



Energie- und Klimakonzept für Ilmenau

**Auftraggeber****Stadtwerke Ilmenau**

Auf dem Mittelfeld 5
98693 Ilmenau

Auftragnehmer**Leipziger Institut für Energie GmbH**

Lessingstraße 2
04109 Leipzig

Telefon 03 41 / 22 47 62 - 0

Telefax 03 41 / 22 47 62 - 10

E-Mail mail@ie-leipzig.com

Internet www.ie-leipzig.com

Ein Unternehmen der 
Technischen Universität Hamburg-Harburg
und der TuTech Innovation GmbH

Bearbeitung**Christoph Voigtländer
Projektleitung**

Telefon 030 / 27 878 46 - 51

E-Mail Christoph.Voiglaender@ie-leipzig.com

Werner Bohnenschäfer

Andreas Weber

Alexander Schiffler

Laufzeit

November 2011 – September 2012

Datum

September 2012



INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	IV
1 EINLEITUNG UND METHODIK.....	5
1.1 Klimaschutzziele	5
1.2 Grundsätzliche Vorgehensweise	6
2 ENERGIEBILANZ	9
2.1 Bilanzierungsmethodik.....	9
2.2 Umwandlungssektor	10
2.2.1 Datengrundlagen.....	10
2.2.2 Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung	10
2.2.3 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	12
2.3 Sektor <i>Private Haushalte</i>	13
2.3.1 Datengrundlagen.....	14
2.3.2 Entwicklung des Energieverbrauchs.....	19
2.3.3 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	20
2.4 Sektor <i>Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</i>	21
2.4.1 Datengrundlagen.....	21
2.4.2 Entwicklung des Energieverbrauchs.....	23
2.4.3 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	25
2.5 <i>Öffentlicher Sektor (Liegenschaften)</i>	26
2.5.1 Datengrundlagen.....	27
2.5.2 Entwicklung des Energieverbrauchs.....	28
2.5.3 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	30
2.6 Sektor <i>Verkehr</i>	31
2.6.1 Datengrundlagen.....	31
2.6.2 Entwicklung des Kraftfahrzeugbestands.....	32
2.6.3 Entwicklung des Endenergieverbrauchs.....	33
2.6.4 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	33
2.7 <i>Alle Verbrauchssektoren</i>	34
2.7.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs.....	34
2.7.2 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	36
3 HANDLUNGSOPTIONEN.....	38
3.1 <i>Maßnahmen im Sektor der Privaten Haushalte</i>	39
3.1.1 Gebäudesanierung	40
3.1.2 Kesseltausch.....	42



3.1.3	Hydraulischer Abgleich	43
3.1.4	Effiziente Heizungspumpen	45
3.1.5	Effiziente Elektrogeräte	46
3.1.6	Solarthermie	48
3.1.7	Wärmepumpen.....	49
3.1.8	Feste Biomassekessel	50
3.1.9	Erhöhung des Anteils von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK).....	51
3.1.10	Bewusstes Energiesparen durch Nutzerverhalten.....	53
3.1.11	Zusammenfassung	54
3.2	<i>Maßnahmen im Bereich Industrie/ Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD).....</i>	55
3.3	<i>Maßnahmen im Bereich öffentliche Liegenschaften.....</i>	58
3.4	<i>Maßnahmen im Sektor Verkehr.....</i>	62
3.5	<i>Maßnahmen im Sektor Energieerzeugung.....</i>	64
3.5.1	Ausbau Photovoltaik	64
3.5.2	Ausbau Windkraft.....	66
3.5.3	Biomethan Blockheizkraftwerk (BHKW)	67
3.5.4	Ausbau Biomasseheizkraftwerk (BHI)	68
3.5.5	Weitere (nicht quantifizierte) Potenziale	68
3.5.6	Zusammenfassung	69
3.6	<i>Zusammenfassung aller Maßnahmen</i>	70
4	ERGEBNISSE IM SZENARIENVERGLEICH	72
4.1	<i>Entwicklung des Endenergieverbrauchs.....</i>	72
4.2	<i>Ziele zur Reduzierung der CO₂-Emissionen.....</i>	72
4.3	<i>Ziele zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien</i>	73
4.4	<i>Investitionsbedarf der Maßnahmen in den Szenarien</i>	75
5	UMSETZUNGSKONZEPT	77
5.1	<i>Organisation des Umsetzungsprozesses</i>	77
5.2	<i>Instrumente des Umsetzungsprozesses.....</i>	79
5.2.1	Öffentlichkeitsarbeit	79
5.2.2	Maßnahme Einsparung bei städteigenen Liegenschaften	79
5.2.3	Maßnahme Gebäudesanierung	80
5.2.4	Maßnahmen Kesseltausch, hydraulischer Abgleich, Heizungspumpen	81
5.2.5	Maßnahme Energieeffizienz GHD und Industrie	81
5.2.6	Maßnahmen zum Ausbau der erneuerbaren Energien	82
5.3	<i>Monitoring</i>	83



5.3.1	Entwicklung eines Monitoringkonzeptes	84
6	FAZIT	86
7	QUELLENVERZEICHNIS	87
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	90
9	TABELLENVERZEICHNIS.....	92

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesumweltministerium
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
bspw.	beispielsweise
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DIN	Deutsches Institut für Normung
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
EW	Einwohner
EZFH	Ein-/ Zweifamilienhäuser
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GU	Gemeinschaftsunterkunft
GWh	Gigawattstunden (1.000 MWh)
IEKP	Integriertes Energie- und Klimaprogramm
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
IWV	Ilmenauer Wärmeversorgung
JUZE	Jugendzentrum
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MAP	Marktanreizprogramm
MFH	Mehrfamilienhäuser
MWh	Megawattstunden (1.000 kWh)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
SWI	Stadtwerke Ilmenau
ThEGA	Thüringer Energie- und Green-Tech-Agentur
TMWAT	Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie
UBA	Umweltbundesamt
VWG	Verwaltungsgebäude
WE	Wohneinheiten
WF	Wohnfläche

1 EINLEITUNG UND METHODIK

1.1 Klimaschutzziele

Ziele der Bundesrepublik Deutschland

Die nationalen Ziele zum Klimaschutz sehen bis zum Jahr 2020 eine Reduktion der Treibhausgase um 40 % gegenüber 1990 vor und streben gleichzeitig einen Anteil Erneuerbarer Energien von mindestens 35 % am Bruttostromverbrauch sowie von 18 % am Bruttoendenergieverbrauch an /BMWi und BMU 2010/. Entsprechend dem Energiekonzept der Bundesregierung¹ ergibt sich folgender Entwicklungspfad zur Minderung der Treibhausgasemissionen:

- 55 % bis 2030,
- 70 % bis 2040 und
- 80 % bis 95 % bis zum Jahr 2050 /BMU&BMWi 2010/.

Eine solche deutliche Reduktion der Klimagasemissionen wird nur durch einen Mix unterschiedlicher Maßnahmen zu erreichen sein, die in den so genannten "Meseberger Beschlüssen" zum "Integrierten Energie- und Klimaprogramm" (IEKP) sowie im Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010 festgehalten sind.

Wesentliche Bausteine sind hierbei:

- Verringerung des Energieverbrauchs durch eine verbesserte Energieeffizienz.
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Energieerzeugung.
- Erneuerbare Energien sollen im Jahr 2020 einen Anteil von etwa 18 % am Bruttoendenergieverbrauch erreichen. Bis 2050 strebt die Bundesregierung folgenden Entwicklungspfad an: 30 % bis 2030, 45 % bis 2040 und 60 % bis 2050.
- Bis zum Jahr 2020 soll zunächst der Anteil erneuerbarer Energiequellen an der Stromversorgung auf 35 % steigen. Der weitere Entwicklungspfad gestaltet sich wie folgt: 50 % bis 2030, 65 % bis 2040 und 80 % bis 2050.
- Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung soll bis zum Jahr 2020 zunächst auf 14 % wachsen /IEKP 2007/.

Im Bericht werden die derzeit vorliegenden politischen Zielformulierungen berücksichtigt.

Ziele des Freistaates Thüringen

Mit ihrem energiepolitischen Konzept hat sich die Thüringer Landesregierung das Ziel gesetzt, auch in Zukunft Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit von Energie unter den Vorzeichen der Klima- und Umweltverträglichkeit zu gewährleisten. Hauptaugenmerk der Energiepolitik in Thüringen liegt darin, sowohl einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, als auch

¹ Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010

dafür zu sorgen, dass die Wertschöpfung im eigenen Land generiert wird. Durch die Landesregierung wurden im Eckpunktepapier „Neue Energie für Thüringen“ des Thüringer Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT) im Jahr 2011 die Ziele für 2020 definiert.

Wesentliche Inhalte sind:

- Erhöhung des Anteils der regenerativen Energien am Nettostromverbrauch bis 2020 von derzeit rund 24 Prozent auf 45 Prozent sowie
- Erhöhung des Anteils der regenerativen Energien am Endenergieverbrauch bis 2020 von 18 Prozent auf 30 Prozent.

Unterstrichen wurden die Herausforderungen und Chancen, welche sich aus der Energiewende für Thüringen ergeben, durch Ministerpräsidentin Lieberknecht im März 2011. Die Katastrophe von Fukushima stelle eine energiepolitische Zäsur dar, die einen beschleunigten Ausbau der regenerativen Energien als zwingend notwendig erscheinen lasse. Daraufhin beschloss die Landesregierung die oben genannten Ziele. Vor dem Hintergrund der Umsetzung der ambitionierten Ziele des Freistaats wurde bereits im Jahr 2010 die Thüringer Energie- und Green- Tech- Agentur (ThEGA) als ein zentrales Informations- und Demonstrationszentrum für erneuerbare Energien und grüne Technologien gegründet.

1.2 Grundsätzliche Vorgehensweise

Die Erstellung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes erfolgt in drei Projektphasen und neun Projektmodulen, die im Überblick in der Abbildung 1 dargestellt sind.

In der **ersten Projektphase** werden Ausgangssituation (IST-Analyse) und Perspektiven der Stadt Ilmenau erfasst. Ein ausführlich berücksichtigter Datenbestand ist die Grundlage, um konkrete Ziele zu formulieren und entsprechende Maßnahmen ableiten zu können. Auch die spätere Kontrolle der Wirkung von Maßnahmen erfolgt im Vergleich zur Ausgangssituation.

Zur Erstellung der *Energiebilanz* ist zunächst der Energieverbrauch an Hand von Verbrauchsdaten und Kennzahlen für die Sektoren private Haushalte, landkreiseigene (öffentliche) Liegenschaften, Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) und Verkehr zu ermitteln. Die Ergebnisse werden anschließend mit verfügbaren realen Verbrauchsdaten der Netzbetreiber und Stadtwerke abgeglichen. Darüber hinaus werden die verwendeten Energieträger erhoben, so dass die entsprechende *CO₂-Bilanz* erstellt werden kann. Die Bilanzierung erfolgt für die Jahre von 1990 bis 2010. Die weitere Entwicklung von Energieverbrauch und Energieerzeugung wird unter Berücksichtigung struktureller Einflussfaktoren wie Demographie und Wirtschaft in einem *Trendszenario* bis 2025 abgeschätzt.

In der **zweiten Projektphase** werden zunächst im Trendszenario (weitestgehend unveränderte Rahmenbedingungen) für die einzelnen Verbrauchssektoren *technische Einspar- und Effizienzpotenziale* beim Energieverbrauch aufgezeigt und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit bewertet. Hieran schließen sich Optionen einer veränderten Energiebereitstellung bei den Endverbrauchern an. Unter Beachtung vorhandener Restriktionen werden darüber hinaus Möglichkeiten für den weiteren Ausbau der regionalen Bereitstellung von *Strom und Wärme aus erneu-*

erbaren Energien diskutiert. Aus diesen erschließbaren Energieeffizienz- und Erneuerbaren-Energie-Potenzialen leitet sich das *Potenzial zur CO₂-Reduzierung* ab.

Ausgehend vom Trendszenario gibt es zwei weitere Entwicklungsszenarien. Im *Aktiv-Szenario* werden jene Maßnahmen berücksichtigt, die über das Trend-Szenario hinausgehen und zu erhöhten Energie- und CO₂-Einsparungen beitragen. Im *Perspektiv-Szenario* werden solche Maßnahmen diskutiert, deren Umsetzung ein sehr ambitioniertes energie- und klimapolitisches Handeln erfordern.

Nach Potenzialanalyse erfolgt in der **dritten Projektphase** der Szenarienvergleich. Darauf baut ein konkreter *Maßnahmen- und Handlungskatalog* untergliedert für die einzelnen Verbrauchssektoren auf, der die Aktivitäten zur möglichst effizienten Energienutzung definiert. Wie die Umsetzungskontrolle der festgelegten Maßnahmen und Instrumente erfolgen kann, ist im abschließenden *Monitoringkonzept* beschrieben.

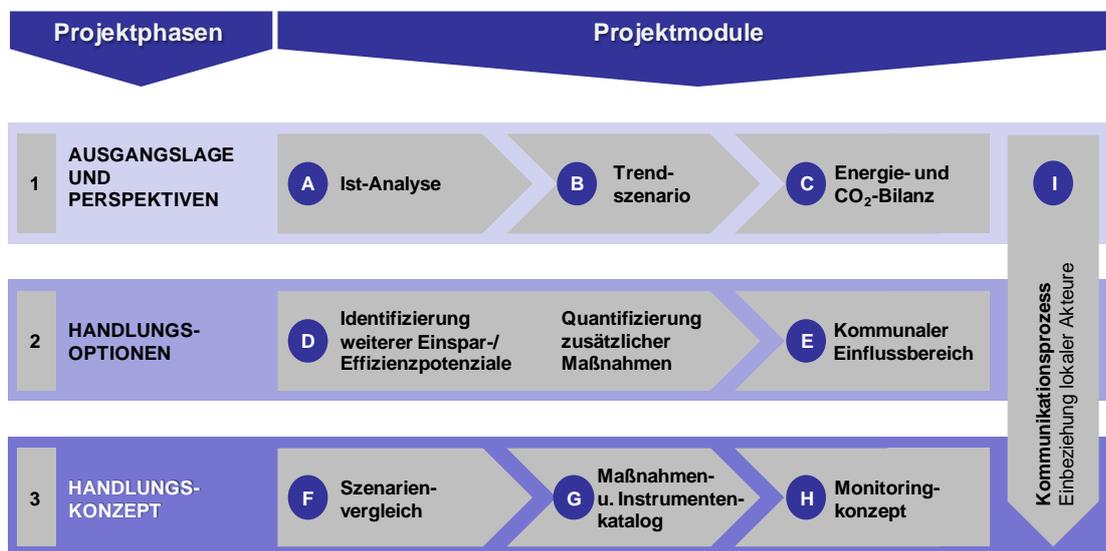


Abbildung 1 Projektstruktur zur Erarbeitung des Energie- und Klimakonzeptes für Ilmenau
Darstellung: IE Leipzig

Der während der Erarbeitung des Energie- und Klimakonzeptes stattgefundenene Kommunikationsprozess bestand aus drei Elementen:

- Interne Kommunikation im Projektteam (5 Projektteamsitzungen)
- Externe Kommunikation (Workshop)
- Präsentation bei einer Bürgerversammlung (Auftaktpräsentation)

Die interne Kommunikation erfolgte arbeitsbegleitend zu den einzelnen Projektmodulen und bezog die an der inhaltlichen Bearbeitung beteiligten Akteure in den Projektteamsitzungen mit ein. Abbildung 2 zeigt den Aufbau des Projektteams, der Projektleitung sowie des Lenkungs-kreises.

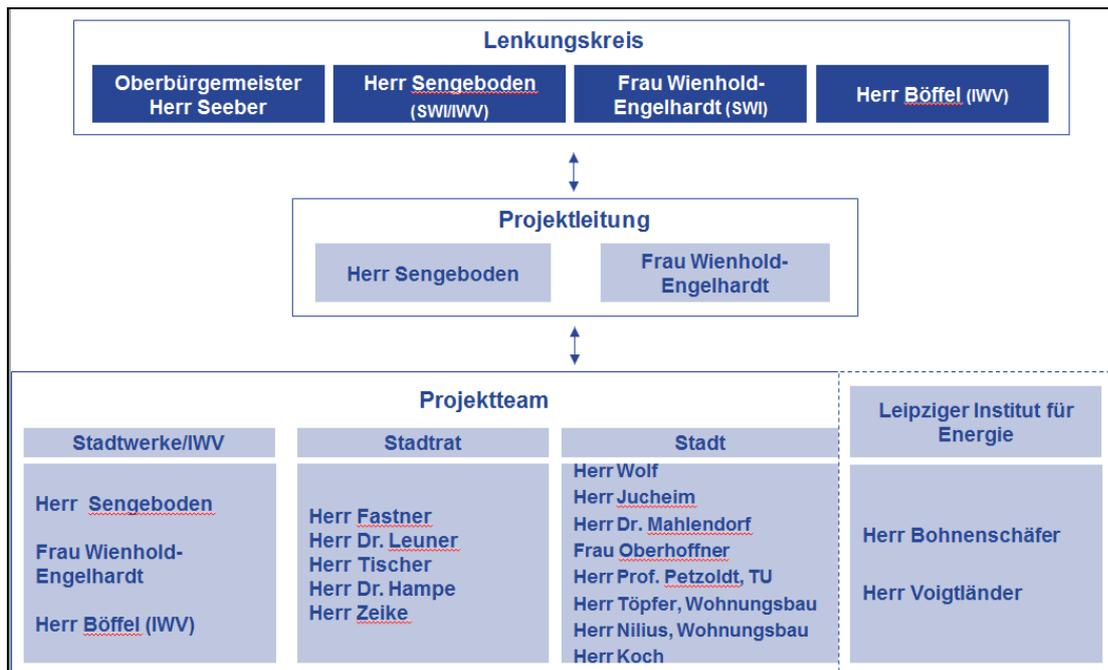


Abbildung 2 Projektstruktur zur Erarbeitung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes
 Quelle: IE Leipzig

2 ENERGIEBILANZ

Die Erfassung der energetischen und damit verbunden emissionsbezogenen Ausgangssituation in Ilmenau ist ein notwendiger Bestandteil von Energiekonzepten (IST-Analyse). Das Verständnis für die gegenwärtige Situation ("Wo stehen wir?" und "Was haben wir bisher erreicht?") ist eine unerlässliche Grundvoraussetzung, um weitergehende Handlungsmöglichkeiten („Wohin werden bzw. wollen wir uns weiterentwickeln?“) identifizieren und in ihrer Wirksamkeit bewerten zu können.

Um das gesamte Energiesystem Ilmenaus in der bisherigen Entwicklung beschreiben zu können, wurde eine Energie- und CO₂-Bilanz im Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2010 erstellt. Die Fortschreibung der Bilanz bis zum Jahr 2025 baut mit dem Trend-, Aktiv- und Perspektiv-Szenario auf drei verschiedenen Entwicklungsprognosen auf.

Das angewandte Modell des IE Leipzig wurde schon vielfach für die Konzepterstellung anderer Städte und Regionen eingesetzt und für die Darstellung Ilmenaus entsprechend angepasst und weiterentwickelt.

2.1 Bilanzierungsmethodik

Zur Ermittlung des **Energieverbrauchs** innerhalb der Stadt Ilmenau wurden seitens der Stadtwerke (SWI) und der Ilmenauer Wärmeversorgung (IWV) die Zahlen für den Strom-, Gas- und Wärmeabsatz von 1991 (Wärme) bzw. 1994 (Strom und Gas) bis 2010 bereitgestellt. Anhand eines Indikatorensystems wurden die Energieverbräuche für die einzelnen Verbrauchssektoren Haushalte, Liegenschaften, Industrie/GHD und Verkehr berechnet. Die realen Verbrauchsdaten wurden zur Plausibilisierung herangezogen und dienten der Kalibrierung des Berechnungsmodells.

Neben Strom und Gas sind auch Festbrennstoffe (u. a. Kohle, Holz), Umweltenergie (u. a. Solarthermie, oberflächennahe Geothermie, Photovoltaik), Heizöl sowie Kraftstoffe von Bedeutung, für die seitens der Statistik nur unzureichend oder kaum regionalisierte Daten vorliegen. Die Verbräuche dieser Energieträger wurden sektorenspezifisch anhand von Indikatoren berechnet, was in den nachfolgenden Betrachtungen jeweils vertieft erläutert wird. Insbesondere bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien konnte für die jüngere Vergangenheit auf die Veröffentlichungen der Netzbetreiber (EEG-Anlagenstammdaten) sowie Daten der Stadtwerke und Ilmenauer Wärmeversorgung zurückgegriffen werden.

Die Energieflüsse des **Umwandlungssektors** sind ebenfalls im Modell hinterlegt und liefern wichtige Informationen zur Höhe der Strom- und Wärmeerzeugung und den damit verbundenen spezifischen Emissionsfaktoren. Die Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger in Ilmenau (Biomasse, Photovoltaik und Wasserkraft) wurde im Bilanzmodell mit berücksichtigt.

Die Bilanzierung der **Klimagasemissionen** bezieht sich ausschließlich auf die CO₂-Emissionen, die durch den Energieeinsatz in den Verbrauchsbereichen in der Stadt freigesetzt werden (energiebedingte CO₂-Emissionen). Vorgelagerte Prozesse im Sinne einer Lebensweganalyse (Ökobilanzierung) wurden nicht betrachtet. Es wurden demnach für fossile Ener-

gieträger die CO₂-Emissionsfaktoren verwendet, wie sie vom Umweltbundesamt veröffentlicht wurden /UBA 2010/. Dem Energieträger Fernwärme konnten aufgrund der bekannten Struktur der Einsatzstoffe (in der Hauptsache Biomasse und Erdgas) standortspezifische Emissionsfaktoren zugeordnet werden. Für die Bestimmung der CO₂-Emissionen des Stromverbrauchs dienen die spezifischen Emissionsfaktoren des deutschen Strommixes² und die lokale Stromerzeugung³. Im Modell werden für die einzelnen Verbrauchssektoren die temperaturbereinigten CO₂-Emissionen für das Basisjahr 1990 in einer Zeitreihe bis 2010 berechnet und dargestellt; dies gilt auch für die Angaben in den Szenarien bis 2025. Für den Verkehr gilt das Territorialitätsprinzip; d. h. es werden die Emissionen der in Ilmenau gemeldeten Fahrzeuge mit ihrer gesamten Jahresfahrleistung bilanziert. Einpendler und der Durchgangsverkehr werden methodisch nicht berücksichtigt.

2.2 Umwandlungssektor

Zur Bestimmung der spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren wurden Art und Umfang der eingesetzten Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung in Ilmenau untersucht.

2.2.1 Datengrundlagen

Die Daten zur Strom- und Wärmeerzeugung konnten seitens der Stadtwerke (SWI) sowie der Ilmenauer Wärmeversorgung (I WV) ab 1991 (Wärme) bzw. 1994 (Strom und Gas) in Zeitreihen bis 2010 bereitgestellt werden. Anhand verschiedener Indikatoren konnten auf Grundlage dieser Absatzzahlen die Verbrauchszahlen für das Jahr 1990 ermittelt werden.

Zur Auswertung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien konnte auf Veröffentlichungen der Netzbetreiber (EEG-Anlagenstammdaten) zurückgegriffen werden.

2.2.2 Entwicklung der Strom- und Wärmeerzeugung

In den frühen 90er Jahren gab es in Ilmenau keine örtlichen Energieerzeugungsanlagen, dies hat sich im Betrachtungszeitraum bis 2010 stark verändert (Abbildung 3). Seit Inbetriebnahme der Gasturbine im Jahr 1995 wird in Ilmenau ein erheblicher Teil des Stroms (in den Jahren nach 1995 je nach Stromverbrauch zwischen 25 und 30 Prozent) regional erzeugt. Die produzierten Strommengen blieben seither relativ konstant und bewegten sich zwischen 26 und 34 GWh. Ein kleiner, aber nicht zu vernachlässigender, Teil von rund 43.000 kWh Strom wird seit 1996 durch die Wasserkraftanlage „An der Sparkasse“ erzeugt, dies entspricht etwa dem Stromverbrauch von 15 Zwei-Personen-Haushalten.

Durch den Bau des Biomasseheizkraftwerks 2005 kam es hinsichtlich der Stromerzeugung zu einem Energieträgerwechsel. In etwa die gleiche Strommenge, welche bis dahin mittels der Gasturbine aus Erdgas erzeugt wurde, wird seither aus Biomasse erzeugt. Biomasse gibt bei

² Die nationale Ebene des Strommarktes für den Strombezug wird deshalb gewählt, weil sich hier das Großhandelsgeschehen maßgeblich abspielt und die Auswertung des Bezugsportfolios der Stadtwerke Ilmenau im Zuge der Projektbearbeitung seitens der Gutachter als nicht praktikabel erachtet wurde. Ähnlich gelagerte Studien anderer Institute verfahren ebenfalls nach dem hier gewählten Ansatz.

³ Gemeint ist die lokale Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger als Koppelprodukt bei der Wärmeerzeugung im Biomasseheizkraftwerk Ilmenau sowie Stromerzeugung aus Wasserkraft und Photovoltaik .

ihrer Verbrennung maximal jene Menge an Kohlendioxid ab, welche sie während ihrer Lebensdauer gespeichert hat und ist daher als klimaneutral zu bezeichnen. Seit 2002 wird in Ilmenau auch Sonnenenergie zur Stromerzeugung mittels Photovoltaikanlagen genutzt. Somit beruht die derzeitige regionale Stromerzeugung Ilmenaus ausschließlich auf den erneuerbaren Energiequellen Biomasse, Wasserkraft und Sonnenenergie. Im Jahr 2010 wurden rund 27 % des Stromverbrauchs regional erzeugt.

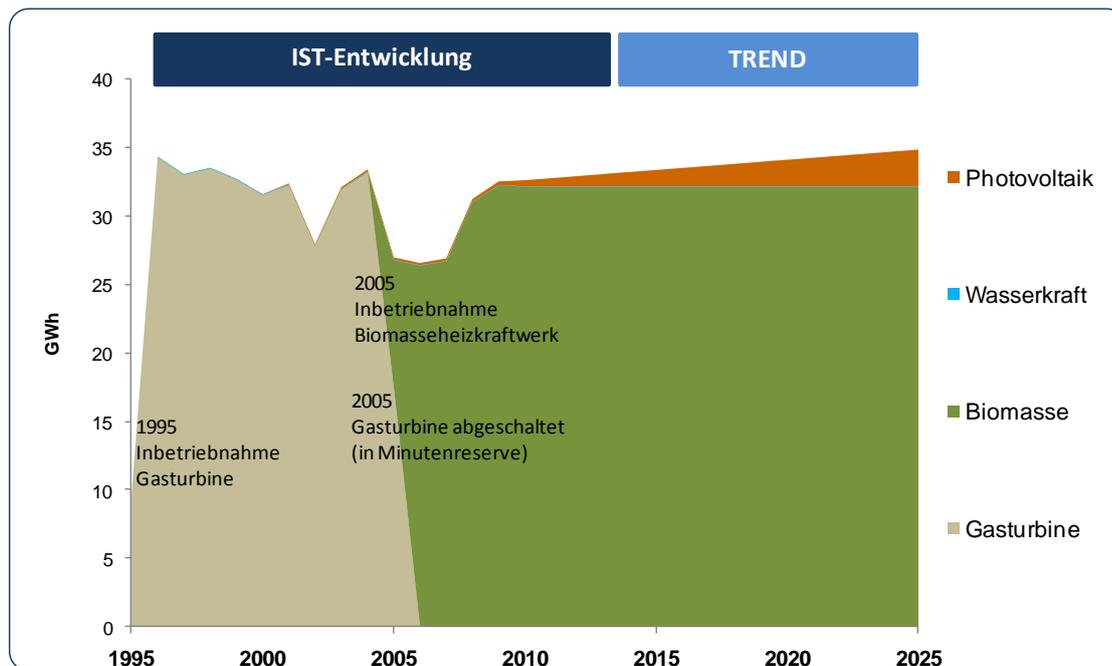


Abbildung 3 Gesamte Stromerzeugung in Ilmenau seit 1995

Quelle: /SWI und IWV 2011/, Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Vor allem im Bereich der Wärmeversorgung für den Mehrfamilienhausbereich sowie die Industrie hat **Fernwärme** in Ilmenau eine besondere Bedeutung. Im Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2010 ist der Wärmeabsatz von 148 GWh auf etwa 98 GWh gesunken, Grund ist in erster Linie die Schließung des Glaswerkes sowie die Teilschließung des Porzellanwerkes im Jahr 1991. Aber auch andere Gründe wie Sanierungsmaßnahmen und Änderungen in der Betriebskostenabrechnung⁴ Anfang der 90er spielen eine wesentliche Rolle.

Wesentliche Veränderungen gab es in den letzten 20 Jahren hinsichtlich der Einsatzstoffe für die Fernwärmeerzeugung. Wurde im Jahr 1990 noch vorwiegend Braunkohle und schweres Heizöl eingesetzt, ersetzt nach 1992 Erdgas sowie ein erhöhter Anteil an Heizöl die Braunkohle. Nach 2000 erfolgte die Erzeugung fast ausschließlich mittels des Energieträgers Erdgas. Ein weiterer positiver Schritt hinsichtlich klimafreundlicher Fernwärmeerzeugung erfolgte im Jahr 2005 mit dem Bau des Biomasseheizkraftwerkes. Rund zwei Drittel der Fernwärme werden seither durch Biomasse produziert, der Rest weiterhin durch Erdgas sowie einen kleinen Anteil an Heizöl (Abbildung 4).

⁴ Bis 1994 wurden die Nebenkosten der Mieter pauschal abgerechnet, danach dann zumindest teilweise verbrauchsbedingt. Durch diese Änderung wurde das Nutzerverhalten der Mieter stark beeinflusst und spiegelte sich in einem geringeren Wärmeverbrauch wieder.

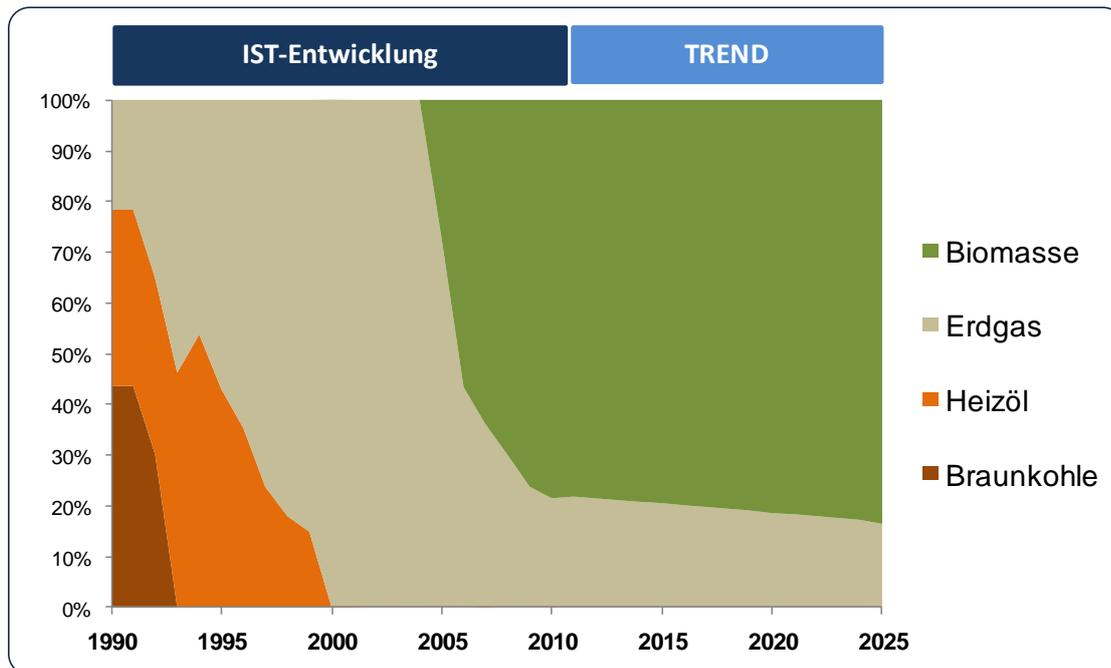


Abbildung 4 Einsatzstoffe zur Fernwärmeerzeugung in Ilmenau

Quelle: /IWW 2011/, Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Im Trend wird davon ausgegangen, dass die Menge an eingesetzter Biomasse etwa gleich bleibt. Da aber im Gegenzug der Fernwärmeverbrauch leicht sinkt, sinkt auch der Anteil an eingesetztem Erdgas. Prozentual gesehen wird daher im Trend der Anteil an eingesetzter Biomasse zu Lasten des Erdgases von 78 auf 83 % steigen.

2.2.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Hinsichtlich der CO₂-Emissionen des Umwandlungssektors sind Erzeugungsstruktur und der Energieträgereinsatz bedeutend. Wird ausschließlich Strom *oder* Wärme erzeugt, so sind die CO₂-Emissionen dem jeweiligen Sektor zuzuordnen. Werden beide Produkte in einem gekoppelten Prozess (Kraft-Wärme-Kopplung, KWK) erzeugt, werden die freigesetzten CO₂-Emissionen nach der *Strom-Restwert-Methode* anteilmäßig berücksichtigt. Dabei wird von den errechneten CO₂-Emissionen der KWK-Anlage eine Gutschrift für die Wärmeerzeugung abgezogen, die alternativ bei der Erzeugung der gleichen Wärmemenge in einem Heizkessel entstehen würde.

Zur Bestimmung des spezifischen CO₂-Faktors des Stroms für Ilmenau wurden im ersten Schritt Daten zu importierten Strommengen sowie zur Eigenerzeugung inklusive der Einsatzstoffe herangezogen und ausgewertet. Der CO₂-Faktor des deutschen Strommix wird durch das Umweltbundesamt veröffentlicht /UBA 2010/. Im zweiten Schritt wurde der Emissionsfaktor der lokalen Stromerzeugung bestimmt, die nötigen Daten hinsichtlich der Einsatzstoffe wurden seitens der Stadtwerke (SWI) und der Ilmenauer Wärmeversorgung (IWW) geliefert. Aus den nun vorliegenden Strommengen und Emissionsfaktoren konnte im letzten Schritt der spezifische Emissionsfaktor des in Ilmenau verbrauchten Stroms berechnet werden.

Ausgehend vom Niveau des deutschen Strommixes im Jahr 1990 ist der **spezifische Emissionsfaktor des Stroms** in Ilmenau durch umweltfreundlichere Eigenerzeugung aus Erdgas ab

dem Jahr 1995 unter das Niveau des deutschen Faktors gesunken. Durch die Inbetriebnahme und die damit verbundene Umstellung der Stromerzeugung auf Basis klimaneutraler Biomasse ist ein deutlicher Rückgang auf 411 kg CO₂ je MWh zu erkennen. Im Trend wird davon ausgegangen, dass der spezifische Emissionsfaktor für den in Ilmenau verbrauchten Strom weiter etwa proportional zum deutschen Mix sinkt und im Jahr 2025 rund 364 kg CO₂/MWh beträgt (Abbildung 5).

Durch die Umstellung der Einsatzstoffe zur Fernwärmeerzeugung von Braunkohle auf Erdgas und nach 2005 zum größten Teil auf Biomasse ist der **spezifische Emissionsfaktor der Fernwärme** im Zeitraum 1990 bis 2010 von 496 kg CO₂ je MWh auf 94 kg CO₂ je MWh zurückgegangen. Bis 2025 wird eine weitere Reduzierung aufgrund des erwarteten zurückgehenden Fernwärmeabsatzes (und dem damit verbundenen steigenden Anteil von Biomasse an der Wärmeerzeugung auf 75 kg CO₂ je MWh erwartet (Abbildung 5).

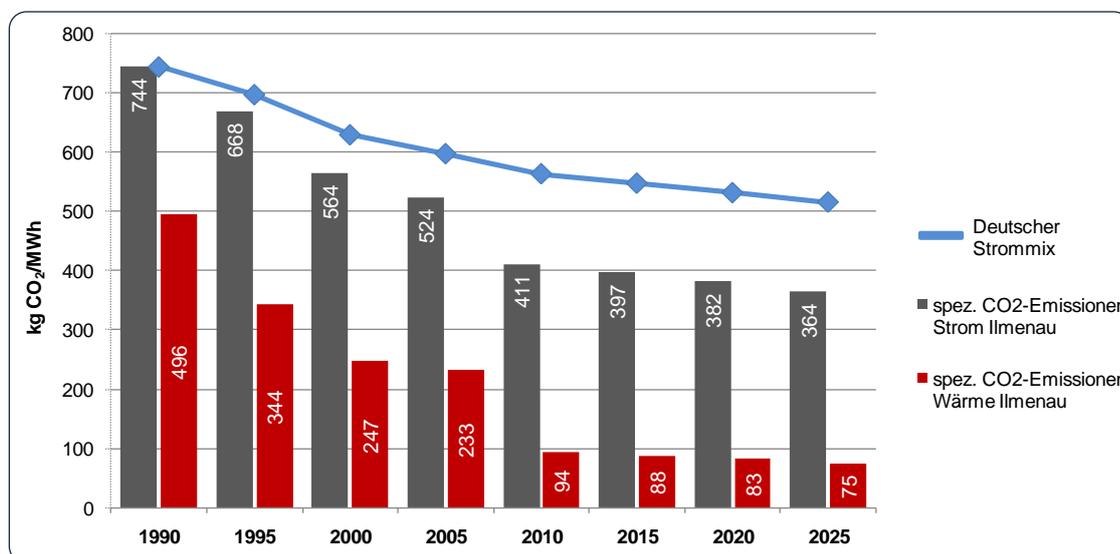


Abbildung 5 Spezifische CO₂-Emissionen für Strom und Fernwärme in Ilmenau
Quelle: IE Leipzig

2.3 Sektor Private Haushalte

Zur Ermittlung des Endenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen im Wohnungsbestand werden Raumwärmebereitstellung, Warmwasserbereitung, Nahrungszubereitung und Strombedarf für Elektrogeräte getrennt betrachtet. Zusätzlich zu diesen Anwendungsarten werden der Energiebedarf und die CO₂-Emissionen nach Energieträgern aufgeschlüsselt.

