwendigen und entsprechend richtig ausgerichteten Flächen für die Energiegewinnung genutzt werden (wahrscheinlich). Der Einsatz von Wärmepumpen wird aufgrund der Skalierbarkeit hin zu sehr kleinen Baugrößen weiter forciert werden (wahrscheinlich). Biomasse wird kurz und mittelfristig noch weiter zunehmen, durch eine weitere Reduktion des Wärmebedarfs im Gebäudebereich und eine Zunahme der Umstellung von Mobilität und Industrie auf erneuerbare Energieträger aber eher im Bereich Industrie und Mobilität als im Bereich Gebäude ausgebaut werden (wahrscheinlicher als nicht). Nahwärmenetze werden mit zunehmender Effizienz der Gebäude eine geringere Rolle spielen, da das Verhältnis von Wärmeabgabe zu Netzverlusten immer ungünstiger werden wird (wahrscheinlicher als nicht).
- Der Haushaltsstromverbrauch wird ohne gravierende politische Eingriffe weiter deutlich ansteigen (wahrscheinlich). Zwar wird es durch effizientere Technologien bei bestehenden Anwendungen und der Beleuchtung zu Einsparungen kommen, der Gesamtstromverbrauch wird aber, vor allem durch die weitere Verbreitung neuer stromkonsumierender

Anwendungsbereiche bei gleichbleibendem niedrigen (realen) Niveau der Strompreise, zumindest moderat weiter steigen (gleich wahrscheinlich und unwahrscheinlich).

- Unter diesen Randbedingungen kann bis 2050 eine Abdeckung von etwa 90 % des Wärmebedarfs im Gebäudebereich durch EET erreicht werden (keine Wahrscheinlichkeit, aber äußerst wahrscheinlich, wenn die oben beschriebenen Randbedingungen eintreten).

## 5.1 Produktion

### 5.1 Production

Nahezu ein Drittel des globalen Energieeinsatzes und beinahe 40 % der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen können industriellen Tätigkeiten zugerechnet werden (IEA, 2009). Der Großteil dieser Emissionen kommt aus dem Bereich der Herstellung von Grundmaterialien wie Chemikalien, Eisen/Stahl, Zement, Zellstoff/Papier und Aluminium. Ein Beitrag des produzierenden Sektors ist daher zur Erreichung von Klimazielen unumgänglich.

#### 5.1.1 Die Rolle des Bereichs „Produktion“ bei Energieverbrauch und Emissionen in Österreich

Der Energieeinsatz in der österreichischen Industrie war zwischen 1970 und 1995 mit 200 bis 250 PJ/Jahr relativ konstant, wuchs aber danach deutlich und überstieg 2005 die 300 PJ-Marke.

Im Zeitraum 1970 bis 1995, in dem kaum ein Zuwachs des Energieverbrauchs erfolgte, stieg der Produktionswert und die Produktionsmengen um knapp mehr als das Doppelte (errechnet aus Heilo Media, 2013). Dies ist darauf zurück zu führen, dass einerseits Produktionssteigerungen durch Effizienzerhöhungen im Rahmen der allgemeinen technischen Entwicklung kompensiert wurden, und andererseits darauf, dass es eine Strukturänderung im Bereich der Produktion gegeben hat. In den Jahren 1973 und 1980 erfolgten Einbrüche, die auf die damals aufgetretenen Energie(preis)krisen zurück zu führen sind. Der Anteil der elektrischen Energie schwankt in den letzten 30 Jahren ohne sichtbaren Trend um 30 %.

In den letzten 15 Jahren liegt ein völlig anderer Trend vor, der zu einer Steigerung des Energieeinsatzes um beinahe 50 % auf über 300 PJ/Jahr führte

Der Anteil der Industrie am gesamten nationalen Energieverbrauch ging im Zeitraum 1970 bis 1990 von ca. einem Drittel auf ein Viertel zurück und steigt seither wieder (Ab-

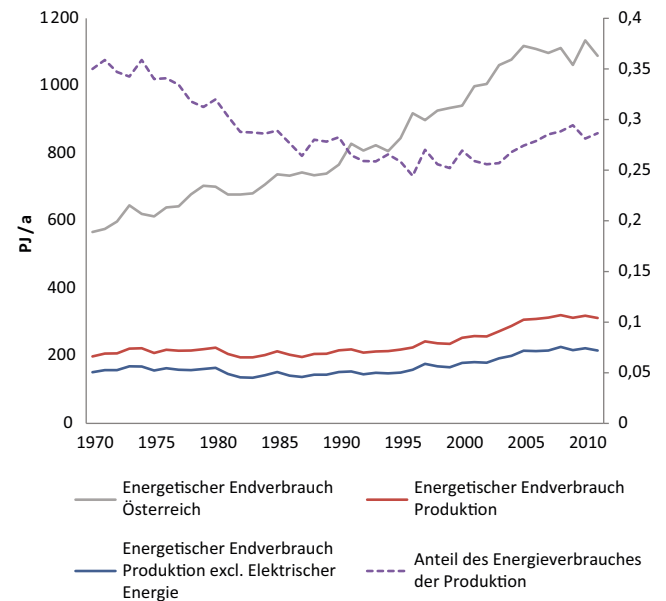


Abbildung 5.1 Bedeutung des Sektors „Produktion“ beim Energieverbrauch in Österreich; Werte in PJ/Jahr. Quelle: Statistik Austria (2012); eigene Darstellung

Figure 5.1 Relevance of the sector „production“ in Austria’s energy system; values in PJ/year. Source: Statistik Austria (2012); own graphic

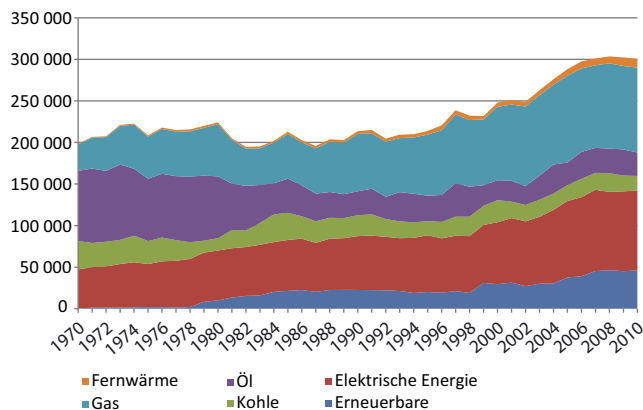
bildung 5.1). Im Jahre 2010 betrug der Anteil des produzierenden Bereichs am gesamtösterreichischen Energieverbrauch 28,4 % (BMWFJ, 2012).

Wie Abbildung 5.2 zeigt, ist der Hauptenergieträger für den produzierenden Bereich Gas, die elektrische Energie liegt in der selben Größenordnung. Die Einsatzmengen an Kohle und Öl haben sich in den letzten Jahre kaum geändert. Das liegt daran, dass die Kohle zu einem großen Teil aus prozess-technischen Gründen (z. B. als Kohlenstoffträger) und nur zu einem geringen Teil als Energieträger eingesetzt wird.

Der Einsatz von Öl beinhaltet den Bereich „Traktion“, also den Betrieb von Motoren, der besonders in der Bauwirtschaft bedeutsam ist, da die Baumaschinen hier in der Statistik aufscheinen.

Wie auch aus Abbildung 5.2 ersichtlich, sind die THG-Emissionen aus dem Sektor „Industrie und produzierendes Gewerbe“ zwischen 1990 und 2010 um 16,2 % (+3,4 Mt) angestiegen (Anderl et al., 2012).

Neben den direkten, in der Statistik erfassten, Emissionen durch den Einsatz verschiedener Energieträger verursacht der Sektor „Produktion“ über den Einsatz elektrischer Energie auch Emissionen im Sektor „Bereitstellung“. Maßnahmen zur Energieeffizienz und Technologieumstellungen bei der Produktion führen daher oftmals zu Veränderungen bei der Bereitstellung; diese Tatsache wurde in der wissenschaftlichen Literatur



**Abbildung 5.2** Energiebedarf des produzierenden Sektors nach Energieträgern (PJ/Jahr). Daten: Statistik Austria (2012); eigene Darstellung

**Figure 5.2** Energy consumption in PJ/year of the sector „production“, differentiated according to the energy sources. Data: Statistik Austria (2012); own graphic

im österreichischen Energiesystem bisher nicht untersucht. Die meisten Betriebe arbeiten – oftmals in Kooperation mit ihren Branchenvertretungen – an individuellen Umsetzungen von Maßnahmen zur Energieeffizienz, werten diese aber kaum in der wissenschaftlichen Literatur aus. Spartenorganisationen schreiben national und in europäischer Abstimmung an Strategien, aber auch diese sind selten wissenschaftlich publiziert und evaluiert. Die wichtigsten Publikationen werden bei den Branchenkonzepten in den folgenden Abschnitten erwähnt.

Die wichtigsten Branchen – gemessen an ihren THG-Emissionen – sind in Tabelle 5.1 dargestellt.

Energie erfüllt in industriellen Produktionsprozessen verschiedene Energiedienstleistungen (Statistik Austria, 2008):

- Chemische Energiedienstleistungen: 0,08 % des gesamten Energiebedarfs der Industrie; rein elektrische Energie.

- Standmotoren: 22 % des gesamten Energiebedarfs der Produktion; davon 19 % Öl, 80 % elektrische Energie und 1 % andere.
- Thermischer Energiebedarf: 63 % der Energiedienstleistungen in der Produktion; alle Energieträger; eingeteilt in 3 Temperaturbereiche: 0–100 °C; 100–400 °C; >400 °C; 37 % des thermischen Energiebedarfs liegen unter 100 °C.
- EDV, Beleuchtung: 2 % des gesamten Energiebedarfs der Produktion; nur elektrische Energie.

### 5.1.2 Die Rolle des Außenhandels am Beitrag Österreichs zu den globalen Emissionen

Im Rahmen der Richtlinie der United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) werden alle Emissionen jenem Land zugerechnet, innerhalb dessen Grenzen sie ausgestoßen werden (Territorialprinzip, produktionsbasierte Zurechnung). In jüngerer Zeit wird zunehmend eine alternative Möglichkeit zu dieser Zurechnung diskutiert. Sie besteht darin, Österreich (bzw. jedweden anderen Land) alle jene Emissionen zuzurechnen, die – egal wo – auf unserem Planeten entstehen, sofern sie durch Produktionsprozesse, aus denen Güter entstehen, die dann letztlich in Österreich verbraucht werden (konsumbasierte Zurechnung), ausgelöst werden. Geht man von den Emissionen nach produktionsbasierter Zurechnung aus, sind von diesen all jene Emissionen abzuziehen, die in der Produktion von Gütern (z. B. Stahl) in Österreich entstehen, die letztlich ins Ausland exportiert werden, und umgekehrt jene Emissionen hinzuzuzählen, die in anderen Ländern (z. B. in China) bei der Produktion von Gütern (z. B. Mobiltelefone), die dann in Österreich von Konsumenten gekauft werden, entstehen. Diese konsumbasierte Zurechnung zeigt auf, für welche Emissionsmengen der Endverbraucher letztlich durch seinen Konsum verantwortlich

**Tabelle 5.1** Hauptverursacher von THG-Emissionen in Mt CO<sub>2</sub>-Äq. innerhalb des Sektors „Produktion“ sowie die Veränderungen in %. Quelle: Anderl et al. (2012)

**Table 5.1** Major sources of greenhouse gases in Mt CO<sub>2</sub>-eq. of the sector production and changes of the emissions in %. Source: Anderl et al. (2012)

Hauptverursacher	1990	2009	2010	Veränderung 2009–2010	Veränderung 1990–2010	Anteil an den nationalen THG-Emissionen 2010
Eisen- und Stahlproduktion (energie- und prozessbedingte Emissionen)	8504	9688	11315	16,8 %	33,1 %	13,4 %
Sonstige Industrie ohne Eisen- und Stahlproduktion (energiebedingte Emissionen)	7815	9593	9764	1,8 %	24,9 %	11,5 %
Mineralverarbeitende Industrie (prozessbedingte Emissionen)	3274	2916	2936	0,7 %	–10,3 %	3,5 %
Chemische Industrie (prozessbedingte Emissionen)	1509	722	689	–4,5 %	–54,3 %	0,8 %

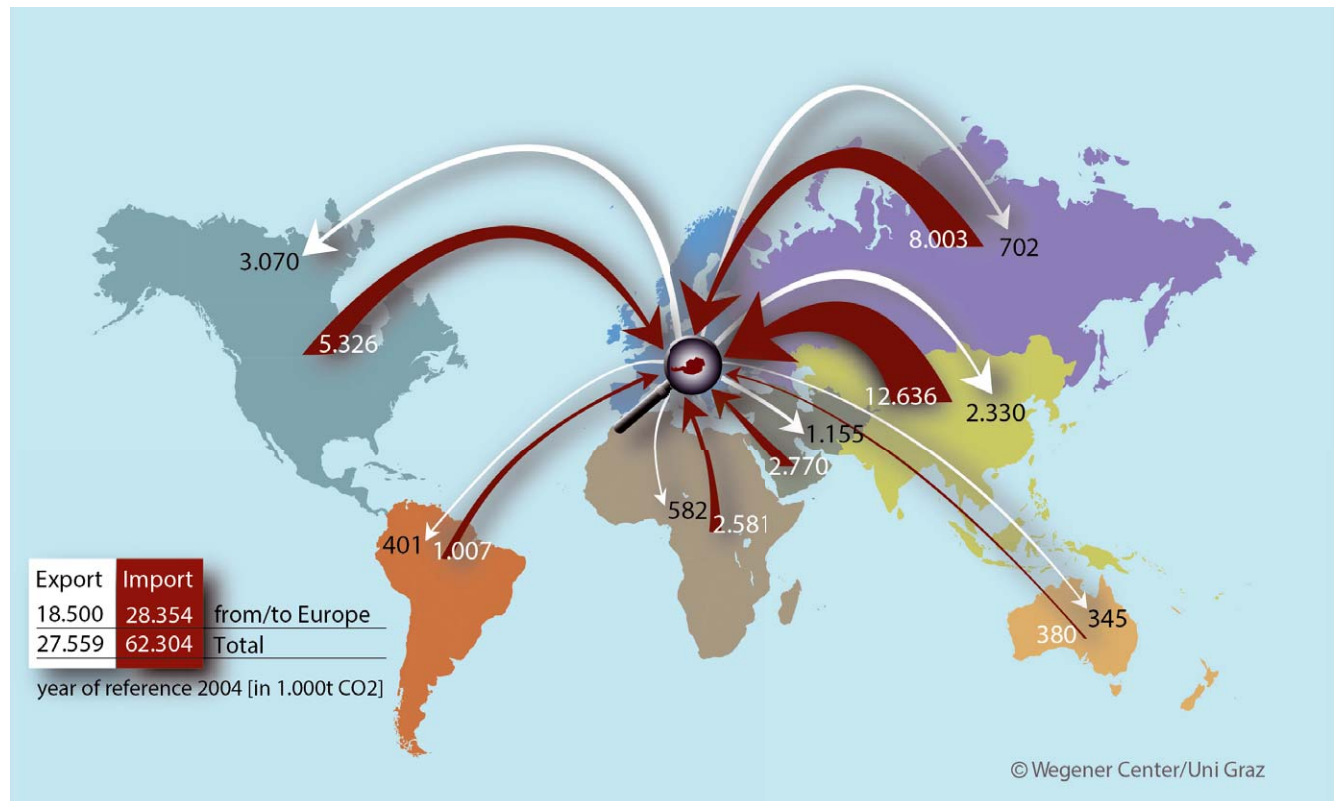


Abbildung 5.3 CO<sub>2</sub>-Ströme im Güterhandel aus bzw. nach Österreich, nach Weltregionen. Quelle: Munoz und Steining (2010)

Figure 5.3 Implicit embodied CO<sub>2</sub>-flows within foreign trade flows from and to Austria, by world region. Source: Munoz and Steining (2010)

ist – egal, wo auf der Welt diese Emissionen entstehen. Denn da Treibhausgase global wirksam sind, ist der Entstehungsort letztlich irrelevant.

In den letzten Jahren zeigte sich, dass etwa die EU zwar erfolgreich ihre territorial-basierten Emissionen senken konnte, dass gleichzeitig aber die Emissionen, die der Endverbrauch der EU weltweit verursachte (somit die konsumbasierten Emissionen) anstiegen. Für die EU-27 nahmen die territorial-basierten Emissionen (1990 bis 2010) um durchschnittlich 0,4 % pro Jahr ab, während die konsum-basierten um 0,1 % pro Jahr anstiegen (Peters et al., 2012)! Für Österreich liegen Berechnungen der konsumbasierten CO<sub>2</sub>-Emissionen für zwei Jahre vor: 1997 und 2004. Innerhalb dieses Zeitraums stiegen die österreichischen territorial-basierten Emissionen um durchschnittlich 2,4 % pro Jahr, während die konsumbasierten Emissionen signifikant stärker, um durchschnittlich 3,3 % pro Jahr stiegen (Munoz und Steining, 2010).

Bezogen auf die absoluten Mengen ergibt sich das folgende Bild, wenn man diese „grauen“ THG-Emissionen, die im Außenhandel enthalten sind, berücksichtigt: betrachtet man nicht nur die innerhalb der österreichischen Grenzen emittierten Treibhausgase, sondern bezieht einerseits die durch den

österreichischen Konsum ausländischer Produkte weltweit verursachten Emissionen mit ein und zieht umgekehrt jene Emissionen im Inland ab, für die die österreichischen Exporte verantwortlich sind, so erhält man die Konsumverantwortlichkeit Österreichs. Diese lag 1997 um 38 %, 2004 bereits um 44 % über den gemäß der UNFCCC-Statistik für Österreich ausgewiesenen Emissionen. Österreich ist somit derzeit durch seinen Konsum für rund 50 % mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich, als ihm gemäß offizieller Statistik zugerechnet werden.

Abbildung 5.3 zeigt diese in den Import-Güterströmen nach Österreich hereinkommenden so genannten „grauen“ Emissionen (also jene Emissionen, die den Gütern zurechenbar sind, weil sie in deren Produktion entstanden sind) – dunkle (rote) Pfeile – nach Weltregionen und stellt sie den aus Österreich in den Export-Strömen hinaus fließenden grauen CO<sub>2</sub>-Strömen gegenüber (weiße Pfeile). Insbesondere in der Bilanz mit Asien (sowohl Indien und Südostasien, als auch China) ist der deutliche Netto-Import an konsumbasierten Emissionen nach Österreich sichtbar.

Dieses Faktum – und seine jüngst zunehmende Bedeutung – ist insofern von höchster Relevanz, als eine Emissionsverrin-

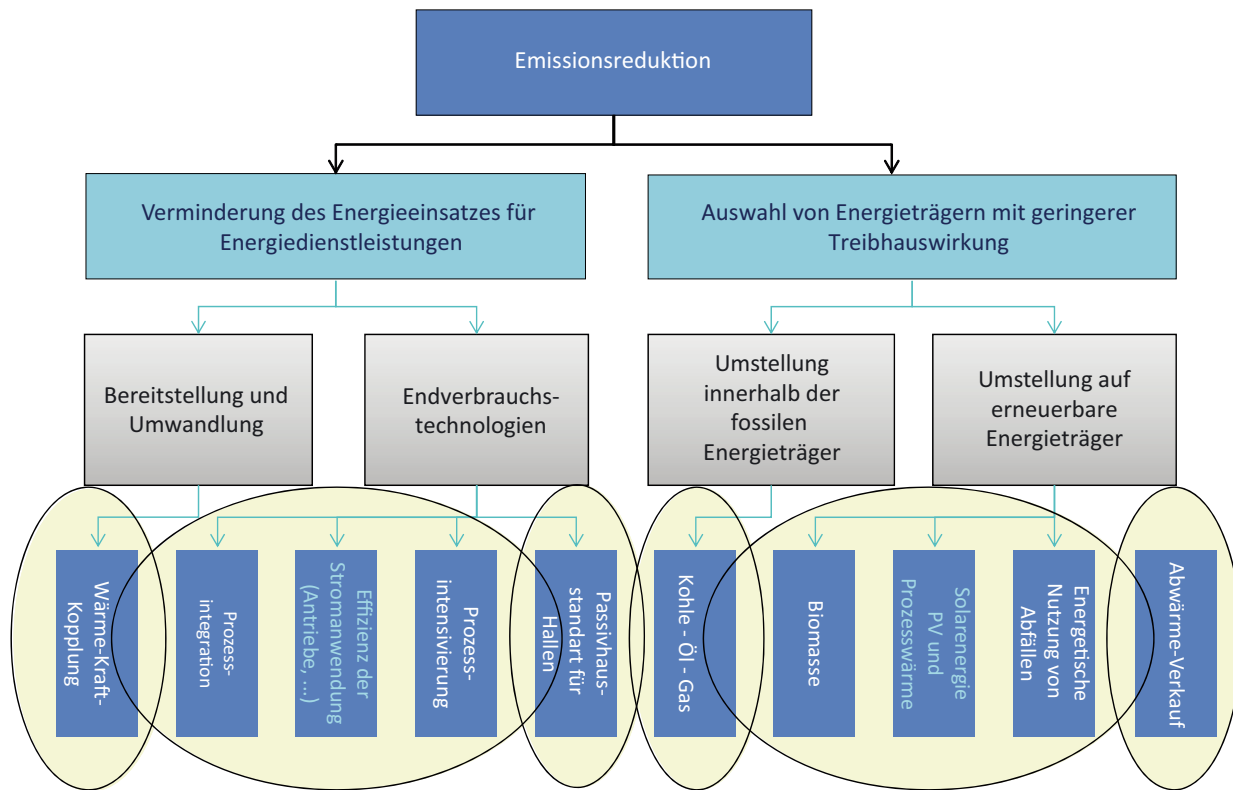


Abbildung 5.4 Struktur-Emissionsreduktionen im Bereich „Produktion“. Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2010)

Figure 5.4 Structured presentation of the possibilities to reduce the emission of climate change gases in the sector „production“. Source: Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2010)

gerung innerhalb der österreichischen Grenzen alleine dann für das Weltklima wirkungslos bliebe, wenn sich die Nachfragestruktur in Österreich nicht ändert, und die gleichen (THG-intensiven) Produkte weiter konsumiert werden, nur einfach dann nicht mehr im Land produziert, sondern importiert werden. Eine solche Entwicklung konnten wir in den letzten Jahren beobachten. Auch bei allen Überlegungen zu einem „energieautarken“ Österreich ist letztlich jedenfalls auch die in den Außenhandelsströmen implizit enthaltenen „graue“ fossile Energie (und damit graue Emissionen) mit zu berücksichtigen, wenn eine gesamtheitliche Betrachtung das Ziel ist. Und eine solche Betrachtung ist für global wirksame Treibhausgase wohl die einzig zulässige.

### 5.1.3 Grundsätzliche Möglichkeiten zur Verminderung der Emission von Treibhausgasen

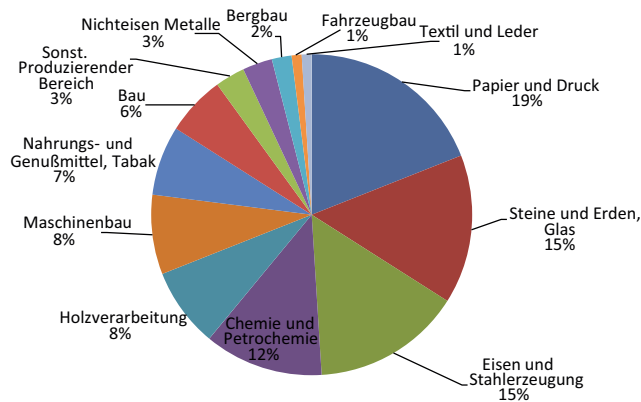
Emissionsminderungen von klimawirksamen Gasen aus dem Energieeinsatz können im Bereich Produktion, wie auch generell, einerseits dadurch erfolgen, dass der Endenergieverbrauch reduziert wird und andererseits dadurch, dass eine Umstellung

auf emissionsärmere Energieträger erfolgt (Abbildung 5.4). Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen sind nur durch Produktions- oder Produktinnovationen zu vermindern. Die Reduktion anderer Treibhausgase (Methan, Stickoxide, Fluorkohlenwasserstoffe, ...) kann ebenfalls nur prozessspezifisch erfolgen.

Energieverbrauchsminderungen ihrerseits können einerseits durch die Verminderung der Verluste in der Umwandlungskette erfolgen und andererseits durch die Reduktion der zum Erzielen einer Dienstleistung erforderlichen Mengen. Für die Umstellung auf Energieträger mit geringerer Treibhauswirkung gibt es die Möglichkeit eines Umstiegs innerhalb der fossilen Energieträger wie auch eine Umstellung auf erneuerbare Energien. Darüber hinaus können Abwärmeströme aus der Produktion über Nah- und Fernwärmenetze einer externen Nutzung zugeführt werden. Auch diese gesamtwirtschaftlich sinnvolle Maßnahme vermindert THG-Emissionen in anderen Bereichen mit einer eventuellen Emissionssteigerung im Bereich Produktion.

In weiterer Folge werden zwei Zugänge zur Beschreibung von Maßnahmen gewählt: für die energieintensiven Branchen erfolgt eine branchenspezifische Darstellung, für branchenübergreifende Ansätze erfolgt eine technologiespezifische Dar-





**Abbildung 5.5** Endenergiebedarf nach Sektoren 2010. Quelle: Statistik Austria (2012); eigene Darstellung

**Figure 5.5** Final energy represented for the production sectors. Source: Statistik Austria (2012); own graphic

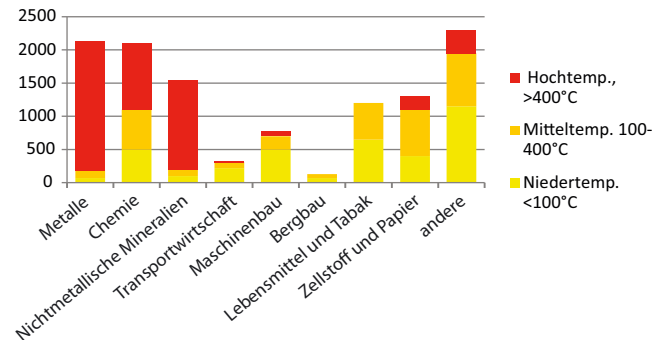
stellung. Die größten Betriebe der energieintensiven Sektoren unterliegen dem EU-Emission Trading System (ECT); rund drei Viertel der Emissionen, die diesem Bereich zugeordnet werden, werden von Anlagen verursacht, die dem Emissionshandel unterliegen.

Zu Methoden der Emissionsminderung gibt es wenige wissenschaftliche Publikationen, die über die Beschreibung von Fallstudien hinausgehen; die wesentlichen Fallstudien werden bei den jeweiligen Branchen erwähnt. Die beschriebenen Maßnahmen leiten sich daher aus Einzelaktivitäten bzw. nationalen und internationalen Konzepten ab, die eher strategischer als wissenschaftlicher Natur sind. Die Europäische Kommission gibt 2007 das Energiesparpotenzial für die verarbeitende Industrie bis 2020 mit 25 % an, ohne auf Maßnahmen oder Strategien einzugehen (Europäische Gemeinschaften, 2007).

#### 5.1.4 Die wesentlichen Sektoren bezüglich der Emission von Treibhausgasen nach NACE

Nur wenige Sektoren bestimmen den Energieverbrauch und damit die THG-Emissionen des produzierenden Bereichs. Mit den fünf wichtigsten Bereichen deckt man in Österreich mehr als zwei Drittel des Energieeinsatzes ab (Abbildung 5.5).

