Energie- und Klimaschutzkonzept für Limburg

Endbericht

Auftraggeber	**Energieversorgung Limburg GmbH (EVL)** Ste.-Foy-Straße 36 65549 Limburg
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 03 41 / 22 47 62 - 14 E-Mail Christoph.Voigtlaender@ie-leipzig.com Werner Bohnenschäfer Alexander Schiffler Ilka Erfurt Matthias Reichmuth
Laufzeit	Januar – Oktober 2013
Datum	10.10.2013

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS III

1 ZUSAMMENFASSUNG 1

2 EINLEITUNG 7

2.1 Klimaschutzziele 7

2.2 Die Stadt Limburg 9

2.3 Grundsätzliche Vorgehensweise 11

3 AUSGANGSLAGE UND TREND BIS 2023 13

3.1 Bilanzierungsmethodik 13

3.2 Sektor Energieerzeugung 14

3.3 Sektor Private Haushalte 16

3.3.1 Datengrundlagen 16

3.3.2 Entwicklung des Energieverbrauchs 18

3.3.3 Entwicklung der CO_2-Emissionen 20

3.4 Sektor Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen 21

3.4.1 Datengrundlagen 21

3.4.2 Entwicklung des Energieverbrauchs 22

3.4.3 Entwicklung der CO_2-Emissionen 24

3.5 Städtische Liegenschaften 25

3.5.1 Datengrundlagen 25

3.5.2 Entwicklung des Energieverbrauchs 27

3.5.3 Entwicklung der CO_2-Emissionen 28

3.6 Sektor Verkehr 28

3.6.1 Datengrundlagen 28

3.6.2 Entwicklung des Endenergieverbrauchs 30

3.6.3 Entwicklung der CO_2-Emissionen 31

3.7 Alle Verbrauchssektoren 31

3.7.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs 31

3.7.2 Entwicklung der CO_2-Emissionen 33

4 HANDLUNGSOPTIONEN 37

4.1 Maßnahmen im Sektor Energieerzeugung 38

4.1.1 Ausbau Photovoltaik 39

4.1.2 Ausbau Windenergie 41

4.1.3 Ausbau Biomassenutzung 43

4.1.4 Ausbau Klärgasnutzung 44

4.2 Maßnahmen im Sektor der Privaten Haushalte 45

4.2.1 Gebäudesanierung 46

4.2.2 Kesseltausch 47

4.2.3 Hydraulischer Abgleich 49

4.2.4 Solarthermie 50

4.2.5 Biomassekessel und Wärmepumpen 51

4.2.6 Erdgas-KWK-Anlagen 52

4.2.7 Effiziente Elektrogeräte 55
4.2.8 Bewusstes Energiesparen durch verändertes Nutzerverhalten 56
4.3 Maßnahmen im Sektor Industrie/ GHD 57
4.3.1 Maßnahmen im Industriesektor 58
4.3.2 Maßnahmen im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen 59
4.3.3 Zusammenfassung der Maßnahmen für den Sektor Industrie und GHD 60
4.4 Maßnahmen im Sektor Städtische Liegenschaften 61
4.4.1 Datenauswertung der größten Strom- und Wärmeverbraucher 67

5 ZUSAMMENFASSENDER SZENARIENVERGLEICH 72
5.1 Erzeugung erneuerbarer Energien nach Szenarien 72
5.1.1 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 72
5.2 Energieverbrauch und Emissionen in den einzelnen Szenarien 73
5.2.1 Energieverbrauch 73
5.2.2 CO_2-Emissionen 75
5.3 Investitionsbedarf für die einzelnen Szenarien 77

6 UMSETZUNGSKONZEPT 80
6.1 Organisation des Umsetzungsprozesses 81
6.2 Instrumentenkatalog für den Umsetzungsprozess 82
6.2.1 Übergreifende Instrumente 84
6.2.2 Instrumente für städtische Liegenschaften 86
6.2.3 Instrumente für den Sektor Energieerzeugung 88
6.2.4 Instrumente für den Sektor Private Haushalte 92
6.2.5 Instrumente für den Wirtschaftssektor (GHD und Industrie) 100
6.3 Monitoring 102
6.3.1 Entwicklung eines Monitoringkonzeptes 102
6.3.2 Daten-Monitoring 103

7 FAZIT 105

QUELLENVERZEICHNIS 106

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 109

TABELLENVERZEICHNIS 111

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
CO_2	Kohlenstoffdioxid
dena	Deutsche Energie-Agentur
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EKK	Energie- und Klimaschutzkonzept
EnEV	Energieeinsparverordnung
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EW	Einwohner
EZFH	Ein-/ Zweifamilienhäuser
FW	Feuerwehr
ggü.	gegenüber
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GWh	Gigawattstunden (1.000 MWh)
IE Leipzig	Leipziger Institut für Energie GmbH
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kt	Kilotonnen (1.000 t bzw. 10^9 g)
KUP	Kurzumtriebsplantage (für schnellwachsende Hölzer)
kW	Kilowatt
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
MFH	Mehrfamilienhäuser
Mio.	Millionen
MW	Megawatt (1.000 kW)
MWh	Megawattstunden (1.000 kWh)
p. a.	per annum (jährlich)
Pkw	Personenkraftwagen
PV	Photovoltaik (Stromerzeugung aus Sonnenenergie)
RMV	Rhein-Main-Verkehrsverbund
t	Tonnen (1.000 kg bzw.10^6 g)
UBA	Umweltbundesamt
VLDW	Verkehrsgesellschaft Lahn-Dill-Weil mbH
VWG	Verwaltungsgebäude
W	Watt
WE	Wohneinheiten

1 ZUSAMMENFASSUNG

Entstehung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes

Das vorliegende Energie- und Klimaschutzkonzept für Limburg wurde im Auftrag der Energieversorgung Limburg GmbH (EVL) erstellt. Einbezogen wurden in den Bearbeitungsprozess nicht nur – über ein Projektteam – die zuständigen Personen der EVL, Stadtverwaltung sowie Kommunalpolitiker der sechs vertretenen Parteien (CDU, FWG, Grüne, SPD, FDP, BZL), sondern über zwei Workshops und zwei Bürgerversammlungen auch zahlreiche Multiplikatoren und Fachleute aus Wirtschaft, Unternehmen, Banken, Verbänden, weiteren städtischen Ämtern und der Wohnungswirtschaft.

Zunächst wurde auf der Grundlage von Daten, die seitens der EVL sowie der Stadtverwaltung bereitgestellt wurden, vom IE Leipzig eine **Energiebilanz** für die Jahre 1990 bis 2011 erstellt. Aus dieser wurden auch die entsprechenden CO_2-Emissionen abgeleitet. Darauf aufbauend fand eine Trendfortschreibung unter Berücksichtigung demographischer und wirtschaftlicher Prognosen sowie bereits bekannter gesetzlicher Regelungen (etwa zur Energieeffizienz) bis zum Jahr 2023 statt.

Anschließend wurden gemeinsam mit dem Projektteam zwei **Szenarien** entwickelt, wie die Einsparung von Strom und Wärme sowie die Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen gegenüber dem Trend deutlich verstärkt werden kann. Zur Umsetzung der in den Szenarien enthaltenen Maßnahmen wurden Instrumente und Strukturen beschrieben, mit denen die örtlichen Akteure die geplanten Maßnahmen anschließend verwirklichen können und die auch zur Kontrolle der Umsetzung dienen.

Das Konzept enthält auftragsgemäß keine Maßnahmen zur Energieeinsparung im Verkehrssektor.

Ergebnisse der Ist-Analyse und des Trend-Szenarios

Beim **Endenergieverbrauch** entfällt der größte Teil auf den Wirtschaftssektor (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Industrie). Im Sektor der privaten Haushalte ist eine langsam abnehmende Tendenz zu erkennen, die insbesondere auf allmählich verbesserter Gebäudedämmung beruht. Der Energieverbrauch des Verkehrssektors (betrachtet wurden die örtlich gemeldeten Kraftfahrzeuge) wuchs in den beiden letzten Jahrzehnten allmählich an, dieser Trend wird sich auch bis 2023 fortsetzen. Die städtischen Liegenschaften wurden gesondert betrachtet, im Vergleich zu den übrigen Sektoren ist ihr Energieverbrauch allerdings so gering, dass er in Abbildung 1 kaum darstellbar ist. Allerdings ist dies der Bereich, der von der Stadt Limburg alleinverantwortlich geändert werden kann und bei dem der Stadt und den politischen Gremien eine Vorbildwirkung zukommt. Insgesamt ergibt sich für die Jahre 2011 bis 2023 ein sehr langsam sinkender Energieverbrauch.

Für die gleichen Verbrauchssektoren sind in Abbildung 2 die energiebedingten **CO_2-Emissionen** dargestellt. Dort ergibt sich der Rückgang eindeutiger. Dieser beruht jedoch auf den Annahmen zum bundesweit wachsenden Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, welcher zu einem deutlichen Rückgang der Emissionen im Strombereich führt.

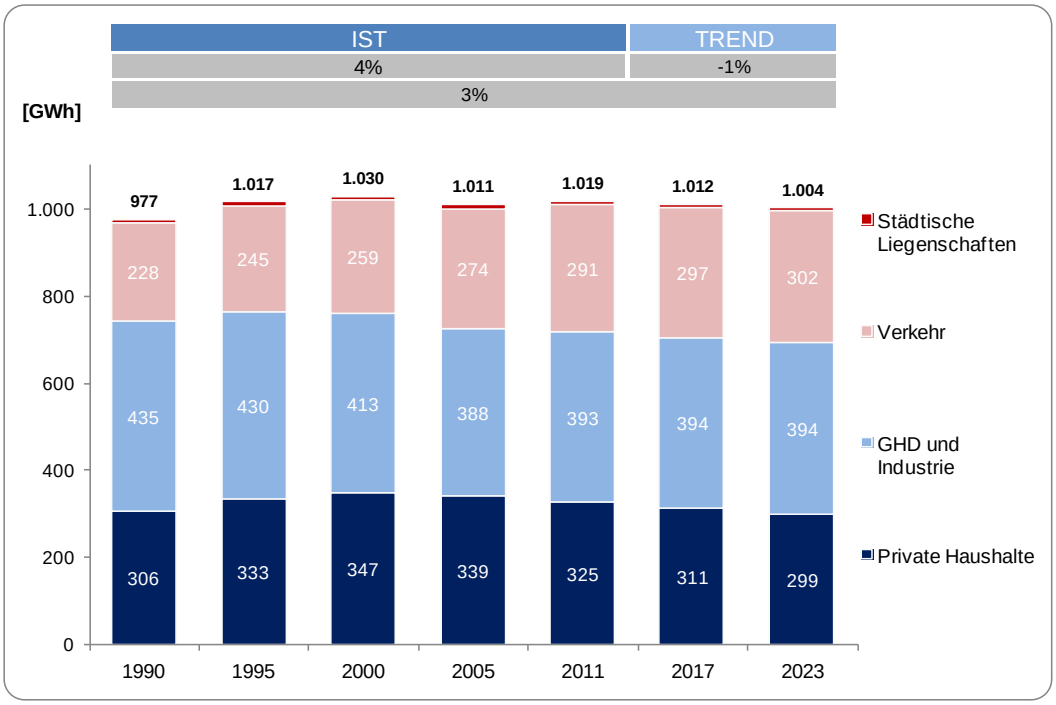


Abbildung 1 ***Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchssektoren***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

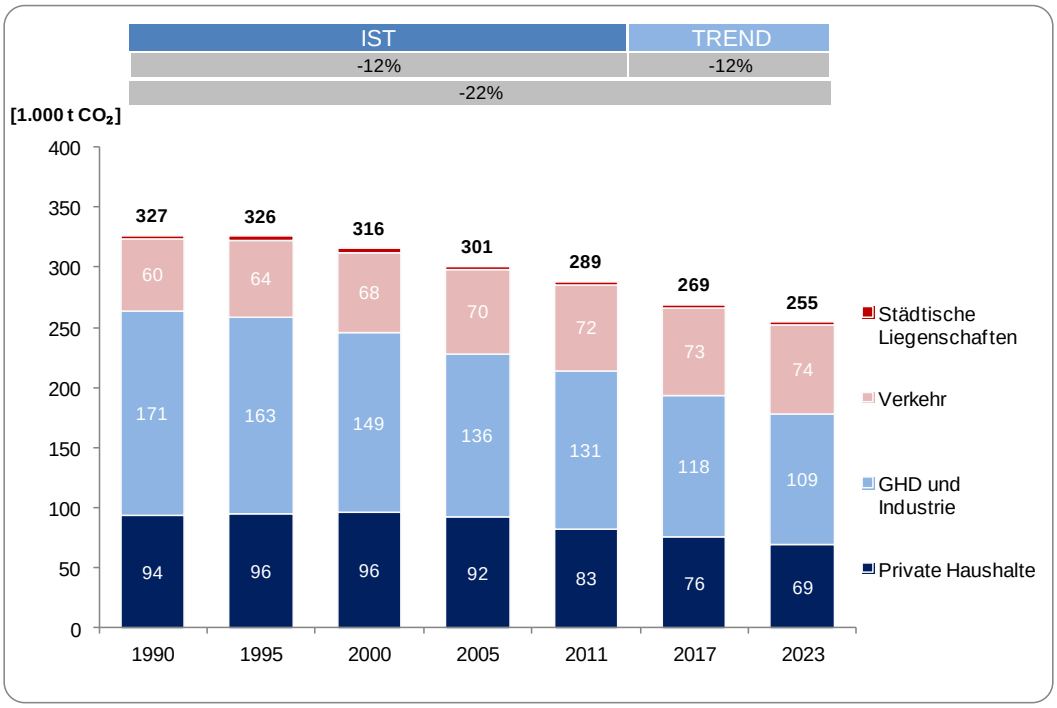


Abbildung 2 ***Entwicklung der CO_2-Emissionen nach Verbrauchssektoren***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Szenarienvergleich

Verglichen werden folgende drei Varianten der Entwicklung bis zum Jahr 2023:

- Das **Trend-Szenario** dient als Referenzszenario, mit dem gezeigt werden soll, welche Entwicklungen unter weitgehend unveränderten Rahmenbedingungen bis 2023 zu erwarten sind. Für die Fortschreibung werden strukturelle Veränderungen, wie z. B. die Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung, technischer Fortschritt und gesetzliche Vorgaben, berücksichtigt. Die wesentlichen Impulse der Entwicklung kommen dabei allerdings nicht aus der Stadt selbst.
- Mit dem **Aktiv-Szenario** soll der Pfad zur Erreichung von Klimaschutzzielen aktiver beschritten werden als bisher, d. h. die Umsetzung geeigneter Maßnahmen verläuft vorausschauend und koordiniert. Es werden zusätzliche Maßnahmen bei Liegenschaften, Haushalten, Industrie/GHD und zur Energieerzeugung umgesetzt, die überwiegend technisch und wirtschaftlich durchführbar sind.
- Bei der Entwicklung des **Optimal-Szenarios** stand die Fragestellung im Mittelpunkt: Inwieweit können darüber hinaus Maßnahmen gefunden werden, die zu einem noch höheren Anteil der örtlichen Eigenerzeugung mit erneuerbaren Energien führen? Die Intensität der Maßnahmenumsetzung ist gegenüber dem Aktiv-Szenario deutlich höher. Die wirtschaftliche Umsetzbarkeit der betrachteten Maßnahmen ist dabei gegenwärtig jedoch nicht immer gewährleistet.

Die drei Szenarien weisen somit einen unterschiedlichen Umsetzungsgrad bzw. Intensität der identifizierten Maßnahmen zur Energie- und CO_2-Einsparung auf. Besonders deutlich wird dies beim Vergleich der **Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien** (Abbildung 3): Vorwiegend durch die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen sowie Beteiligungen an Windparks kann die Eigenerzeugung wesentlich ansteigen.

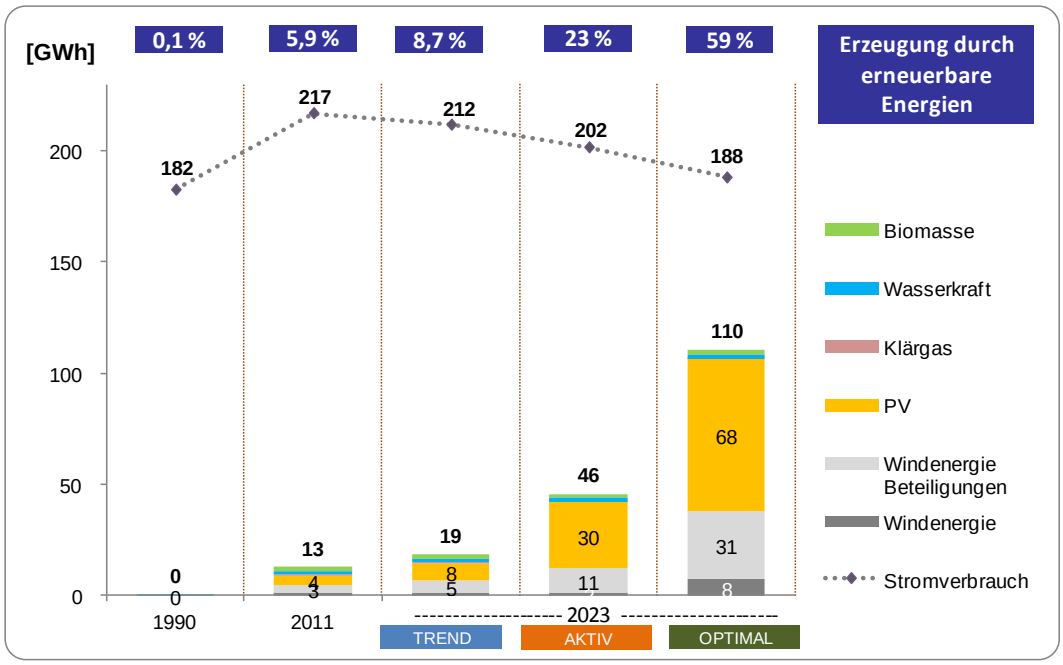


Abbildung 3 ***Erneuerbare Energien bei der Stromerzeugung nach Szenarien***
Quelle: Berechnung IE Leipzig

Auch im Bereich der Wärmegewinnung aus erneuerbaren Energien (für Heizung und Warmwasser), insbesondere aber bei Maßnahmen zur **Energieeinsparung** (v. a. Gebäudedämmung, Erneuerung der Heizungssysteme, verbesserte Energieeffizienz in der Wirtschaft) werden zwischen den drei Szenarien deutliche Unterschiede definiert. Der Schwerpunkt der Maßnahmen liegt im Bereich der Einsparung von Energie in den Verbrauchssektoren (außer Verkehr, dafür bestand im Rahmen dieses Konzeptes kein Auftrag), da jede Form der Energieerzeugung Umweltwirkungen hat, die durch einen geringeren Verbrauch von vornherein vermeidbar sind. Abbildung 4 zeigt, welche Energieeinsparung in den verschiedenen Szenarien möglich erscheint, gegliedert nach Verbrauchssektoren.

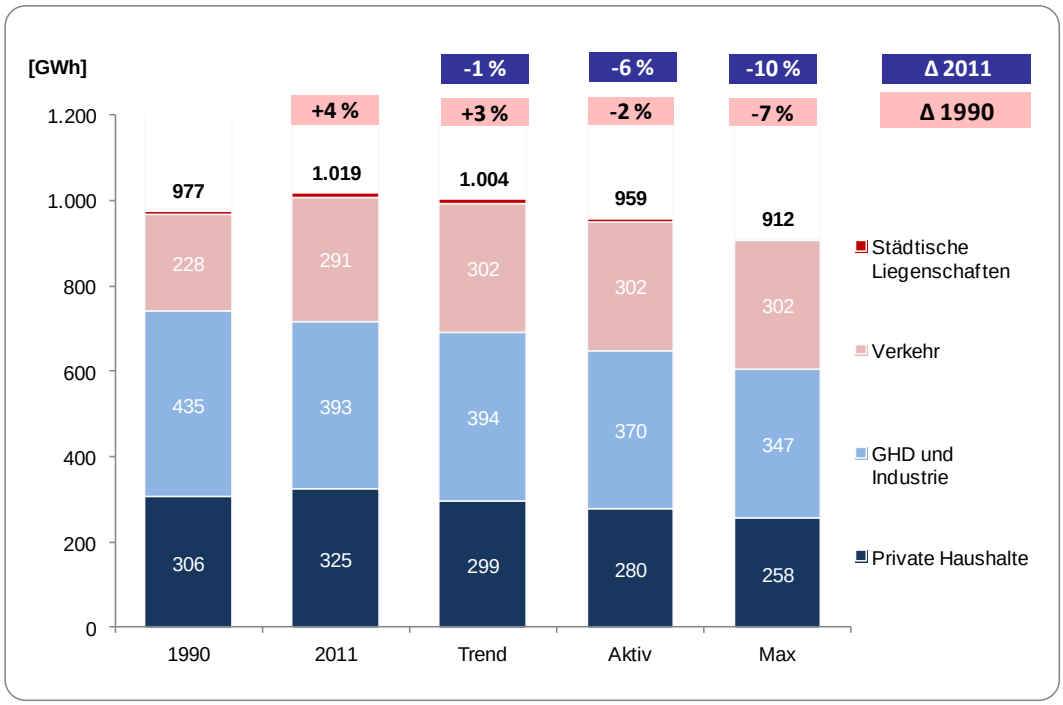


Abbildung 4 ***Endenergieverbrauch nach Sektoren und Szenarien***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Werden zusätzlich zu den Maßnahmen zur Energieeinsparung auch der Ausbau der Erzeugung erneuerbarer Energien sowie die überregionalen Tendenzen beim Energieträgereinsatz in der Bilanz berücksichtigt, ergeben sich bis 2023 noch beträchtliche Potenziale zur **Verminderung der CO_2-Emissionen**, wie in Abbildung 5 sichtbar wird. Es wird damit deutlich, dass die Kombination aus der Energieeinsparung und der gleichzeitigen schrittweisen Umstellung zu erneuerbaren Energieträger eine erhebliche Auswirkung auf die CO_2-Bilanz haben wird.

Bei einer Betrachtung pro Kopf wird durch die Umsetzung der untersuchten Maßnahmen eine deutliche Reduzierung der jährlichen spezifischen CO_2-Emissionen je Einwohner bis zum Jahr 2023 gegenüber dem Basisjahr 2011 erreicht.

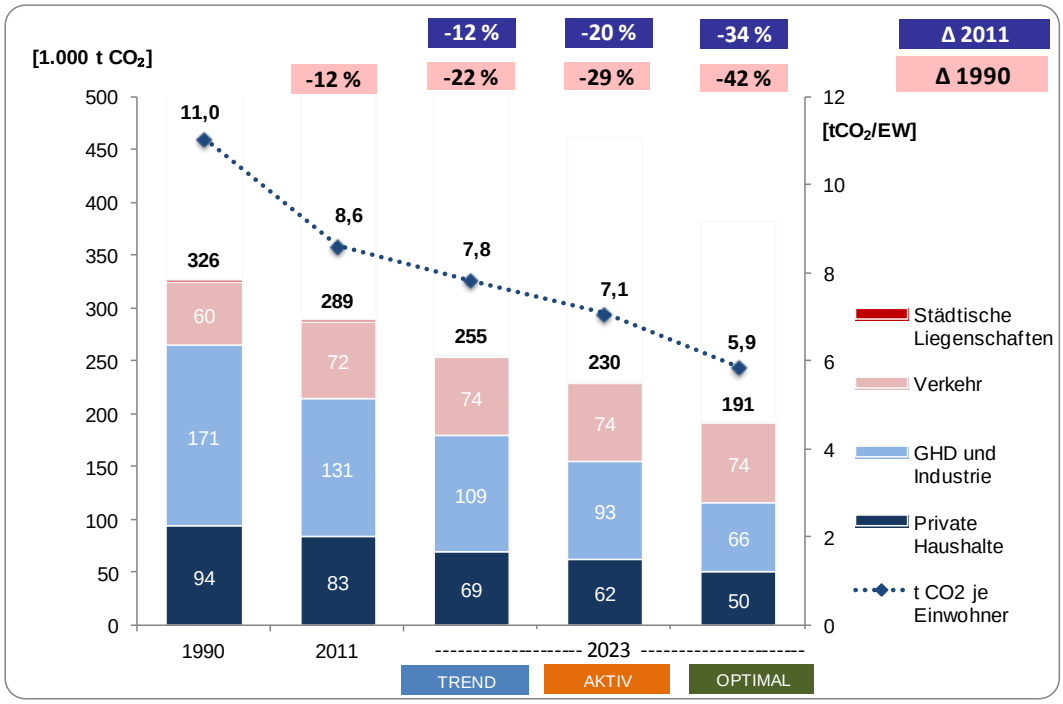


Abbildung 5 ***CO_2-Bilanz nach Sektoren und je Einwohner in den Szenarien***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen

Die dargestellten Maßnahmen führen zwar zu Energieeinsparungen, kosten zunächst jedoch Geld. Der **Investitionsbedarf** wurde dazu anhand üblicher Kennwerte abgeschätzt. Die meisten Kosten entfallen auf die privaten Haushalte und deren Wohngebäude, an zweiter Stelle folgt die Wirtschaft. Die Gesamtsumme von 281 Mio. Euro, die für das Aktiv-Szenario im Zeitraum von 2012 bis 2023 benötigt wird (Abbildung 6), erscheint sehr hoch, allerdings steht diesen Investitionen nicht nur ein Umweltnutzen gegenüber, sondern auch eine große Chance für die örtliche Wertschöpfung und insbesondere die Perspektive auf Energiekosten-Einsparungen. Bereits im Trend-Szenario darf mit Investitionen von 156 Mio. Euro, verteilt über 12 Jahre, gerechnet werden. Um diesen Betrag in etwa zu verdoppeln (Aktiv-Szenario) oder mehr als zu verdreifachen (Optimal-Szenario), sind natürlich erhebliche Anstrengungen erforderlich. Die **Umsetzung** der beschriebenen Maßnahmen kann nicht als Selbstläufer angesehen werden, sondern erfordert ein abgestimmtes Vorgehen vieler Akteure vor Ort.