Die Herangehensweise bei der Berechnung des Raumwärmebedarfs umfasst die statistische Erfassung der energiewirksamen (bewohnten) Wohnfläche und die Zuordnung entsprechender Energiekennwerte (spezifischer Heizwärmebedarf). Bei der Trinkwarmwasserbereitung werden der durchschnittliche Warmwasserbedarf pro Einwohner (Besonderheit bei Nebenwohnsitzen: zwei Nebenwohnsitze entsprechen in der Berechnung einem Hauptwohnsitz) und typische Vor- und Rücklauftemperaturen herangezogen. In beiden Bereichen gehen jeweils

die spezifischen Nutzungsgrade der Anlagentechnik und des Energieträgers mit ein. Grundlage für die Aufstellung des Energiebedarfs für die Nahrungszubereitung und für Elektrogeräte bilden die spezifischen Geräteverbräuche und der durchschnittliche Ausstattungsbestand je Haushalt. Für die Berechnung des Energieverbrauchs und den damit verbundenen CO₂-Emissionen der Privaten Haushalte ist eine Reihe von Detailinformationen unerlässlich:

Strukturdaten:

Bevölkerungszahl und Bevölkerungsprognose, Anzahl der (bewohnten) Wohnungen, Anzahl der Gebäude nach Ein-/Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern, Gebäudealter, spezifische Wohnflächen, Struktur der Heizsysteme

Kennwerte:

typische Nutzungs- und Wirkungsgrade der Heizsysteme, Verbrauchsstruktur der Haushalte nach Anwendungsbereichen für Strom und Wärme, flächenspezifischer Energieverbrauch der Wohngebäude (Gebäudetypologie)

2.3.1 Datengrundlagen

Die Bevölkerungsanzahl Ilmenaus verringerte sich im Zeitraum 1990 bis 2010 von 30.211 auf 26.022 Einwohner /Statistik Thüringen 2011/. Dieser Rückgang um 4.189 Einwohner entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Bevölkerungsabnahme um 0,7 %.

Für die Projektion der **Bevölkerungsentwicklung** im Trendszenario wurde die Prognose des Statistischen Landesamtes Thüringen herangezogen (Abbildung 6). Da diese Prognose nur bis zum Jahr 2020 reicht, wurde die weitere Entwicklung bis 2025 auf Grundlage der prognostizierten Senkungsrate von 2010 bis 2020 berechnet. Im Rahmen des Energie- und Klimakonzeptes wurde für alle drei Szenarien im Jahr 2025 eine Bevölkerung von **24.390 Einwohnern** angenommen.

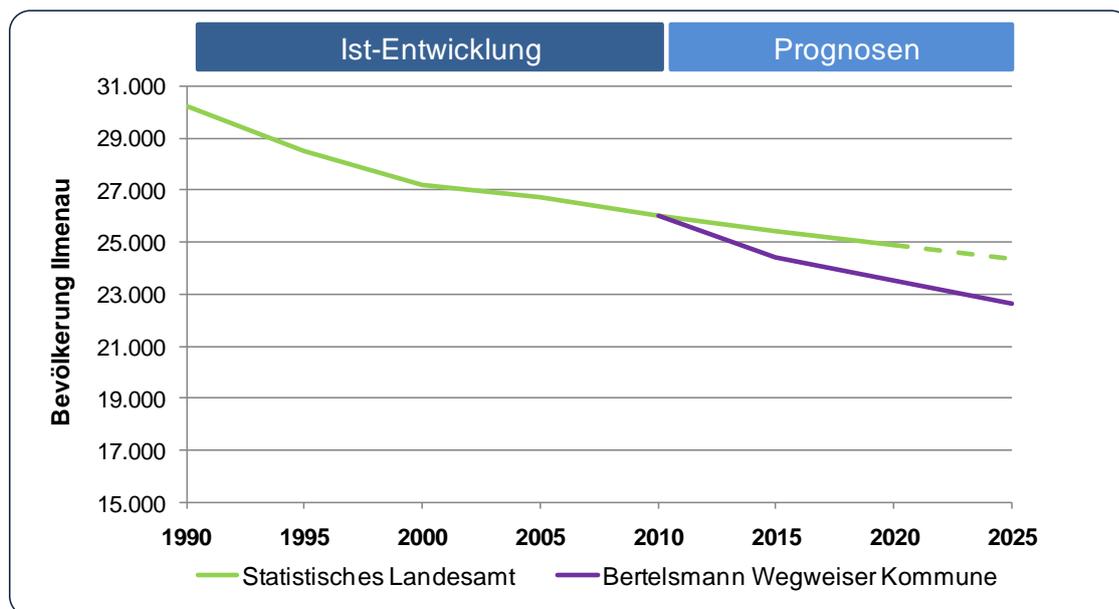


Abbildung 6 *Bevölkerungsentwicklung und Prognose Ilmenaus von 1990 bis 2025*
 Quelle: /Statistik Thüringen 2011/, /Wegweiser Kommune 2011/, Darstellung: IE Leipzig

Die **Wohnungsbedarfsprognose**, welche als Zielgröße die Ermittlung der energieverbrauchswirksamen Wohnfläche hat, orientiert sich an

- der erwarteten Einwohnerzahl,
- der Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße,
- der unterstellten Wohnungsversorgungsquote und
- der Entwicklung der durchschnittlichen Fläche pro Wohnung.

Trotz des Bevölkerungsrückgangs sowie einer, nach Einschätzung der Wohnungsbau-gesellschaften, steigenden Leerstandsquote steigt die Anzahl der bewohnten Wohneinheiten, da die Zahl der Einwohner je Wohneinheit deutlich abnimmt. Lebten im Jahr 1990 noch rund 2,5 Personen je Wohneinheit, waren dies im Jahr 2010 bereits weniger als 2 Personen. Grund dafür ist der weitere Anstieg des Anteils von Ein-Personen-Haushalten und ältere Menschen bleiben meist (auch allein) in ihren „zu großen“ Wohnungen /Öko-Institut & Prognos 2009/. Neben einem erhöhten Komfortbedarf (besonders im Neubau) sind dies die wichtigsten Ursachen des Anstiegs der spezifischen Wohnungsgröße. Der daraus resultierende Wohnflächenbedarf wurde über eine Fortschreibung der durchschnittlichen Wohnfläche berechnet (Tabelle 1).

Tabelle 1 *Datengrundlagen für die Wohnungsbedarfsprognose in Ilmenau*

Quelle: IE Leipzig

	IST	Trend			
		1990	2000	2010	2025
Einwohner	[EW]	30.211	27.176	26.022	24.390
Bewohnte Wohnungen	[WE]	11.993	12.994	13.436	13.630
Einwohner je Wohneinheit	[EW/WE]	2,52	2,09	1,94	1,79
Wohnfläche je Einwohner	[m ² /EW]	26,0	32,7	35,9	38,9
Bewohnte Wohnfläche	[100m ²]	7.860	8.890	9.350	9.490

Zur Ermittlung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte ist die Kenntnis über die Baualterstruktur der Wohngebäude notwendig. Eine Unterteilung des Wohnungsbestandes nach Baualterklassen erfolgt auf Basis

- der Fortschreibung der statistischen Daten der Gebäudewohnungszählung 1995 (statistisches Landesamt Thüringen)
- der Baufertigstellung in Ilmenau (ebenfalls statistische Auswertung des Statistischen Landesamtes Thüringens).

Hauptschwerpunkte des Wohnungsbestandes bilden die Wohngebäude, welche vor 1918 sowie zwischen 1949 und 1981 gebaut wurden. Insbesondere in den ersten Jahren nach der

Widervereinigung wurde ein Großteil der Gebäude saniert, dennoch besteht auch in Ilmenau weiterhin ein Bedarf an energetischen Sanierungen, wobei für die Gebäude vor 1918 eventuell denkmalschutzrechtliche Aspekte berücksichtigt werden müssen. Mit Blick auf die Potenzialermittlung zur Energieeinsparung durch Gebäudesanierung kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Vielzahl von Gebäuden eine Sanierung aufgrund ihres Alters geboten ist. Dieser theoretische Blick konnte durch eine Exkursion der Gutachter in Ilmenau bestätigt werden.

Zur Berechnung des Raumwärmebedarfs wurde jeder Baualterklasse ein spezifischer Heizwärmebedarf (ohne Warmwasserbereitung) zugeordnet /IWU 2007/ & /ZfUB 2009/. Um Veränderungen dieses Kennwertes seit 1990 abzubilden, werden im Modell Sanierungen an der Gebäudehülle berücksichtigt. Dies geschieht mit Hilfe des Parameters der energetischen Sanierungsrate, die angibt, wie hoch der Anteil am Gebäudebestand jährlich ist, der vollständig wärmedämmend wird. Dabei handelt es sich um eine „statistische“ Größe: In der Realität werden Gebäude häufig nicht vollständig modernisiert, sondern es wird eine entsprechend größere Anzahl teilmodernisiert. Zudem sind die Modernisierungsraten für einzelne Teilsanierungen unterschiedlich (Fenster werden z. B. häufiger ausgetauscht als Kellerdecken gedämmt). Die im Modell hinterlegten Teilsanierungen beziehen sich auf Außenwände, Fenster, Dach und Kellerdecke und weisen in Bezug auf die Vollsanierung eine prozentual herabgestufte Sanierungseffizienz auf. Insofern handelt es sich bei dem Parameter Sanierungsrate nicht um eine tatsächliche, sondern nur um eine „äquivalente“ Vollsanierungsrate. Die Sanierungseffizienz einer Vollsanierung orientiert sich an einem zweiten Parameter, dem Zielwert der Sanierung. Dieser Wert repräsentiert den im Mittel über alle Gebäude resultierenden spezifischen Raumwärmebedarf nach einer Sanierung. Je niedriger dieser Zielwert gewählt ist, desto höher ist die Sanierungseffizienz, aber desto höher sind auch die Investitionskosten. Da es zu keiner der erforderlichen Eingangsgrößen (spezifischer Raumwärmebedarf im Jahr 1990, Sanierungsraten und Sanierungseffizienz) belegbare regionale Daten für die verschiedenen Baualterklassen und Gebäudearten (EZFH und MFH) gibt, werden unterschiedliche Quellen herangezogen, um möglichst realitätsnahe Abschätzungen zu treffen: /dena 2011/, /BMW 2011/ und /ZUB 2009/. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass es seit 1992 in den neuen Bundesländern eine „Sanierungswelle“ mit Raten von 3 bis 4 % pro Jahr gab, die sich in den Folgejahren abschwächte. Weiterhin konnte durch Vorortbegutachtungen festgestellt werden, dass ein erheblicher Anteil des Gebäudebestandes teilmodernisiert wurde. In Abbildung 7 ist der gewichtete Mittelwert des spezifischen Raumwärmebedarfs über alle Gebäudealterklassen nach Gebäudearten dargestellt. Die prozentuale Veränderung bezieht sich auf einen gewichteten Mittelwert von EZFH und MFH. Der moderate Rückgang im Trend liegt darin begründet, dass sich die Sanierungsrate an den deutschen Bundesdurchschnitt von 1 % pro Jahr angleicht.

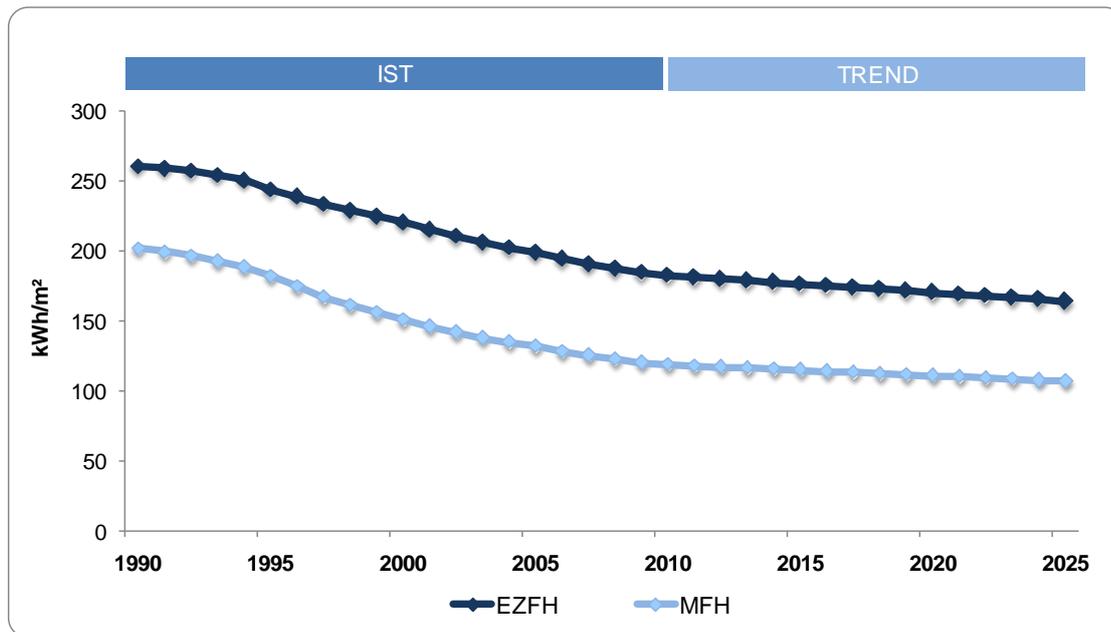


Abbildung 7 Spezifischer Raumwärmebedarf über alle Baualterklassen nach Gebäudeart in Ilmenau

Quelle: IE Leipzig

Für die Aufteilung des endenergetischen Verbrauchs auf die einzelnen Energieträger ist eine möglichst genaue Kenntnis der Struktur der Heizungssysteme (inkl. Warmwasserbereitung) notwendig. Die Verteilung der Energieträger wurde daher auf Basis:

- der Anzahl der Wohnungen nach Heizenergieträgern der Gebäude- und Wohnungszählung 1995 /Statistik Thüringen 1996/,
- der Anzahl der Wohnungen nach Heizenergieträgern für die Jahre 1998 bis 2004 /IE Leipzig 2005/,
- der Anlagenzahlen des Biomasseatlas für die Jahre 2001 bis 2011 /Biomasseatlas 2011/,
- der Anlagenzahlen des Solaratlas für die Jahre 2001 bis 2011 /Solaratlas 2011/,
- der vorwiegenden Art der Heizenergie der Baufertigstellungen ab 1995 /Statistik Thüringen 2011/ und
- der Stromabsatzdaten für Wärmepumpen im Wärmepumpentarif und Nachtspeicherheizungen /SWI 2011/

bestimmt und im Trendszenario fortgeschrieben.

Im Betrachtungszeitraum 1990 bis 2010 sowie im Trendszenario bis 2025 sind folgende Entwicklungen zu beobachten bzw. werden erwartet (Abbildung 8):

1990 betrug der Anteil der Kohle an der Heizwärmebereitstellung noch etwa 30 %. Nach der Wiedervereinigung sank dieser Anteil besonders in den 90er Jahren stark ab, heute sind in Ilmenau nur noch vereinzelt Kohleöfen in Betrieb. Der Energieträger Kohle wurde im Betrachtungszeitraum fast vollständig durch Erdgas, zum kleineren Teil aber auch durch Heizöl, er-

setzt. Wurden im Jahr 1990 nur rund 22 % der Wohnungen mittels Erdgas beheizt, stieg dieser Anteil in den 90er Jahren stark bis auf 37 % an, danach erfolgte durch Ausbaumaßnahmen ein weiterer konstanter Anstieg auf bis zu 44 % (also eine Verdopplung gegenüber 1990) im Jahr 2010. Allgemein bleibt festzuhalten, dass im Mehrfamilienhausbereich vorwiegend mittels Fernwärme und im Ein- und Zweifamilienhausbereich zum größten Teil mit Erdgas geheizt wird.

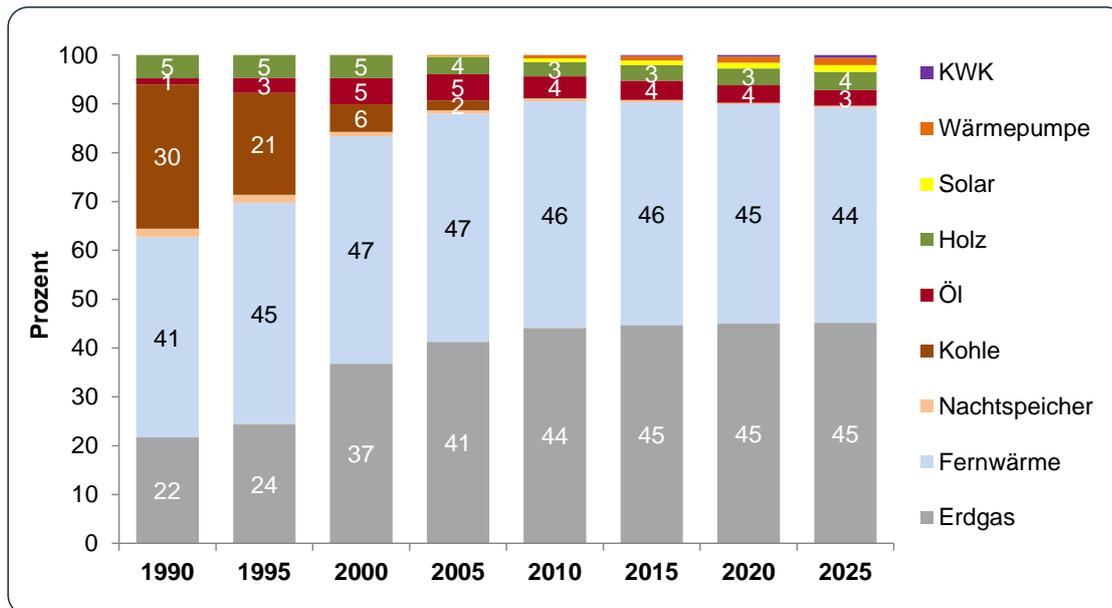


Abbildung 8 Struktur der Heizsysteme im Wohnungsbestand nach Energieträgern in Ilmenau von 1990 bis 2010 sowie im Trend bis 2025

Quelle: IE Leipzig

Im Trendszenario bis 2025 zeigt sich, dass die Anteile an mit Erdgas und Fernwärme beheizten Wohnungen relativ konstant bleiben und somit weiterhin die dominierenden Heizsysteme darstellen. Hinzu kommt, dass auch die regenerativen Heizsysteme wie Wärmepumpe und Solarthermie zukünftig an Bedeutung gewinnen und im Jahr 2025 einen Anteil an den Heizsystemen von rund 3 % erreichen werden. Der Ausbau von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen wurde in Absprache mit dem Projektteam mit unter einem Prozent im Jahr 2025 vor allem aufgrund der Konkurrenz zur Fernwärme als sehr konservativ eingeschätzt.

Der Endenergieverbrauch des Sektors private Haushalte setzt sich – neben der Raumwärmeerzeugung- und der Warmwasserbereitung – zusätzlich aus der Nahrungszubereitung und dem Stromverbrauch der Elektrogeräte zusammen. Diese beiden Bereiche werden im Energie- und Klimagasmodell über die Ausstattungsbestände der Haushalte mit derartigen Geräten abgebildet. Bei der Ermittlung des Endenergieverbrauches fließen auch hier technische Weiterentwicklungen (spezifische Verbrauchsreduzierungen) mit ein. Datengrundlage für Nutzungsgrade, spezifische Geräteverbräuche und Ausstattungsbestände werden der Studie /Öko-Institut und Prognos 2009/ entnommen und ggf. durch eigene Berechnungen und Abschätzungen erweitert.

2.3.2 Entwicklung des Energieverbrauchs

Der gesamte Endenergieverbrauch der Haushalte ist im Analysezeitraum 1990 bis 2010 um 18,5 % bzw. 50 GWh zurückgegangen (Abbildung 9). Gründe hierfür sind Sanierungsmaßnahmen, die deutlich zurückgegangene Einwohnerzahl sowie die Umstellung bei der Betriebskostenabrechnung Anfang der 90er, welche zu einer Bewusstseinsänderung der Mieter hinsichtlich des Energieverbrauchs führte. Im Trendszenario bis 2025 wird eine weitere Absenkung des Endenergieverbrauchs um knapp 11 % bzw. 23 GWh gegenüber 2010 erwartet. Hauptursachen hierfür werden weitere Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand und der damit verbundene Rückgang des Raumwärmebedarfs sowie die rückläufige Bevölkerungsentwicklung bis 2025 sein.

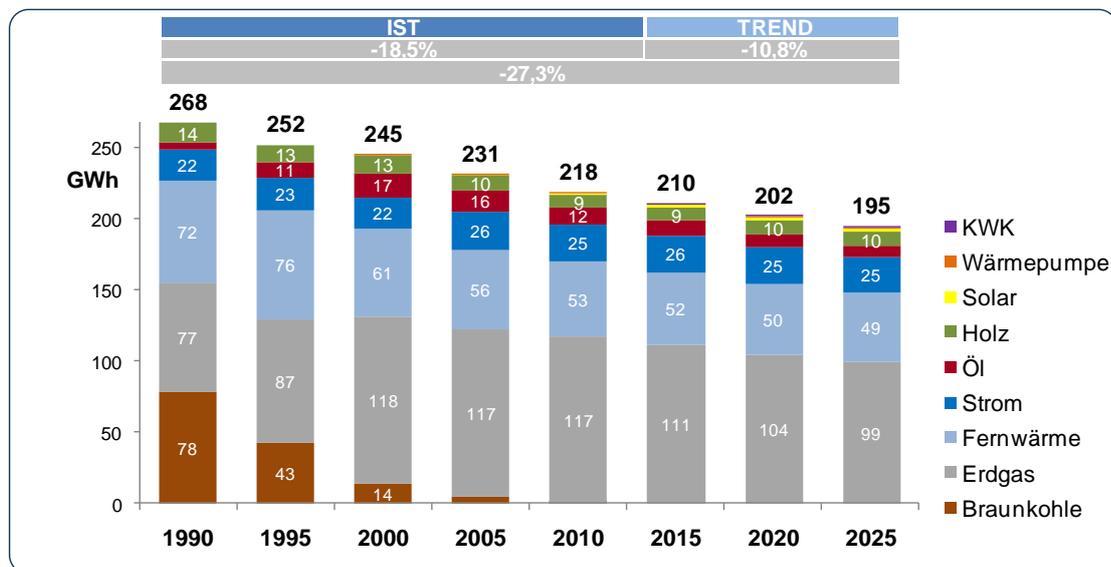


Abbildung 9 Endenergieverbrauch privater Haushalte nach Energieträgern in Ilmenau

Quelle: IE Leipzig

Bei Betrachtung der **Energieträgerstruktur** wird deutlich, dass Braunkohle als Energieträger im Jahr 1990 den größten Anteil am Endenergieverbrauch im Haushaltssektor hatte, dies änderte sich in den Jahren darauf gravierend. Bereits zehn Jahre später, im Jahr 2000, war der Anteil der Braunkohle deutlich geringer, der Endenergieverbrauch ist seither durch die Energieträger Erdgas und Fernwärme geprägt (Abbildung 9).

Einerseits ist die Entwicklung des Endenergieverbrauchs bei Heizöl, Erdgas und Fernwärme abhängig von der jeweils vorherrschenden Struktur der Heizungssysteme, die wiederum u. a. von der vorhandenen Infrastruktur für Erdgas und Fernwärme beeinflusst wird. Andererseits ist im Bereich des Stromverbrauchs eine zunehmende Ausstattung mit Elektrogeräten zu beobachten, jedoch werden die Geräte für sich genommen immer energieeffizienter. Heizungssysteme auf Basis regenerativer Energieträger werden vor allem im Neubau installiert. Auf Grund des durch die zurückgehende Einwohnerzahl nur moderaten Zubaus steigt der Anteil solcher Systeme nur langsam an.

Die Kenntnis der Verbrauchsstruktur nach Anwendungsbereichen liefert weitere wichtige Informationen zur Aufteilung des endenergetischen Verbrauchs (Abbildung 10). Vor allem im

Hinblick auf spätere Wirkungsabschätzungen von Einsparmaßnahmen sind folgende Aspekte von Bedeutung:

Beim Endenergieverbrauch der Privaten Haushalte überwiegt die Anwendung Raumwärme, deren Anteil am Endenergieverbrauch im Jahr 2010 in Ilmenau ca. 83 % beträgt. Daher sind im Bereich der effizienteren Wärmenutzung der Wohngebäude (Steigerung der Qualität des energetischen Zustandes) bedeutende Potenziale zur Energie- und Emissionsminderung zu erwarten.

Der Anteil des Endenergieverbrauchs für Elektrogeräte und Nahrungszubereitung stieg im Analysezeitraum hingegen kontinuierlich an: Sind im Jahr 1990 noch ca. 4 % des Endenergieverbrauchs darauf entfallen, waren es im Jahr 2010 ca. 8 %. Dies lässt sich vorrangig mit zunehmenden Ausstattungsbeständen in den Haushalten begründen. Die Nutzung effizienter Neugeräte sowie die Einwohnerentwicklung werden den weiter steigenden Ausstattungsgrad in den Wohnungen kompensieren, sodass der Energieverbrauch der Elektrogeräte im Trend etwa konstant bleiben wird.

Der Energieverbrauch zur Warmwasserbereitstellung wird aufgrund der Einwohnerentwicklung bis 2025 leicht sinken.

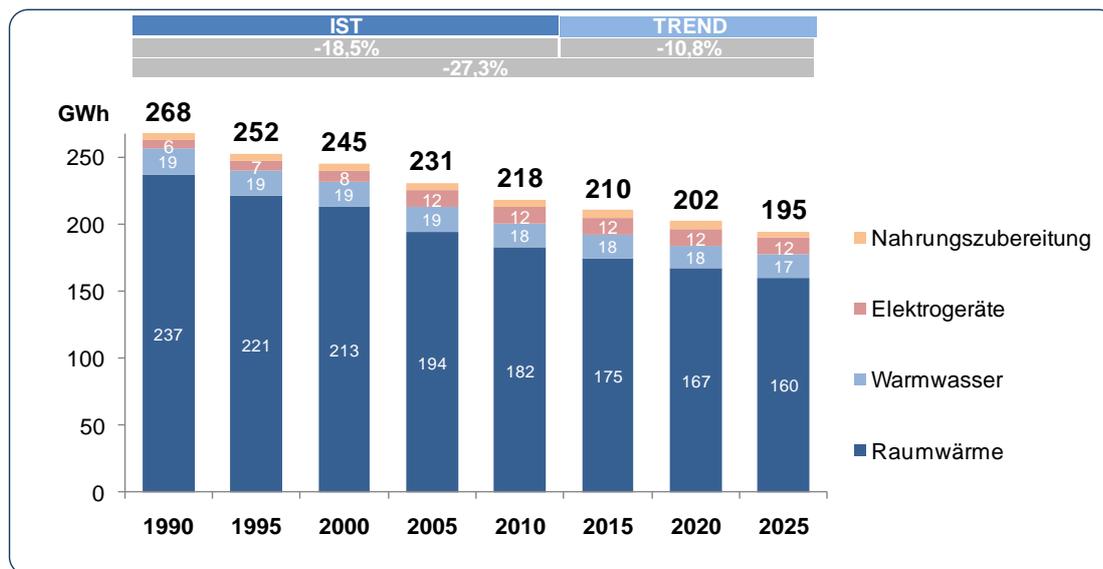


Abbildung 10 Entwicklung des Endenergieverbrauchs des Sektors Private Haushalte in Ilmenau nach Verbrauchssektoren

Quelle: IE Leipzig

2.3.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Bei Betrachtung der Entwicklung der CO₂-Emissionen im Sektor Private Haushalte fallen zunächst drei größere Sprünge auf (Abbildung 11), jeweils in den Jahren 1995, 2000 und 2010. Hauptgründe dafür sind:

- der Energieträgerwechsel in den frühen 90er Jahren weg von der Braunkohle hin zu Erdgas und die damit umweltfreundlichere Wärmeerzeugung,

- die lokale Strom- und Fernwärmeerzeugung fast ausschließlich mittels umweltfreundlichem Erdgas ab 1995, sowie
- der Bau des Biomasseheizkraftwerkes im Jahr 2005, wodurch ein Großteil der Eigenstrom- und Fernwärmeproduktion klimaneutral erfolgt.

Insgesamt sind die Emissionen durch die genannten Gründe um über 55 % von 95.000 t CO₂ im Jahr 1990 auf 42.000 t CO₂ im Jahr 2010 zurückgegangen. Im Trend wird von weiter sinkenden Emissionen ausgegangen. Gründe hierfür liegen vorwiegend im immer emissionsärmer werdenden deutschen Strommix (siehe Abschnitt 2.2.3) durch den Ausbau der erneuerbaren Energien in der Bundesrepublik sowie einem sinkenden Erdgasverbrauch in den privaten Haushalten in Ilmenau bis 2025.

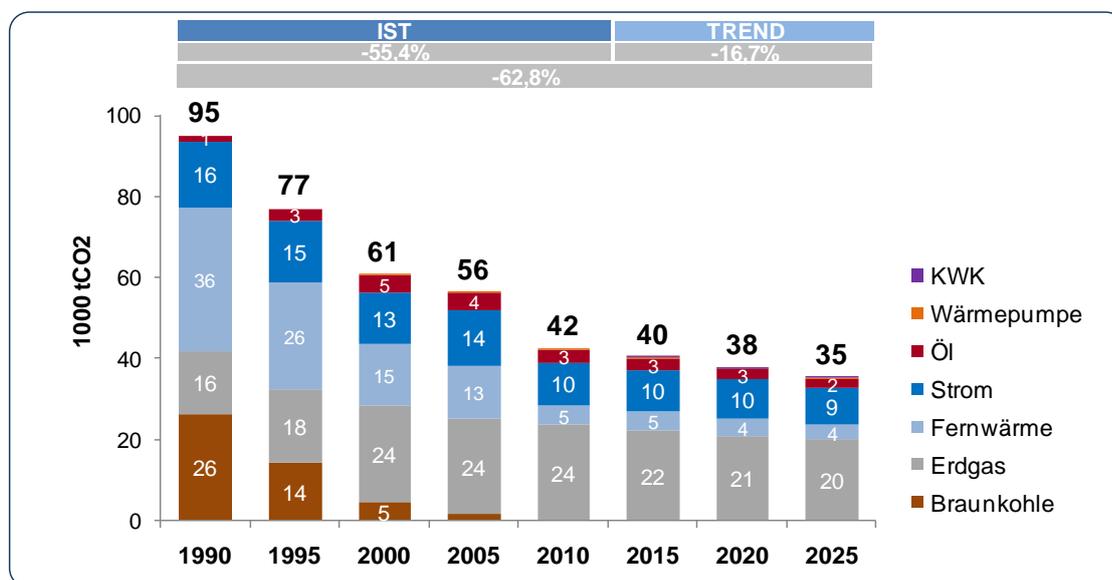


Abbildung 11 CO₂-Emissionen privater Haushalte nach Endenergieträgern in Ilmenau
Quelle: IE Leipzig

2.4 Sektor Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

2.4.1 Datengrundlagen

Methodisch wurden der Sektor Industrie sowie der Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) zusammengefasst, da hierfür die amtliche Statistik den Indikator „sozialversicherungspflichtig Beschäftigte“ bereitstellt. Andere Untersuchungen des IE Leipzig haben gezeigt, dass zwischen der Entwicklung der Beschäftigten und der Entwicklung des Energieverbrauchs eine sehr hohe Signifikanz besteht. Ausgehend von diesen Größen wurden weitere Informationen in die Berechnungen einbezogen:

Strukturdaten:

- Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen
- Sonderauswertung prozentuale Verteilung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigte im Produzierenden Gewerbe

Kennwerte:

- Verbrauchsstruktur nach Anwendungsbereichen
- Energieverbrauch je Beschäftigten (Brennstoffeinsatz und Stromverbrauch je Beschäftigtem)
- Prozentuale Verteilung der Energieträger nach Wirtschaftsbereichen
- spezifische CO₂-Emissionen der verschiedenen Energieträger
- Entwicklung der Beschäftigten

Seitens der Bundesagentur für Arbeit konnten verlässliche Daten zur Beschäftigungsstruktur in Ilmenau erst ab dem Jahr 1995 geliefert werden, zur Bestimmung der Zahlen für 1990 waren also weitläufigere Recherchen und Annahmen notwendig. Maßgeblich für die bedeutend höhere Anzahl an Beschäftigten im Jahr 1990 ist die Teilschließung des Glaswerkes „Am Vogelherd“ sowie die Schließung des Porzellanwerkes zu Beginn der 90er Jahre, bis zu 4.800 Beschäftigte im Produzierenden Gewerbe verloren dadurch ihren Arbeitsplatz. Insgesamt ist die Zahl der Beschäftigten von rund 15.500 im Jahr 1990 um über 39 % auf 9.436 im Jahr 2010 gesunken. Im Vergleich zum Ausgangsjahr sind besonders die Zahlen der Beschäftigten in den Bereichen Baugewerbe und Produzierendes Gewerbe stark zurückgegangen (Abbildung 12)

Grundsätzlich handelt es sich bei den vorliegenden Berechnungen um Prognosen. Wie schwer die wirtschaftliche Entwicklung prognostizierbar ist, zeigen die aktuellen Entwicklungen an den europäischen und weltweiten Finanzmärkten. Deshalb werden hauptsächlich nur langfristige Tendenzen in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt. Grundlage für die Fortschreibung der Entwicklung der Beschäftigtenzahlen sind zunächst deutschlandweite Prognosen in Anlehnung an /Öko-Institut und Prognos 2009/ und /AK ER 2011/.

Insgesamt ist in Ilmenau nicht zuletzt aufgrund der rückläufigen demographischen Entwicklung von einem Rückgang der Beschäftigten auszugehen. Grundsätzliche, bundesdeutsche Trends wurden in der Fortschreibung berücksichtigt, wie: Der Trend zur Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft wird, wie bereits in den letzten Jahren, langfristig anhalten. Während im GHD-Bereich weiterhin mit einem Wachstum zu rechnen ist, wird sich die Beschäftigung im Verarbeitenden Gewerbe weiter reduzieren. Es ist ebenfalls mit einem weiteren Rückgang der Beschäftigten im Bereich Land- und Forstwirtschaft sowie im Baugewerbe zu rechnen. Parallel zum deutschlandweiten Trend wird auch im vorliegenden Szenario nur im Wirtschaftszweig Gewerbe, Handel und Dienstleistungsunternehmen von einem leichten Wachstum ausgegangen. Insgesamt ist ein Rückgang der Beschäftigten in Ilmenau bis 2025 um 4 % prognostiziert.

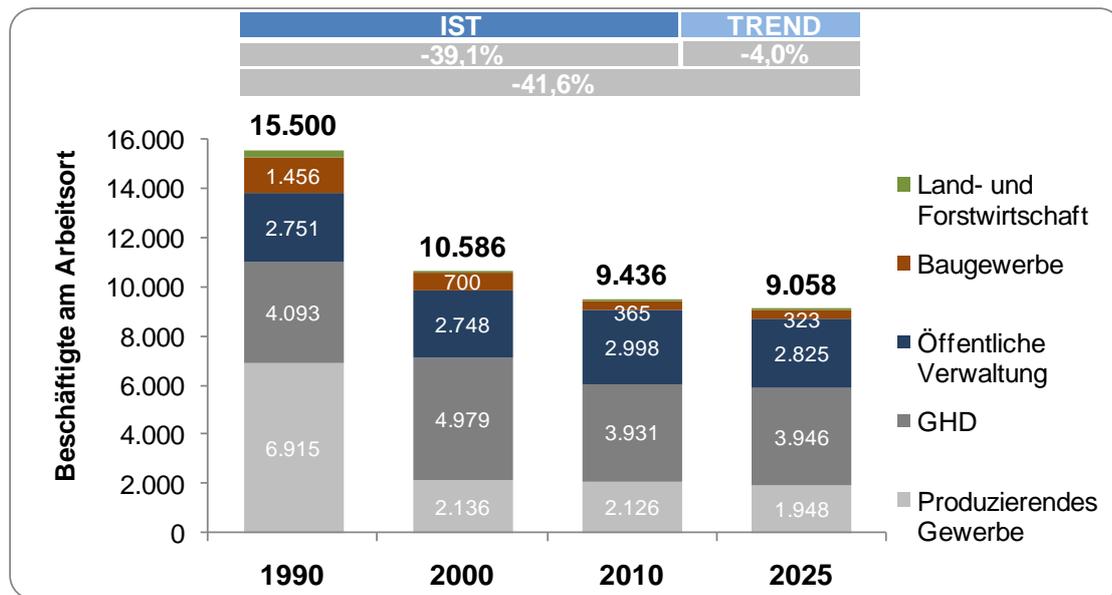


Abbildung 12 Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort Ilmenau von 1990 bis 2010 sowie im Trend bis 2025

Quelle: IE Leipzig

2.4.2 Entwicklung des Energieverbrauchs

Analog zum Haushaltsbereich wurde die Entwicklung des Energieverbrauchs, dessen Aufteilung auf die verschiedenen Energieträger sowie die Entwicklung der CO₂-Emissionen berechnet. Hierzu wurden branchenspezifische Kennwerte verwendet /IfE 2010/. Diese Branchenspezifika fanden jedoch nur im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen Anwendung, da einerseits die Statistik im Bereich GHD die Beschäftigten nach Branchen ausweist und andererseits belastbare Quellen für eine branchenspezifische Verbrauchsstruktur zur Verfügung stehen.

Für den Sektor Industrie (Verarbeitendes Gewerbe) wurden – mangels einer sehr detaillierten Strukturuntersuchung – insofern spezifische Werte in die Berechnungen einbezogen, indem aus den Energiebilanzen bzw. den Energieberichten des Landes Thüringen für den Betrachtungszeitraum die spezifischen Werte pro Beschäftigten und die Verbrauchsstruktur nach Energieträgern bestimmt und auf die Ilmenau übertragen wurden. Diese Vorgehensweise liefert hinreichend genaue Daten, da ein abschließender Vergleich mit den Absatzzahlen der Energieversorger im Bereich Strom und Gasabsatz eine weitgehende Übereinstimmung aufweist.

Eine **Analyse der Verbrauchsstruktur** ermöglicht eine differenzierte Identifizierung der Schwerpunkte des Energieverbrauchs, wobei zu beachten ist, dass die verschiedenen Branchen – insbesondere im Bereich der Industrie – ganz unterschiedliche Strukturen aufweisen können.

Der Bereich Produzierendes Gewerbe weist bei absoluter Betrachtung den höchsten Endenergieverbrauch aller Branchen auf. Im Jahr 2010 entfielen knapp 54 % des Energiever-

brauchs des Sektors Industrie/GHD auf den industriellen Bereich (Abbildung 13). Im Jahr 1990 war dieser Anteil bedeutend höher und lag aufgrund der zu diesem Zeitpunkt deutlich höheren Beschäftigtenzahlen im Bereich der Glas- und Porzellanindustrie bei über 70 %.