Die einzelnen Sektoren unterscheiden sich aber nicht nur nach dem Energiebedarf, sondern auch nach den Temperaturen der eingesetzten Wärmeenergie (energetische Qualität). Diese unterschiedlichen Temperaturniveaus wirken sich stark auf das Potenzial möglicher Energiespartechnologien aus, wie auch auf die Möglichkeiten des Einsatzes erneuerbarer Energieformen.



**Abbildung 5.6** Energieeinsatzmengen und deren Temperaturniveaus in Europa (EU25 + ACC4 + EFTA3 im Jahr 2003) nach Industriesektoren. Quelle: ECOHEATCOOL (2006)

**Figure 5.6** Amounts of energy and their temperature level in Europe (EU25 + ACC4 + EFTA3 in 2003) represented to the sectors. Source: ECOHEATCOOL (2006)

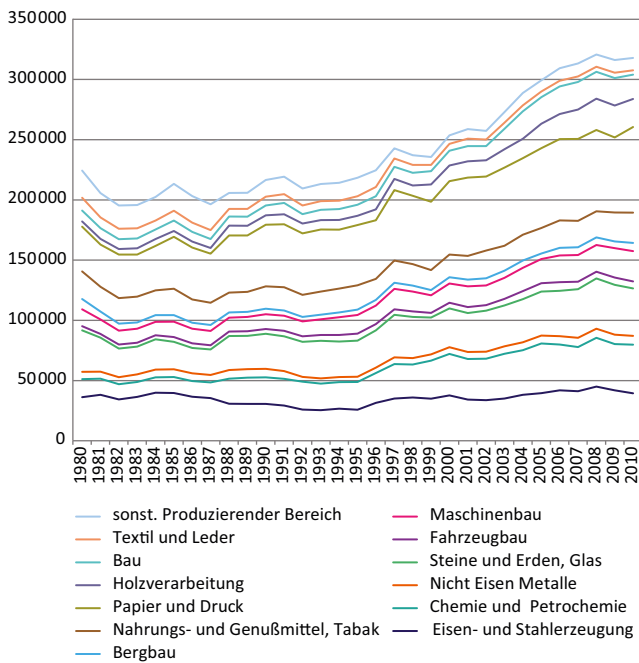
Außer der Metallerzeugung (NACE 24) und der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik sowie der Verarbeitung von Steinen und Erden (NACE 23) gibt es nur noch in der chemischen Industrie nennenswerte Produktionsprozesse im Hochtemperaturbereich (Abbildung 5.6).

In den folgenden Abschnitten werden daher nur die Aktivitäten in ausgewählten Sektoren beschrieben; die anderen Sektoren werden durch die im Abschnitt 5.1.4 beschriebenen Technologiemaßnahmen abgedeckt. Wie man aus Abbildung 5.7 erkennen kann, haben die wichtigsten Sektoren in den letzten Jahren nur teilweise die größten Zuwächse am Energiebedarf gehabt. Während der Energieeinsatz bei der Eisen- und Stahlerzeugung gleich geblieben ist, hat der Sektor „Chemie und Petrochemie“ ein starkes Wachstum zu verzeichnen. Papier und Druck sind von einem hohen Niveau her noch weiter gewachsen.

#### Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (NACE 10) und Getränkeherstellung (NACE 11)

Der Sektor der Lebensmittelindustrie ist durch eine große Anzahl verschiedenster und oft kleiner Betriebe ausgezeichnet. Die betriebswirtschaftliche Bedeutung des Energieeinsatzes ist oft gering. Die erforderlichen Temperaturniveaus sind ebenfalls eher gering, großteils unter 100 °C.

Aus einer Studie des Niederländischen Wirtschaftsministeriums ergeben sich folgende Energieeffizienzpotenziale (Ministry of Economic Affairs, 2008) in unterschiedlichen Zeiträumen:



**Abbildung 5.7** Entwicklung des Energieeinsatzes in den Industriesektoren Österreichs seit 1980; Werte in GJ/Jahr. Quelle: Statistik Austria (2012)

**Figure 5.7** Development of the energy demand in the industrial sectors in Austria since 1980; values in GJ/year. Source: Statistik Austria (2012)

- Lebensmittelbestandteile (INFOOD):
  - Erhöhte Effizienz bei der Entwässerung -25 % (5–10 Jahre), 75 % (10–15 Jahre)
  - Prozessintensivierung in der Verarbeitung entlang der gesamten Versorgungskette -30 % (10 Jahre), 60 % (30–40 Jahre)
- Fertige Lebensmittel (CONFOOD):
  - Höhere Effizienz bei den Konservierungsprozessen -10–15 % (10 Jahre), 30–40 % (40 Jahre)
  - Kapazitätserweiterungen -60 % (40 Jahre)
  - Umstellung von Chargenbetrieb auf kontinuierliche Verfahren -30 % (40 Jahre)

Über den Einsatz erneuerbarer Energien in der Lebensmittelindustrie lief bis 2013 das Forschungsprojekt SolarFoods, welches auf einer Studie über energieautarke Brauereien aufbaut (Muster-Slawitsch et al., 2010). SolarFoods war ein österreichisches Forschungsprojekt, in dem ein „Solares Branchenkonzept“ für die Lebensmittelindustrie in enger Kooperation mit heimischen Betrieben dieses Industriezweigs erarbeitet wurde.

In dem Projekt wurden technisch mögliche Effizienzmaßnahmen und Optionen zur Integration von Solarthermie und

anderen erneuerbaren Energieträgern in die Prozesse der heimischen Lebensmittelbranche untersucht, sowie deren wirtschaftliche Machbarkeit betrachtet.

Das Branchenkonzept beinhaltet folgende Punkte, die den Unternehmen frei zur Verfügung stehen:

- Ein Planungstool zur Beurteilung des eigenen Betriebs;
- Leitfäden für unterschiedliche Subbranchen;
- Eine Solar-Roadmap für die Lebensmittelindustrie mit möglichen Zukunftsbildern und politischen Handlungsempfehlungen.

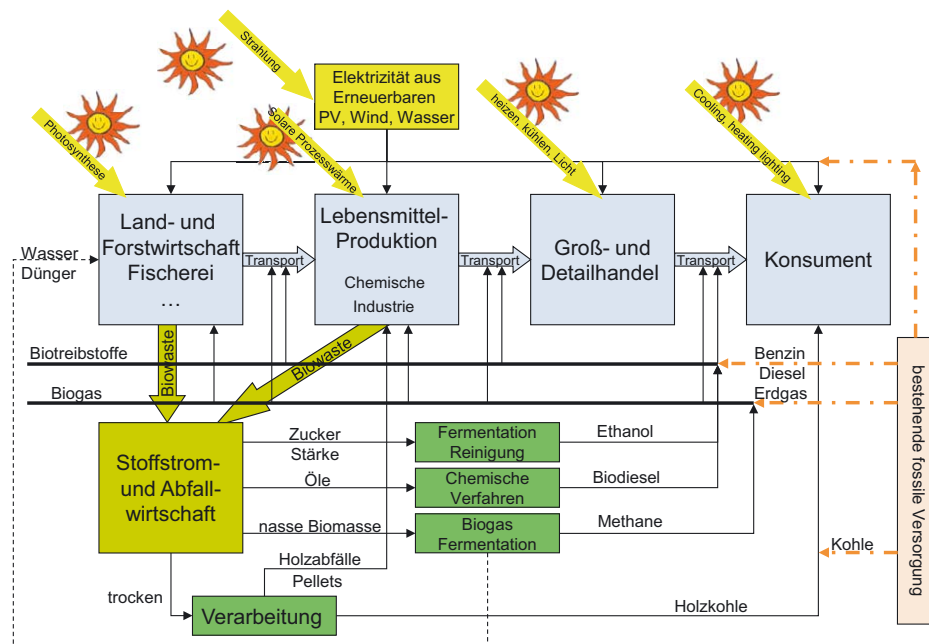
Die Lebensmittelindustrie ist durch ihre große Nähe zur Landwirtschaft ausgezeichnet. Diese Kombination bietet sich als Partnerschaft zu Bioaffinerieanlagen an, in denen nicht nur jene Pflanzenbestandteile, die zur Lebensmittelproduktion verwendet werden, an die Industrie geliefert werden, sondern auch die nur energetisch verwendbaren (Schnitzer, 2013). Ein derartiges Low-Carbon-System könnte die gesamte Lebensmittelverarbeitung CO<sub>2</sub>-neutral machen (Abbildung 5.8) (Schnitzer, 2013).

### Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (NACE 17)

Für die Herstellung von Zellstoff und Papier wird sehr viel Energie benötigt (22 % des gesamten Energieeinsatzes der Produktion). Der Einsatz der fossilen Brennstoffe Kohle und Öl ist seit Jahren rückläufig, sie werden zunehmend durch biogene Brennstoffe und Erdgas ersetzt. Die hohe Eigenstromproduktion der Branche entlastet die Stromnetze und vermindert die Gefahr von Produktionsstörungen. Dieser Sektor hat eine europäische Strategie mitentwickelt, wie die energetischen Herausforderungen bis 2050 zu meistern sind (CEPI, 2011) (siehe Box 5.1).

Die industrielle Papierverarbeitung in Österreich umfasst 105 Unternehmen mit 115 Produktionsbetrieben. Der jährliche Produktionswert beträgt rund 2 Mrd. €, die Produktionsmenge 1,1 Mt. Die Papierverarbeitungsindustrie ist klein- und mittelbetrieblich strukturiert, sie beschäftigt rund 10 000 Mitarbeiter, die Betriebsgrößen liegen zwischen 30 und 500 Beschäftigten. Aus dem Bereich der Papierverarbeitung sind keine besonderen Aktivitäten zu Verminderung von THG-Emissionen bekannt, die über die laufenden Technologieinnovationen hinausgehen.

Die internationale Energieagentur (IEA, 2009) schätzt, dass global durch die Anwendung der besten verfügbaren Technologie (BAT) bis zu 25 % des derzeitigen Energieeinsatzes ein-



**Abbildung 5.8** Grundsätzlicher Aufbau eines CO<sub>2</sub>-neutralen Bioraffinerie-Systems in den Bereichen Landwirtschaft/Lebensmittelindustrie. Quelle: Schnitzer (2013)

**Figure 5.8** Design of a CO<sub>2</sub>-neutral biomass refinery system in the agro-food sector. Source: Schnitzer (2013)

gespart werden könnten. Diese Zahl ist aber nicht direkt auf die österreichischen Werke übertragbar.

Da die meisten Werke der Zellstoff- und Papierbranche große Verbrennungsanlagen mit Wärme-Kraft-Kopplungen auf Basis nachwachsender Energieträger (Rinde, Spuckstoffe, Lauge etc.) haben, besitzt diese Branche ein großes Potenzial zur Auskoppelung von Wärme für Fernwärmanlagen (Schnitzer et al., 2012). Hierbei werden nicht nur unmittelbar angrenzende Städte bedient sondern durchaus auch größere Regionen (z. B. Murtal: Pöls – Judenburg – Zeltweg – Fohnsdorf).

### Herstellung von chemischen Erzeugnissen (NACE 20)

Der internationale Chemieverband ICCA verfasste 2009 die Studie „Innovations for Greenhouse Gas Reductions“ (ICCA, 2009). Auf diese Studie verweist auch die österreichische Chemische Industrie. Die Arbeit beschäftigt sich hauptsächlich mit Lebenszyklusanalysen der chemischen Produkte und kommt zur Einsicht, dass chemische Produkte mehr Energie einsparen, als sie bei der Herstellung benötigen.

Neben der Bestandsaufnahme für das Jahr 2005 entwirft die Studie zwei Szenarien für die Zukunft – eines, das den jetzigen Stand der Technologie fortschreibt, sowie eines, das weitere Anstrengungen in Sachen Klimaschutz von Industrie und Politik einbezieht. Die Studie kommt zu dem Schluss, das Zukunftspotenzial der chemischen Industrie in Bezug auf Treibhausgas-Reduktion ist enorm und sieht zwei Szenarien (FCIO, undated):

- Szenario 1: Business-as-usual. Werden keine weiteren Maßnahmen für die Senkung von Emissionen umgesetzt, wird die chemische Industrie 2030 durch die steigende Nachfrage die Emissionen weltweit verdoppeln. Im gleichen Zeitraum sparen Chemieprodukte durch Effizienz-

#### Box 5.1: Roadmap der Faserholzindustrie

#### Box 5.1: Roadmap of the fibre wood industry

„Diese Roadmap bemüht sich, die Zukunft der Faserholzindustrie – Zellstoff, Papier, Platten und Holzprodukte – darzustellen und ihr Potential, den zu erwartenden Bedarf der Kunden zu befriedigen und gleichzeitig konkurrenzfähig zu bleiben. Dabei sollen im Vergleich mit 1990 die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um 80 % reduziert werden. Die Roadmap untersucht die technischen, finanziellen und ressourcenbezogenen Limitierungen, die zu erwarten sind, sowie die zu ihrer Bewältigung erforderlichen politischen Rahmenbedingungen. Die Untersuchung zeigt, dass eine Emissionsreduktion von CO<sub>2</sub> um 50 % bis 2050 mit bestehenden und in Entwicklung befindlichen Technologien möglich ist, sofern die passenden Umstände bestehen. Um eine Reduktion um 80 % zu erreichen, werden aber bahnbrechende neue Technologien benötigt. Diese müssen bis 2030 entwickelt und einsatzbereit sein!“ (CEPI, 2011; Übersetzung: Schnitzer)

steigerungen drei mal mehr CO<sub>2</sub> ein, als deren Produktion verursacht.

- Szenario 2: Zusätzliche Einsparungen. Im Jahr 2030 könnten die Chemieprodukte bis zu 4,7 mal mehr Emissionen im Vergleich zum Produktionsausstoß einsparen, insgesamt bis zu 18,5 Mt CO<sub>2</sub>. Als Basis wurde in dieser Berechnung der Einsatz von neuen Technologien zur weiteren Effizienzsteigerung in der Produktion herangezogen. Diese jedoch sind – insbesondere für Unternehmen in Österreich, die schon heute auf dem modernsten Stand der Technik produzieren – sehr kostenintensiv.

Die Studie des Niederländischen Wirtschaftsministeriums über mögliche Energieeinsparungen durch Prozessintensivierung (Ministry of Economic Affairs, 2008) ergibt folgendes Potenzial in der chemischen Industrie:

- Petrochemische Produkte und Massenchemikalien (PET-CHEM): Insgesamt höhere Effizienz –5 % (10–20 Jahre), 20 % (30–40 Jahre)
- Spezial- und Feinchemikalien, pharmazeutische Produkte (FINEPHARM): Reduktion der Produktionskosten (und hierdurch verursachte Energieeinsparungen durch die gestiegene Rohstoffnutzung) –20 % (5–10 Jahre), 50 % (10–15 Jahre)

Auch die IEA bezeichnet die Prozessintensivierung und den verstärkten Einsatz von Wärme-Kraft-Kopplungen als das bedeutende Potenzial.

### Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (NACE 23)

Bei der Glasindustrie handelt es sich weltweit um eine relativ kleine, aber sehr heterogene Branche. In Österreich gibt es ca. 60 Unternehmen (aus den Bereichen Glashütte, Glasbe- und -verarbeiter, Gablonzer) mit insgesamt knapp 9 000 Beschäftigten. Die österreichische Glasindustrie konnte im Jahr 2011 einen Produktionswert von 1 294 Mrd. € erwirtschaften, welcher damit gegenüber dem Vorjahr um nominell um 0,06 % angestiegen ist. (Fachverband der Glasindustrie, 2011).

Der Prozess des Glasschmelzens ist sehr energieintensiv, weshalb Unternehmen, welche mehr als 20 t Glas pro Tag schmelzen, auch dem Emissionshandel unterworfen sind. Ein wesentliches Potenzial zur Energieeinsparung besteht in der Verwendung von rezykliertem Altglas. Das in Österreich gesammelte Altglas wird zu 100 % rezykliert. Der Anteil von Altglas am Rohstoffgemenge beträgt bei Grünglas bis zu 90 %,

bei Weißglas bis zu 60 %. Damit bestehen im Durchschnitt alle in Österreich produzierten Glasverpackungen zu zwei Drittel aus Altglas. Für die CO<sub>2</sub>-Reduktion bedeutet dies, dass bei der Neuproduktion je 10 % Altglas, 3 % Energie und 7 % CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Laut dem Nachhaltigkeitsbericht der Austria Glas Recycling (2012) wurden durch die stoffliche Verwertung des gesammelten Altglases in Österreich im Jahr 2011 folgende Rohstoffe eingespart:

- 161 000 t Quarzsand,
- 52 000 t Kalk und Dolomit,
- 40 000 t Soda,
- 564 m<sup>3</sup> Abbauvolumen,
- 210 000 m<sup>3</sup> Deponievolumen für Einwegglas,
- 221 000 000 kWh elektrische Energie,
- 6 000 000 m<sup>3</sup> Erdgas.

Die gesammelten Mengen haben sich in den letzten Jahren nicht mehr entscheidend verändert und weisen auch kein nennenswertes Wachstumspotenzial auf.

Die Ziegelindustrie arbeitet an einem Forschungsprojekt „Syngas“: hier wird versucht, aus Abfällen ein synthetisches Schwachgas zu gewinnen, welches im Ziegelproduktionsprozess Anwendung findet (Papsch, 2012).

Die Zementindustrie ist energieintensiv und ein bedeutender Emittent von CO<sub>2</sub>, wobei hier zwei Quellen vorhanden sind: CO<sub>2</sub> aus dem Energieeinsatz in den Öfen und CO<sub>2</sub> aus der chemischen Reaktion des Brennvorgangs. Im Auftrag der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) haben das Forschungsinstitut der Zementindustrie (FIZ), Düsseldorf, und die Firma Allplan, Wien, die Situation der österreichischen Zementindustrie im Hinblick auf Energieeffizienz und Energieeinsparpotenziale untersucht. Dieser Bericht fasst die energetische Analyse der gesamten österreichischen Zementindustrie sowohl in standortspezifischen Kennzahlen als auch in aggregierter Form zusammen. Die österreichische Zementindustrie betreibt (2007) neun Zementwerke mit Klinkerproduktion sowie drei Mahlwerke für Zement und eine Umladestation für Zement. Die installierte Produktionskapazität betrug 2007 etwa 4,6 Mt Klinker pro Jahr und wird etwa zu 87 % ausgeschöpft. Der durchschnittliche gewichtete Brennstoffenergiebedarf über alle Klinker produzierenden Zementwerke betrug 3 646 kJ/kg Klinker (Richtwerte aus IEA, 2009: 2,9–4,7 kJ/kg inklusive Strom). Aus der Gegenüberstellung dieses durchschnittlichen Brennstoffenergiebedarfs und den aggregierten Ergebnissen aus der Modellierung ergibt sich ein Einsparpotenzial von 2,2–6,5 % (Allplan, 2007).

Signifikante Verbesserungen der thermischen Energieeffizienz sind bei den untersuchten Zementdrehrohrofenanlagen nur durch vollständigen Neubau oder weitgehenden Umbau der Ofenanlagen möglich. Die österreichische Zementindustrie verfügt über ein nutzbares Abwärmepotenzial von 419 GWh oder ca. 10,5 % des Brennstoffenenergieeinsatzes (Allplan, 2007). Die Abwärmenutzung an den Standorten ist allerdings nur in einzelnen Fällen wirtschaftlich möglich. Der Einsatz von ORC-Prozessen zur Herstellung elektrischer Energie aus Abwärme weist das höchste Potenzial von ca. 49 GWh mit einer durchschnittlichen Amortisationszeit von neun Jahren auf. Die wesentlichen betrieblichen Optimierungspotenziale von Mahlanlagen mit Kugelmøhlen liegen in der Verbesserung des Sichter-Trenngrades sowie in der Optimierung der Kugelfüllung an die vorliegende Mahlung (Allplan, 2007).

Bei den Querschnittstechnologien wurden von Allplan an einigen Standorten Optimierungspotenziale mit Amortisationszeiten von weniger als 5 Jahren festgestellt. Die in der Gesamtenergiebilanz relativ unbedeutende Beleuchtung weist ein technisches Optimierungspotenzial von 2,5 GWh/Jahr bei einer durchschnittlichen Abschreibung von 5 Jahren auf, wohingegen die Druckluftversorgung in den letzten Jahren weitgehend optimiert wurde. Das entscheidende Potenzial zur Verminderung des Energieeinsatzes bei der Zementherstellung liegt in der Substitution des Zementklinkers im Zement durch andere Zement-Hauptbestandteile. Der Klinker/Zement-Faktor der österreichischen Zementindustrie betrug 75,4 % über die untersuchten Zementsorten. Eine energetische Einsparung von ca. 193 TJ ergäbe sich bei einer weiteren Absenkung des Klinker/Zement-Faktors je Prozent.

### Metallerzeugung und -bearbeitung (NACE 24)

Dieser Sektor umfasst die energetisch wichtige Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen (NACE 24.1), die Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen (NACE 24.4) und Gießereien (NACE 24.5).

Die bestehenden Technologien im Bereich Eisen/Stahl weisen nur mehr ein geringes Verbesserungspotenzial auf, weshalb die Notwendigkeit nach ganz neuen Technologien besteht (IEA, 2009). Eine Umstellung des Brennstoff-Mischungen beinhaltet Potenzial zu Emissionsreduktionen (verstärkter Gaseinsatz – „direct reduced iron“ (DRI), torrefiziertes Holz oder Holzkohle), wobei zu berücksichtigen ist, dass auch Biomasse nicht völlig frei von treibhauswirksamen-Emissionen ist.

Österreich ist Partner im Forschungsprojekt ULCOS (Ultra-Low Carbondioxide Steelmaking). Dieses Programm hat

#### Box 5.2: Das ULCOS Konsortium

#### Box 5.2: The ULCOS Consortium

ULCOS steht für Ultra-Low Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) Steel-making. Es ist dies ein Konsortium von 48 europäischen Firmen und Organisationen aus 15 Staaten, die eine kooperative Forschungs- und Entwicklungsinitiative zur drastischen Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Stahlproduktion gestartet haben. Das Konsortium beinhaltet alle größeren EU-Stahlfirmen, Partner aus der E-Wirtschaft, Anlagenbauer, Forschungsinstitute und Universitäten. Die Initiative wird von der Europäischen Kommission unterstützt. Das Ziel von ULCOS ist es, die CO<sub>2</sub>-Emissionen um zumindest 50 % zu reduzieren. (www.ulcos.org von 13.1.2012; Übersetzung: Schnitzer)

sich zum Ziel gesetzt, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Stahlherstellung um mindestens 50 % – verglichen mit den besten heutigen Technologien – zu reduzieren (siehe Box 5.2). ULCOS will in seiner derzeitigen Demophase Pilotanlagen errichten; mit der Errichtung von Produktionsanlagen rechnet man in 15 bis 20 Jahren.

Ende 2010 gab es in Österreich 46 industrielle Gießereibetriebe, das sind um 2 Betriebe weniger als 2009. Zurzeit ist keine Gießerei in Österreich in das Emissionshandelsregime integriert (Fachverband der Gießereiindustrie, 2011).

Vom Fachverband wurde in der Nachkriegszeit die Gründung eines Gießereiiustituts initiiert, das seitdem auch vom Fachverband unterstützt wird. Hier finden laufend Optimierungstätigkeiten für Unternehmen statt, wobei es sich sowohl um wissenschaftliche als auch um experimentelle Projekte handelt. Neue Verfahren und auch neue Produkte werden entwickelt, die zum Ziel haben, mit einem geringeren Materialeinsatz höhere Leistungen zu erreichen und somit eine Ressourcenschonung zu verwirklichen. Derzeit laufen keine Projekte, die speziell auf eine Erhöhung der Energieeffizienz ausgerichtet sind.

#### 5.1.5 Minderung oder THG-Reduktion I: Emissionsminderung durch effektiveren Energieeinsatz

#### Energiebedarf der Produktionsgebäude

Gemäß der Einteilung des energetischen Endverbrauchs nach Energieträgern und Nutzenergiekategorien für Österreich

**Box 5.3: Definition der Prozessintensivierung****Box 5.3: Definition of process intensification**

Durch eine Prozessintensivierung werden gleichzeitig die Notwendigkeiten der Energieeinsparung, der CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionen und einer gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit angesprochen. Die potenziell erreichbaren Vorteile dabei wurden als signifikant identifiziert. (Ministry of Economic Affairs, 2008; Übersetzung: Schnitzer)

(Statistik Austria, 2008) entfallen 18 % des thermischen Energiebedarfs der Industrie auf die Kategorie „Raumheizung und Klimatisierung“. Die OIB-Richtlinie 6 (OIB, 2011) gilt auch für Produktions- und Lagergebäude, wenn nicht „der überwiegende Anteil der Energie für die Raumheizung und Raumkühlung jeweils durch Abwärme abgedeckt wird, die unmittelbar im Gebäude entsteht“. Somit ist sichergestellt, dass zumindest neue Produktionsgebäude auch einen hohen wärmetechnischen Standard erzielen. Da Produktions- und Lagergebäude im Allgemeinen eine niedrigere Raumtemperatur benötigen als Büro- und Wohngebäude, ist eine energetische Sanierung einfach. Viele Industriebauten sind in Österreich sehr alt oder mit einem geringen wärmetechnischen Standard erbaut. Sanierungen scheitern heute oftmals an zusätzlichen Auflagen und neuen Gesetzen, die bei Maßnahmen zu tragen kommen. Manche Hallen weisen für die heutigen Anforderungen eine zu geringe Traglast für Schneelasten auf, weshalb eine Isolierung ohne Änderung der Statik nicht möglich ist.

Produktionsbetriebe weisen durch Produktions- und Produktumstellungen heute wesentlich geringere innere Wärmeentwicklung aus den Maschinen auf als früher, sodass die Heizung an Bedeutung gewinnt. Da aber alle Betriebe Elektrizität benötigen, sind Wärme-Kraft-Kopplungen auch für den Heizungsbereich anzudenken (siehe unten bei Wärme-Kraft-Kopplungen). Außerdem sind solare Systeme bei den geforderten niedrigen Temperaturen interessant (Jähning und Weiß, 2007).

**Prozessintensivierung, Wärmerückgewinnung und Prozessintegration**

Prozessverbesserungen durch Optimierungen bei bestehenden Produktionsverfahren sowie durch Technologieänderungen betreffen den Energieverbrauch wie auch die Rohstoffnutzung. Einerseits kommt es durch kontinuierliche Veränderungen im Rahmen von regelmäßigen Wartungen und Maschinenaustausch zu Verbesserungen der Energie- und Rohstoffnutzung, andererseits ist aber ein großes Verbesserungspotenzial nur durch Technologieumstellungen zu erwarten. Dies können Neustrukturierungen im Rahmen von Ersatzinvestitionen sein oder Restrukturierungen der Gesamtprozesse.

Die Nutzung prozessinterner Ressourcen, energetisch sowie stofflich (Energiekaskaden, Kreislaufschließungen), stellt ein wichtiges Potenzial dar, große Emissionsminderungen sind aber hauptsächlich durch neue Technologien zu erwarten.

**Energieeffiziente Antriebe**

Gemäß NEA 2008 (Statistik Austria, 2009a) entfallen 22 % des Energiebedarfs der Produktion auf die Kategorie Standmotoren. Diese Aggregate haben eine kurze Lebensdauer und unterliegen dem regelmäßigen Austausch im Zuge von Wartungsarbeiten und Ersatzinvestitionen. Darüber hinaus sind Energieeinsparungen durch eine verbesserte Regelungstechnik im System möglich.

Der Fachverband der Elektro- und Elektronikindustrie schätzt das Einsparungspotenzial durch eine Modernisierung von Motoren auf über 3000 GWh/Jahr (FEI, 2009), der Großteil fällt dabei auf Druckluftsysteme, Ventilatoren und Pumpen (Abbildung 5.9).