Die Umsetzung der Maßnahmen in den Szenarien führt zu Einsparungen der Energiekosten. Es kann dabei aber nicht pauschalisiert werden, welche Maßnahme zu welcher Energiekosteneinsparung führt und nach wie vielen Jahren sich die Maßnahmen amortisieren. Beispielsweise ist die energetische Sanierung der Gebäudehülle bei Gebäuden mit hohem Energieverbrauch durchaus wirtschaftlich. Wird in einem Gebäude aber ohnehin wenig Energie verbraucht, so ist auch die Energiekosteneinsparung durch eine Sanierung gering, eine Amortisation ist demnach auch oft nach mehreren Jahrzehnten nicht absehbar. Die Energiekosteneinsparung und demnach auch die Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen ist abhängig vom konkreten Fall. Im Rahmen dieser Studie wird davon aus-

gegangen, dass alle Maßnahmen im Aktiv-Szenario sowohl technisch als auch wirtschaftlich umsetzbar sind. Die wirtschaftliche Umsetzbarkeit der betrachteten Maßnahmen im Optimal-Szenario ist gegenwärtig jedoch nicht immer gewährleistet.

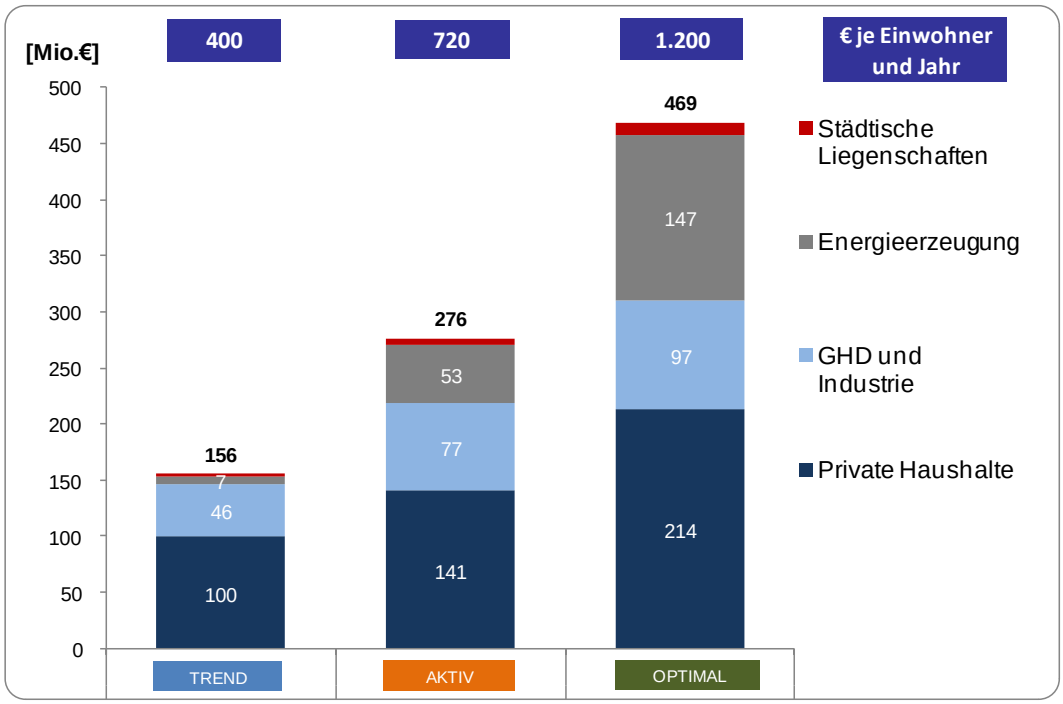


Abbildung 6 ***Abschätzung der Investitionskosten nach Sektoren und Szenarien bis 2023***
Berechnungen: IE Leipzig

Als Unterstützung für den Umsetzungsprozess befindet sich in Kapitel 6.2 ein **Instrumentenkatalog** mit Vorschlägen für Instrumente, mit denen die Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen gefördert werden kann. Der Katalog ist nicht abschließend, so dass weitere Instrumente vor Ort noch entwickelt werden können.

2 EINLEITUNG

Die Bundesregierung hat mit ihrem Integrierten Energie- und Klimaprogramm [IEKP 2007] sowie mit ihrem Energiekonzept [BMWi & BMU 2010] die Ziele festgelegt, die auf nationaler Ebene mit Blick auf die Energieversorgung und den Klimaschutz erreicht werden sollen. Die Zielerreichung der nationalen Vorgaben muss auf kommunaler und regionaler Ebene durch konkrete Maßnahmen unterstützt werden.

Die Thüga AG als Teil des größten kommunalen Netzwerkes im Bereich der Energieversorgung will den lokalen Weg ihrer Partnerunternehmen zu einer nachhaltigen Energieversorgung unterstützen und begleiten. Die Energieversorgung Limburg GmbH (EVL) hat die Leipziger Institut für Energie GmbH mit der Erstellung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Limburg beauftragt. Übergeordnete Ziele der Partner sind positive Entwicklungen in den Bereichen Energieverbrauch und CO_2-Emissionen.

2.1 Klimaschutzziele

Ziele der Bundesrepublik Deutschland (Bundesregierung)

Die Begrenzung des Anstiegs der globalen Durchschnittstemperatur auf weniger als 2 °C über dem vorindustriellen Niveau bis Ende des 21. Jahrhundert steht im Mittelpunkt der klimapolitischen Zielsetzungen der Bundesregierung. Grundlage dieser Strategie ist der letzte Zwischenbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC). In Abhängigkeit von der Entwicklung der anthropogenen Emissionen wird darin von einer Erwärmung in Deutschland um 0,5 °C bis 1,5 °C im Zeitraum von 2021 bis 2050 und um 1,5 °C bis 3,5 °C im Zeitraum von 2071 bis 2100 ausgegangen [BMU 2008]. In Anbetracht des durch die Menschen verursachten Klimawandels hat die **Bundesregierung** daraus das Ziel abgeleitet, bis 2020 die CO_2-Emissionen um 40% gegenüber dem Jahr 1990 und bis 2050 um mindestens 80% zu verringern. Dies ist die Messlatte für einen Großteil der derzeitigen energiepolitischen Entscheidungen in Deutschland [BMU 2008]. Im Jahr 2011 lagen die CO_2-Emissionen Deutschlands um 23,4 % niedriger als 1990 [UBA 2011].

Entsprechend dem Energiekonzept der Bundesregierung ergibt sich folgender Entwicklungspfad zur Minderung der Treibhausgasemissionen [BMWi & BMU 2010]:

- 55% bis 2030,
- 70% bis 2040 und
- 80% bis 95% bis zum Jahr 2050.

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 Klimaschutzprogramm" [IEKP 2007] sowie im Energiekonzept der Bundesregierung vom 28. September 2010 [BMWi & BMU 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. 2011 waren 12,1 % erreicht [BMU 2012].
- 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. 2011 waren 20,5 % am Bruttostromverbrauch erreicht [BMU 2012]
- Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeversorgung soll bis zum Jahr 2020 zunächst auf 14% wachsen. 2011 waren 10,4 % erreicht [BMU 2012].

Ziele des Bundeslandes Hessen (Landesregierung)

Für das Land Hessen lag im Zeitraum der Projektbearbeitung kein aktuelles landeseigenes Energiekonzept vor, lediglich das „Klimaschutzkonzept Hessen 2012“ von 2007 [HMU 2007] sowie der Bericht des Energie-Forums Hessen 2020, der 2010 Ziele und Eckpunkte für die Bereiche Energieeffizienz und „Erneuerbare Energien“ formulierte [HMUELV 2010]. Im letzteren Dokument wurden u. a. folgende Ziele formuliert:

- Der Endenergieverbrauch soll bis 2020 um 21 % gegenüber 2006 gesenkt werden (von ca. 133 TWh auf ca. 105 TWh im Jahr).
- Die erneuerbaren Energien sollen im Jahr 2020 einen Deckungsgrad des Endenergieverbrauchs (ohne Verkehr) von 20 % erreichen (ca. 21 TWh, 2006 waren es erst ca. 7 TWh), dieser soll bis zum Jahr 2050 auf 100 % gesteigert werden. Für einzelne Energieträger wurden dabei folgende Teilziele definiert:
    - Biomasse: 9,5 TWh/a (2006: 5,31 TWh Wärme und 0,56 TWh Strom)
    - Windenergie: 7 TWh/a (2006: 0,58 TWh Strom)
    - Solarenergie: 3 TWh/a (2006: 0,14 TWh Wärme und 0,11 TWh Strom)
    - Geothermie (einschl. Wärmepumpen): 1 TWh/a (2006: 0,1 TWh Wärme)
    - Wasserkraft: 0,5 TWh/a (2006: 0,39 TWh Strom)

Zugleich wird im Dokument darauf hingewiesen, dass „[…] die Energiepolitik auf der Ebene eines Bundeslandes wie Hessen nicht ohne die energiepolitischen Vorgaben der EU und des Bundes zu denken […]“ ist [HMUELV 2010].

Ziele für den Landkreis Limburg-Weilburg

Die Ausbauziele des Landes Hessen erfordern im Landkreis Limburg-Weilburg eine enorme Anstrengung beim Ausbau der erneuerbaren Energien [Landkreis Limburg-Weilburg 2011]. Folgende Ziele zur Energieerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen ergeben sich aus den Vorgaben des Landes Hessen umgerechnet auf den Landkreis für das Jahr 2020:

- Biomasse: 270 GWh/a

- Windenergie: 200 GWh/a
- Solarenergie: 85 GWh/a
- Geothermie: 28 GWh/a
- Wasserkraft: 14 GWh/a

2.2 Die Stadt Limburg

Die Stadt **Limburg** mit ihren rund 33.600 Einwohnern ist Kreisstadt des Landkreises Limburg-Weilburg in Hessen in direkter Lage zur Landesgrenze Rheinland-Pfalz. Nach hessischer Landesplanung erfüllt Limburg die Funktion eines Mittelzentrums mit oberzentraler Teilfunktion und bildet zusammen mit der angrenzenden, rheinland-pfälzischen Stadt Diez ein länderübergreifendes Doppelzentrum. Die Stadt ist überregional durch das gleichnamige Bistum mit seiner Kathedralkirche, dem spätromanischen Dom St. Georg, bekannt. Die Autobahn A 3, die ICE-Strecke Köln-Rhein/Main sowie die Bundesstraßen B 49, B 54 und B 8 durchqueren das Stadtgebiet von Limburg und prägen somit die Verkehrssituation der Stadt als Verkehrsknotenpunkt. Naturräumlich betrachtet liegt das Limburger Becken zwischen Eifel und Westerwald im Norden sowie Hunsrück und Taunus im Süden. In der naturräumlichen Gliederung Hessens wird Limburg dem Gießen-Koblenzer-Lahntal zugeordnet.

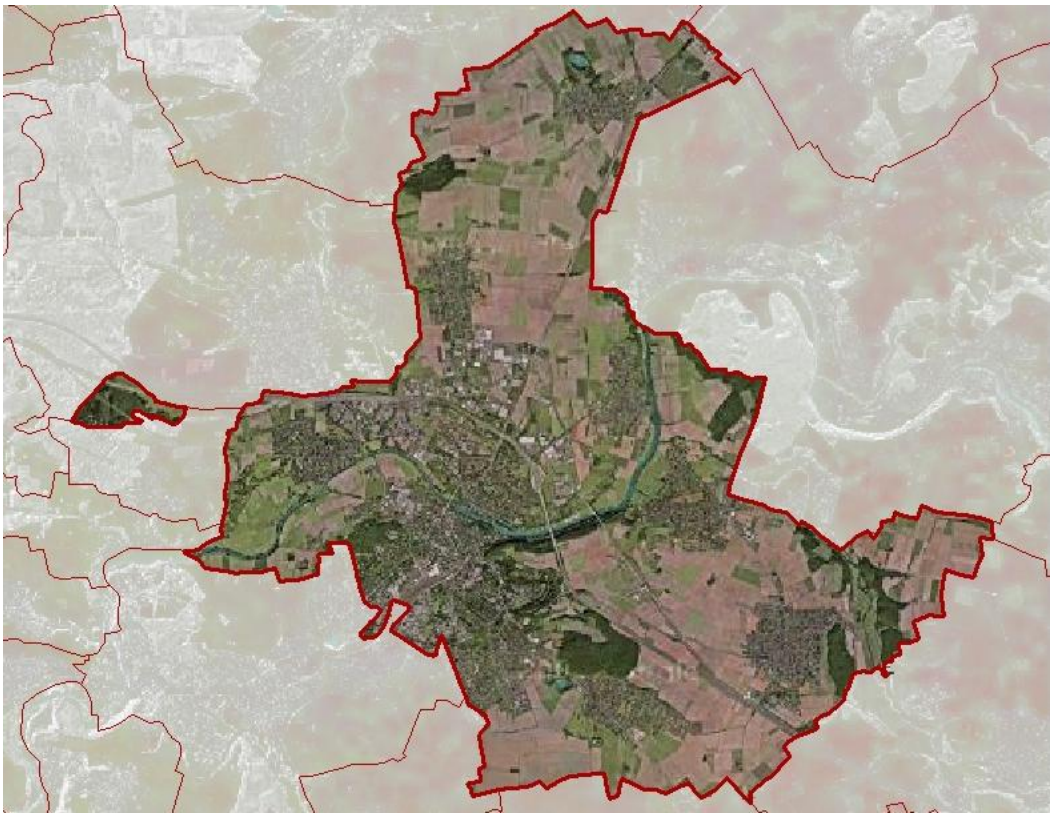


Abbildung 7 ***Satellitenbild mit Gemarkungsgrenzen von Limburg***
Quelle: Google Earth, Bearbeitung: IE Leipzig

Bisherige Klimaschutzaktivitäten der Stadt Limburg

Bereits seit dem Jahr 1992 ist Limburg Mitglied im Klima-Bündnis. Dieser Verein gründete sich im Jahr 1990 und ist ein europäisches Netzwerk von Städten, Gemeinden und Landkreisen, welche sich verpflichtet haben, das Weltklima zu schützen. Die volle Bezeichnung des Vereins lautet „Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder e.V.“ Aus 18 europäischen Ländern setzen sich mehr als 1.600 Mitgliedskommunen für die Reduktion der Treibhausgas-Emissionen vor Ort ein, Bündnispartner sind die indigenen Völker der Regenwälder. Mit dem Beitritt in das Klima-Bündnis verpflichten sich die Städte und Gemeinden **freiwillig**:

- zur Reduktion der CO_2-Emissionen um 10 Prozent alle 5 Jahre
- zur Halbierung der Pro-Kopf-Emissionen bis spätestens 2030 (Basis 1990)
- zum Schutz der tropischen Regenwälder durch Verzicht auf Tropenholznutzung sowie
- zur Unterstützung von Projekten und Initiativen der indigenen Partner.

Die Stadt Limburg hat seit dem Beitritt zum Klima-Bündnis verschiedenste Klimaschutzaktivitäten durchgeführt:

- Verkehrskonzepte
- Ausbau des Fahrradwegenetzes
- Mehrmalige Angebotserweiterung im ÖPNV durch die Stadt Limburg u.a. durch vier eigenfinanzierte Linien sowie Angebotszubestellungen bei der VLDW und dem RMV
- Hohe Investitionen im zweistelligen Millionenbereich in das Umfeld des ICE-Bahnhofes, die den Haltepunkt Limburg Süd gerade auch für Pendler der Region bis heute gesichert haben
- Zeitweise Förderung von Job-Tickets
- Teilnahme an der Aktion „Autofreier Tag“
- Förderung durch einen Mitgliedsbeitrag zum Klima-Bündnis
- Förderprogramme zur Energieeinsparung
- Renaturierungsprogramme
- Realisierung einer modernen Holzhackschnitzelanlage auf dem städtischen Betriebshof zur energetischen Verwertung von Abfallholz
- Möglichst Ersatz alter Fahrzeuge des städtischen Fuhrparks durch energiesparende Fahrzeuge
- Verzicht auf Tropenholz
- Luftreinhalteplan
- Unterstützung des Kampfes der Indigenen gegen die Ölförderung per „Ölkunstaktion“
- Große Regenwaldausstellung im Jahr 2006
- „Projekt Grün“ (Bilderankauf zugunsten der indigenen Völker, Unterstützung von Hilfsprojekten)
- Ausrichtung des Umweltpreises mit Zielsetzung der CO_2-Einsparung
- Altlastensanierung, Oberflächenabdichtung von Deponien
- Beauftragung Energie- und Klimaschutzkonzept 2013

Mit dem vorliegenden Energie- und Klimaschutzkonzept strebt die Stadt Limburg eine weitere, über den Trend hinausgehende, Reduzierung der CO_2-Emissionen im nächsten Jahrzehnt an und beabsichtigt somit seine Klimaschutzaktivitäten zu steigern.

2.3 Grundsätzliche Vorgehensweise

Die Erstellung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes erfolgte in drei Projektphasen und neun Projektmodulen, die im Überblick in der Abbildung 8 dargestellt sind.

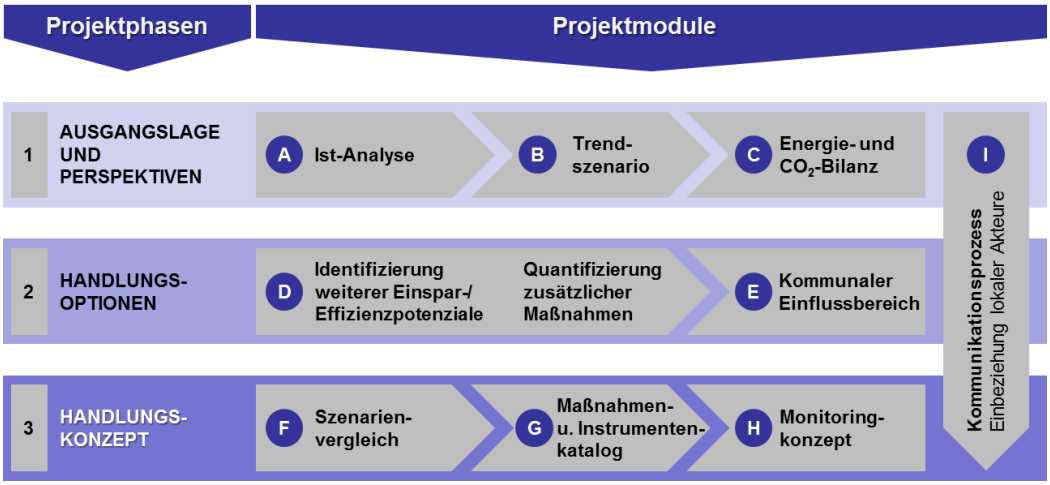


Abbildung 8 ***Projektstruktur zur Erarbeitung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes***
Quelle: IE Leipzig

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

Zur Erstellung der Energiebilanz war zunächst der Energieverbrauch anhand von Kennzahlen für die Sektoren Private Haushalte, stadteigene Liegenschaften, Verkehr, Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) zu ermitteln. Die Ergebnisse wurden anschließend mit verfügbaren realen Verbrauchsdaten der EVL abgeglichen. Die Bilanzierung erfolgte für die Jahre von 1990 bis 2011. Die weitere Entwicklung von Energieverbrauch und Energieerzeugung wurde unter Berücksichtigung struktureller Einflussfaktoren wie Demographie und Wirtschaft in einem Trend-Szenario (weitestgehend unveränderte Rahmenbedingungen) bis 2023 abgeschätzt.

In der **zweiten Projektphase** wurden zunächst für die einzelnen Verbrauchssektoren Einspar- und Effizienzpotenziale beim Energieverbrauch aufgezeigt und hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit bewertet. Hieran schließen sich Optionen einer veränderten Energiebereitstellung an. Unter Beachtung vorhandener Restriktionen werden darüber hinaus Möglichkeiten für den weiteren Ausbau der Bereitstellung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien diskutiert. Aus diesen erschließbaren Energieeffizienz- und Erneuerbaren-Energie-Potenzialen leitet sich das Potenzial zur CO_2-Reduzierung ab.

Ausgehend vom Trend-Szenario wurden dann zwei weitere Szenarien entwickelt: Im Aktiv-Szenario wurden jene Maßnahmen berücksichtigt, die über das Trend-Szenario hin-

ausgehen und zu erhöhten Energie- und CO_2-Einsparungen beitragen, dabei aber unter praktischen und betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten realistische Umsetzungschancen haben. Für das Optimal-Szenario wurden solche Maßnahmen ausgewählt, deren Umsetzung ein sehr ambitioniertes energie- und klimapolitisches Handeln erfordern, und deren Wirtschaftlichkeit aus heutiger Sicht nicht immer gesichert ist.

In der **dritten Projektphase** wurde dann ein konkretes Handlungskonzept entwickelt, das die spezifische Situation berücksichtigt und die dort vorhandenen Aktivitätspotenziale der lokalen Akteure für eine über das Trend-Szenario hinausgehende Entwicklung nutzt. Diese Projektphase bestand aus drei Projektmodulen, in denen zunächst aufbauend auf einem Szenarienvergleich ein konkreter Maßnahmen-/Handlungskatalog entwickelt und abschließend für die weitere Umsetzungskontrolle ein Monitoringkonzept dargestellt wird.

Der während der Erarbeitung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes stattgefundene Kommunikationsprozess bestand aus drei Elementen:

- Interne Kommunikation im Projektteam (5 Projektteamsitzungen)
- Externe Kommunikation (Workshops am 11.04.2013 und am 11.09.2013 sowie Bürgerversammlungen am 14.02.2013 und am 11.09.2013)

Die interne Kommunikation erfolgte arbeitsbegleitend zu den einzelnen Projektmodulen und bezog die an der inhaltlichen Bearbeitung beteiligten Akteure in den Projektteamsitzungen mit ein. Abbildung 9 zeigt den Aufbau des Projektteams, der Projektleitung sowie des Lenkungskreises.