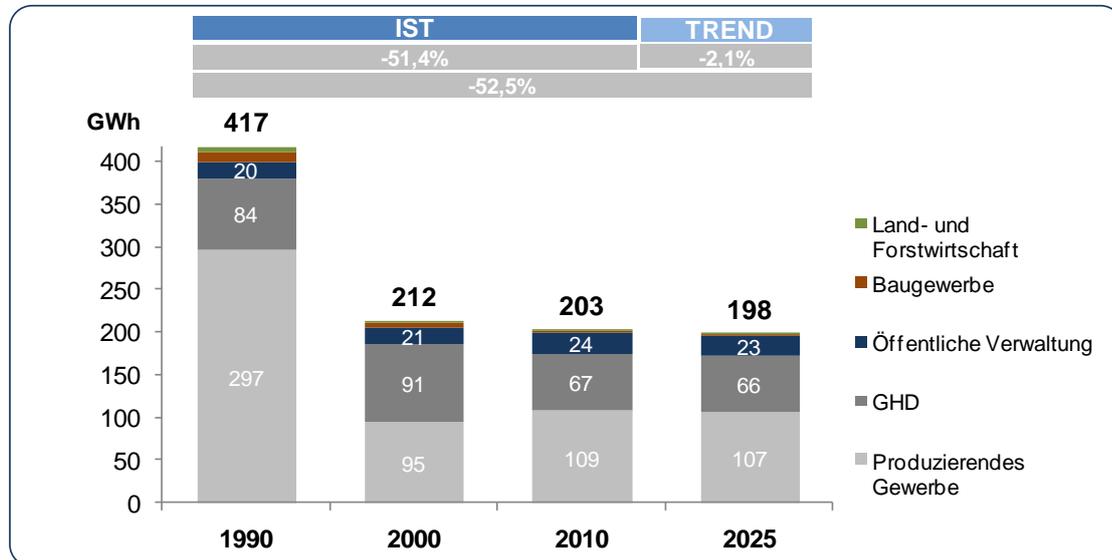


Abbildung 13 Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/ GHD nach Wirtschaftsbereichen in Ilmenau

Quelle: IE Leipzig

Der Endenergieverbrauch im Sektor GHD/Industrie ist im Betrachtungszeitraum von 84 GWh im Jahr 1990 um gut 20 % auf 67 GWh im Jahr 2010 zurückgegangen. Für das Trendszenario bis 2025 ist, u.a. aufgrund der Effizienzdienstleistungsrichtlinie der EU, eine weitere Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen und somit ein leichter Rückgang um knapp 2 % im GHD-Bereich zu erwarten.

Insgesamt betrachtet ergibt sich für die Trendentwicklung eine weiterhin leicht sinkende Tendenz im Endenergieverbrauch, allerdings sinkt der Verbrauch nicht proportional zu den Beschäftigtenzahlen, da im Gegenzug die Faktoren Brennstoffverbrauch und Stromverbrauch je Beschäftigtem leicht ansteigen. Bis zum Jahr 2025 wird ein Rückgang um gut 2 % gegenüber 2010 erwartet.⁵ Im Jahr 2025 liegt der Endenergieverbrauch im Trendszenario mit 198 GWh um 52,5 % unter dem Wert vom Basisjahr 1990.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Analyse der Verbrauchsstruktur der eingesetzten Energieträger. Dominierender Energieträger 1990 war auch im Industrie- und Gewerbesektor die Braunkohle, verschwand jedoch im Laufe des Betrachtungszeitraums aus der Energieträgerstruktur. Der Gasverbrauch ist zwischen 1990 und 2010 um 14 % auf über 40 GWh gestiegen (Abbildung 14). Der Stromeinsatz ist zwar absolut betrachtet gegenüber 1990 deutlich gesunken (Schließung Porzellanwerk und Teilschließung Glaswerk), im Vergleich zum Jahr 2000 allerdings um knapp 8 % gestiegen.

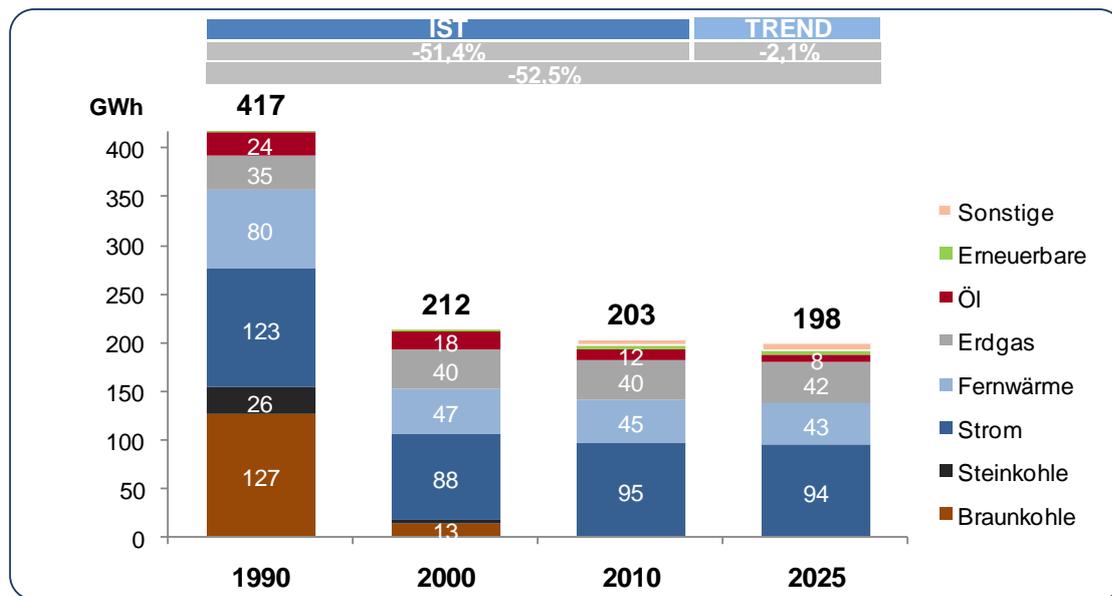


Abbildung 14 Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/GHD nach Energieträgern in Ilmenau

Quelle: IE Leipzig

Im Trendszenario bis 2025 (Abbildung 14) wird Erdgas als Energieträger im Industriesektor an Bedeutung gewinnen und der Verbrauch um rund 2 GWh steigen, Fernwärme und Öl werden leicht sinken und der Stromverbrauch wird mit minimal rückläufiger Tendenz etwa auf dem Niveau von 2010 bleiben.

2.4.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Aus dem zuvor beschriebenen Energieverbrauchsrückgang folgte bis 2010 auch ein deutlicher Rückgang der energiebedingten CO₂-Emissionen des Sektors Industrie und GHD um fast 73 % gegenüber dem Basisjahr 1990 (Abbildung 15). Als Ursachen hierfür sind insbesondere die bekannten Hauptgründe wie Wegfall großer Arbeitgeber Anfang der 90er, Energieträgerwechsel von Kohle zu Gas sowie die sinkenden spezifischen Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme durch Bau des Biomasseheizkraftwerkes zu nennen. Im Trendszenario werden die energiebedingten CO₂-Emissionen im Jahr 2025 um knapp 12 % unter dem Niveau des Jahres 2010 liegen. Hauptgrund hierfür liegt im weiter sinkenden deutschen Strommix (siehe Abschnitt 2.2.3).

⁵ Im Trendszenario kann nur eine moderate Weiterentwicklung (insbesondere Beschäftigtenzahlen, technologischer Fortschritt) der bestehenden Wirtschaftsstruktur abgebildet werden. Sondereffekten wie Produktionsunterbrechungen o. ä. werden im Trendszenario nicht abgebildet.

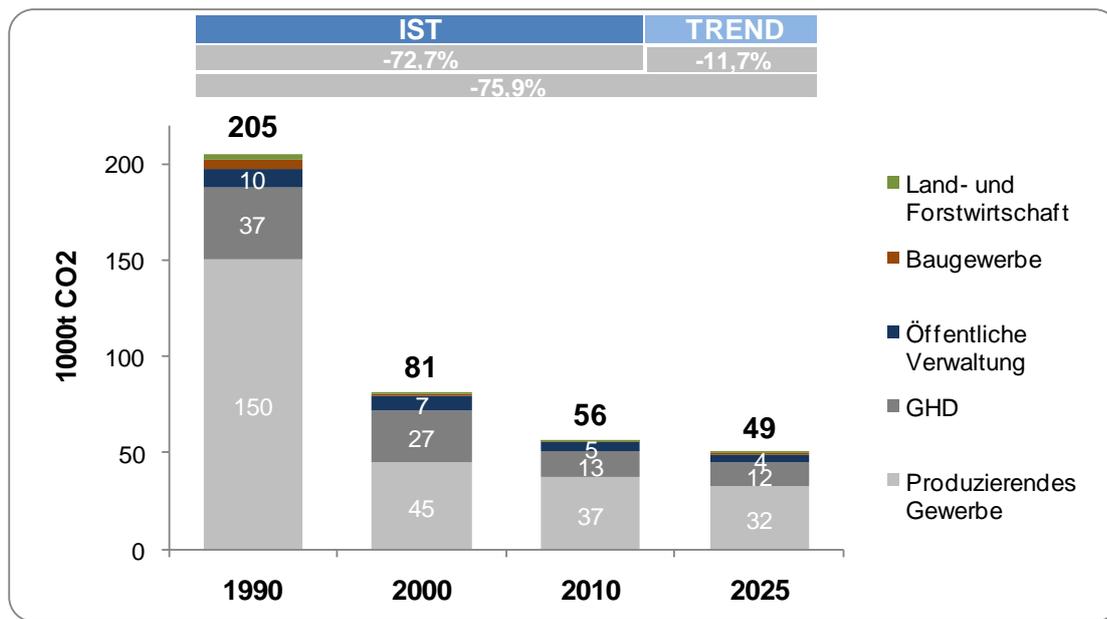


Abbildung 15 *CO₂-Emissionen im Sektor Industrie/GHD nach Wirtschaftsbereichen in Ilmenau*

Quelle: IE Leipzig

2.5 Öffentlicher Sektor (Liegenschaften)

Im folgenden Abschnitt werden die derzeitigen Energieverbräuche der stadteigenen Liegenschaften Ilmenaus dargestellt.

Als eigene Liegenschaften wurden hier Verwaltungsgebäude, Kindergärten, Feuerwehren, Sporthallen, die Eishalle und sonstige Gebäude näher betrachtet.

Schwerpunkt der Analyse liegt auf den Verbräuchen von Strom, Wärme (Unterteilung nach eingesetzten Energieträgern). Die Analyse erfolgte sowohl rückwirkend für vergangene (bis 1990) als auch für zukünftige Jahre (bis 2025).

Im Vergleich zu anderen Verbrauchssektoren (Haushalte und Gewerbe, Handel sowie Industrie) ist der Anteil des Energieverbrauchs der öffentlichen Liegenschaften am Gesamtenergieverbrauch relativ gering. Kommunen beispielsweise verursachen mit ihren eigenen Gebäuden im bundesdeutschen Durchschnitt nur etwa 2 bis 5 % des Energieverbrauchs und damit der CO₂-Emissionen /IE 2009/. Vom öffentlichen Bereich sollte jedoch eine Vorbildfunktion bzw. Vorzeigewirkung implementiert werden, die Auswirkung auf andere energierelevante Verbraucher hat.

Folgende EU-Richtlinien und daraus resultierende gesetzliche Vorgaben zum Energieverbrauch im Bereich öffentlicher Gebäude sind u.a. zu beachten:

- Die Umsetzung der **Richtlinie 2009/28/EG – Erneuerbare-Energien-Richtlinie** durch das „Europarechtsanpassungsgesetz Erneuerbare Energien – **EAG EE**.
- Die Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude wird als Schwerpunkt eingeführt.

- In bestehenden öffentlichen Gebäuden müssen ab 2012 im Falle einer Renovierung erneuerbare Energien eingesetzt werden.
- In diesem Zusammenhang wird die Nutzungspflicht des **EEWärmeG** auch auf öffentliche Bestandgebäude übertragen.
- Öffentliche Gebäude werden u.a. in den Paragraphen § 1a zur Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude, § 3 Abs. 1 bis 4 zur Nutzungspflicht und § 5a bei Renovierungen im EEWärmeG explizit erwähnt.
- Nationale Umsetzungsregelungen der **EU – Gebäuderichtlinie 2010** sind derzeit in Bearbeitung.
- Im Wesentlichen erfolgt die Umsetzung durch die Novellierung der Energieeinsparverordnung – **EnEV 2012**.

In der derzeit gültigen Fassung der EnEV werden öffentliche Liegenschaften u.a. im § 16 Abs. 3 zur Ausstellungspflicht von Energieausweisen aufgezählt.

2.5.1 Datengrundlagen

Die Datenbereitstellung erfolgte durch das Hauptamt Ilmenau /Ilmenau 2011/. Die Energieverbräuche (Strom, Wärme und Wasser) der stadteigenen Gebäude liegen in ausgewerteter Form für die Jahre 2008 bis 2010 vor. Insgesamt wurden 32 Gebäude erfasst.

Zur Auswertung stehen folgende verbrauchsrelevante Daten zur Verfügung:

- Strom und Wärmeverbräuche nach Energieträgern
- Diesel- und Benzinverbräuche der kommunalen Fahrzeugflotten,
- Angaben zur Hauptnutzfläche je Gebäude sowie
- Spezifische Grenz- und Zielwerte je Gebäudetyp für Strom und Wärme.

Die Daten zu Verbräuchen (Strom und Wärme) liegen für alle erfassten Gebäude von 2008 bis 2010 vor. Bei insgesamt 20 der 32 untersuchten Gebäude handelt es sich um Verwaltungsgebäude, Eishalle, Feuerwehren, Kindergärten sowie sonstige Gebäude (Schwimmhalle, Marktzentrum, Bobhütte) (Abbildung 16).

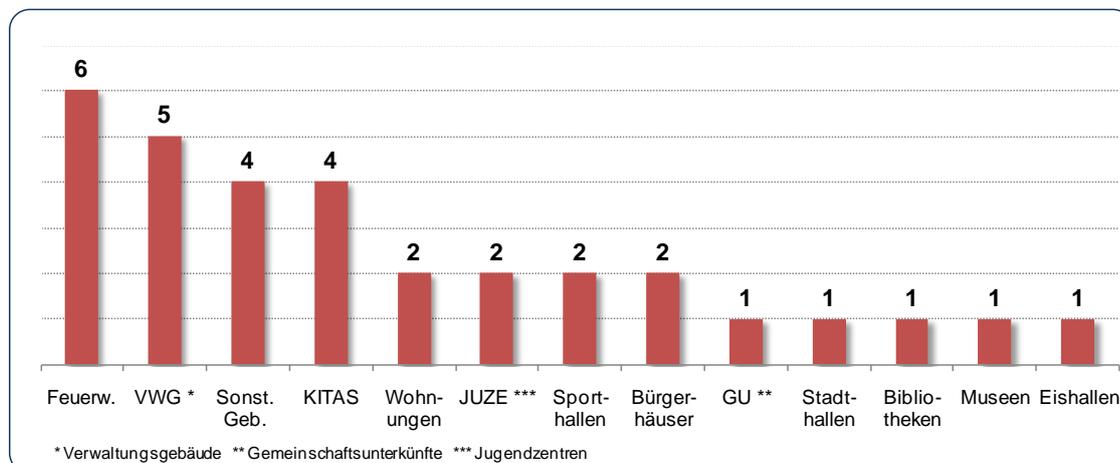


Abbildung 16 Anzahl der stadteigenen Liegenschaften nach Gebäudetypen in Ilmenau

Quelle: /Ilmenau 2011/, Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

2.5.2 Entwicklung des Energieverbrauchs

Der Energieverbrauch der landkreiseigenen öffentlichen Liegenschaften und betrug 2010 insgesamt ca. 5.100 MWh. Davon wurden 3.640 MWh zur Wärmebereitstellung und 1.460 MWh an Strom verbraucht (Vgl. Abbildung 18, 18 und 19). Gegenüber 1990 hat der Energieverbrauch der betrachteten Liegenschaften deutlich zugenommen, da einige Gebäude erst im Betrachtungszeitraum erbaut bzw. eröffnet wurden. Dazu gehören: Eishalle, Baracke 5, Feuerwache am Kupferberg, Feuerwache Angergasse, Sporthalle Unterpörlitz, Sporthalle Manebach, Kindergarten „Stephanie“ sowie das Haus des Gastes. Der größte Sprung beim Energieverbrauch (von 2005 auf 2010) ist durch den Bau der Eishalle als großer Energieverbraucher mit über 800 MWh Strom und rund 380 MWh Fernwärme zu begründen. Im Vergleich zu 2010 wird im Trendszenario durch eine geringe Anzahl an Sanierungen von einem leichten Rückgang im Bereich des Wärmeverbrauches ausgegangen (Abbildung 17).

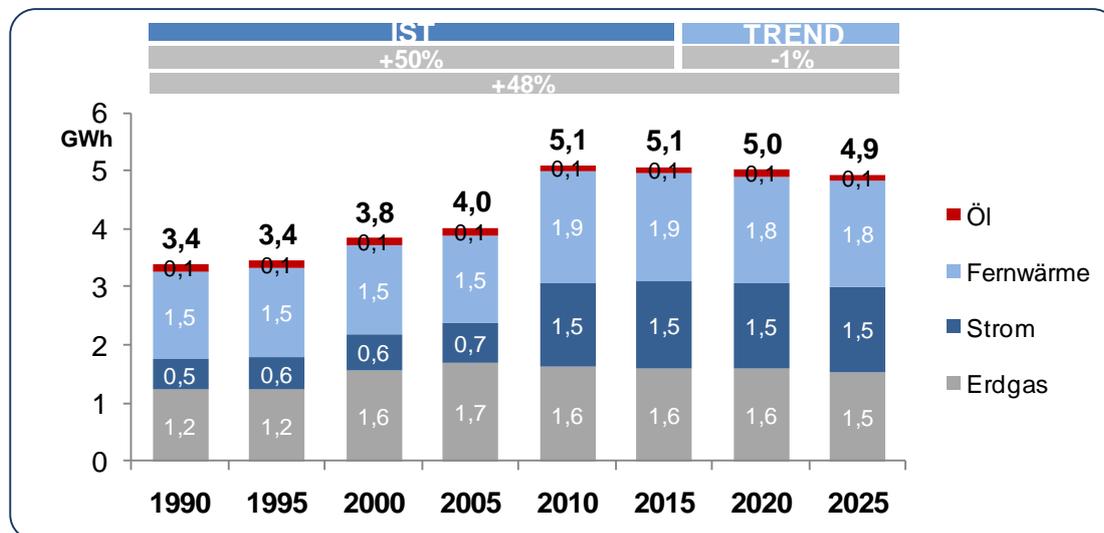


Abbildung 17 Endenergieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften in Ilmenau von 1990 bis 2010 sowie im Trend bis 2025

Quelle: //Ilmenau 2011/, Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Der Wärmebedarf wird hauptsächlich aus Fernwärme und Gas gedeckt. Öl („Schenke“, Jagdhaus Gabelbach) und Strom (Feuerwache Angergasse) werden ebenfalls, allerdings zu geringen Anteilen zu Heizzwecken verwendet. Größte Wärmeverbraucher sind die Verwaltungsgebäude, Feuerwehren, Kindergärten sowie die Sonstigen (Schwimmhalle, Bobhütte, Marktzentrum) (vgl. Abbildung 18)

Den mit Abstand höchsten Stromverbrauch hat mit einem Anteil von über 50 % am Gesamtstromverbrauch der Liegenschaften die Eishalle. Unter den Sonstigen ist die Schwimmhalle mit 237 MWh Strom der größte Verbraucher. Bei den Verwaltungsgebäuden ist der hohe Stromverbrauch auf mit Computern, Druckern und anderen elektrischen Arbeitsgeräten ausgestattete Arbeitsplätze sowie die Beleuchtung zurückzuführen.

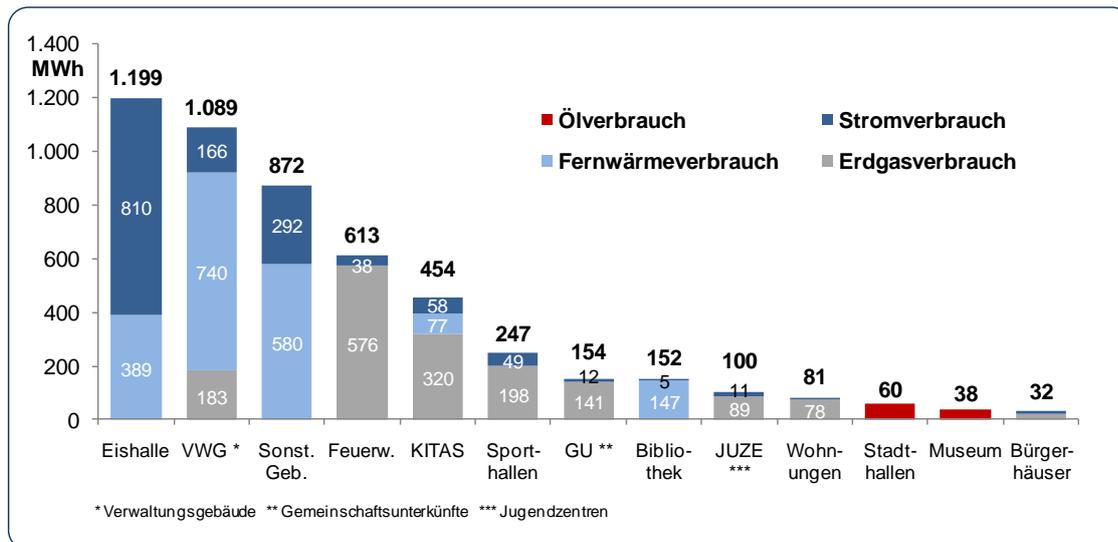


Abbildung 18 *Energieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften nach Gebäudetypen in Ilmenau für das Jahr 2010*

Quelle: /Ilmenau 2011/, Berechnung und Darstellung: IE Leipzig
 Für vergangene sowie zukünftige Verbrauchswerte wurden Mittelwerte aus den vorliegenden Verbrauchswerten gebildet und fortgeschrieben. Bei den Angaben der Verbräuche zur Wärmbereitstellung handelt es sich um witterungsbereinigte Daten.

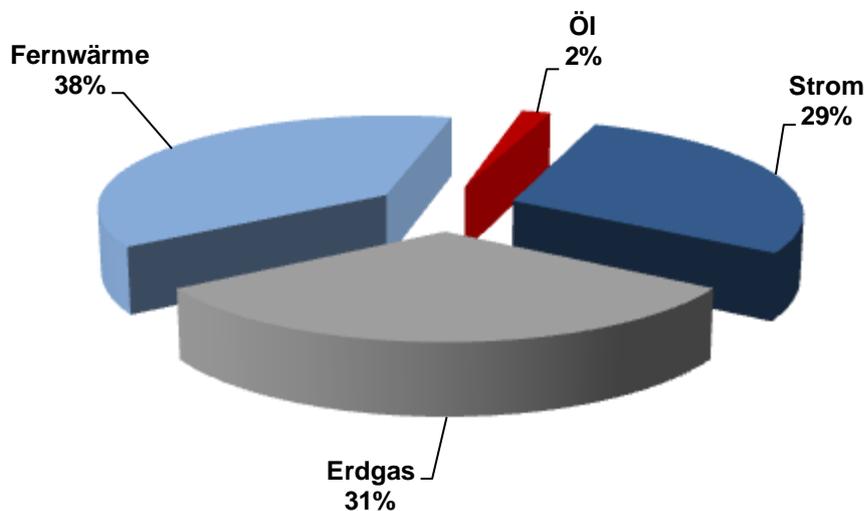


Abbildung 19 *Energieträgerverteilung der öffentlichen Liegenschaften in Ilmenau 2010*

Quelle: /Ilmenau 2011/, Berechnung und Darstellung: IE Leipzig
 Dargestellt ist die Verteilung der eingesetzten Energieträger aus übermittelten Energieverbräuchen.

Als *Energieträger* wurden in den öffentlichen Gebäuden im Jahr 2010 hauptsächlich Fernwärme (38 %), Erdgas (31 %) und Strom (29 %) eingesetzt. Die übrige Menge an Energie wird mit Hilfe von Öl (2 %) erzeugt (Abbildung 19). Für die zukünftigen Jahre wird grundsätzlich von der gleichen Energieträgerverteilung ausgegangen.

2.5.3 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Obwohl im Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2010 wie bereits erwähnt einige Gebäude hinzukamen bzw. neu eröffnet wurden, sind die von den stadteigenen Gebäuden verursachten CO₂-Emissionen um rund 21 % gesunken.

Die kontinuierliche Senkung (bis auf den Sprung von 2005 auf 2010 durch den Bau der Eishalle) der Emissionen ist nicht auf die Reduzierung der Verbräuche im Bereich der öffentlichen Liegenschaften zurückzuführen sondern auf den effizienteren Einsatz von Primärenergieträgern und der damit einhergehenden sukzessiven Senkung der spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren für Strom und Fernwärme (Abbildung 20). Die höchsten CO₂-Emissionen werden durch den Verbrauch von Strom, Gas und Fernwärme verursacht. Im Jahr 2010 entfielen ca. 600 t CO₂ auf Strom, 300 t auf Gas und rund 200 t CO₂ auf den Verbrauch von Strom. Im Vergleich dazu sind die CO₂-Emissionen, die durch den Verbrauch von Öl verursacht werden gering.

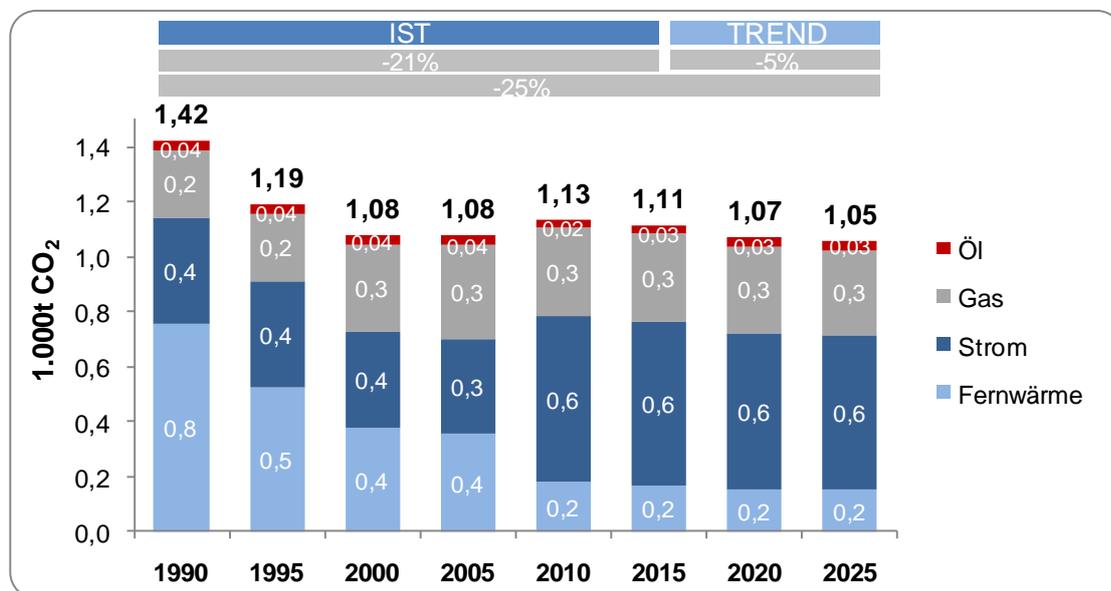


Abbildung 20 CO₂-Emissionen der öffentlichen Liegenschaften in Ilmenau

Quelle: //Ilmenau 2011/, Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Absolut betrachtet sind die Emissionen um 21 % von rund 1.420 t auf 1.130 t gesunken. Im Trend ist von einem leichten Rückgang der Emissionen, besonders durch Effizienzsteigerungen der Heizsysteme durch den normalen Erneuerungszyklus, um rund 5 % auf 1.050 t CO₂ auszugehen.

2.6 Sektor Verkehr

2.6.1 Datengrundlagen

Die Bilanzierung des Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen im Sektor Verkehr beruht auf dem *Inländerprinzip*. Das heißt, die gesamte Fahrleistung des in Ilmenau gemeldeten Fahrzeugbestandes wird auch Ilmenau zugeordnet; unabhängig, ob die Fahrzeuge die Emissionen innerhalb oder außerhalb des Bilanzierungsraumes verursachen. Die Emissionen durch den Zugverkehr wurden anhand der tatsächlich im Bilanzraum Ilmenau gefahrenen Kilometer mit Hilfe des Fahrplans bestimmt. Andererseits wurde der von außen in die Stadt kommende oder durchfahrende Straßenverkehr mit seinen Emissionen genau wie der Flugverkehr und die Binnenschifffahrt nicht berücksichtigt.

Methodisch wurden die Verbräuche und die damit verbundenen Emissionen ausgehend vom Fahrzeugbestand, spezifischen Jahresfahrleistungen und spezifischen Kraftstoffverbräuchen berechnet. Insbesondere folgende Kennwerte wurden für die Berechnungen herangezogen:

Strukturdaten

Fahrzeugbestand nach Fahrzeugarten und Kraftstoffsorte

Kennwerte

typische Jahresfahrleistungen nach Fahrzeugarten, durchschnittliche Verbräuche nach Fahrzeugart (Klasse und Kraftstoffsorte), spezifische CO₂-Emissionen

Zur Ermittlung der Verteilung nach Antriebsarten des Kraftfahrzeugbestandes für Ilmenau wurde auf die Statistik des Kfz-Bestandes der Stadt Ilmenau zurückgegriffen /KBA 2011a/.

Der Kfz-Bestand untergliedert sich in Kraftomnibusse, Krafträder, Lastkraftwagen, Personenkraftwagen, Zugmaschinen und sonstige Kraftfahrzeuge. Als Grundlage für die Kraftstoffverteilung innerhalb der einzelnen Fahrzeugklassen wurde auf die Thüringische Kraftstoffverteilung zurückgegriffen /KBA 2011b/ und angenommen, dass diese annähernd der Verteilung Ilmenaus entspricht. Für die Berechnung des Energiebedarfs wurden zunächst die Antriebsarten auf Benzin, Diesel, Gas, Hybrid und Elektro reduziert.^{6 7}

Im Jahr 2007 zu 2008 gab es in der Datenerfassung des KBA im Fahrzeugbestand einen statistischen Umbruch. Bis zum Jahr 2007 wurde der Anteil der vorübergehend stillgelegten Fahrzeuge zum Fahrzeugbestand dazu gezählt. Dieser Anteil von Fahrzeugen hat jedoch für den Kraftstoffverbrauch keine Relevanz. Für die davorliegenden Jahre (1990 bis 2007) wurde daher eine Korrektur vorgenommen und der Fahrzeugbestand je Fahrzeugkategorie um einen Anteil stillgelegter Fahrzeuge reduziert.

Zur Ermittlung der durchschnittlichen Fahrleistungen und Kraftstoffverbräuche wurde auf bundesweite Durchschnittswerte aufgebaut und diese auf Ilmenau übertragen /DIW 2009/.

⁶ Zusätzliche Untergliederung nach Antriebsart: Ottomotoren, Gasmotoren (Flüssiggas, Benzin und Erdgas, Benzin und Flüssiggas) Rotationskolbenmotor, Dieselmotor, Elektromotor und sonstige Antriebe. Ab dem 1. Januar 2006 untergliedern sich die Antriebsarten in Benzin, Flüssiggas, Erdgas, Benzin und Flüssiggas (bivalent), Benzin und Erdgas (bivalent), Diesel, Hybrid, Elektro und sonstige Kraftstoffart.

⁷ Antriebe Ottomotor (Benzin und zwei Takt) der Statistiken der Jahre vom 1. Januar 2004 bis 1. Januar 2005 als Benzinantrieb zusammengefasst, sowie unterschiedlichen Gasantriebe als gasbetrieben zusammengefasst

2.6.2 Entwicklung des Kraftfahrzeugbestands

Der Bestand an Kraftfahrzeugen ist im Zeitraum von 1990 bis 2010 um gut 52 % von 8.914 auf 13.588 Fahrzeuge gestiegen (Abbildung 21). Beachtlich ist dabei insbesondere der Zuwachs zwischen 1990 und 2000, trotz rückläufiger Einwohnerzahlen wurden in Ilmenau in diesem Zeitraum mehr als 4.000 Fahrzeuge neu zugelassen.

Im Betrachtungszeitraum hat der Anteil der dieselbetriebenen Fahrzeuge deutlich zulasten der benzinbetriebenen Fahrzeuge zugenommen. Im Jahr 1990 war der Anteil der Dieselfahrzeuge mit gut 15 % relativ gering, dieser ist bis 2010 auf über 24 % angestiegen. Die Zahl der Benzinfahrzeuge ist von 7.571 auf 10.039 gestiegen, wobei sich bereits seit dem Jahr 2000 eine rückläufige Tendenz zeigt.

Der Marktanteil von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, wie Erdgas, Flüssiggas, Hybrid- oder reine Elektrofahrzeuge, ist bezogen auf das Jahr 2010 minimal (insgesamt ca. 1,7 % am Gesamtbestand).

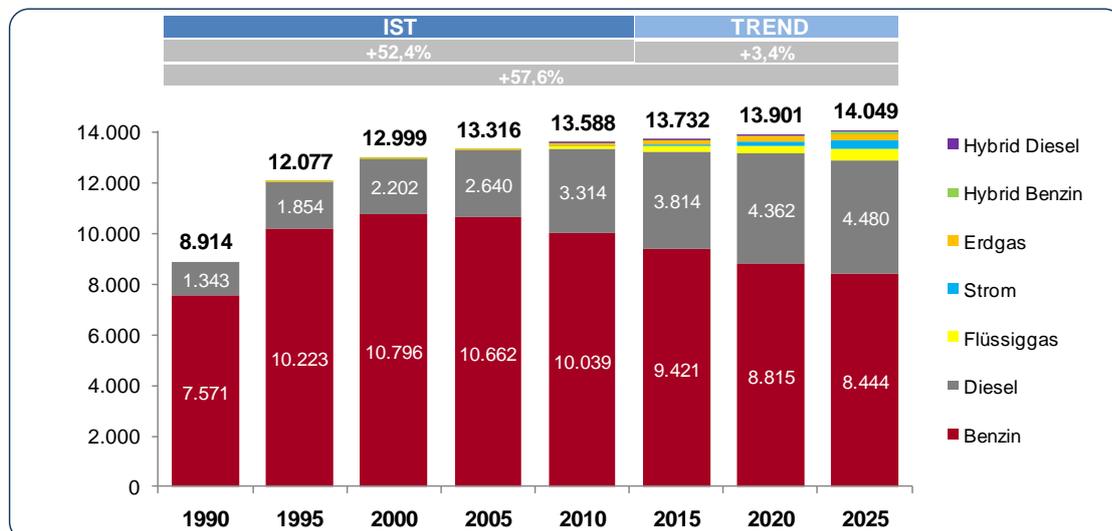


Abbildung 21 Fahrzeugbestand nach Antriebstechnologie der in Ilmenau gemeldeten Fahrzeuge

Quelle: /KBA 2011/, /Prognos und Ökoinstitut 2009/, Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Im *Trendszenario* wird trotz der Einwohnerentwicklung (-6,3 % bis 2025) von einem leicht steigenden Fahrzeugbestand ausgegangen, da im Gegenzug die Fahrzeuganzahl je Einwohner deutlich ansteigt. Waren 1990 noch 295 Fahrzeuge pro 1.000 Einwohner angemeldet, kamen im Jahr 2010 bereits 522 Fahrzeuge auf 1.000 Einwohner. Für das Trendszenario wurde eine weitere Steigerung dieses spezifischen Wertes angenommen (2025: 576 Fahrzeuge je 1.000 Einwohner).

Insgesamt steigt der Fahrzeugbestand in Ilmenau zwischen 2010 und 2025 voraussichtlich um rund 460 Fahrzeuge bzw. 3,4 %.

Weiterhin kommen Veränderungen in Antriebstechnologie, Kraftstoffen, spezifischen Verbräuchen und Jahresfahrleistungen zum Tragen. Für die Entwicklung des Fahrzeugbestandes ab 2010 wurde unterstellt, dass prinzipiell der Anteil an benzinbetriebenen Kfz um ca. 1,6 % pro Jahr zurückgeht und der Anteil dieselbetriebener Kfz um etwa 3,5 % jährlich zunimmt. Ebenso wurde der Anteil der alternativ-betriebenen Kraftfahrzeuge im Zeitraum von 2010 bis 2025 von

1,7 % auf knapp 8 % erhöht. Der größte Anteil entfällt dabei auf mit Flüssiggas betriebene Fahrzeuge.

Die Gesamtzahl der gemeldeten Fahrzeuge untergliedert sich in PKW (87,5 %), Krafträder (5,6 %), LKW und Zugmaschinen (5,3 %) und Sonstige (1,6 %).

2.6.3 Entwicklung des Endenergieverbrauchs

Analog zum Anstieg des Fahrzeugbestandes ist im Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2010, in abgeschwächter Form, auch der Endenergieverbrauch gestiegen. Stieg die Anzahl der Fahrzeuge um über 52 %, so zeigt sich bei Betrachtung des Endenergieverbrauchs lediglich ein Anstieg von 29,5 % (Abbildung 22). Dies ist auf sinkende spezifische Kraftstoffverbräuche der Fahrzeuge zurückzuführen. Absolut betrachtet stieg der Energieverbrauch um 42 GWh von 142 auf 184 GWh. Auffällig ist, dass trotz der im Verhältnis der dieselbetriebenen zu benzinbetriebenen deutlich geringeren Anzahl an Fahrzeugen, der höchste Endenergieverbrauch durch Diesel erzeugt wird. Grund dafür sind die deutlich höheren Fahrleistungen der Dieselautos /DIW 2009/.

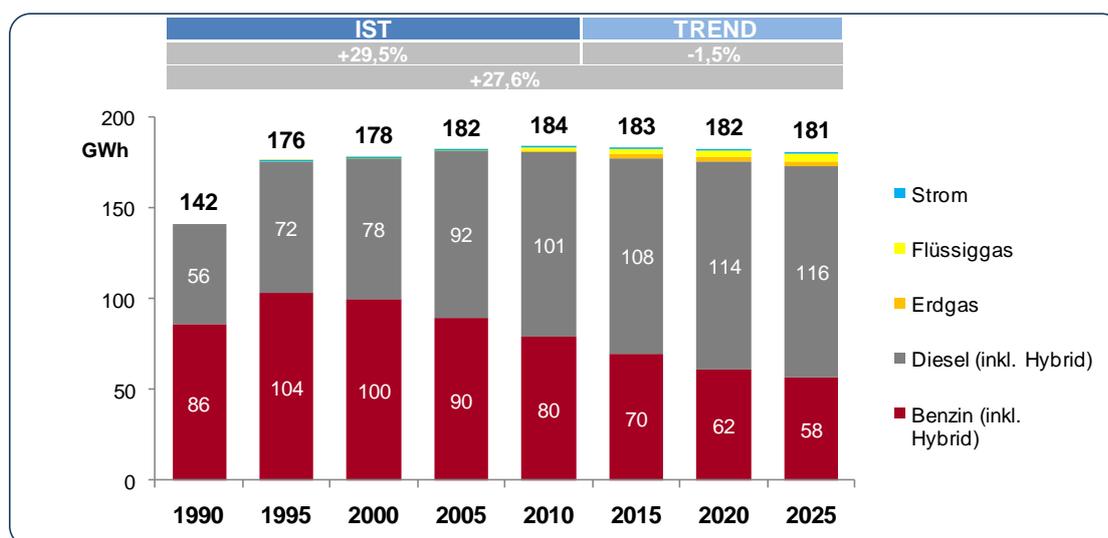


Abbildung 22 Endenergieverbrauch nach Kraftstoffen im Verkehrssektor in Ilmenau

Quelle: IE Leipzig

Im *Trendszenario* wird unter Berücksichtigung der erwarteten technologischen und strukturellen Veränderungen der Endenergieverbrauch leicht um 1,5 % auf 181 GWh sinken. Im Hinblick auf den Endenergieverbrauch wird der technische Fortschritt bei der Motorentechnik den ansteigenden Fahrzeugbestand und somit ansteigende Gesamtfahrleistungen überkompensieren.