**Effizienzerhöhung bei der Energieumwandlung, Wärme-Kraft-Kopplung und Abwärmenutzung**

Das Potenzial von Wärme-Kraft-Kopplungen zur effizienten, gekoppelten Herstellung von Wärme und Kraft wird derzeit in Europa nicht ausgenutzt. Die Europäische Union formuliert hierzu in ihrer Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11.2.2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung 2004 (Europäische Union, 2004) eine klare Meinung (siehe Box 5.4).

In allen Produktionsbetrieben wird Wärme und Kraft (elektrischer Strom) benötigt. Die Installation von Wärme-Kraft-Kopplungen (WKK) bietet sich daher aus energietechnischen Überlegungen an. Im industriellen Bereich werden diese An-

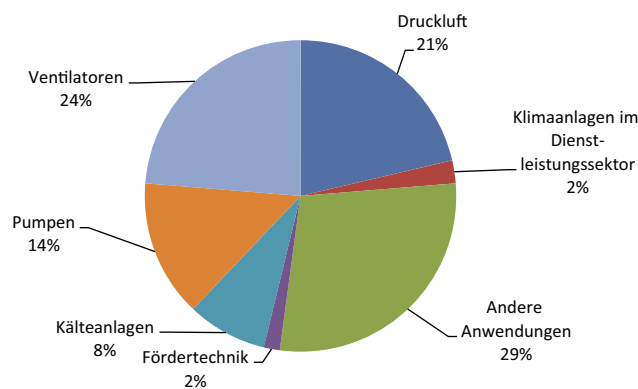


Abbildung 5.9 Abschätzung des Einsparpotenzials bei Motorensystemen in Österreich in GWh und % des Gesamtverbrauchs. Quelle: FEI (2009)

Figure 5.9 Estimation of possible energy savings with electrical drives in Austria in GWh and % of the present consumption. Source: FEI (2009)

lagen im Allgemeinen wärmegeführt gefahren, da mit dem Stromnetz ein Ausgleich besteht; im Gegensatz dazu werden Kraftwerksanlagen meist stromgeführt betrieben (KWK) und die Abwärme so weit möglich verkauft.

Aus der Studie von E-Bridge Consulting aus dem Jahre 2005 ergibt sich das in Tabelle 5.2 dargestellte Potenzial von KWK.

Für Deutschland wird das industrielle Potenzial für Strom und Wärme aus Wärme-Kraft-Kopplungen mit jeweils 90 TWh bei einem Investitionsbedarf von 15 Mrd. € geschätzt (Eikmeier et al., 2005). Für Österreich kann man mit ca. einem Zehntel dieses Wertes rechnen.

Das Potenzial für extern nutzbare industrielle Abwärme wird in Österreich auf 4,1 PJ für das Jahr 2020 und auf maximal 12 PJ im Jahr 2050 geschätzt (Christian et al., 2011). Hierzu laufen 2012 weitere Untersuchungen in Oberösterreich, der Steiermark und durch die Kommunalkredit Public Consulting. Für die innerbetrieblich nutzbare Abwärme gibt es

**Box 5.4: Stellungnahme der Europäischen Union zur Kraft-Wärme-Kopplung**

**Box 5.4: Statement of the European Union to the cogeneration of heat and power**

Das Potenzial der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) als Mittel zur Energieeinsparung wird derzeit in der Gemeinschaft nicht voll genutzt. Die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten, hocheffizienten KWK ist eine Priorität der Gemeinschaft, angesichts des potenziellen Nutzens der KWK für die Einsparung von Primärenergie, die Vermeidung von Netzwerkverlusten und die Verringerung von Emissionen, insbesondere von Treibhausgasemissionen. Ferner kann eine effiziente Nutzung der in KWK produzierten Energie auch zur Energieversorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit der Europäischen Union und ihrer Mitgliedstaaten beitragen. Daher ist es notwendig, Maßnahmen für eine bessere Ausschöpfung dieses Potenzials im Rahmen des Energiebinnenmarktes zu ergreifen. (Europäische Union, 2004)

keine systematische Erfassung in Österreich, das Potenzial ist aber vermutlich ein Mehrfaches der extern nutzbaren Mengen.

Bei allen Hochtemperaturprozessen besteht grundsätzlich die Möglichkeit, Abwärme mittels ORC-Prozessen in elektrische Energie umzuformen. Elektrizität wird in allen Betrieben benötigt und kann im Netz untergebracht werden. Das Potenzial über alle Sektoren hinweg ist nicht bekannt.

Wärmepumpen zur Rückgewinnung von Abwärme aus dem Niedertemperaturbereich sind dort sinnvoll, wo keine WKK vorhanden ist und große Energiemengen auf einem relativ geringem Niveau (< 100 °C) benötigt werden.

Tabelle 5.2 Technisches Potenzial von Wärme-Kraft-Kopplungen in Österreich. Quelle: E-Bridge Consulting (2005)

Table 5.2 Technical potential von cogeneration units in Austria. Source: E-Bridge consulting (2005)

2002: Technisches dezentrales KWK-Potential	Nutzwärme			
	Raumheizung, Klima, Warmwasser	Dampferzeugung	Industrieöfen	Summe
	MW el	MW el	MW el	MW el
Land- und Forstwirtschaft	72	0	0	72
produzierender Bereich	1 197	2 464	223	3 884
Dienstleistung und öffentlicher Bereich	1 522	91	237	1 850
Haushalte	2 694	0	0	2 694
Gesamt	5 485	2 555	460	8 500

### 5.1.6 Minderung oder THG-Reduktion II: Emissionsminderung durch Brennstoffwechsel und den Einsatz erneuerbarer Energieträger

#### Substitution von fossilen Energieträgern mit hohen Emissionsfaktoren

Die Ziele Österreichs für den erweiterten Einsatz erneuerbarer Energie wurde im „Nationalen Aktionsplan 2010 für erneuerbare Energie für Österreich“ (BMWFJ, 2010) ausführlich dargestellt.

Der Brennstoffwechsel innerhalb der fossilen Energieträger (Kohle, Öl, Gas) ist in Österreich weitgehend abgeschlossen. Aus Abbildung 5.2 ist ersichtlich, dass sich bei den Einsatzmengen für Kohle und Öl in den letzten 10 Jahren sehr wenig geändert hat. Folglich wird es in naher Zukunft nur mehr zu wenigen Neuanschlüssen von Industriebetrieben an eine Gasversorgung kommen. Im Bereich der Eisen- und Stahlproduktion kam es in den vergangenen Jahren zu keiner Reduktion des Verbrauchs an Kohle und es wird auch bis 2020 kein Rückgang erwartet, da Kohle prozessbedingt eingesetzt wird. Der Einsatz von Holzkohle und torrefiziertem Holz ist möglich (Arnsfeld et al., 2012) und wird in einigen Unternehmen bereits versucht. Eine Potenzialabschätzung für diesen Substitutionsvorgang ist nicht verfügbar, aber es wird vermutlich bei Einzelfällen bleiben, die österreichweit nicht ins Gewicht fallen.

Im Bauwesen wird der Verbrauch an Öl bis 2020 nicht reduziert; Öl wird zum Betrieb der Baumaschinen benötigt und es nicht anzunehmen, dass bis 2020 Aggregate mit alternativen Energieträgern angetrieben werden. Jedenfalls sind in dieser Richtung keine wissenschaftlichen Arbeiten bekannt.

#### Einsatz von Biomasse

Feste Biomasse aus Land- bzw. Forstwirtschaft bzw. aus biogenen Abfällen kann grundsätzlich auch in der Industrie in geeigneten Kesselanlagen als Brennstoff eingesetzt werden und fossile Brennstoffe ersetzen. Hierdurch kommt es zwar zu keiner Verringerung des Energieverbrauchs, aber zu reduzierten Emissionen an Treibhausgasen.

Tatsächlich wird der Einsatz von Biomasse weiterhin nur in wenigen Industriesparten erfolgen (z. B. Zellstoffwerke, Holzverarbeitung etc.), wo Abfallbiomasse zur Verfügung steht oder eine große Nähe zur Forst- oder Landwirtschaft besteht, und stellt kein wesentliches Potenzial dar, da die Durchdringung bereits heute weitgehend erfolgt ist. Die Umstellung von Gaskessel auf Biomasse erfordert nicht nur eine völlige Neuin-

#### Box 5.5: Verfahrensbeschreibung Torrefizierung

#### Box 5.5: Technology of torreficiation

Torrefizierung ist eine Methode zum Cracken von Biomasse. In einer sauerstoffarmen oder -freien Atmosphäre wird Biomasse für ca. eine Stunde auf 260–320 °C erhitzt. Hierbei wird Hemizellulose und teilweise Lignin und Zellulose desintegriert und hierdurch die Faserstruktur aufgelöst bzw. zerbrochen. Somit wird die Biomasse mahlfähig und sie kann mit Kohle gemeinsam verarbeitet werden.

Der erhaltene Heizwert liegt wegen des Verlustes an Feuchtigkeit und flüchtigen Bestandteilen zwischen 12 und 24 MJ/kg. Eine Zusatzfeuerung von bis zu 50 % Biomasse ist somit ohne große Änderungen der Feuerungstechnik möglich. (Beekes und Cremers, 2012; Übersetzung: Schnitzer)

stallation im Kesselhaus, sondern auch eine neue Brennstofflogistik. An der Forderung nach einer regelmäßigen (täglichen?) Anlieferung von Biomasse scheitern manche Umstellungsvorhaben. (Abfall-)Biomasse kann auch in Drehrohröfen (z. B. in der Zementindustrie und beim Kalkbrennen in der Zellstoffindustrie) als Ölersatz verwendet werden (Ekebro, 2011).

Ein höherer Anteil an Biomasse in Feuerungsanlagen könnte durch eine Torrefizierung erreicht werden (Beekes und Cremers, 2012). Torrefizierte Biomasse hat auch das Potenzial, als technologischer Kohlenstoffträger (z. B. in der Stahlindustrie) eingesetzt zu werden.

Feuchte Biomasse – wie sie z. B. in der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie anfällt – kann über Biogasanlagen zu Methan umgewandelt werden und nachfolgend zu jeglichen Heizzwecken und auch für Traktionsanwendungen eingesetzt werden.

#### Solare Wärme

Solare Prozesswärme kann nach verschiedensten Studie in Europa wesentlich zur Wärmeversorgung in der Industrie beitragen. Da rund 30 % des industriellen Wärmebedarfs unter 100 °C und 47 % unter 400 °C bestehen kann von einem stark steigenden Markt ausgegangen werden. Hierzu wird derzeit die Entwicklung von Hochtemperaturkollektoren vorangetrieben.

Für Österreich wurde das Potenzial im Projekt PROMISE mit 5,4 PJ/Jahr errechnet (Müller et al., 2004). Geht man



davon aus, dass 10 % dieses Potenzials bis 2020 realisiert werden, könnten bis dahin 3–4 % des industriellen Wärmebedarfs durch Solarthermie gedeckt werden. Unter diesen Annahmen besteht ein Marktvolumen von 1000 MWth/Jahr entsprechend ca. 1 500 000 m<sup>2</sup>.

Die solare Prozesswärme steht derzeit am Anfang ihrer Entwicklung. Derzeit gibt es weniger als 100 in Betrieb befindliche Anlagen weltweit (Stand 2009) mit einer Kapazität von 24 MWth (34 000 m<sup>2</sup>). Die meisten dieser Anlagen sind Pilotanlagen und relativ klein.

Die potenzialträchtigen Sparten sind die Lebens- und Genussmittelindustrie, der Fahrzeug- und Maschinenbau, die Textilindustrie und die Papierverarbeitung. Hier beträgt der Anteil an Niedertemperaturprozessen rund 60 %.

Ein besonderes Potenzial besteht bei der Beheizung von Industrie- und Lagerhallen, da hier niedrige Temperaturen (< 20 °C) gefragt sind.

### Verwendung rezyklierter Materialien als Rohstoff

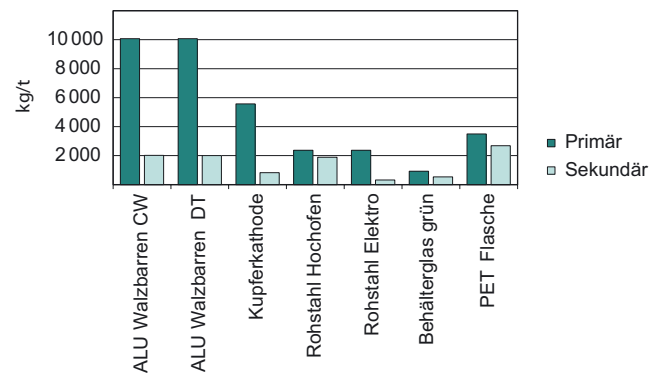
Eine wesentliche Möglichkeit, bei der Herstellung von Produkten über deren Lebenszyklus Energie zu sparen, ist die Verwendung von Sekundärrohstoffen. Diese kommen aus Rückständen bei Verarbeitungsprozessen oder von den Endkonsumenten. Die wichtigsten als Sekundärrohstoffe einsetzbaren Materialien sind:

- Glas
- Papier
- Metalle (Eisen, Aluminium, Kupfer, Blei, Gold in Elektronikschrott etc.)
- Bauschutt
- Asphalt
- Kunststoffe
- Mineralstoffe (Stickstoff, Phosphor etc.)
- Verpackungsmaterialien, Tonerkartuschen
- ...

Das Umweltbundesamt veröffentlichte 2010 eine Studie zur Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich (Frischenschlager et al., 2010), in welcher die Klimarelevanz des Einsatzes von Sekundärrohstoffen quantifiziert wird (Abbildung 5.10). Man sieht die Bedeutung dieses Ansatzes besonders bei Aluminium und Kupfer.

Je nach betrachtetem Zwischenprodukt werden unterschiedliche Mengen an Sekundärrohstoffen eingesetzt, eine Erhöhung ihrer Anteile wäre nur zum Teil möglich. Aufgrund der bereits bestehenden hohen Sekundärrohstoffzugaben und

### THG - Emissionen bei Primär- und Sekundärproduktion



Quelle: Umweltbundesamt

umweltbundesamt<sup>®</sup>

**Abbildung 5.10** Spezifische THG-Emissionen bei der Primär- und Sekundärproduktion marktfähiger Zwischenprodukte (in kg/t).  
Quelle: Frischenschlager et al. (2010)

**Figure 5.10** Specific greenhouse gas emissions at the production of semi-finished goods in the steel industry in kg/t. Source: Frischenschlager et al. (2010)

der Tatsache, dass ein hoher Anteil an Sekundärrohstoffen (insbesondere Metalle) weltweit gehandelt wird, ist davon auszugehen, dass zusätzliche, durch die österreichische Abfallwirtschaft gesammelte Mengen Mengen ersetzen würden, die derzeit am Weltmarkt zugekauft werden; BMLFUW und BMWFJ, 2011).

Unter dem Begriff „Urban Mining“ erkennt man in Zeiten knapper werdender Rohstoffe ein steigendes Interesse an der Rückgewinnung von Sekundärrohstoffen im urbanen Bereich (Brunner, 2011). „Urban Mining“ könnte weitere Altstoffe in den Wirtschaftskreislauf bringen.

Einen ähnlichen Ansatz bietet „Landfill Mining“, die Nutzung von Altdeponien als Rohstofflager. Ausgehend von einer Initiative des Landes Steiermark, A 14 Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit, wurde ECO WORLD STYRIA 2012 beauftragt, ein Pilot-Projekt zu konzipieren, das nun über die BRIDGE-Förderschleife reif zum Start ist. Das Projekt soll grundlegende Erkenntnisse über das „Mining“ von Deponien in ganz Österreich liefern, um darauf aufbauend weiterführende Forschungsarbeiten für zukünftige Deponierückbaukonzepte und -projekte, Aufbereitungs- und Sortiertechnologien und Verfahren für die Sekundärrohstoffindustrie zu starten. Fragestellungen in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des Rückbaus, den Wertstoffgehalt der Deponie als auch das Einbeziehen gesetzlicher Rahmenbedingungen sollen während der 3-jährigen Projektlaufzeit beantwortet werden. Neben der Entwicklung theoretischer Modelle werden darüber hinaus In-Situ-Versuchsreihen bei ausgewählten Deponien

**Box 5.6: Das Konzept zu „Urban Mining“****Box 5.6: The concept of „urban mining“**

„Urban Mining ist ein Konzept zur Rückgewinnung von Rohstoffen, das den gesamten Kreislauf von Produkten aller Größenordnungen berücksichtigt. Das reicht von normalen Verpackungen und kleinen Elektrogeräten – den sogenannten kurzfristigen urbanen Minen – bis hin zu großen Infrastrukturen und Gebäuden, den langfristigen urbanen Minen.“ (<http://urban-mining.com/>, abgefragt am 30.3.2013).

durchgeführt um fundierte Daten zu erhalten. In weiterer Folge sollen die Projekterkenntnisse die ersten Erfahrungen für die Ausarbeitung der zukünftigen normativen Rückbaustrategien und Standards sowie Ansätze zur Qualitätssicherung der gewonnenen Wert- und Energiestoffe liefern (Eco World Styria, 2012).

**Ecodesign und nachhaltige Produktgestaltung**

Die Geschwindigkeit des Materialdurchsatzes durch das Wirtschaftssystem und damit auch dessen Energieintensität wird wesentlich durch die Verwendungsdauer der Produkte bestimmt. Deren erhöhte Langlebigkeit und verbesserte Reparierbarkeit kann durch eine reduzierte Neuproduktion den Energie- und Ressourcenverbrauch des produzierenden Sektors wesentlich vermindern.

Eine Verlängerung der Produktlebensdauer kann jedoch dann kontraproduktiv sein, wenn es bei Produkten, die durch hohe Energieverbräuche in der Nutzungsphase gekennzeichnet sind, durch Innovationen während der Produktlebensdauer zu einer substantiellen Verringerung dieser Verbräuche oder zur Verminderung von Emissionen kommt (z. B. 3l-Auto, Reduzierung des Wasser- und Stromverbrauches im Elektrogerätebereich: Motoren, Geschirrspüler etc.). Im Detail sind hierzu Lebenszyklusanalysen erforderlich.

**Carbon Capturing and Storage (CCS)**

Die Europäische Kommission schreibt der Entfernung von CO<sub>2</sub> aus Rauchgasen und seine Speicherung eine große Bedeutung zu, um das Ziel, bis 2050 die THG-Emissionen auf 20 % zu reduzieren (Vergleichsbasis 1990), zu erreichen (European Commission, 2013).

In den nächsten Jahren ist von Technologien, die CO<sub>2</sub> aus Ab- und Rauchgasen entfernen und speichern, keine Emissionsminderung im Bereich Produktion zu erwarten. Die Probleme der Abtrennung und insbesondere der Endlagerung sind nicht hinreichend gelöst, als dass man eine großtechnologische Umsetzung erwarten könnte.

Ansätze, CO<sub>2</sub> in der Algenzucht zur Produktion von Biomasse zu verwenden, haben 2012 zu ersten Pilotanlagen geführt, eine Produktionsanlage, die eine wesentliche Beeinflussung der Treibhausgasbilanz ergibt, ist jedoch bis 2020 nicht zu erwarten.

**5.1.7 Instrumente zur Emissionsminderung****Emission Trading System der Europäischen Union**

Das Europäische Emissionshandelssystem (EU ETS) ist das wichtigste Klimaschutzinstrument der Europäischen Union. Das EU ETS auf Unternehmensebene ist ein marktwirtschaftliches Instrument, mit dem die CO<sub>2</sub>-Emissionen der zur Teilnahme verpflichteten Betriebe der Energiewirtschaft und der energieintensiven Industrie zu den gesamtwirtschaftlich geringsten Kosten reduziert werden sollen. Seit 2012 nimmt auch der Luftverkehr am Emissionshandel teil.

Bereits 2003 wurde mit einer Richtlinie dieses System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft (Europäische Union, 2003) geschaffen, um auf kosteneffiziente Weise auf eine Verringerung von THG-Emissionen hinzuwirken. Diese Richtlinie wurde 2009 ergänzt (Europäische Union, 2009).

Die aus Österreich teilnehmenden Unternehmen kommen großteils aus den energieintensiven Branchen, die oben beschrieben wurden. Anfang 2013 lagen die Handelspreise sehr niedrig (< 5 €/t), zu gering um technologische Innovationen zu induzieren.

**Österreichische Unternehmen im Emissionshandel**

In Österreich sind ca. 200 energieintensive Industrieanlagen verpflichtet, am Emissionshandel teilzunehmen. Auch Österreichs Unternehmen haben eine große Menge an Überschusszertifikaten angehäuft: nur im Jahr 2008 überstiegen die Emissionen in Österreich die Allokation. Mit dem starken Produktionsrückgang in der Sachgütererzeugung im Zuge der Finanzmarkt- und Wirtschaftskrise der Jahre 2008 und 2009 nahmen auch die Emissionen in den Emissionshandelssektoren ab (WIFO, 2013). In allen Sektoren, mit Ausnahme der

Raffinerien und der Nahrungsmittelindustrie, ergab sich daher im Jahr 2009 ein Überschuss an Emissionszertifikaten. Auch in den Folgejahren lag die Zuteilung an Emissionszertifikaten über den Emissionen, wenngleich vor allem der Überschuss der güterproduzierenden Unternehmen merklich zurückging. Für 2012, das letzte Jahr der Kyoto-Periode, errechnet sich neuerlich ein hoher Allokationsüberschuss, der sogar jenen des Jahres 2009 übersteigt. Etwa 80 % des Zertifikate-Überschusses resultieren dabei aus dem Elektrizitätssektor. Über die gesamte Kyoto-Periode 2008 bis 2012 beträgt der kumulierte Zertifikatsüberschuss für Österreich 10 Mt CO<sub>2</sub> (WIFO, 2013). Diese Überschüsse können in den Folgejahren bis 2020 weiter verwendet werden. Zahlreichen Studien zufolge verwässern sie die Ziele und verringern die tatsächlichen Treibhausgasreduktionen.

In der derzeitigen zweiten Phase stehen EU-weit pro Jahr 2,08 Mrd. t CO<sub>2</sub> an Emissionsberechtigungen zur Verfügung<sup>1</sup>. Ab der zweiten Handelsperiode können die Unternehmen zur Abdeckung ihrer Emissionen in eingeschränktem Umfang auch Emissionsreduktionseinheiten aus Projekten in Drittländern verwenden (Österreich: max. 10 % pro Anlage, gemessen an der Zuteilung). Die Anzahl der erfassten Anlagen im Handelssystem wurde ebenfalls erhöht. Nach der zweiten Phase begann 2013 die dritte Phase, die 2020 ausläuft und in der das Emissionshandelssystem weiter verstärkt und restriktiver genutzt werden wird. Für die dritte Phase ergeben sich einige grundlegende Änderungen. Anstatt nationalen Zielen und der Zuteilung von Zertifikaten wurde ein EU-weites Ziel von -21 % CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Basis des Jahres 2005 festgelegt (Richtlinie 2009/29/EU: Europäische Union, 2009). Die Zertifikate werden mit Ausnahmen für energieintensive Industrien versteigert, nicht genutzte Zertifikate aus der zweiten Phase können in der dritten Phase genutzt werden (Richtlinie 2009/29/EC: Europäische Union, 2009).

Der Erfolg des Systems wird unterschiedlich bewertet: einerseits hat die Wirtschaftskrise und somit sinkende Emissionen sowie das große Angebot an billigen Emissionsreduktionseinheiten aus Projekten in Drittländern zu einem Überschuss an Zertifikaten und einem geringem CO<sub>2</sub>-Preis geführt, andererseits konnte das System auch aktive Minderungsmaßnahmen und eine Bewusstseinsbildung erzielen (Laing et al., 2013). Moidl und Wahlmüller haben sich in einem von GLOBAL 2000 veröffentlichten Bericht mit dem Erfolg des ETS in Österreich auseinandergesetzt (Moidl und Wahlmüller, 2012).

<sup>1</sup> [http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/index_en.htm)

## Umweltförderung Inland

Im Bereich der Umweltförderung im Inland richtet das BMLFUW seine Förderungspolitik auf den Schwerpunkt Klimaschutz. Ziel ist der Schutz der Umwelt durch Vermeidung oder Verringerung von Belastungen in Form von Luftverunreinigung, klimarelevanten Gasen, Lärm und Abfällen. Die meisten Projekte wurden bei den Förderschwerpunkten Biomasse (21 %), Solaranlagen (15 %) sowie bei den betrieblichen Energiesparmaßnahmen (13 %) bewilligt. Im Jahr 2010 kamen 93 % der Förderungsmittel klimarelevanten Maßnahmen zugute. Die Umsetzung der Projekte der Umweltförderung im Inland ermöglichte eine jährliche Reduktion von 359 502 t CO<sub>2</sub>-Äq. Dies entspricht einer Gesamtreduktion von 6 981 152 t CO<sub>2</sub>-Äq., bezogen auf die technische Nutzungsdauer der Anlagen, und stellt einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung des Kyoto-Ziels dar. Im Zentrum der klimarelevanten Maßnahmen stand die Förderung von erneuerbaren Energieträgern mit einem Förder-Barwert von 48,6 Mio. € und einem umweltrelevanten Investitionsvolumen von 298,2 Mio. € (BMLFUW, 2013).

## Klimaschutzgesetz

Das 2011 beschlossene Klimaschutzgesetz verteilt Rechte und Pflichten in verbindlicher Form auf alle Verantwortungsträger in Bund und Ländern. Als konkrete Maßnahmen werden genannt (BGBI, 2011):

- Erhöhung der Energieeffizienz,
- stärkere Nutzung erneuerbarer Energieträger,
- Berücksichtigung des Klimaschutzes in der Raumplanung,
- Mobilitätsmanagement,
- Abfallvermeidung,
- Erweiterung natürlicher Kohlenstoffsinken und
- ökonomische Anreize für Klimaschutzmaßnahmen.

Auf Basis des Klimaschutzgesetzes sollen Bund und Länder künftig auch vereinbaren, wer im Fall der Überschreitung einzuhaltender Emissionslimits die Verantwortung zu tragen hat.

## Energieeffizienzgesetz

Nach dem vorliegenden Entwurf zum Energieeffizienzgesetz haben endenergieverbrauchende Unternehmen in Österreich, abhängig von ihrer Größe und ihrem Energieverbrauch, Maß-

nahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz zu setzen und zu dokumentieren.

Große und mittelgroße Unternehmen haben entweder ein Energiemanagementsystem in Übereinstimmung mit der Norm EN 16001 oder der ISO 50001 oder ein Umweltmanagementsystem gemäß Art. 13 der Verordnung (EG) Nr. 1221/2009 über die freiwillige Teilnahme von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für Umweltmanagement und Umweltbetriebsprüfung, soweit damit auch sämtliche Anforderungen nach ISO 50001 erfüllt werden, einzuführen. Sie sind verpflichtet, dieses zu zertifizieren, die Einführung zu dokumentieren, das Energiemanagementsystem oder Umweltmanagementsystem zu verwirklichen und aufrechtzuerhalten oder in regelmäßigen Abständen, zumindest alle vier Jahre, ein Energieaudit durchzuführen sowie den Anwendungsbereich und die Grenzen ihres Managementsystems festzulegen und zu dokumentieren oder die Durchführung und Ergebnisse des Energieaudits zu dokumentieren.