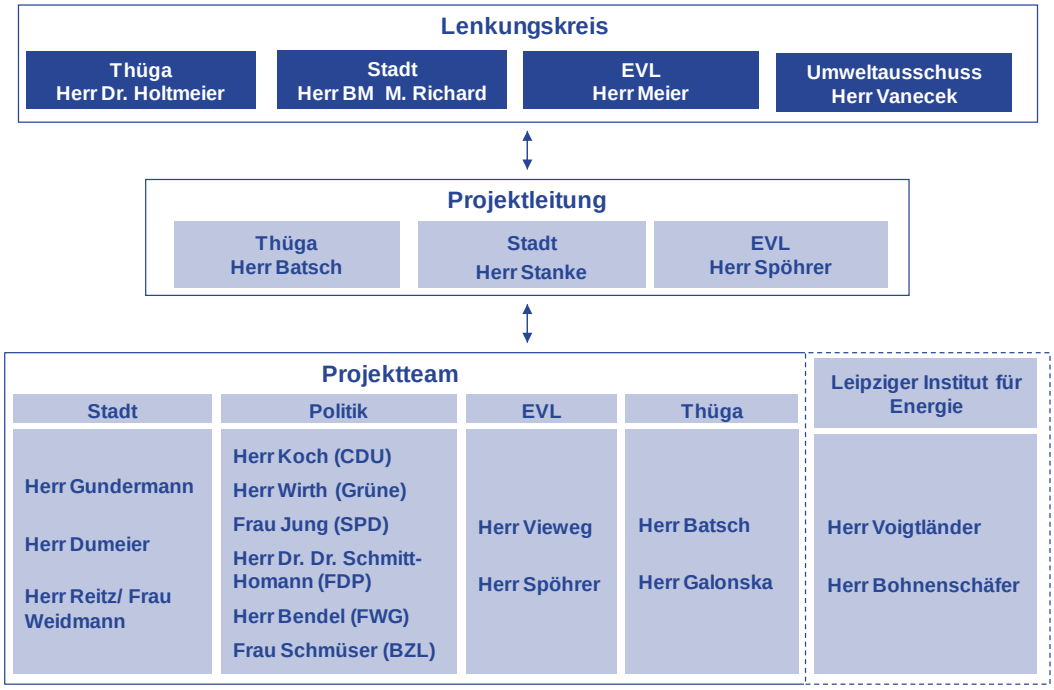


Abbildung 9 ***Mitglieder im Projektteam sowie organisatorischer Aufbau zur Erarbeitung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes***
Darstellung: IE Leipzig

3 AUSGANGSLAGE UND TREND BIS 2023

Die Grundlage für Energiekonzepte ist eine Analyse der energetischen und emissionsbezogenen IST-Situation. Dabei ist die Bestandsaufnahme mit den grundlegenden Fragestellungen „Wo stehen wir?“ und „Was haben wir bisher erreicht?“ essentiell, um weitergehende Handlungsstrategien benennen und bewerten zu können.

Um die bisherige Entwicklung des gesamten Energiesystems der Stadt Limburg beschreiben zu können, wurde für die Jahre 1990 bis 2011 eine Energie- und CO_2-Bilanz erstellt. Das Trend-Szenario baut durch eine Fortschreibung der Bilanz bis zum Jahr 2023 darauf auf.

3.1 Bilanzierungsmethodik

Zur Ermittlung des **Energieverbrauchs** für die leitungsgebundenen Energieträger wurden Daten zum Strom- und Gasabsatz im Bilanzgebiet von 1990 bis 2011 seitens der Energieversorgung Limburg (EVL) zur Verfügung gestellt.

Neben den leitungsgebundenen Energieträgern Strom und Erdgas sind auch andere Energieträger wie Festbrennstoffe (u. a. Kohle, Holz, Pellets), erneuerbare Energien (u. a. Solarthermie, Geothermie, Photovoltaik), Heizöl sowie Kraftstoffe von Bedeutung, für die aufgrund fehlender statistischer Datenerhebung oft nur unzureichende stadtspezifische Daten vorliegen. Für diese nicht leitungsgebundenen Energieträger wurden anhand von Indikatoren sowie aus Angaben zu vergebenen Fördermitteln sektorenspezifische Verbräuche berechnet.

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. Jedoch kommt der Eigenerzeugung von Strom – bezogen auf den Gesamtverbrauch der Stadt - im Betrachtungszeitraum bis 2011 nur eine geringe Bedeutung zu. Die Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern beschränkt sich auf die Produktion von Strom als Koppelprodukt bei der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen. Die Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger (bis 2012: Photovoltaik, Wasserkraft, Biomasse, Klärgas, Windenergie) wurde aus EEG-Daten erfasst und im Bilanzmodell mit berücksichtigt.

Die Bilanzierung der Klimagasemissionen bezieht sich ausschließlich auf die CO_2-Emissionen, die durch den Energieeinsatz in den Verbrauchsbereichen freigesetzt werden (energiebedingte CO_2-Emissionen). Vorgelagerte Prozesse im Sinne einer Lebensweganalyse (Ökobilanzierung) wurden nicht betrachtet. Für fossile Energieträger wurden die CO_2-Emissionsfaktoren verwendet, wie sie vom Umweltbundesamt veröffentlicht wurden. Für die Bestimmung der CO_2-Emissionen des Stromverbrauchs dienen die lokale Stromerzeugung[1] in Limburg und die spezifischen Emissionsfaktoren des deutschen

[1] Gemeint ist die Stromerzeugung auf Basis fossiler Energieträger als Koppelprodukt bei der Wärmeerzeugung. Die lokale Stromerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger und deren CO_2-Minderungspotenzial ist in der Studie getrennt ausgewiesen.

Strommixes[2]. Im Modell wurden für die einzelnen Verbrauchssektoren die temperaturbereinigten CO_2-Emissionen für das Basisjahr 1990 in einer Zeitreihe bis 2011 berechnet und dargestellt; dies gilt auch für die Angaben in den Szenarien bis 2023.

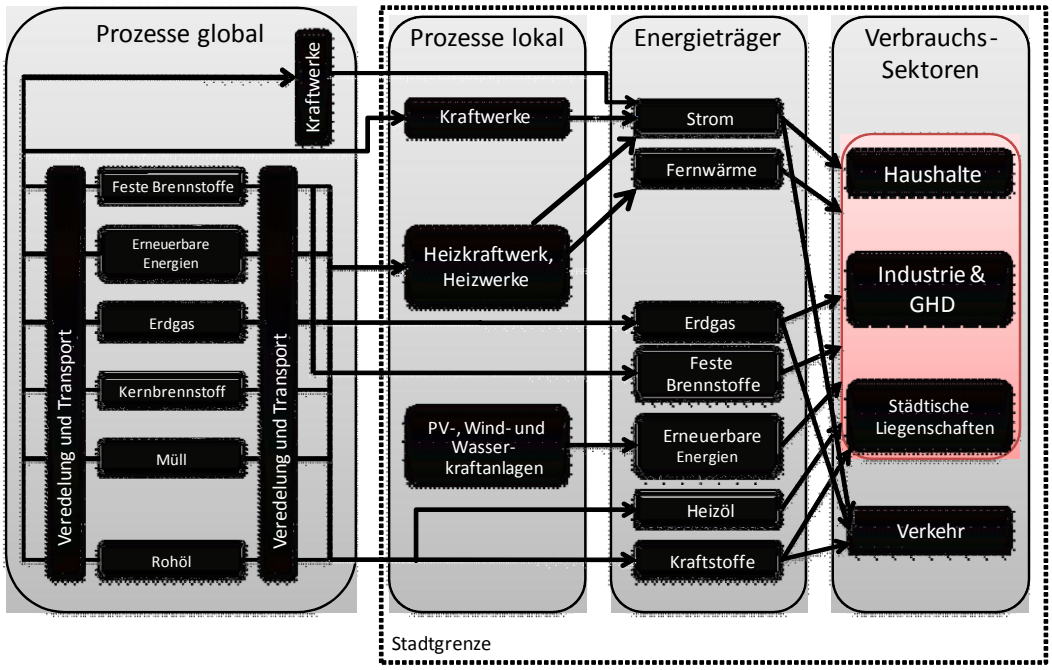


Abbildung 10 ***Energieflussschema eines Bilanzierungsraumes***
Quelle: IE Leipzig

3.2 Sektor Energieerzeugung

Die Stromerzeugung in Limburg stellt sich wie folgt dar (Abbildung 11 und Abbildung 12):

Innerhalb der Stadtgrenzen Limburgs wurden im Jahr 2011 rund 19.400 MWh Strom erzeugt. Der größte Teil davon entfiel auf dezentrale Erzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung (rund 6.700 MWh). Die weitere Erzeugung teilt sich auf Photovoltaik (rund 4.300 MWh), Biomasse (rund 2.000 MWh), Wasserkraft (rund 1.300 MWh), Windenergie (rund 1.500 MWh), Klärgas (rund 400 MWh) sowie Beteiligungen der EVL an der Thüga Erneuerbare Energien GmbH Co. KG., welche vorwiegend in Windenergie-Projekte investiert, auf. Der Anteil der Erzeugung, welcher Limburg im Jahr 2011 zugerechnet werden kann, lag bei rund 3.200 MWh. Im Trend bis zum Jahr 2023 wird die Eigenerzeugung im Bilanzierungsraum auf rund 26.000 MWh/a steigen. Der größte Zuwachs wird im Bereich der Stromerzeugung aus Photovoltaik erwartet. Der Anteil des im Bilanzierungsraum erzeugten Stroms am Gesamtstromverbrauch wird sich im Trend von 9 % auf gut

[2] Die nationale Ebene des Strommarktes für den Strombezug wird deshalb gewählt, weil sich hier das Großhandelsgeschehen abspielt und die Auswertung des Bezugsportfolios der örtlich aktiven Energieversorger schon aufgrund der Vielzahl der Stromanbieter als nicht praktikabel erachtet wurde. Ähnlich gelagerte Studien verfahren ebenfalls nach dem hier gewählten Ansatz.

12 % erhöhen. Das heißt, dass auch im Jahr 2023 noch rund 88 % des Strombedarfs über Stromimporte gedeckt werden müssen.

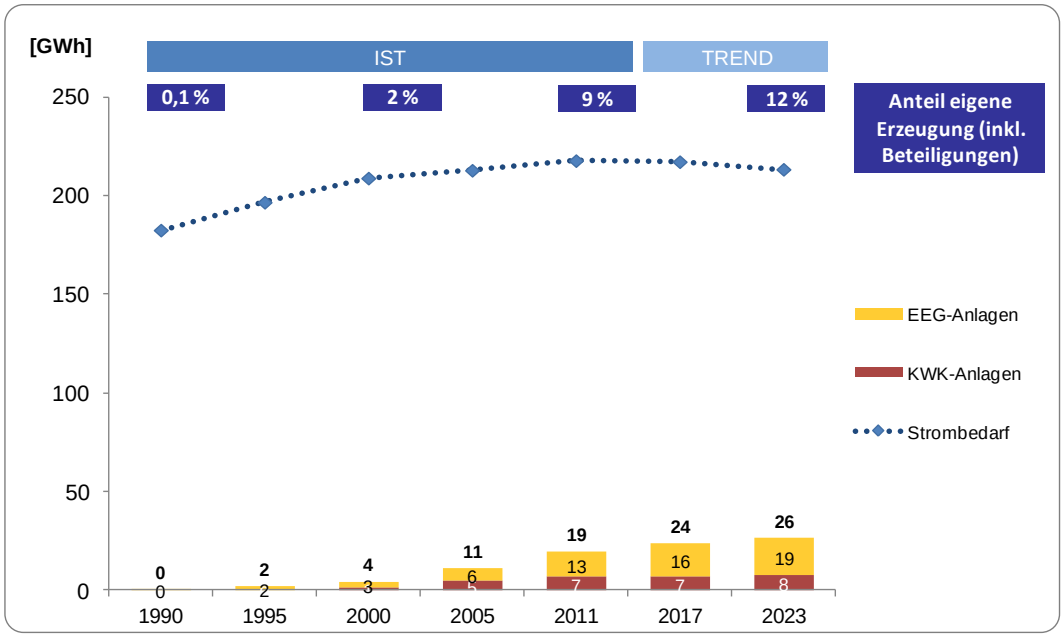


Abbildung 11 ***Eigenerzeugung (Strom) und Strombedarf in Limburg***
Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

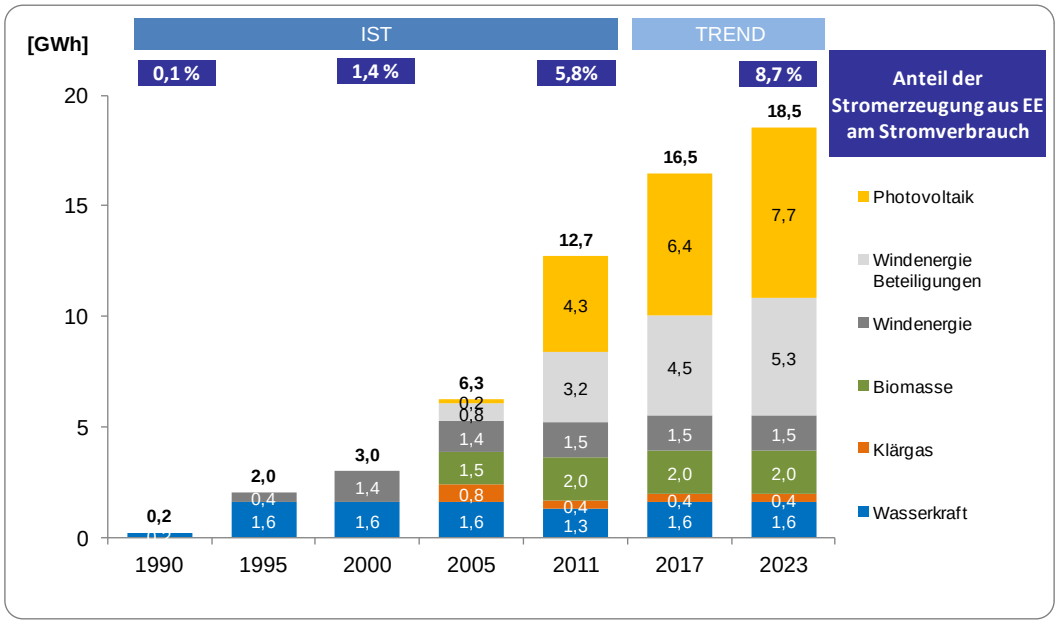


Abbildung 12 ***Anteil der Energieerzeugung aus regenerativen Energiequellen***
Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

3.3 Sektor Private Haushalte

3.3.1 Datengrundlagen

Zur Ermittlung des Endenergiebedarfs und den daraus resultierenden CO_2-Emissionen im Wohnungsbestand wurden Raumwärmebereitstellung, Warmwasserbereitung, Nahrungszubereitung und Strombedarf für Elektrogeräte (einschließlich Beleuchtung) betrachtet.

Dafür wurden folgende Detailinformationen benötigt, die teilweise vollständig als Daten vorlagen, oder indirekt ermittelt bzw. abgeschätzt werden mussten:

- Strukturdaten

  Bevölkerungszahl, Bevölkerungsprognose, Anzahl der bewohnten Wohnungen und der zugehörigen Wohnfläche nach Gebäudeart (Ein-/Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser), nach Gebäudealter und nach Heizungssystem

- Kennwerte

  Typische Nutzungsgrade von Heizungssystemen, spezifischer Raumwärmebedarf von Gebäuden nach Gebäudeart und Baualtersklasse, durchschnittlicher Warmwasserbedarf, Ausstattungsgrad der Haushalte mit Elektrogeräten und typische Energieverbräuche von Haushaltsgeräten

Die Bevölkerungsanzahl Limburgs ist bis zum Jahr 2005 deutlich angestiegen, danach ist sie rückläufig. Für die Bevölkerungsentwicklung im Trend-Szenario wurde auf die Bevölkerungsprognose der Hessen Agentur zurückgegriffen. Diese Prognose erwartet bis zum Jahr 2023 einen Rückgang des Bevölkerungsstandes von 33.544 Einwohnern im Jahr 2011 auf etwa 32.490 Einwohner (Abbildung 13).

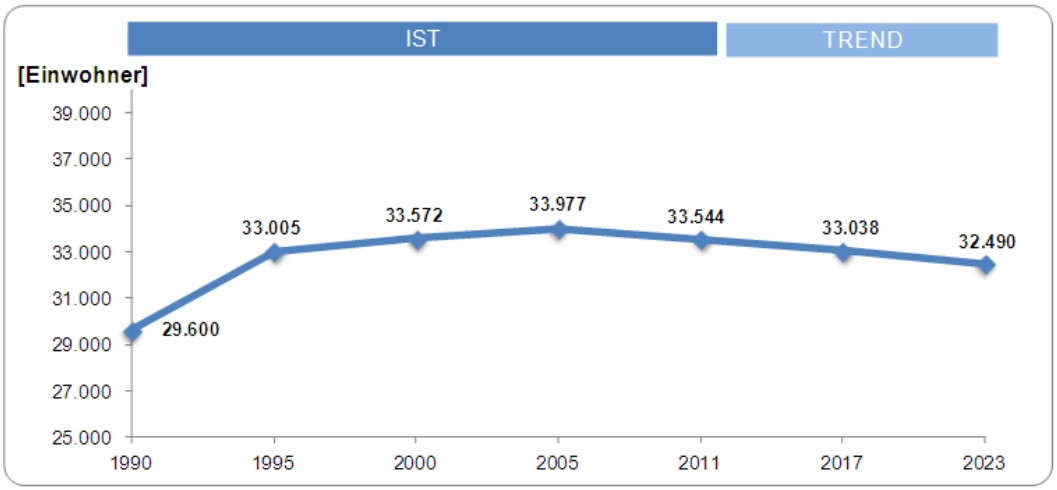


Abbildung 13 ***Bevölkerungsentwicklung der Stadt Limburg***
Quelle: [StaLa Hessen 2013; Hessen Agentur 2011]; Darstellung: IE Leipzig

Der Wohnungsbestand im Zeitraum von 1990 bis 2011 stützt sich auf die Angaben des statistischen Landesamtes Hessen. Anhand eines seitens des IE Leipzig abgeschätzten

Leerstands werden die Wohneinheiten (WE) auf die energiewirksamen (bewohnten) Wohneinheiten reduziert.

Die Wohnungsbedarfsprognose für die Jahre 2012 bis 2023 basiert auf der erwarteten Einwohnerzahl. Die Entwicklung der Wohnflächen von 1990 bis 2011 sowie im Trend 2023 ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 ***Datengrundlagen für die Wohnungsbedarfsprognose 2023***
Quelle: [StaLA Hessen 2013]; Berechnungen IE Leipzig

	IST			TREND
	1990	**2000**	**2011**	**2023**
Einwohner	29.600	33.572	33.544	32.490
Einwohner je Wohneinheit	2,4	2,2	2,0	1,8
Wohnfläche je Einwohner in m²	40	42	47	51
Wohneinheiten	12.200	15.000	16.600	17.500
Wohnfläche in 100 m²	11.600	14.050	15.700	16.600

Essentiell für die Ermittlung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte ist die Kenntnis über die Baualtersstruktur der Wohngebäude (Abbildung 14). Eine Unterteilung des Wohnungsbestandes nach Baualtersklassen erfolgte auf Basis der Fortschreibung der statistischen Daten der Gebäudewohnungszählung 1987 und der Baufertigstellungen in Limburg [StaLA Hessen 2012].

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 1987 [StaLA Hessen 2012],
- Auswertung des Erdgasabsatzes im Sektor Private Haushalte [EVL 2013],
- der Anlagenzahlen von Biomassekesseln für die Jahre 2001 bis 2011 [Biomasseatlas 2013],
- der Anlagenzahlen von Solarthermieanlagen für die Jahre 2001 bis 2011 [Solaratlas 2013] sowie
- der Stromabsatzdaten für Wärmepumpen im Wärmepumpentarif und Nachtspeicherheizungen [EVL 2013]

bestimmt und im Trend-Szenario fortgeschrieben.

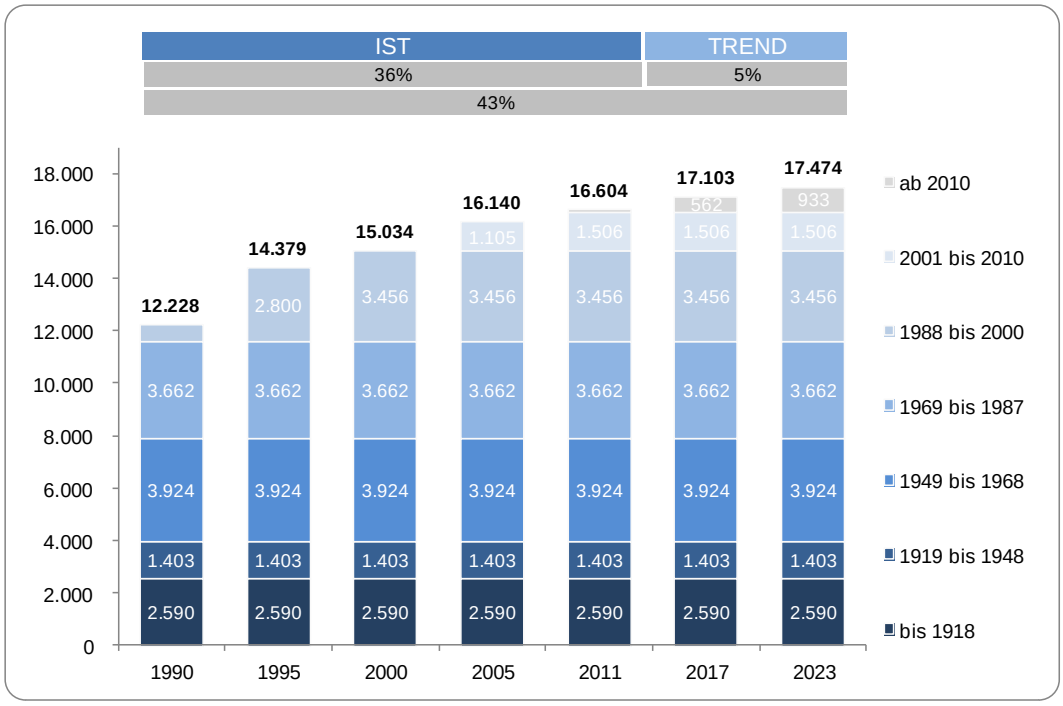


Abbildung 14 ***Baualtersstruktur der Wohngebäude in Limburg***
Quelle: [StaLA Hessen 2012] [StaLA Hessen 2013]; Berechnungen IE Leipzig

Die für die Warmwasserbereitung benötigte Energie wird auf Basis des Pro-Kopf-Verbrauchs und der Heizungsstruktur analog zum Raumwärmebedarf über Deckungsanteile monovalenter und bivalenter Systeme ermittelt.

Der Endenergieverbrauch aus der Nahrungszubereitung, der Beleuchtung und dem Stromverbrauch der Elektrogeräte wurde über die Ausstattungsbestände mit Haushaltsgeräten und deren spezifischem Verbrauch, welcher durch technische Weiterentwicklungen immer mehr sinkt, abgebildet. Datengrundlage ist die Studie [Öko-Institut & Prognos 2009], welche durch eigene Berechnungen und Abschätzungen erweitert wurde.

3.3.2 Entwicklung des Energieverbrauchs

Im Analysezeitraum von 1990 bis 2011 ist der Endenergiebedarf der Haushalte um 6 % von 306 GWh auf 325 GWh gestiegen. Dies ist insbesondere auf die deutlich gestiegene Einwohnerzahl und damit verbundene Verbrauchssteigerungen bei Elektrogeräten und beim Warmwasser zurückzuführen. Der Raumwärmebedarf ist bis zur Jahrtausendwende deutlich angestiegen, danach aber vorwiegend aufgrund von Sanierungsmaßnahmen der Gebäude sowie der Verbesserung der Heizungstechnik wieder auf etwa das Niveau von 1990 gesunken (Abbildung 15). Dieser Trend setzt sich bis 2023 weiter fort, was einen weiteren Rückgang um 8 % bedeutet.