2.6.4 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Analog zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs sind auch die CO₂-Emissionen im Betrachtungszeitraum gestiegen, im Jahr 2010 betragen die CO₂-Emissionen im Verkehrssektor 44.900 t, das sind 13.300 t bzw. 22,6 % mehr gegenüber dem Referenzjahr 1990 (Abbildung 23). Am höchsten waren die Emissionen im Jahr 2005, danach ist eine abnehmende Tendenz

zu erkennen. Hauptursache dafür sind die Beimischungen von Bioethanol und Biodiesel in den Kraftstoffen, welche auf Basis nachwachsender Rohstoffe produziert werden und somit klimaneutral sind. Im Jahr 2010 betragen die Beimischungsquoten 3,7 % Bioethanol in Benzin und 7,1 % Biodiesel in Diesel. Aktuell werden im Jahr 2012 dem Kraftstoff Super E10 genau 10 % Bioethanol beigemischt, die Akzeptanz dieses Kraftstoffes hält sich allerdings in Grenzen, da je nach Hersteller und Fahrzeugtyp nicht jedes Auto mit diesem Kraftstoff betankt werden darf.

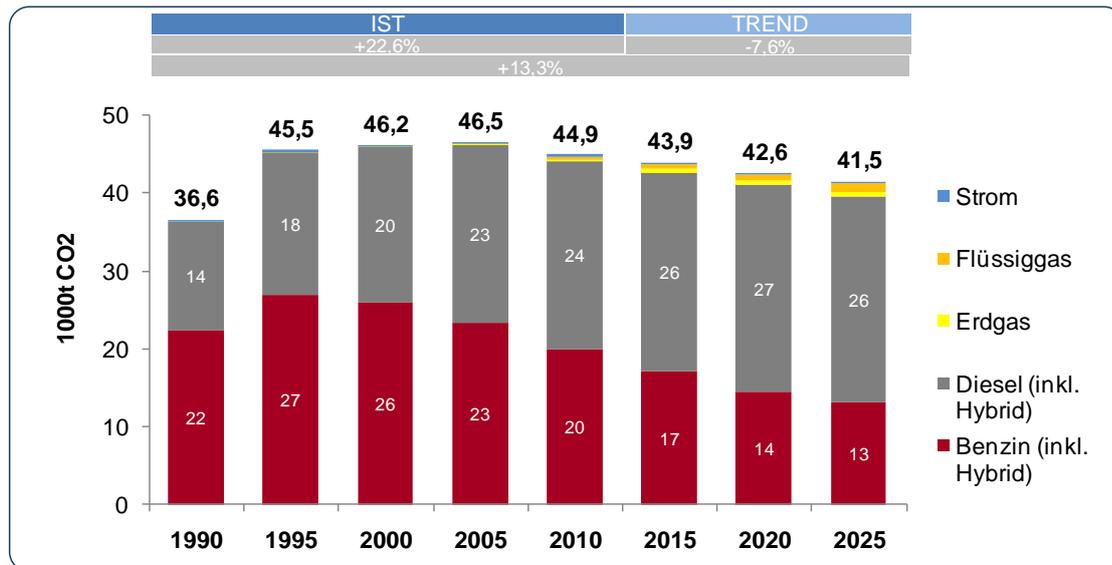


Abbildung 23 Entwicklung der CO₂-Emissionen des Verkehrssektors in Ilmenau

Quelle: IE Leipzig

Im Trendszenario gehen die CO₂-Emissionen um 7,6 % gegenüber 2010 zurück. Dies ist zum einen auf den erhöhten Anteil der Fahrzeuge mit alternativem Antrieb wie Erdgas, Flüssiggas, Hybrid sowie Strom und zum anderen auf die prognostizierten höheren Beimischungsquoten zurückzuführen, welche dazu führen, dass die CO₂-Emissionsfaktoren für Benzin und Diesel sinken. Im Jahr 2025 werden die energiebedingten CO₂-Emissionen im Verkehrssektor bei rund 41.500 t liegen.

2.7 Alle Verbrauchssektoren

Nach der detaillierten Untersuchung der einzelnen Verbrauchssektoren Private Haushalte, Industrie/ GHD, stadteigene Liegenschaften sowie Verkehr werden die einzelnen Sektoren nachfolgend zusammen dargestellt.

2.7.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs

Nach Verbrauchssektoren

Der Endenergieverbrauch (witterungsbereinigt) in Ilmenau ist, ausgehend vom Referenzjahr 1990, von 827 GWh auf 605 GWh im Jahr 2010 gesunken (Abbildung 24). Dies entspricht einem Rückgang von 222 GWh bzw. knapp 27 %. Zur Verbrauchssenkung tragen im Wesentlichen der Industriesektor mit 218 GWh und der Haushaltssektor mit 50 GWh bei, während der

Energieverbrauch im Verkehrssektor um 42 GWh und bei den betrachteten öffentlichen Liegenschaften um 2 GWh gestiegen ist. Hauptursache für den deutlichen Rückgang beim Energieverbrauch zu Beginn der 90er Jahre sind die Schließung des Porzellanwerkes sowie die Teilschließung des Glaswerkes „Am Vogelherd“. Dies hat auch dazu geführt, dass der Sektor Industrie/ GHD nicht mehr größter Verbrauchssektor ist, der höchste Energieverbrauch zeigt sich im Betrachtungszeitraum nach 1991 (in der Abbildung ab 1995) im Sektor Private Haushalte.

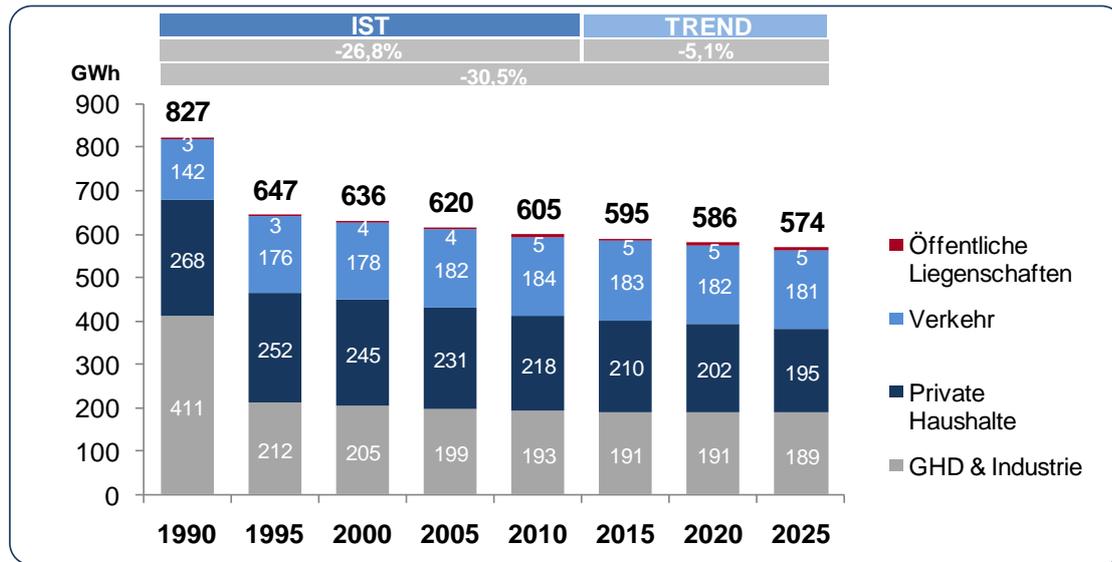


Abbildung 24 Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren in Ilmenau

Quelle: IE Leipzig

Während der Bereich Industrie/ GHD im Referenzjahr 1990 noch einen Anteil von knapp 50 % am Endenergieverbrauch hatte, ging dieser bis 2010 auf 32 % zurück. Der Energieverbrauch des Sektors Private Haushalte erreichte 2010 einen Anteil 36 % (1990: 32 %). Demgegenüber stieg der Anteil des Sektors Verkehr bis 2010 auf 30 % (1990: 17 %). Der Anteil öffentlicher Liegenschaften am Endenergieverbrauch ist sehr gering (2010: 0,8 %).

Im *Trendszenario bis 2025* sind folgende Entwicklungen des Endenergieverbrauchs im Vergleich zum Jahr 2010 zu erwarten:

- Im Verkehrssektor ergibt sich ein leichter Rückgang um 3 GWh bzw. 1,6 %.
- Im Bereich der Privaten Haushalte ist aufgrund der Sanierungstätigkeit an Gebäuden und Heizsystemen sowie der rückläufigen Einwohnerzahl von einem Rückgang von 23 GWh bzw. knapp 10,5 % auszugehen.
- Für den Sektor Industrie/ GHD wird eine Reduzierung von 4 GWh bzw. 2 % prognostiziert.
- Die Anteile der einzelnen Verbrauchssektoren (außer Liegenschaften) am Endenergieverbrauch werden sich gegenüber 2010 kaum verändern und jeweils grob ein Drittel betragen, wobei der Haushaltssektor größter Verbraucher bleibt.

Insgesamt wird im Trendszenario bis 2025 – also ohne Ergreifung intensiver Klimaschutzmaßnahmen – der Energieverbrauch in Ilmenau im Vergleich zu 2010 um 5,1 % (31 GWh) zu-

rückgehen. Die Ursachen dafür liegen bei den verbrauchsmindernden Maßnahmen und dem technologischen Fortschritt, sowie dem Bevölkerungsrückgang.

Nach Energieträgern

Bei Betrachtung der Energieträgerstruktur über alle Verbrauchssektoren zeigen sich markante Verschiebungen und Entwicklungen (Abbildung 25). Besonders die Substitution von Braunkohle durch Erdgas sowie die Entwicklung des Strom- und Fernwärmeverbrauchs in Abhängigkeit der industriellen Entwicklung sowie der Bevölkerungsentwicklung verursachten starke Strukturverschiebungen. Allgemein sind bei den meisten Energieträgern rückläufige Tendenzen zu erkennen, nur der Dieselverbrauch stieg im Betrachtungszeitraum konstant an.

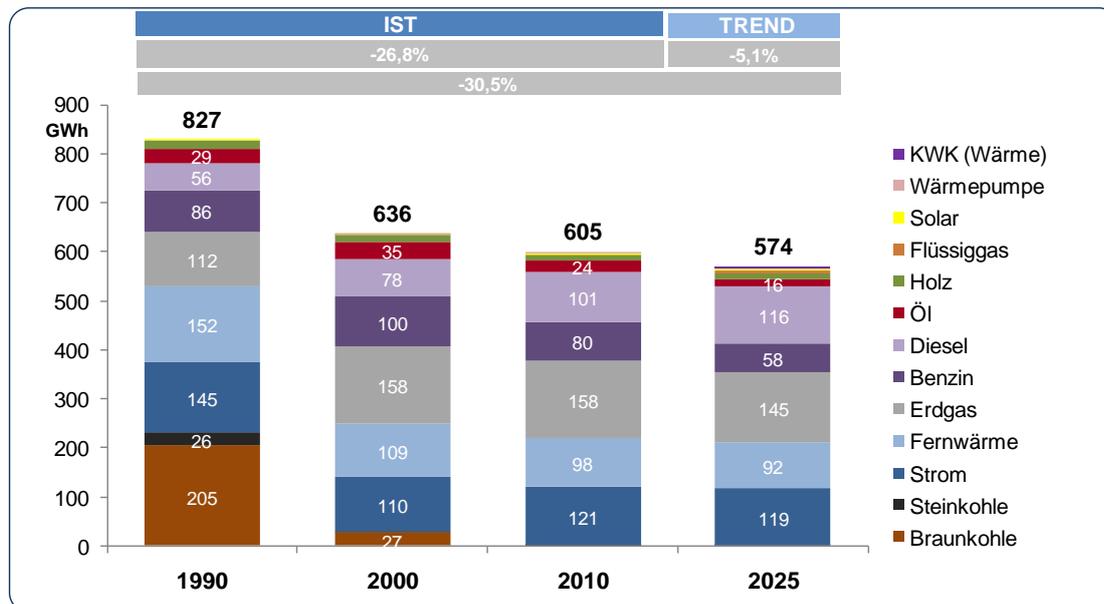


Abbildung 25 Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Ilmenau

Quelle: IE Leipzig

Diese Tendenz wird sich im Trendszenario bis 2025 weiter fortsetzen, Hauptenergieträger bleiben Erdgas, Strom, Fernwärme sowie die Kraftstoffe Diesel und Benzin. Der Erdgasverbrauch wird besonders im Sektor Haushalte deutlich sinken und im Jahr 2025 insgesamt rund 145 GWh betragen, dies entspricht einem Rückgang von 8,2 %. Auch die Bedeutung des Öls als Energieträger zu Heiz- oder Prozesszwecken wird weiter abnehmen und im Jahr 2025 rund 16 GWh betragen. Dagegen wird die Bedeutung der alternativen Energieerzeugung mittels Wärmepumpe, Solarthermie und Kraft-Wärme-Kopplung stetig zunehmen, insgesamt (am Gesamtenergieverbrauch) gesehen aber gering bleiben.

2.7.2 Entwicklung der CO₂-Emissionen

Die energiebedingten CO₂-Emissionen in Ilmenau sind von 1990 bis 2010 weit über die Hälfte, um 57,5 % (von 337.000 t auf 143.000 t) zurückgegangen (Abbildung 26). Ausschlaggebend dafür sind die drei bekannten Gründe:

- Schließung des Porzellanwerkes und Teilschließung des Glaswerkes „Am Vogelherd“
- Energieträgerwechsel von Braunkohle zu Erdgas

- Bau des Biomasseheizkraftwerkes 2005 (klimafreundliche Strom- und Fernwärmeproduktion)

Im *Trendszenario bis 2025* werden sich die energiebedingten CO₂-Emissionen um weitere 11,2 % auf 127.000 t reduzieren (Abbildung 26). Grund dafür ist hauptsächlich der sinkende Energieverbrauch sowie der sinkende CO₂- Faktor des deutschen Strommixes aufgrund des Ausbaus der regenerativen Energien.

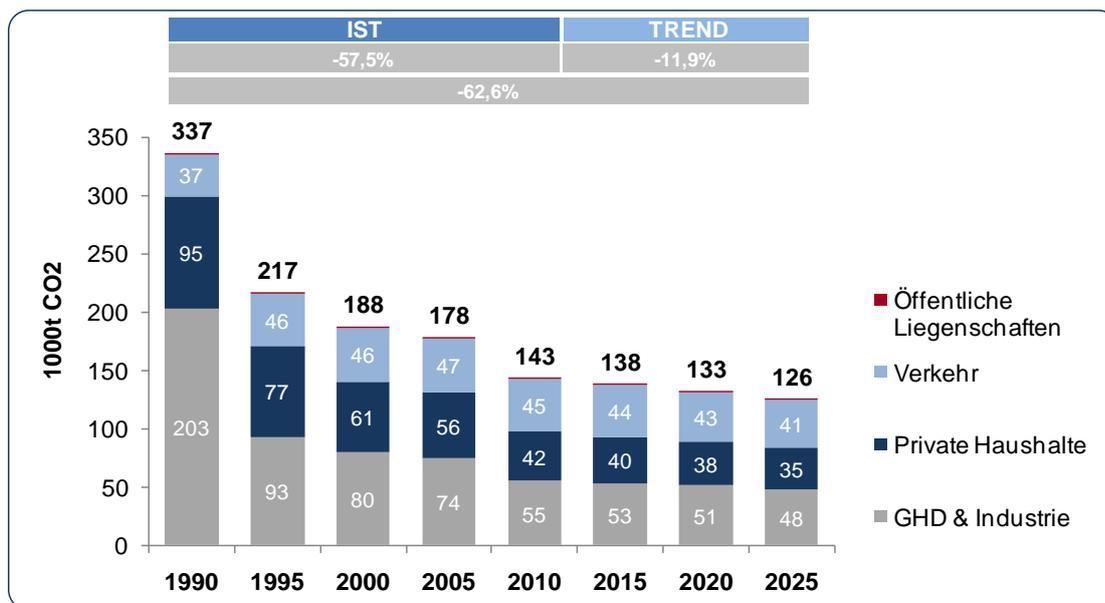


Abbildung 26 CO₂-Emissionen nach Verbrauchssektoren in Ilmenau
Quelle: IE Leipzig

Die energiebedingten CO₂-Emissionen je Einwohner sind in Ilmenau von 1990 bis 2010 um über 50 % von 11,1 t CO₂/Ew. auf 5,5 t CO₂/Ew. zurückgegangen (Tabelle 2). Im *Trendszenario bis 2025* wird ein weiterer Rückgang um 5,5 % auf 5,2 t CO₂/Ew. erwartet. Während die spezifischen (einwohnerbezogenen) CO₂-Emissionen der Sektoren Haushalte sowie Industrie und GHD kontinuierlich zurückgegangen sind und in Zukunft auch weiter sinken werden, verbleiben die spezifischen CO₂-Emissionen der Sektoren Verkehr und öffentliche Liegenschaften seit 2000 auf einem ähnlichen Niveau.

Tabelle 2 CO₂-Emissionen je Einwohner nach Verbrauchssektoren in Ilmenau
Quelle: IE Leipzig

Emissionen je EW	Einheit	1990	2000	2010	2025
Gesamt	tCO ₂ /EW	11,1	6,9	5,5	5,2
Verkehr	tCO ₂ /EW	1,2	1,7	1,7	1,7
GHD & Industrie	tCO ₂ /EW	6,7	2,9	2,1	2,0
Private Haushalte	tCO ₂ /EW	3,1	2,2	1,6	1,45
Liegenschaften	tCO ₂ /EW	0,05	0,04	0,04	0,04

3 HANDLUNGSOPTIONEN

In diesem Kapitel werden insgesamt 15 Einzelmaßnahmen dargestellt und in jeweils unterschiedlicher Intensität in drei Szenarien eingeordnet. Die Maßnahmen wurden hauptsächlich in einem zentralen Workshop in verschiedenen Arbeitsgruppen mit den Akteuren identifiziert sowie innerhalb des Projektteams weiter spezifiziert und quantifiziert. Die Berechnungen und die Einschätzung der technisch und wirtschaftlich möglichen Potenziale oblagen dem IE Leipzig in enger Zusammenarbeit mit dem Projektteam.

Die Maßnahmenbereiche orientieren sich an den bereits zuvor vorgestellten Sektoren. So werden Maßnahmen für die Sektoren

- Private Haushalte
- Industrie/ Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
- Öffentliche Liegenschaften sowie
- Energieerzeugung

identifiziert, quantifiziert und nach ihrer Umsetzbarkeit bewertet.

Der **Sektor Verkehr** wurde von den quantifizierbaren Maßnahmen ausgenommen, hierfür wäre eine gesonderte vertiefte Betrachtung der spezifischen Fahrleistungen und Kraftstoffverbräuche der Kraftfahrzeugführer in Ilmenau nötig. Nur so könnten mögliche Auswirkungen der Maßnahmen auch mit Zahlen belegt werden. Die Modellrechnung des IE Leipzig beruht im Hinblick auf Kraftstoffverbrauch und jährliche Fahrleistung auf deutschen Durchschnittswerten (siehe Kapitel 2.6). Dennoch wurden im Rahmen des zentralen Workshops in einer Arbeitsgruppe auch mögliche Einsparmaßnahmen im Verkehrssektor diskutiert, diese werden qualitativ im Anschluss an die quantifizierbaren Maßnahmen aufgeführt. Der Sektor Energieerzeugung wird ebenfalls separat betrachtet, da hier die Errichtung von Anlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger untersucht wurde.

Für die Einordnung der identifizierten Maßnahmen wurden ergänzend zum Trendszenario zwei weitere Szenarien für die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen sowie des Anteils erneuerbarer Energien entwickelt. Die **Leitlinien der drei Szenarien** stellen sich zusammengefasst wie folgt dar:

Das **Trendszenario** dient als Referenzszenario, anhand dessen aufgezeigt werden soll, welche Entwicklungen unter weitestgehend unveränderten Rahmenbedingungen bis zum Jahr 2025 zu erwarten sind. Bei der Erstellung des Trendszenarios erfolgt eine Fortschreibung der bisherigen Entwicklung. Diese erfolgt aber keinesfalls linear, vielmehr werden strukturelle Veränderungen, wie beispielsweise die Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung sowie der technische Fortschritt berücksichtigt. Die bisherigen Klimaschutzaktivitäten werden unter dem Einfluss gesellschaftlicher, wirtschaftlicher und politischer Tendenzen fortgesetzt.

Mit dem **Aktivszenario** sollen zusätzliche Maßnahmen in den Sektoren Haushalte, Industrie, Liegenschaften und Energieerzeugung, welche über den „normalen“ Trend hinausgehen, umgesetzt bzw. aktiver beschritten werden als bisher. Eine "aktive" Herangehensweise bedeutet hierbei, dass die Umsetzung der Maßnahmen durch vorausschauendes und initiatives Han-

deln gekennzeichnet sein wird. Diese zusätzlichen Maßnahmen erfordern die Aktivierung der lokalen Akteure und der Bevölkerung, des Weiteren sollen sie überwiegend technisch und wirtschaftlich durchführbar sein.

Das **Perspektiv Szenario** soll zeigen, welche Einsparungen unter einer progressiven Ausprägung der Maßnahmenintensität möglich wären, die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ist dabei nicht immer gegeben. Zur Umsetzung dieses Szenarios wäre eine umfassende und äußerst aktive Beteiligung aller Akteure und Bürger nötig. Das Perspektiv Szenario hat somit eher den Charakter eines Potenzialszenarios und fokussiert das „maximal Mögliche“.

3.1 Maßnahmen im Sektor der Privaten Haushalte

Für die zukünftige Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der damit verbundenen CO₂-Emissionen ist der Umsetzungsgrad technisch möglicher Maßnahmen entscheidend. Neben der Investitionskostenentwicklung für moderne Technologien und der Preisentwicklung fossiler Energieträger ist dieser Umsetzungsgrad von politischen Rahmenbedingungen abhängig. Die prognostizierte Entwicklung bis zum Jahr 2025 (Trend) basiert im Wesentlichen auf weiter steigenden Energiepreisen, Effekten restriktiver Instrumente wie das Erneuerbare-Energien-Wärmege setz (EEWärmeG), der Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).

Bei den Privaten Haushalten liegt der Schwerpunkt der Maßnahmen in den Bereichen effiziente Raumwärmenutzung und –bereitstellung sowie Stromverbrauch von Elektrogeräten. Wie in Abschnitt 2.3.2 erläutert, entfallen rund 83 % des Endenergieverbrauchs auf die Bereitstellung von Raumwärme, daher ist auch der überwiegende Teil der Maßnahmen im Bereich der energetischen Gebäudesanierung und in der Erneuerung bzw. Umstellung der Heiztechnik angesiedelt. Etwa 9 % des Endenergieverbrauchs entfällt auf Stromanwendungen wie Beleuchtung, Informations- und Kommunikationstechnik, Wasch-, Kühl- und Trockengeräte sowie Geräte zur Nahrungszubereitung. In diesem Zusammenhang soll aufgezeigt werden, welche Einsparungen durch Effizienzsteigerungen bei neu angeschafften Geräten möglich sind.

Tabelle 3 *Übersicht über die Maßnahmen im Sektor Private Haushalte im Trend-, Aktiv- und Perpektiv Szenario*

Quelle: IE Leipzig

Maßnahme	Parameter	Trend	Aktiv	Perspektive
Gebäudesanierung	Sanierungsrate p.a.	1 %	1,5 %	2 %
Kesseltausch	Austauschrate p.a.	3 %	4 %	5 %
Hydraulischer Abgleich	Anteil Wohneinheiten mit hydraulischem Abgleich 2025	7,5 % EZFH 50 % MFH	30 % EZFH 60 % MFH	60 % EZFH 70 % MFH
Effiziente Heizungspumpen	Anteil der Anlagen mit effizienter Heizungspumpe 2025	15 %	30 %	45 %

Effiziente Elektrogeräte	Anteil von „best“-Geräte im Anlagenbestand 2025	15 %	30 %	50 %
Solarthermie	Wohneinheiten mit Solarthermie 2025	180	270	410
Wärmepumpen	Wohneinheiten mit Wärmepumpe 2025	200	250	300
Feste Biomassekessel	Wohneinheiten mit Biomassekesseln 2025	70	85	100
Kraft-Wärme-Kopplung	Wohneinheiten mit KWK 2025	70	140	210

3.1.1 Gebäudesanierung

Im Gebäudebestand sind zwei Größen von Bedeutung: die energetische Sanierungsrate und der Zielwert der Sanierung. In der vorliegenden Studie wird die aktuelle äquivalente energetische Vollsanierungsrate der Gebäudehülle aufgrund von bundesweiten Erfahrungswerten auf maximal 1 % p.a. festgelegt, d. h. bezogen auf die Sanierungseffekte werden umgerechnet 1 % der Bestandsgebäude pro Jahr vollständig mit einem Wärmeschutz versehen. Der Sanierungszielwert wurde für EZFH auf 85 kWh/m²/a pro Jahr festgelegt. Der Zielwert für MFH ergibt sich durch einen pauschalen Abschlag von 25 % und beträgt damit 64 kWh/m²/a. Laut /dena 2011/ liegt der spezifische Raumwärmebedarf von Neubauten derzeit bei 57 kWh/m²/a für EZFH.

Bei der „äquivalenten“ energetischen Vollsanierungsrate handelt es sich um eine „statistische“ Zahl, in der Realität werden Gebäude häufig nicht vollständig modernisiert, sondern es wird eine entsprechend größere Anzahl teilmodernisiert. Auch sind die Modernisierungsraten für die einzelnen Bauteile sehr unterschiedlich, beispielsweise werden Fenster häufiger ausgetauscht als Kellerdecken gedämmt. Ebenfalls unterschiedlich sind die spezifischen Einsparungen, welche durch die einzelnen Maßnahmen erreicht werden können. Diese sind im Modell des IE Leipzig hinterlegt und wurden in die Berechnung zu den Einsparmöglichkeiten einbezogen (Tabelle 4).

Von der energetischen Sanierungsrate unterscheidet sich die **allgemeine Sanierungsrate** der Gebäudehülle, durch die reine Instandhaltungsmaßnahmen ohne besondere Energiesparmaßnahmen beschrieben werden. Die allgemeine Sanierungsrate für Deutschland wird ebenfalls nicht statistisch erfasst und auf bis zu 3 % p.a. geschätzt /IWU 2007/. Es ist bekannt, dass unter wirtschaftlichen Bedingungen energetische Modernisierungsmaßnahmen der Gebäudehülle im Allgemeinen nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt durchgeführt werden können, da viele der Maßnahmen (insbesondere Außenwanddämmung, Dachdämmung, Fensteraustausch) an den Erneuerungszyklus des Bauteils gebunden sind, d. h. die Investition in die Energieeinsparung ist ökonomisch dann sinnvoll, wenn sie an eine ohnehin stattfindende Erneuerungsmaßnahme gekoppelt wird.

Es kann daher folgendes Ziel formuliert werden: Jede Instandsetzungsmaßnahme an der Gebäudehülle sollte idealerweise mit einer Energiesparmaßnahme verknüpft werden. Dadurch könnte eine Erhöhung der energetischen Modernisierungsrate auf die allgemeine Sanierungsrate der Gebäudehülle (die dann sowohl Energiesparmaßnahmen als auch reine Instandhaltungsmaßnahmen berücksichtigt) erreicht werden.

Tabelle 4 *Einspar-/CO₂-Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung sowie Investitionskosten*

Quelle: IE Leipzi

Gebäudesanierung	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Jährliche äquivalente Vollsanierungsrate	% p.a.	1	1,5	2
Sanierte Wohnfläche ab 2011 bis 2025	1.000m ²	140	210	280
Sanierungseffizienz Vollsanierung	%	40	40	40
Einsparung Endenergie	GWh	11,3	16,9	22,6
Minderung CO ₂ -Emissionen	tCO ₂ /a	2.190	3.280	4.380
Energiekosteneinsparung im Jahr 2025 ⁸	Mio. €	1,1	1,7	2,3
Ohne-Hin Investitionen (2011-2025) ⁹	Mio. €	12,8	12,8	12,8
Energierrelevante Investitionen(2011-2025) ¹⁰	Mio. €	29,9	51,2	72,5
Investitionen gesamt	Mio. €	42,7	64,0	85,3

Eine Gebäudesanierung ist in der Regel finanziell vorteilhaft, wenn Wärmeschutzmaßnahmen mit einer ohnehin fälligen Instandsetzungsarbeit gekoppelt ausgeführt werden. Pauschale Aussagen zur **Wirtschaftlichkeit** sind nicht zielführend, da sich jedes Gebäude in einem individuellen energetischen Zustand befindet und eine Einzelanalyse geboten ist.

Bei einem sogenannten "Energiecheck" wird durch einen unabhängigen Gutachter ermittelt, an welchen Teilen eines Gebäudes sich energetische Sanierungsmaßnahmen lohnen. Die Wirkung einer Maßnahme hängt maßgeblich davon ab, wie gut oder schlecht das betroffene Bauteil (Wand, Fenster, Geschossdecken, Dach) im derzeitigen Zustand gedämmt ist. Je schlechter die vorherrschende Dämmwirkung eines Bauteils, umso stärker wirkt sich eine neue und bessere Wärmedämmung oder ein Austausch aus. Dementsprechend ist in der Regel auch die Wirtschaftlichkeit höher zu bewerten.

Grundsätzlich bringt die energetische Gebäudesanierung Energie- und somit auch Kosteneinsparungen und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ist aber je nach Betrachtungszeitraum und Entwicklung der Rahmenbedin-

⁸ Energiepreise Stand 2025 unter Berücksichtigung einer Preissteigerung von 4 % p.a.

⁹ Beinhaltet u.a. Gerüst, Fassadenfunktionsschicht, in der Regel etwa 30 % der Gesamtinvestition

gungen nicht immer gegeben. Die Bundesregierung strebt eine Verdopplung der derzeitigen Sanierungsrate für Gebäude von unter 1 % an /BMU&BMWI 2010/. Voraussetzung zur Zielerreichung ist eine weiterhin kontinuierliche Bereitstellung von diversen Fördermöglichkeiten (KfW-Förderung oder steuerliche Abschreibungsmöglichkeiten).

Neben der Bereitstellung von Fördermitteln zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit sind z.B. auch Eigentumsverhältnisse von entscheidender Bedeutung. So sanieren Eigentümer bzw. Selbstnutzer durchschnittlich 8 Jahre früher /KfW 2010/. Private Eigentümer profitieren unmittelbar durch die Brennstoffkostensparnis, die aus den Sanierungsmaßnahmen resultieren. Des Weiteren können noch Zusatznutzen aus dem Komfortgewinn durch thermisch behaglicheren Wohnraum und der Wertsteigerung der Immobilie abgeleitet werden. Die größte Motivation zur Gebäudesanierung besteht oft darin, eine Unabhängigkeit von Energiepreisen zu erzielen oder die Energiekosten langfristig zu senken. Weitere starke Motivationsgründe sind aber auch einen Umweltschutzbeitrag zu leisten sowie die Wohnqualität zu erhöhen /KfW 2010/.

3.1.2 Kesseltausch

Neben dem Gebäudewärmeschutz ist auch die Erneuerung von Heizungsanlagen zu beachten. Die Lebensdauer von Heizkesseln ist mit 20 bis maximal 25 Jahren deutlich niedriger als die von baulichen Wärmeschutzmaßnahmen, entsprechend betragen die Erneuerungsraten etwa 3 % p.a. Es ist davon auszugehen, dass die noch vorhandenen alten Heizkessel von ca. 1990 und vorher in nicht allzu ferner Zukunft vollständig abgelöst werden /IWU 2007/. Unter Berücksichtigung der bekannten deutschlandweiten Rahmenannahmen und der Einschätzungen der lokalen Akteure wurde für Ilmenau eine **durchschnittliche Kesselaustauschrate** in der Vergangenheitsentwicklung und im Trendszenario konservativ auf 3 % p.a. eingeschätzt. Für das Aktivszenario wird eine Erhöhung der Kesselaustauschrate auf 4 % p.a. und im Perspektivszenario auf 5 % p.a. angestrebt (Tabelle 5).

Die **durchschnittliche Effizienzsteigerung** durch einen Kesseltausch kann mit Werten zwischen 9 % und 12 % angegeben werden /IWU 2003/. In den vorliegenden Berechnungen wurde für alle Szenarien ein Wert von 11 % angenommen¹¹. Es wird des Weiteren angenommen, dass kein Energieträgerwechsel im Zuge des Kesselaustauschs vorgenommen wird. Die Wirkungsabschätzung der Maßnahme wird separat ausgewiesen, also ohne eventuelle begleitende Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle.

Die Bewertung der **Wirtschaftlichkeit** kann – wie im Bereich der Gebäudesanierung – nicht pauschal vorgenommen werden. Unterliegt ein Kessel dem Austauschzwang der Energieeinsparverordnung oder ist ein Austausch aufgrund des Ausfalls oder einer erforderlichen aber nicht mehr rentablen Reparatur des Kessels erforderlich, ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung obsolet, da der Austausch unabwendbar ist. Unter dieser Prämisse stellt sich für den Eigentümer nunmehr die Frage, welches Heizungssystem für ihn die wirtschaftlichste Option darstellt /IE 2008 & 2009/.

Tabelle 5 **Einspar-/CO₂-Minderungspotenziale durch Kesselaustausch sowie Investitionskosten**

Quelle: IE Leipzig

Kesselaustausch	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Austauschrate	% p.a.	3	4	5
Wirkungsgradsteigerung je Kessel	%	11	11	11
Anzahl Wohnungen mit ausgetauschtem Öl- oder Erdgaskessel	WE	2.800	3.750	4.700
Verbrauch vor Kesseltausch	GWh	45,8	61,1	76,4
Verbrauch nach Kesseltausch	GWh	40,5	53,9	67,4
Einsparung Endenergie	GWh	5,3	7,2	9,0
Minderung CO ₂ -Emissionen	t CO ₂	1.250	1.670	2.080
Gesamtinvestitionskosten	Mio. €	7,7	10,3	12,8

Die Maßnahme zielt dagegen auf einen vorzeitigen Austausch noch funktionstüchtiger und zulässiger, aber technisch veralteter Heizkessel gegen Geräte mit aktuellem Stand der Technik, also insbesondere höheren Gesamtnutzungsgraden, ab. Neben der Einsparung von Energiekosten und weniger CO₂-Emissionen hat diese Verfahrensweise auch den Vorteil, dass der Eigentümer den Kesseltausch mit mehr Vorlauf planen und die Maßnahme gegebenenfalls mit weiteren Sanierungsschritten (beispielsweise Erneuerung des Wärmeverteilsystems, geringere Feuerungswärmeleistung infolge energetischer Sanierung usw.) koordinieren kann. Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Erneuerung des Heizsystems, die über den bloßen Kesseltausch hinausgeht, ist demnach sehr komplex und im Einzelfall zu prüfen.

Für die Maßnahme Kesseltausch können Fördermittel aus dem MAP¹² bezogen werden, derzeit sind dies 500 Euro.

3.1.3 Hydraulischer Abgleich

Mit dem hydraulischen Abgleich eines Heizungssystems wird sichergestellt, dass sich die Wärme gleichmäßig auf alle Heizkörper bzw. Heizflächen verteilt und Strömungsverluste minimiert werden.

Zum Hintergrund: Eine Heizungsanlage soll in der Heizperiode in einem Wohngebäude eine bestimmte thermische Behaglichkeit gewährleisten. Die Gebäude-/Raumhülle hat bestimmte Wärmeverluste, die der Heizkörper/ die Heizflächen wieder ausgleichen sollen. Zu diesem Ausgleich tragen auch Wärmegewinne durch Beleuchtung, Sonneneinstrahlung, Verbraucher (z. B. Computer, Kühlschrank) und Personen bei. Die Wärmeabgabe über die Heizkörper/Heizflächen wird im Wesentlichen durch zwei Parameter beeinflusst: Einerseits zentral durch die Regelung der Vorlauftemperatur und andererseits lokal durch den Durchfluss am Heizkörper/an der Heizfläche. Dieser Durchfluss kann an jedem Heizkörper/jeder Heizfläche

¹¹ Letztlich handelt es sich um Durchschnittswerte, die Wirkungsgradsteigerungen im Einzelfall können entsprechend nach oben und unten abweichen.

¹² Marktanzreizprogramm für innovative Heizungstechnik

entsprechend der benötigten Heizwassermenge durch eine „Drossel“ (voreinstellbares Thermostatventil) begrenzt werden. Zusätzliche Wärmegewinne aus dem Raum werden dann durch die Thermostatventile automatisch berücksichtigt, indem die Heizwassermenge selbsttätig weiter reduziert wird.

Fehlt der hydraulische Abgleich des Heizungssystems, sind folgende Mängel typisch:

- ungleiche Wärmeabgabe in den einzelnen Räumen,
- ungleichmäßige Aufheizzeiten,
- schlechtes Regelverhalten der Thermostatventile,
- Geräuschprobleme durch hohe Pumpenlast und
- zu hohe oder zu niedrige Rücklauftemperaturen.

Der hydraulische Abgleich ist unerlässlich für eine einwandfreie Funktion der Heizanlage. Voraussetzung hierfür ist eine systematische Berechnung/Auslegung des Heizsystems und der Einbau und die Regulierung von voreinstellbaren Thermostatventilen.

Damit sind gleichmäßige Aufheizzeiten und ein gutes Regelverhalten der Thermostatventile gewährleistet, da mögliche Energieverluste aufgrund falschen Nutzerverhaltens und unzuverlässig arbeitender Thermostatventile durch die Begrenzung der verfügbaren Wärmemenge minimiert wird /Scheithauer 2010/.

Diese Maßnahme sollte idealerweise schon beim Einbau einer neuen Heizungsanlage erfolgen. Daher ist nach geltenden Verordnungen und Richtlinien¹³ der hydraulische Abgleich für alle neu errichteten Heizanlagen vorzunehmen. Diese Regelungen werden jedoch bei weitem nicht vollständig umgesetzt. Für den Heizungsbestand finden diese Verordnungen und Richtlinien keine Anwendung.

Exakte Zahlen über den Stand, wie viele Heizungssysteme in Ilmenau bereits hydraulisch abgeglichen sind, existieren nicht. Es wird seitens der Wohnungsbaugesellschaft und Wohnungsbaugenossenschaft Ilmenau geschätzt, dass im Jahr 2025 im Mehrfamilienhaus rund 50 % der Heizsysteme hydraulisch abgeglichen sind, im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser wurde dieser Wert seitens des Projektteams auf 7,5 % geschätzt, was einer jährlichen Abgleichrate von 0,5 % entspricht, diese wurde im Modell hinterlegt.