Kleine Unternehmen sind, sofern sie keine der obigen Maßnahmen setzen, verpflichtet, eine Energieberatung durchzuführen, deren Durchführung und Ergebnisse zu dokumentieren, nach Möglichkeit den sich aus der Durchführung der Energieberatung ergebenden Anforderungen der Verbesserung ihrer Energieeffizienz zu entsprechen und die erforderlichen Effizienzmaßnahmen zu setzen. Der Zeitpunkt der erforderlichen Beratung und weitere notwendige Schritte sind z.T. von der Betriebsgröße abhängig. Unternehmen, die weniger als 5 Personen beschäftigen oder deren Jahresumsatz oder deren Jahresbilanz 1 Mio. € nicht übersteigt, sind von den Verpflichtungen dieser Bestimmung ausgenommen.

Das Bundes-Energieeffizienzgesetz, mit dem das von der EU vorgegebene Energiesparziel von 1,5 % pro Jahr umgesetzt werden soll, ist 2012 vom Wirtschaftsminister in Begutachtung geschickt worden. In die Pflicht genommen werden

Energielieferanten und Unternehmen, wobei energieintensive Unternehmen weniger stark beitragen müssen. Gelten sollen die neuen Bestimmungen per 1. Jänner 2014.

### 5.1.8 Projektionen

Die EU-Kommission hat vor kurzem innerhalb der Strategie „Europa 2020“ eine Leitinitiative für ein ressourcenschonendes Europa vorgeschlagen. Innerhalb dieses Rahmens legt sie nun eine Reihe langfristiger politischer Pläne in Bereichen wie Verkehr, Energie und Klimawandel auf. Diese Mitteilung enthält die Hauptelemente, die die Klimapolitik der EU gestalten und der EU helfen sollen, bis 2050 eine wettbewerbsfähige CO<sub>2</sub>-arme Wirtschaft zu werden.

Die Untersuchung der Kommission hat sich auch mit den Wegen für Schlüsselsektoren befasst. Sie betrachtete eine Reihe von Szenarien mit verschiedenen Innovationsraten auf technologischem Gebiet und unterschiedlichen Preisen für fossile Brennstoffe. Die Ergebnisse der Szenarien waren weitgehend konvergent in Bezug auf den Umfang, in dem jeder Sektor bis 2030 und bis 2050 seine Emissionen senken muss. Dies ist an den Spannen in Tabelle 5.3 abzulesen (Europäische Kommission, 2011).

Aus der Analyse der Kommission wird deutlich, dass in der Industrie die THG-Emissionen bis 2050 um 83–87 % verringert werden könnten. Fortschrittlichere, ressourcenschonende und energieeffiziente Industrieprozesse und -anlagen, mehr Recycling sowie Technologien zur Verringerung von Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen (z. B. Stickoxide und Methan) könnten einen wesentlichen Beitrag leisten, denn damit könnten energieintensive Sektoren ihre Emissionen um mindestens die Hälfte reduzieren. Da Lösungen sektorspezifisch sind, hält die Kommission es für notwendig, zusammen mit den betreffenden Sektoren spezifische Fahrpläne aufzustellen.

**Tabelle 5.3** Prozentuelle Emissionssenkungen einzelner Sektoren. Quelle: Europäische Kommission (2011)

**Table 5.3** Relative reduction of GHGs in selected sectors. Source: European Commission (2011)

THG-Emissionsverringderung gegenüber 1990	2005	2030	2050
Insgesamt	-7 %	-40 bis -44 %	-79 bis -82 %
Sektoren			
Stromerzeugung (CO <sub>2</sub> )	-7 %	-54 bis -68 %	-93 bis -99 %
Industrie (CO <sub>2</sub> )	-20 %	-34 bis -40 %	-83 bis -87 %
Verkehr (einschl. CO <sub>2</sub> aus der Luftfahrt, ohne Seeverkehr)	+30 %	+20 bis -9 %	-54 bis -67 %
Wohnen und Dienstleistungen (CO <sub>2</sub> )	-12 %	-37 bis -53 %	-88 bis -91 %
Landwirtschaft (Nicht-CO <sub>2</sub> )	-20 %	-36 bis -37 %	-42 bis -49 %
Andere Nicht-CO <sub>2</sub> -Emissionen	-30 %	-72 bis -73 %	-70 bis -78 %

Die „European Climate Foundation“ weist in ihrer Studie „Roadmap 2050“ darauf hin, dass diese neuen Technologien allesamt wesentlich höhere Investitionen als die derzeitigen erfordern, dass aber die jährlichen Gesamtkosten für Energie geringer sein werden (European Climate Foundation, 2010).

In jedem Sektor werden die drei entscheidenden Strategien für den Übergang auf eine kohlenstoffarme Wirtschaft begangen werden müssen:

- Erhöhen der Effizienz und Effektivität des Energieeinsatzes,
- Übergang auf CO<sub>2</sub>-neutrale Energieträger,
- Übergang auf nachwachsende Rohstoffe.

Der von der europäischen Politik erstrebte Übergang auf ein kohlenstoffarmes Wirtschafts- und Gesellschaftssystem wird jedenfalls nicht ohne große Umstellungen bei Produktion und Konsumation möglich sein. Rifkin (2011) nennt das „Die dritte industrielle Revolution“.

#### 5.1.9 Forschung und Entwicklung: Bedarf, Potenzial

Eine Studie des WIFO lässt bis 2020 einen in etwa konstanten Ausstoß an Treibhausgasen aus der Produktion erwarten, da sich Effizienzmaßnahmen und allgemeine Wachstumsraten gegenseitig aufheben werden (Köpl et al., 2011). Auch ist bis 2020 keine wesentliche Änderung in der Struktur der Industrieproduktion zu erwarten.

Intensive Forschung und Entwicklung ist besonders für die energieintensive Industrie überlebenswichtig, da sonst im globalen Wettbewerb die Chancen immer schlechter werden. Hier sind grundsätzlich neue Ansätze erforderlich, während in den anderen, weniger energieintensiven Branchen durch die Anwendung des Standes der Technik noch Reduktionspotenziale genutzt werden können. Die Entwicklungen werden sich von Innovationen bei Maschinen und Apparaten auf Systeme und Verfahren verschieben müssen. Dies betrifft insbesondere Methoden zur Prozessintegration, wo neben der Einsparung von Ressourcen auch Anlagenteile verringert werden können (z. B. multifunktionelle Einheiten). Ein weiteres Potenzial bietet die Umstellung von Chargenverfahren auf eine kontinuierliche Betriebsweise. Besonders in der Lebensmittelindustrie bieten sich hier Effizienzpotenziale an.

Ein eigener Forschungsschwerpunkt sollte der prozess-technisch bedingte Einsatz von Kohlenstoff (C) sein, wo ein Übergang zu biogenen Kohlenstoffquellen erst im Anfangsstadium steht. Gleiches gilt für andere verfahrensbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen.

„Carbon Capturing“ – die Rückgewinnung von Kohlenstoff aus Abgasen – ist besonders dann interessant und bedarf einer Forschungs- und Entwicklungs-Förderung, wenn der Kohlenstoff im Wirtschaftskreislauf gehalten werden kann und zur Rückgewinnung überschüssige, erneuerbare Energie eingesetzt wird.

Die laufenden Programme des BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie) und der FFG (Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft) zu neuen industriellen Prozessen bieten einen ausgezeichneten Ansatzpunkt für einige der erforderlichen Innovationen. Für die Zielerreichung von 83–87% Reduktion der THG-Emissionen werden sie aber nicht ausreichen. Entscheidend wird es sein, neben der Forschung auch die Umsetzung neuer Technologien in der industriellen Praxis zu fördern, indem Investitionsrisiken von der öffentlichen Hand übernommen werden.

---

## 5.2 Gebäude

### 5.2 Buildings

---

Gebäude verursachen 32 % des Endenergiebedarfs und ca. 40 % des Primärenergiebedarfs in den meisten der Internationalen Energieagentur angehörigen Ländern (IEA, 2014). Der Großteil der Energie wird in Mittel- und Nordeuropa für Raumheizung benötigt. Kleinere Anteile werden für Warmwasserbereitung und den Strombedarf im Gebäude aufgewendet. In hochwärmegeämmten Gebäuden kann der Strom- und Warmwasserbedarf den Heizenergiebedarf übersteigen.

#### 5.2.1 Anzahl und Größe der Gebäude und Wohnungen

Basis für alle österreichischen Studien im Gebäudebereich bilden die Vollerhebung der Statistik Austria über die Anzahl an Gebäuden und Wohnungen (Statistik Austria, 2013a) und der Mikrozensus (Statistik Austria, 2013), welcher ein gleitendes statistisch relevantes Sample von Wohnungen umfasst und somit eine sehr gute Datenbasis für Wohngebäude geschaffen hat. Für Nichtwohngebäude gibt es eine erste Studie zur Ermittlung der Energieverbräuche in verschiedenen Gewerbesparten (Statistik Austria, 2011). Leider existiert darüber hinaus keine Erhebung der Nutzflächen von Nichtwohngebäuden. Daher beruht die Berechnung des Energiebedarfs und der THG-Emissionen auf Abschätzungen und Hochrechnungen.

Der Gebäudebereich ist durch eine stetige Zunahme der Anzahl der Gebäude und Wohnungen sowie der Nutzfläche gekennzeichnet. Dies ist zum einen auf die steigende Bevöl-

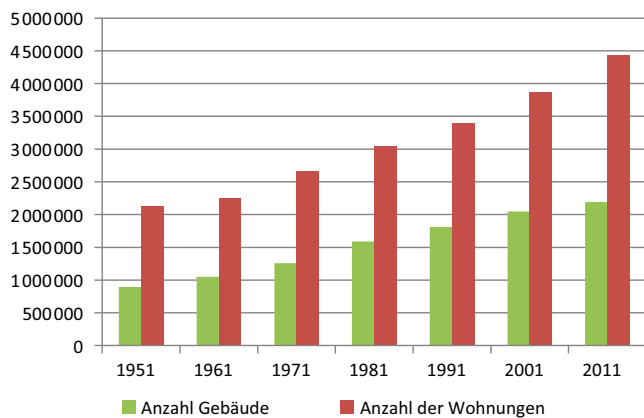


Abbildung 5.11 Anzahl der Gebäude und Wohnungen. Quelle: Statistik Austria (2013a)

Figure 5.11 Number of buildings and flats. Source: Statistik Austria (2013a)

kerung in Österreich und zum anderen auf die größere Nutzfläche pro Person zurückzuführen. Im Jahr 2011 waren ca. 4,4 Mio. Wohnungen in 2,2 Mio. Gebäuden vorhanden (Abbildung 5.11).

Etwa drei Viertel aller Gebäude und 50 % der Wohnungen sind bzw. befinden sich in Ein- und Zweifamilienhäusern, 3 % der Wohnungen befinden sich in Nichtwohngebäuden. Allerdings bestehen Unsicherheiten bei der Definition von Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie bei der Bilanzierung von Gebäuden mit gemischter Nutzung (Abbildung 5.12). Etwa 19 % der Nutzfläche wurde vor 1919, 7 % von 1919 bis 1944 und 44 % der Nutzfläche der Wohnungen wurde in den Jahren 1945 bis 1980 errichtet (Statistik Austria, 2004). Somit sind ca. 70 % der Wohnfläche mit energetisch schlechtem Baustandard errichtet und potenziell für eine energetische Sanierung geeignet.

### 5.2.2 Energieträger

Die Statistik Austria erhebt Zeitreihen des österreichischen Energiebedarfs. Der Gebäudebereich fällt in einigen Darstellungen in den Sektor „Sonstige Energieverbraucher“, die sich in die folgenden Bereiche unterteilt:

- Private Haushalte
- Öffentliche und private Dienstleitungen
- Landwirtschaft

Der Energiebedarf der privaten Haushalte wird des Weiteren unterteilt in:

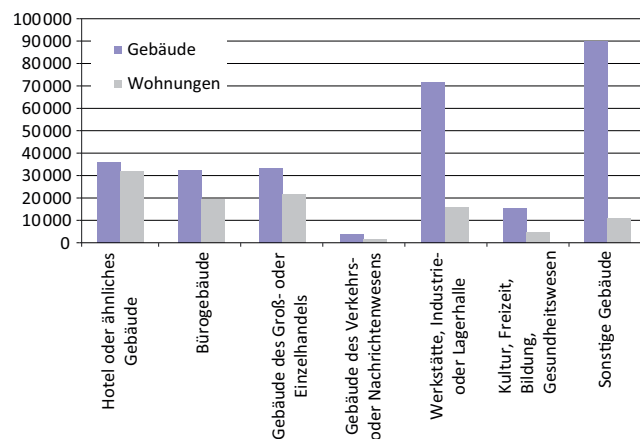


Abbildung 5.12 Anzahl der Gebäude und Wohnungen nach Art des (Wohn-)Gebäudes 2001. Quelle: Statistik Austria (2004)

Figure 5.12 Number of buildings and flats itemized by type of buildings 2001. Quelle: Statistik Austria (2004)

- Raumheizung
- Warmwasserbereitung
- Kochen
- Sonstiges (u. a. Strombedarf für Haushaltsgeräte)

Zudem sind Zeitreihen für den Brennstoffeinsatz für private Haushalte und erstmals auch eine Erhebung des Brennstoffeinsatzes für Dienstleistungsgebäude verfügbar (Statistik Austria, 2011).

Während der Endenergiebedarf für die Kategorie „Sonstiges“ seit 1996 etwa bei 420 PJ/Jahr stagniert, steigt der Bedarf für Verkehr und produzierenden Bereich stark an.

Der Anteil der privaten Haushalte und privater und öffentlicher Dienstleister (ohne Landwirtschaft) sinkt stetig und liegt 2010 bei ca. 28 % des gesamten Endenergiebedarfs. Im Bereich der Sonstigen machen die privaten Haushalte mit circa 260 PJ/Jahr etwa 62 % und die privaten und öffentlichen Dienstleister mit 130 PJ etwa 31 % des Endenergiebedarfs aus. Im Bereich der Landwirtschaft liegt dieser Wert bei circa 7 %.

Trotz des Zubaus an Wohnfläche und Fläche für Nichtwohngebäude bleibt der Energiebedarf konstant. Damit halten sich der zusätzliche Energiebedarf durch Neubauten und die Energieeinsparung durch Abriss und Sanierung seit etwa 1996 die Waage.

Die weitere Unterteilung des Bereichs „Private Haushalte“ in Verwendungszwecke zeigt Abbildung 5.13. Den Hauptteil macht die Raumheizung mit ca. 71 % (195 PJ/Jahr) aus, der Anteil der Warmwasserbereitung liegt bei circa 13 % (35 PJ/Jahr) und Kochen bei knapp 3 % (7 PJ/Jahr). Der Rest („Sonstiges“, 37 PJ/Jahr) entspricht dem Haushaltsstrombedarf.

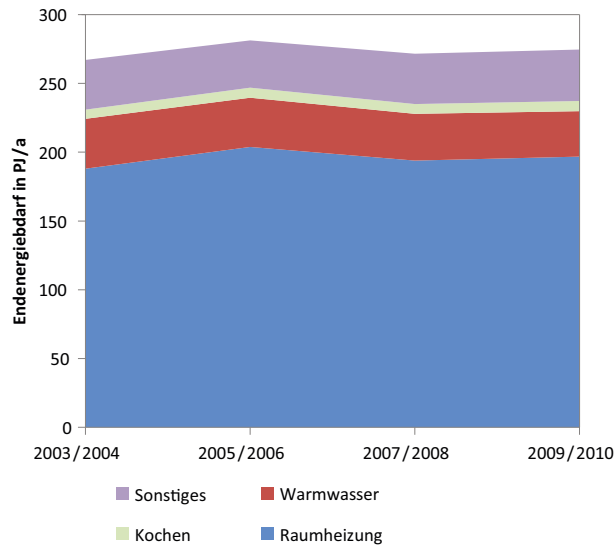


Abbildung 5.13 Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Verwendungszweck in PJ/Jahr. Quelle: Statistik Austria (2012)

Figure 5.13 End use energy demand of private households by use in PJ/year. Source: Statistik Austria (2012)

Die Absolutwerte sind für die Zeit der Erhebung von 2003 bis 2010 in etwa konstant. Bezogen auf die  $m^2$  ergeben sich aufgrund der Steigerung der konditionierten Fläche sowohl für die Raumwärme als auch für den Warmwasserbedarf fallende Tendenzen. So liegt der spezifische Endenergieverbrauch für Raumwärme im Mittel aller Gebäude 2009/2010 bei etwa  $148 \text{ kWh}/m^2/\text{Jahr}$ . Für Warmwasserbereitung werden mit fallender Tendenz im Zeitraum 2009/2010 durchschnittlich  $1100 \text{ kWh}/\text{Person}$  und Jahr benötigt (Abbildung 5.14).

Die Aufteilung der privaten Haushalte nach Energieträgern zeigt Abbildung 5.15. Etwa 20 % werden jeweils von den Energieträgern Holz, Gas, Heizöl und Strom aufgebracht. 10 % wird von der Fernwärme beigesteuert. Öl zeigt eine fallende, Fernwärme hingegen eine steigende Tendenz. Solarthermie und Wärmepumpen machen jeweils etwa 1,5 % des Endenergiebedarfs aus, zeigen aber eine steigende Tendenz.

Von 2003 bis 2010 hat sich der Anteil erneuerbarer Energieträger insgesamt von 22,9 auf 26,9 % und der Anteil der Fernwärme von 6,9 auf 9,9 % erhöht. Der Anteil von Heizöl hat sich im gleichen Zeitraum von 25 auf 19 % und der Anteil von Kohle von 0,5 auf 0,2 % reduziert. Der Anteil von Erdgas ist mit 20,5 % konstant geblieben. Es lässt sich also ein Trend von Heizöl hin zu erneuerbaren Energieträgern und Fernwärme feststellen, der wohl auch aufgrund der hohen Volatilität der Ölpreise und der Verfügbarkeit von technisch hoch entwickelten automatischen Heizungssystemen auf Basis erneuerbarer Energieträger zurückzuführen ist.

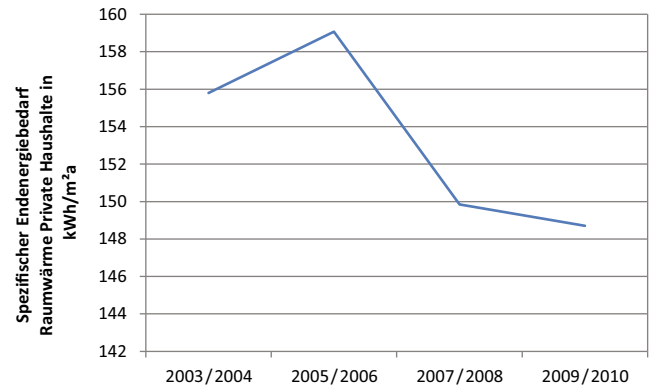


Abbildung 5.14 Endenergieverbrauch der privaten Haushalte für Raumwärmebedarf in  $\text{kWh}/m^2/\text{Jahr}$  und Warmwasser in  $\text{kWh}/\text{Person}/\text{Jahr}$ . Quelle: Statistik Austria (2012)

Figure 5.14 Specific end use energy demand of private households for space heating in  $\text{kWh}/m^2/\text{year}$  and domestic hot water demand in  $\text{kWh}/\text{person}/\text{year}$ . Source: Statistik Austria (2012)

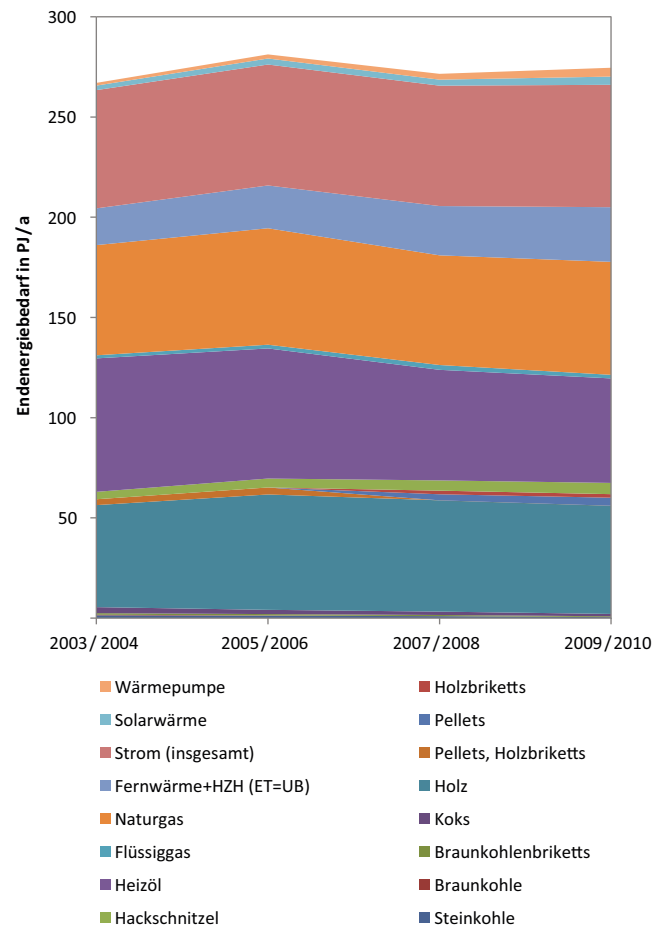
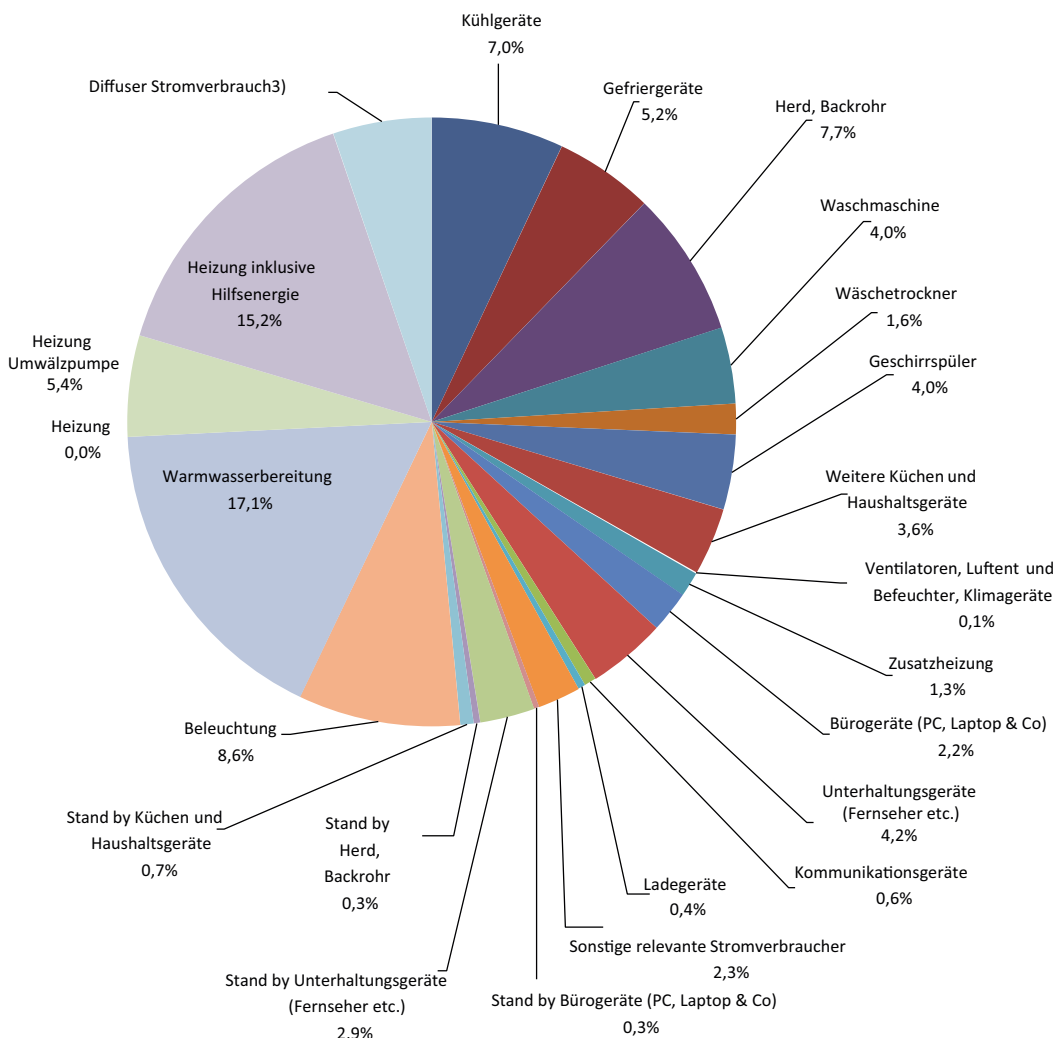


Abbildung 5.15 Endenergieverbrauch der Haushalte nach Energieträger in PJ/Jahr. Quelle: Statistik Austria (2012)

Figure 5.15 End use energy demand of private household by energy carrier in PJ/year. Source: Statistik Austria (2012)



**Abbildung 5.16** Anteil der Verbrauchskategorien am Stromverbrauch der Haushalte im Jahr 2008 in Prozent. Werte aus Statistik Austria (2009b)

**Figure 5.16** Share of electric appliances on total electricity demand of private household in %. Source: Statistik Austria (2009b)

Eine genauere Analyse der Statistik Austria (2012) zeigt, dass der Bereich „Kochen“ zu 83 % mit Strom, 10 % mit Gas und 7 % mit Holz versorgt wird. „Sonstiges“ (Haushaltsstrom) wird zu 100 % mit Strom versorgt. Damit ergibt sich eine Verteilung nur für Raumheizung und Warmwasser für Holz, Gas und Heizöl mit jeweils ca. 27 %. Fernwärme liegt bei 14 % und Strom bei 9 %. Solarthermie und Wärmepumpen liegen bei jeweils knapp über 2 %.

Abbildung 5.16 zeigt die Verteilung des Strombedarfs der Haushalte. Primäre Stromverbraucher sind Heizung und Warmwasserbereitung mit in Summe 37,7 %. Weitere relevante Verbraucher wären etwa Kühl- und Gefriergeräte (12,2 %), Beleuchtung (8 %), Herd bzw. Backrohr (7,7 %).

Die Analyse des öffentlichen und privaten Dienstleistungssektors durch die Statistik Austria (2011) wird in Abbildung 5.17 dargestellt. Dies ist die erste detaillierte Erhebung, die im Nichtwohngebäudebereich in Österreich bisher durchgeführt wurde. Sie zeigt, dass in diesem Bereich hauptsäch-

lich Strom (38 %), Fernwärme (23 %), Erdgas (20 %) und Heizöl (13 %) als Energiequellen herangezogen werden. Der Gesamtenergiebedarf wurde in dieser Studie mit 121 PJ/Jahr ermittelt. Biomasse macht nur 2,5 % aus. Weitere erneuerbare Energieträger sind nicht angegeben.

Die leitungsgebundenen Energieträger machen damit insgesamt über 80 % des energetischen Endverbrauchs im Dienstleistungssektor aus. Kohle, Diesel, Benzin und Flüssiggas sowie erneuerbare Energieträger und Abfälle spielen mit einem Anteil von 4,2 % hingegen auf gesamtsektoraler Ebene eine eher geringe Rolle. Der Anteil der biogenen Energieträger – dazu zählen Pellets, Hackschnitzel, Holzabfälle, Brennholz und sonstige Biogene Energieträger – beträgt rund 2,5 % (Statistik Austria, 2011).