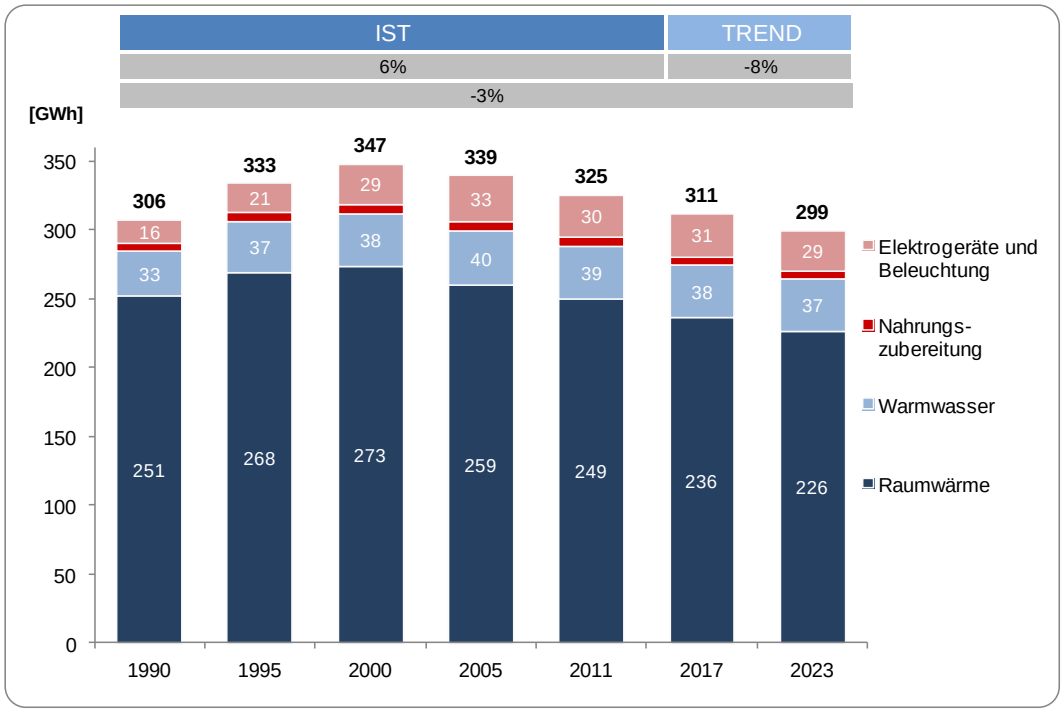


Abbildung 15 ***Energieverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsarten in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Eine Analyse der Verbrauchsstruktur nach Anwendungsbereichen liefert weitere wichtige Informationen zur Aufteilung des endenergetischen Verbrauchs. Vor allem unter Berücksichtigung von späteren Wirkungsabschätzungen der Einsparmaßnahmen sind folgende Aspekte von Bedeutung:

- Beim Endenergieverbrauch der privaten Haushalte überwiegt die Anwendung **Raumwärme**, deren Anteil am Verbrauch im Jahr 2011 bei 77 % lag. Die Potenziale zur Energie- und Emissionsminderung sind daher im Bereich der effizienteren Wärmenutzung sehr hoch.
- Im **Bereich des Stromverbrauchs** ist eine zunehmende Ausstattung mit Elektrogeräten zu beobachten, jedoch werden die Geräte für sich genommen immer energieeffizienter, weshalb der Stromverbrauch von 2011 bis 2023 etwa konstant bleibt.
- Der Energieverbrauch zur **Warmwasserbereitstellung** wird auf Grund der Einwohnerentwicklung bis 2023 um 5 % sinken.

Die Betrachtung der Energieträgerstruktur macht deutlich, dass durch einen verstärkten Ausbau des Erdgasnetzes besonders zu Beginn der 1990er Jahre Heizöl und Kohle an Bedeutung verloren haben. 1990 hatten beide Energieträger zusammen noch einen Anteil von rund 27 % am Energieverbrauch privater Haushalte, im Jahr 2011 hatte Heizöl noch einen Anteil von 7 %. Kohle wurde 2011 nur noch vereinzelt in Einzelöfen als Energieträger eingesetzt. Heute dominiert Erdgas mit einem Anteil von rund 73 %. Bis zum Jahr 2023 wird der Verbrauch der Energieträger Erdgas, Heizöl und Strom durch Einspar- und Sanierungsmaßnahmen weiter sinken. Heizsysteme mit Wärmepumpe, Holz, Kraft-

Wärme-Kopplung und Solarthermie werden trotz steigender Tendenz weiterhin eine untergeordnete Rolle spielen.

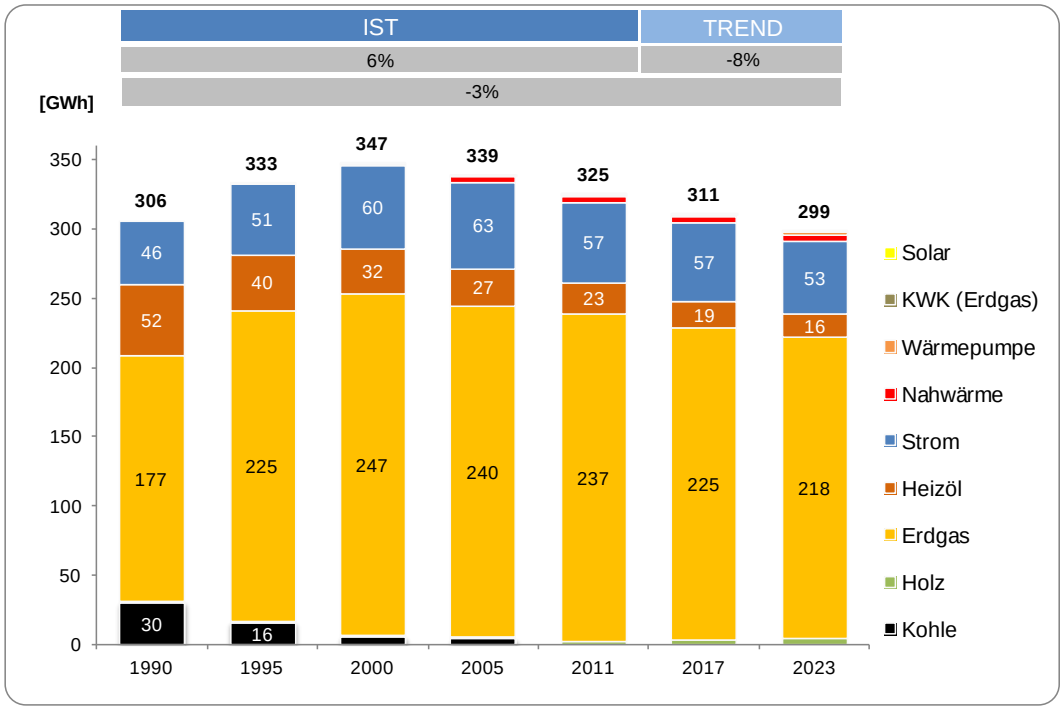


Abbildung 16 ***Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Energieträgern in Limburg***

Quelle: Berechnungen IE Leipzig, Anmerkung: KWK, Wärmepumpen und Solar(thermie) auf Grund der geringen Menge graphisch nicht darstellbar

3.3.3 Entwicklung der CO_2-Emissionen

Die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und dessen Energieträgerstruktur ist stark mit den Veränderungen der CO_2-Emissionen in diesem Sektor verknüpft (Abbildung 17). Im Zeitraum 1990 bis 2011 verminderte sich der CO_2-Ausstoß von etwa 94.000 t CO_2 auf 83.000 t CO_2, was einem Rückgang von 11 % entspricht. Durch die prognostizierte Reduzierung der CO_2-Emissionen um 14.000 t im Trend-Szenario kann zwischen 1990 und 2023 ein Rückgang der CO_2-Emissionen um 26 % im Bereich der privaten Haushalte erreicht werden.

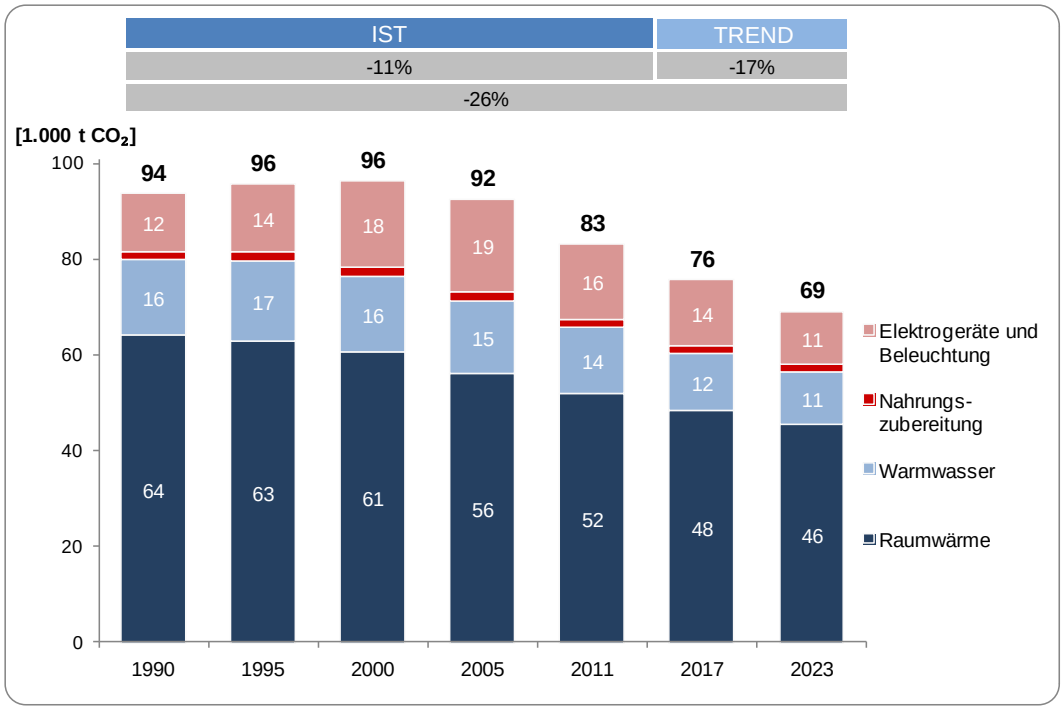


Abbildung 17 ***CO_2-Emissionen der privaten Haushalte nach Anwendungsarten in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

3.4 Sektor Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

3.4.1 Datengrundlagen

Methodisch wurde 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 ein signifikant hoher Zusammenhang besteht. Ausgehend von dieser Größe wurden weitere Informationen in die Berechnungen einbezogen:

- Strukturdaten: Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen
- Kennwerte:
  - Verbrauchsstruktur nach Anwendungsbereichen,
  - Energieverbrauch je Beschäftigtem (Brennstoffeinsatz und Stromverbrauch je Beschäftigtem),
  - Prozentuale Verteilung der Energieträger nach Wirtschaftsbereichen,
  - spezifische CO_2-Emissionen der verschiedenen Energieträger

Zusammenfassend sind folgende Entwicklungen in der Stadt Limburg festzustellen:

Die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten erhöhte sich von 18.243 im Jahr 1990 auf 20.471 im Jahr 2011, was einem Zuwachs von 12 % entspricht (Abbildung 18). Bei einer genauen Betrachtung der Zusammensetzung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten ist ein deutlicher Zuwachs der Arbeitsplätze des Wirtschaftsbereiches Gewerbe, Handel und Dienstleistungen zu beobachten.

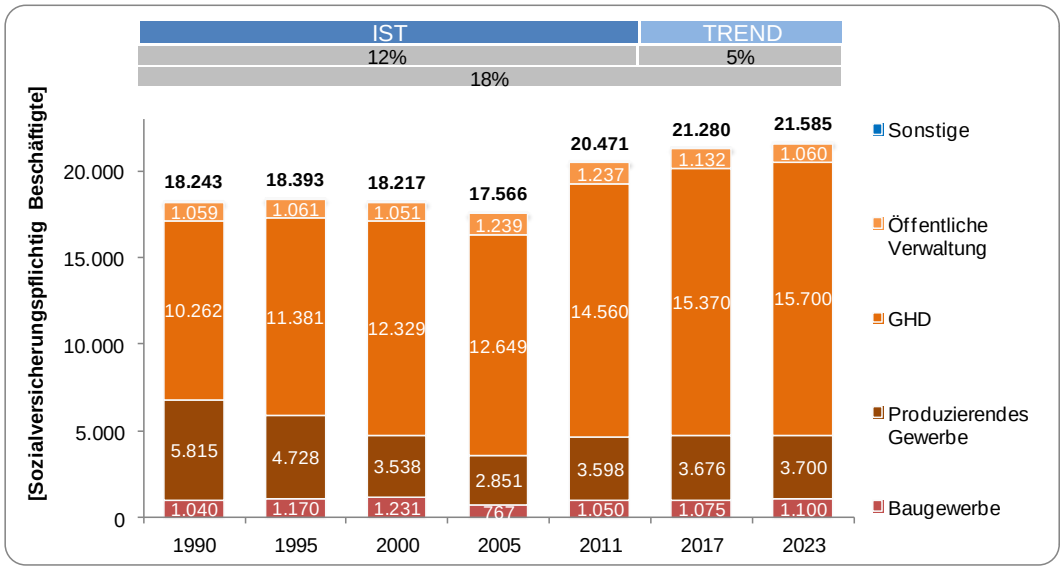


Abbildung 18 ***Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort in Limburg***
Quelle: [Bundesagentur für Arbeit 2013]; Prognose auf Grundlage von [HWWI 2010]

Annahmen für die Fortschreibung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten

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 langfristige Tendenzen in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt. Grundlage für die Fortschreibung der Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sind zunächst deutschlandweite Prognosen in Anlehnung an [Öko-Institut & Prognos 2009] und [AK ER 2011].

Im vorliegenden Konzept wurde im Trend-Szenario von einer steigenden Beschäftigtenzahl um 5 % ausgegangen. Dieser Wert entstammt der Prognose aus einer Studie des hamburgischen Weltwirtschaftsinstituts [HWWI 2010], welche für den Landkreis Limburg-Weilburg von einem Wachstum der Beschäftigung bis 2020 um 5 bis 10 % gegenüber dem Jahr 2010 ausgeht.

3.4.2 Entwicklung des Energieverbrauchs

Der Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/GHD ist im Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2011 leicht um rund 9 % bzw. 43 GWh gesunken (Abbildung 19), vorwiegend beeinflusst durch einen sinkenden Energieverbrauch im produzierenden Gewerbe. Der Anteil von Gewerbe/Handel/Dienstleistung am Gesamtverbrauch ist im Betrachtungszeitraum

stetig gestiegen und weißt nach dem Jahr 2005 einen deutlichen Sprung nach oben auf. Für das Trend-Szenario bis 2023 ist, u.a. aufgrund der Effizienzdienstleistungsrichtlinie der EU, eine weitere Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen zu erwarten, weshalb eine leicht sinkende Tendenz im Endenergieverbrauch im Bereich Industrie gegenüber 2011 prognostiziert wird.[3] Im Bereich Gewerbe/Handel und Dienstleistungen wird hingegen von weiter ansteigenden Beschäftigtenzahlen sowie der Erschließung neuer Gewerbeflächen und somit von einem Anstieg des Energieverbrauchs ausgegangen. Durch die Kombination dieser gegenläufigen Tendenzen im Industriesektor und im Gewerbesektor wird der Endenergieverbrauch für den Gesamtsektor Industrie/GHD etwa konstant auf dem Niveau von 2011 bleiben.

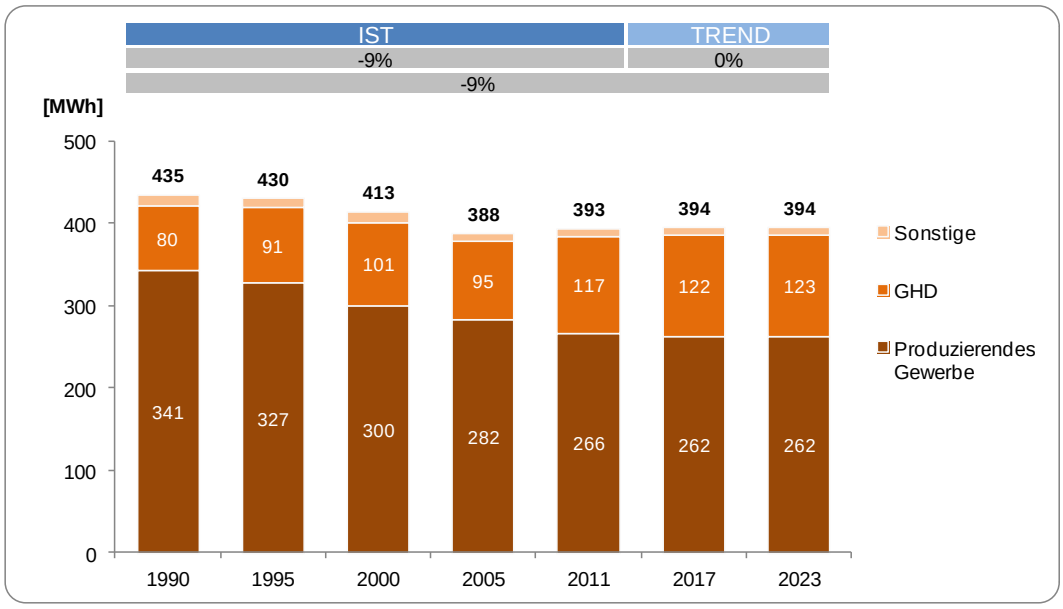


Abbildung 19 ***Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/ GHD nach Wirtschaftszweigen***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Der Endenergieverbrauch nach Energieträgern ist in Abbildung 20 dargestellt. Ähnlich dem Sektor Private Haushalte zeigt sich auch hier im Betrachtungszeitraum seit 1990 ein Rückgang der Energieträger Kohle und Öl zugunsten von Erdgas. Auch der Stromverbrauch hat im Vergleich zum Jahr 1990 deutlich um rund 18 % zugenommen. Im Trend-Szenario wird sich an der Verteilung der Energieträger wenig ändern, Öl wird allerdings weiter an Bedeutung verlieren.

[3] Im Trend-Szenario kann nur eine moderate Weiterentwicklung (insbesondere Beschäftigtenzahlen, technologischer Fortschritt) der bestehenden Wirtschaftsstruktur abgebildet werden. Sondereffekte wie Produktionsausfälle o. ä. werden nicht abgebildet.

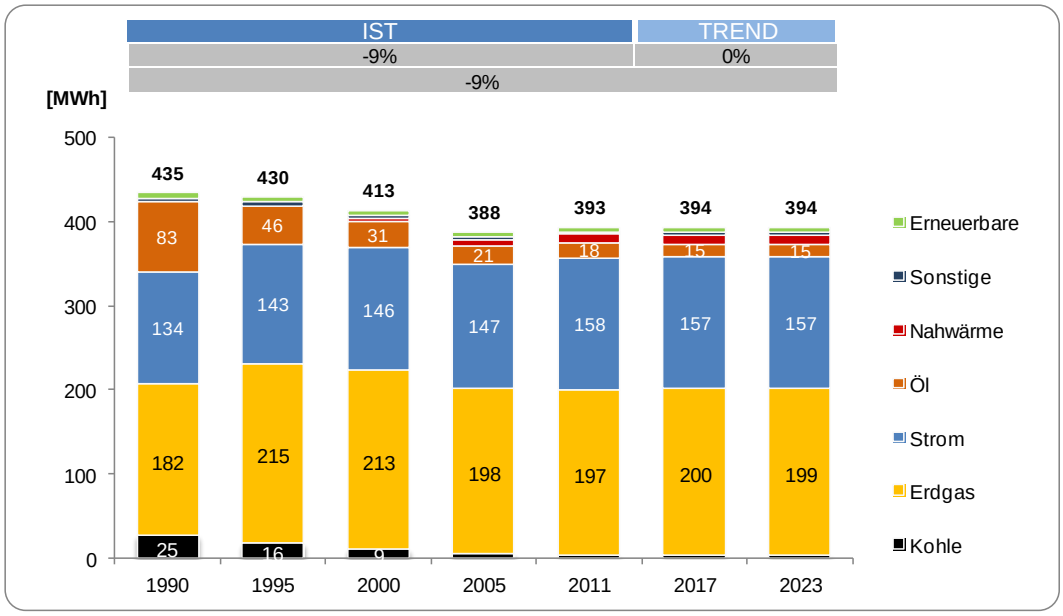


Abbildung 20 ***Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/ GHD nach Energieträgern***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

3.4.3 Entwicklung der CO_2-Emissionen

Resultierend aus der zuvor beschriebenen Entwicklung des Energieverbrauchs folgte bis 2011 eine Reduktion der energiebedingten CO_2-Emissionen des Sektors Industrie und GHD um 24 % gegenüber dem Basisjahr 1990 (Abbildung 21). Ursache für die rückläufigen Emissionen des Stroms trotz steigenden Verbrauchs ist der sinkende spezifische Emissionsfaktor durch den deutschlandweiten Ausbau der regenerativen Energien, dieser Trend wird sich auch bis 2023 fortsetzen. Bis zum Jahr 2023 wird daher trotz eines etwa konstant bleibenden Energieverbrauchs ein Rückgang der energiebedingten CO_2-Emissionen um 16 % im Vergleich zum Jahr 2011 erwartet. Insgesamt ist demnach zwischen den Jahren 1990 und 2023 ein Rückgang der CO_2-Emissionen von 36 % zu erwarten.

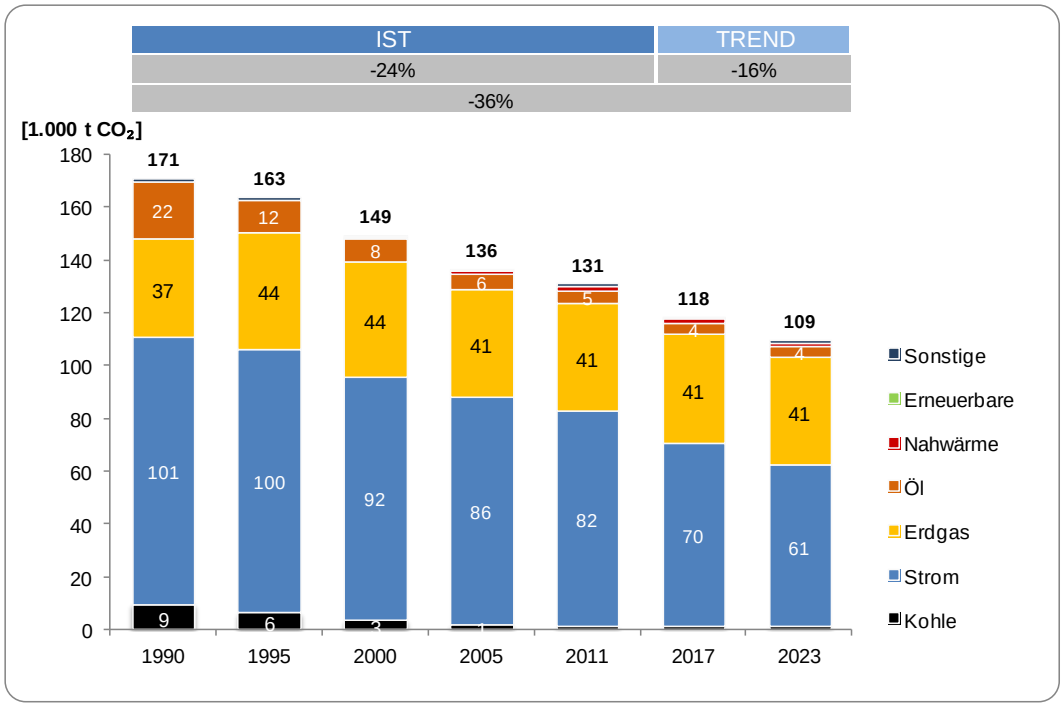


Abbildung 21 ***CO_2-Emissionen im Sektor Industrie/ GHD nach Energieträgern***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

3.5 Städtische Liegenschaften

Als stadteigene Liegenschaften wurden Seniorenwohngebäude, Ausstellungsgebäude, Feuerwehren, Friedhofsgebäude, Kindertagesstätten (Kita), Mehrfamilienhäuser, Mehrzweckhallen, Sakralbauten, Schloss, Sonstige Geb. (ehem. Bundeswehrdepot), Schwimmbäder, Stadthallen, Veranstaltungsgebäude, Vereinshäuser und ehemalige Verwaltungsgebäude erfasst.

Der Anteil des Energieverbrauchs der öffentlichen Liegenschaften am Gesamtendenergieverbrauch ist im Vergleich zu anderen Verbrauchssektoren (Haushalte, GHD sowie Industrie) relativ gering. Städtische Einrichtungen benötigen im bundesdeutschen Durchschnitt nur etwa 2 bis 5 % des gesamten Energieverbrauchs und verursachen dementsprechend geringe energiebedingte CO_2-Emissionen [IE 2009]. Jedoch sollte vom öffentlichen Bereich eine Vorbildfunktion ausgehen, die Auswirkungen auf andere energierelevante Verbraucher hat. Zudem kann die Verwaltung bei relativer Betrachtung erhebliche Energiespar- und Kostensenkungspotenziale erschließen.