Im Wesentlichen hat der hydraulische Abgleich folgende Effekte: Zum einen verringert sich der Raumwärmebedarf durch eine gleichmäßige und temperaturgeregelte Wärmeabgabe in den Räumen und zum anderen kann die Leistung der Umwälzpumpe auf ein Minimum reduziert werden. Hierbei ist allerdings ein Austausch der alten überdimensionierten Pumpe notwendig /StiftungWarentest 2007/. Zur Berechnung der Effekte wird die vereinfachte Annahme getroffen, dass sich der Raumwärmebedarf durchschnittlich um 10 kWh/m² und Jahr reduziert.

Mögliche Einsparungen durch den hydraulischen Abgleich sind in Tabelle 6 dargestellt.

¹³ DIN 18380, VDMA-Einheitsblatt 24199

Tabelle 6 *Einspar-/CO₂-Minderungspotenziale durch hydraulischen Abgleich sowie Investitionskosten*

Quelle: IE Leipzig

Hydraulischer Abgleich (abgegliche Fläche 2010: 235.000m ²)	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Anteil abgeglichener Heizsysteme 2025	EZFH %	7,5	30	60
	MFH %	50	60	70
Abgeglichene Wohnfläche 2011-2025	1000 m ²	85	220	380
Einsparung durch Abgleich	kWh/(m ² * a)	10	10	10
Einsparung Endenergie	MWh	3.200	4.550	6.150
Minderung CO ₂ -Emissionen	t CO ₂	620	880	1.190
Gesamtinvestitionskosten 2011-2025	Mio. €	0,9	2,5	4,4

Wirtschaftlich betrachtet ist die Maßnahme durch überschaubare Investitionen gekennzeichnet, die sich schnell über die eingesparten Energiekosten rechnen. Der hydraulische Abgleich ist mit verschiedenen Kosten für Handwerksleistungen (Berechnungen, Einbauleistungen) und Einbauten (Fühler Elemente, Druckregler usw.) verbunden, diese belaufen sich typischerweise auf 10 bis 13 € je Quadratmeter Wohnfläche.

3.1.4 Effiziente Heizpumpen

Eine weitere sehr effektive Maßnahme zur Energieeinsparung ist, besonders in Zusammenhang mit Kesseltausch und hydraulischem Abgleich, der Austausch der Heizpumpe. Hocheffiziente Heizungsumwälzpumpen sind in den privaten Haushalten grundsätzlich für alle Anwendungen geeignet: Radiatorheizung, Fußbodenheizung, Solaranlage und Trinkwasserzirkulation. Bei Solaranlagen muss die maximal zulässige Betriebstemperatur, bei Kaltwasseranlagen dagegen die mindestens zulässige Betriebstemperatur beachtet werden /Bayerisches Landesamt für Umwelt 2009/. Grundsätzlich sollten vor einem Austausch der Pumpen der Hersteller bzw. Installateur gefragt werden, ob Hocheffizienzpumpen eingebaut werden dürfen. Tabelle 7 zeigt die Einsparmöglichkeiten und Investitionskosten in den verschiedenen Szenarien.

Tabelle 7 *Einspar-/CO₂-Minderungspotenziale durch effiziente Heizpumpen sowie Investitionskosten*

Berechnung: IE Leipzig

Effiziente Heizpumpen	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Anteil der Systeme mit effiziente Pumpen 2025	%	15	30	45
Spezifische Einsparung	kWh/a	450	450	450
Einsparung Endenergie	MWh	270	540	810
Minderung CO ₂ -Emissionen	t CO ₂ /a	150	300	450

Gesamtinvestitionskosten 2011-2025	Mio. €	0,3	0,6	0,9
------------------------------------	--------	-----	-----	-----

Die Heizungsumwälzpumpe kann bis zu 20 % der Stromkosten eines Haushaltes ausmachen, sie transportiert während der Heizperiode ununterbrochen das erwärmte Heizungswasser vom Kessel zu den Heizkörpern und hält so den Wasserkreislauf in Schwung. Normale Heizungspumpen haben eine Leistungsaufnahme von über 90 Watt, hocheffiziente Umwälzpumpen dagegen nur 15 Watt. Ein Pumpentausch kostet ca. 500 € und amortisiert sich nach spätestens 4 Jahren, die Lebensdauer der Pumpen beträgt 15-20 Jahre. Zwar sind die Anschaffungskosten höher als für eine Standardpumpe, dafür sind die eingesparten Stromkosten beträchtlich.

3.1.5 Effiziente Elektrogeräte

Wie in Abschnitt 2.3.1 dargestellt, wird zur Berechnung des Endenergieverbrauchs der Elektrogeräte der Ausstattungsbestand sowie der durchschnittliche Jahresstromverbrauch des Gerätebestandes im Modell hinterlegt. An Hand von Annahmen zur Lebensdauer dieser Geräte kann die jährliche Austauschrate ermittelt werden. Daraus ergibt sich die Anzahl von Neuanschaffungen im betrachteten Zeitraum zwischen 2011 und 2025. Es wird davon ausgegangen, dass im besten Fall die Produktentscheidung der Verbraucher beeinflusst werden kann, die Austauschrate also unveränderlich ist. Je nach Investitionsbereitschaft sinkt der durchschnittliche Stromverbrauch durch die Neuanschaffung effizienterer Geräte. Vergleichsgröße ist in diesem Zusammenhang die Effizienzsteigerung von Neugeräten bezogen auf den durchschnittlichen Verbrauch der Geräte von 2010 (Abbildung 27). Anhand dieser Struktur können Simulationen zur Energieeinsparung durchgeführt werden, welche durch den Einsatz derzeit bester verfügbarer Geräte¹⁴ (im Hinblick auf die Energieeffizienz) erreicht werden können.

Wenn ein Elektrogerät ausfällt, stehen die Verbraucher vor der Entscheidung, welcher Effizienzklasse das zu beschaffende Ersatzgerät angehören soll. Beispielsweise verbraucht ein Kühlschrank der Effizienzklasse A++ nur etwa die Hälfte der Energie (und damit auch der Energiekosten) eines Gerätes der Klasse A. Solche Geräte sind aber nur etwa 10 bis 20 % teurer in der Anschaffung. Die Mehrkosten der Anschaffung amortisieren sich innerhalb von wenigen Jahren. Bei Waschmaschinen und Geschirrspülern ist die Stromeinsparung tendenziell etwas geringer, jedoch kommt hier noch der Effekt des geringeren Wasser- und Abwasser verbrauchs zum Tragen.

Bei Geräten der Informations- und Kommunikationstechnik sowie der Unterhaltungstechnik sind zudem die sogenannten Standby-Verluste relevant. Durch den Anschluss der Geräte an schaltbare Steckerleisten können diese vollständig vermieden werden. Diese Maßnahme ist hoch wirtschaftlich, da kaum Investitionen anfallen.

¹⁴ Hierbei fließen auch Abschätzungen zum Angebot noch energieeffizienterer Geräte innerhalb der kommenden Dekade mit ein. Jedoch bildet die Annahme, derzeit beste verfügbare Geräte als Benchmark zu verwenden den Vorteil, dass bezogen auf den gesamten Gerätebestand bis zum Jahr 2025 (nicht alle Geräte werden bis 2025 ausgetauscht) ein gesicherter Mittelwert in die Berechnungen einfließt.

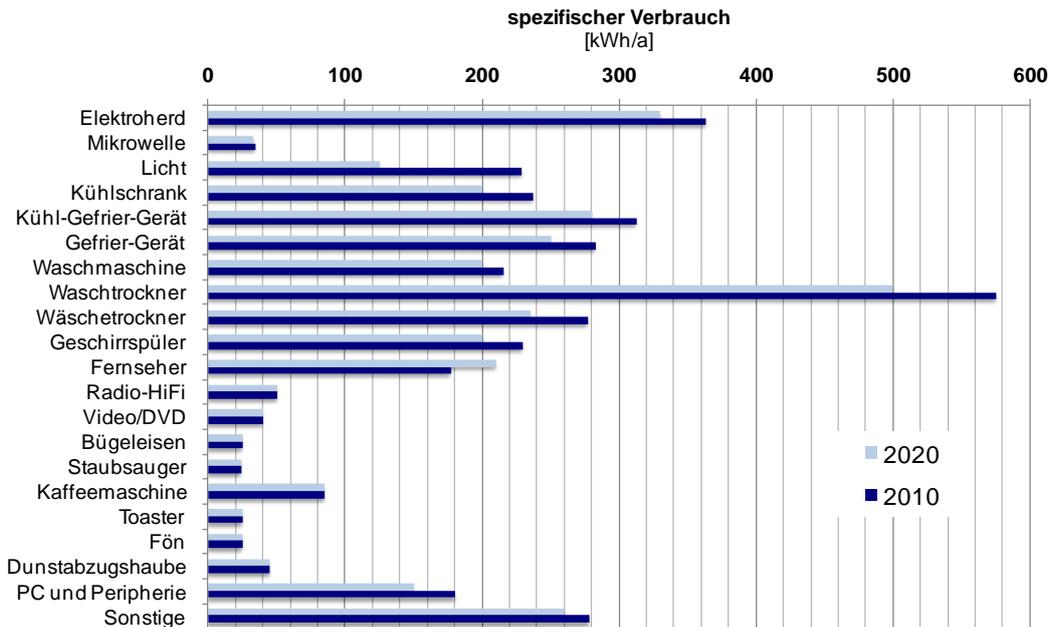


Abbildung 27 Spezifische Verbräuche der Elektrogeräte im Bestand im Ist-Zustand 2010 und im Jahr 2020

Quelle: /Prognos 2007/, eigene Recherche IE Leipzig

Für die Berechnungen im Rahmen der Szenarien sind folgende Annahmen von Belang: Für das aktuelle Jahr 2010 wird davon ausgegangen, dass 5 % des Bestandes der Elektrogeräte auf die derzeit beste angebotene Effizienzklasse entfallen. Dieser Anteil steigt im Trendszenario bis 2025 auf 15 %. Für das Aktivszenario wird angestrebt, dass bis 2025 etwa 30 % der in den Haushalten befindlichen Elektrogeräte der jeweils besten Effizienzklasse entsprechen. Im Perspektivszenario sollen 50 % der Elektrogeräte der besten Energieeffizienzklasse angehören.

Die mit den drei Szenarien verbundenen Wirkungen auf den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8 *Einspar-/CO₂-Minderungspotenziale durch effiziente Elektrogeräte sowie Investitionskosten¹⁵*
Berechnung: IE Leipzig

Effiziente Elektrogeräte (Aktueller Anteil der „best“-Geräte 5 %)	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Anteil „best“-Geräte am Bestand 2025	%	15	30	50
Einsparung durch Gerätetausch ¹⁶	%	40	40	40
Einsparung Endenergie	MWh	1.850	2.530	3.390
Minderung CO ₂ -Emissionen	t CO ₂ /a	1.040	1.430	1.900
Ohne-Hin-Investitionen (2011-2025)	Mio. €	52	52	52
Zusätzliche Kosten durch Kauf von „best“-Geräten (2011-2025)	Mio. €	4,5	9	15

3.1.6 Solarthermie

Im Jahr 2010 waren etwa 100 Wohneinheiten mit Kollektoren zur Nutzung der Solarthermie in Ilmenau installiert. Umgerechnet auf die Gesamtzahl der Wohneinheiten entspricht dies einem Anteil von 0,7 %.

Bei der Fortschreibung der Struktur der Heizungssysteme im Trendszenario bis 2025 wird davon ausgegangen, dass sich der Anteil der Wohneinheiten mit Solarthermie auf 180 erhöht (Tabelle 9). Diese Entwicklungen werden überwiegend im Neubau zu beobachten sein. Nach dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) ist im Neubau ein Mindestanteil der Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien verpflichtend. Die Installation einer Solarthermieanlage als eine Möglichkeit zur Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben wird hierbei vorwiegend genutzt. Für das Aktivszenario wird angestrebt, den Zubau um weitere 90 Wohneinheiten mit Solarthermie gegenüber der Trendentwicklung zu erhöhen und für das Perspektivszenario um 230 Wohneinheiten. In Tabelle 9 sind die Ergebnisse zu den Szenarien dargestellt. Die Nutzung der Sonnenenergie zur Wassererwärmung führt nicht zu einem Rückgang des Endenergieverbrauchs der Haushalte, vielmehr sinken der Verbrauch an fossilen Energieträgern und damit die CO₂-Emissionen.

¹⁵ Angaben sind gerundet

¹⁶ Unterschiedliche Studien gehen von einem Einspareffekt von 10 – 60 % aus

Tabelle 9 Erzeugungs-/CO₂-Minderungspotenziale durch Solarthermieanlagen sowie Investitionskosten
Berechnung: IE Leipzig

Solarthermie (Aktuell ca. 100 Wohneinheiten)	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Anteil Wohneinheiten mit Solarthermie	%	1,3	2	3
im Jahr 2025	WE	180	270	410
Zubau 2011-2025	WE	80	170	310
Wärmeerzeugung aus zugebauten Solarthermieanlagen	MWh	320	680	1.230
Minderung CO ₂ -Emissionen	t CO ₂	75	160	290
Gesamtinvestitionskosten (2011-2025) ¹⁷	Mio. €	0,4	0,8	1,5

Auch am Beispiel der Solarthermie wird deutlich, dass eine **wirtschaftliche Bewertung** nur für den konkreten Einzelfall abgegeben werden kann. Hierbei kommen verschiedene Aspekte zum Tragen, wie beispielsweise die Höhe des Heizwärme- und Warmwasserbedarfs, die Ausrichtung der Dachfläche und die erwarteten Strahlungsdaten der Sonne sowie die fach- und bedarfsgerechte Dimensionierung und Ausführung der Anlage.

3.1.7 Wärmepumpen

Als weitere Maßnahme im Bereich der Wärmebereitstellung wird der Zubau an Wärmepumpen betrachtet. Diese Heizsystem zeichnet sich durch einen geringeren CO₂-Ausstoß gegenüber dem Referenzsystem Erdgasheizung aus.

Aus den Daten zur Beheizungsstruktur ist ersichtlich, dass im Jahr 2010 in Ilmenau ca. 90 Wärmepumpen installiert waren. Im Trendszenario wird bis zum Jahr 2025 ein Zubau auf 200 Wärmepumpen (1,5 % der Wohneinheiten) erwartet. Für die beiden anderen Szenarien werden für den Zubau an Wärmepumpen jeweils nur leichte Steigerungen berücksichtigt, da Wärmepumpen hauptsächlich im Neubau eingesetzt werden. Im Aktivszenario wird der Ausbau auf 250 Anlagen (1,9 % der Wohneinheiten) und im Perspektivszenario auf 300 Anlagen (2,2 % der Wohneinheiten) berücksichtigt (Tabelle 10).

Tabelle 10 Erzeugungs-/CO₂-Minderungspotenziale durch Wärmepumpen sowie Investitionskosten¹⁸
Berechnungen: IE Leipzig

Wärmepumpen Aktuell 2010: 90 Anlagen	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Anzahl installierte Wärmepumpen		200	250	300
Zubau an Anlagen 2011-2025		110	160	210

¹⁷ Investitionskosten ohne Berücksichtigung Förderung

¹⁸ Angaben sind gerundet

Wärmeerzeugung aus Wärmepumpen	MWh	3.730	4.670	5.600
Minderung CO₂-Emissionen	t CO₂/a	515	640	770
Gesamtinvestitionskosten (2011-2025) ¹⁹	Mio. €	1,54	2,24	2,94

Die Wahl eines Heizungssystems ist abhängig von der Gebäudeart und -größe, dem energetischen Standard, dem Nutzerverhalten, den aktuellen und künftig erwarteten Energiepreisen sowie der vorhandenen Infrastruktur vor Ort. Diese Aspekte fließen im Neubau genau wie bei einer Heizungssanierung in die Entscheidung ein. Daher sind absolute Aussagen zur **Wirtschaftlichkeit** pro oder kontra bestimmter Heiztechnologien oder eines bestimmten Energieträgers stets von individuellen Gegebenheiten abhängig.

Bei Wärmepumpen stehen verschiedene Technologien zur Verfügung (Erdwärmepumpe mit Kollektor oder Sonde, Luftwärmepumpe usw.), die je nach Versorgungsfall spezifische technische Vor- und Nachteile sowie sehr unterschiedliche Investitions- und Betriebskosten aufweisen können. Insbesondere bei Bestandsgebäuden können durch den nachträglichen Einbau einer Wärmepumpe Anpassungen am Wärmeverteilsystem notwendig werden.

Eine Wärmepumpe kann im Allgemeinen den Vorteil geringer Betriebskosten (Strom) umso weniger ausspielen, je geringer der Wärmebedarf (gut gedämmtes Gebäude) ist. Die hohen Kapitalkosten (Investition) überwiegen bei Betrachtung der Vollkosten einer Wärmepumpenanlage. Bei dem aktuellen Preisniveau – sowohl bei den Geräte- und Installationskosten als auch beim Referenzpreis für Erdgas – sind Wärmepumpen nur unter günstigen Rahmenbedingungen wirtschaftlich darstellbar /IE 2008 & 2009/.

3.1.8 Feste Biomassekessel

Das Heizsystem Biomassekessel (Pellets, Hackschnitzel, Scheitholz) zeichnet sich vor allem durch seine Klimaneutralität aus, da Biomasse bei seiner Verbrennung nur die gleiche Menge an CO₂ ausstößt, die sie während ihres Lebens gespeichert hat.

Anzumerken ist bei dieser Maßnahme, dass hier nur geförderte Anlagen über das Bundesamt für Ausfuhrkontrolle (BAFA) berücksichtigt werden. Die Bestandszahlen an Holzkesseln, welche noch aus früheren Jahren bestehen, sind deutlich höher. Im Modell wurde, in Verbindung mit Informationen aus dem Projektteam, mit knapp 400 versorgten Wohneinheiten mittels Holzkesseln gerechnet (ca. 9 % der EZFH). Diese liegen insbesondere im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser in den Ortsteilen Manebach und Heyda, aber auch in nicht mit Gas oder Fernwärme versorgten Randgebieten Ilmenaus.

Aus den Daten des BAFA ist bekannt, dass im Jahr 2010 in Ilmenau ca. 30 geförderte Biomassekessel installiert waren. Im Trendszenario wird bis zum Jahr 2025 ein Zubau auf 70 Kessel erwartet. Für die beiden anderen Szenarien wird für den Zubau jeweils nur eine leichte Steigerung berücksichtigt (Tabelle 11).

¹⁹ Beinhaltet bei Wärmepumpen inklusive Mehraufwendungen für Strom, „Ohne-Hin“-Investitionen sind Mehrkosten gegenüber einem Erdgaskessel

Tabelle 11 Erzeugungs-/CO₂-Minderungspotenziale durch Pelletkessel sowie Investitionskosten
Berechnungen: IE Leipzig

Feste Biomassekessel (Aktuell bis 2010: 30 Anlagen gefördert über BAFA)	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Anzahl installierte Biomassekessel		70	85	100
Zubau an Anlagen 2011-2025		40	55	70
Wärmeerzeugung aus Pelletkessel	MWh	1.680	2.040	2.400
Minderung CO₂-Emissionen	t CO₂/a	390	470	560
Gesamtinvestitionskosten (2011-2025)²⁰	Mio. €	0,7	0,9	1,2

Die Wahl eines Heizungssystems ist abhängig von der Gebäudeart und -größe, dem energetischen Standard, dem Nutzerverhalten, den aktuellen und künftig erwarteten Energiepreisen sowie der vorhandenen Infrastruktur vor Ort. Diese Aspekte fließen im Neubau genau wie bei einer Heizungssanierung in die Entscheidung ein. Daher sind absolute Aussagen zur **Wirtschaftlichkeit** stets von individuellen Gegebenheiten abhängig.

Erneuerbare Heizsysteme sind gegenüber der klassischen Erdgasheizung durch vergleichsweise hohe Anfangsinvestitionen gekennzeichnet, die sich jedoch über geringere Brennstoffpreise wieder ausgleichen können. Der regelmäßig aktualisierte Vollkostenvergleich Heizsysteme des IE Leipzig zeigt jedoch, dass dies von Jahr zu Jahr unterschiedlich sein kann: Im Jahr 2008 z.B. war der Preisunterschied zwischen Erdgas und Pellets so groß, dass eine Pelletheizung bei hohem Wärmebedarf unter bestimmten Voraussetzungen geringere jährliche Vollkosten²¹ aufwies als eine Erdgasheizung. Mit den Gegebenheiten im Jahr 2009 (niedrigere Erdgaspreise, gestiegene Pelletpreise) kehrte sich diese Tendenz allerdings wieder um /IE Leipzig 2008&2009/. Die variablen Energiekosten erschweren also zusätzlich eine wirtschaftliche Bewertung.

3.1.9 Erhöhung des Anteils von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK)

Eine sich derzeit neu etablierende Technologie sind KWK-Anlagen. Die dezentralen Heizsysteme werden vorrangig mit Erdgas betrieben. Der Vorteil besteht darin, dass sie durch Kraft-Wärme-Kopplung ein Gebäude nicht nur mit Wärme versorgen, sondern auch Strom erzeugen. Dieser Strom kann im Gebäude verbraucht oder ins öffentliche Netz eingespeist werden. Wenn die Wärme vollständig genutzt wird, kann eine KWK-Anlage einen Gesamtwirkungsgrad von 90 % erreichen.

Jedoch obliegt das System saisonalen Schwankungen, so dass der Wirkungsgrad im Sommer niedriger sein kann, da die Wärme nur für Warmwasser benötigt wird. Für einen optimalen Be-

²⁰ Investitionskosten ohne Berücksichtigung Förderung

²¹ Bei hohem Wärmebedarf treten hohe Investitionskosten in den Hintergrund und die Brennstoffpreise werden zur sensiblen Wirtschaftlichkeitsgröße.

trieb ist jedoch ein kontinuierlicher Wärmebedarf erforderlich, da mit sinkender Wärmebereitstellung auch die Stromerzeugung zurückgeht.

Im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser sind die Anschaffungskosten für KWK-Anlagen derzeit noch sehr hoch. Im Trendszenario wird davon ausgegangen, dass rund 70 Wohneinheiten (0,5 % des Wohnungsbestands) im Jahr 2025 über Kraft-Wärme-Kopplungssysteme im Mehrfamilienhausbereich versorgt werden, das Potenzial für diesen Ausbau sehen die Gutachter sowie das Projektteam vorwiegend in den nicht mit Fernwärme versorgten Mehrfamilienhäusern. Im Aktivszenario wird der Anteil verdoppelt und im Perspektivszenario verdreifacht (Tabelle 12).

Die in Tabelle 12 dargestellten Ergebnisse wurden anhand von Referenzfällen²² ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass der erzeugte Strom vor Ort verbraucht wird. Die negative Energieeinsparung entsteht, weil durch die zusätzliche Stromproduktion der Anlage ein Mehreinsatz von Erdgas erforderlich ist. Somit wird keine Energie vor Ort beim Verbraucher eingespart, sondern ein Teil der Energie aus Erdgas in Strom umgewandelt. Aufgrund des bilanziell verdrängten Stromes aus dem deutschen Kraftwerkspark kann trotzdem eine CO₂-Einsparung bilanziert werden.

Tabelle 12 Erzeugungs-/CO₂-Minderungspotenziale durch KWK-Anlagen sowie Investitionskosten²³
Berechnungen: IE Leipzig

Erhöhung KWK-Anteil	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Versorgte Wohneinheiten mit KWK		70	140	210
Energieeinsparung im Jahr 2025	MWh	-220	-440	-650
Minderung CO₂-Emissionen	t CO₂/a	40	80	120
Gesamtinvestitionskosten (2011-2025)	Mio. €	0,3	0,55	0,8

Die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit ist von vielen Faktoren abhängig:

- Einsatz unterschiedlicher Energieträger
- Einspeisung (und somit Vergütung) oder Direktverbrauch KWK-Strom
- Wärmebedarf (ist ein kontinuierlicher Betrieb möglich)
- Preisentwicklung der Energieträger

Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen sind Mikro-KWK-Anlagen (also im Ein- und Zweifamilienhausbereich) aufgrund der hohen Investitionskosten (mind. 20.000 €) noch nicht wirtschaftlich.

²² Referenzfall: Für EFH: 12 kW thermische Leistung, 4 kW elektrische Leistung

Für MFH: bivalentes System mit einer Gesamtheizleistung von 34 kW bestehend aus einem BHKW mit 8 kW thermischer Leistung, 3 kW elektrischer Leistung (Deckungsrate 80 %) und Spitzenlastkessel (Deckungsrate 20 %)

²³ Angaben sind gerundet

3.1.10 Bewusstes Energiesparen durch Nutzerverhalten

Eine weitere, sehr effektive, Maßnahme zur Einsparung von Energie im Bereich der Privaten Haushalte ist das Nutzerverhalten der Mieter und Hausbesitzer. Oft kann mit kleinen Veränderungen viel Energie eingespart werden. Diese Veränderungen des Nutzerverhaltens können jedoch nur qualitativ dargestellt werden, im Weiteren werden die wichtigsten Energiespartipps (welche nicht in den Maßnahmen 1 bis 9 enthalten sind) dargestellt, rechnerisch allerdings nicht näher betrachtet. Zu den effektivsten Möglichkeiten im Haushalt Energie einzusparen, gehören /dena 2012/, /Palmer 2009/:

Richtige Raumtemperatur wählen

- Je einem Grad Temperaturreduzierung werden rund 6 % Energie gespart
- Wohlfühltemperatur in Wohnräumen liegt bei 19 bis 20 Grad.

Sinnvoll Lüften

- Heizkörperventile schließen und bei weit geöffneten Fenstern Stoßlüften.
- Nachts schützen geschlossene Rollläden, Vorhänge und Gardinen vor Wärmeverlust.

Wärmestau vermeiden

- Heizkörper müssen die Wärme frei an die Raumluft abgeben können, dürfen daher nicht durch Vorhänge oder Möbel verstellt werden.
- Eine zusätzliche Dämmung der Wand hinter dem Heizkörper ist sinnvoll.

Heizkörper entlüften

- Optimale Funktion nur, wenn keine Luft im System ist.

Heizungspumpe überprüfen

- Kann keine hocheffiziente Pumpe eingesetzt werden (Abschnitt 3.1.4), sollte zumindest die Einstellung überprüft werden. Hier kann oft zwischen drei Leistungsstufen gewählt werden, dementsprechend kann der Stromverbrauch deutlich verringert werden.

Rohrleitungen dämmen

- Führen Heizungsrohre durch kalte Räume, geht dort viel Wärme verloren.

Klimafreundliches Waschen und Trocknen

- Waschmaschine immer voll beladen und möglichst geringe Temperatur wählen. Wäschetrockner sind Stromfresser (Abbildung 27), wenn möglich sollte die Wäsche an der Luft trocknen.

Warmwasseranschluss von Geräten

- Waschmaschinen und Geschirrspüler verbrauchen viel Energie beim Erhitzen des nötigen Wassers, diese Energie kann eingespart werden, wenn die Geräte direkt am Warmwasseranschluss installiert werden (Vorschaltgerät oder ausgerüstete Geräte mit zwei Wasseranschlüssen nötig).

Standby-Modus ausschalten

- Geräte nach Benutzung immer vollständig von der Stromversorgung trennen, optimal geeignet sind dafür Steckdosenleisten, diese amortisieren sich innerhalb weniger Monate.

Energiesparendes Kochen

- Kochen ohne Deckel ist wie Heizen bei offenem Fenster, ohne Deckel wird doppelte bis dreifache Energie benötigt.
- Töpfe und Pfannen sollten immer passend zum Durchmesser der Kochstellen gewählt werden.

3.1.11 Zusammenfassung

Im **Trendszenario** ergibt sich durch die betrachteten Maßnahmen ein **CO₂-Minderungspotenzial von ca. 6.300 t CO₂**. Der größte Anteil entfällt hierbei auf die Bereiche „Gebäudesanierung“, „Kesseltausch“ und „effiziente Elektrogeräte“ mit ca. 4.400 t CO₂.

Durch die Verstärkung der Maßnahmen im **Aktivszenario** kann eine **Minderung der CO₂-Emissionen um ca. 8.900 t** im Haushaltssektor erreicht werden, also **2.600 t** mehr gegenüber der Trendentwicklung. Am wirksamsten erweist sich hierbei die Erhöhung der Sanierungsrate auf 1,5 %p.a., allein dadurch können 1.100 t mehr CO₂ eingespart werden.

Die Erhöhung der Kesselaustauschrate auf 4 % bewirkt eine weitere Einsparung von 500 t CO₂. Zusätzliche 400 t können durch eine aktivere Herangehensweise beim Ersatz alter Elektrogeräte durch neue effiziente Geräte eingespart werden. Die Erhöhung der hydraulisch abgeglichenen Heizsysteme in Verbindung mit effizienten Heizungspumpen bewirkt eine Mehreinsparung von über 400 t CO₂ gegenüber dem Trend. Infolge des verstärkten Zubaus von (Kombi)-Heizungssystemen wie Wärmepumpen, Pelletkessel und Solarthermieanlagen, können weitere rd. 250 t CO₂ eingespart werden.

Mit dem **Perspektivszenario** kann insgesamt ein **CO₂-Minderungspotenzial von rd. 11.700 t CO₂** ausgewiesen werden. Damit liegt das Gesamtminderungspotenzial um ca. 5.400 t über der Trendentwicklung und damit fast doppelt so hoch. Die CO₂-Minderungspotenziale aller drei Szenarien sind in Abbildung 28 zusammenfassend dargestellt.

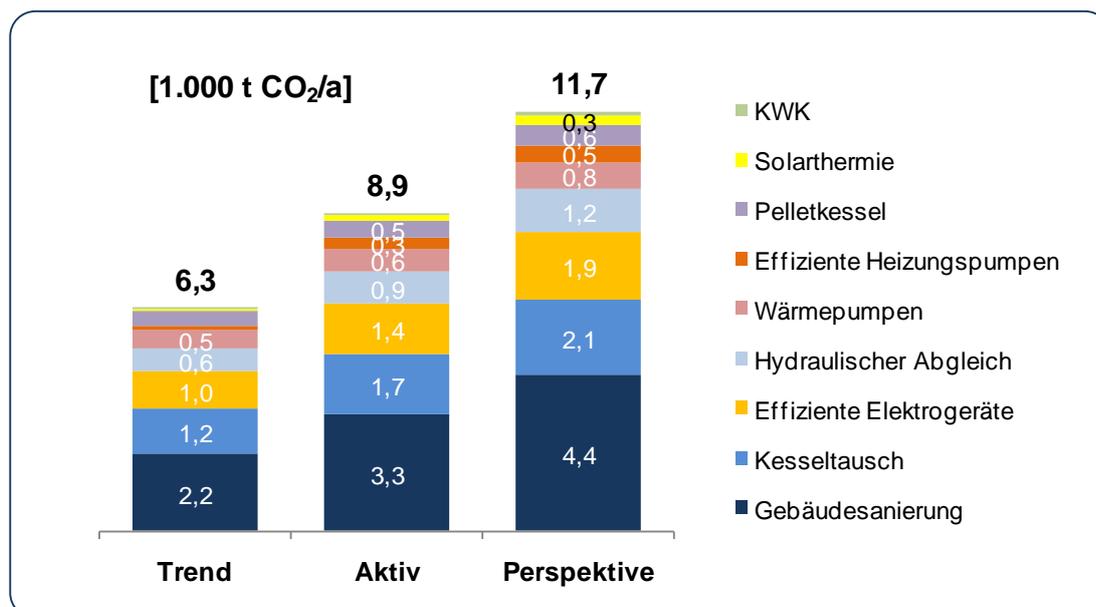


Abbildung 28 CO₂-Minderungspotenziale im Sektor Private Haushalte

Quelle: Berechnungen IE Leipzig

3.2 Maßnahmen im Bereich Industrie/ Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Methodisch ergibt sich der Energieverbrauch im Sektor GHD und Industrie daraus, dass beispielsweise die Menge eines zu produzierenden Gutes, die Beheizung einer bestimmten Fläche oder der Betrieb eines Prozesses mit durchschnittlichen spezifischen Energieverbrauchsfaktoren ermittelt wird. Daraus ergibt sich ein differenziertes Bild des Energieverbrauchs (nach Energieträgern und Verwendungszwecken), anhand dessen die Wirkung von Einsparmaßnahmen simuliert und abgeschätzt werden. Als Beispiel: Die Einsparpotenziale im Bereich der Wärmebereitstellung (Raumwärme) sind im Sektor Industrie tendenziell niedriger, da ein größerer Anteil der Energie für Produktionsprozesse eingesetzt wird (begrenzter Optimierungsspielraum), während im Sektor GHD der Energieeinsatz zur Raumbeheizung bzw. -klimatisierung überwiegt und hier große Potenziale zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle liegen.

Maßnahmen zur Energieeinsparung und damit CO₂-Minderung sind aus Sicht der Gutachter unter Einbeziehung der genannten sektor- und branchenspezifischen Gewichtungen in den Bereichen

- Wärmetechnische Sanierung der Gebäudehülle,
- Energieeffizienz bei der technischen Gebäudeausrüstung,
- energieeffiziente Geräte und Antriebe,
- energieeffiziente Beleuchtung,
- Optimierung und Substitution der Prozesse sowie
- Energiemanagement und Energiecontrolling

anzusiedeln.

Maßnahmen im Industriesektor

Im Industriesektor sind verschiedenartige Prozesse mit ganz unterschiedlichem Einsatz von Energieträgern von Bedeutung. Es überwiegt endenergetisch der Bedarf an *Prozesswärme*, die vorrangig aus Erdgas und Heizöl erzeugt wird. Mit Blick auf mögliche Anknüpfungspunkte zur Verbrauchsminderung besteht hier ein großes Potenzial, das aber bereits heute allein schon aus Kostengründen zu laufenden Anstrengungen zur Prozessoptimierung seitens der Industrie genutzt wird. Dies schließt auch den *Bereich der elektrischen Antriebe*, Pumpen und Druckluft (hier: mechanische Energie) mit ein. Jedoch gibt es auch Prozesse mit hohen energetischen Anforderungen, bei denen keine weiteren Einsparungen möglich sind, wohl aber Substitutionsmöglichkeiten beim Energieträgereinsatz bestehen.

Der Energieverbrauch für *Information, Kommunikation und Beleuchtung* ist endenergetisch sehr gering, bei Betrachtung der stromseitigen Verbrauchsstruktur jedoch nicht unerheblich. Daher sind auch hier Einsparmaßnahmen möglich, zumal diese bei pauschaler Betrachtung teilweise leichter umgesetzt werden können, als wenn in einen industriellen Produktionsprozess eingegriffen werden muss.

Mit Blick auf die glas- und *metallverarbeitenden Betriebe* gibt es ein vielfältiges Spektrum an technischen, betrieblichen und organisatorischen Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Wichtig sind für die Herstellung von Glas- und Metallerzeugnissen die fossilen Energieträger Erdgas und Heizöl sowie Strom zur Glasschmelze. In der Glas- und Metallindustrie ist es daher durchaus sinnvoll, Abwärme zu nutzen oder die Druckluftherzeugungsanlagen zu modernisieren.

Alle diese Maßnahmen sollten in größeren Betrieben durch eine *systematische Einführung von Energiemanagement und Energiecontrolling* flankiert werden, was nahezu ohne Investitionen zu hohen Einsparungen führen kann.

Hierauf zielt auch die seit dem Jahr 2009 geltende Norm DIN EN 16001. Die DIN EN 16001 beschreibt formell die Anforderungen an ein Energiemanagementsystem, welches in Betrieben und Organisationen zum Einsatz kommt. Ein Energiemanagementsystem dient der systematischen Erfassung der Energieströme als Basis zur Entscheidung für Investitionen zur Verbesserung der Energieeffizienz. Ein funktionierendes Energiemanagementsystem hilft einem Unternehmen oder einer Organisation energetische Leistung durch einen systematischen Ansatz kontinuierlich zu verbessern und dabei gesetzliche Anforderungen sowie anderweitige Verpflichtungen zu berücksichtigen /BMU 2010/.

Maßnahmen im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

In den Gebäuden des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen überwiegt der Verbrauch an Brennstoffen für *die Bereitstellung von Raumwärme*. In diesem Bereich sind u. a. Arztpraxen, Kanzleien, Gewerbebetriebe, Geschäfte usw. zusammengefasst, die einen hohen Raumwärmebedarf aufweisen. Demnach gilt hier ähnlich wie im Sektor Haushalte, dass eine energetische Sanierung der Gebäude eine Reduzierung des Energiebedarfs darstellt. Der hohe Anteil an Endenergie zu *Beleuchtungszwecken* (Universität, Geschäfte, Büros usw.) zeigt einen weiteren Anknüpfungspunkt für wirksame Einsparmöglichkeiten vor allem beim Stromeinsatz

Neben der wärmetechnischen Sanierung der Gebäudehülle bietet die *technische Gebäudeausrüstung* relevante Einsparpotenziale. In vielen Büro- und Dienstleistungsgebäuden (z.B. Universität) sowie im Handel spielt die Ausstattung mit raumluftechnischen Anlagen eine wichtige Rolle, so dass hier Optimierungsmaßnahmen eine breite Einsparwirkung entfalten können.

Hinzu kommen die vor allem im Handel verwendeten *Kühlaggregate* sowie *der Bereich der zunehmenden Ausstattung mit Informationstechnik* (Ansatzpunkt z. B. Vermeidung von Leerlaufverlusten).

Die zuvor beispielhaft genannten Maßnahmen im Sektor Industrie/ GHD können in der Regel **wirtschaftlich** umgesetzt werden, wobei „Wirtschaftlichkeit“ individuell unterschiedlich von den Unternehmen definiert wird. Es bestehen vor allem im industriellen Bereich restriktive Vorgaben für Kapitalrückflusszeiten. Diese liegen im Durchschnitt bei etwa zwei bis drei Jahren, wobei Energiesparmaßnahmen eine deutlich längere „Lebensdauer“ aufweisen.

Als allgemein sehr wirtschaftlich sind organisatorische Maßnahmen zu nennen, die unter „Energiemanagement“ zusammengefasst werden können. Durch die Schaffung von Transparenz werden Einsparpotenziale deutlich, die durch Abschalten oder eine Leistungsreduzierung von Anlagen, Komponenten und Geräten gehoben werden können. Dies betrifft industrielle Anlagen und Verfahrenstechnik genauso wie die Gebäudetechnik bis hin zu Beleuchtung, Kühlung und Bürogeräte. Für diese organisatorischen Maßnahmen sind neben den Personalkosten nur geringe oder gar keine Investitionen notwendig und die Einsparungen sind teilweise enorm.

Investive Maßnahmen (beispielsweise Antriebe, Pumpen, Kühltechnik, Prozesstechnik usw.) bedürfen einer individuellen Bewertung an Hand der Gegebenheiten vor Ort. Eine pauschale Aussage über deren Wirtschaftlichkeit ist nicht möglich.

Neben der Wirtschaftlichkeit bestimmen auch andere Prämissen, ob Energiesparmaßnahmen umgesetzt werden oder nicht. Investitionen in Energieeinsparmaßnahmen stehen immer in Konkurrenz zu anderen Investitionen, welche eher im Kerngeschäft (z. B. Produktforschung, Produktionsausbau) anzusiedeln und daher als betriebsnotwendige Voraussetzung eine höhere Priorität genießen. Hinzu kommt die teilweise geringe Bedeutung der Energiekosten für die Kostenstruktur von Industrieunternehmen. Auch Contractingangebote sind nur begrenzt in der Lage, diese Hemmnisse zu lösen.