Abbildung 5.18 zeigt darüber hinaus eine Aufgliederung des Endenergieverbrauchs in spezifischen Anwendungsbereichen. Im Dienstleistungssektor dominiert in der Regel der Energieeinsatz für Raumwärme, gefolgt vom Verbrauch von



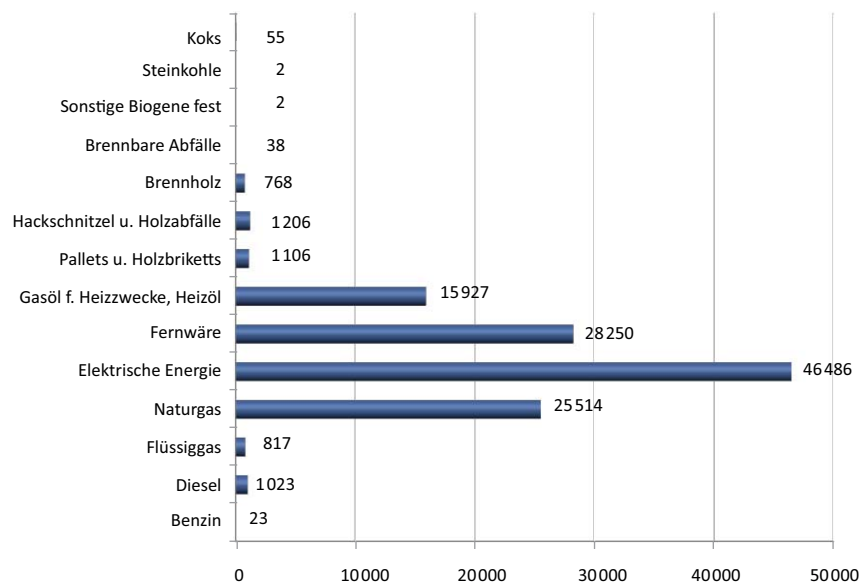


Abbildung 5.17 Endenergieverbrauch des Dienstleistungssektors in TJ/Jahr. Quelle: Statistik Austria (2011)

Figure 5.17 End use energy demand of the commercial sector in TJ/year. Source: Statistik Austria (2011)

elektrischer Energie für Beleuchtung, Klimatisierung, EDV und andere Informations- und Kommunikationstechniken, wie z. B. Kopierer, elektrische Klein-Geräte, wie z. B. Herde und Kühlschränke, und elektrische Großgeräte, wie z. B. Backöfen (Statistik Austria, 2011).

Nicht betrachtet wird im Rahmen des Berichts der verkehrsbedingte Verbrauch und die erzeugte Solar- und Umgebungswärme. Der Verkehr ist in den Energiebilanzen funktional definiert. Sein Verbrauch wird damit einem eigenen „Verkehrssektor“ zugewiesen (Statistik Austria, 2011).

Nach ÖNACE 2008-Abschnitten (Statistik Austria 2014) wurde der Großteil der Energie im Handel (inklusive Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen) (23,4 %), in der Beherbergung und Gastronomie (19,0 %), in der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung (11,3 %) sowie im Gesundheits- und Sozialwesen (9,8 %) konsumiert. Auf der Ebene der ÖNACE-Abteilungen verbrauchten die öffentliche Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung (11,3 %), die Beherbergung (11,6 %), der Einzel- (12,4 %) und Großhandel (8,5 %), das Gesundheitswesen (7,4 %) und die Gastronomie (7,4 %) zusammen fast 60 % der Energie.

Im Hinblick auf die Analyse der Energieverbrauchsstrukturen wurde zudem die Kategorie der „Büros“ gebildet. Bürogebäude prägen heute große Teile unserer Umwelt und so finden sich Bürogebäude in nahezu allen Dienstleistungsbranchen. Die Kategorie der „Büros“ umfasst daher ein breites Spektrum an ÖNACE-Abteilungen. In der Kategorie „Büros“ sind alle Unternehmen berücksichtigt, deren Anzahl von Büroarbeitsplätzen im Vergleich zur Anzahl der Beschäftigten (selbstständig und unselbstständig) mehr als 80 % beträgt und die nicht

der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung und Sozialversicherung, der Beherbergung, dem Einzel- und Großhandel, dem Gesundheitswesen und der Gastronomie angehören. Der Anteil der „Büros“ am Verbrauch im tertiären Sektor beträgt rund 11,2 % (Statistik Austria, 2011).

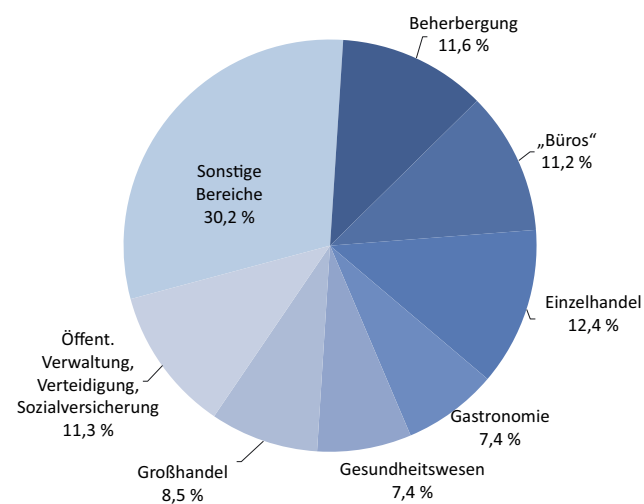
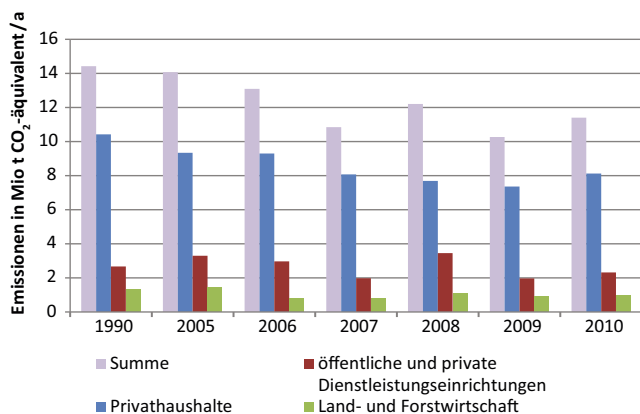


Abbildung 5.18 Anteil ausgewählter Bereiche am Endenergieverbrauch des Dienstleistungssektors in %. Quelle: Statistik Austria (2011)

Figure 5.18 Share of end-use energy demand of the commercial sector in %. Source: Statistik Austria (2011)



**Abbildung 5.19** THG-Emissionen des Sektors Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch in Mt/Jahr CO<sub>2</sub>-Äq. Quelle: Anderl et al. (2009, 2011, 2012)

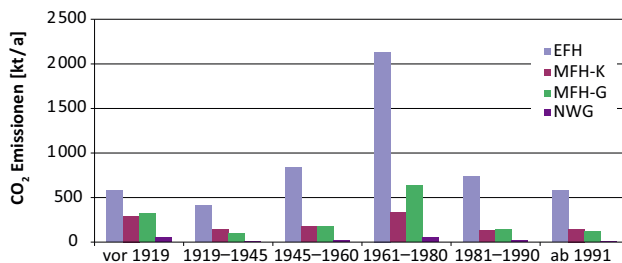
**Figure 5.19** Greenhouse gas emissions of the residential and other sector in million t/year CO<sub>2</sub>-Eq. Source: Anderl et al. (2009, 2011, 2012)

### 5.2.3 THG-Emissionen im Gebäudebereich

Mit ca. 24 Mt/Jahr CO<sub>2</sub> betrug 2010 der Anteil der Haushalte an den CO<sub>2</sub>-Emissionen Österreichs 25 %. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus biogenen Energieträgern bilanzieren gemäß internationaler Konvention CO<sub>2</sub>-neutral, da der Kohlenstoff, der in die Atmosphäre abgegeben wurde, dieser zuvor entnommen wurde. Wird dies berücksichtigt, so reduzieren sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf 16 Mt und der Anteil auf ca. 23 % (Statistik Austria, 2012a). Sie verteilen sich etwa zur Hälfte auf Raumwärme sowie sonstigen Kleinverbrauch und zur anderen Hälfte auf Warmwasserbereitung und den Strombedarf.

Der Sektor „Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch“ des Bereichs „Haushalte“ trägt nach dem Klimaschutzbericht 2011 (Anderl et al., 2011) mit 14 % zu den österreichischen THG-Emissionen bei. Dieser Prozentsatz ist, verglichen mit dem Anteil von 28 % am Endenergiebedarf, vor allem aufgrund der verwendeten CO<sub>2</sub>-emissionsarmen Energieträger (Biomasse und Fernwärme) wesentlich geringer. Eine weitere Ursache dafür ist, dass in der Emissionsdarstellung gemäß Klimaschutzbericht die Emissionen zur Fernwärme- und Stromerzeugung dem Sektor „Energieaufbringung“ zugeordnet wird.

Abbildung 5.19 zeigt die österreichischen THG-Emissionen im Sektor „Raumwärme und sonstiger Kleinverbrauch“ ausgewählter Jahre beginnend mit 1990. Die THG-Emissionen des Sektors zeigen bis 2009 eine fallende Tendenz, was zum einen mit dem stagnierenden Energiebedarf und zum anderen mit dem Energieträgerwechsel von Öl zu Fernwärme sowie erneuerbaren Energieträgern zu erklären ist. Die THG Emissionen lagen 2009 mit 10,3 Mt/Jahr CO<sub>2</sub>-Äq. in



**Abbildung 5.20** CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors „Raumwärme“ in kt/Jahr aufgeschlüsselt nach Gebäudetyp und Baualter (EFH: Einfamilienhaus, MFH-K: Mehrfamilienhaus klein [≤ 10 Wohneinheiten], MFH-G: Mehrfamilienhaus groß [> 10 Wohneinheiten], NWG: Wohnungen in Nichtwohngebäuden). Quelle: Kletzan et al. (2006)

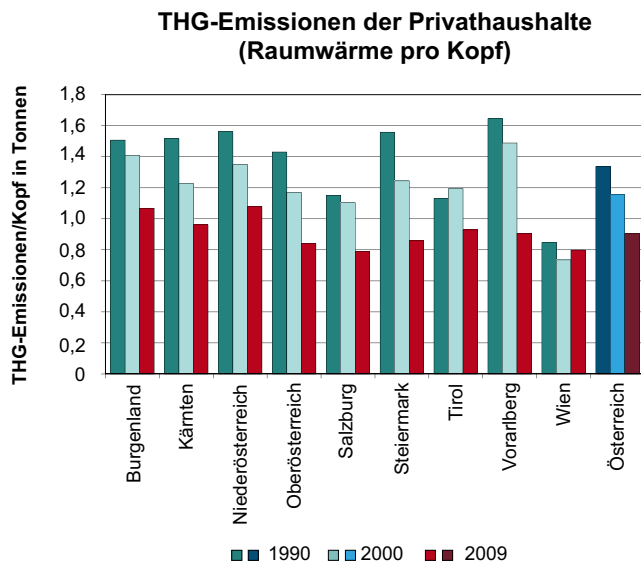
**Figure 5.20** CO<sub>2</sub> emissions of residential space heating in kt/year for building types and building age (EFH: single family house, MFH-K: multifamily building small [≤ 10 flats], MFH-G: multifamily building large [> 10 flats], NWG: flats in non-residential buildings). Source: Kletzan et al. (2006)

etwa im Rahmen der österreichischen Zielvorgaben, die ursprünglich im Kyoto-Protokoll vorgenommen wurden (Lebensministerium 2002: 10,5 Mt/Jahr CO<sub>2</sub>-Äq. für 2010). Im Jahr 2010 ist nach Anstieg des Endenergiebedarfs wieder ein Anstieg der THG-Emissionen gegenüber 2009 auf 11,4 Mt/Jahr CO<sub>2</sub>-Äq. zu verzeichnen. Allerdings sind kurzfristige Jahr-zu-Jahr-Variationen vor allem witterungsbedingt. Steigt die Zahl der Heizgradtage, steigen Energiebedarf und THG-Emissionen. In den Jahren 2009 und 2010 lagen die THG-Emissionen unter den Werten der 2007 angepassten Klimastrategie von 11,9 Mt/Jahr CO<sub>2</sub>-Äq. für 2010 (Lebensministerium, 2007). Ebenfalls im Mittel 11,9 Mt/Jahr CO<sub>2</sub>-Äq. werden im Klimaschutzgesetz (2014) für die Jahre 2008 bis 2012 vorgegeben. Somit wurde im Klimaschutzgesetz der Status Quo fortgeschrieben. Bis 2020 sollen diese Emissionen auf 8,65 Mt/Jahr CO<sub>2</sub>-Äq. fallen.

Deutlich ist in Abbildung 5.20 das Absinken der Emissionen der privaten Haushalte zu sehen, was vor allem auf einen Energieträgerwechsel im Mehrfamilienhausbereich hin zur Fernwärme erklärbar ist. Dieser Bereich verursacht etwa zwei Drittel der THG-Emissionen des gesamten Sektors. Öffentliche und private Dienstleistungen liegen konstant bei etwa einem Viertel der CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Land- und Forstwirtschaft (die in dieser Darstellung auch die land- und forstwirtschaftlichen Maschinen und Geräte inkludiert) liegt konstant bei 9 %.

Im Folgenden wird eine Regionalisierung der Treibhausgas-Emissionen aus dem Bereich Raumwärme durchgeführt.

Die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen bei Einfamilienhäusern aufgrund des geringen Volumen-zu-Oberflächen-



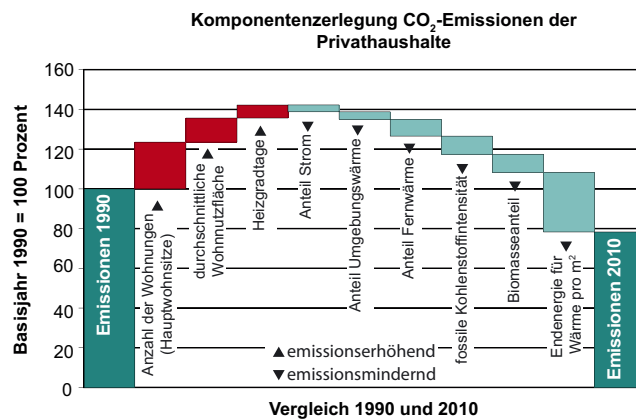
Quelle: UMWELTBUNDESAMT(2011b) umweltbundesamt<sup>®</sup>

**Abbildung 5.21** THG-Emissionen der privaten Haushalte in t/Kopf./Jahr für 1990–2009 aufgeschlüsselt nach Bundesländern. Quelle: Anderl et al. (2012)

**Figure 5.21** CO<sub>2</sub>-eq. emissions of private households in t/person/year from 1990 to 2009 for Austria and the Austrian provinces. Source: Anderl et al. (2012)

Verhältnisses und der spezifisch größeren Wohnungsflächen. Vom Baualter hat die Periode 1961 bis 1980 die höchsten Emissionen, da hier die größte Bauaktivität nach dem Krieg stattgefunden hat. Die höchsten spezifischen und auch absoluten Emissionen haben jedoch Gebäude aus der Bauperiode von 1941 bis 1960, da nach dem 2. Weltkrieg die Priorität auf die möglichst billige Schaffung von möglichst viel Wohnraum gelegt wurde (Kletzan et al., 2006). Aus Abbildung 5.20 wird deutlich, dass der Hauptansatzpunkt für eine Reduktion der THG-Emissionen im Gebäudebereich in der hochwertigen thermischen Sanierung inklusive eines Energieträgerwechsels hin zu erneuerbaren Energie von Einfamilienhäusern, gefolgt von Mehrfamilienhäusern liegt, da diese die höchsten THG-Emissionen aufweisen. Neubauten werden durch die, im Folgenden beschriebenen, aktuellen Baugesetze und Förderbedingungen bereits in Richtung Energieeffizienz und in weiterer Folge zu „Nearly Zero Energy Buildings“ (Nahe Null-Energie Gebäude) errichtet.

In der Bundesländerinventur erfolgt die Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Ebene der Bundesländer. Diese wird jährlich durch das Umweltbundesamt in Kooperation mit den Ämtern der Landesregierungen durchgeführt (Anderl et al., 2011a; 2012a).



Quelle: UMWELTBUNDESAMT(2011b) umweltbundesamt<sup>®</sup>

**Abbildung 5.22** Komponentenzerlegung der Veränderung der THG-Emissionen der Privathaushalte für 1990–2010 in %. Quelle: Anderl et al. (2012)

**Figure 5.22** Factors for the change of the CO<sub>2</sub>-eq. emissions of private households from 1990 to 2010 in %. Source: Anderl et al. (2012)

Die dabei angewandte Methodik orientiert sich an den Standardregeln der internationalen Emissionsberichterstattung, wie z. B. dem Kyoto-Protokoll. Die Bundesländer-Emissionsdaten werden jeweils konform zu den offiziellen Statistiken Österreichs erstellt (z. B. Bundesländer-Energiebilanz) und weisen somit eine hohe Vergleichbarkeit mit der nationalen Inventur auf.

Für den Bereich der Privathaushalte wurde vom Umweltbundesamt die in Abbildung 5.21 gezeigte Emissionsentwicklung ausgewiesen (Anderl et al., 2012).

Die unterschiedlichen Pro-Kopf-Emissionen spiegeln die verschiedenen Strukturen und deren Entwicklung in den einzelnen Bundesländern wider. In Bundesländern mit überwiegend urbanen Strukturen, wie z. B. in Wien, werden durch die kompakte Bauweise trotz eines relativ hohen Einsatzes fossiler Energieträger relativ niedrige Emissionen ausgewiesen.

In den Bundesländern mit vorwiegend ländlicher Struktur lagen die Emissionen 1990 höher, v. a. bedingt durch eine weniger kompakte Bauweise und höhere Nutzflächen pro Kopf. Deutliche Emissionsreduktionen konnten durch eine Steigerung der Gebäudequalität (z. B. in Vorarlberg, Kärnten und der Steiermark) sowie den vermehrten Einsatz erneuerbarer Energieträger (v. a. in Oberösterreich und der Steiermark) erreicht werden (Anderl et al., 2012).

Die wesentlichen Treiber für die insgesamt positive Entwicklung in den letzten beiden Jahrzehnten wurden vom Umweltbundesamt in einer so genannten Komponentenzerlegung ermittelt. Dabei werden die Emissionen im Ausgangs-

und Endjahr (z. B. 1990 und 2010) gegenübergestellt und die wesentlichen emissionserhöhenden und emissionsenkenden Faktoren analysiert. Für den Bereich „Privathaushalte“ (Emissionen durch Raumwärme- und Warmwasseraufbereitung) ist dies in Abbildung 5.22 dargestellt (Anderl et al., 2012).

Wichtigster emissionserhöhender Faktor war der Anstieg der Hauptwohnsitze, gefolgt von dem Anstieg der durchschnittlichen Wohnfläche pro Kopf. Emissionssenkend war insbesondere der sinkende Endenergiebedarf pro Wohnfläche, verursacht durch strengere Standards im Neubau sowie die thermische Sanierung.

#### 5.2.4 Minderung oder THG-Reduktion: Emissionsminderung durch Energieeffizienz und den Einsatz erneuerbarer Energieträger

##### Gesetzliche Rahmenbedingungen und Förderungen

Da der Baubereich gemäß Verfassung Länderangelegenheit ist, gibt es neun unterschiedliche Bauordnungen. Diese waren in der Vergangenheit nicht aufeinander abgestimmt. Mit Beginn des Jahres 2008 wurden jedoch in den meisten Bundesländern die Bauvorschriften in Richtung einer Harmonisierung der bautechnischen Vorschriften novelliert. Grundlage bilden die Arbeiten des Österreichischen Instituts für Bautechnik (OIB), einer Organisation der österreichischen Bundesländer. Das Konzept sieht vor, dass die vereinheitlichten bautechnischen Vorschriften in zwei Ebenen gegliedert sind:

- Die Rechtsvorschriften (Gesetze oder Verordnungen) enthalten nur zielorientierte (funktionale) Anforderungen, die längerfristig Gültigkeit haben und unabhängig von konkreten technischen oder planerischen Lösungen sind.
- Zur Umsetzung dieser gesetzlichen Anforderungen dienen konkrete technische Anforderungen (Leistungsanforderungen oder vorgeschriebene Ausführungen). Diese werden in den vom OIB im Auftrag der Bundesländer erarbeiteten und herausgegebenen Richtlinien festgelegt, auf die wiederum in den Rechtsvorschriften verwiesen wird (Mikulits, 2009). In der Literatur wird dies als „Performance based Approach“ bezeichnet (IRCC, 1998).

Die OIB-Richtlinien sind weitestgehend mit den wesentlichen Anforderungen (ER – Essential Requirements) der Bauproduktenrichtlinie (EU-Richtlinie 89/106 EWG, 1989) kompatibel. Im Gegensatz dazu sind die, für die Nachhaltig-

keitsbetrachtungen relevanten, funktionalen und technischen Qualitäten in Österreich noch nicht einheitlich festgelegt (Passer et al., 2009; Passer et al., 2010).

Planung und Ausführung der Bauwerke, unter Berücksichtigung der funktionalen und technischen Anforderungen der bautechnischen Bestimmungen, können mit Hilfe des Normenwerks, das mit den „Wesentlichen Anforderungen“ der Bauproduktenrichtlinie bzw. in Zukunft mit den Basisanforderungen der Bauproduktenverordnung (BPV) kompatibel ist, durchgeführt werden (Mikulits, 2011; Maydl et al., 2010). Das bedeutet, brauchbare bzw. verwendbare Bauprodukte werden eingebaut, welche die Wechselwirkungen zwischen Bauprodukt, Baukonstruktion und Bauwerk berücksichtigen und die damit verbundenen spezifischen Anforderungen, ergänzt um beschreibende/definierende Leistungsanforderungen der BPV, erfüllen (Passer et al., 2009; Passer et al., 2010).

Im Anhang 1 sind die 2010 gültigen Gesetze und Verordnungen des Bundes und der österreichischen Bundesländer zur Implementierung der EU-Gebäuderichtlinie (EU-Richtlinie 2002/91/EU, 2002), des Energiebedarfs und der Emissionen aufgelistet. Im Folgenden wird die mit EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) abgekürzte Richtlinie genauer dargestellt, da sie eine wichtige Grundlage für die Entwicklung der Baugesetze in Bezug auf Energieeffizienz und THG-Emissionseinsparung darstellt.

##### EU-Gebäuderichtlinie und österreichische Begleitgesetze

Die EPBD, stellt einen verbindlichen ganzheitlichen Ansatz für die gesamte energetische Bewertung von Gebäuden (Wohn- und Nichtwohngebäude) dar und fordert die Festlegung von nationalen Standards für den Neubau und für den Bestandsbereich ab einer Größe von 1000 m<sup>2</sup>. Ein weiterer wichtiger Punkt der Richtlinie beinhaltet die Einführung eines Energieausweises, welcher bei Neubau, Verkauf und Vermietung von Gebäuden bzw. Gebäudeteilen (Nutzungseinheiten) zu erstellen und vorzulegen ist. In öffentlichen Gebäuden müssen diese öffentlich sichtbar ausgehängt werden. Weiters sind regelmäßige Inspektionen von Heizkesseln mit einer Leistung > 20 kW und von Klimaanlage mit einer Leistung > 12 kW vorgeschrieben. Die Auswertung der Umsetzung der Maßnahmen erfolgt durch die EU-Kommission.

Im Mai 2010 wurde eine Neufassung der Richtlinie seitens des Europäischen Parlaments und des Rates veröffentlicht (EU-Richtlinie 2010/31/EU, 2010). Als wesentliche Änderungen sind die verpflichtende Evaluation der Nutzung erneuerbarer Energieträger für alle Gebäude und die Vorgabe,

nach der alle neuen öffentlichen Gebäude ab 2018 sowie alle privaten Gebäude ab 2020 sogenannte „Nearly Zero Energy“ („Nahe Null-Energie“) Gebäude sein müssen, zu nennen. Der Energieausweis muss nun bei Bau, Verkauf oder Vermietung vorgelegt werden. Zudem muss „der Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz Empfehlungen für die kostenoptimale oder kosteneffiziente Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes oder Gebäudeteils enthalten, es sei denn, es gibt kein vernünftiges Potenzial für derartige Verbesserungen gegenüber den geltenden Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz“ (EU- Richtlinie 2010/31/EU, 2010, S. 32, Punkt 2). Kostenoptimal bezieht sich hierbei auf die gesamte Lebensdauer des Gebäudes. Die nähere Definition des Begriffs „Nearly Zero Energy“ obliegt den Mitgliedsländern.

Eine Auswirkung der EPBD auf Österreich ist die Harmonisierung der Bauordnungen der Bundesländer durch das OIB. Richtlinie 6 der Harmonisierung beschäftigt sich mit der Umsetzung der EPBD in Österreich. Für die Berechnung steht ein vereinfachtes Tabellenkalkulationsprogramm zur Verfügung. Parallel dazu wurde ein vereinfachtes Verfahren für Bestandsgebäude (Altbauten) entwickelt. Außerdem wurden Grenzwerte für die Bauordnung, die Gestaltung des Energieausweises, die Bedingungen zur Zertifizierung von Ausstellern des Energieausweises und zur Inspektion von Heizkesseln und Klimaanlage definiert. Auf Bundesebene ist die Umsetzung durch das Bundesgesetz über die Pflicht zur Vorlage eines Energieausweises beim Verkauf und bei der In-Bestand-Gabe von Gebäuden und Nutzungsobjekten durch das Energieausweis-Vorlage-Gesetz (EAVG 2012) geregelt. Nach diesem Gesetz müssen ab 1. Jänner 2008 die Energieausweise ausgestellt werden. Ausgenommen hiervon sind Gebäude, bei denen KäuferIn und VerkäuferIn übereinkommen, dass sie keinen Energieausweis benötigen. In diesem Fall wird eine dem Alter und der Art des Gebäudes entsprechende Gesamtenergieeffizienz als vereinbart angenommen.

Die OIB-Richtlinie ist in 8 von 9 Bundesländern in die Landesgesetze übernommen worden. Mit 2011 wurde die OIB-Richtlinie 6 einer Revision unterzogen, welche über Kennzahlen die Einbeziehung des Primärenergiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Energieausweis regelt.

Das EAVG wurde 2012 novelliert (EAVG 2012), den Erfordernissen der EU-Richtlinie angepasst und ist mit 1. Dezember 2012 in Kraft getreten.

Grenzwerte werden derzeit für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) (Tabelle A2-1, Anhang 2), den Heizwärmebedarf (HWB) (Nutzenenergie) in Abhängigkeit des Verhältnisses von Volumen zum Oberflächenverhältnis der Gebäude und des Kühlbedarf (Nutzenenergie) sowie den Heizenergiebedarf (Endenergie) vorgeschrieben. Für den Kühlbe-

darf (Nutzenenergie) muss für Wohn- und Nichtwohngebäude der sommerliche Überwärmeschutz nach ÖNORM B 8110 Teil 3 nachgewiesen werden. Dies gilt auch für die umfassende Sanierung von Wohngebäuden. Alternativ dazu kann in Nichtwohngebäuden ein spezifischer Kühlenergiebedarf von 1 kWh/m<sup>3</sup>/Jahr im Neubau und 2 kWh/m<sup>3</sup>/Jahr bei Renovierung nachgewiesen werden (OIB Richtlinie 6, 2011). De Facto müssen somit alle Gebäude in Österreich so gebaut werden, dass praktisch kein Kühlbedarf auftritt. Damit hat Österreich für den Kühlbedarf eine der strengsten Bestimmungen im EU-Raum.

Im Energieausweis selbst werden der Heizwärmebedarf, der Primärenergiebedarf, die CO<sub>2</sub>-Emissionen und ein Gesamtenergie-Effizienzfaktor der Gebäudetechnik jeweils für das Standortklima angegeben und in den Bewertungsklassen von A++ bis G eingeordnet. Zudem werden auf einer zweiten Seite einige weitere energetische Kennzahlen aufgeführt. Für den Primärenergiefaktor kommen Umrechnungswerte nach Tabelle A2.2 zur Anwendung. Tabelle A2.3 zeigt die der Klasseinteilung zugrundeliegenden Werte.