3.5.1 Datengrundlagen

69 städtische Liegenschaften wurden im Rahmen des Konzeptes erfasst und näher betrachtet. Diese teilen sich wie folgt anzahlmäßig auf:

- 2 Seniorenwohngebäude
- 1 Ausstellungsgebäude
- 8 Feuerwehren (FFW)
- 1 Friedhofsgebäude
- 9 Kindertagesstätten (Kita)
- 23 Mehrfamilienhäuser (MFH)
- 1 Mehrzweckhalle (MZH)
- 1 Sakralbaute
- 1 Schloss
- 2 Schwimmbäder
- 1 Sonstiges Gebäude
- 1 Stadthalle
- 10 Veranstaltungsgebäude
- 4 Vereinshäuser
- 3 Verwaltungsgebäude (VWG)

Im Vordergrund der Analyse stand die Auswertung der Verbräuche von Strom und Wärme (Unterteilung nach eingesetzten Energieträgern). Im Bereich der Mehrfamilienhäuser wird beim überwiegenden Teil der Strom direkt vom Mieter bezogen, sodass diese Daten nicht erfasst werden konnten. Der größte Teil des erfassten Energieverbrauchs der städtischen Liegenschaften entfiel im Basisjahr 2011 auf die Schwimmbäder, gefolgt von Veranstaltungsgebäuden und Mehrfamilienhäusern (MFH). Zur Wärmeerzeugung dominierte der Energieträger Erdgas. Heizöl wird nur im Schloss zur Wärmeerzeugung eingesetzt.

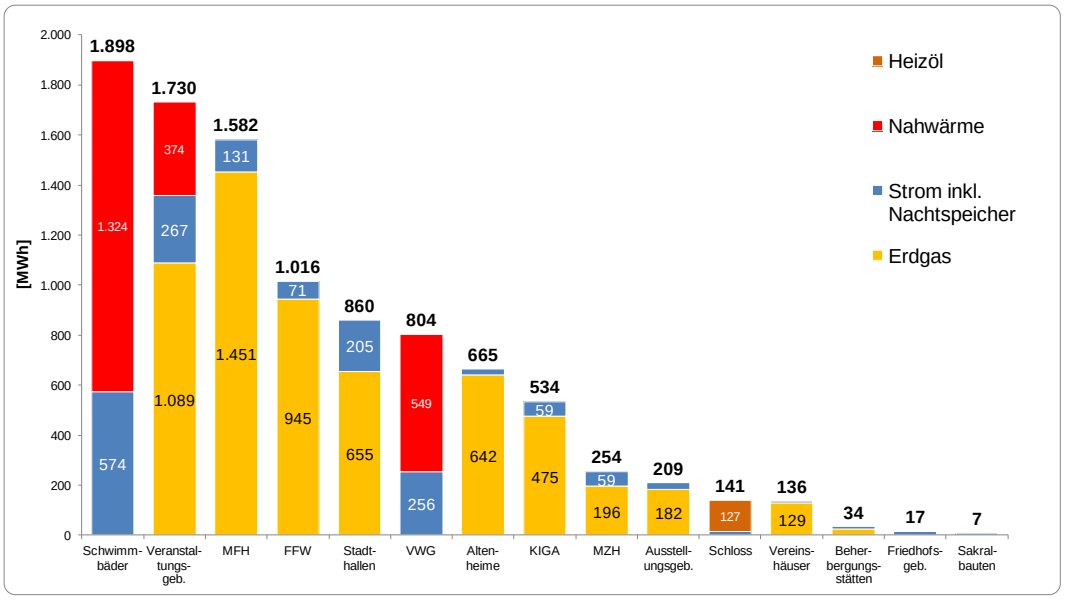


Abbildung 22 ***Endenergieverbrauch nach Energieträgern der erfassten städtischen Liegenschaften im Jahr 2011***

Quelle: [Weidmann & Spöhrer 2013]
Berechnung und Darstellung: IE Leipzig
Die Verbrauchsangaben zur Wärmebereitstellung sind witterungsbereinigt.

3.5.2 Entwicklung des Energieverbrauchs

Die Entwicklung des Energieverbrauchs der städtischen Liegenschaften zeigt einen deutlichen Anstieg zwischen den Jahren 1990 und 2011, was vorwiegend auf hinzugekommene Liegenschaften nach 1990 zurückzuführen ist.

Der Anteil des Erdgases zur Wärmeerzeugung ist im Verhältnis zu den anderen eingesetzten Energieträgern am größten. Von 1990 bis 2011 ist der Verbrauch des Erdgases um das 1,8-fache gestiegen, während der Verbrauch von Strom und Nahwärme innerhalb des gleichen Zeitraumes etwa konstant blieb. Dies ist auf die Methodik der Berechnung zurückzuführen, für Nahwärme und Strom wurde für die Jahre 1990 bis 2008 vereinfachend der Durchschnitt der Verbräuche aus den Jahren 2009 bis 2011 zurückgeschrieben. Die Erhebung der Verbräuche wurde aus Gründen des Aufwandes auf die Jahre 2009 bis 2011 (bzw. 2012) beschränkt.

Im Trend von 2011 bis 2023 nimmt der Wärmeverbrauch ab, der Stromverbrauch wird gegenüber 2011 durch zunehmende Ausstattung mit Elektrogeräten (Kommunikationstechnik, Klimaanlagen etc.), trotz Effizienzverbesserungen, leicht steigen.

Methodisch wurde für die Fortschreibung des Energieverbrauchs im Trend-Szenario zunächst ein Mittelwert der Verbräuche der einzelnen Liegenschaften der letzten Jahre gebildet und für das Jahr 2012 übernommen. Für die Jahre von 2013 bis 2023 wurde dann von einem jährlichen Rückgang des Verbrauchs an Strom und Wärme von 0,5 % durch Einspar- und Effizienzmaßnahmen ausgegangen.

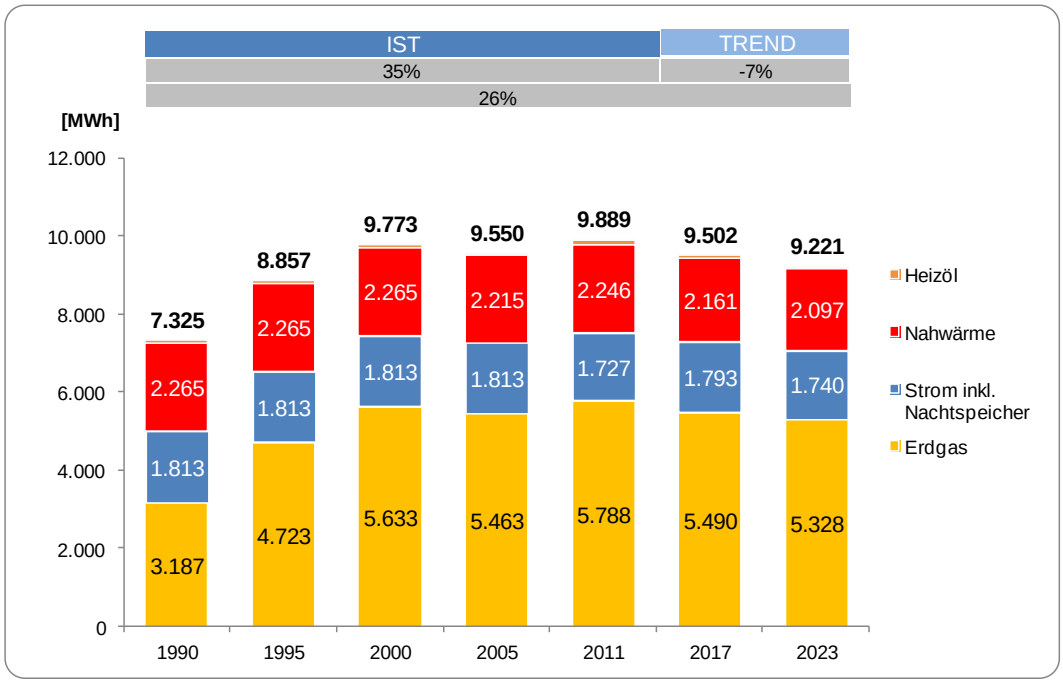


Abbildung 23 ***Energieverbrauch der städtischen Liegenschaften seit 1990 und im Trend bis 2023***

Quelle: Daten für 2011 durch [Weidmann & Spöhrer 2013]; Fortschreibung IE Leipzig
Die Verbrauchsangaben zur Wärmebereitstellung sind witterungsbereinigt.
Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

3.5.3 Entwicklung der CO_2-Emissionen

Im Trend werden sich die CO_2-Emissionen von 2011 bis 2023 bei leicht sinkendem Energieverbrauch um ca.14 % deutlich verringern (Abbildung 24). Hauptgrund hierfür ist der sinkende spezifische CO_2-Faktor für Strom.

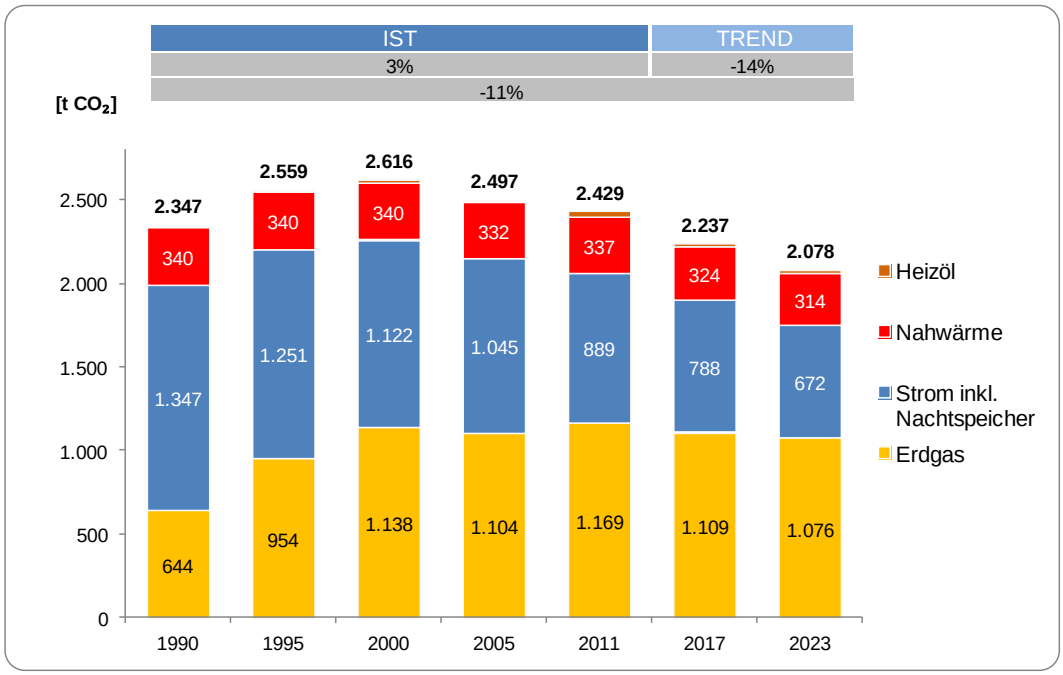


Abbildung 24 ***CO_2-Emissionen städtischer Liegenschaften in Limburg***
Darstellung und Berechnung: IE Leipzig

3.6 Sektor Verkehr

3.6.1 Datengrundlagen

Im Sektor Verkehr basiert die Bilanzierung des Endenergieverbrauchs und der CO_2-Emissionen auf dem *Inländerprinzip*. Dies hat zur Folge, dass die gesamte Fahrleistung der in Limburg gemeldeten Fahrzeuge der Stadt zugeordnet werden; unabhängig, ob die Fahrzeuge die Emissionen innerhalb oder außerhalb des Bilanzierungsraumes der Stadt verursachen. Infolgedessen wird der von außerhalb in die Stadt kommende oder durchfahrende Verkehr mit seinen Emissionen (*Territorial-Prinzip*) nicht berücksichtigt. Dies gilt auch für den Eisenbahnverkehr, der in der Bilanzierung nicht mit enthalten ist.

Es wurden die Verbräuche und die damit verbundenen Emissionen der Kraftfahrzeuge mithilfe folgender Strukturdaten und Kennwerte für die Berechnungen herangezogen:

- Strukturdaten
  Fahrzeugbestand nach Fahrzeugarten und Kraftstoffsorte
- Kennwerte
  typische Jahresfahrleistungen nach Fahrzeugarten, durchschnittliche Verbräuche nach Fahrzeugart (Klasse und Kraftstoffsorte), spezifische CO_2-Emissionen

Die Statistik des Kfz-Bestandes [KBA 2013] bietet die Grundlage zur Ermittlung des Energieverbrauchs. Die durchschnittlichen Fahrleistungen basieren auf bundesweiten Durchschnittswerten [DIW 2009][4]. Für die Fortschreibung der Entwicklung des Kfz-Bestandes sowie der Kraftstoffverteilung im Trend-Szenario bis zum Jahr 2023 dienen hierfür prognostizierte Strukturentwicklungen wie demografischer Wandel, Fachstudien [Öko-Institut & Prognos 2009] und eigene Berechnungen des IE Leipzig.

Kraftfahrzeugbestand

Im Zeitraum von 1990 bis 2011 ist der Kfz-Bestand der Stadt Limburg um über 6.000 Fahrzeuge auf 22.436 bzw. um 37 % angestiegen (Abbildung 25). Unter den Antriebsarten dominieren benzinbetriebene Fahrzeuge mit einem Anteil von rund 68 %, dieser Anteil ist allerdings gegenüber dem Jahr 1990 (84 %) deutlich zu Gunsten dieselbetriebener Fahrzeuge gesunken. Bei Fahrzeugen mit alternativen Antrieben wie Erdgas und Flüssiggas sowie Hybrid- und reinen Elektrofahrzeugen ist der Marktanteil bezogen auf das Jahr 2011 minimal (unter 1 % vom Gesamtbestand). Die Gesamtzahl der gemeldeten Fahrzeuge untergliederte sich im Jahr 2011 in PKW (86,1 %), Krafträder (6,1 %), LKW/Zugmaschinen (6,9 %) und Sonstige (0,9 %).

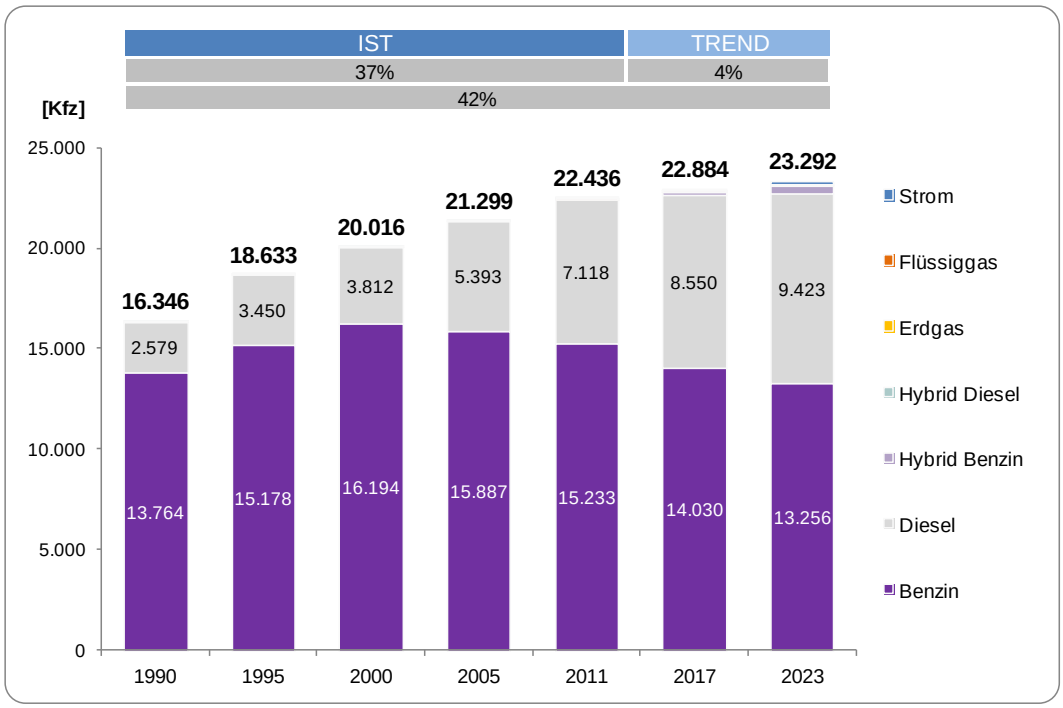


Abbildung 25 ***Bestand der gemeldeten Kfz nach Antriebsarten in Limburg***
Quelle: [KBA 2013], [Prognos und Ökoinstitut 2009], Berechnung und Darstellung: IE Leipzig

Im *Trend-Szenario* wird trotz sinkender Einwohnerzahlen von einem leicht steigenden Fahrzeugbestand ausgegangen, da im Gegenzug die Kennzahl 'Fahrzeuganzahl je Ein-

[4] Regionsspezifische Daten zu durchschnittlichen Fahrleistungen liegen nicht vor, deshalb wurden die Zahlen des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) berücksichtigt.

wohner‘ weiter ansteigt. Waren im Jahr 1990 noch 552 Kfz je 1.000 Einwohner angemeldet, stieg diese Zahl bis zum Jahr 2011 auf 668 Fahrzeuge. Für das Trend-Szenario wurde eine weitere Steigerung dieses Wertes auf 717 Kfz je 1.000 Einwohner angenommen. Der Anteil dieselbetriebener Fahrzeuge am Gesamtbestand wird bis zum Jahr 2023 von rund 32 % (2011) auf 40 % steigen, dagegen wird der Anteil benzinbetriebener Kfz von 68 % auf 57 % sinken. Die restlichen 3 % entfallen im Jahr 2023 auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben.

3.6.2 Entwicklung des Endenergieverbrauchs

Der Endenergieverbrauch stieg im Betrachtungszeitraum von 1990 bis zum Jahr 2011 von 228 GWh auf 291 GWh bzw. um 18 % (Abbildung 26). Der Endenergieverbrauch steigt nicht proportional zur Entwicklung des Kfz-Bestandes an. Grund hierfür ist der technologische Fortschritt im Sinne sinkender Verbräuche der Kraftfahrzeuge. Der höhere Energieverbrauch durch Dieselfahrzeuge ist durch deutlich höhere Fahrleistungen dieser zu erklären.

Im *Trend-Szenario* werden sich diese Tendenzen – unter Berücksichtigung der erwarteten technologischen und strukturellen Veränderungen – weiter fortsetzen. Dementsprechend wird der Energieverbrauch um rund 4 % bzw. 9 GWh bis zum Jahr 2023 steigen. Der Anteil von Diesel am Endenergieverbrauch wird weiter steigen und im Jahr 2023 einen Anteil von 66 % erreichen (zum Vergleich 1990: 36 %).

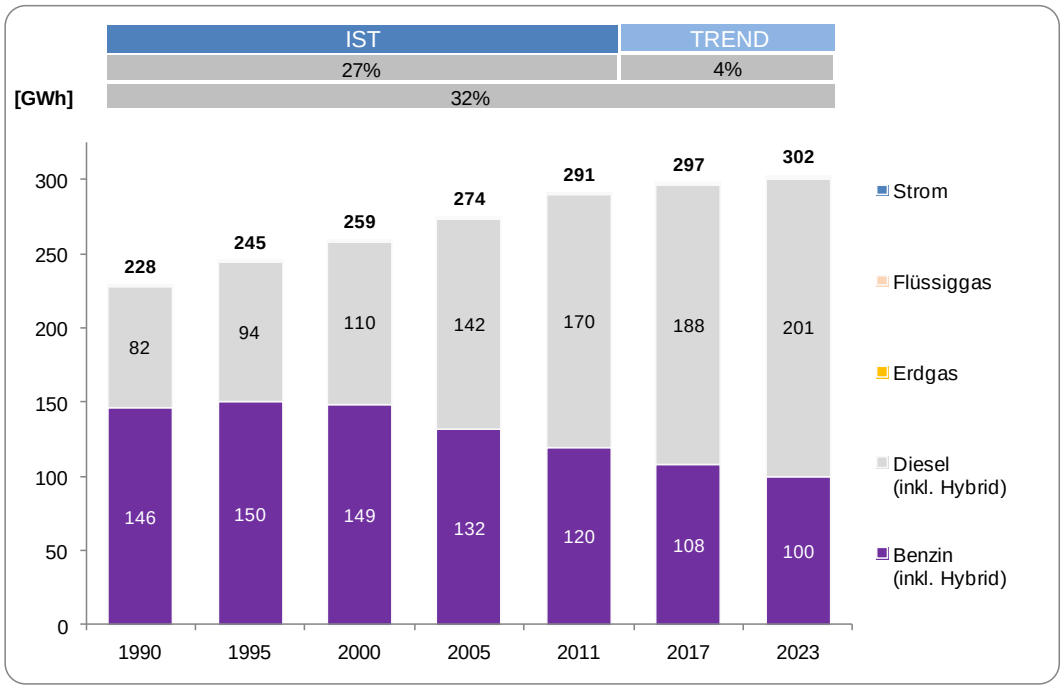


Abbildung 26 ***Endenergieverbrauch im Verkehrssektor in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

3.6.3 Entwicklung der CO_2-Emissionen

Ähnlich zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs sind die CO_2-Emissionen im Jahr 2011 in Bezug auf das Referenzjahr 1990 um 21 % gestiegen (Abbildung 27). Grund für den etwas langsameren Anstieg der Emissionen gegenüber dem Energieverbrauch sind gestiegene Beimischungsquoten von Bio-Ethanol in Benzin bzw. Biodiesel in Diesel.

Im *Trend-Szenario* steigen die CO_2-Emissionen um 2 % gegenüber 2011. Die höheren Emissionen der dieselbetriebenen Fahrzeuge werden hierbei durch den Rückgang der benzinbetriebenen Fahrzeuge am Gesamtbestand überkompensiert.

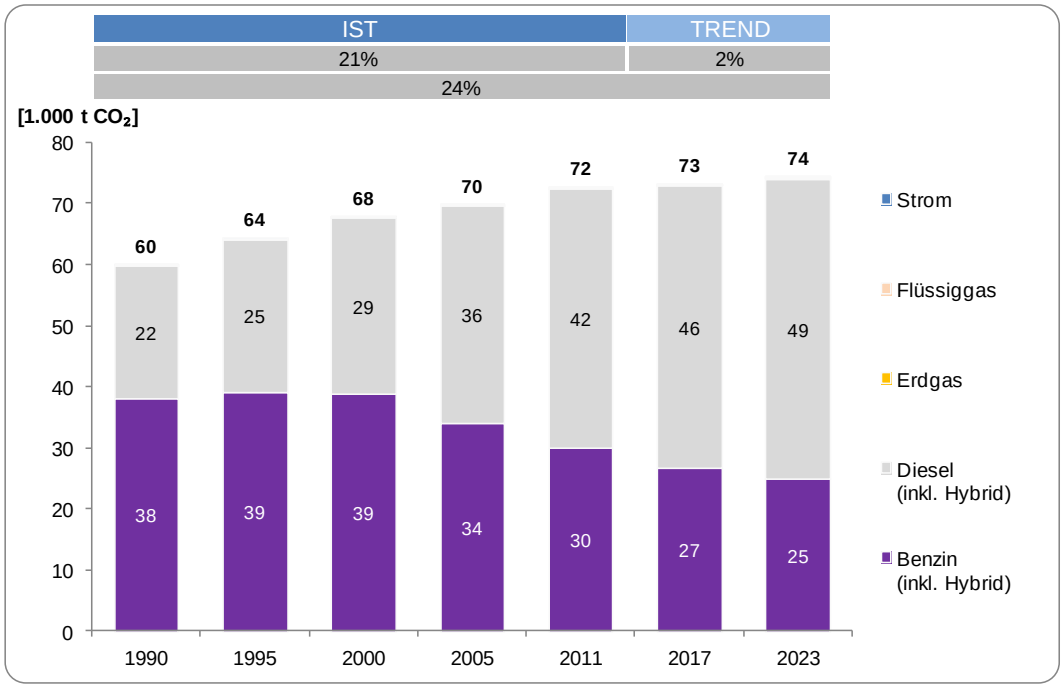


Abbildung 27 ***Entwicklung der CO_2-Emissionen des Verkehrssektors in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

3.7 Alle Verbrauchssektoren

Aufbauend auf der detaillierten Untersuchung der einzelnen Verbrauchssektoren Private Haushalte, Industrie/ GHD, städtische Liegenschaften sowie Verkehr werden die einzelnen Sektoren im folgenden Abschnitt zusammenfassend dargestellt.