Aufgrund der Komplexität und der Heterogenität des Sektors GHD/Industrie war es innerhalb dieses Gutachtens nicht möglich, die Wirkung einzelner Maßnahmen nach unterschiedlichen Industriezweigen, Gewerken und Dienstleistungsbranchen auszuweisen. Die Möglichkeiten zur Umsetzung und die Wirkung von Maßnahmen sind wie geschildert zudem in hohem Maße einzelfallabhängig.

Ein Energieeinsparpotenzial für den Sektor GHD/Industrie kann trotzdem näherungsweise abgeschätzt werden, indem überschlägige Berechnungen anhand der Zielgröße "Entwicklung der Energieproduktivität" durchgeführt werden. Die Energieproduktivität ist ein Maß dafür, wie viel Wirtschaftsleistung pro eingesetzter Energieeinheit erzeugt wird. Eine Verbesserung der Energieproduktivität würde also bedeuten, dass der Anstieg der Wirtschaftsleistung nicht zwingend mit einem Anstieg des Endenergieverbrauchs verbunden sein muss.

Die durchschnittliche Verbesserung der Energieproduktivität für den Sektor GHD/Industrie liegt für die Bundesrepublik Deutschland bei etwa 1,5 % pro Jahr. Diese Entwicklung wird auch für Ilmenau angenommen (Trendszenario). Im Aktivszenario wurde eine Erhöhung dieser Steigerungsrate auf 2 % p.a. angesetzt. Dieser Wert liegt damit unterhalb des Zieles der Bundesregierung, welche eine Verdoppelung auf 3 % p.a. vorsieht /BMU 2010/. Für das Perspektivszenario wurde eine jährliche Verbesserung der Energieproduktivität auf 3 % p.a. unterstellt, also eine Steigerung entsprechend der Forderung der Bundesregierung (Tabelle 13). Bei dieser Betrachtung darf nicht vergessen werden, dass diese Einsparungen von Verbrauchszuwächsen überlagert werden können. Ergo würde – ohne Erhöhung der Energieproduktivität – der Anstieg des Endenergieverbrauchs im Sektor GHD/Industrie weitaus höher ausfallen. Es sind sehr hohe Energieeinsparungen und CO₂-Minderungen möglich, die jedoch

nur bei flächendeckender und umfassender Umsetzung von Maßnahmen realisiert werden können.

Tabelle 13 **Einspar-/CO₂-Minderungspotenziale im Sektor GHD/Industrie und Investitionskosten²⁴**

Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Erhöhung der Energieproduktivität	Parameter	Trend	Aktiv	Perspektive
jährliche Steigerungsrate	%p.a.	1,5	2	3
Endenergieeinsparung im Jahr 2025 absolut betrachtet gegenüber 2010	GWh	5	19	48
Minderung CO₂-Emissionen	t CO₂/a	1.370	5.780	14.600
Investitionskosten insgesamt (2011-2025)	Mio. €	3,2	13	33

Auf Basis der ausgewiesenen Steigerung der Energieproduktivität von aktuell 1,5 % p.a. auf 2 % p.a. bzw. auf 3 % p.a. kann die absolute Energieeinsparung ermittelt werden. Steigt die Energieproduktivität auf 2 % p.a., entspricht dies einer gesamten Energieeinsparung in Höhe 19 GWh gegenüber dem Jahr 2010. Entsprechend erhöht sich die Energieeinsparung auf näherungsweise 25 % bzw. 40 % im Aktiv- und Energieautarkie-Szenario.

3.3 Maßnahmen im Bereich öffentliche Liegenschaften

Zur Identifizierung von Einsparpotenzialen im Bereich der öffentlichen Liegenschaften wurden aufgrund des hohen Aufwandes jene Gebäude näher betrachtet, welche gemessen am Gesamtenergieverbrauch der erfassten Liegenschaften den höchsten Verbrauch haben. Diese sind in Abbildung 29 dargestellt. In Summe haben die Liegenschaften einen Energieverbrauch (Strom und Wärme) von 5089 MWh, 4.227 MWh (rund 83 %) davon entfallen auf die näher betrachteten Gebäude bzw. Gebäudegruppen Verwaltungsgebäude, Feuerwehren, Kindergärten, die Eishalle sowie die sonstigen Gebäude.

²⁴ Angaben sind gerundet

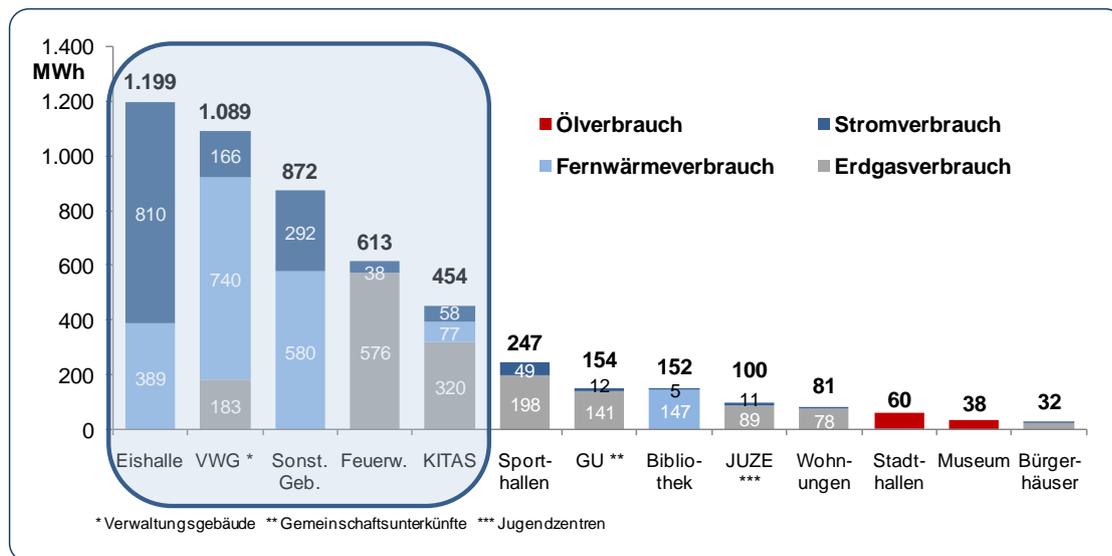


Abbildung 29 Endenergieverbrauch der stadt eigenen Liegenschaften Ilmenaus nach Energieträgern

Quelle: Berechnung IE Leipzig

Um die Energieverbräuche der einzelnen Gebäude zu beurteilen, wurden deutschlandweite Vergleichswerte herangezogen /AGES 2011/. Im Weiteren wird der Durchschnittswert der Verbräuche der Vergleichsgebäude als **Grenzwert** bezeichnet. Der niedrigste Verbrauchswert eines Referenzgebäudes aus der Erhebung der AGES GmbH wird als **Zielwert** angesehen.

Durch diese Werte konnten die Strom- und Wärmeverbräuche der betrachteten öffentlichen Liegenschaften in Relation zu Vergleichsgebäuden aufgezeigt werden. Zum Einsatz kommt hierbei ein Ampelsystem:

- Rot = Verbrauchswert liegt über dem Grenzwert
- Gelb = Verbrauchswert zwischen Grenzwert und Zielwert
- Grün = Zielwert erreicht

Die Gegenüberstellung von Verbrauchskennwerten hilft zunächst „Schwachstellen“ zu identifizieren. Die Handlungsmöglichkeiten müssen im Einzelfall überprüft werden.

Bei Betrachtung der Stromverbräuche in Tabelle 14 wird deutlich, dass einige Gebäude über dem Grenzwert liegen, im Einzelnen sind dies: die Eishalle, die Kindergärten „Stephanie“, „Sonnenblume“ und „Zwergenland“ sowie das Amtshaus. Alle anderen Feuerwachen liegen sogar unter dem Zielwert, der Grund dafür ist, dass es sich hierbei um Freiwillige Feuerwehren handelt, welche nicht ständig besetzt sind und somit auch weniger Strom verbrauchen. Alle anderen Gebäude fallen in den gelben Bereich, liegen also zwischen dem Grenz- und dem Zielwert.

Tabelle 14 Vergleich der Stromverbräuche der Liegenschaften mit Referenzgebäuden

Quelle: /Ages 2011/, Berechnung IE Leipzig

kWh/m²a	2010	2011	2015	2025	Grenzwert	Zielwert
Schwimmhalle Ilmenau	678,3	677,1	677,1	677,1	993	331
Eishalle Ilmenau	205,9	205,9	205,9	204,6	182	120
Kiga "Stephanie"	15,5	15,2	15,2	15,2	12	7
Kiga "Hüttengrund"	8,2	9,1	9,1	9,1	12	7
Kiga "Sonnenblume"	14,3	14,0	14,0	14,0	12	7
Kiga "Zwergenland"	10,0	12,3	12,3	12,3	12	7
Sport- und Betriebsamt	11,1	11,8	11,8	11,8	19	10
Rathaus	12,4	12,4	12,2	11,9	19	10
Amtshaus	20,7	22,7	22,7	22,7	19	10
Rathaus Topfmarkt	10,4	10,4	10,4	10,4	19	10
Haus des Gastes Manebach	4,1	4,2	4,2	4,2	19	10
Feuerwehrrauptwache Unterpörlitzer Str.	3,1	4,0	4,0	4,0	17	12
Feuerwache Oberpörlitz	11,0	10,8	10,8	10,8	17	12
Feuerwache Gartenweg 1	4,8	3,6	3,6	3,6	17	12
Feuerwache Manebach	7,0	7,9	7,9	7,9	17	12
Feuerwache Roda	10,7	10,3	10,3	10,3	17	12

Maßnahmen zur Stromeinsparung

Grundsätzlich kommen folgende Maßnahmen zur Stromeinsparung in Frage:

Verwaltungsgebäude

- Überprüfung des elektrischen Gerätebestandes und Überprüfung des Einsatzes energiesparender Geräte.
- Einsatz von Bewegungsmeldern beispielsweise in Fluren und Toiletten.
- Sensibilisieren der Mitarbeiter im Umgang mit energieeinsparenden Maßnahmen (Licht im Büro und Etagen/ Standby-Stromvermeidung).

Kindergärten

- Überprüfung von Möglichkeiten zur Tageslichtnutzung zur Einsparung von Strom zur Beleuchtung.
- Außerbetriebnahme überflüssiger Lampen.
- Einsatz stromsparender Geräte und Vermeidung von Standby-Strom

Schwimmhalle/ Eishalle/ Feuerwehren

- Überprüfung des Energieverbrauchs der vorhandenen Beleuchtung.
- Sensibilisierung der Mitarbeiter

Ein anderes Bild zeigt sich bei Betrachtung der Wärmeverbräuche (Tabelle 15). Über dem Grenzwert liegen das Sport- und Betriebsamt sowie die Feuerwache Roda. Geringe Wärmeverbräuche gemessen an den Referenzgebäuden haben die Eishalle, das Rathaus sowie die Feuerwachen Oberpörlitz und Gartenweg1.

Tabelle 15 Vergleich der Wärmeverbräuche der Liegenschaften mit Referenzgebäuden

Quelle: /Ages 2011/, Berechnung IE Leipzig

kWh/m²a	2010	2011	2015	2025	Grenzwert	Zielwert
Schwimmhalle Ilmenau	● 1.479	● 1.694	● 1.689	● 1.689	2416	1584
Eishalle Ilmenau	● 88,0	● 92,1	● 91,9	● 91,9	362	137
Kiga "Stephanie"	● 74,9	● 88,9	● 88,7	● 88,7	129	76
Kiga "Hüttengrund"	● 70,0	● 83,2	● 83,0	● 83,0	129	76
Kiga "Sonnenblume"	● 94,0	● 107,2	● 106,9	● 106,9	129	76
Kiga "Zwergenland"	● 80,9	● 88,7	● 88,5	● 88,5	129	76
Sport- und Betriebsamt	● 106,7	● 105,8	● 105,5	● 105,5	80	56
Rathaus	● 50,9	● 54,5	● 54,3	● 54,3	80	56
Amtshaus	● 68,5	● 73,9	● 73,7	● 73,7	80	56
Rathaus Topfmarkt	● 46,5	● 51,7	● 51,5	● 51,5	80	56
Haus des Gastes Manebach	● 44,9	● 55,5	● 55,4	● 55,4	80	56
Feuerwehrrauptwache Unterpörlitzer Str.	● 102,4	● 118,6	● 118,3	● 118,3	130	87
Feuerwache Oberpörlitz	● 76,9	● 83,2	● 83,0	● 83,0	130	87
Feuerwache Gartenweg 1	● 67,8	● 65,5	● 65,3	● 65,3	130	87
Feuerwache Manebach	● 76,1	● 87,5	● 87,3	● 87,3	130	87
Feuerwache Roda	● 129,3	● 133,5	● 133,2	● 133,2	130	87

Maßnahmen zur Wärmeeinsparung

Folgende Maßnahmen kommen generell zur Wärmeeinsparung in Frage:

Alle Gebäudetypen

- Dokumentation und Monitoring der Wärmeverbräuche.
- Hydraulischer Abgleich der Heizungssysteme für bedarfsgerechte Verteilung und Optimierung der Wärmebereitstellung.
- Gebäudesanierung (Fenstertausch) sowie Wärmeisolierung der Gebäudehülle.
- Überprüfung des Warmwasserspeichers ggf. Austausch mit neuer Gerätetechnik.
- Einbau steuerbarer Heizregelsysteme (Steuereinheit für zentrales Ein- und Ausschalten der Heizung).
- Überprüfung der Anwendung von Wärme-Contracting zur Erneuerung alter Heizsysteme, um die Effizienz zu steigern.
- Einsatz von erneuerbaren Energien zur Deckung des Wärmebedarfs (Solarthermie, Holzpellets-Heizanlagen) überprüfen.
- Unterweisungen zu Verhaltensregeln durchführen bzw. Informationsmaterial für wärmesparende Maßnahmen in Gebäuden bereitstellen (Stoßlüften, Heizung regelmäßig entlüften etc.).

Um Einsparmöglichkeiten im Bereich der betrachteten Liegenschaften aufzuzeigen, wurden dem Trendszenario zunächst die weiteren Szenarien Aktivszenario und Perspektivszenario gegenübergestellt. Beim **Aktivszenario** wird unterstellt, dass bei aktiver Herangehensweise bei allen Liegenschaften Verbrauchswerte erreicht werden können, welche jeweils den *Mittelwert* aus *Zielwert* und *Grenzwert* bilden. Annahme für die Berechnung des **Perspektivszenarios** ist, dass hier bei allen Gebäuden beim Strom- und Wärmeverbrauch die *Zielwerte*, sprich jeweils die Werte der besten Vergleichsgebäude, erreicht werden. Die sich daraus ergebenden Einsparmöglichkeiten sind in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16 **Energie- und CO₂-Einsparungen bei den Liegenschaften**
Quelle: Berechnung IE Leipzig

Einsparungen öffentliche Liegenschaften	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Energieverbrauch Strom	MWh.	1.460	1.225	990
Energieverbrauch Wärme	MWh	3.630	3.475	3.235
Endenergieeinsparung im Jahr 2025 gegenüber Trend	MWh	-	390	865
Minderung CO₂-Emissionen	t CO₂/a	-	160	340
Eingesparte Energiekosten im Jahr 2025	Mio. €	-	0,08	0,17

3.4 Maßnahmen im Sektor Verkehr

In den Szenarienberechnungen wurden keine Maßnahmen im Sektor Verkehr quantitativ berücksichtigt. Grundsätzlich können Maßnahmen im Verkehrssektor die *Energieeffizienz* aber an folgenden Stellschrauben beeinflussen:

- Vermeidung von Fahrleistungen der motorisierten Verkehrsmittel durch Verkürzung der zurückgelegten Strecken (z. B. durch wohnortnahe Einkaufsgelegenheiten) oder durch Wegfall von Fahrten (z. B. bei Heimarbeit anstelle von Pendelfahrten zum Arbeitsplatz).
- Verlagerung von Fahrten weniger energieeffizienter Verkehrsmittel (z. B. Pkw) hin zu energieeffizienteren Verkehrsmitteln (z. B. Fahrrad, Bus).
- Erhöhung der Auslastungsgrade vorhandener Verkehrsmittel (z. B. durch Fahrgemeinschaften).
- Verminderung des spezifischen Energiebedarfs pro Fahrzeugkilometer motorisierter Verkehrsmittel (z. B. kleinere und sparsamere Pkw, Nutzung von Bremsstrom bei der Straßenbahn).

Da die Verkehrsteilnehmer des Personenverkehrs sowie die Verlader und Unternehmen im Güterverkehr täglich selbst ihre Entscheidungen über die Zielwahl, die Route und die Wahl des Verkehrsmittels treffen, zielen alle hier aufgeführten *Maßnahmen* und *Instrumente* darauf ab, die Verkehrsteilnehmer bei diesen Entscheidungen zu beeinflussen. Inwiefern dieser Einfluss tatsächlich erfolgreich ist, kann nicht eindeutig und präzise quantifiziert werden. Hierzu wären sehr umfangreiche Verkehrsuntersuchungen in Ilmenau nötig, welche jährlich fortgeschrieben werden müssten. Möglich ist es allerdings, bei allen Maßnahmen und Instrumenten Aussagen zum Wirkungstrend zu machen und – je nach Maßnahme – Vergleiche mit anderen Städten anzustellen, in denen bereits Erfahrungen mit den entsprechenden Maßnahmen vorliegen. Auch in anderen Städten liegen für viele durchgeführte Maßnahmen keine exakten Vorher-Nachher-Evaluierungen vor, weil zeitgleich zu den eingeführten Maßnahmen in der Regel stets weitere überregional wirksame Trends auf das Verkehrsverhalten einwirken (z. B.

Entwicklung der Kraftstoffpreise). Beispiele für Maßnahmen und Instrumente zu Einsparmöglichkeiten im Verkehrssektor sind in Tabelle 17 aufgeführt.

Tabelle 17 **Maßnahmen und Instrumente im Verkehrsbereich**

Quelle: IE Leipzig

Maßnahme (M) bzw. Instrument (I)	Zielrichtung bzgl. Energieeffizienz	wesentliche Zielgruppen
Kampagne in Unternehmen zur Nutzung vorhandener Mitfahrbörsen für Berufspendler (I)	höhere Auslastung der Pkw	Unternehmen, Berufstätige
Informationskampagne für Neubürger und Umzügler zu Mobilitätsangeboten am Wohnort (I)	Verlagerung vom MIV zu effizienteren Alternativen	Berufstätige, Eltern mit Kindern, Studierende, Senioren
Parkraumbewirtschaftung von Pkw-Stellplätzen an zentralen Orten, ggf. mit Zusatznutzen „Bewachung“ (M)	Verlagerung vom MIV zu effizienteren Alternativen	Einkaufs- und Freizeitverkehr
Einführung von Dienstfahrrädern für Kommunalverwaltungen (M)	Verlagerung vom MIV zum Radverkehr	Berufstätige (im öffentlichen Dienst)
Angebote von Kombitickets für Freizeitziele (z. B. Theater, Zoo etc.) (M)	Verlagerung vom MIV zum ÖPNV	Freizeitverkehr
Kurse in energiesparender Fahrweise, insbesondere für Zielgruppe der beruflichen Pkw-Vielfahrer (I)	Senkung des Verbrauchs pro Fahrzeug-km	Unternehmen, Berufstätige
Organisation von Liefer- und Bringendiensten für Geschäfte (M)	Verlagerung vom MIV zum Fuß- und Radverkehr	Einkaufsverkehr
„Walking bus“ für Schulwege zu Grundschulen mit fußläufigem Einzugsbereich (M)	Verlagerung vom MIV zum Fußverkehr	Eltern mit Kindern
Förderung Fahrradtourismus und gebündelte Information zu allen fahrradnahen Dienstleistern (I)	Verlagerung vom MIV (oder ÖPNV) zum Radverkehr	Touristen
Kampagne zur ÖPNV-Nutzung (z. B. mit Fahrplänen an alle Haushalte) entlang von Korridoren mit guten ÖPNV-Angeboten (I)	höhere Auslastung des ÖPNV / Verlagerung vom MIV zum ÖPNV	Berufstätige, Eltern mit Kindern, Studierende, Senioren
Kampagnen für Gesundheit durch Radfahren in Kooperation mit Krankenkassen (I)	Verlagerung vom MIV zum Radverkehr	Berufstätige, Studierende, Senioren

3.5 Maßnahmen im Sektor Energieerzeugung

Im Bereich der Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger wurden – neben den bereits dargestellten Maßnahmen im Bereich Heizungstechnologien bei den Privaten Haushalten – die Stromerzeugung mittels Windenergie, Photovoltaik, Biomasse und Biogas untersucht. Diese sind in Tabelle 18 im Überblick dargestellt und werden nachfolgend einzeln erläutert. Hierbei wird methodisch nach dem Ansatz verfahren, dass Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien die CO₂-Emissionen des deutschen Kraftwerksmixes (Strom) bzw. fossile Energieträger (Wärme) verdrängen. Auf die bereits bestehenden Anlagen der Energieerzeugung wird in diesem Kapitel nicht genauer eingegangen, diese wurden in Kapitel 2.2 ausführlich erläutert.

Tabelle 18 **Übersicht über die Maßnahmen im Sektor Energieerzeugung im Trend- Aktiv- und Perspektiv-Szenario für Ilmenau**
Quelle: IE Leipzig

Maßnahme	IST 2011	Trend 2025	Aktiv 2025	Perspektive 2025
Photovoltaik	0,83 MW	2,3 MW	3,6 MW	4,6 MW
Davon:				
• Private Haushalte	0,68 MW	1,9 MW	2,9 MW	3,7 MW
• Nichtwohngebäude	0,15 MW	0,4 MW	0,7 MW	0,9 MW
Wind außerhalb	-	-	3,5 MW	7 MW
Biogas	-	-	0,8 MW	0,8 MW
Ausbau BHI	-	-	-	3 MW

3.5.1 Ausbau Photovoltaik

In Ilmenau waren im Jahr 2011 Photovoltaik-Anlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 0,83 MW installiert. Diese erzeugten im Jahr 2011 ca. 750 MWh Strom. Bezogen auf die Zahl der Einwohner ergibt sich daraus ein Wert von 32 kWp/EW, wobei der Bundesdurchschnitt bei 208 kWp/EW notiert.

Als Gesamtpotenzial für Ilmenau wurde eine maximal installierbare Leistung von 9,7 MW auf Wohngebäuden und 3,2 MW auf Nichtwohngebäuden berechnet. Dieses Gesamtpotenzial vollständig bis 2025 zu erschließen, wird als unrealistisch eingeschätzt, da zudem im Einzelfall aus baustatischen Gründen eine Realisierung nicht immer möglich sein wird.

Vom Jahr 2008 bis 2011 hat sich der Bestand von PV-Anlagen fast vervierfacht (von 0,22 MW auf 0,83 MW). Diese Entwicklung wird jedoch nicht repräsentativ für die nächsten Jahre sein. Aufgrund der Degression der EEG-Vergütungssätze wird im Trendszenario davon ausgegangen, dass der Zubau nicht weiterhin so stark ansteigen wird. Deshalb wird im Trendszenario im Durchschnitt für die nächsten Jahre bis 2025 von einem jährlichen Zubau von ca. 115 kW ausgegangen, so dass im Jahr 2025 2,3 MW installiert sein werden.

Im Aktivszenario wird davon ausgegangen, dass die installierte Leistung auf 3,6 MW, im Perspektivszenario 4,6 MW ausgebaut wird.

Es handelt sich um eine überschlägige Potenzialabschätzung, welche aus den Dachflächen ermittelt wurde. Im Einzelfall muss eine Machbarkeitsstudie sowie eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt werden.

Die unterschiedlichen Ausbaustufen für die Photovoltaik sind in Tabelle 19 dargestellt.

Grundsätzlich werden für die Stadt Ilmenau die größten Potenziale im Bereich der Dachflächen privater Gebäude sowie einigen Nichtwohngebäuden (Gewerbe) gesehen (Tabelle 19). Einschränkend muss zusätzlich bei der Hebung der Dachflächenpotenziale berücksichtigt werden, dass aufgrund von PV-Nutzung nach derzeitigen EEG-Vergütungsrecht auf gewerblich genutzten Dächern für die Dachbesitzer zu beachten ist, dass mind. 20 Jahre (Dauer der EEG-Vergütung) keine andere Nutzung oder nur ein bedingter Umbau möglich ist.

Tabelle 19 Erzeugungs-/CO₂-Minderungspotenziale von Photovoltaik-Anlagen sowie Investitionskosten

Quelle: Berechnung IE Leipzig

Photovoltaik (2011: 0,83 MW)	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektiv
Leistung Private Haushalte	MW	1,9	2,9	3,7
Leistung Nichtwohngebäude	MW	0,4	0,7	0,9
Zubau 2012-2025	MW	1,5	2,8	3,8
Summe Leistung	MW	2,3	3,6	4,6
Stromerzeugung	GWh	2,1	3,2	4,1
Minderung CO₂-Emissionen (Zubau)	t CO₂	730	1.390	1.900
Investitionskosten (2012-2025)	Mio. €	3,5	6,4	5,3

Die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaik-Anlagen ist – bei gesetzlich für den Zeitraum von 20 Jahren vorgegebenen spezifischen Einspeisevergütungen für Solarstrom – maßgeblich abhängig von den Investitionen (Module, Installation) und den solaren Erträgen, die wiederum abhängig von den gegebenen baulichen Voraussetzungen (Dachneigung und -ausrichtung) sowie der Globalstrahlung²⁵ sind. Die Kosten für den Betrieb sind gering und beschränken sich überwiegend auf Wartung und Versicherung der Anlage, da technologiebedingt keine Betriebs- und Einsatzstoffe notwendig sind.

Der Markt für Photovoltaik-Anlagen unterliegt z.Z. einer stark ausgeprägten Dynamik: Die Preise für Photovoltaik-Anlagen sind in der Vergangenheit stark gesunken, u. a. getrieben von der sinkenden Einspeisevergütung gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz (Degression) und

²⁵ Die Globalstrahlung liegt im langjährigen Mittel der vergangenen 30 Jahre für die Stadt Ilmenau bei ca. 1.050 kWh/(m²*a).

einem Überangebot an Modulen. Eine Fortsetzung dieser Trends wird auch zukünftig erwartet, wobei sich die Anlagenpreise an der degressiven Einspeisevergütung orientieren werden.

Für die Erlösseite (Strom) bietet das Erneuerbare-Energien-Gesetz die Möglichkeit einer festen und für 20 Jahre garantierten Einspeisevergütung oder die Möglichkeit, die Strommengen selbst zu verbrauchen oder direkt zu vermarkten. Weiterhin wird auch der Eigenverbrauch des erzeugten Solarstroms zunehmend die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen bestimmen. Für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit ist eine Einzelfallprüfung notwendig, kann im Allgemeinen nach aktueller Marktlage für geeignete Dachflächen jedoch als positiv gesehen werden.

3.5.2 Ausbau Windkraft

Auf der Gemarkung Ilmenau sind aktuell keine Windeignungs- bzw. Vorranggebiete ausgewiesen und keine Windkraftanlagen vorhanden. Die Ausweisung neuer Windeignungs- bzw. Vorranggebiete wird derzeit als unwahrscheinlich eingeschätzt, da aufgrund der geografischen Gegebenheiten generell schlechte Standortbedingungen vorliegen.

Investitionen außerhalb der Stadt Ilmenau

Eine weitere Möglichkeit, wie Ilmenau den Zugang zu regenerativ erzeugtem Strom ausbauen kann, ist ein Engagement in Projekten außerhalb der Gemarkungsgrenze. Letztlich ist die Vermeidung von CO₂-Emissionen ein globales Ziel, d. h. der Ort der CO₂-Vermeidung ist nicht ausschlaggebend für die Klimaschutzbemühungen.

Seitens der SWI ist eine Beteiligung an der neu gegründeten Thüringer-Wind GmbH geplant. In Verbindung mit den Stadtwerken Nordhausen, Sondershausen, Sonneberg, Rudolstadt und Saalfeld sowie der Eon Thüringer Energie AG beteiligen sich die SWI an der neuen Gesellschaft (jeweils 14,3 %). Die Windanlagen sollen zu 80 Prozent über Fremdkapital finanziert werden, die restlichen Investitionen sollen von den Gesellschaftern geschultert werden (Eigenkapital). Ein erster Windpark mit 24 MW im Kyffhäuser-Kreis ist bereits in Planung /Thüringen 2012/.

Da sich dieses Projekt zum gegenwärtigen Zeitpunkt zwar in Planung, nicht aber in der Umsetzungsphase befindet, wurde im Trendszenario nach Rücksprache mit dem Projektteam kein Ausbau der Windkraft berücksichtigt. Im Aktivszenario hingegen wird davon ausgegangen, dass es zur konkreten Umsetzung von Windkraftprojekten kommt, am Beispiel des Windparks im Kyffhäuser Kreis ergeben sich Beteiligungen von rund 3,5 MW. Im Perspektivszenario wird angenommen, dass es weitere Beteiligungen gibt und sich die Beteiligungen an installierter Leistung auf 7 MW verdoppeln (Tabelle 20). Die Investitionskosten für Windenergieanlagen sind sehr unterschiedlich und abhängig von verschiedenen Faktoren wie Größe der Anlage, Beschaffenheit des Baugrundes und Entfernung zum Netzverknüpfungspunkt. Vereinfachend wurde für die Berechnung der Investitionskosten mit 1,2 Millionen Euro je MW gerechnet.

Tabelle 20 Erzeugungs-/CO₂-Minderungspotenziale von Windkraftanlagen sowie Investitionskosten

Quelle: Berechnung IE Leipzig

Windkraftanlagen	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektiv
Beteiligungen	MW	-	3,5	7
Summe Stromerzeugung	GWh	-	7	14
Minderung CO₂-Emissionen	t CO₂	-	3.940	7.880
Investitionskosten inkl. 80 % Fremdfinanzierung (2012-2025)	Mio. €	-	4,2	8,4

3.5.3 Biomethan Blockheizkraftwerk (BHKW)

Die Ilmenauer Wärmeversorgung plant in Kooperation mit den Stadtwerk Ilmenau den Bau einer Biomethananlage bei Dannheim (nahe Arnstadt) gemeinsam mit einem Agrarbetrieb im Wipfatal. In dieser Anlage soll Biogas produziert und durch ein Membranverfahren auf Erdgasqualität (Biomethan) aufbereitet werden, dieses wiederum soll dann in einem Blockheizkraftwerk in Ilmenau zu Strom und Wärme verarbeitet werden. Die Vorteile einer solchen Anlage liegen auf der Hand: es wird Vor-Ort klimaneutraler Strom sowie Wärme erzeugt, der Anteil der erneuerbaren Energieerzeugung steigt, der CO₂-Ausstoß sinkt erheblich. Des Weiteren wird der eingespeiste Strom über das Erneuerbare Energien Gesetz vergütet, durch den zusätzlichen Verkauf der Wärme wird die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens sichergestellt bzw. verbessert. Welche CO₂-Einsparungen und Erzeugungspotenziale sich durch den Betrieb des Biomethan-BHKW ergeben, zeigt sich in Tabelle 21.

Tabelle 21 Erzeugungs-/CO₂-Minderungspotenziale des Biomethan BHKW sowie Investitionskosten

Quelle: /IWW 2012/, Darstellung IE Leipzig

Biomethan BHKW	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Nennleistung	MW	-	0,8	0,8
Stromerzeugung	GWh	-	6,24	6,24
Eigenstromverbrauch	GWh		ca. 0,45	ca. 0,45
Wärmeerzeugung	GWh	-	7,77	7,77
Minderung CO₂-Emissionen	t CO₂	-	4.830	4.830
Investitionskosten für BHKW (2012-2025)	Mio. €	-	1,45	1,45

3.5.4 Ausbau Biomasseheizkraftwerk (BHI)

Als weitere Maßnahme wurde innerhalb der Projektteamsitzungen der Ausbau des Biomasseheizkraftwerkes um einen weiteren Heißwasserkessel diskutiert. Dieser Ausbau wurde im Perspektivszenario berücksichtigt und berechnet. Durch diesen Ausbau könnte ein großer Teil des derzeit noch eingesetzten Erdgases (siehe Abschnitt 2.2) substituiert und somit der CO₂-Faktor der Wärmeerzeugung deutlich gesenkt werden.

Tabelle 22 Erzeugungs-/CO₂-Minderungspotenzial bei Ausbau des Biomasseheizkraftwerkes

Quelle: /IWW 2012/, Darstellung IE Leipzig

Ausbau Biomasseheizkraftwerk	Einheit	Trend	Aktiv	Perspektive
Installierte Leistung	MW	-	-	3
Wärmeerzeugung	GWh	-	-	11
Minderung CO₂-Emissionen	t CO₂	-	-	2.220
Investitionskosten (2012-2025)	Mio. €	-	-	3

3.5.5 Weitere (nicht quantifizierte) Potenziale

Tiefengeothermie

Thüringen hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2020 beim Thema Tiefengeothermie aktiv zu werden und 5 Kraftwerke zu errichten. Untersuchungen des JENA-GEOS – Ingenieurbüro GmbH im Auftrag der Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur (ThEGA) zum geothermischen Potenzial in Thüringen haben ergeben, dass besonders vom Thüringer Becken über den Thüringer Wald bis zum südlichen Werragebiet ein hohes Potenzial vorhanden ist (Abbildung 30). Ilmenau liegt demnach direkt an der Grenze von gut geeigneten und sehr gut geeigneten Gebieten.

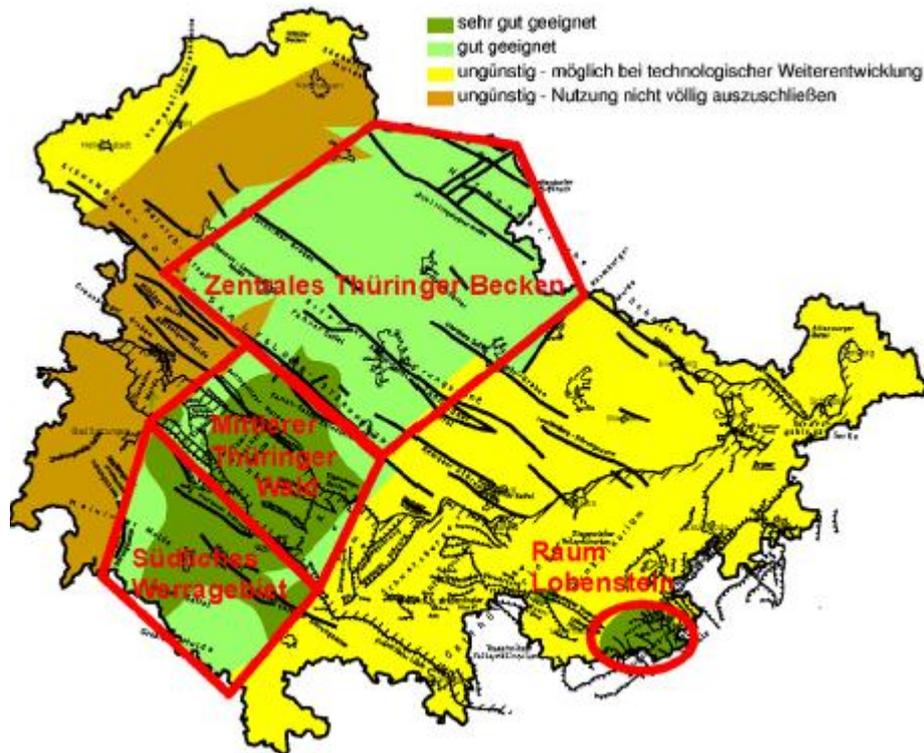


Abbildung 30 Vorranggebiete für Tiefengeothermie in Thüringen
Quelle: /THEGA 2011/

Nach Einschätzung der lokalen Akteure im Rahmen der Projektbearbeitung wurde darauf verwiesen, dass es zum einen durch die Konkurrenz zum Biomasseheizkraftwerk (Fernwärme) und zum anderen aufgrund der fehlenden Akzeptanz der Bevölkerung für Tiefengeothermie durch die Ereignisse in Landau im Zeitraum bis 2025 in Ilmenau kein Geothermiekraftwerk geben wird. So wurden Bedenken bezüglich der Technik und Angst vor Geländebewegungen geäußert. Deshalb wird die Tiefengeothermie in den Szenarienberechnungen nicht weiter berücksichtigt, obwohl grundsätzlich ein Potenzial zur tiefengeothermischen Nutzung vorhanden ist. Der Einsatz von oberflächennaher Geothermie wird im Abschnitt der Privaten Haushalte unter der Maßnahme Ausbau von Wärmepumpen betrachtet.

Wasserkraft

Auch die Möglichkeit des Ausbaus der Wasserkraft in Ilmenau wurde im Rahmen der Projektteamsitzungen diskutiert. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, neue Kleinkraftanlagen in der zu bauen sowie die Anlage am Grenzhammer zu reaktivieren, unter wirtschaftlichen Aspekten wäre dieser Ausbau aber nicht sinnvoll. Die bestehende Anlage „An der Sparkasse“ wird weiter betrieben und liefert jährlich rund 43.000 kWh Strom.

3.5.6 Zusammenfassung

Im **Trendszenario** wird nur eine Maßnahme (Photovoltaik) als realisierbare Option (zusätzlich zu den Bereits bestehenden Energieerzeugungsanlagen) der Stromerzeugung aus erneuerba-

rer Energie berücksichtigt. Mit dem Anstieg der installierten Leistung um 1,5 MW auf 2,3 MW ist ein CO₂-Minderungspotenzial von rd. **730 t CO₂** verbunden (Abbildung 31).

Maßnahmen im **Aktivszenario** sind ein verstärkter Ausbau der Photovoltaik, der Bau des Biomethan-Blockheizkraftwerkes und die Investition in Windkraftprojekte außerhalb Ilmenaus. Durch diese Maßnahmen ergibt sich ein CO₂-Minderungspotenzial von **10.200 t CO₂**

Zusätzlich zu den Maßnahmen im Aktivszenario wurde im **Perspektivszenario** der Ausbau des Biomasseheizkraftwerkes mit einem weiteren Heißwasserkessel, erhöhte Investitionen in Windkraftprojekte seitens der Stadtwerke sowie ein noch intensiverer Ausbau der Photovoltaik berücksichtigt. Durch diese perspektivische Herangehensweise könnten zusätzlich rund 6.600 t CO₂ eingespart werden, insgesamt also **16.800 t CO₂**.