Die komplette Umsetzung der EPBD, mit der Vorlage des Energieausweises vor Errichtung des Gebäudes, wird zu einer genaueren Planung der Gebäude führen, da bereits viele technische Details der Haustechnik in der Planung festgelegt werden müssen und eine intensive Beschäftigung mit dem gesamten Gebäude stattfinden muss. Zudem sollen die Energieausweise in der österreichischen Grundstücksdatenbank hinterlegt werden, sodass man beim Kauf eines Gebäudes auf diese zurückgreifen kann. Damit soll die Bewertung des Gebäudes anhand des Energiebedarfs erleichtert werden.

### Mietrechtsgesetz, Wohnungseigentumsgesetz und Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz

Wie in Abschnitt 5.2.1 gezeigt, liegt das größte Potenzial der Reduktion von THG-Emissionen im Gebäudebereich, konkret in der Sanierung von Gebäuden. Dabei spielen auch andere Gesetzesmaterien, wie z. B. das Mietrechtsgesetz, das Wohnungseigentumsgesetz und das Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz, eine wichtige Rolle. In diesen ist festgelegt, unter welchen Umständen (Anzahl der Beteiligten MieterInnen/ EigentümerInnen, die einer Sanierung zustimmen müssen, Auflösung von bereits vorhandenen oder zukünftigen Rücklagen) eine thermische Sanierung von Wohngebäuden, die unter diese Gesetze fallen, stattfinden kann bzw. inwieweit z. B. eine Mieterhöhung aufgrund der thermischen Sanierung gerechtfertigt ist. Diese Gesetzesmaterien könnten sicherlich in Hinblick auf eine Erhöhung der hochwertigen Sanierungsrate überarbeitet

werden. Da diese Gesetze primär Mehrfamilienhäuser betreffen, wird die Auswirkung der Gesetzesänderung auf den Treibhauseffekt aber nicht allzu hoch sein (Köppl, 2001).

### Möglichkeiten von Förderungen

Die Wohnbauförderung ist ein über die Bauordnung hinausgehendes Lenkungselement für energieeffizientes Bauen und die Nutzung erneuerbarer Energieträger. Seit 1988 haben die Bundesländer die Hoheit über die Gelder.

In den letzten Jahren wurde der Zielhorizont der Wohnbaufördersysteme schrittweise um die Themen Bauökologie, Barrierefreiheit und Sicherheit erweitert (Amann, 2004). Der Anteil der Mittel zur Wohnbausanierung stagniert in den letzten 10 Jahren bei etwa 25 %. Seit 2006 sind für die Wohnbauförderung einheitliche Mindest-Grenzwerte für den Heizwärmebedarf bei Neubau und Sanierung in den österreichischen Bundesländern mittels §15a „Vereinbarungen“ festgelegt. 2012 wurden diese Grenzwerte neuerlich verschärft (BGBI, 2009: Art. 15a B-VG, siehe Anhang 2). Zudem wurden Grenzwerte für den Neubau und die Sanierung von öffentlichen Gebäuden festgelegt, sodass Neubauten praktisch im Passivhausstandard errichtet werden müssen. Darüber hinaus werden Mindest-U-Werte für Bauteile definiert (siehe Anhang 2). Es steht den Bundesländern jedoch frei, über die Mindestwerte hinaus Anforderungen festzulegen.

Die folgend angeführte Reduktion des HWB und der CO<sub>2</sub>-Emissionen können dem Instrument der Wohnbauförderung zugerechnet werden. Der HWB im Wohnungsneubau betrug im Durchschnitt 28,8 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr im Jahr 2011. Für das Jahr 2006 betrug der Wert noch 42 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr. Der HWB nach gesamthafter thermisch-energetischer Sanierung von Wohnbauten erreichte 2011 einen durchschnittlichen Wert von 48,8 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr. 2006 lag HWB nach Sanierung noch bei rund 67 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr.

Durch Wohnbauförderungsmaßnahmen der Länder konnten im Jahr 2011 Emissionseinsparungen im Ausmaß von rund 313 000 t CO<sub>2</sub> angestoßen werden. Die Einsparung ist damit um 29 % niedriger als die für 2010 ermittelte (rund 441 000 t CO<sub>2</sub>). Von den 2011 ausgelösten CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionen entfielen 89 % (280 000 t) auf geförderte Maßnahmen im Bereich thermisch-energetischer Sanierungen (Gebäudehüllensanierungen und Heizungserneuerung bzw. Heizungstausch). Die über die Wohnbauförderung abgewickelte Sanierungsrate beträgt im Mittel von 2006 bis 2011 etwa 1 %/Jahr (tatsächlich sanierte Bruttogeschossfläche (BGF)/Einwohner versus verfügbare BGF/Einwohner) (Lebensministerium, 2013).

„Neben den sozialen Aufgaben der Wohnbauförderung ist die Umsetzung von Umweltmaßnahmen, insbesondere die Fokussierung auf Klimaschutz im Neubau und der Sanierung, eine wesentliche Aufgabe. Um dieser Aufgabe künftig in verstärktem Ausmaß im Sinne dieser Vereinbarung gerecht werden zu können, ist es von wesentlicher Bedeutung, dass die Vertragsparteien adäquate Mittel für Zwecke der Wohnbauförderung sicherstellen, wobei der Sanierung eine besondere Bedeutung zukommt. Im Rahmen dieser Vereinbarung wird auch Rücksicht auf die Bereiche der Luftreinhaltung genommen, die von Maßnahmen zur Reduktion des Ausstoßes von Treibhausgasen beeinflusst werden“ (BGBI, 2009: Art. 15a B-VG).

### Technische Entwicklungen der Gebäudeenergieeffizienz

Für die folgenden Ausführungen wurden mehrere österreichische Studien der letzten 5 Jahre ausgewertet (Schriefl, 2007; Bliem et al, 2011; Müller et al., 2010; Christian, 2011; Streicher et al., 2010; Anderl et al., 2011; Köppl et al., 2011).

#### Neubau

Die technische Entwicklung von Baustoffen und Bauteilen in Bezug auf Energieeffizienz erfährt seit der Energiekrise von 1980 einen enormen Aufschwung. Waren etwa 1980 noch 2-Scheiben-Verglasungen mit Luftfüllung und einem U-Wert von 2,5 W/m<sup>2</sup>/K Standard, so sind es heute 2-Scheiben-Verglasungen mit einem U-Wert von 1,1 W/m<sup>2</sup>/K. Selbst 3-Scheiben-Verglasungen mit einem U-Wert unter 0,6 W/m<sup>2</sup>/K sind nicht mehr wesentlich teurer. Ähnlich entwickelten sich die Wärmedämmsysteme. So sind heute einlagige Dämmstärken von 20–30 cm kostengünstig erhältlich und der Mehrpreis gegenüber Dämmstärken nach Bauordnung gering (U-Wert 0,35 W/m<sup>2</sup>/K entspricht z. B. einer reinen Wärmedämmstärke von 10 cm). Im Neubau können heute U-Werte der Außenwände von 0,15–0,1 W/m<sup>2</sup>/K problemlos erreicht werden. Tabelle 5.4 zeigt den zeitlichen Verlauf der U-Werte von Außenbauteilen von 1919 bis 1991. Ähnliche Werte findet man im OIB-Leitfaden, 2007.

Zudem wurden viele Baudetails zur Vermeidung von Wärmebrücken und zur Erhaltung der Luftdichtheit von Gebäuden entwickelt. Durch die Luftdichtheit werden zusätzliche Wärmeverluste durch Infiltration von Außenluft vermieden. Die Lüftung in den Gebäuden muss nun aber kontrolliert – entweder über Fensterlüftung oder besser über eine mechanische Lüftungsanlage – erreicht werden.

Die Bauordnungen und Wohnbauförderungen passen sich mit einem gewissen Zeitverzug an diese Technologieentwick-

**Tabelle 5.4** Entwicklung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte in  $W/m^2/K$ ) verschiedener Bauteile nach Bauperioden, Wohngebäude in Österreich. Quellen: Schriefl (2007), Werte für 2007 aus: OIB Richtlinie 6, 2007 und 2011

**Table 5.4** Development of the heat transfer coefficients (U-values in  $W/m^2/K$ ) for various building components for different periods of time in Austria. Source: Schriefl, 2007, values of 2007 from: OIB guideline 6, 2007 und 2011

Bauperiode	U-Werte in $W/m^2K$				
	Oberste Geschoßdecke	Außenwand	Fenster	Türen	Kellerdecke/Fußboden
vor 1919	1,1	1	3,1	2,5	1,5
1919–1944	1,2	1,2	3,2	2,2	1,4
1945–1960	1,2	1,35	3,3	2	1,1
1961–1970	1,2	1,25	3	1,8	1,1
1971–1980	0,3	0,7	2,2	1,7	0,9
1981–1990	0,3	0,6	1,9	1,6	0,63
1991–2007	0,25	0,45	1,7	1,6	0,6
2007–	0,2	0,35	1,7	1,7	0,4

**Tabelle 5.5** Heutige und Annahmen über zukünftige Neubauraten sowie Heizwärme- und Kühlenergiebedarf in verschiedenen Studien. Eigene Zusammenstellung

**Table 5.5** Today's and predicted rate of new buildings per year as well as space heating and cooling energy demand of various studies. Compiled by the author

Studie	bis 2010		2010–2030		2030–2050	
	Rate (%/a)	Rate (%/a)	Spezifischer Energiebedarf ( $kWh/m^2 a$ )	Rate (%/a)	Spezifischer Energiebedarf ( $kWh/m^2 a$ )	
<b>Bliem et al., 2011</b>						
Wohngebäude		0,5		0,5		
Dienstleistung		1,7		1,7		
<b>Müller et al., 2010</b>						
Wohn- und Nichtwohngebäude	1	0,2–1		0,1		
HWB			30		10	
<b>Christian, 2011<sup>1</sup></b>						
Pragmatisch						
HWB: EFH+MFH		0,86	40	0,74	25	
WWB: EFH+MFH				0		
HWB: Dienstleistung		0,67	70	0,67	40	
Forciert HWB: Dienstleistung		0,33	30	0,33	10	
<b>Streicher et al., 2010</b>						
Wachstum		0,8		0,8		
Konstant		0,0		0,0		
HWB: EFH			20		20	
HWB: MFH klein			15		15	
HWB: MFH groß			10		10	
KB: EFH			1		1	
KB: Dienstleistung			40/30		40/30	
WWWB: Wohngebäude			17/13		17/13	
WWWB: Dienstleistung			6/4		6/4	
Strombedarf ohne Haustechnik						
Wachstum		0,0		0,0		
Konstant		0,26		0,26		
<b>Anderl et al., 2011</b>			-5 bis -10	-	-	

<sup>1</sup> Bei Christian (2011) von 2010–2020 und von 2020–2050

HWB: Heizwärmebedarf, KB: Kühlbedarf, WWWB: Warmwasserwärmebedarf, EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus, klein:  $\leq 10$  Wohneinheiten

**Tabelle 5.6** Heutige und Annahmen über zukünftige Sanierungsraten und Sanierungsgüte in verschiedenen Studien. Eigene Zusammenstellung  
**Table 5.6** Today's and predicted rate renovation per year and quality of renovation of various studies. Compiled by the author

Studie	Bis 2010		2010–2030		2030–2050	
	Rate (%/a)	HWB Güte (kWh/m <sup>2</sup> a)	Rate (%/a)	HWB Güte (kWh/m <sup>2</sup> a)	Rate (%/a)	HWB Güte (kWh/m <sup>2</sup> a)
Schriefl 2007	Ca. 1	k.A.	1–7 <sup>1</sup>		1–7 <sup>1</sup>	
Müller et al., 2010 Wohn- und Nichtwohngebäude <sup>2</sup>	1,5		1–4	20–30	1–4	10–15
Bliem et al. 2011						
Christian, 2011						
Pragmatisch			1,0–1,5	40–70	1,5	40
Forciert			1,33–3	40	2–3	15
Streicher et al., 2010	Ca.1	k.A.				
Szenario konstant			3	70	1	40
Szenario Wachstum			3	70	1	40
Anderl et al., 2011	0,7		1,6–1,8			

<sup>1</sup> Je nach Szenario und ausgetauschtem Teil

<sup>2</sup> Gegliedert nach Altersklassen mit einem Kohortenmodell

**Tabelle 5.7** Annahmen über aktuelle und zukünftige Jahresnutzungsgrade verschiedener Wärmeerzeuger mit Warmwasserbereitung. Eigene Zusammenstellung  
**Table 5.7** Estimated today's and predicted seasonal efficiencies of various heat producers for domestic hot water and space heating. Compiled by the author

**Table 5.7** Estimated today's and predicted seasonal efficiencies of various heat producers for domestic hot water and space heating. Compiled by the author

	Jahresnutzungsgradentwicklung von 2000/2050		
	Streicher et al. 2010	Schriefl 2007	Müller et al. 2010
Elektro Direktheizung	1,0/1,0	0,95/0,96	
Ölheizung (Brennwert)	0,80/0,95	0,89/0,92	0,89/0,90
Gas-Etagenheizung		0,92/0,94	
Gas Zentralheizung	0,85/0,95 <sup>1</sup>	0,94/0,95	0,80/0,82
Gas Brennwertkessel		1,04/1,05	0,92/0,93
Scheitholzessel		0,85/0,87	
Hackschnitzelkessel	0,68/0,81 <sup>2</sup>	0,87/0,89	
Pelletsessel		0,88/0,90	
Kohleheizung			0,7/0,72
Wärmepumpe Heizen (COP)	3,14/4,0 <sup>3</sup>		
Luft/Luft			
Luft/Wasser		3,0/3,6	3,0/4,0–4,4 <sup>4</sup>
Wasser/Wasser		4,3/4,9	4,0/5,2–5,5
Erdreich/Wasser		3,9/4,7	4,2/5,0 <sup>4</sup>
Wärmepumpe Kühlen	2,14/3,0		

<sup>1</sup> Als Mittelwert über alle Gaskessel

<sup>2</sup> Als Mittelwert über alle Biomassekessel

<sup>3</sup> Als Mittelwert über alle Wärmepumpen

<sup>4</sup> Für Luft Wasser Wärmepumpen bei L2W35 und für Erdreich Wasser Wärmepumpen bei S0W35

lung an. So ist gewährleistet, dass die geforderten Produkte auch ausreichend am Markt verfügbar sind und es ist mit einer weiteren Herabsetzung der U-Werte für Neubauten und Sanierung zu rechnen (sehr wahrscheinlich).

Tabelle 5.5 zeigt die Annahmen verschiedener österreichischer Studien für die zukünftigen Neubauraten und den spezifischen Nutzenergiebedarf für Heizen (HWB) und Kühlen (KB) sowie den Energiebedarf für die Warmwasserbereitung

(WWWB). Die angenommenen Neubauraten schwanken zwischen 0 und 1,7 %/Jahr. Der HWB für neue Gebäude wird teils wenig ambitioniert mit 40–70 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr angegeben, was bereits der heutigen Bauordnung entspricht, und teils mit Werten nahe den Passivhausvorgaben mit 15 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr angenommen.



**Tabelle 5.8** Verschiedene Szenarien des Gesamtenergiebedarfs im Gebäudebereich bis 2050. Eigene Zusammenstellung**Table 5.8** Various scenarios of the end-use energy demand of the building sector until 2050. Compiled by the author

Studie	Private Haushalte	Dienstleistungen	Summe	Reduktion Summe
	PJ/a	PJ/a	PJ/a	%
Startwert 2010	287	122	409	
Schriefl 2007 <sup>1</sup>	250		140–240	4–44
Müller et al., 2010 <sup>2</sup>	120	64	178	50
Bliem et al. 2011	105	78	183	55
Christian, 2011	Pragmatisch	101	248	38
	Forciert	62	109	73
Streicher et al. 2010	Szenario konstant		211	52
	Szenario Wachstum		240	41
Köppl et al. 2011 <sup>3</sup>			167	59

<sup>1</sup> Bis 2020, nur Raumheizung und Warmwasserbereitung bei Privaten Haushalten

<sup>2</sup> Bis 2050, nur Raumheizung und Warmwasserbereitung, Startwert 2010 360 PJ

<sup>3</sup> Bis 2020, nur Raumheizung und Warmwasserbereitung bei Private und Öffentliche Dienstleistungen, je nach Szenario, Summe aller Wedges

## Gebäudesanierung

Die Gebäudesanierung kann über mehrere Mechanismen erfolgen:

- Sanierung unter Beibehaltung der Gebäudesubstanz
- Sanierung unter Veränderung der Gebäudesubstanz
- Abriss und Neubau

Während in den betrachteten Studien zwischen den ersten beiden Punkten nicht unterschieden wird, wird die Abrissrate zwischen 0,20–0,33 %/Jahr (Christian, 2011), 0,4 %/Jahr pauschal (Streicher et al., 2010) sowie 0,87 %/Jahr für Gebäude welche vor 1919 errichtet wurden und 0,12 %/Jahr für Gebäude mit einem Baujahr nach 1971 (Schriefl, 2007) angenommen (Tabelle 5.6).

Technologisch gilt für die Gebäudesanierung ähnliches wie für den Neubau. Es existiert eine Vielzahl von technischen Möglichkeiten, die laufend weiter ausgebaut werden. Allerdings mangelt es an günstigen Sanierungslösungen, bei denen die BewohnerInnen während der Sanierung in den Gebäuden verbleiben können, und oftmals an Anbietern von Sanierungs-Gesamtlösungen inklusive Förderungsabwicklung. Einige Demonstrationsprojekte zeigen jedoch erfolgversprechende Ansätze, sodass in Zukunft mit einer verstärkten Industrialisierung in diesem Bereich zu rechnen ist (wahrscheinlich).

## Effizienz der Gebäudetechnik

Auch bei der Gebäudetechnik ist aufgrund der technischen Möglichkeiten eine gewisse Effizienzsteigerung der Einzel-

komponenten zu erwarten und in Bezug auf das Gesamtsystem machbar (Tabelle 5.7). In der Realität werden allerdings oft immer komplexere Systeme eingesetzt, die aufgrund der vielen Freiheitsgrade selten optimal eingestellt und nicht gewartet werden. Damit steigt die Effizienz der Gebäudetechnik derzeit eher nicht. In Zukunft ist vor allem im Bereich der Wärmepumpen mit einer Erhöhung der Effizienz zu rechnen. Die anderen Wärmeerzeuger haben bereits einen Wirkungsgrad nahe 100 %. Allerdings zwingen die in der OIB Richtlinie 6 (2011) vorgegebenen Grenzwerte und die Prüfung, ob erneuerbare Energieträger einsetzbar sind, die PlanerInnen zum Überdenken der Gebäudetechnikkonzepte. Bei der Beleuchtung ist davon auszugehen, dass sich die LED-Technologie verstärkt durchsetzen wird, was zu einer weiteren Reduktion des Energiebedarfs für Beleuchtung führen wird (sehr wahrscheinlich).

## Gesamtenergiebedarf im Gebäudebereich

Der Gesamtenergiebedarf für den Gebäudebereich bis 2050 wird von verschiedenen Studien folgendermaßen prognostiziert (Tabelle 5.8):

Übereinstimmend wird in allen Studien eine starke Reduktion des Energiebedarfs im Gebäudebereich unterstellt.

## Einsatz erneuerbarer Energieträger im Gebäudebereich

Erneuerbare Energieträger können im Gebäudebereich vielfältig – etwa zum Heizen und zur Stromerzeugung – eingesetzt

**Tabelle 5.9** Szenario-Ergebnisse zur Nutzung erneuerbarer Energieträger des Gebäudebereichs 2050. Eigene Zusammenstellung**Table 5.9** Results of renewable energy scenarios for the building sector for 2050. Compiled by the author

Studie	Biomasse/Bio- gas/Fernwärme	Solarthermie	Wärmepumpe	Strom erneuerbar	Summe
Angaben in % des Endenergiebedarfs					
Startwert 2010	23,8	1,5	1,6		26,9
Müller et al., 2010 (Basisszenario) <sup>4</sup>	41	13	13	nn	67
Bliem et al. 2011	26,2	0?	25,4	42,3	93,9
Christian, 2011 <sup>3</sup>					
Pragmatisch	44,9	7,5	6,6	30,6	89,5
Forciert	45,5	6,3	5,6	34	91,4
Streicher et al. 2010					
Szenario konstant	18,5	23,2	23,2	35,0	100
Szenario Wachstum	5,4	28,9	28,4	39,2	100
Energiestrategie Österreich 2010 <sup>1</sup>					32
Köppl et al. 2011 <sup>2</sup>					ca. 25

<sup>1</sup> Bis 2020<sup>2</sup> Bis 2020, nur Raumheizung und Warmwasserbereitung bei Private und Öffentliche Dienstleistungen, je nach Szenario, Summe aller Wedges<sup>3</sup> Eigene Berechnungen aus Christian 2011<sup>4</sup> Bis 2050, nur Raumheizung und Warmwasserbereitung

werden. Bei der Analyse der zur Verfügung stehenden Potenziale muss jedoch das gesamte Energiesystem mit Mobilität, Gewerbe und Industrie sowie Gebäuden betrachtet werden. Eine isolierte Betrachtung des Gebäudesektors, ohne Analyse der Wechselwirkungen, könnte zu hohe Potenziale erneuerbarer Energieträger für den Gebäudebereich ergeben.

Für die Abschätzung der Nutzung erneuerbarer Energieträger für Österreich im Jahr 2050 sind verschiedene Studien vorhanden. Einige davon (Bliem et al., 2011; Christian, 2011; Streicher et al., 2010) betrachten das gesamte Energiesystem und gehen von der Prämisse einer möglichst vollständigen Energieversorgung Österreichs durch erneuerbare Energieträger aus. Müller et al. (2010) beschränken sich auf den Heizwärmebedarf von Gebäuden zur Raumheizung und Warmwasserbereitung, Köppl et al. (2011) beschreiben mögliche oder voraussichtliche Entwicklungen bis 2020. Ergebnisse des Anteils von erneuerbaren Energieträgern an der Deckung des Energiebedarfs sind in Tabelle 5.9 angeführt.

Bei den Studien, die bis zur Mitte des Jahrhunderts eine weitgehende Decarbonisierung des Sektors unterstellen, sind die Ergebnisse für den Gebäudebereich zum Teil ähnlich:

- Biomasse behält in den Studien von Bliem et al. (2011) und Streicher et al. (2010) in etwa ihren momentanen Stellenwert bzw. wird bei wachsendem Bedarf verstärkt für andere Sektoren genutzt und verliert daher im Gebäudebereich an Gewicht. Christian (2011) stellt hier eine

Ausnahme dar, da in dieser Studie um 100 PJ mehr Biomassepotenzial konstatiert wird.

- Da Müller et al. (2010) nur den Wärmebedarf im Gebäudebereich betrachten, hat die Biomasse ebenfalls eine übermäßig große Rolle, da die anderen Sektoren nicht berücksichtigt werden.
- Die Nutzung von Solarthermie und Wärmepumpen nimmt bei Bliem et al. (2011) und Streicher et al. (2010) stark zu. Bei Christian (2011) fällt dieser Anstieg wiederum wesentlich geringer aus, da seinen Berechnungen zu Folge mehr Biomasse zur Verfügung steht.
- Strom aus erneuerbaren Energieträgern spielt als Antrieb für Wärmepumpen und für den Haushaltsstrombedarf die größte Rolle.

Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudebereich gibt es zwei Studien (Energiestrategie Österreich: BMFLUW und BMW-FJ, 2010; Köppl et al., 2011) mit Szenarien nur bis zum Jahr 2020. Die Emissionsreduktion wird mit 34 (Energiestrategie Österreich) bzw. 64 % (Köppl et al., 2011) gegenüber dem Startwert von 2009 angegeben. Die Studien mit einer Annahme einer möglichst hohen Deckung des Energiebedarfs mit erneuerbaren Energieträgern bis 2050 weisen naturgemäß keine THG-Emissionen aus, da nur erneuerbare Energieträger, auch für die Erzeugung der Rohstoffe und für den Energietransport, eingesetzt werden. Tabelle 5.10 fasst die Ergebnisse der betrachteten Studien zusammen. Alle Studien zeigen eine

**Tabelle 5.10** Szenario-Ergebnisse zu den THG-Emissionen des Gebäudebereichs bis 2050 in Mt CO<sub>2</sub>-Äq. Eigene Zusammenstellung**Table 5.10** Results of greenhouse gas emissions of renewable energy scenarios for the building sector for 2050 in Mt CO<sub>2</sub>-eq. Compiled by the author

Studie	2005	2009	2020	2050
Startwert 2010	12	11,3		
Müller et al., 2010		19 <sup>2</sup>	9,4	4,3
Bliem et al. 2011				
Christian, 2011 Pragmatisch Forciert		Keine Angaben, CO <sub>2</sub> nicht behandelt		
Streicher et al. 2010 Szenario konstant Szenario Wachstum				Keine Emissionen, da 100 % Erneuerbar
Energiestrategie Österreich <sup>1</sup> (BMWFLU und BMWFJ, 2010)			7,5	
Köppl et al. 2011 <sup>1</sup>		9	4,0	

<sup>1</sup> Bis 2020, nur Raumheizung und Warmwasserbereitung bei „Private und Öffentliche Dienstleistungen“, je nach Szenario, Summe aller Wedges<sup>2</sup> Der Wert von 19 Mio t CO<sub>2</sub>-äquivalent Emissionen erscheint unrealistisch hoch und wird in Müller et al. 2010 auch nicht weiter ausgeführt.

starke Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudebereichs für 2050 (sehr wahrscheinlich).

Als Portfolio zur Erreichung der Reduktion der CO<sub>2</sub>-Äq.-Emissionen im Gebäudebereich werden in der Literatur und in den meisten Förderregimen des Bundes (Sanierungsscheck, Karner und Schleicher, 2010) bzw. der Länder (Wohnbauförderung, Art. 15a B-VG, BGBl, 2009) verschiedene Maßnahmen vorgeschlagen bzw. gefördert:

- Thermische Gebäudesanierung von bestehenden Gebäuden: der Anteil an der THG-Emissionen-Einsparung am gesamten Portfolio beträgt zwischen 37 % bis 2020 (Köppl et al, 2011) und 58 % bis 2050 (Streicher et al., 2010).
- Austausch der Heizungsanlage und Wechsel auf erneuerbare Energieträger und fallweise Gas-Brennwert-Geräte: der Anteil an der THG-Emissionen-Einsparung am gesamten Portfolio beträgt zwischen 19 % bis 2050 (Streicher et al., 2010) und 46 % bis 2020 (Köppl et al., 2011). Bei der Betrachtung bis 2050 wurden bereits wesentlich mehr Gebäude thermisch saniert, was den Energiebedarf generell stark senkt und somit die Art und Güte der Wärmeerzeugung geringeren Einfluss hat.
- Einsatz von Solarthermie zur Wärmeversorgung: der Anteil an der THG-Emissionen-Einsparung am gesamten Portfolio beträgt zwischen 8 % bis 2020 (Köppl et al., 2011) und 14 % bis 2050 (Streicher et al., 2010).
- Neubau der Gebäude als Niedrigstenergie- oder Passivhausstandard: der Anteil an der THG-Emissionen-Ein-

sparung am gesamten Portfolio beträgt zwischen 8 % bis 2050 (Streicher et al., 2010) und 9 % bis 2020 (Köppl et al., 2011). Durch die bereits recht strengen Baugesetze und der geringen Neubaurate ist dieser Anteil eher gering.