3.7.1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs

Nach Verbrauchssektoren

Innerhalb der Stadtgrenzen Limburgs ist der Endenergieverbrauch (witterungsbereinigt) gegenüber dem Referenzjahr 1990 von etwa 977 GWh auf 1.019 GWh im Jahr 2011 bzw. rund 4 % gestiegen (Abbildung 28). Bei genauer Betrachtung zeigt sich besonders zwischen 1990 und 1995 ein Anstieg des Endenergieverbrauchs, in den Folgejahren bis

2011 sind innerhalb der Sektoren zwar deutlich unterschiedliche Entwicklungen zu erkennen, in Summe bleibt der Endenergieverbrauch aber auf ähnlich hohem Niveau.

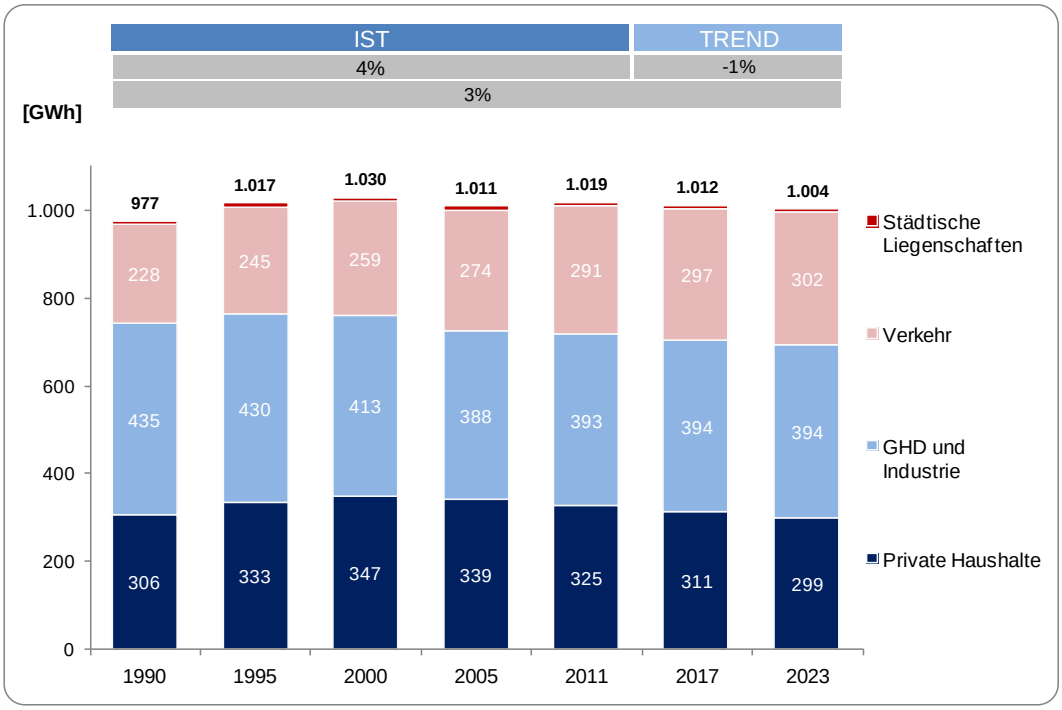


Abbildung 28 ***Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Im *Trend-Szenario bis 2023* sind im Vergleich zum Referenzjahr 2011 folgende Entwicklungen des Endenergieverbrauches zu erwarten:

- ein Anstieg im Verkehrssektor um 4 %,
- eine Stagnation im Sektor Industrie/GHD und
- ein Rückgang im Sektor Private Haushalte um 8 %.

Zusammenfassend wird sich im *Trend-Szenario* bis 2023 – also ohne Ergreifung intensiver Klimaschutzmaßnahmen – der Energieverbrauch innerhalb des Bilanzraumes im Vergleich zu 2011 um 1 % reduzieren. Ursächlich sind dabei die verbrauchsmindernden Maßnahmen besonders im Bereich der privaten Haushalte.

Nach Energieträgern

Im Betrachtungszeitraum von 1990 bis 2011 hat der Energieträger Erdgas deutlich an Bedeutung gewonnen. Im Jahr 2011 lag sein Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Stadt Limburg bei 43 % (1990: 37 %) (Abbildung 29). Deutliche Anstiege sind auch beim Verbrauch von Strom (+19 %) und Diesel (+208 %) zu erkennen. Die stärksten Rückgänge sind im Betrachtungszeitraum bei den Energieträgern Kohle, Öl, und Benzin zu verzeichnen.

Im Trend-Szenario bis 2023 wird sich der Endenergieverbrauch von Erdgas verringern, Verbrauchssteigerungen im Bereich Gewerbe stehen sinkende Verbräuche der Industrie sowie auch im Sektor Private Haushalte gegenüber. Der Gesamtstromverbrauch der Stadt wird sich nur unwesentlich ändern und etwa stabil bleiben. Die sich bereits seit 1990 zeigenden rückläufigen Tendenzen bei Heizöl und Benzin werden sich weiter fortsetzen, hingegen wird Diesel weiter an Bedeutung gewinnen.

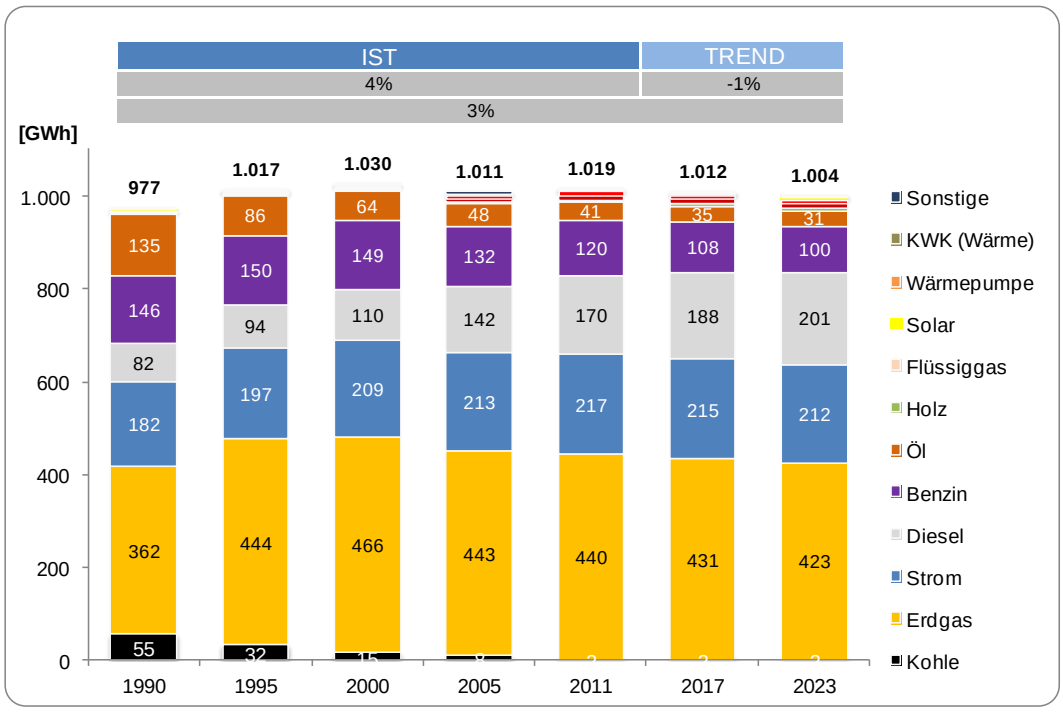


Abbildung 29 ***Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Limburg***

Quelle: Berechnungen IE Leipzig, Anmerkung: KWK, Wärmepumpen und Solarthermie aufgrund der geringen Menge graphisch kaum darstellbar

3.7.2 Entwicklung der CO_2-Emissionen

Nach Verbrauchssektoren

Die Summe der CO_2-Emissionen der Stadt Limburg ist im Betrachtungszeitraum zwischen 1990 und 2011 um 12 % gesunken, besonders in den Sektoren Private Haushalte und Industrie/GHD sind deutliche Rückgänge erkennbar (Abbildung 30). In den Haushalten sind vorwiegend der Ausbau des Erdgasnetzes und somit ein Rückgang der Energieträger Öl und Kohle sowie Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand zu nennen. Der sinkende spezifische Emissionsfaktor des Stroms durch den Ausbau der regenerativen Energien führte ebenfalls in beiden Sektoren zu deutlich sinkenden Emissionen. Im Sektor Verkehr sind die Emissionen hingegen um rund 21 % angestiegen. Die städtischen Liegenschaften tragen durch den verhältnismäßig geringen Energiebedarf nur einen sehr geringen Teil zu den Emissionen bei.

Im *Trend-Szenario 2023* wird von weiter sinkenden Emissionen um 12 % gegenüber 2011 ausgegangen, insgesamt ist dadurch ein Rückgang der energiebedingten CO_2-Emissionen bis zum Jahr 2023 im Vergleich zu 1990 um 22 % zu verzeichnen. Hauptgrund für die weiter sinkenden Emissionen ist der deutschlandweite Ausbau der erneuer-

baren Energien und einem somit sinkendem spezifischen Emissionsfaktor für Strom (Vergleiche Emissionen für Strom in Abbildung 31).

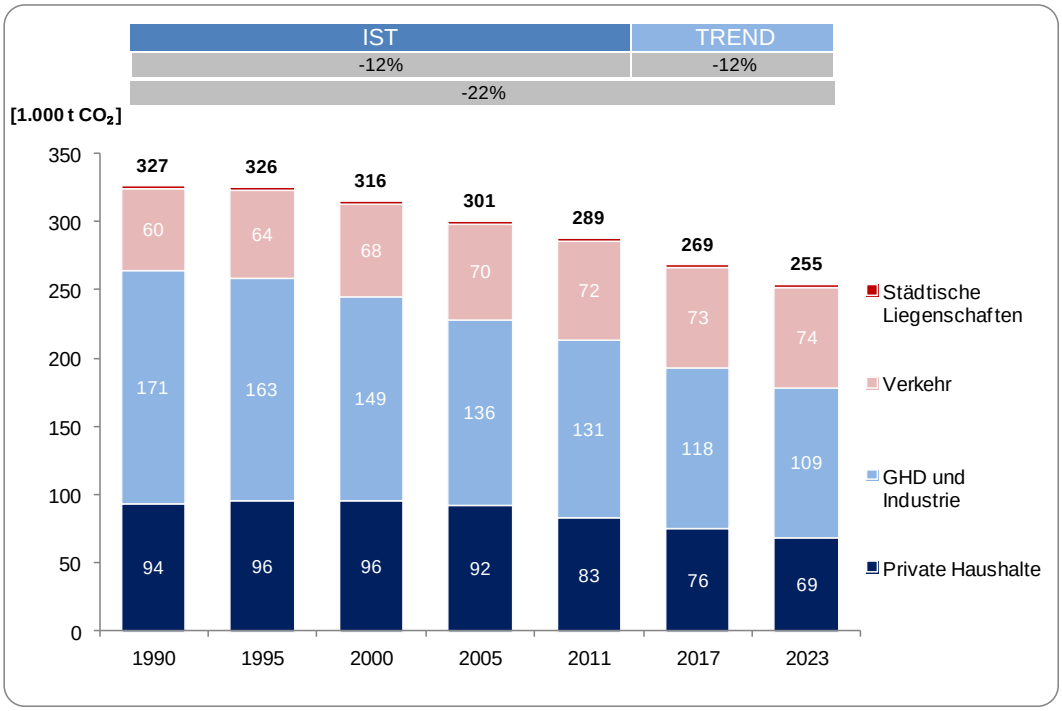


Abbildung 30 ***CO_2-Emissionen nach Verbrauchssektoren in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

CO_2-Emissionen nach Energieträgern

Die energiebedingten CO_2-Emissionen über alle Energieträger in Limburg sind von 1990 bis 2011 um 38.000 Tonnen bzw. 12 % gesunken (Abbildung 31). Besonders bei Strom, Kohle, Öl, Benzin sind deutliche Rückgänge zu verzeichnen. Dagegen gestiegen sind die Emissionen von Erdgas und Diesel analog zum Energieverbrauch. Somit hatten Strom mit rund 39 % und Erdgas mit 31 % die größten Anteile an den energiebedingten CO_2-Emissionen im Jahr 2011.

Im *Trend-Szenario bis 2023* ist eine Reduzierung der energiebedingten CO_2-Emissionen um 12 % zu erwarten. Die größten Anteile der Emissionen werden entsprechend dem Endenergieverbrauch über die Energieträger Strom und Erdgas emittiert werden. Durch den deutschlandweiten Ausbau der erneuerbaren Energien und somit sinkenden spezifischen Emissionen des Stroms werden die Emissionen des Stroms deutlich um rund 26 % sinken.

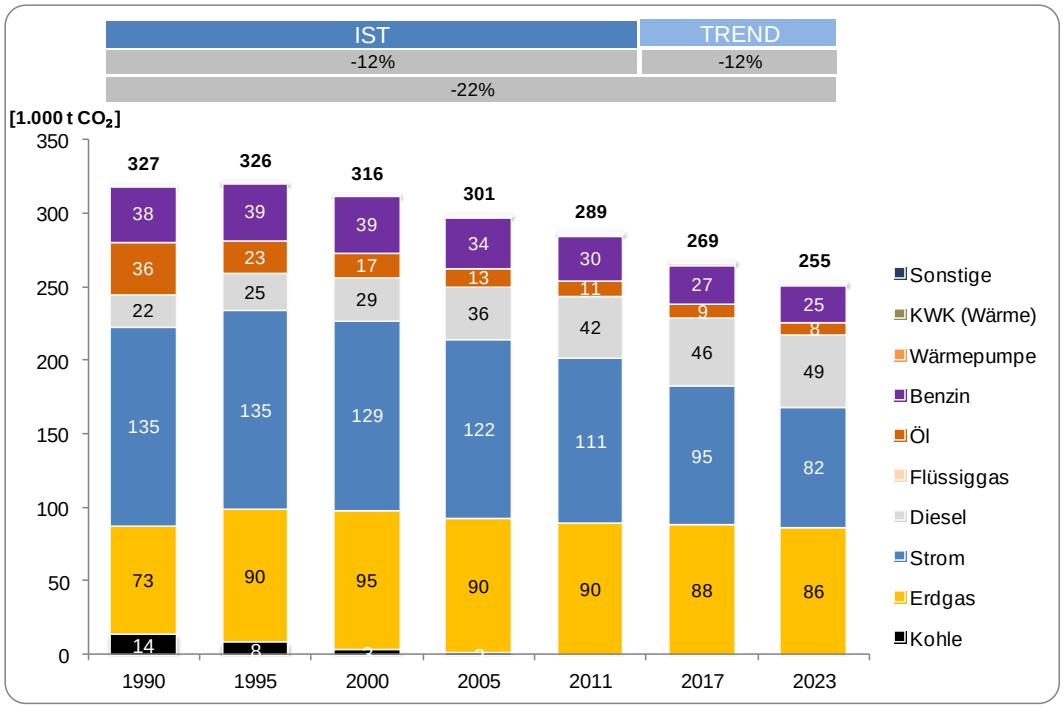


Abbildung 31 ***CO_2-Emissionen nach Energieträgern in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

CO_2-Emissionen pro Kopf der Einwohner

Die energiebedingten CO_2-Emissionen je Einwohner im Zeitraum von 1990 bis 2011 um 22 % von 11,0 auf 8,6 Tonnen je Einwohner gesunken (Abbildung 32). Einerseits ist die Einwohnerzahl deutlich gestiegen und die Emissionen verteilen sich dadurch auf mehr Einwohner, andererseits sind zwei weitere Gründe besonders im Bereich der privaten Haushalte sowie im Sektor Industrie/GHD für die gesunkenen spezifischen Emissionen maßgeblich:

- Energieträgerwechsel hin zu umweltfreundlicherem Erdgas sowie ein
- sinkender spezifischer Emissionsfaktor für Strom durch steigenden Anteil erneuerbarer Energien deutschlandweit.

Im Sektor Verkehr sind die spezifischen Emissionen hingegen aufgrund des deutlich gestiegenen Energieverbrauchs von 2,0 auf 2,2 Tonnen je Einwohner gestiegen.

Im *Trend-Szenario 2023* wird eine weitere Reduzierung der spezifischen CO_2-Emissionen je Einwohner trotz sinkender Einwohnerzahlen erwartet. Während die einwohnerbezogenen CO_2-Emissionen der Sektoren Haushalte sowie Industrie/GHD kontinuierlich rückläufig sind und diese Entwicklung zukünftig weiterschreitet, steigen die spezifischen CO_2-Emissionen des Sektors Verkehr weiter leicht an.

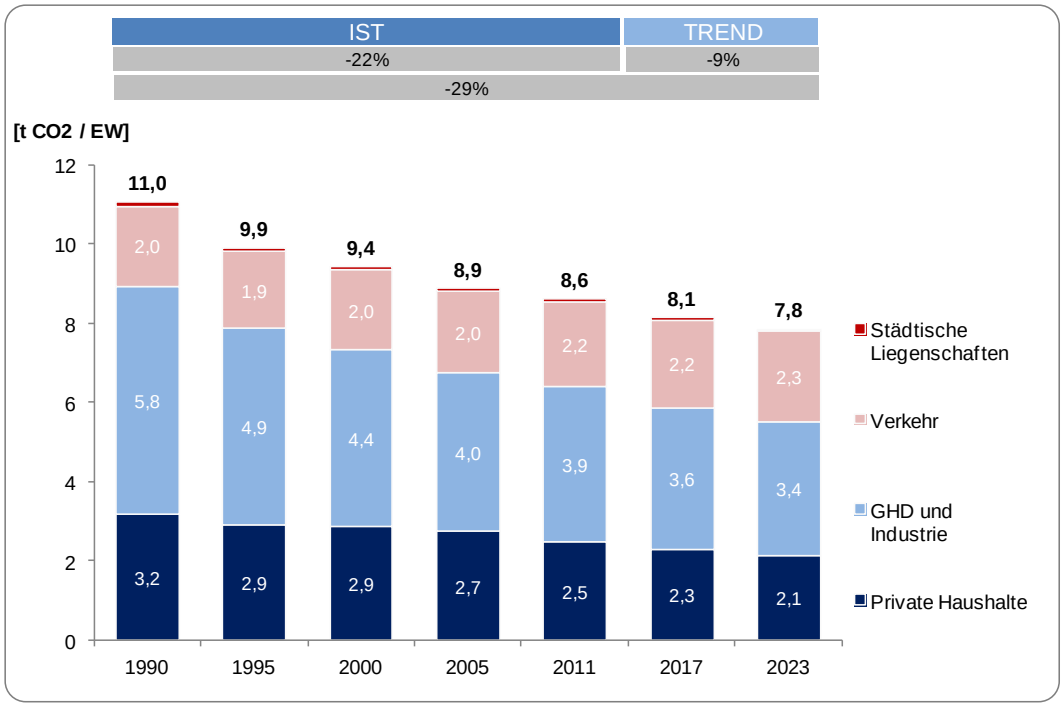


Abbildung 32 ***CO_2-Emissionen je Einwohner nach Verbrauchssektoren in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

4 HANDLUNGSOPTIONEN

In diesem Kapitel wird ein Bündel von 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 lagen beim IE Leipzig in enger Abstimmung mit dem Projektteam.

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

- Energieerzeugung
- Private Haushalte
- Industrie; Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie
- Städtische Liegenschaften

identifiziert, quantifiziert und nach ihrer Umsetzbarkeit bewertet.

Der Sektor Energieerzeugung wird hierbei separat betrachtet, da hier die Errichtung von Anlagen auf Basis erneuerbarer Energieträger untersucht wurde.

Der Sektor Verkehr wurde von Maßnahmen ausgenommen, da hierfür eine gesonderte vertiefte Betrachtung erforderlich wäre, außerdem ist die Frage von Veränderungen im Bereich Verkehr von Entscheidungen anderer Ebenen, insbesondere bei der EU und im Bund, abhängig, wie die schleppende Einführung der Euro VI-Norm zeigt. Für die Aufstellung einer Gesamtbilanz wurde der Verkehrssektor jedoch bilanziell mit berücksichtigt.

Die städtischen Liegenschaften sind in einem eigenen Kapitel aufgeführt, obwohl sie be reiner Zahlenbetrachtung verhältnismäßig geringe Auswirkungen auf quantitative Veränderungen haben. Allerdings sind die städtischen Liegenschaften der einzige Bereich, bei dem die Stadt Limburg alleinige Entscheidungs- und Veränderungsbefugnis hat. Die Stadt kann den Sanierungsumfang selbst bestimmen und benötigt hierfür keine Partner. Hinzu kommt die nicht zu unterschätzende Vorbildwirkung auf andere Eigentümer und Bauherren. Die Stadt kann hier zu einem veränderten Blick im Liegenschaftsmanagement insgesamt beitragen.

Für die Einordnung der identifizierten Maßnahmen wurden ergänzend zum Trend-Szenario zwei weitere Szenarien für die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen sowie des Anteils erneuerbarer Energien entwickelt. Die Leitlinien der drei Szenarien stellen sich wie folgt dar:

> Das **Trend-Szenario** dient als Referenzszenario, anhand dessen aufgezeigt werden soll, welche Entwicklungen unter weitestgehend unveränderten Rahmenbedingungen bis zum Jahr 2023 zu erwarten sind. Bei der Erstellung des Trend-Szenarios erfolgte 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 wesentlichen Impulse der Entwicklung kommen dabei allerdings nicht aus der Stadt selbst.

Mit dem **Aktiv-Szenario** soll der Pfad zur Erreichung von Klimaschutzzielen aktiver beschritten werden als bisher. Eine "aktive" Herangehensweise bedeutet hierbei, dass die Umsetzung der Maßnahmen durch vorausschauendes und initiatives Handeln gekennzeichnet sein wird. Es werden zusätzliche Maßnahmen bei Gebäuden, städtischen Liegenschaften, Industrie/GHD und im Bereich Energieerzeugung umgesetzt, die überwiegend technisch und wirtschaftlich durchführbar sind.

Bei der Entwicklung des **Optimal-Szenarios** stand die Fragestellung im Mittelpunkt, inwieweit darüber hinaus Maßnahmen gefunden werden können, die zu einem noch höheren Anteil der örtlichen Eigenerzeugung mit erneuerbaren Energien führen. Die Intensität der Maßnahmenumsetzung – insbesondere bei Maßnahmen zur Energieeffizienz – ist gegenüber dem Aktiv-Szenario deutlich höher. Die wirtschaftliche Umsetzbarkeit der betrachteten Maßnahmen ist dabei unter heutigen Rahmenbedingungen unsicher, deshalb ist auch ihre Realisierung aus derzeitiger Sicht weniger wahrscheinlich.

4.1 Maßnahmen im Sektor Energieerzeugung

Im Bereich der Energieerzeugung auf Basis erneuerbarer Energieträger wurden – neben den Maßnahmen im Bereich Heizungstechnologien bei den Privaten Haushalten (Kraft-Wärme-Kopplung) – die Stromerzeugung mittels Windenergie, Wasserkraft, Biomasse, Photovoltaik und Klärgas untersucht. Die Konzentration der Energieerzeugung lag im Projektverlauf auf den in Tabelle 2 dargestellten Möglichkeiten.

Weitere Potenziale erneuerbarer Energien in Stadtgebiet liegen noch bei Kleinstanlagen zur Erzeugung von Windenergie (Dachanlagen). Diese Option kann allerdings mengenmäßig im Vergleich zu den anderen Maßnahmen keine relevanten zusätzlichen Beiträge leisten und ist zugleich in den meisten Fällen unrentabel. Sie wurden daher in Abstimmung mit dem Projektteam nicht weiter verfolgt.