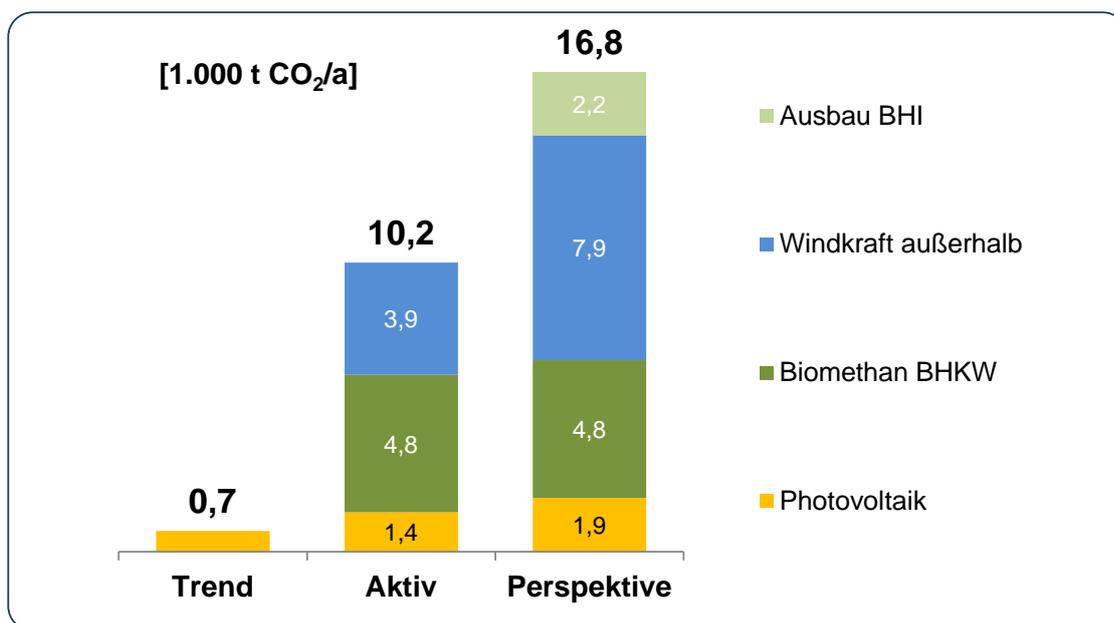


Abbildung 31 CO₂-Minderungspotenziale durch zusätzliche Maßnahmen im Bereich erneuerbare Energieerzeugung

Quelle: IE Leipzig

3.6 Zusammenfassung aller Maßnahmen

Fasst man alle Maßnahmen aus den Sektoren Private Haushalte, Industrie/GHD, öffentliche Liegenschaften sowie erneuerbare Energieerzeugung mit ihren Beiträgen zur CO₂-Minderung zusammen, so ergibt sich folgendes Bild (Abbildung 32):

Im **Trendszenario** ergeben die Maßnahmen bei den Privaten Haushalten ein gesamtes CO₂-Minderungspotenzial von rd. 6.300 t CO₂. Durch die Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien werden 730 t CO₂ vermieden. Die Steigerung der Energieproduktivität im Sektor GHD/Industrie bewirkt eine CO₂-Minderung von 1.400 t CO₂. Insgesamt werden im Trendszenario bis 2025 im Vergleich zu 2010 rd. **8.400. t CO₂ vermieden**. Im Vergleich zur Gesamtbilanz bleibt der Verkehrssektor hierbei unberücksichtigt.

Für das **Aktivszenario** wurde insgesamt ein CO₂-Minderungspotenzial von rd. **24.800 t** ermittelt. Hierbei entfallen ca. 8.900 t CO₂ auf den Sektor Private Haushalte, 5.800 t CO₂ auf den

Sektor Industrie/GHD, 160 t CO₂ auf den Sektor öffentliche Liegenschaften und rd. 10.200 t CO₂ auf die Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger.

Das gesamte CO₂-Minderungspotenzial erhöht sich im **Perspektiv Szenario** auf rd. **43.200 t CO₂**, wobei hier der größte Teil der Minderungen auf den Bereich der erneuerbaren Energieerzeugung mit rd. 16.800 t CO₂ entfällt. Die Sektoren Private Haushalte und Industrie/GHD tragen mit CO₂-Minderungspotenzialen in Höhe von rd. 11.700 t CO₂ bzw. 14.600 t CO₂ hierzu bei. Der Sektor öffentliche Liegenschaften verringert den CO₂-Ausstoß um 340 t CO₂.

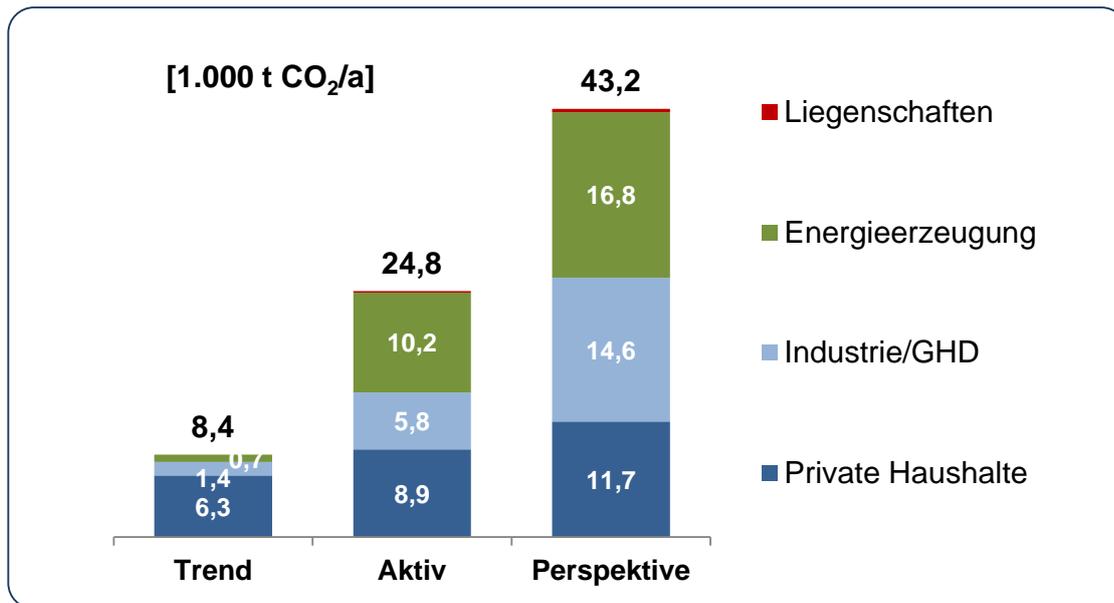


Abbildung 32 Zusammenfassung der CO₂-Minderungspotenziale
 Quelle: Berechnung IE Leipzig

4 ERGEBNISSE IM SZENARIENVERGLEICH

Die Stadt Ilmenau hat sich derzeit noch keine klimapolitischen Ziele gesetzt, weshalb die vorliegenden Ergebnisse mit den bundesdeutschen Zielen sowie den Zielen des Freistaates Thüringen verglichen werden.

4.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs

Der Endenergieverbrauch Ilmenaus ist seit 1990 bis 2010 um fast 27 % auf 605 GWh gesunken, im Trend ist von einem weiteren Rückgang bis 2025 auf 574 GWh auszugehen (Abschnitt 2.7). Bei aktiver Herangehensweise und Umsetzung der aufgezeigten Maßnahmen ist es möglich, den Endenergieverbrauch auf unter 550 GWh zu senken, dies entspricht einem Rückgang von 33,6 % gegenüber dem Ausgangsjahr 1990. Im Perspektivszenario wurde ein Endenergieverbrauch von 509 GWh im Jahr 2025 berechnet, was einem Rückgang von 38,5 % gegenüber 1990 entspricht (Abbildung 33)

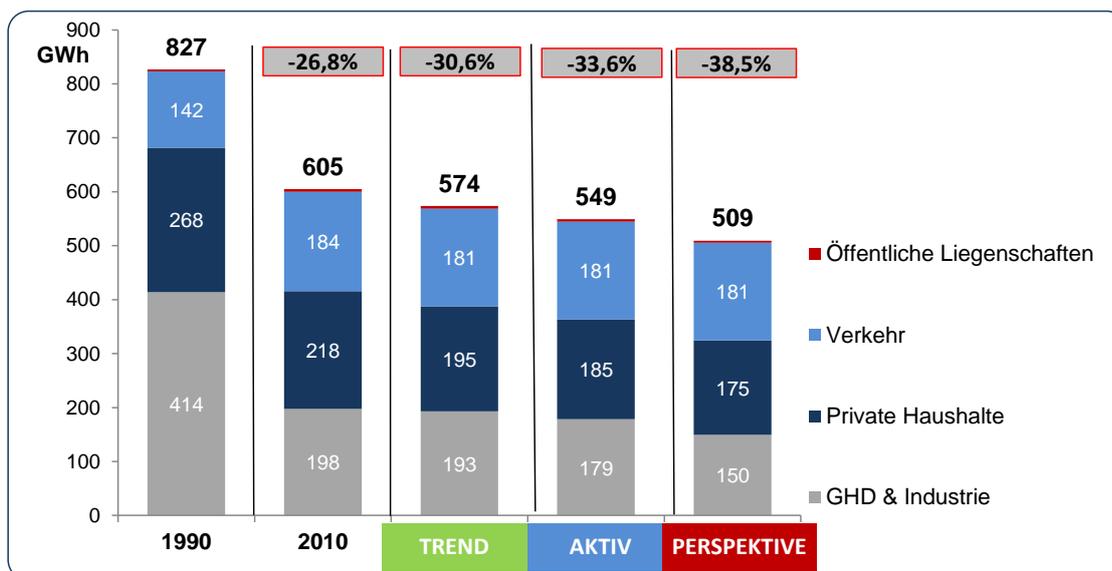


Abbildung 33 Entwicklung des Endenergieverbrauch Ilmenaus im Szenarienvergleich

Quelle: Berechnung IE Leipzig

4.2 Ziele zur Reduzierung der CO₂-Emissionen

Ziel der Bundesregierung ist eine CO₂-Minderung von 40 % im Zeitraum von 1990 bis 2020 bzw. 55 % bis 2030 zu erreichen. Bei Übertragung dieses Zieles auf die Ilmenau ist festzustellen, dass dieses Ziel bereits im Jahr 2010 mit einer Reduktion von 57,3 % deutlich übertroffen wurde. Allerdings sollte dabei nicht vergessen werden, aus welchen Gründen die Emissionen besonders Anfang der 90er Jahre so stark gesunken sind (siehe Abschnitt 2.7.2) Im Trendszenario bis 2025 ist mit einer Reduktion von knapp 63 % gegenüber dem Jahr 1990 zu rechnen, im Aktiv- und Perspektivszenario steigt diese Reduktion noch deutlicher (Abbildung 34).

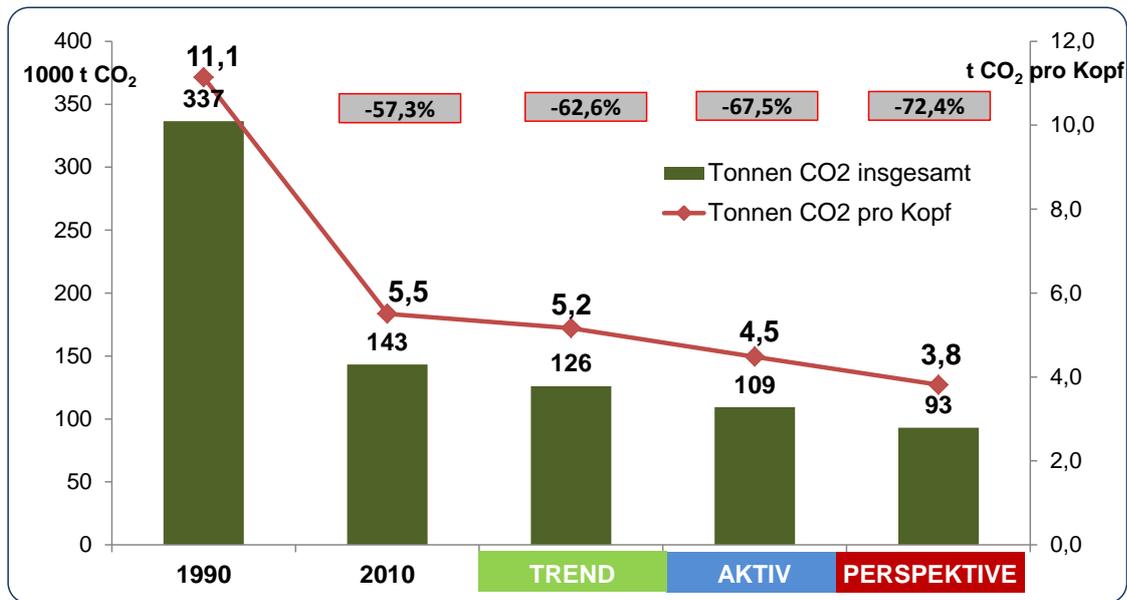


Abbildung 34 Einordnung der Szenarienergebnisse in das Klimaschutzziel "Reduzierung der CO₂-Emissionen um 40 % bis zum Jahr 2020 bzw. 55 % bis 2030"

Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Im Trendszenario sinken die CO₂-Emissionen pro Kopf von 5,5 Tonnen im Jahr 2010 auf 5,2 Tonnen im Jahr 2025. Bei aktiver Umsetzung aller beschriebenen Maßnahmen kann dieser Wert bis zum Jahr 2025 auf 4,5 Tonnen reduziert werden, im Perspektivszenario wurde ein pro Kopf – Ausstoß an CO₂ von 3,8 Tonnen berechnet.

4.3 Ziele zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien

Ziel des Bundeslandes Thüringen ist die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Nettostromverbrauch von 45 % bis zum Jahr 2020. Bei Übertragung dieses Zieles auf Ilmenau ist folgendes festzustellen: Im Bereich der **Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger** wird das Ziel, diesen Anteil bis 2020 auf 45 % des Nettostromverbrauchs zu steigern, in der Trendbetrachtung verfehlt, hier wird ein Wert von 29,2 % im Jahr 2025 erreicht (Abbildung 35). Auch durch Umsetzung der Maßnahmen im Aktivszenario würde das Ziel nicht erreicht werden. Durch die Maßnahmen im Perspektivszenario gelingt es jedoch, diesen Anteil auf 55,8 % anzuheben – das Ziel wäre damit erfüllt (auch wenn in der Szenarioberechnung das Jahr 2025 zugrunde gelegt ist).

Das Ziel der Bundesregierung, den Anteil erneuerbarer Energien am Stromverbrauch auf 35 % bis 2020 zu steigern, würde im Aktivszenario aller Voraussicht nach erreicht. Geht man von einer konstanten Entwicklung beim Ausbau der Erneuerbaren von 2010 (27 %) bis 2025 (43,6 %) aus, ergibt sich für das Jahr 2020 ein Wert von rund 38 %.

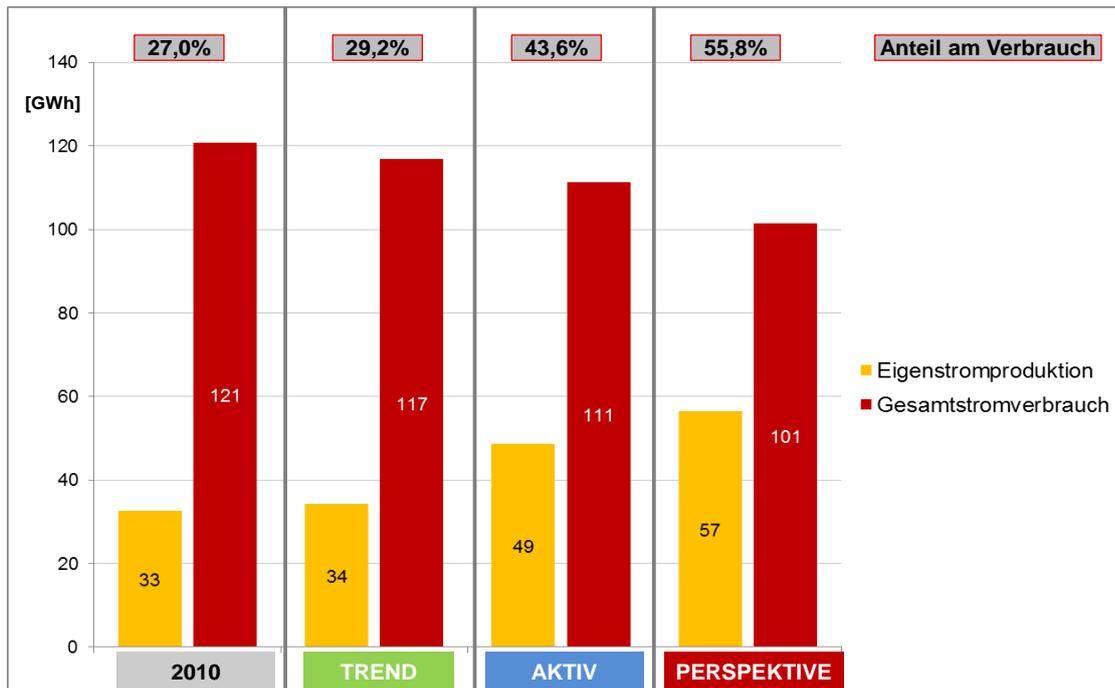


Abbildung 35 Einordnung der Szenarioergebnisse in das Klimaschutzziel "Erhöhung der erneuerbaren Energieerzeugung am Nettostromverbrauch auf 45 % bis 2020"
 Quelle: Berechnung IE Leipzig

Ein weiteres Ziel der Bundesregierung ist, den Anteil erneuerbarer Energien am Wärmeverbrauch bis 2020 auf 14 % zu erhöhen. Mit über 24 % im Jahr 2010 hat Ilmenau dieses Ziel bereits weit übertroffen (Abbildung 36). Im Trendszenario wird sogar ein Anteil von knapp 28 % im Jahr 2025 prognostiziert. Bei Umsetzung aller aufgezeigten Maßnahmen wäre im Perspektivszenario ein Anteil von über 42 % zu realisieren.

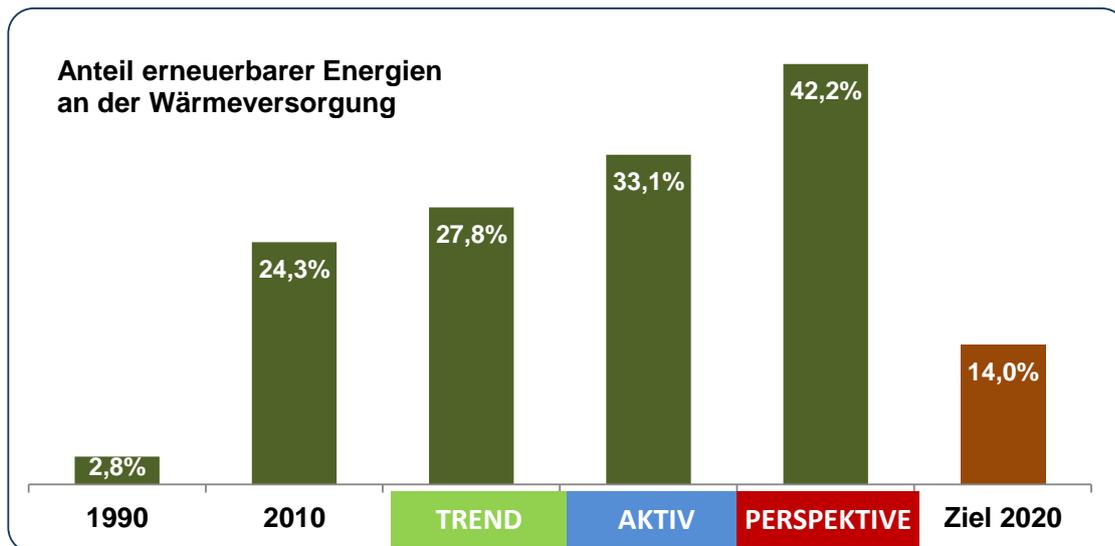


Abbildung 36 Einordnung der Szenarienergebnisse in das Klimaschutzziel "Erhöhung der erneuerbaren Energieerzeugung an der Wärmeversorgung auf 14 % bis 2020"
 Quelle: Berechnung IE Leipzig

Ein ambitioniertes Klimaziel Thüringens ist, den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch (ohne Verkehr) bis zum Jahr 2020 auf 30 % zu erhöhen. In Ilmenau wird dieses Ziel im Trendszenario bis 2025 knapp verfehlt, unter Annahme eines gleichmäßig steigenden Anteils werden rund 28,5 % im Jahr 2020 erreicht. Bei aktiver Herangehensweise wird das Ziel erreicht bzw. übererfüllt, somit kann Ilmenau bei Umsetzung der Maßnahmen im Aktivszenario eine Vorreiterrolle in Sachen Klimaschutz einnehmen. Im Perspektivszenario, Umsetzung aller aufgezeigten möglichen Maßnahmen, ist es möglich, den Anteil der erneuerbaren Energien bis 2025 auf 48,4 % zu steigern (Abbildung 37).

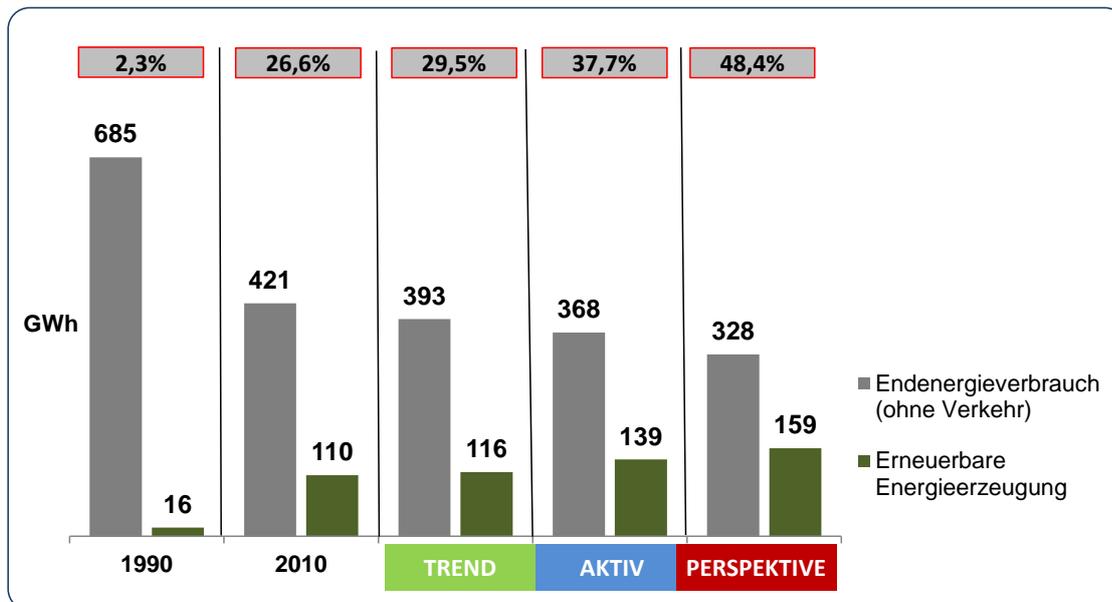


Abbildung 37 Einordnung der Szenarienergebnisse in das Klimaschutzziel „Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch auf 30 % bis 2020“
Quelle: Berechnung IE Leipzig

4.4 Investitionsbedarf der Maßnahmen in den Szenarien

Die in der Studie aufgezeigten Potenziale zur CO₂-Minderung, die einerseits durch Maßnahmen zur Energieeinsparung und andererseits durch Maßnahmen im Bereich der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien gehoben werden, sind mit **Investitionen** verbunden. Jede dieser Investitionen wurde überschlägig über Kennwerte berechnet (Abbildung 38).

Für den Bereich **Private Haushalte** (Maßnahmen M1 bis M9) werden im Trendszenario kumuliert ca. 59 Mio. € an Investitionen bis 2025 getätigt. Werden die Maßnahmen im Aktivszenario intensiviert, so erhöhen sich die Investitionen im Haushaltssektor auf 91 Mio. €. Sollen die Potenziale des Perspektivszenarios erschlossen werden, so sind – kumuliert bis 2025 - Investitionen nötig, die sich auf etwa 125 Mio. € belaufen.

Im **Bereich der Industrie und GHD** ist eine Abschätzung der Investitionen schwieriger, da die Maßnahmenvielfalt sehr weit streut. Daher wird die Methode der anlegbaren Kosten verwendet. Unter der Maßgabe der restriktiven Payback-Vorgaben wird methodisch unterstellt, dass die eingesparten Energiekosten innerhalb von maximal 6 Jahren die Investition amortisiert haben müssen. Durch fortwährende Effizienzmaßnahmen werden im Trendszenario kumuliert

ca. 3,2 Mio. € an Investitionen getätigt. Für das Aktivszenario werden die Investitionen auf etwa 13,3 Mio. € und im Perspektivszenario auf etwa 33,7 Mio. € abgeschätzt.

Die Investitionen in **Strom- und Wärmeerzeugung** sind im Trendszenario mit 3,5 Mio. € relativ überschaubar, da hier ausschließlich die Installation von Photovoltaik-Anlagen einbezogen wird. Im Aktivszenario belaufen sich die Investitionen auf 12,1 Mio. €, wobei hier ein gesteigerter Zubau von Photovoltaik-Anlagen, die Investition in Windkraftanlagen und der Bau eines Biomethan-Blockheizkraftwerkes einbezogen wurden. Im Energieautarkieszenario erhöhen sich die kumulierten Investitionen auf 21,6 Mio. €.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass sich die Investitionen bei aktiver Herangehensweise im Aktivszenario in etwa verdoppeln müssen, um darüber hinaus die Maßnahmen im Perspektivszenario zu realisieren, wäre eine Verdreifachung nötig.

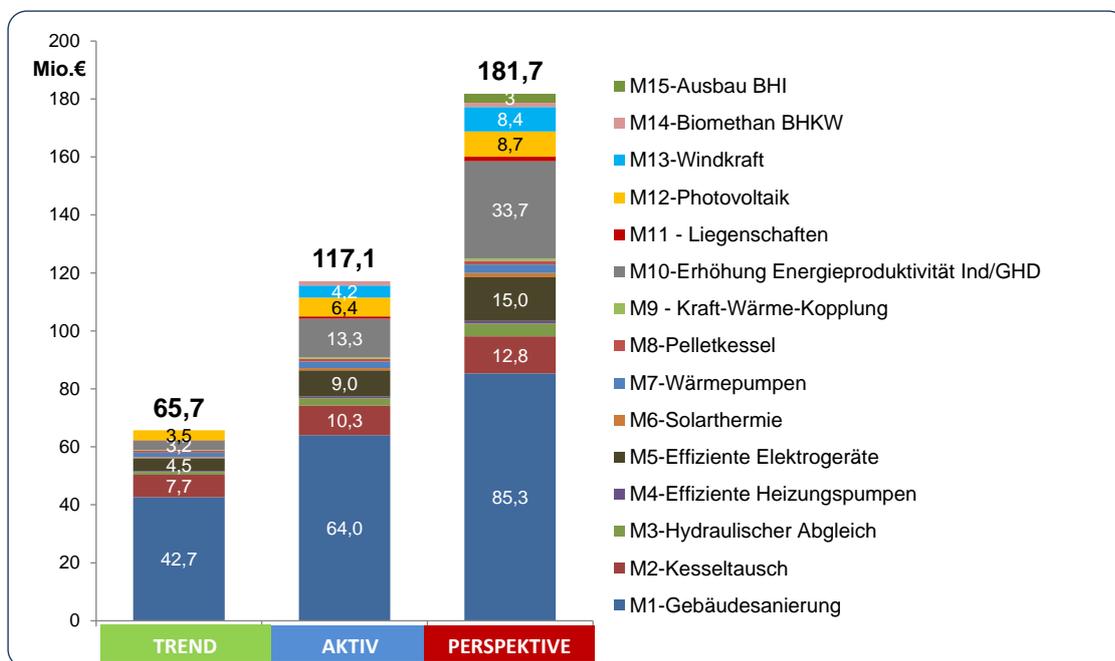


Abbildung 38 Abschätzung der Investitionskosten nach Maßnahmen in den Szenarien
 Quelle: Berechnung IE Leipzig

Mit den Investitionen sind positive Effekte verbunden, durch die Maßnahmen an und in Gebäuden werden im Bereich der Bauwirtschaft, beim Handwerk und im Handel positive **Arbeitsplatzeffekte** erwartet.

5 UMSETZUNGSKONZEPT

Wie bisher aufgezeigt wurde, werden die Einspar- und Effizienzpotenziale beim Energieverbrauch, aber auch die Möglichkeiten bei der Energiebereitstellung mittels leitungsgebundener Energieträger oder erneuerbarer Energien im Trendszenario in Ilmenau zum Teil unzureichend genutzt.

Nun gilt es, die identifizierten Handlungsoptionen in einem Umsetzungsprozess in der Stadt erfolgreich zu implementieren. Hierfür müssen folgende Grundlagen geschaffen werden:

1. Umsetzungsprozess verankern

Dies erfordert ein politisches Bekenntnis zum vorliegenden Energie- und Klimakonzept sowie die Verankerung in einem Leitbild (z. B. durch einen Slogan).

2. Kommunales Handeln als Vorbildfunktion

Die Aktivitäten im kommunalen Einflussbereich müssen gestärkt, ausgebaut und kommuniziert werden.

3. Umsetzungsprozess organisieren

Die Umsetzung erfordert die Einbindung vieler lokaler Akteure und deren Motivation zum Handeln. Im Rahmen der Projektbearbeitung wurde ein Maßnahmen- und Instrumentenkatalog entwickelt, dessen Umsetzung es zu organisieren gilt.

Der Instrumenten- und Maßnahmenkatalog kann erfolgreich umgesetzt werden, wenn dies über eine zentrale Steuerung erfolgt, **denn Aktivitäten müssen (zentral) organisiert werden und brauchen Akteure, die Verantwortung übernehmen.**

5.1 Organisation des Umsetzungsprozesses

Zur Koordination des Umsetzungsprozesses wird Einrichtung einer übergeordneten und **koordinierenden Instanz empfohlen**. Ein zielgerichtetes Handeln kann insbesondere dann gelingen, wenn alle relevanten Informationen und Entscheidungskompetenzen gebündelt werden (Abbildung 39). Neben der zentralen Steuerung bieten sich aber auch „Facharbeitsgruppen“ an, die die lokalen Akteure zu spezifischen Themenbereichen zusammengeführt, um ein koordiniertes Handeln abzustimmen.

Hierfür müssen personelle Ressourcen geschaffen und Entscheidungskompetenzen übertragen werden. Die zentrale Steuerung des Umsetzungsprozesses soll in der kommunalen Praxis als koordinierende Querschnittsaufgabe verstanden werden, welche in viele Bereiche hineinreicht. Da der Erfolg insbesondere von einer guten Kooperation abhängt, sollte immer eine breite Unterstützung durch die Verwaltungsspitze sowie durch die Kommunalpolitik vorhanden sein.

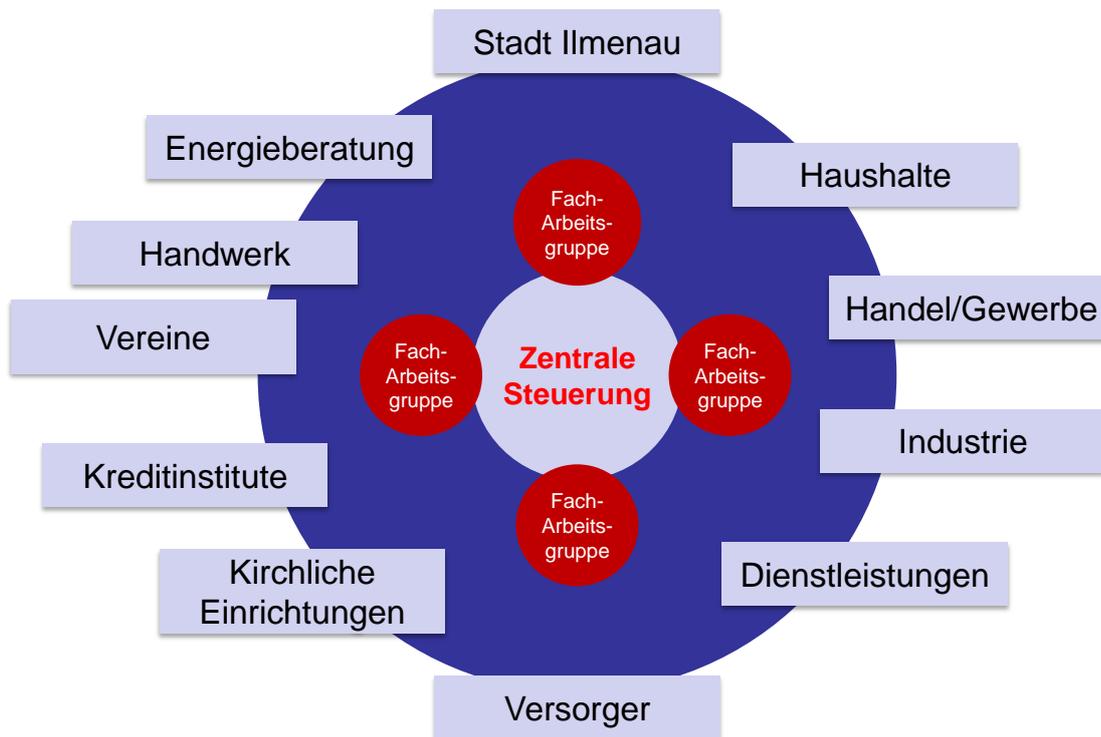


Abbildung 39 Verankerung der zentralen Steuerung

Bedeutung: Im Vordergrund stehen die kommunikative sowie operative Steuerung des Umsetzungsprozesses. Unter kommunikativer Steuerung werden besonders das Marketing sowie die Vernetzung der Aktivitäten verstanden. Die operative Steuerung (Marketing) soll sich an den Vorgaben des Energie- und Klimakonzeptes orientieren.

Aufgabe/Funktion: Hauptaufgabe der zentralen Steuerung ist die Information und Aktivierung der Akteure. Es gilt, gemeinsame Aktivitäten zu organisieren und Netzwerke aufzubauen bzw. die Zusammenarbeit besser zu koordinieren. Die Umsetzungen der identifizierten und notwendigen Maßnahmen im Umsetzungsprozess sind aufeinander abzustimmen. Um die Transparenz und Akzeptanz des Umwandlungsprozesses zu fördern, sollten zentrale Veröffentlichungen mit dauerhaft abrufbaren Informationen (z.B. Homepage) für alle Bürger zur Verfügung gestellt werden. Zudem ist regelmäßig zu überprüfen, ob sich die Stadt auf dem gewünschten „Zielpfad“ bewegt (Monitoring).

Finanzierung: Für die Position der zentralen Steuerung muss zusätzlich mindestens eine Personalstelle geschaffen werden. Weiterhin ist zu prüfen, inwieweit eine Förderung im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums (BMU) möglich ist.²⁶

²⁶ Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen: Ein Antrag auf Förderung der Klimaschutzmaßnahme ist nur innerhalb eines Jahres nach Beginn der Projektlaufzeit für die Förderung der beratenden Begleitung bei der Umsetzung von Klimaschutzkonzepten bzw. Teilkonzepten möglich.

5.2 Instrumente des Umsetzungsprozesses

Mittels verschiedener Instrumente wird die Umsetzung der technischen Maßnahmen angeregt, unterstützt oder erst ermöglicht. Der vorliegende Instrumentenkatalog ist auf die kommunale Situation in Ilmenau angepasst, der die Aktivitäten der lokalen Akteure definiert. Im Folgenden wird eine Auswahl verschiedener Instrumente zur Umsetzung besprochener Maßnahmen vorgestellt, die im Rahmen der Projektbearbeitung eruiert wurde. Damit wird auch eine akteurspezifische Verantwortlichkeit festgelegt, die für das Monitoring genutzt werden kann.

Als Ergebnis werden konkrete Maßnahmen und Akteure benannt, die für die Realisierung der Aktivitäten über das Trendszenario hinaus verantwortlich sein könnten. Wobei hier die kommunale Handlungsebene und ihre wirtschaftlichen Handlungsmöglichkeiten den Rahmen bilden. Schwerpunkt der dargestellten Handlungsoptionen sind Maßnahmen, welche im kommunalen Zuständigkeitsbereich der Akteure liegen.

Im Mittelpunkt des Katalogs stehen Instrumente für folgende Maßnahmenbereiche:

1. Energieeinsparung bei stadteigenen Liegenschaften
2. Gebäudesanierung
3. Kesseltausch, hydraulischer Abgleich, Heizungspumpen
4. Energieeffizienz im Bereich Industrie/ GHD
5. Ausbau der erneuerbaren Energien

Über diesen spezifischen Instrumenten zur direkten Maßnahmenumsetzung steht zunächst die Öffentlichkeitsarbeit, welche in Vorbereitung für die Umsetzung des Energie- und Klimakonzeptes entwickelt werden sollte.

5.2.1 Öffentlichkeitsarbeit

Zur Etablierung des Umsetzungsprozesses ist zunächst, wie bereits dargestellt, die Entwicklung einer zentralen Steuerung notwendig. Parallel dazu sollte eine dauerhafte Internetpräsenz zum Umsetzungsprozess gestaltet werden. Neben konkreten Projektinformationen können hier z.B. auch Broschüren zum Thema Energieeinsparungen oder erfolgreiche lokale Sanierungsbeispiele dargestellt werden.

Im Vordergrund der Ansprache sollten die Privaten Haushalte stehen, also Maßnahmen beschreiben, die die Bürger direkt umsetzen können.

Auch wenn der hohe Anteil des Endenergieverbrauchs im Sektor Industrie anfällt, sollte dies für die anderen Verbrauchsbereiche nicht als Alibi zum „Nichtstun“ dienen.

5.2.2 Maßnahme Einsparung bei stadteigenen Liegenschaften

Für den Bereich der stadteigenen Liegenschaften wird empfohlen ein Energiemanagementsystem aufzubauen. Des Weiteren sollte die Möglichkeit des Contractings von Heizungssystemen in Verbindung mit den Stadtwerken Ilmenau in Betracht gezogen werden (Abbildung 40).

Hauptverantwortung	
Instrumente	Akteure
Umfassende Bestandsaufnahme über Energieverbrauch der kommunalen Liegenschaften (im Rahmen des Konzeptes erfolgt)	Stadtverwaltung
Installation und Anwendung eines kommunalen Energiemanagementsystems	Stadtverwaltung
Contracting von Heizungssystemen	Stadtverwaltung + SWI

Abbildung 40 *Mögliche Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahme Einsparung bei Liegenschaften*

5.2.3 Maßnahme Gebäudesanierung

Die Umsetzung dieser Maßnahme bietet hohe CO₂-Minderungspotenziale. Die Wirtschaftlichkeit kann je nach Einzelfall sehr unterschiedlich ausfallen und ist von zahlreichen Rahmenbedingungen abhängig. Damit die Gebäudesanierungsrate in der Gemeinde Haßloch erhöht wird, können verschiedene Instrumente zur Anwendung kommen (Abbildung 41): Im Vordergrund sollte die Bündelung der lokalen Beratungsangebote stehen.