- Energieeffiziente Haushaltsgeräte: hier findet sich eine große Bandbreite der Aussagen in den Studien. Schlussendlich muss die Frage geklärt werden, ob die derzeitige Zunahme des Strombedarfs (siehe Abbildung 5.15) durch effiziente Geräte in eine Abnahme des Strombedarfs umgekehrt werden kann. Köppl et al., (2011) nehmen an, dass sich Effizienzerhöhung und Steigerung des Bedarfs die Waage halten werden, in Streicher et al. (2010) wird eine starke Abnahme des Strombedarfs angenommen.

### Studien mit reinem Gebäudebezug

Die meisten Studien mit reinem Gebäudebezug kommen zu ähnlichen Energiebedarfs und CO<sub>2</sub>-Emissionsszenarien im Gebäudebereich wie die Studien betreffend das Gesamte Energiesystem (z. B. Gobiet et al., 2009). Allerdings wird, ähnlich wie bei Müller et al. (2010), auch hier der Anteil der Biomasse an der Wärmeerzeugung höher geschätzt, als in den Studien, die das gesamte Energiesystem betrachten.

In wenigen Studien wird die graue Energie von Gebäuden sowie die damit verbundenen THG-Emissionen mit dem Energiebedarf bzw. den THG-Emissionen verglichen. Holzer und Hofstätter (2011) kommen für Niedrigenergie- und Passivhaus-Einfamilienhäuser, betrieben mit Pelletsheizung oder Wärmepumpe, auf etwa 20 Jahre Betriebszeit, bis die Betrieb-

emissionen die Emissionen beim Bau des Hauses überschreiten (abhängig von den verwendeten Baustoffen).

Graubner und Knauff (2008) kommen zum Schluss, dass das Treibhauspotenzial von Errichtung und Erneuerung von Einfamilienhaus-Energiesparhäusern über 80 Jahre Lebensdauer sogar höher sind, als die Betriebsemissionen. Als Wärmeerzeuger wurde hier ein Gas-Brennwertkessel und solare Warmwasserbereitung angenommen.

Um diese Unsicherheiten in Zukunft zu reduzieren, wird in Österreich derzeit an der Umsetzung der EU-Bauproduktenrichtlinie (89/106/EWG: EWG, 1989) gearbeitet, um die Baustoffe auch hinsichtlich des Treibhauspotenzials bewerten zu können (z. B. OIB, 2013). Hierbei wird der Energieverbrauch und die Emissionen (Treibhausgase, Versauerungspotenzial) von der Erzeugung bis zur Entsorgung, also über den gesamten Lebensweg der Baustoffe, betrachtet. Im englischen Sprachgebrauch spricht man hierbei von einer „Life Cycle Analysis“.

### Kosten und Nutzen für die THG-Reduktion im Gebäudebereich

Über die Kosten und sonstigen ökonomischen Auswirkungen, die im Gebäudebereich bei einer Reduktion der THG-Emissionen entstehen, gibt es einige Abschätzungen. Die Energiestrategie Österreich (BMFLUW und BMWFJ, 2010) geht von einem Investitionseinsatz von 2,6 Mrd. €/Jahr zur Erreichung einer 3 %-igen Sanierungsrate für Wohngebäude bis 2020 aus. Der damit ausgelöste Bruttoproduktionswert beträgt rund 4 Mrd. €/Jahr. Der Fördermitteleinsatz zur Erreichung dieser Investition wird mit ca. 1 Mrd. €/Jahr angegeben. Für Nichtwohngebäude, würden bei einer Sanierungsrate von 3 % noch einmal circa 400 Mio. €/Jahr dazukommen. Mit diesem Aufwand könnten bis 2020 ca. 4,1 Mt/Jahr THG-Emissionen und ca. 1,33 Mrd. €/Jahr an Energiekosten eingespart werden. Darüber hinaus könnten somit etwa 37 000 neue Arbeitsplätze geschaffen werden. Damit ergeben sich bei einer Laufzeit über 10 Jahre ca. 14 Mrd. € an Fördermitteleinsatz und ca. 3 400 €/t/Jahr dauerhafte Emissionseinsparung.

Köppl et al. (2011) gehen bei einem mittleren Investitionseinsatz von 4,7 Mrd. €/Jahr von 2009 bis 2020 von einer Reduktion von 3,2 Mt/Jahr CO<sub>2</sub> für das Jahr 2020 gegenüber einem Referenzszenario an. Hierbei wird von einer Steigerung der Sanierungsrate bis 5 %/Jahr bis 2020 und einer Sanierung auf 50 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr Heizwärmebedarf, dem Neubau aller Gebäude im Passivhausstandard (15 kWh/m<sup>2</sup>/Jahr), dem Ersatz von alten Heizungssystemen durch effiziente Heizungssysteme mit

erneuerbaren Energieträgern und dem Einsatz von Sonnenenergie für Raumheizung und Warmwasser ausgegangen.

In Karner und Schleicher (2010) wurden die Erfahrungen der mit 61 Mio. € dotierten österreichweiten Aktion „Sanierungscheck“ dargestellt. In dieser Aktion wurden, zusätzlich zu den Förderungen der Bundesländer aus der Wohnbauförderung, umfassende Sanierungs- und Einzelmaßnahmen mit hohem energetischem Niveau und der Wechsel auf erneuerbare Energieträger oder Erdgas-Brennwertkessel gefördert. Die Förderung war innerhalb von 10 Wochen ausgeschöpft. Es wurden Maßnahmen in 14 000 Gebäuden (0,5 % der Nutzfläche des gesamten österreichischen Wohnungsbestands) unterstützt und das ausgelöste gesamte Investitionsvolumen betrug 485 Mio. €. Das Verhältnis von Förderung zu Investitionsvolumen betrug 1:8. Die Energieeinsparung wurde aufgrund der durchgeführten Maßnahmen mit rund 1,2 PJ/Jahr errechnet, was etwa 0,7 % (von 182 PJ) des Wärmebedarfs von Wohngebäuden entspricht. Der daraus errechnete CO<sub>2</sub>-Effekt liegt bei rund 34 000 t/Jahr Einsparung, hochgerechnet auf 30 Jahre sind das rund 1,0 Mt. In der Studie wird angegeben, dass durch ein Investitionsvolumen von 100 Mio. € in die Gebäudesanierung 941 neue Beschäftigungsverhältnisse, vorwiegend im Inland, entstehen. In Summe werden durch die Gebäudesanierung aufgrund der gegenüber der Förderung höheren Einnahmen durch Steuerquoten positive Nettoeffekte beim Bundesbudget erwartet. Eine nähere Beschreibung der Studien Köppl et al. (2011) und Karner und Schleicher (2010) findet sich in Band 3, Kapitel 1.

Müller et al. (2010) weisen im Szenario „Business as Usual“ jährliche Investitionskosten von 1,2 Mrd. €/Jahr für den Wechsel der Heizungssysteme in Richtung erneuerbare Energie aus. In diesem Szenario wird im Gebäudebereich eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 67 % erreicht.

Nicht beachtet wurden in den Studien sekundäre Effekte auf die Wirtschaft, die sich z. B. aufgrund des Bedarfs an Wärmeerzeugern kleinster Leistung (z. B. für Passivhaus-Einfamilienhäuser 0,5–1,5 kW) oder der verminderten Wirtschaftlichkeit von Fernwärmenetzen bei der thermischen Sanierung von Gebäuden im Netzgebiet, bedingt durch den verringerten Wärmeverkauf bei annähernd gleichbleibenden Netzkosten, ergeben.

### 5.2.5 Adaptation, Anpassungsstrategien

Bedingt durch den mit dem Klimawandel verbundenen Anstieg der Außentemperatur wird sich der Heizenergiebedarf von Gebäuden verringern. Allerdings erhöht sich bei steigender Außentemperatur der Kühlbedarf (vergleiche auch Band 2,

Kapitel 6). Die Anpassungsstrategien an den Klimawandel im Gebäudebereich lassen sich auf vier relevante Themengebiete zusammenfassen:

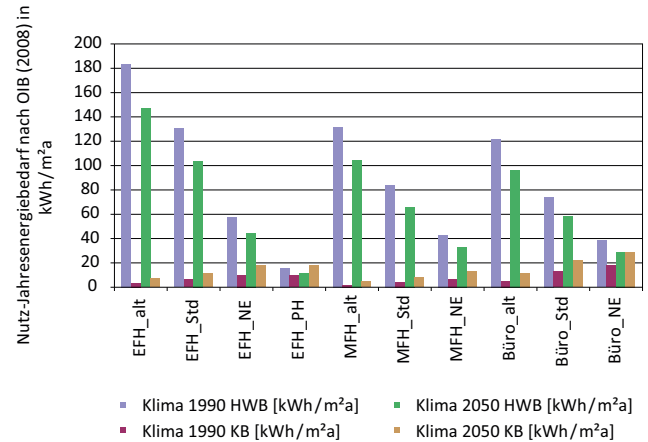
- Auswirkungen des erwarteten Klimawandels auf den Heiz- und Kühlbedarf von Gebäuden.
- Legistische und förderungstechnische Maßnahmen zur Reduktion des Kühlbedarfs von Gebäuden (Abschnitt 5.2.4).
- Technische Maßnahmen zur Reduktion des Kühlbedarfs von Gebäuden (Gebäudeausrichtung, Fensterflächen, Speichermassen, Nachtlüftung etc., siehe z. B. Fink et al, 2002; Reim, 2006).
- Anpassung der technischen Normen in Bezug auf Naturkatastrophen und Klimawandel.

Bezüglich der Auswirkungen des Klimawandels auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf von Gebäuden stehen zwei Studien zur Verfügung.

In Gobiet et al (2009) werden mit Hilfe der regionalisierten IPCC-Prognosen, basierend auf dem IPCC-Szenario IS92a (Legett et al., 1992; IPCC, 2000), und der Berechnungsalgorithmen nach der österreichischen normativen Umsetzung der EPBD die Auswirkungen des Klimawandels auf den zum Heizen und Kühlen notwendigen Energieverbrauch, jeweils für Referenz-, Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Bürogebäude, mit unterschiedlichen Energiekennzahlen für die Jahre 1990 und 2050 untersucht. Ebenso wird der Energiebedarf für ganz Österreich mit flächendeckenden Klimadaten analysiert.

Berger (2012) untersucht die Auswirkungen des Klimawandels ebenfalls mit einem regionalisierten Klimamodell, welches auf dem IPCC-Szenario A1B für den Standort Wien basiert. Dabei werden sieben reale Bürogebäude mit Hilfe einer dynamischen Gebäudesimulation analysiert. Beide Studien kommen zu sehr ähnlichen Ergebnissen. Abbildung 5.23 zeigt einen Anstieg des Kühlbedarfs zwischen 20 und 70 %. Die große Bandbreite ergibt sich aus dem sehr geringen Kühlenergiebedarf heute, bei dem auch nur kleine absolute Erhöhungen zu großen relativen Änderungen führen. Der Heizwärmebedarf wird um etwa 20 % für die verschiedenen Gebäude sinken und dominiert in den älteren Gebäuden. In Passivhäusern (PH und SOL4) ist bereits bei heutigem Klima der Kühlbedarf ähnlich dem sehr niedrigen Heizwärmebedarf. Für diese Gebäude ist der Kühlbedarf 2050 jedenfalls höher als der Heizwärmebedarf. Im extrem heißen Sommer im Jahr 2003 wurde in etwa das mittlere Klima 2050 nach dem in Berger (2012) verwendeten IPCC-Szenario erreicht.

Bereits heute ist der Kühlbedarf für neue Gebäude und Gebäude nach umfassender Sanierung durch den in der OIB-



**Abbildung 5.23** Spezifischer Heizwärmebedarf (HWB) und Kühlbedarf (KB) für Referenzgebäude am Beispiel des Klimas Graz in kWh/m<sup>2</sup>/Jahr; EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus, PH: Passivhaus, Büro: Bürogebäude. Quelle: Gobiet et al. (2009)

**Figure 5.23** Specific space heating energy demand (HWB) and cooling demand (KB) for reference buildings in Graz climate in kWh/m<sup>2</sup>/year; EFH: single family house, MFH: multifamily house, PH passive house, Büro: office building. Source: Gobiet et al. (2009)

Richtlinie 6 (2011) vorgegebenen Nachweis des sommerlichen Überwärmeschutzes bzw. der Limitierung auf einen Kühlbedarf von unter 1 kWh/m<sup>3</sup>/Jahr auf praktisch null bezogen auf das Klima 1990 limitiert. Damit werden diese Gebäude auch 2050 nur einen geringen Kühlbedarf aufweisen (sehr wahrscheinlich).

An technischen Maßnahmen zur Reduktion des Energiebedarfs, der für die Beheizung von Gebäuden benötigt wird, werden in vielen Untersuchungen Wärmedämmung, Gebäudedichtheit, Gebäudekompaktheit, geringe transparente Flächen nach Nord, Ost und West, passive Sonnenenergienutzung in Verbindung mit den thermischen Speichermassen des Gebäudes und Abluftwärmerückgewinnung genannt (z. B. Balcomb, 1992; Treberspurg, 1998; Hausladen et al., 2005; Feist, 2007).

Zur Reduktion des Kühlbedarfs von Gebäuden tragen die Reduktion transparenter Flächen, ausgerichtet nach Ost und West, eine bauliche und/oder aktive Außenverschattung der transparenten Flächen, thermische Speichermassen des Gebäudes in Verbindung mit einer Nachtlüftung (möglichst über Fenster), eine Wärmedämmung der der Sonne zugewandten Außenflächen und eine Reduktion der inneren Lasten durch energieeffiziente Geräte bei (siehe z. B. Reim, 2006; Treberspurg et al., 2006; Fink et al., 2002; Hausladen et al., 2005; Balcomb, 1992).

Eine richtige Kombination dieser Maßnahmen wird durch die oben beschriebenen gesetzlichen Rahmenbedingungen des

OIB und damit der Baugesetze vorgegeben. Weitere Adaptierungen dieser Rahmenbedingungen sind zu erwarten. Die Sommertemperaturen können aber auch im städtischen Kontext gesenkt werden, z. B. über gute Winddurchspülung der Stadtteile und einer dadurch besseren Wärmeabfuhr, durch die Farbgestaltung (helle Farben reflektieren mehr Solarstrahlung) (z. B. Menon et al., 2009) bzw. Begrünung, womit eine Verringerung des Kühlenergiebedarfs einhergeht. Während reflektierende Oberflächen sehr wohl zur Erwärmung gegenüberliegender Gebäude beitragen können, setzten Vegetationsoberflächen die eingestrahlte Energie in Wachstum und Verdunstung um. Dadurch wird die Oberfläche kühler gehalten, was zu geringeren Strahlungstemperaturen und einer dadurch verringerten Strahlungsbelastung auf die Umgebung führt. Zusätzlich halten Pflanzen durch Beschattung Sonnenstrahlung von der Gebäudefassade ab und verhindern auch so ihre Erwärmung. Durch Verwendung trockenresistenter Arten können auch mit sehr geringer oder fehlender aktiver Bewässerung messbare Effekte an Wänden und Fassaden erzielt werden. Je trockener eine Grünfassade oder ein Gründach wird, desto stärker erhöht sich wiederum seine Reflektivität (Trimmel et al., 2012). International wird dieses Thema unter dem Begriff „Urban Climate“ vielfach behandelt (z. B. International Journal on Urban Climate).

Der bisher stattgefunden Klimawandel führt bereits heute im Bereich der technischen Normen zu einer Anpassung. Hier sind z. B. die Anhebung der Normaußentemperatur für die Heizlastberechnung in der ÖNORM B8110-5 Beiblatt 1, die Erhöhung der Schneelasten zur Bemessung von Dächern oder die Anpassung von roten Zonen für die Bebauungspläne (siehe auch Band 2, Kapitel 6 und Band 3, Kapitel 2) zu nennen. Testbedingungen für die Zertifizierung von Dächern, Fenstern, Fassaden, thermischen Solaranlagen und Photovoltaikanlagen sind in den technischen Regelwerken in Bezug auf Windlasten (Zug/Druck), Hagel und andere mechanische Einwirkungen, Schlagregen- und Winddichtheit, Schneelasten sowie thermische Belastungen fixiert. Diese Regelwerke sollten natürlich an die zu erwartenden Klimaänderungen adaptiert werden, da heute eingebaute Bauteile mindestens für die nächsten 20 Jahre in Betrieb bleiben, zumeist aber wesentlich länger (siehe z. B. Leibetseder et al., 2012; Prutsch et al., 2014).

### 5.2.6 Forschung und Entwicklung: Bedarf, Potenzial

Eine Verbesserung der Datenlage zum Gebäudebestand und dem Energieverbrauch ist insbesondere für Nichtwohngebäude notwendig. Zwar bietet die Statistik Austria (2011) erstma-

lige Energiebedarfsdaten für den Dienstleistungssektor, jedoch fehlen Angaben über die Größenverteilungen der Nichtwohngebäude.

Weiterer Forschungsbedarf ist auch für die Verbilligung und Vereinfachung der hochwertigen Gebäudesanierung gegeben. Es müssen kostengünstige Systeme entwickelt werden, welche die Sanierung der Gebäude bei durchgehender Bewohnung ermöglichen.

Im „Urban Climate“-Bereich (Städtebau, helle Farben, Gebäudebegrünung) wären Untersuchungen mit Bezug auf Österreich vonnöten, um eine Abschätzung der Temperaturreduktion durch solche Maßnahmen in den österreichischen Ballungsräumen sowie der dadurch erzielten Energie- und Emissionseinsparungen vornehmen zu können.

Detailliertere ökonomische Studien zur Abschätzung der Kosten und Nutzen umfassender hochwertiger Gebäudesanierung fehlen ebenfalls noch weitgehend, da sich die meisten Studien lediglich mit Einzelobjekten beschäftigen.

## 5.3 Literaturverzeichnis

### 5.3 References

- Allplan GmbH, Verein deutscher Zementwerke e.V., 2007. Energieeffizienz der österreichischen Zementindustrie. (Projekt im Auftrag der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie). Wien.
- Amann, W., 2004. Soziale Wirkungsweise der Wohnbauförderung. Expertise im Auftrag des Grünen Parlamentsklubs. FGW. Wien.
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, 2010. Klimaschutzplan Steiermark. Perspektive 2020/2030. 26 Maßnahmenbündel für eine zukunftssichernde Klimapolitik in der Steiermark. Graz.
- Anderl, M., Bednar, W., Böhmer, S., Gössl, M., Gugele, B., Ibesich, N., Lampert, C., Lenz, K., Muik, B., Neubauer, C., Pazdernik, K., Pötscher, F., Poupa, S., Ritter, M., Schachermayer, E., Schodl, B., Schneider, J., Seuss, K., Sporer, M., Stix, S., Stoiber, H., Stranner, G., Storch, A., Wappel, D., Weiss, P., Wiesenberger, H., Winter, R., Zethner, G., Zechmeister, A., 2009. Klimaschutzbericht 2009 (REP-0226). Umweltbundesamt Wien, Wien.
- Anderl, M., Bednar, W., Gössl, M., Göttlicher, S., Gugele, B., Ibesich, N., Jöbstl, R., Köther, T., Kuschel, V., Lampert, C., Neubauer, C., Pazdernik, K., Poupa, S., Purzner, M., Riegler, E., Schneider, J., Seuss, K., Sporer, M., Stranner, G., Storch, A., Weiss, P., Wiesenberger, H., Winter, R., Zechmeister, A., Zethner, G., Kommunkredit Public Consulting GmbH, 2011. Klimaschutzbericht 2011 (REP-0334). Umweltbundesamt, Wien.
- Anderl, M., Gangl, M., Ibesich, N., Pazdernik, K., Poupa, S., Purzner, M., Zechmeister, A., 2011a. Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2009. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2011). (REP-0352). Umweltbundesamt, Wien.
- Anderl, M., Bednar, W., Fischer, D., Gössl, M., Heller, C., Jobstmann, H., Ibesich, N., Köther, T., Kuschel, V., Lampert, C., Neubauer, C., Pazdernik, K., Perl, D., Poupa, S., Purzner, M., Riegler,

- E., Schenk, C., Schieder, W., Schneider, J., Seuss, K., Sporer, M., Schodl, B., Stoiber, H., Storch, A., Weiss, P., Wiesenberger, H., Winter, R., Zechmeister, A., Zethner, G., 2012. Klimaschutzbericht 2012 (REP-0391). Umweltbundesamt, Wien.
- Anderl, M., Gangl, M., Ibesich, N., Pazdernik, K., Poupa, S., Purzner, M., Zechmeister, A., 2012a. Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2010. Regionalisierung der nationalen Emissionsdaten auf Grundlage von EU-Berichtspflichten (Datenstand 2012). (REP-0400). Umweltbundesamt, Wien.
- Arnsfeld, S., Babich, A., Senk, D., 2012. Einsatz torrefizierter Biomasse im Hochofen., in: Senk, D. (Ed.), Tagungsband Zum 27. Aachener Stahlkolloquium Metallurgie, „Effizienz durch Präzision“, 13.-14.09.2012. printproduction M. Wolff, Aachen, pp. 29–38.
- Austria Glas Recycling, 2012. Aus Kontinuität wächst Nachhaltigkeit. Aktualisierte Umwelterklärung, Nachhaltigkeitsbericht 2012. Austria Glas Recycling GmbH.
- Austrian Standards Institute, 2000. ÖNORM B 8110-1: Wärmeschutz im Hochbau – Anforderungen an den Wärmeschutz und Nachweisverfahren.
- Balcomb, J.D., 1992. Passive solar buildings, Solar Heat Technologies. MIT Press, Cambridge, Massachusetts; London, UK.
- Beekes, M., Cremers, M., 2012. Torrefaction Cracks the Biomass Challenge. Emerging technology to convert biomass into „biocoal“ could overcome current limits on co-firing organic materials with coal. [WWW Document]. Renewable Energy World. URL <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2012/06/torrefaction-cracks-the-biomass-challenge> (accessed 6.23.14).
- Berger, T., 2012. Impacts of climate change upon sustainable heating and cooling strategies of office buildings in urban areas. Dissertation. Universität für Bodenkultur, Wien.
- BgBl, 2009. II, Nr. 251/2009: Vereinbarung gemäß Art. 15a. B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen.
- BGBl, 2011. 106. Bundesgesetz zur Einhaltung von Höchstmengen von Treibhausgasemissionen und zur Erarbeitung von wirksamen Maßnahmen zum Klimaschutz (Klimaschutzgesetz – KSG). Ausgegeben am 21. November 2011.
- BgBl, 2012. I, Nr. 27/2012: Bundesgesetz über die Pflicht zur Vorlage eines Energieausweises beim Verkauf und bei der In-Bestandgabe von Gebäuden und Nutzungsobjekten (Energieausweis-Vorlage-Gesetz 2012 – EAVG 2012).
- Bliem, M., Friedl, B., Balabanov, T., Zielinska, I., 2011. Energie [R]evolution Österreich 2050 (Projektbericht; Studie im Auftrag von EVN, Greenpeace Zentral- und Osteuropa und Gewerkschaft vida). Institut für Höhere Studien (IHS), Wien.
- BMLFUW, 2013. UFI – Umweltförderung im Inland [WWW Document]. URL <http://www.bmlfuw.gv.at/umwelt/klimaschutz/ufi/ufi.html> (accessed 6.24.14).
- BMFLUW, BMWFJ, 2010. Energiestrategie Österreich, Wien.
- BMLFUW, BMWFJ, 2011. Ressourcennutzung in Österreich – Bericht 2011, Wien.
- BMWFJ, 2010. Nationaler Aktionsplan 2010 für erneuerbare Energie für Österreich (NREAP-AT) (Aktionsplan gemäß der Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates). Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Wien.
- BMWFJ, 2012. Energiestatus Österreich 2012. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, Wien.
- Brunner, P.H., 2011. Urban mining a contribution to reindustrializing the city. *Journal of Industrial Ecology* 15, 339–341. doi:10.1111/j.1530-9290.2011.00345.x
- CEPI, 2011. Unfold the Future – The Forest Fibre Industry: 2050 Roadmap to a low carbon bio-economy. Confederation of European Paper Industries, Brussels.
- Christian, R., 2011. Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich (ZEFÖ) (KLIEN Projekt im Rahmen der Ausschreibung „Energiesysteme der Zukunft“ des BMVIT). Umweltmanagement Austria, Institut für industrielle Ökologie und Forum Wissenschaft & Umwelt.
- Christian, R., Feichtinger, R., Christian, R., Bolz, R., Windsberger, A., Hummel, P., Weish, P., Pfnier, E., 2011. Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich (No. 13/2011), Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- E-Bridge Consulting GmbH, 2005. KWK – Potentiale in Österreich. Studie erstellt im Auftrag von Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Industriellenvereinigung, Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs sowie Wirtschaftskammer Österreich, Villach.
- Eco World Styria, 2012. Erfolg bei FFG-Förderschienen für „Landfill Mining Styria“. Pressemitteilung 11.12.2012.
- ECOHEATCOOL, 2006. The European Heat Market, Work Package 1 (Final Report). Euroheat & Power.
- Eikmeier, B., Gabriel, J., Schulz, W., Krewitt, W., Nast, M., 2005. Analyse des nationalen Potenzials für den Einsatz hocheffizienter KWK, einschliesslich hocheffizienter Kleinst-KWK, unter Berücksichtigung der sich aus der EU-KWK-RL ergebenden Aspekte (Endbericht zum Forschungsvorhaben Projekt I A 2 – 37/05 des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Berlin). Bremer Energie Institut und Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung, Stuttgart, Berlin.
- Ekebro, I., 2011. Minderung des Ölverbrauchs um 80%, in: SCA Umweltbericht 2011. Druckpapiere Und Zellstoff. SCA Forest Products, Sundsvall, Schweden.
- Europäische Gemeinschaften, 2007. Vision 2020 – Energie sparen! Europäische Kommission, GD Energie und Verkehr, Brüssel.
- Europäische Kommission, 2011. KOM(2011) 112: Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO<sub>2</sub>-armen Wirtschaft bis 2050. Mitteilungen der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. 8.3.2011. Brüssel.
- Europäische Union, 2002. Richtlinie 2002/91/EU: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Energy Performance of Buildings Directive, Europäisches Parlament und Rat vom 16. Dezember 2002, L1/65.
- Europäische Union, 2003. Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates.
- Europäische Union, 2004. Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11.2.2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/42/EWG, L52/50.
- Europäische Union, 2009. Richtlinie 2009/29/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Verbesserung und Ausweitung des Gemeinschaftssystems für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten, L 140/63.
- Europäische Union, 2010. Richtlinie 2010/31/EU: Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, Energy Performance of Buildings Direc-