Tabelle 2 ***Übersicht über die Maßnahmen im Sektor Energieerzeugung im Trend-, Aktiv- und Optimal-Szenario für Limburg***

Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Maßnahme	Parameter	IST 2012	Trend 2023	Aktiv 2023	Optimal 2023
Photovoltaik (Dachanlagen)	Installierte Leistung	6,0 MW	8,6 MW	10,0 MW	42,0 MW
Photovoltaik (Freiflächen)	Installierte Leistung	-	-	22,5 MW	33,6 MW
Windenergie	Installierte Leistung	1,7 MW	1,7 MW	1,7 MW	4,7 MW
Windenergie (Beteiligungen)	Installierte Leistung	2,0 MW	2,7 MW	5,3 MW	15,3 MW

Klärgas	Installierte Leistung	0,1 MW	0,1 MW	0,1 MW	0,15 MW
Wasserkraft	Installierte Leistung	0,72 MW	0,72 MW	0,72 MW	0,72 MW
Biomasse	Installierte Leistung	0,24 MW	0,24 MW	0,24 MW	0,24 MW

4.1.1 Ausbau Photovoltaik

In Limburg waren zum Jahresende 2012 Photovoltaik-Dachanlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 6,0 MW installiert. Bezogen auf die Zahl der Einwohner ergibt sich für Limburg ein Wert von 178 W/EW, der Bundesdurchschnitt lag zum gleichen Zeitpunkt bei 303 W/EW.

Aufgrund der Degression der EEG-Vergütungssätze wird davon ausgegangen, dass im Trend-Szenario bis 2023 nur noch weitere 2,6 MW zugebaut werden, so dass im Jahr 2023 insgesamt 8,6 MW installiert sind.

Der Zubau der Photovoltaik schwankt dabei stark in Abhängigkeit von den bundespolitischen Rahmensetzungen (EEG). Der örtliche Einfluss auf die weitere Entwicklung ist demgegenüber geringer ausgeprägt. Bei der Hebung der Dachflächenpotenziale ist zudem zu berücksichtigen, dass aufgrund von PV-Nutzung auf gewerblich genutzten Dächern für die Dachbesitzer zu beachten ist, dass nach derzeitigen EEG-Vergütungsrecht mind. 20 Jahre (Dauer der EEG-Vergütung) keine andere Nutzung oder nur ein bedingter Umbau möglich ist. Im Aktiv-Szenario wird für das Jahr 2023 eine installierte Photovoltaik-Leistung auf Dachflächen von 10 MW angestrebt.

Als Gesamtpotenzial wurde für die **Dachflächen** der Stadt Limburg eine **maximal installierbare Leistung von ca. 42 MW** [5] berechnet. Eine vollständige Erschließung dieser Potenziale wurde im Optimal-Szenario zugrunde gelegt, da dieses Szenario aufzeigen soll, welche Strommenge maximal im Stadtgebiet erzeugt werden könnte, auch wenn die Wirtschaftlichkeit dabei nicht immer gegeben ist.

Für den Bereich der Freiflächen stehen auf Limburger Gemarkung folgende Flächen zur Verfügung [Limburg 2013]:

1. Ahlbach 2,5 ha
2. Deponie Offheim 8,0 ha
3. Dietkircher Höhe 7,5 ha
4. Rastanlage West A3 3,2 ha
5. Deponie Lindenholzhausen B8 6,4 ha
6. Lindenholzhausen B8 und A3 19,5 ha

[5] Für **Dächer auf Wohngebäuden** nach Potenzialberechnung IE Leipzig: **24,6 MW** unter Berücksichtigung der Nutzungskonkurrenz zur Solarthermie; **Für Dächer aus dem Bereich Industrie/ GHD und Landwirtschaft 17,4 MW** unter der Annahme, dass sich ein Viertel aller Dachflächen auf Nichtwohngebäuden befindet und dort Solarthermie nicht genutzt wird. Diese überschlägige Potenzialabschätzung muss im Einzelfall durch Machbarkeitsstudien bzw. Wirtschaftlichkeitsberechnungen konkretisiert werden.

7. Linter an der A3 20,0 ha

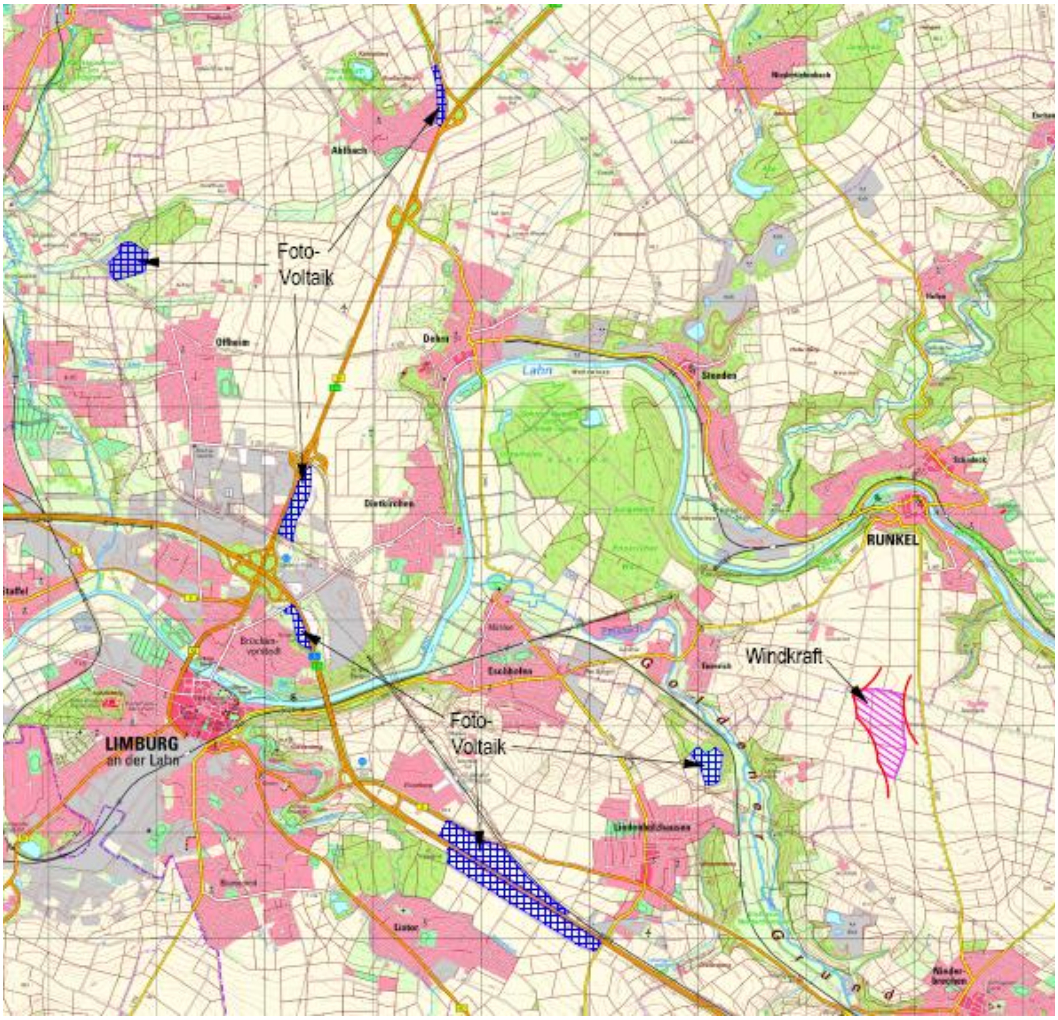


Abbildung 33 ***Potenzielle Flächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf der Gemarkung Limburg***
Quelle: [Limburg 2013]

Das Amt für Verkehrs- und Landschaftsplanung Limburg hält die Flächen 5 bis 7 für zeitnah umsetzbar, daher wurden diese Flächen im Aktiv-Szenario berücksichtigt.

im Optimal-Szenario wurde für die Gesamtfläche von 67,1 ha eine vollständige Belegung mit Solarparks (Freiflächenanlagen) angenommen. Zu Grunde gelegt wurde dabei ein realistischer Flächenbedarf von 2 ha pro MW Modulleistung. Da die Vergütungen für Freiflächenanlagen nach den 2012 erfolgten Korrekturen am EEG und der darin festgelegten verstärkten Degression der Einspeisevergütung nicht mehr in allen Fällen eine Wirtschaftlichkeit gewährleistet, wurde diese Annahme nur im Rahmen des Optimal-Szenarios getroffen.

Die Berechnung der Stromerträge berücksichtigt unterschiedliche Ausrichtungen der Dächer sowie die regional typische Globalstrahlung, als mittlerer jährlicher Ertrag wurden knapp 960 kWh/kW angesetzt. Für die Investitionskosten wird von Systempreisen von 1.700 € zur Installation von 1 kW Leistung auf Dachflächen bzw. 1.200 € auf Freiflächen ausgegangen. Diese Preise sind in den letzten Jahren erheblich gesunken, es wird davon ausgegangen, dass die Preise bis zum Jahr 2023 zumindest moderat zurückgehen.

Damit ergeben sich die in Tabelle 3 dargestellten installierten Leistungen und Stromerträge aus der Photovoltaik in den drei Szenarien.

Tabelle 3 ***Zusätzliche Stromerzeugung durch Photovoltaik sowie Investitionskosten nach Szenarien***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Photovoltaik	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Installierte Leistung auf Dachflächen	MW	8,6	10,0	42,0
Installierte Leistung auf Freiflächen	MW	-	23,0	33,6
Summe der installierten Leistung	MW	8,6	33	75,6
Summe Stromerzeugung	GWh/a	7,7	29,6	67,8
Investitionskosten (2012 – 2023)	Mio. €	5,9	46,3	120,0

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 Globalstrahlung 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.

Für die Erlösseite (Strom) bietet das Erneuerbare-Energien-Gesetz, aus derzeitigen Gesichtspunkten, die Möglichkeit einer festen und für 20 Jahre garantierten Einspeisevergütung oder die Möglichkeit, die Strommengen selbst zu verbrauchen oder direkt zu vermarkten[6]. Dabei wird auch der Eigenverbrauch des erzeugten Solarstroms zunehmend die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen bestimmen. Für die Abschätzung der Wirtschaftlichkeit ist eine Einzelfallprüfung notwendig, sie kann im Allgemeinen nach aktueller Marktlage für geeignete Dachflächen jedoch als positiv gesehen werden.

4.1.2 Ausbau Windenergie

Bis zum aktuellen Zeitpunkt waren im Stadtgebiet Limburg 3 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 1,7 MW Betrieb. Für die Ausweisung von Vorranggebieten ist die Regionalversammlung Mittelhessen verantwortlich. Deren Geschäftsstelle im RP Gießen legte im Dezember 2012 den Teilregionalplan Energie für Mittelhessen als Entwurf vor [RPG 2012]. Da eine abschließende Fassung vor Projektende nicht zu erwarten ist, wur-

[6] Durch die anstehende Überarbeitung des EEG kann aus derzeitigen Gesichtspunkten keine genaue Prognose über künftige Vergütungen und Vergütungsdauern gegeben werden.

de für die Ermittlung des möglichen Ausbaus der Windenergie davon ausgegangen, dass die Festlegungen dieses Entwurfs auch Bestand haben werden.

Im aktuellen Entwurf des Teilregionalplans ist auf Limburger Gemarkung nur ein sehr kleiner Teil (5 ha) im Staffeler Wald als Vorranggebiet ausgewiesen. Der entsprechende größere Teil des Vorranggebietes mit der Bezeichnung 1125 (vgl. Abbildung 34) befindet sich auf der Gemarkung der Stadt Elz. Erschwerend kommt hinzu, dass der sich auf Limburger Gemarkung befindende Teil der Fläche durch die A3 sowie die ICE Trasse zerschnitten wird. Bei den zum Zeitpunkt der Erstellung des Konzeptes gesetzlichen Abstandregelungen bleibt lediglich Platz für eine Windenergieanlage im Stadtgebiet von Limburg. Im Trend- und Aktiv-Szenario wurde von einer Umsetzung dieser Anlage abgesehen. Berücksichtigt wurde die Anlage lediglich im Optimal-Szenario mit einer Größe von 3 Megawatt.

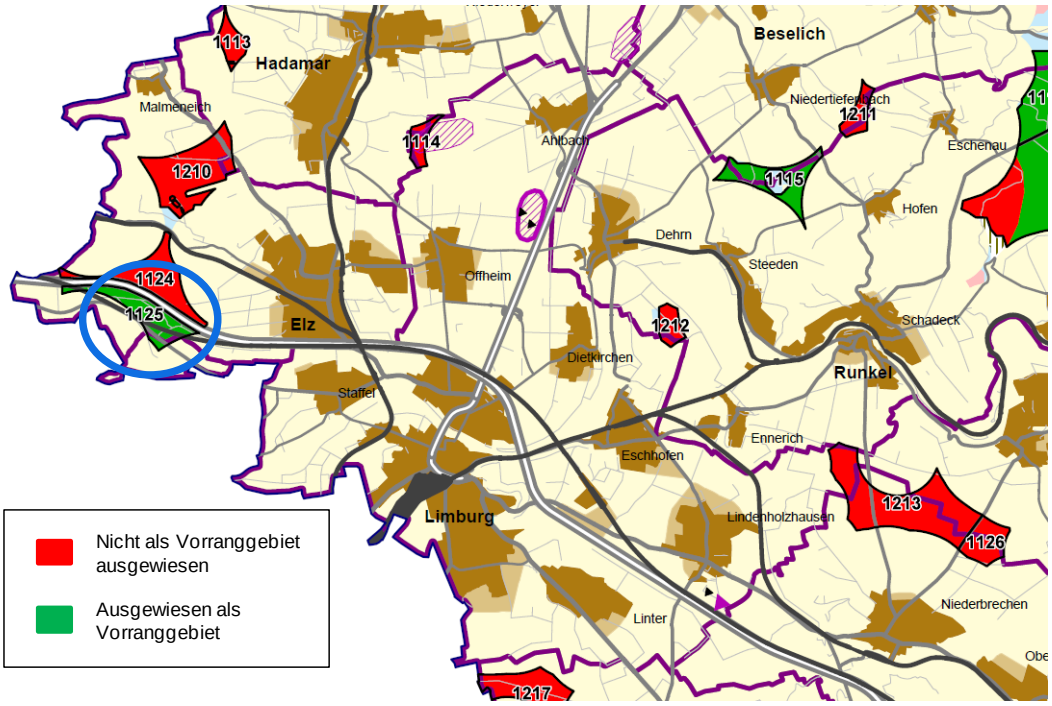


Abbildung 34 ***Geplante Vorranggebiete zur Windenergienutzung in Limburg***
Quelle: Teilregionalplan Energie Mittelhessen, Entwurf vom 18.12.2012 [RPG 2012]

Für Städte wie Limburg, wo sich kaum potenzielle Standorte für Windparks befinden, bietet die Thüga (Anteilseigner der Energieversorgung Limburg) mit ihrer Erneuerbare Energien GmbH Co. KG die Möglichkeit, sich über den Erwerb von Firmenanteilen am Bau und Erwerb von Windparks zu beteiligen. Bilanziell kann diese Stromerzeugung der Stadt zugeordnet werden. Diese Möglichkeit nutzt die EVL seit geraumer Zeit und hält aktuell Anteile mit einem Volumen von rund 2 MW installierter Leistung, vor dem Hintergrund fehlender Flächen im Stadtgebiet sollte diese Möglichkeit auch weiterhin genutzt werden. Im Rahmen des Projektes wurde für das Trend-Szenario ein Anstieg dieses Anteils auf 2,7 MW angenommen. Im Aktiv-Szenario wurde die mögliche Stromerzeugung bei einer Hebung des Anteils auf 5,3 MW untersucht, im Optimal-Szenario wurde ein Anstieg auf 15,3 MW angenommen.

Die damit verbundenen Investitionskosten sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 ***Zusätzliche Stromerzeugung von Windkraftanlagen sowie Investitionskosten nach Szenarien***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Windenergie	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Installierte Leistung auf der Gemarkung der Stadt Limburg	MW	1,7	1,7	4,7
Beteiligungen an Windparks[7]	MW	2,7	5,3	15,3
Summe der installierten Leistung	MW	4,4	7,0	20,0
Summe Stromerzeugung	GWh/a	6,9	12,2	38,1
Summe der Investitionskosten für Anlagen auf Gemarkung Limburg und Beteiligungen (2012 – 2023)	Mio. €	0,9	5,0[8]	24,5[7]

4.1.3 Ausbau Biomassenutzung

Im Rahmen des zentralen Workshops sowie der Projektteamsitzungen ergab sich, dass im Bereich Biomasse die im Teilregionalplan Mittelhessen (TRP) ausgewiesenen Flächen für Kurzumtriebsplantagen (rund 15 ha) nicht ausreichend für Anwendungszwecke in größeren Anlagen, auch „Suchgebiete für Biogasanlagen“ sind auf Limburger Gemarkung nicht vorgesehen (Abbildung 35). Dennoch wird im Bereich Biomasse seitens der Stadt Limburg eine überregionale Kooperation mit dem Bauernverband angestrebt, um die Stoffströme an geeigneter Stelle zu bündeln. Im Rahmen des Projekts wird darauf allerdings nicht weiter eingegangen, da die Planung aus gegenwärtigen Gesichtspunkten am Standort Limburg zu unsicher ist.

Aktuell befindet sich auf Limburger Gemarkung eine Biogasanlage mit einer installierten Leistung von 240 kW, welche jährlich eine Strommenge von rund 2 GWh produziert. In allen Szenarien wird davon ausgegangen, dass sich an diesen Werten bis zum Jahr 2023 nichts ändert.

[7] Gemeint sind hier die Beteiligungen der EVL an der Thüga Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG(THEE)

[8] Voraussetzungen für diese Investitionen sind zum Einen die Zustimmung der Gremien der EVL und zum Anderen das Vorhandensein wirtschaftlicher Projekte.

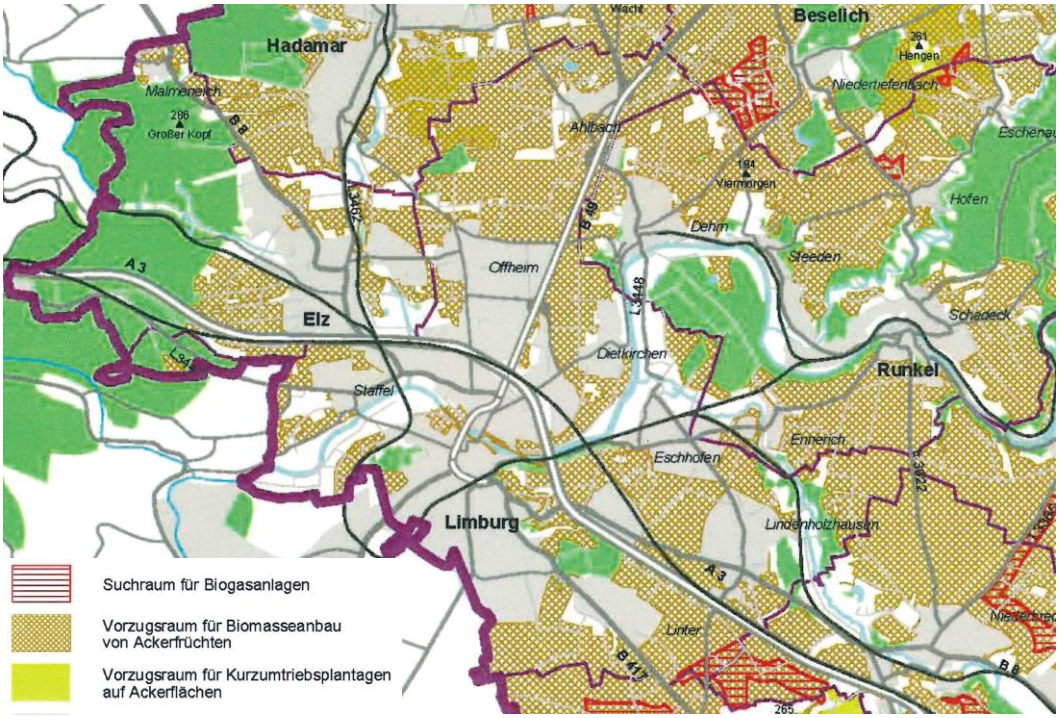


Abbildung 35 ***Vorgeschlagene Flächen zum Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung***
Quelle: Teilregionalplan Energie Mittelhessen, Entwurf vom 18.12.2012 [RPG 2012]

4.1.4 Ausbau Klärgasnutzung

Strom aus Klärgas wird derzeit bereits in Klärwerk Limburg erzeugt. Es wird untersucht, ob zusätzlich zum bestehenden 100 kW_{el}-BHKW ein zweites Modul mit einer Größe von 50 kW wirtschaftlich betrieben werden kann. Diese Maßnahme würde zu einer abgeschätzten Steigerung der jährlichen Stromproduktion um rund 190 MWh führen. Diese Maßnahme wird aufgrund der Unsicherheit der Wirtschaftlichkeit nur im Optimal-Szenario berücksichtigt.

Tabelle 5 dokumentiert die berücksichtigte zusätzliche Stromerzeugung aus Klärgas in Limburg. Die Investitionskosten stellen eine unverbindliche Schätzung dar und wurden mit rund 1.700 Euro je kW angesetzt.

Tabelle 5 ***Stromerzeugung aus Klärgas sowie Investitionskosten nach Szenarien***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Klärgas	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Installierte Leistung zur Klärgasverstromung	kW_{el}	100	100	150
Summe Stromerzeugung	MWh	392	392	588
Investitionskosten (2012 – 2023)	Mio. €	-	-	0,09

4.2 Maßnahmen im Sektor der Privaten Haushalte

Für die zukünftige Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der damit verbundenen CO_2-Emissionen ist der Umsetzungsgrad bereits 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 2023 (Trend) basiert im Wesentlichen auf allmählich weiter steigenden Energiepreisen, Effekten restriktiver Instrumente wie das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) und der Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie Förderungen durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).

Bei den Privaten Haushalten liegt der Schwerpunkt der Maßnahmen in den Bereichen effiziente Raumwärmenutzung und –bereitstellung im Gebäudebestand, da hier der Großteil der Energie verbraucht wird (siehe Tabelle 6). Neubauten unterliegen ohnehin gesetzlichen Anforderungen wie beispielsweise des EEWärmeG. Dennoch gibt es auch hier Möglichkeiten, Energie einzusparen. In Limburg gibt es wenig zusammenhängende Neubaugebiete, eines davon ist das Ohl-Gelände. Hier sollte die Möglichkeit untersucht werden, ob die Bebauung im „Passivhausstandard“ möglich ist, ein „energetisches Musterquartier“ könnte entstehen.

Tabelle 6 ***Übersicht über die Maßnahmen im Sektor Private Haushalte nach Szenarien für Limburg***
Quelle: IE Leipzig

Maßnahme	Parameter	Trend	Aktiv	Optimal
Gebäudesanierung (Wärmedämmung)	(Äquivalente Voll-) Sanierungsrate	1 % p.a.	1,5 % p.a.	2 % p.a.
Kesseltausch (neues Heizsystem)	Austauschrate	3 % p.a.	4 % p.a.	5 % p.a.
Hydraulischer Abgleich (Heizsystem-Optimierung)	Abgleich-Rate	0,5 % p.a.	2 % p.a.	5 % p.a.
Solarthermie für Warmwasser	WE mit Solarthermie 2023	**~ 750**	**~ 860**	**~ 1.040**
Biomasse-Heizkessel	WE mit Biomasse-Heizkessel 2023	**~ 210**	**~ 260**	**~ 350**
Wärmepumpen	WE mit Wärme-pumpen 2023	**~ 300**	**~ 350**	**~ 430**
KWK (inkl. Nahwärme)	WE mit KWK-Versorgung 2023	**~ 630**	**~ 680**	**~ 750**

4.2.1 Gebäudesanierung

Grundsätzlich bringt die energetische Gebäudesanierung deutliche Energie- und somit auch Betriebskosteneinsparungen und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz.