Wie im vorliegenden Bericht aufgezeigt wurde, gibt es bereits mehrere Initiativen und Beratungsangebote. Es gilt, diese zu bündeln und potenziell interessierten Gebäudeeigentümern aktiv zu vermitteln. Zusätzlich sind weitere Akteure, wie Architekten oder lokale Kreditinstitute, einzubeziehen. So könnten gemeinsame Informationsveranstaltungen Synergieeffekte schaffen und den Erfahrungsaustausch fördern. Teil dieser Veranstaltungen kann z.B. die Präsentation von positiven, aber auch negativen Beispielen sein.

Zentrale Steuerung	
Instrumente	Akteure
Bündelung/ Koordinierung des lokalen Beratungsangebotes über gemeinsame Öffentlichkeitsarbeit	SWI, Stadtverwaltung, lokale Energieberater
Orientierung an anderen Projekten wie „Energiekarawane“	Stadtverwaltung, Banken, SWI
Energiebroschüre (derzeit in Auftrag)	Stadt
Offensive Werbung für Thermographie (z.B. in Verbindung mit einem anderen Event)	Stadt, SWI
Schulung Handwerk/ Installateure/ Schornsteinfeger	SWI, Stadt

Abbildung 41 *Mögliche Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahme Gebäudesanierung*

5.2.4 Maßnahmen Kesseltausch, hydraulischer Abgleich, Heizungspumpen

Die Beratung sollte vorwiegend über Heizungsinstallateure erfolgen, aber auch eine Beratung über die ansässigen Schornsteinfeger ist denkbar und sollte offensiver kommuniziert werden. Schornsteinfeger sind jährlich am Ort des Geschehens und können die Hausbesitzer auf Einsparpotenziale aufmerksam machen, der Aufwand dazu ist sehr gering, kann aber große Auswirkungen auf den Energieverbrauch haben, beispielsweise ist der hydraulische Abgleich eine effektive und kostengünstige Maßnahme, oft mangelt es nur an Aufklärung. Im Bereich Wohnbau wurde der hydraulische Abgleich zum Teil bereits durchgeführt, im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäusern ist nach Einschätzung der lokalen Akteure aber noch ein großes Potenzial vorhanden. Diese „Zielgruppe“ sollte offensiver und direkter angesprochen werden. Mögliche Instrumente und Akteure sind in Abbildung 42 aufgezeigt.

Zentrale Steuerung	
Instrumente	Akteure
Beratungsoffensive über Öffentlichkeitsarbeit und Initialberatung/Energiecheck/Energiekarawane	Stadt
Schulung der Installateure und/ oder Schornsteinfeger (neutrale Beratung)	Stadt/ SWI
Contracting bei Kesseltausch/ Heizungspumpen	SWI

Abbildung 42 *Mögliche Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahmen Kesseltausch, hydraulischer Abgleich und effiziente Heizungspumpen*

5.2.5 Maßnahme Energieeffizienz GHD und Industrie

Im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie können verschiedenste Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahme beitragen (Abbildung 43). Beispielsweise ist es möglich, dass sich kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) eine Energie-Impulsberatung zu 100 % fördern lassen. Auch bei der Industrie- und Handelskammer Thüringen steht das Thema Energie derzeit im Mittelpunkt, im Jahr 2013 ist dort geplant, einen Energie- und Umweltausschuss zu gründen. Über diesen soll es erweiterte Beratungsangebote zum Thema Energieeffizienz geben.

Zentrale Steuerung	
Instrumente	Akteure
Gründung/ Nutzung von Arbeitskreisen („Unternehmerstammtische“) für Erfahrungsaustausch	lokale Betriebe
Impulsberatung für KMU (100% gefördert durch BMWi)	SWI, Stadt
IHK Energie- und Umweltausschuss 2013, Beratung zu Energieeffizienz	IHK, Betriebe
Heizungscontracting	SWI
Qualifizierung von Mitarbeitern der Unternehmen im Hinblick auf Energieeffizienz	lokale Betriebe
Energieausweise	lokale Betriebe

Abbildung 43 *Mögliche Instrumente und Maßnahmen zur Umsetzung der Maßnahme Energieeffizienz bei Industrie und GHD*

Die Vernetzung und der Austausch verschiedener Akteure kann auf den bereits vorhandenen Strukturen aufgebaut werden kann, beispielsweise werden von den Stadtwerken regelmäßig Arbeitskreise angeboten. Zusätzlich sollten aber auch externe Experten in den Erfahrungsaustausch eingebunden werden. Weiterhin können in diesem Rahmen gelungene Effizienzmaßnahmen einzelner Betriebe als Motivation für andere Netzwerkmitglieder dienen. Des Weiteren sollten auch schlechte Erfahrungen kommuniziert werden, damit nicht gleiche „Fehler“ ein zweites Mal passieren bzw. nach einer besseren Lösung gesucht werden kann.

5.2.6 Maßnahmen zum Ausbau der erneuerbaren Energien

Ein Überblick über mögliche Instrumente, welche den Ausbau der regenerativen Energien beschleunigen können und welche Akteure dafür zuständig sind, gibt Abbildung 44.

Ein Großteil des bisherigen Zubaus der Photovoltaik-Anlagen ist auf private Investoren zurückzuführen. Aufgrund der EEG-Vergütungen sind PV-Anlagen für die Betreiber in der Regel wirtschaftlich gesichert. Jedoch sollten auch mögliche Interessenten, die kein eigenes Dach zur Verfügung haben die Möglichkeit erhalten, Dachflächen für die PV-Nutzung zu mieten bzw. sich finanziell an Projekten zu beteiligen. Die Notwendigkeit einer Energiegenossenschaftsgründung sollte immer in Abhängigkeit der Projektgröße bzw. des Investitionsumfangs bewertet werden. Hier kann sich an anderen Städten orientiert werden, so wurde beispielsweise in Alzey in Rheinland Pfalz eine Energiegenossenschaft gegründet, welche nun in Photovoltaik- und andere Projekte zur erneuerbaren Energieerzeugung investiert. Wichtig ist in jedem Fall, dass die Bürger sich auch an größeren Projekten beteiligen kön-

nen. In Ilmenau existieren aktuell 2 Bürgerkraftwerke, dieses Instrument sollte erweitert werden und weitere potenzielle Dächer (zum Beispiel Gewerbe, Wohnbau) ermittelt werden. Positiv hervorzuheben ist, dass seitens der Stadtwerke Ilmenau bereits ein einfaches und unkompliziertes Anschlussverfahren für Photovoltaik-Anlagen existiert. Bei einem verstärkten Ausbau von Photovoltaikanlagen sind, besonders bei denkmalgeschützten und ortsteilprägenden Gebäuden, gestalterische und funktionelle Aspekte zu berücksichtigen, weshalb hierzu eine intensive Beratung angeboten werden sollte.

Zentrale Steuerung	
Instrumente	Akteure
Einfaches Anschlussverfahren PV (bereits erfolgt)	SWI
Vorgabe der Stadt für Neubaugebiete (Südausrichtung)	Stadt
Energiegenossenschaften (für weitere Bürgerkraftwerke bei PV sowie für Windkraftprojekte)	Stadt/ TU
Investitionen in Biomethan BHKW (in Planung)	IWW/ SWI
Investitionen in Windkraftprojekte (in Planung)	SWI
Beratung zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen in privaten Haushalten (Solarthermie, Wärmepumpen, Biomassekessel)	Energieberater, Bürger

Abbildung 44 *Mögliche Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahmen zum Ausbau der erneuerbaren Energien*

Die Maßnahmen zum Bau eines Biomethan-BHKW und die Investitionen in Windkraftprojekte befinden sich derzeit in Planung und sollen zeitnah umgesetzt werden. Um den Ausbau der regenerativen Energien im Haushaltsbereich voranzutreiben, wird ein offensives Beratungsangebot für Hausbesitzer empfohlen, hierbei sollten die Eigentümer über Möglichkeiten, welche sich im und am eigenen Haus anbieten, aufgeklärt werden.

5.3 Monitoring

Anhand eines fortlaufenden Energiemonitorings und -controllings kann die Effizienz der organisatorischen und investiven Maßnahmen gemessen werden und liefert darüber hinaus Hinweise auf weitere Energieeinsparpotenziale. Gerade die organisatorischen Maßnahmen zur Energieeinsparung (beispielsweise nachdem erste Schulungen zum Nutzerverhalten durchgeführt wurden) bedürfen einer laufenden Kontrolle ihrer Wirksamkeit. Es ist überdies notwendig, die gesamten Aktivitäten in einem informationstechnischen System (Energiemanagement) abzubilden.

Die Berechnungen der Energie- und CO₂-Einsparpotenziale für die Stadt Ilmenau wurden auf Basis der berechneten Energieverbräuche und Annahmen zur Wirksamkeit von organisatori-

schen und investiven Maßnahmen (nach Verbrauchsbereichen) durchgeführt. Mit Blick auf die untersuchten und dargestellten CO₂-Minderungspotenziale bis 2020 wird darauf hingewiesen, dass diese nur erreicht werden können, wenn weiterhin in *beiden* Bereichen – Erzeugung und Verbrauch – entsprechende Anstrengungen erbracht und die identifizierten Maßnahmen umgesetzt werden.

Dabei ist es notwendig, Detaillösungen zu erarbeiten, die auf eine breite Wirkung abzielen. Auch sind entsprechende Verantwortlichkeiten und Zielvereinbarungen im Rahmen des Umsetzungsprozesses vertieft zu konkretisieren. Wurden die bisher erreichten Einsparungen in der Regel durch reguläre Modernisierungszyklen realisiert, wird in Zukunft dieser Pfad durch verstärkte Investitionen, beispielsweise in Wärmedämmung, Energiemanagementsysteme usw., sowie den Ausbau der Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien und Kraft-Wärme-Kopplung flankiert werden müssen. Wesentlich sind hierbei verlässliche politische Entscheidungen als auch eine breite Einbeziehung der privaten und gewerblichen Verbraucher durch Netzwerke und Information.

Idealerweise sollte eine quantitative Verfolgung der künftigen Entwicklung durchgeführt werden. Dies erfordert allerdings auch die regelmäßige Erstellung einer Energie- und CO₂-Bilanz. Dies wird dadurch erschwert, dass auf kommunaler/regionaler Ebene keine regional abgrenzbaren Energiedaten – anders als auf Landes- und Bundesebene – statistisch erfasst werden. Es erscheint daher sinnvoll, das Controlling-Instrument auf die Aktivitäten zu beziehen, die im Maßnahmen- und Instrumentenkatalog festgelegt wurden und deren Umsetzung kontinuierlich nachverfolgt werden können. Ergänzend zu diesem qualitativen Controlling kann die Stadt Ilmenau für ihren Gebäudebestand auch ein quantitatives Controlling durchführen.

5.3.1 Entwicklung eines Monitoringkonzeptes

Das Monitoring sollte in einem laufenden Prozess regelmäßig, z.B. in Form von Klimaschutzberichten, Maßnahmenkontrollen oder Aktivitätskontrollen festgehalten und veröffentlicht werden. Weiterhin sollten die Ergebnisse auch in einem regelmäßigen Turnus vorgestellt und diskutiert werden, um die Akzeptanz für den Umwandlungsprozess aufrecht zu halten. Vorgeschlagen wird hierfür ein Turnus von zwei Jahren.

Die lokale Verantwortung der Akteure sollte fortwährend in den Vordergrund gestellt werden. Ziel der regelmäßigen Veranstaltungen ist die Erfolgskontrolle und eine fortwährende Motivation der Akteure. Deshalb sollte auch allen Bürgern die Möglichkeit gegeben werden, an den Veranstaltungen teilzunehmen.

Die Ergebnisse können in Form von Vorträgen („Aktivitätsberichte“) und ggf. Ausstellungen (Projektpräsentationen), Berichte auf der Homepage (Initiierung eines Newsletters) vorgestellt und publiziert werden.

Die Veranstaltungen können folgende Struktur aufweisen:

1. Darstellung von Vorreitern und Vorbildern (**Was andere machen**)



Auch Akteure aus anderen Kommunen können eingeladen und Erfahrungen ausgetauscht werden. Weiterhin ist die Vorbildfunktion der Stadt bzw. der Stadtwerke in den Vordergrund zu stellen.

2. Darstellung der Zwischenergebnisse (**Was wir gemacht haben**)
Dies beinhaltet die Kommunikation des bereits Erreichten sowie eine Fortschreibung der Energie- und CO₂-Bilanz der kommunalen Gebäude.
3. Erfahrungen austauschen (**Was haben wir gut gemacht und was müssen wir besser machen?**)
Kurzberichte zu Aktivitäten, was gut gelaufen ist, wo wir gestolpert sind!
4. Vorstellung der nächsten Arbeitsschritte (**Was werden wir als nächstes tun?**)
Hierbei ist zu beachten, dass klare und eindeutige Etappenziele bzw. die Reihenfolge (Priorisierung der Arbeitsschritte) festgelegt werden.

6 FAZIT

Mit dem vorliegenden Energie- und Klimakonzept wurde der Grundstein zur Initiierung eines Umsetzungsprozesses gelegt. Wie in den vorangehenden Kapiteln beschrieben, besteht dieser Umsetzungsprozess aus mehreren Bausteinen:

1. Verankerung des Umsetzungsprozesses
2. Organisation des Umsetzungsprozesses
3. Begleitendes Monitoring

Zunächst gilt es, mit einem politischen Bekenntnis der Stadt Ilmenau den Umsetzungsprozess zu verankern. Zur besseren Kommunikation und Verankerung wird die Entwicklung eines Slogans und eines Logos empfohlen.

Wenn sich die Stadt Ilmenau zum Energie- und Klimakonzept bekennt, sollte ein Umsetzungsprozess wie folgt organisiert werden:

- Die wichtigste Voraussetzung ist die **Schaffung einer koordinierenden Instanz**. Es gilt, alle relevanten Informationen und Entscheidungskompetenzen zu bündeln, um ein zielgerichtetes Handeln zu ermöglichen. Die zentrale Steuerung des Umsetzungsprozesses soll in der kommunalen Praxis als koordinierende Querschnittsaufgabe verstanden werden, welche in viele Bereiche hineinreicht. Hierfür müssen personelle Ressourcen geschaffen und Entscheidungskompetenzen übertragen werden.
- **Umsetzung des vorliegenden Maßnahmen- und Instrumentenkatalogs**
Der im Rahmen der Erstellung des Energie- und Klimakonzeptes erarbeitete Katalog ist auf die kommunale Situation in der Stadt Ilmenau angepasst. Als Ergebnis sind konkrete Maßnahmen und Akteure benannt, die für die Realisierung der Aktivitäten über das Trendszenario hinaus verantwortlich sein könnten.
Die beschriebenen Instrumente und Maßnahmen stellen eine Auswahl möglicher Aktivitäten dar und es wird nicht der Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Vielmehr kommt es darauf an, dass der Prozess in Gang gesetzt bzw. initiiert wird. Daraus werden weitere Instrumente und Aktivitäten entstehen, die sich aus dem Kreativpotenzial der Bürgerinnen und Bürger in Ilmenau „automatisch“ entwickeln werden.
- **Begleitendes Monitoring**
Im Instrumenten- und Maßnahmenkatalog sind akteursspezifische Verantwortlichkeiten festgelegt, die für das Monitoring genutzt werden können.
Das Monitoring sollte in einem laufenden Prozess regelmäßig, z.B. in Form von Klimaschutzberichten, Maßnahmenkontrollen oder Aktivitätskontrollen, festgehalten und veröffentlicht werden. Weiterhin sollten die Ergebnisse auch in einem regelmäßigen Turnus, eventuell im Rahmen einer Energie- und Klimakonferenz oder einer ähnlichen Veranstaltung, in Ilmenau vorgestellt und diskutiert werden, um die Akzeptanz für den Umwandlungsprozess aufrecht zu halten.

7 QUELLENVERZEICHNIS

- /Ages 2011/** Ages GmbH: Verbrauchskennwerte 2005 – Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland. Februar 2007, Münster.
- /AK ER 2011/** Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2011.
- /Biomasseatlas 2011/** Biomasseatlas: Anlagen mit Einsatz von Pellets, Scheitholz und Holzhackschnitzeln seit Oktober 2001. <http://www.biomasseatlas.de>, Zugriff 28.11.2011.
- /BMU 2010/** DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme in der Praxis – Ein Leitfaden für Unternehmen und Organisationen. Umweltbundesamt, Dessau, 2010.
- /BMW i 2010/** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Berlin, 2011.
- /BMW i 2011/** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): 2. Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland. Berlin, 2011.
- /BMW i und BMU 2010/** Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. München, 2010.
- /dena 2011/** Deutsche Energie-Agentur GmbH: Leseprobe des dena-Gebäudereports 2011 – Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Wohngebäudebestand. Berlin, 2011.
- /dena 2012/** Deutsche Energie-Agentur GmbH, Veröffentlichung im Internet unter: <http://mtest.dena.de/publikationen/stromsparpaket-energiespartipps-fuer-ihren-haushalt.html>, Zugriff 18.06.2012.
- /DIW 2009/** Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Wochenberichte 50/2009, 41/2004, 51/2002. Berlin, 2009.
- /IE 2005/** Institut für Energetik und Umwelt gGmbH: Langzeituntersuchung Wohnungsbeheizung in Ostdeutschland. Unveröffentlicht. Leipzig, 2005.
- /IE 2008 & 2009/** Vollkostenvergleich Heizsysteme 2009 – Informationen für Verbraucher. Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, 2009
- /IKEP 2007/** Integriertes Energie- und Klimaprogramm – Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm, BMU 2007. Im Internet abrufbar unter: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/klimapaketaug2007.pdf>
- /Ilmenau 2011/**

/IWU 2007/	Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2007
/IWU 2011/	Institut Wohnen und Umwelt: Klimadaten deutscher Stationen. Excel Datei, Darmstadt, Mai 2011.
/IWV 2011/	Ilmenauer Wärmeversorgung: Datenabfrage zu Absatzzahlen und Einsatzstoffen des Biomasseheizkraftwerkes, Ilmenau 2011.
/IWV 2012/	Ilmenauer Wärmeversorgung: Datenlieferung zu geplanten Investitionen in ein Biomethan-BHKW, Ilmenau 2012.
/KBA 2011a/	Kraftfahrt-Bundesamt: Kraftfahrzeugbestände Ilmenaus. Datenabfrage, Flensburg, 2011.
/KBA 2011b/	Kraftfahrt-Bundesamt: Kraftstoffverteilung der Bundesländer. Datenabfrage, Flensburg, 2011.
/KfW 2010/	„Wohngebäudesanierer-Befragung 2010 – Hintergründe und Motive zur energetischen Sanierung des Wohnungsbestandes“. Abrufbar im Internet unter: www.kfw.de
/Öko-Institut und Prognos 2009/	Öko-Institut e.V. und Prognos AG: Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Basel / Berlin, 2009.
/Scheithauer 2010/	Hydraulischer Abgleich – Denken im System. Internetseite von Bernd Scheithauer, www.hydraulischer-abgleich.de , Mühlheim, 2010.
/Solaratlas 2011/	Solaratlas: Solarthermische Anlagen seit Januar 2001. http://www.solaratlas.de/ , Zugriff 28.11.2011.
/Stiftung Warentest 2007/	Stiftung Warentest, Heft 09/2007, Berlin.
/Palmer 2009/	Palmer, B.: Eine Stadt macht blau - Politik im Klimawandel - das Tübinger Modell. Seite 196-221, Verlag: Kiepenheuer & Witsch
/Statistik Thüringen 1996/	Statistisches Landesamt Thüringen: Gebäude- und Wohnungszählung 1995. Thüringen, 1996.
/Statistik Thüringen 2011/	Statistisches Landesamt Thüringen: Bevölkerungsentwicklung in Ilmenau von 1990 bis 2010. Datenabfrage, Thüringen, 2011.
/SWI 2011/	Stadtwerke Ilmenau: Datenabfrage zu Absatzzahlen, Ilmenau, 2011.
/ThEGA 2011/	Thüringer Energie- und Green-Tech-Agentur: Untersuchungen des JENA-GEOS – Ingenieurbüro GmbH im Auftrag der ThEGA zum geothermischen Potenzial in Thüringen, Thüringen, 2011.
/Thüringen 2012/	Thüringer Allgemeine Zeitung: Artikel vom 11.06.2012, im Internet unter: http://www.thueringer-allgemeine.de/web/zgt/suche/detail/-/specific/Ilmenauer-Stadtwerke-investieren-in-Windenergie-1320211084 , Zugriff 14.06.2012



-
- /UBA 2008/** Umweltbundesamt (Hrsg.): Bestimmung spezifischer Treibhausgas-Emissionsfaktoren für Fernwärme. Von Fritsche, U. R., Rausch, L., Öko-Institut Darmstadt. Dessau-Roßlau, Mai 2008.
- /Wegweiser Kommune 2011/** Bevölkerungsprognose der Bertelsmann-Stiftung, im Internet unter: wegweiser-kommune.de, Zugriff 05.11.2011
- /ZfUB 2009/** Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.: Erfassung regional-typischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualterklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten. Kassel, 2009.

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Projektstruktur zur Erarbeitung des Energie- und Klimakonzeptes für Ilmenau	7
Abbildung 2	Projektstruktur zur Erarbeitung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes	8
Abbildung 3	Gesamte Stromerzeugung in Ilmenau seit 1995	11
Abbildung 4	Einsatzstoffe zur Fernwärmeerzeugung in Ilmenau	12
Abbildung 5	Spezifische CO ₂ -Emissionen für Strom und Fernwärme in Ilmenau	13
Abbildung 6	Bevölkerungsentwicklung und Prognose Ilmenaus von 1990 bis 2025	14
Abbildung 7	Spezifischer Raumwärmebedarf über alle Baualtersklassen nach Gebäudeart in Ilmenau	17
Abbildung 8	Struktur der Heizsysteme im Wohnungsbestand nach Energieträgern in Ilmenau von 1990 bis 2010 sowie im Trend bis 2025	18
Abbildung 9	Endenergieverbrauch privater Haushalte nach Energieträgern in Ilmenau	19
Abbildung 10	Entwicklung des Endenergieverbrauchs des Sektors Private Haushalte in Ilmenau nach Verbrauchssektoren.....	20
Abbildung 11	CO ₂ -Emissionen privater Haushalte nach Endenergieträgern in Ilmenau	21
Abbildung 12	Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort Ilmenau von 1990 bis 2010 sowie im Trend bis 2025.....	23
Abbildung 13	Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/ GHD nach Wirtschaftsbereichen in Ilmenau	24
Abbildung 14	Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/ GHD nach Energieträgern in Ilmenau	25
Abbildung 15	CO ₂ -Emissionen im Sektor Industrie/ GHD nach Wirtschaftsbereichen in Ilmenau	26
Abbildung 16	Anzahl der stadteigenen Liegenschaften nach Gebäudetypen in Ilmenau	27
Abbildung 17	Endenergieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften in Ilmenau von 1990 bis 2010 sowie im Trend bis 2025	28
Abbildung 18	Energieverbrauch der öffentlichen Liegenschaften nach Gebäudetypen in Ilmenau für das Jahr 2010	29
Abbildung 19	Energieträgerverteilung der öffentlichen Liegenschaften in Ilmenau 2010	29
Abbildung 20	CO ₂ -Emissionen der öffentlichen Liegenschaften in Ilmenau	30
Abbildung 21	Fahrzeugbestand nach Antriebstechnologie der in Ilmenau gemeldeten Fahrzeuge.....	32
Abbildung 22	Endenergieverbrauch nach Kraftstoffen im Verkehrssektor in Ilmenau	33
Abbildung 23	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen des Verkehrssektors in Ilmenau	34

Abbildung 24	Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren in Ilmenau	35
Abbildung 25	Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Ilmenau	36
Abbildung 26	CO ₂ -Emissionen nach Verbrauchssektoren in Ilmenau	37
Abbildung 27	Spezifische Verbräuche der Elektrogeräte im Bestand im Ist-Zustand 2010 und im Jahr 2020	47
Abbildung 28	CO ₂ -Minderungspotenziale im Sektor Private Haushalte	54
Abbildung 29	Endenergieverbrauch der stadteigenen Liegenschaften Ilmenaus nach Energieträgern	59
Abbildung 30	Vorranggebiete für Tiefengeothermie in Thüringen	69
Abbildung 31	CO ₂ -Minderungspotenziale durch zusätzliche Maßnahmen im Bereich erneuerbare Energieerzeugung	70
Abbildung 32	Zusammenfassung der CO ₂ -Minderungspotenziale	71
Abbildung 33	Entwicklung des Endenergieverbrauch Ilmenaus im Szenarienvergleich	72
Abbildung 34	Einordnung der Szenarienergebnisse in das Klimaschutzziel "Reduzierung der CO ₂ -Emissionen um 40 % bis zum Jahr 2020 bzw. 55 % bis 2030"	73
Abbildung 35	Einordnung der Szenarioergebnisse in das Klimaschutzziel "Erhöhung der erneuerbaren Energieerzeugung am Nettostromverbrauch auf 45 % bis 2020"	74
Abbildung 36	Einordnung der Szenarienergebnisse in das Klimaschutzziel "Erhöhung der erneuerbaren Energieerzeugung an der Wärmeversorgung auf 14 % bis 2020"	74
Abbildung 37	Einordnung der Szenarienergebnisse in das Klimaschutzziel „Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch auf 30 % bis 2020“	75
Abbildung 38	Abschätzung der Investitionskosten nach Maßnahmen in den Szenarien	76
Abbildung 39	Verankerung der zentralen Steuerung	78
Abbildung 40	Mögliche Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahme Einsparung bei Liegenschaften	80
Abbildung 41	Mögliche Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahme Gebäudesanierung	81
Abbildung 42	Mögliche Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahmen Kesseltausch, hydraulischer Abgleich und effiziente Heizungspumpen	81
Abbildung 43	Mögliche Instrumente und Maßnahmen zur Umsetzung der Maßnahme Energieeffizienz bei Industrie und GHD	82
Abbildung 44	Mögliche Instrumente und Akteure zur Umsetzung der Maßnahmen zum Ausbau der erneuerbaren Energien	83

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Datengrundlagen für die Wohnungsbedarfsprognose in Ilmenau	15
Tabelle 2	CO ₂ -Emissionen je Einwohner nach Verbrauchssektoren in Ilmenau	37
Tabelle 3	Übersicht über die Maßnahmen im Sektor Private Haushalte im Trend-, Aktiv- und Perpektiv Szenario	39
Tabelle 4	Einspar-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch Gebäudesanierung sowie Investitionskosten	41
Tabelle 5	Einspar-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch Kesselaustausch sowie Investitionskosten	43
Tabelle 6	Einspar-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch hydraulischen Abgleich sowie Investitionskosten	45
Tabelle 7	Einspar-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch effiziente Heizungspumpen sowie Investitionskosten	45
Tabelle 8	Einspar-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch effiziente Elektrogeräte sowie Investitionskosten	48
Tabelle 9	Erzeugungs-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch Solarthermieanlagen sowie Investitionskosten	49
Tabelle 10	Erzeugungs-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch Wärmepumpen sowie Investitionskosten	49
Tabelle 11	Erzeugungs-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch Pelletkessel sowie Investitionskosten	51
Tabelle 12	Erzeugungs-/CO ₂ -Minderungspotenziale durch KWK-Anlagen sowie Investitionskosten	52
Tabelle 13	Einspar-/CO ₂ -Minderungspotenziale im Sektor GHD/Industrie und Investitionskosten	58
Tabelle 14	Vergleich der Stromverbräuche der Liegenschaften mit Referenzgebäuden	60
Tabelle 15	Vergleich der Wärmeverbräuche der Liegenschaften mit Referenzgebäuden	61
Tabelle 16	Energie- und CO ₂ -Einsparungen bei den Liegenschaften	62
Tabelle 17	Maßnahmen und Instrumente im Verkehrsbereich	63
Tabelle 18	Übersicht über die Maßnahmen im Sektor Energieerzeugung im Trend- Aktiv-und Perspektiv--Szenario für Ilmenau	64
Tabelle 19	Erzeugungs-/CO ₂ -Minderungspotenziale von Photovoltaik-Anlagen sowie Investitionskosten	65
Tabelle 20	Erzeugungs-/CO ₂ -Minderungspotenziale von Windkraftanlagen sowie Investitionskosten	67
Tabelle 21	Erzeugungs-/CO ₂ -Minderungspotenziale des Biomethan BHKW sowie Investitionskosten	67
Tabelle 22	Erzeugungs-/CO ₂ -Minderungspotenzial bei Ausbau des Biomasseheizkraftwerkes	68

DATENANHANG

Grunddaten und Ergebnisse für den Verbrauchssektor Private Haushalte

Ist-Analyse: 1990 bis 2010 ;Trendszenario: 2011 bis 2025

Tabellen zum Sektor Private Haushalte

Wohneinheiten in Ein- und Zwei- Mehrfamilienhäusern

	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	11.993	12.444	12.994	13.377	13.436	13.502	13.567	13.630
EZFH	3.044	3.285	3.651	3.775	3.860	3.883	3.907	3.930
MFH	8.949	9.159	9.343	9.602	9.576	9.619	9.660	9.700

Endenergieverbrauch nach Anwendungsarten

MWh	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	267.658	252.253	245.250	230.974	218.255	210.413	201.939	194.613
Raumwärme	237.183	220.674	212.564	194.041	182.263	174.574	166.640	160.250
Warmwasser	19.092	18.943	18.684	18.876	18.355	17.889	17.506	17.154
Nahrungszubereitung	5.187	5.448	5.732	5.923	5.662	5.482	5.305	5.054
Elektrogeräte	6.196	7.188	8.270	12.135	11.975	12.468	12.488	12.156

Endenergieverbrauch nach Energieträgern

MWh	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	267.658	252.253	245.250	230.974	218.255	210.413	201.939	194.613
Steinkohle	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohle	78.169	42.579	13.527	4.523	113	0	0	0
Holz	13.857	12.605	12.944	10.245	8.825	9.319	9.659	9.970
Erdgas	76.815	86.786	117.897	117.405	116.572	110.868	104.159	99.409
Öl	5.197	11.074	17.127	15.916	12.035	10.648	9.405	8.203
Fernwärme	71.620	76.179	61.376	56.391	53.499	51.559	50.338	48.560
Nahwärme	0	0	0	0	0	0	0	0
Solar	0	0	0	228	1.333	1.617	1.950	2.262
Wärmepumpe	0	0	15	107	426	562	691	811
KWK	0	0	0	0	0	214	416	647
Strom	22.000	23.029	22.364	26.160	25.450	25.625	25.321	24.752

CO₂-Ausstoß nach Anwendungszweck

tCO ₂	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	95.127	77.047	60.735	56.343	42.431	40.294	37.723	35.342
Raumwärme	77.031	60.301	46.227	40.580	30.474	28.672	26.631	24.987
Warmwasser	10.620	9.100	7.188	6.780	4.980	4.729	4.484	4.231
Nahrungszubereitung	2.866	2.842	2.655	2.630	2.056	1.949	1.841	1.694
Elektrogeräte	4.610	4.804	4.666	6.354	4.922	4.945	4.767	4.430

CO₂-Ausstoß nach Energieträgern

tCO ₂	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	95.127	77.047	60.735	56.343	42.431	40.294	37.723	35.342
Steinkohle	0	0	0	0	0	0	0	0
Braunkohle	26.343	14.349	4.559	1.524	38	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0
Erdgas	15.517	18.187	23.815	23.716	23.547	22.395	21.040	20.081
Öl	1.383	2.946	4.556	4.234	3.201	2.832	2.502	2.182
Fernwärme	35.517	26.174	15.180	13.116	5.009	4.637	4.167	3.634
Nahwärme	0	0	0	0	0	0	0	0
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0
Wärmepumpe	0	0	9	56	175	223	264	295
KWK	0	0	0	0	0	43	84	131
Strom	16.368	15.391	12.618	13.698	10.460	10.163	9.667	9.020

Grunddaten und Ergebnisse für den Verbrauchssektor Industrie/GHD

Ist-Analyse: 1990 bis 2010 ;Trendszenario: 2011 bis 2025

Tabellen zum Sektor GHD & Industrie

Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen

	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	15.500	10.939	10.586	8.774	9.436	9.337	9.206	9.058
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	285	236	23	30	16	16	15	15
Baugewerbe	1.456	1.333	700	439	365	337	330	323
Produzierendes Gewerbe	6.915	2.364	2.136	1.991	2.126	2.086	2.019	1.948
GHD	4.093	4.301	4.979	4.228	3.931	3.952	3.953	3.946
öffentliche Verwaltung	2.751	2.705	2.748	2.086	2.998	2.946	2.888	2.825

Endenergieverbrauch nach Wirtschaftszweigen

GWh	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	417	219	212	207	203	201	201	198
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	6	5	0	1	0	0	0	0
Baugewerbe	11	10	5	3	2	2	2	2
Produzierendes Gewerbe	297	100	95	107	109	108	109	107
GHD	84	85	91	80	67	67	66	66
öffentliche Verwaltung	20	20	21	16	24	24	23	23

CO₂-Ausstoß nach Wirtschaftszweigen

tCO ₂	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	204.866	94.384	80.842	75.442	56.009	53.967	52.189	49.170
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	3.058	2.110	172	211	80	76	72	67
Baugewerbe	4.527	3.612	1.682	964	593	526	500	472
Produzierendes Gewerbe	150.321	50.612	45.058	47.203	37.181	35.756	34.551	32.439
GHD	37.149	30.074	27.192	22.405	13.369	13.066	12.771	12.234
öffentliche Verwaltung	9.812	7.975	6.737	4.659	4.785	4.543	4.295	3.958

Grunddaten und Ergebnisse für den Verbrauchssektor Verkehr

Ist-Analyse: 1990 bis 2010 ;Trendszenario: 2011 bis 2025

Tabellen zum Sektor Verkehr

Kfz-Bestand

	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt (Anzahl)	8.914	12.077	13.045	13.316	13.588	13.732	13.901	14.049
Krafträder	212	298	586	699	757	824	890	952
PKW	8.047	10.858	11.452	11.546	11.886	11.952	12.043	12.118
Sonstige	83	112	125	149	59	61	62	64
Kraftomnibusse	52	59	65	75	64	62	60	58
LKW	471	694	754	720	715	721	728	735
Zugmaschinen	29	32	39	49	51	53	55	56
Sattelzugmaschinen	20	25	24	78	56	60	63	67

Endenergieverbrauch

MWh	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	141.841	175.805	178.096	182.353	183.696	183.153	182.477	180.985
Benzin (inkl. Hybrid)	86.138	103.801	100.163	90.017	79.920	70.463	61.833	57.574
Diesel (inkl. Hybrid)	55.703	71.998	77.919	92.113	101.096	107.747	114.243	115.608
Erdgas	0	1	7	112	1.150	2.293	2.746	3.105
Flüssiggas	0	1	7	110	1.518	2.601	3.554	4.407
Strom	0	3	1	1	12	50	102	291

CO₂-Ausstoß

tCO ₂	IST					TREND		
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	36.605	45.527	46.162	46.517	44.886	43.919	42.600	41.479
Benzin (inkl. Hybrid)	22.327	26.905	25.962	23.333	19.954	17.067	14.424	13.162
Diesel (inkl. Hybrid)	13.930	18.305	19.906	22.845	24.108	25.529	26.519	26.320
Erdgas	0	0	1	23	232	462	554	626
Flüssiggas	0	0	2	26	355	609	832	1.031
Strom	349	316	291	291	237	252	271	339

Grunddaten und Ergebnisse für alle Verbrauchssektoren

Ist-Analyse: 1990 bis 2010 ;Trendszenario: 2011 bis 2025

Zusammenfassung

Endenergieverbrauch

nach Verbrauchssektoren	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	826.788	646.854	635.775	620.306	604.635	594.613	585.569	574.005
Verkehr	141.841	175.805	178.096	182.353	183.696	183.153	182.477	180.985
GHD & Industrie	413.897	215.348	208.591	202.967	197.594	195.983	196.138	193.477
Private Haushalte	267.658	252.253	245.250	230.974	218.255	210.413	201.939	194.613
Öffentliche Liegenschaften	3.392	3.448	3.838	4.011	5.090	5.065	5.015	4.929

nach Energieträgern	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	826.788	646.854	635.775	620.306	604.635	594.613	585.569	574.005
Steinkohle	26.342	7.699	4.032	687	8	8	7	7
Braunkohle	204.838	60.688	26.637	7.528	797	0	0	0
Holz	14.697	13.381	13.974	11.281	10.435	11.195	11.718	12.227
Erdgas	112.026	121.970	157.965	161.955	157.869	154.529	150.257	144.978
Flüssiggas	0	1	7	110	1.518	2.601	3.554	4.407
Öl	29.117	22.831	35.017	29.121	24.130	20.785	18.545	16.184
Benzin	86.138	103.801	100.163	90.017	79.920	70.463	61.833	57.574
Diesel	55.703	71.998	77.919	92.113	101.096	107.747	114.243	115.608
Kerosin	0	0	0	0	0	0	0	0
Fernwärme	151.885	144.887	108.626	99.556	98.452	95.447	93.070	91.709
Nahwärme	0	0	0	0	0	0	0	0
Solar	840	776	1.030	1.264	2.943	3.494	4.009	4.519
Wärmepumpe	0	0	15	107	426	562	691	811
KWK (Wärme)	0	0	0	0	0	214	416	647
Strom	145.202	98.820	110.391	123.519	120.800	121.402	120.837	118.868

CO₂-Ausstoß

nach Verbrauchssektoren	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	336.599	216.958	187.740	178.303	143.326	138.180	132.513	125.991
Verkehr	36.605	45.527	46.162	46.517	44.886	43.919	42.600	41.479
GHD & Industrie	203.443	93.194	79.762	74.363	54.879	52.857	51.122	48.159
Private Haushalte	95.127	77.047	60.735	56.343	42.431	40.294	37.723	35.342
Öffentliche Liegenschaften	1.423	1.190	1.080	1.079	1.129	1.110	1.067	1.012

nach Energieträgern	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025
Gesamt	336.599	216.958	187.740	178.303	143.326	138.180	132.513	125.991
Steinkohle	8.877	2.595	1.359	232	3	3	2	2
Braunkohle	77.390	21.647	9.842	2.735	314	0	0	0
Holz	0	0	0	0	0	0	0	0
Erdgas	22.629	25.294	31.909	32.715	31.889	31.214	30.351	29.284
Flüssiggas	0	0	2	26	355	609	832	1.031
Öl	7.745	6.073	9.314	7.746	6.419	5.529	4.933	4.305
Benzin	22.327	26.905	25.962	23.333	19.954	17.067	14.424	13.162
Diesel	13.930	18.305	19.906	22.845	24.108	25.529	26.519	26.320
Kerosin	0	0	0	0	0	0	0	0
Fernwärme	75.321	49.782	26.866	23.156	9.217	8.585	7.705	6.863
Nahwärme	0	0	0	0	0	0	0	0
Solar	0	0	0	0	0	0	0	0
Wärmepumpe	0	0	9	56	175	223	264	295
KWK (Wärme)	0	0	0	0	0	43	84	131
Strom	108.379	66.356	62.571	64.965	49.882	48.380	46.364	43.549