- tive, Europäisches Parlament und Rat vom 19. Mai 2010 (Neufassung).
- European Climate Foundation, 2010. Roadmap 2050 – A practical guide to a prosperous. Low-carbon Europe.
- European Commission, 2013. COM(2013) 180: The Future of Carbon Capture and Storage in Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee of the Regions. 27.3.2013. European Commission, Brussels.
- European Union, 2010. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast).
- EWG, 1989. Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte.
- Fachverband der Gießereindustrie, 2011. Jahresbericht 2010. Wirtschaftskammer Österreich, Wiedner Hauptstraße 63, 1045 Wien.
- Fachverband der Glasindustrie, 2011. Jahresbericht 2010. Wirtschaftskammer Österreich, Wiedner Hauptstraße 63, 1045 Wien.
- FCIO, undated. Die chemische Industrie – unverzichtbar beim Klimaschutz. (Informationsfolder). Fachverband der Chemischen Industrie Österreichs – FCIO, Wiedner Hauptstraße 63, 1045 Wien.
- Feist, W., 2007. Das Niedrigenergiehaus: neuer Standard für energiebewusstes Bauen. Müller, Heidelberg.
- Fink, C., Blümel, E., Kouba, R., Heimrath, R., 2002. Passive Kühlkonzepte für Büro- und Verwaltungsgebäude mittels luft- bzw. wasserdurchströmten Erdreichwärmetauschern (No. 35/2002), Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Frischenschlager, H., Karigl, B., Lampert, C., Pölz, W., Schindler, I., Tesar, M., Wiesenberger, H., Winter, B., 2010. Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich (REP-0303). Umweltbundesamt, Wien.
- Gobiet, A., Toeglhofer, C., Truhetz, H., Habsburg-Lothringen, C., Pretenthaler, F., Heimrath, R., Michlmair, M., Schranzhofer, H., Streicher, W., 2009. HEAT.AT. Die Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich II (Endbericht 2. Jahr). Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.
- Graubner, C.-A., Knauff, A., 2008. Ökobilanzstudie – Gegenüberstellung Massivhaus / Holzelementbauweise an einem KfW-Energiesparhaus 40 (Forschungsbericht F04-8-2008). Fachgebiet Massivbau, Fachbereich 13, Bauingenieurwesen und Geodäsie, TU Darmstadt, Darmstadt.
- Hausladen, G., Saldanha, M. de, Sager, C., Liedl, P., 2005. Climate Design: Lösungen für Gebäude, die mit weniger Technik mehr können. Callwey Verlag, München.
- Heilo Media, 2013. Europa Info Shop: Österreich [WWW Document]. URL [http://www.europa-infoshop.de/Die\\_Union/Lander/EU-Mitgliedsstaaten/Osterreich/osterreich.html](http://www.europa-infoshop.de/Die_Union/Lander/EU-Mitgliedsstaaten/Osterreich/osterreich.html) (accessed 6.24.14).
- Holzer, P., Hofstätter, M., 2011. Bauen 2020 – Gebäudesystemvergleich. Wissenschaftliche Studie über den analytischen Vergleich unterschiedlicher Gebäudesysteme. (Schlussbericht). im Auftrag der Niederösterreichischen Landesregierung, Geschäftsstelle für Energiewirtschaft und des Bau.Energie.Umwelt.Cluster Niederösterreich, Krems.
- ICCA, 2009. Innovations for Greenhouse Gas Reductions. A life cycle quantification of carbon abatement solutions enabled by the chemical industry. International Council of Chemical Associations, Brussels.
- IEA, 2009. Energy Technology Transitions for Industry – Strategies for the Next Industrial Revolution. International Energy Agency, Paris.
- IEA, 2012. Technology Roadmap Solar Heating and Cooling Program. International Energy Agency, Paris.
- IEA, 2014. Energy efficiency [WWW Document]. URL <http://www.iea.org/aboutus/faqs/energyefficiency/> (accessed 6.27.14).
- IPCC, 2000. Summary for Policymakers. Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Geneva, Switzerland.
- IRCC, 1998. Guidelines for the Introduction of Performance-Based Building Regulations. Inter-Jurisdictional Regulatory Collaboration Committee (IRCC).
- Jähni, D., Weiß, W., 2007. Design Guidelines – Solar Space Heating of Factory Buildings. AEE INETC, Gleisdorf, Austria.
- Karner, A., Schleicher, S., 2010. Thermische Gebäudesanierung nutzt Umwelt und Wirtschaft. Erfahrungen mit dem Sanierungsscheck 2009 und Perspektiven für eine Fortsetzung. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, KWI Consultants GmbH.
- Kletzan, D., Köppl, A., Schleicher, S., Thenius, G., Gebetsroither, B., Steininger, K., Türk, A., Vettner, N., Streicher, W., Eder, K., Dunkel, G., Stockmayer, M., 2006. Innovation & Klima – Innovative Klimastrategien für die österreichische Wirtschaft. (Endbericht im Auftrag der Wirtschaftskammer Österreich, der Industriellenvereinigung, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit und des Verbands der Elektrizitätsunternehmen Österreichs), Wien.
- Köppl, F., 2001. Klimaschutz durch Gebäudesanierung – Möglichkeiten und Grenzen des Wohnrechtes. Referat anlässlich der gleichnamigen Energiegespräche am 5.6.2001.
- Köppl, A., Kettner, C., Kletzan-Slamanig, D., Schleicher, S., Schnitzer, H., Titz, M., Damm, A., Steininger, K., Wolkingner, B., Lang, R., Wallner, G., Artner, H., Karner, A., 2011. Energy-Transition 2012\2020\2050 Strategies for the Transition to Low Energy and Low Emission Structures. (2011/019-2/S/WIFO-Projekt Nummer: 7407). Austrian Institute of Economic Research, Graz University of Technology, Institute for Process and Particle Engineering, University of Graz, Wegener Center for Climate and Global Change, Johannes Kepler University Linz, Institute for Polymeric Materials and Testing, KWI Consultants GmbH, Wien.
- Laing, T., Sato, M., Grubb, M., Combetti, C., 2013. Assessing the effectiveness of the EU Emissions Trading System. Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper No. 126; Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Working Paper No. 106.
- Lebensministerium (BMFLUW), 2002. Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels. Klimastrategie 2008/2012. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Lebensministerium (BMFLUW), 2007. Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008-2012. Vorlage zur Annahme im Ministerrat am 21. März 2007. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Lebensministerium (BMFLUW), 2013. Maßnahmen im Gebäudesektor und Kyoto-Finanzierung 2011 (Zusammenfassender Bericht des Bundes und der Länder über die Wirkungen von Maßnahmen zur Treibhausgas-Emissionsreduktion im Rahmen der Vereinbarung über Maßnahmen im Gebäudesektor), Wien.



- Leggett, J., Pepper, W.J., Swart, R.J., 1992. Emissions Scenarios for the IPCC: an Update, in: Houghton, J.T., Callander, B.A., Varney, S.K. (Eds.), *Climate Change 1992. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 69–95.
- Leibetessedert, M., Schmiedinger, B., Oberhuber, A., Liepert, P., Mayr, H., Schober, P., Steigenberger, J., Ecklmayr, R., Guggenberger, T., Moser, J., Prirschl, G., Balkenhol, R., 2012. Ergänzung zum ACR Innovations-Radar 2012, Teil 1; FEI-Schwerpunkt: Nachhaltiges Bauen. Austrian Cooperative Research (ACR).
- Maydl, P., Eustacchio, E., Passer, A., 2010. Die Umsetzung der Grundanforderung Nr. 7 in der künftigen Bauprodukteverordnung. *OIB aktuell – Das Fachmagazin für Baurecht und Technik* 16–23.
- Menon, S., Akbari, H., Mahanama, S., Sednev, I., Levinson, R., 2010. Radiative forcing and temperature response to changes in urban albedos and associated CO<sub>2</sub> offsets. *Environmental Research Letters* 5. doi:10.1088/1748-9326/5/1/014005
- Mikulits, R., 2009. Die Umsetzung der OIB-Richtlinien in den Bundesländern. *Perspektiven Heft 1\_212009*.
- Mikulits, R., 2011. Die neue EU-Bauprodukteverordnung. *OIB aktuell – Das Fachmagazin für Baurecht und Technik* 10–15.
- Ministry of Economic Affairs, 2008. *Action Plan Process Intensification*. The Netherlands.
- Moidl, S., Wahlmüller, J., 2012. Österreichs Unternehmen im Emissionshandel (Emission Trading Scheme – ETS) Profiteure. Verlierer. *Klimaschutz? (KLIMA Hintergrundpapier)*. Global 2000, Wien.
- Müller, T., Weiß, W., Schnitzer, H., Brunner, C., Begander, U., Themel, O., 2004. PROMISE – Produzieren mit Sonnenenergie. Potenzialstudie zur thermischen Solarenergienutzung in österreichischen Gewerbe- und Industriebetrieben. (Endbericht), „Fabrik der Zukunft“ eine Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Gleisdorf und Graz.
- Müller, A., Biermayr, P., Kranzl, L., Haas, R., Altenburger, F., Bergmann, I., Friedl, G., Haslinger, W., Heimrath, R., Ohnmacht, R., Weiss, W., 2010. Heizen 2050: Systeme zur Wärmebereitstellung und Raumklimatisierung im österreichischen Gebäudebestand: Technologische Anforderungen bis zum Jahr 2050. (Endbericht. Gefördert vom Klima- und Energiefonds. No. 814008). TU-Wien, Energy Economics Group, Bioenergy 2020+, Wien.
- Muñoz, P., Steininger, K.W., 2010. Austria's CO<sub>2</sub> responsibility and the carbon content of its international trade. *Ecological Economics* 69, 2003–2019. doi:10.1016/j.ecolecon.2010.05.017
- Muster-Slawitsch, B., Brunner, C., Ribeiro de Lima, D., Schnitzer, H., 2010. The green brewery concept – energy efficiency and the use of renewable energy sources in breweries. Presented at the 19th International Congress of Chemical and Process Engineering – CHISA, Prague.
- OIB-Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007. *Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden. (Version 2.6)*. Österreichisches Institut für Bautechnik.
- OIB-Österreichisches Institut für Bautechnik, 2007. *Richtlinie 6; Energieeinsparung und Wärmeschutz*.
- OIB-Österreichisches Institut für Bautechnik, 2011. *Richtlinie 6; Energieeinsparung und Wärmeschutz*.
- Papsch, F., 2012. *Persönliche Mitteilung*. Fachverband der Stein- und keramischen Industrie.
- Passer, A., Kreiner, H., Kainz, F., 2009. *Gebäudebewertung im Kontext zu technischen und funktionalen Qualitäten – Ein Diskussionsbeitrag*. OIB aktuell – Das Fachmagazin für Baurecht und Technik.
- Passer, A., Kreiner, H., Cresnik, G., Maydl, P., 2010. *Genormte Nachhaltigkeit?*, in: *Nachhaltige Gebäude – Planung, Betrieb und Bewertung*. Internationaler Kongress e-nova, Austria, pp. 25–33.
- Peters, G.P., Davis, S.J., Andrew, R., 2012. A synthesis of carbon in international trade. *Biogeosciences* 9, 3247–3276. doi:10.5194/bg-9-3247-2012
- Prutsch, A., Felderer, A., Balas, M., König, M., Steurer, R., 2014. *Methoden und Werkzeuge zur Anpassung an den Klimawandel. Ein Handbuch für Bundesländer, Regionen und Städte*. Umweltbundesamt, Wien.
- Reim, T.R., 2006. *Klimatechnische Analyse zum Sommerfall im Wohnbau. Kühlstrategien, Minimierung des Wärmeeintrags, thermische Optimierung historischer Kastenfenster*. Dissertation. Universität für Bodenkultur, Wien.
- Rifkin, J., 2011. *Die dritte industrielle Revolution: die Zukunft der Wirtschaft nach dem Atomzeitalter*. Campus-Verlag, Frankfurt am Main.
- Schnitzer, H., 2013. *Die Lebensmittelindustrie der Zukunft: CO<sub>2</sub>-neutral und wettbewerbsfähig*.
- Schnitzer, H., Schmied, J., Titz, M., Jägerhuber, P., Enzi, C., Filzweiser, P., 2012. *Abwärmekataster der steirischen Industrie*. Steiermärkische Landesregierung, Graz.
- Schriefel, E., 2007. *Modellierung der Entwicklung von Treibhausgasemissionen und Energieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser im österreichischen Wohngebäudebestand unter der Annahme verschiedener Optimierungsziele*. Dissertation. Technische Universität Wien, Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Wien.
- Statistik Austria (2004), *Gebäude- und Wohnungszählung 2001*, Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien.
- Statistik Austria, 2008. *Einteilung des Endenergiebedarfs nach Nutzenergiekategorien*, Wien.
- Statistik Austria, 2009a. *Nutzenergieanalyse (NEA) 2008*, Wien.
- Statistik Austria, 2009b. *Energiestatistik: Strom- und Gastagebuch 2008*, Wien.
- Statistik Austria, 2011. *Energieeinsatz im Dienstleistungssektor*. Statistik Austria, Bundesanstalt Statistik Österreich, Direktion Raumwirtschaft, Energie, Wien.
- Statistik Austria, 2012. *Statistik Austria Superweb, Datenbanken*. STATcube [WWW Document]. URL <http://sdb.statistik.at/superwebguest/login.do?guest=guest&db=deeehh> (accessed 6.23.14).
- Statistik Austria, 2012a. *Luftemissionsrechnung, NAMEA*. [WWW Document]. URL [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_und\\_umwelt/umwelt/namea/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/umwelt/namea/index.html) (accessed: 09.06.12.)
- Statistik Austria, 2013. *Mikrozensus ab 2004* [WWW Document]. URL [http://www.statistik.at/web\\_de/fragebogen/private\\_haushalte/mikrozensus/index.html](http://www.statistik.at/web_de/fragebogen/private_haushalte/mikrozensus/index.html) (accessed 6.23.14).
- Statistik Austria, 2013a. *Bestand an Gebäuden und Wohnungen* [WWW Document]. URL [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wohnen\\_und\\_gebaeude/bestand\\_an\\_gebaeuden\\_und\\_wohnungen/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wohnen_und_gebaeude/bestand_an_gebaeuden_und_wohnungen/index.html) (accessed 9.18.13).
- Statistik Austria 2014, *Entwicklung der ÖNACE 2008* [WWW Document]. URL [http://www.statistik.at/web\\_de/klassifikationen/oenace\\_2008\\_implementation/entwicklung\\_der\\_oenace\\_2008/index.html#index4](http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/oenace_2008_implementation/entwicklung_der_oenace_2008/index.html#index4) (accessed 6.29.14)
- Streicher, W., Haas, R., Hausberger, S., Oblasser, S., Schnitzer, H., Steininger, K.W., Tatzber, F., Titz, M., Heimrath, R., Kalt, G., Damm, A., Wetz, I., 2010. *Energieautarkie für Österreich 2050 (Feasibility Study, Endbericht No. B068644, abgewickelt über*

den Klima- und Energiefonds.) im Auftrag des österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium), Wien.

Treberspur, M., 1998. Neues Bauen mit der Sonne: Ansätze zu einer klimagerechten Architektur, Auflage: 2., aktualisierte u. erw. Aufl. Springer, Wien; New York.

Treberspur, M., Streicher, W., Reim, T., Hofbauer, W., 2006. Sommer-tauglichkeit im Wohnbau, Sommerlichkeit und Behaglichkeit mit umweltverträglichen und CO<sub>2</sub> neutralen Kühlstrategien. Projekt im Auftrag vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Trimmel, H., Hagen, K., Mursch-Radlgruber, E., Scharf, B., Weihs, P., 2012. The influence of vegetation on the energy balance within urban settlements. Presented at the 13. Klimatag 14–15 Juni 2012, Institut für Meteorologie, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau BOKU Wien und Fachbereich Landschaftsplanung und Gartenkunst, Universität für Bodenkultur, Wien.

Wegener Zentrum, TU Graz, Joanneum Research, 2010. Erläuterungen zum Klimaschutzplan Steiermark 2010 Teil 2 – Gebäude (Studie im Auftrag der Steiermärkischen Landesregierung), Graz.

WIFO, 2013. EU-Emissionshandel: Überschuss an Emissionszertifikaten in der Kyoto-Periode. Presseinformation vom 3. April 2013.

## 5.4 Anhang

### 5.4 Annex

#### 5.4.1 Anhang 1

2010 gültige Gesetze und Verordnungen des Bundes und der österreichischen Bundesländer zur Implementierung der EU-Gebäuderichtlinie des Energiebedarfs

#### Bund

- Energieausweis Vorlage Gesetz

#### Burgenland

- MNE(2008)53353 v. 12.5.2008 – Burgenländische Baugesetz-Novelle 2008, LGBl. Nr.53/2008 vom 29.5.2008
- MNE(2008)54011 v. 28.7.2008 – Burgenländische Bauverordnung 2008, LGBl. Nr. 53/2008 vom 27.5.2008  
noch offen: Luftreinhalte- und Heizungsanlagengesetz

#### Kärnten

- MNE(2008)51537 v. 7.3.2008 – Gesetz, mit dem die Kärntner Bauvorschriften geändert werden, LGBl. Nr. 10/2 008 v. 19.2.2008
- MNE(2008)54008 v. 28.7.2008 – Gesetz, mit dem das Kärntner Heizungsanlagengesetz geändert wird, LGBl. Nr. 34/2008 v. 24.5.2008

#### Niederösterreich

- NÖGEEV 2008

#### Oberösterreich

- 4.9.5/312/03 v. 12.9.2003 – Verordnung über den Energieausweis von Bauten, LGBl. Nr. 55/ 2003 v. 18.8.2003
- MNE(2005)50950 v. 13.2.2005 – Heizungsanlagen- und Brennstoffverordnung, LGBl. Nr. 7/ 2005 v. 31.1.2005
- MNE(2005)58554 v. 15.12.2005 – Bautechnikgesetz-Novelle 1998, LGBl. Nr. 103/1998 v. 18.12.1998
- MNE(2005)58555 v. 15.12.2005 – Bautechnikverordnungs-Novelle 1999, LGBl. Nr. 59/1999 v.30.7.1999
- MNE(2005)58557 v. 15.12.2005 – OÖ. Luftreinhalte- und Energietechnikgesetz 2002, LGBl. Nr. 114/2002 v. 28.11.2002
- MNE(2008)52877 v. 19.5.2008 – OÖ. Bauordnungs-Novelle 2008, LGBl. Nr. 35/ 2008 v. 31.3.2008
- MNE(2008)52878 v. 19.5.2008 – OÖ. Bautechnikgesetz-Novelle 2008, LGBl. Nr. 34/2008 v. 31.3.2008
- noch offen: Notifizierung der OÖ. Bautechnikverordnungs-Novelle 2008, LGBl. Nr. 110/2008 v. 17.12.2008 und der OÖ. Luftreinhalte- und Energietechnikgesetz-Novelle 2008

#### Salzburg

- 4.9.5/312/03 v. 12.9.2003 – Verordnung über den Energieausweis von Bauten, LGBl. Nr. 55/2003 v. 18.8.2003

#### Steiermark

- MNE(2008)54013 v. 28.7.2008 – Steiermärkische Baugesetz und das Steiermärkische Feuerungsanlagengesetz, LGBl. Nr. 27 vom 1.4.2008
- MNE(2008)54014 v. 28.7.2008 – Steiermärkische Energieeinsparungs- und Wärmeschutzverordnung, LGBl. Nr. 51 vom 4.7.2008
- 2008 MNE(2008)5401 5 v. 28.7. 2008 – Steiermärkische Feuerungsanlagen V, LGBl. Nr. 52 vom 4.7. 2008

#### Tirol

- MNE(2008)50234 v. 9.1.2008 – Tiroler Bauordnung 2001, LGBl. Nr. 73/ 2007 v. 4.12.2007
- MNE(2008)50235 v. 9.1.2008 – Technischen Bauvorschriften 1998, LGBl. Nr. 93/ 2007 v. 27.12.2007
- MNE(2008)50234 v. 9.1.2008 – T Bauordnung 2001, LGBl. Nr.73/2007 vom 04.12.2007
- MNE(2008)50235 v. 9. 1.2008 – Technische Bauvorschriften 2008, LGBl. Nr. 93/2007 vom 27.12. 2007

- noch offen: Novelle zum Tiroler Heizungsanlagengesetz 2000; Tiroler Gasgesetz 2000

### Vorarlberg

- MNE(2007)55439 v. 2.8.2007 – Gesetz über eine Änderung des Baugesetzes, LGBl Nr. 44/2 007 v. 12.7.2007
- MNE(2008)50231 v. 9.1.2008 – BautechnikV, LGBl Nr 83/2007 v. 20.12.2007
- MNE(2008)50232 v. 9.1.2008 – Baueingabeverordnung, LGBl Nr 84/ 2007 v. 20.12.2007
- MNE(2008)50233 v. 9.1.2008 – Luftreinhalteverordnung, LGBl Nr 85/ 2007 v. 20.12.2007

### Wien

- MNE(2007)57530 v. 25.10.2007 – Wiener Feuerpolizei und Luftreinhaltegesetz, LGBl Nr. 35/2007 v. 7.9.2007
- MNE(2008)52529 v. 30.4.2008 – Techniknovelle 2007, LGBl Nr. 24 v. 11.4.2008
- MNE(2008)51588 v. 7.3.2008 – Gesetz, mit dem das Wiener Feuerpolizei-, Luftreinhalte- und Klimaanlagengesetz – WFLKG geändert wird, LGBl Nr. 12 v. 22.2.2008
- MNE( 20 08)5324 2 v. 5.5.2008 – Wiener Bautechnikverordnung – WBTV, LGBl Nr. 31 v. 3.5.2008

## 5.4.2 Anhang 2

U-Wert Vorgaben, Primärenergiebedarf und Klasseneinteilung des österreichischen Energieausweises

Tabelle 5.A1 Mindest-U-Werte der OIB Richtlinie 6 (2011)

Table 5.A1 Minimum allowed U-values OIB Richtlinie 6 (2011)

Bauteil	U-Wert (W/m <sup>2</sup> K)	
Wände	gegen Außenluft	0,35
	gegen unbeheizte oder nicht ausgebaute Dachräume	0,35
	gegen unbeheizte, frostfrei zu haltende Gebäudeteile (ausgenommen Dachräume) sowie gegen Garagen	0,60
	erdberührt	0,40
	(Trennwände) zwischen Wohn- oder Betriebseinheiten	0,90
	gegen andere Bauwerke an Grundstücks- bzw. Bauplatzgrenzen	0,50
	kleinflächig gegen Außenluft (z. B. bei Gaupen), die 2 % der Wände des gesamten Gebäudes gegen Außenluft nicht überschreiten, sofern die Ö-NORM B8110-2 (Kondensatfreiheit) eingehalten wird	0,70
	(Zwischenwände) innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten	-
Fenster, Fenstertüren, verglaste Türen	jeweils in Wohngebäuden (WG) gegen Außenluft <sup>2</sup>	1,40
	jeweils in Nicht-Wohngebäuden (NWG) gegen Außenluft <sup>2</sup>	1,70
sonstige transparente Bauteile	vertikal gegen Außenluft <sup>1</sup>	1,70
	TRANSPARENTE BAUTEILE horizontal oder in Schrägen gegen Außenluft <sup>2</sup>	2,00
	TRANSPARENTE BAUTEILE vertikal gegen unbeheizte Gebäudeteile <sup>1</sup>	2,50
Dachflächenfenster	gegen Außenluft <sup>2</sup>	1,70
Türen	unverglast, gegen Außenluft <sup>2</sup>	1,70
	unverglast, gegen unbeheizte Gebäudeteile <sup>2</sup>	2,50
Tore	Rolltore, Sektionaltore und dergleichen gegen Außenluft	2,50
Innentüren		-
Decken und Dachschrägen	jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)	0,20
Decken	gegen unbeheizte Gebäudeteile	0,40
	gegen getrennte Wohn- und Betriebseinheiten	0,90
	innerhalb von Wohn- und Betriebseinheiten	-
	über Außenluft (z. B. über Durchfahrten, Parkdecks)	0,20
	gegen Garagen	0,30
Böden	erdberührt	0,40

<sup>1</sup> Die Konstruktion ist auf ein Prüfnormmaß von 1,23 m × 1,48 m zu beziehen, wobei die Symmetrieebenen an den Rand des Prüfnormmaßes zu legen sind

<sup>2</sup> Bezogen auf ein Prüfnormmaß von 1,23 m × 1,48 m

**Tabelle 5.A2** Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Konversionsfaktoren (OIB Richtlinie 6, 2011)

**Table 5.A2** Conversion factors for primary energy and CO<sub>2</sub>-emissions

Energieträger	f <sub>PE</sub> (-)	f <sub>PE, n.ern.</sub> (-)	f <sub>PE, ern.</sub> (-)	f <sub>CO<sub>2</sub></sub> (g/kWh)
Kohle	1,46	1,46	0,00	337
Heizöl	1,23	1,23	0,00	311
Erdgas	1,17	1,17	0,00	236
Biomasse	1,08	0,06	1,02	4
Strom (Österreich-Mix)	2,62	2,15	0,47	417
Fernwärme aus Heizwerk (erneuerbar)	1,60	0,28	1,32	51
Fernwärme aus Heizwerk (nicht erneuerbar)	1,52	1,38	0,14	291
Fernwärme aus hocheffizienter KWK <sup>1</sup> (Defaultwert)	0,92	0,20	0,72	73
Fernwärme aus hocheffizienter KWK <sup>1</sup> (Bestwert)	≥ 0,30	gemäß Einzelnachweis <sup>2</sup>		
Abwärme (Defaultwert)	1,00	1,00	0,00	20
Abwärme (Bestwert)	≥ 0,30	gemäß Einzelnachweis <sup>2</sup>		

<sup>1</sup> Als hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) werden all jene angesehen, die der Richtlinie 2004/8/EG entsprechen.

<sup>2</sup> Für den Fall, dass ein Einzelnachweis gemäß EN 15316-4-5 durchgeführt wird, dürfen keine kleineren Werte als für Abwärme (Bestwert) verwendet werden.

**Tabelle 5.A3** Einteilung und Klassen (OIB Richtlinie 6, 2011)

**Table 5.A3** Classification (OIB Richtlinie 6, 2011)

Klasse	Einstufung			
	HWB <sub>BGF, SK</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	PEB <sub>BGF, SK</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)	CO <sub>2, BGF, SK</sub> (kg/m <sup>2</sup> a)	f <sub>GEE</sub>
Klasse A++	≤ 10	≤ 60	≤ 8	≤ 0,55
Klasse A+	≤ 15	≤ 70	≤ 10	≤ 0,70
Klasse A	≤ 25	≤ 80	≤ 15	≤ 0,85
Klasse B	≤ 50	≤ 160	≤ 30	≤ 1,00
Klasse C	≤ 100	≤ 220	≤ 40	≤ 1,75
Klasse D	≤ 150	≤ 280	≤ 50	≤ 2,50
Klasse E	≤ 200	≤ 340	≤ 60	≤ 3,25
Klasse F	≤ 250	≤ 400	≤ 70	≤ 4,00
Klasse G	> 250	> 400	> 70	> 4,00

HWB<sub>BGF, SK</sub> Heizwärmebedarf (Nutzenergie) bezogen auf Bruttogeschossfläche (BGF) und Standortklima (SK)

PEB<sub>BGF, SK</sub> Primärenergiebedarf bezogen auf Bruttogeschossfläche (BGF) und Standortklima (SK)

CO<sub>2, BGF, SK</sub> Kohlendioxidemissionen bezogen auf Bruttogeschossfläche (BGF) und Standortklima (SK)

f<sub>GEE</sub> Gesamtenergieeffizienz-Faktor

**Tabelle 5.A4** Österreichischen Mindestanforderungen der Wohnbauförderung für Wärmeschutzstandards für Neubau und Sanierung (Art. 15a B-VG: BgBl, 2009)

**Table 5.A4** Minimal Austrian insulation requirements for residential housing subsidies for new buildings and refurbishment (Art. 15a B-VG: BgBl, 2009)

	bei einem A/V <sup>1</sup> -Verhältnis $\geq 0,8^2$	bei einem A/V-Verhältnis $\leq 0,2^2$
<b>Neubau Wohngebäude</b>	HWB <sub>BGF</sub> in kWh/(m <sup>2</sup> a)	HWB <sub>BGF</sub> in kWh/(m <sup>2</sup> a)
bis Ende 2009	65	35
ab 1.1.2010	45	25
ab 1.1.2012	36	20
<b>Sanierung Wohngebäude</b>		
bis Ende 2009	80	43
ab 1.1.2010	75	35
<b>Neubau öffentl. Gebäude</b>		
ab 1.1.2010	15	8
ab 1.1.2012	12	7
<b>Sanierung öffentl. Gebäude</b>		
ab 1.1.2010	27	14
ab 1.1.2012	25	12

<sup>1</sup> A/V: Verhältnis Außenoberfläche zu Volumen des Gebäudes

<sup>2</sup> zwischen den Werten ist linear zu interpolieren