Im Gebäudebestand ist insbesondere die Höhe der **energetischen Modernisierungsrate** der Gebäudehülle von Interesse. Die energetische Sanierungsrate beschreibt die Höhe des Anteils am Gebäudebestand, der vollständig wärmegedämmt wird (Fenster, Dach, Keller, Außenwand). In der Realität werden aber nicht alle Gebäude vollsaniert, sondern eine höhere Anzahl teilsaniert. Somit handelt es sich eigentlich um eine äquivalente Vollsanierungsrate.

In der vorliegenden Studie wird die **Sanierungsrate der Gebäude** aufgrund von bundesweiten Erfahrungswerten sowie der Einschätzung der lokalen Akteure auf 1 % p. a. geschätzt. Sie berücksichtigt eine Vollsanierung von 0,3 % p. a. der Bestandsgebäude und Teilsanierungen in unterschiedlichem Umfang bei mindestens 2 % der Bestandsgebäude jährlich, die zusammengenommen den gleichen Einspareffekt erreichen wie eine Vollsanierung von 0,7 % der Bestandsgebäude.

In Limburg soll diese Sanierungsrate deutlich ansteigen. Im Aktiv-Szenario (1,5 % p. a.) wird eine deutliche Steigerung der Aktivitäten gegenüber dem Trend-Szenario und im Optimal-Szenario eine Verdoppelung des Trend-Szenarios berücksichtigt (2 % p. a.). Der Wert von 2 % entspricht den Zielen der Bundesregierung in Ihrem Energiekonzept [BMWi & BMU 2010].

Die Berechnungen wurden mit den entsprechenden Sanierungsraten für die verschiedenen Szenarien durchgeführt (Tabelle 7). Da diese Maßnahme im Sektor der privaten Haushalte die höchste Bedeutung hat – sowohl preislich als auch energetisch – wurde auch die Mehreinsparung der verschiedenen Szenarien gegenüber dem Trend berechnet. Dabei wird in der Berechnung davon ausgegangen, dass unter ansonsten unveränderten Rahmenbedingungen nur diese Maßnahme durchgeführt wird.

Tabelle 7 ***Sanierungsraten und Einsparmöglichkeiten der Gebäudesanierung in den Szenarien***
Berechnungen: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Einsparung bei Vollsanierung	30 bis 50 %			
Einsparung bei Teilsanierung	ca. 15 % (je nach Maßnahme)			
Äquivalente energetische Vollsanierungsrate (alle Gebäudetypen)	% p. a.	1 %	1,5 %	2 %
Investitionskosten 2012 bis 2023	Mio. €	58,2	86,8	116,8

Unter wirtschaftlichen Bedingungen können energetische Modernisierungsmaßnahmen der Gebäudehülle im Allgemeinen nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt durchgeführt werden, 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. Eine Gebäudesanierung ist somit in der Regel finanziell vorteilhaft, wenn Wärmeschutzmaßnahmen mit einer ohnehin fälligen Instandsetzungsarbeit gekoppelt ausgeführt werden.

Die in Tabelle 7 geschätzten kumulierten Investitionskosten enthalten einen Kostenanteil von rund 30 %, die auch bei einer nicht-energetischen Sanierung angefallen wäre, z. B. die Aufstellung der Gerüste. Die spezifisch höheren Kosten im Aktiv- und im Optimal-Szenario beruhen auf der Annahme, dass die höheren äquivalenten Vollsanierungsraten nur dadurch erreicht werden, dass der Anteil der Teilsanierungen an der Sanierungstätigkeit ansteigt.

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. Dementsprechend ist in der Regel auch die Wirtschaftlichkeit höher zu bewerten. Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Sanierungsmaßnahmen ist demnach mit vielen Unwägbarkeiten behaftet.

Neben der Bereitstellung von Fördermitteln zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit sind z. B. auch die Eigentumsverhältnisse von entscheidender Bedeutung. So sanieren Eigentümer bzw. Selbstnutzer durchschnittlich 8 Jahre früher als Eigentümer vermieteter Immobilien [KfW 2010], weil sie unmittelbar durch die Brennstoffkostenersparnis profitieren, die aus den Sanierungsmaßnahmen resultieren.

4.2.2 Kesseltausch

Neben dem Gebäudewärmeschutz ist auch die Erneuerung von Heizungsanlagen zu beachten. Die reguläre Lebensdauer von Heizkesseln ist mit 20 bis 25 Jahren deutlich niedriger als die von baulichen Wärmeschutzmaßnahmen.

Unter Berücksichtigung der bekannten deutschlandweiten Rahmenannahmen und der Einschätzungen der lokalen Akteure wurde für das Gebiet der Stadt Limburg eine **durchschnittliche Kesselaustauschrate** in der Vergangenheitsentwicklung und im Trend-Szenario auf 3 % p.a. eingeschätzt. Dies deckt sich auch mit einer Analyse des IWU, in der der Stand der Heizungsmodernisierung in Deutschland nach alten und neuen Bundesländern gegliedert untersucht wurde: Danach betrug die Heizungsmodernisierungsrate bei Altbauten (Baujahr bis 1979) in den alten Bundesländern in der Periode von 2005 bis 2009 nur ca. 3,3 % p. a., bei Einbeziehung neuerer Gebäude in den Gesamtbestand

noch weniger [IWU & BEI 2010]. Für das Aktiv-Szenario wird eine Erhöhung der Kesselaustauschrate auf 4 % p.a. und im Optimal-Szenario auf 5 % p.a. angestrebt (Tabelle 8).

Die **durchschnittliche Effizienzsteigerung** durch einen Kesseltausch kann mit Werten zwischen 9% und 12% angegeben werden [IWU 2003]. In den vorliegenden Berechnungen wird für alle Szenarien ein Wert von 11% angewendet[9]. Es wird weiterhin angenommen, dass im Zuge des Kesselaustauschs kein Energieträgerwechsel vorgenommen wird. Da diese Maßnahme im Bereich der privaten Haushalte eine überdurchschnittliche Bedeutung hat, wurde auch hier eine Wirkungsabschätzung durchgeführt. Dabei wurde die Wirkung der Maßnahme separat berechnet, also ohne eventuelle begleitende Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle.

Tabelle 8 ***Kesselaustauschraten mit Einsparmöglichkeiten und Investitionskosten nach Szenarien***
Berechnungen: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Senkung des spezifischen Raumwärmebedarfs	%	15 bis 20 %		
Kesselaustauschrate	% p. a.	3 %	4 %	5 %
Investitionskosten 2012 bis 2023	Mio. €	26,8	34,4	41,1

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 2009].

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 CO_2-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.

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

4.2.3 Hydraulischer Abgleich

Eine Heizungsanlage soll in der Heizperiode in einem Wohngebäude eine bestimmte thermische Behaglichkeit gewährleisten. Die Gebäude- bzw. Raumhülle hat bestimmte Wärmeverluste, die der Heizkörper bzw. die Heizflächen wieder ausgleichen sollen. Zu diesem Ausgleich tragen auch Wärmegewinne durch Beleuchtung, Sonneneinstrahlung, Elektrogeräte-Abwärme (z. B. Computer, Kühlschrank) und Personen bei.

Die Wärmeabgabe über die Heizkörper oder Heizflächen wird im Wesentlichen durch zwei Parameter beeinflusst: Einerseits zentral durch die Regelung der Vorlauftemperatur und andererseits lokal durch den Durchfluss am Heizkörper bzw. an der Heizfläche. Dieser Durchfluss kann an jedem Heizkörper/ jeder Heizfläche entsprechend der benötigten Heizwassermenge durch eine "Drossel" (voreinstellbares Thermostatventil) begrenzt werden.

Der hydraulische Abgleich sollte idealerweise schon beim Kesseltausch bzw. beim Einbau einer neuen Heizungsanlage erfolgen. Daher ist nach geltenden Verordnungen und Richtlinien[10] 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 Limburg bereits hydraulisch abgeglichen sind, existieren nicht. Im Projektteam wurde geschätzt, dass derzeit weniger als ein Prozent der Gebäude jährlich hydraulisch optimal abgeglichen werden. Daher wurde geschätzt, dass der hydraulische Abgleich derzeit bei 0,5 % der Heizungsanlagen jährlich durchgeführt wird. Diese Abgleichrate bleibt im Trend-Szenario konstant (vgl. Tabelle 9).

Da der hydraulische Abgleich nach Einschätzung der Gutachter ein großes Einsparpotenzial bei sehr hoher wirtschaftlicher Attraktivität bietet, sollte diese Maßnahme sehr offensiv kommuniziert werden, so dass im Aktiv-Szenario die jährliche Abgleichrate auf 2 % und im Optimal-Szenario auf 3 % ansteigt.

Tabelle 9 ***Hydraulischer Abgleich und dessen Investitionskosten nach Szenarien***
Berechnungen: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Senkung des spezifischen Raumwärmebedarfs	kWh/m²	ca. 10 kWh/m²		
Abgleichrate	% p. a.	0,5 %	2 %	5 %
Anteil der WE mit durchgeführtem hydraulischem Abgleich bis 2023	% der WE	5,5 %	22 %	55 %
Investitionskosten 2012 bis 2023	Mio. €	0,8	3,3	8,3

[10] DIN 18380, VDMA-Einheitsblatt 24199

Bei der Berechnung der Effekte wird die vereinfachte Annahme getroffen, dass sich durch einen hydraulischen Abgleich der Raumwärmebedarf durchschnittlich um 10 kWh/m² und Jahr reduziert. Um die Effizienz eines hydraulischen Abgleichs noch deutlich zu verbessern, sollte auch in drehzahlgeregelte und energieeffiziente Heizungspumpen investiert werden [StiftungWarentest 2007]. Das Einsparpotenzial der Maßnahme wurde jedoch nicht isoliert von den übrigen Maßnahmen des Gebäudesektors errechnet, zumal die Gesamteinsparung aus allen Maßnahmen nicht addiert werden kann. So wirkt sich ein hydraulischer Abgleich in einem unsanierten Gebäude mit hohem Energieverbrauch trotz gleicher relativer Einsparung auf den absoluten Energieverbrauch stärker aus als in einem energetisch sanierten Gebäude.

Wirtschaftlich betrachtet ist die Maßnahme durch überschaubare Investitionen gekennzeichnet, die sich schnell über die eingesparten Energiekosten amortisieren. Der hydraulische Abgleich ist mit verschiedenen Kosten für Handwerksleistungen (Berechnungen, Einbauleistungen, ca. 1 bis 6 € je Quadratmeter Wohnfläche) und Einbauten (Ventile, Thermostatköpfe usw.) verbunden [Bau-Welt 2013]. Als Berechnungsgrundlage wurden 8 €/m² Wohnfläche für MFH und 11 €/m² für EZFH verwendet.

4.2.4 Solarthermie

Die Nutzung der Sonnenenergie zur Wassererwärmung führt dazu, dass bei gleichem Warmwasserbedarf der Verbrauch an fossilen Energieträgern und damit die CO_2-Emissionen sinken. Für die Einzelmaßnahme ist daher keine Energieeinsparung ausgewiesen, die Berechnung der Emissionsminderung wurde nur im Zusammenhang der gesamten Szenarien durchgeführt, nicht aber als getrennte Maßnahme, da diese Emissionsminderung vom sonstigen Energieträgermix der Heizungssysteme abhängt, der im Zuge der Szenarien parallel auch verändert wird.

Im Jahr 2012 nutzten in Limburg etwa 300 Wohneinheiten Kollektoren zur Warmwasserbereitstellung. Umgerechnet auf die Gesamtzahl der Wohneinheiten entspricht dies einem Anteil von 1,7 %.

Bei der Fortschreibung der Struktur der Heizungssysteme im Trend-Szenario bis 2023 wird davon ausgegangen, dass sich der Anteil der Wohneinheiten mit Solarthermie auf 4,3 % (750 WE) im Jahr 2023erhöht. 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. Auch im Wohnungsbestand werden weitere Solarthermieanlagen installiert, oft auch in Verbindung mit dem Kesseltausch.

Für das Aktiv-Szenario wird angestrebt, den Anteil der Wohneinheiten, welche Solarthermie nutzen, auf 5 % (860 Wohneinheiten) zu steigern. Im Optimal-Szenario steigt die Zahl der mit Solarthermieanlagen versorgten Wohneinheiten bis 2023 auf 1.040, so dass mehr als 6 % aller Wohngebäude mit einer solarthermischen Anlage ausgerüstet sind. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse zu den Szenarien dargestellt.

Tabelle 10 ***Nutzung der Solarthermie und deren Investitionskosten nach Szenarien***
Berechnungen: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Anzahl der WE mit Solarthermie	WE (2023)	~ 750	~ 860	~ 1.040
Anteil der WE mit Solarthermie bis 2023	%	4,3 %	5 %	6 %
Investitionskosten 2012 bis 2023	Mio. €	2,5	3,1	4,0

Auch am Beispiel der Solarthermie wird deutlich, dass eine **wirtschaftliche Bewertung** nur für den konkreten Einzelfall abgegeben werden kann. Diese hängt von verschiedenen Aspekten ab, wie etwa der Höhe des Warmwasserbedarfs, der Ausrichtung der Dachfläche, der erwarteten Solarstrahlung sowie von der bedarfsgerechten Dimensionierung und fachgerechten Ausführung der Anlage.

4.2.5 Biomassekessel und Wärmepumpen

Als weitere Maßnahme im Bereich der Wärmebereitstellung wird der Zubau an Biomassekesseln (Holzheizungen) betrachtet. Zudem wird auch im Bereich der Wärmepumpen ein Zuwachs erwartet, der sich allerdings vor allem aus dem Neubau von Gebäuden speist. Beide Heizsysteme zeichnen sich durch einen geringeren CO_2-Ausstoß gegenüber dem Referenzsystem Erdgasheizung aus.

Aus den Daten zur Beheizungsstruktur ist ersichtlich, dass im Jahr 2012 in Limburg **Biomassekessel** für ca. 80 Wohneinheiten und Wärmepumpen für ca. 130 Wohneinheiten installiert waren. Im Trend-Szenario wird bis zum Jahr 2023 ein weiterer Zubau von Biomassekesseln für ca. 130 Wohneinheiten sowie Wärmepumpen für ca. 170 Wohneinheiten erwartet.

Da eine Integration von **Wärmepumpen** in Altbauten in der Regel nur bei völliger Entkernung und beim Ersatz von Heizkörpern durch Fußbodenheizungen in Frage kommt, wird in den Szenarien von moderaten Steigerungen auf 350 (2,0 % der WE) versorgte Wohneinheiten im Aktiv-Szenario bzw. 430 (2,5 % der WE) versorgte Wohneinheiten im Optimal-Szenario ausgegangen.

Eine Umstellung auf Biomasse (z. B. Pelletkessel) ist in vielen Fällen sinnvoll, insbesondere dann, wenn damit der Energieträger Erdöl verdrängt werden kann. Durch zusätzliche Anstrengungen wird im Aktiv-Szenario ein Anteil der durch Biomassekessel versorgten Wohneinheiten von 1,5 % (260 Wohneinheiten) angestrebt, im Optimal-Szenario steigt dieser auf 2 % (350 Wohneinheiten).

Die Ergebnisse der Szenarien sind in Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11 ***Biomassekessel und Wärmepumpen und deren Investitionskosten nach Szenarien***
Berechnungen: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Anzahl der WE mit Holzkesseln	WE (2023)	~ 210	~ 260	~ 350
Anteil der WE mit Holzkesseln bis 2023	% der WE	1,2 %	1,5 %	2,0 %
Investitionskosten 2012 bis 2023 für Holzheizungen (Holzkessel)	Mio. €	2,0	2,6	3,6
Anzahl der WE mit Wärmepumpen	WE (2023)	300	350	430
Anteil der WE mit Wärmepumpen bis 2023	% der WE	1,8 %	2,0 %	2,5 %
Investitionskosten 2012 bis 2023 für Wärmepumpen	Mio. €	1,6	2,0	2,6

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. Dies betrifft Neubauten ebenso wie Heizungssanierungen. Daher ist die **Wirtschaftlichkeit** jeder Heiztechnologie und aller Energieträger individuell unterschiedlich.

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 Vollkosten[11] aufwies als eine Erdgasheizung. 2009 (niedrigere Erdgaspreise, gestiegene Pelletpreise) kehrte sich diese Tendenz allerdings wieder um [IE Leipzig 2009]. Die variablen Energiekosten erschweren also zusätzlich eine wirtschaftliche Bewertung.

4.2.6 Erdgas-KWK-Anlagen

Derzeit gibt es in Limburg 2 Nahwärmenetze auf Erdgasbasis (Neu-Blumenrod und Bischof-Blum-Straße), welche insgesamt rund 480 Wohneinheiten versorgen (vgl. Abbildung 36 und Abbildung 37). Da es in Limburg keine größeren zusammenhängende Neubaugebiete, sondern weit verstreute Baugrundstücke gibt, wurde in den Szenarien davon ausgegangen, dass keine weiteren Nahwärmenetze bis 2023 hinzukommen. Es wurde

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

jedoch berücksichtigt, dass Baugrundstücke, welche sich in unmittelbarer Nähe zu den bestehenden Nahwärmenetzen befinden, an das Wärmenetz angegliedert werden.

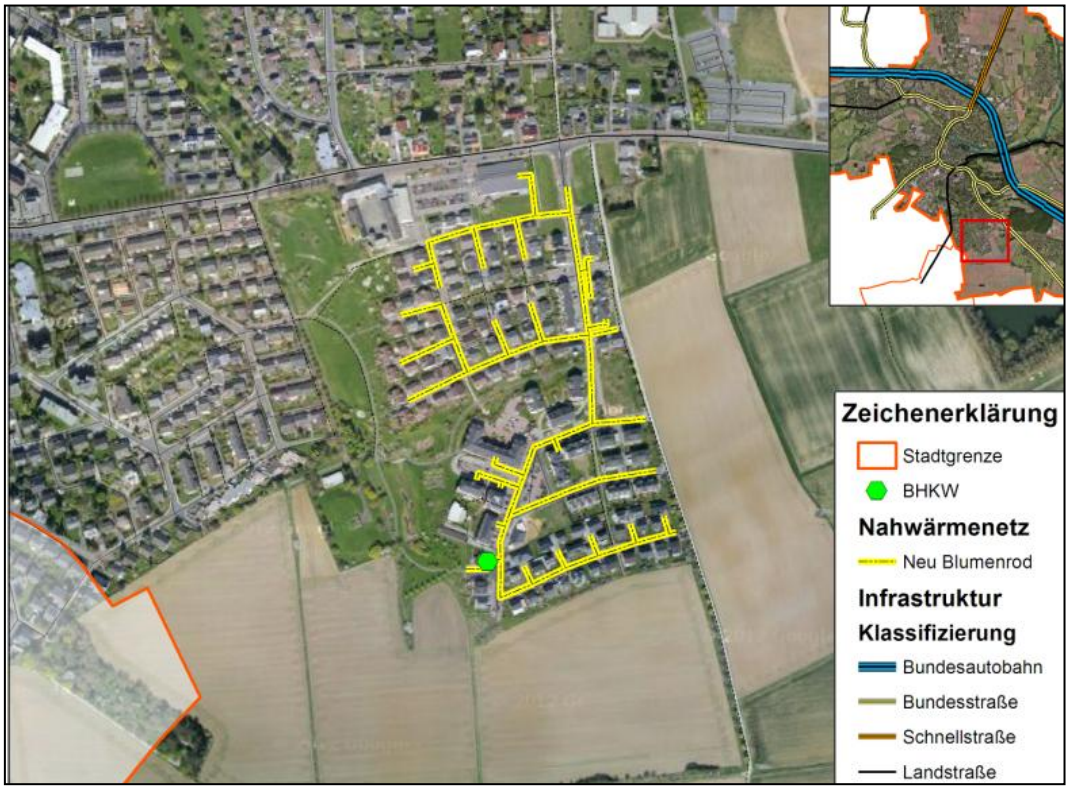


Abbildung 36 ***Nahwärmenetz Blumenrod in Limburg***
Darstellung: IE Leipzig

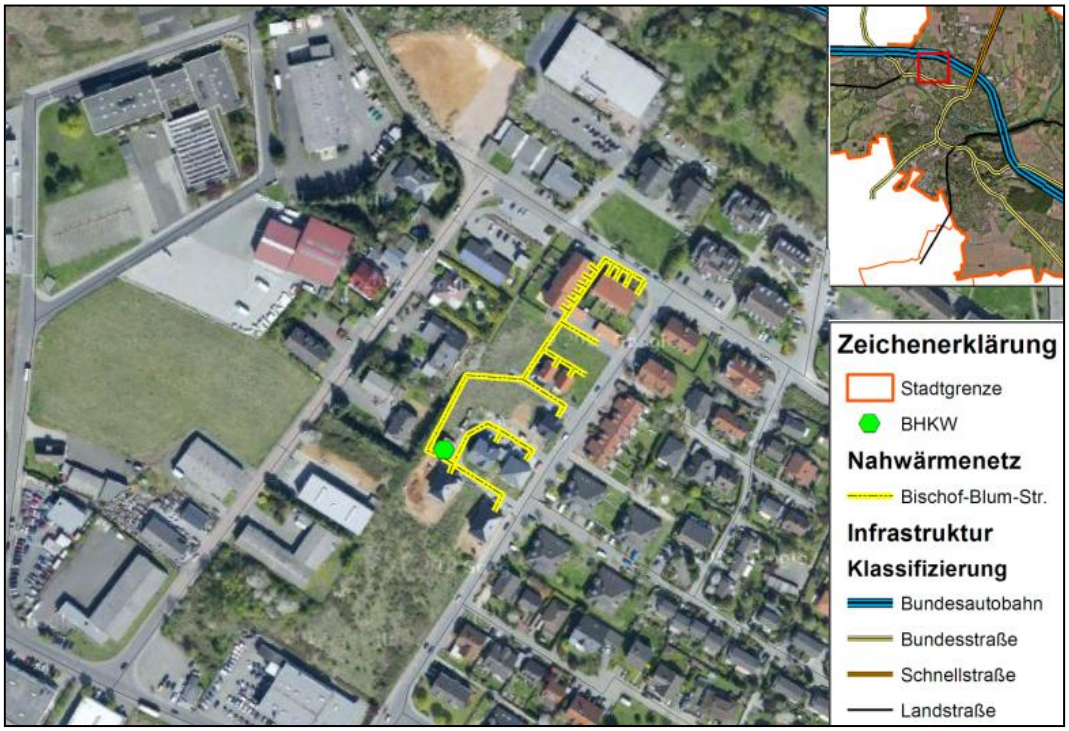


Abbildung 37 ***Nahwärmenetz Bischof-Blum-Straße***
Darstellung: IE Leipzig

Eine sich derzeit neu etablierende Technologie sind Mikro-KWK-Anlagen (bis zu 1 kW elektrische Leistung). Die dezentralen Heizsysteme werden in der Regel 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.

Daneben bestehen auch einige Mini-KWK-Anlagen (1 bis 10 kW elektrische Leistung, auch als Mini-BHKW bekannt), die meist in öffentlichen Gebäuden genutzt werden (z. B. Rathaus, Stadthalle).

Beide Systeme unterliegen saisonalen Schwankungen, so dass der Wirkungsgrad im Sommer niedriger sein kann, da die Wärme dann meist nur für Warmwasser benötigt wird. Für einen optimalen Betrieb ist jedoch ein kontinuierlicher Wärmebedarf erforderlich, da bei sinkender Wärmebereitstellung auch die Stromerzeugung zurückgeht.

Bisher (Stand 2012) waren 23 Mini- und Mikro-KWK-Anlagen in Limburg in Betrieb. Im Trend bis 2023 wird mit einer moderaten Steigerung auf 50 Systeme im Haushaltsbereich gerechnet (zur Berechnung wurde zugrunde gelegt, dass ein System jeweils 2 Wohneinheiten versorgt).

Für das Aktiv-Szenario wird angestrebt, im Jahr 2023 insgesamt 130 Wohneinheiten mittels Mikro- bzw. Mini- KWK- Anlagen zu versorgen. Ziel im Optimal-Szenario ist ein Deckungsgrad von 1 % des Wohnungsbestandes (rund 170 Wohneinheiten). In Tabelle 12 sind die entsprechenden Stückzahlen sowie deren abgeschätzte Investitionskosten dargestellt.

Tabelle 12 ***Erdgas- KWK-Anlagen sowie deren Investitionskosten nach Szenarien***
Berechnungen: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Anzahl der durch Nahwärmenetze (KWK) versorgte Wohneinheiten	WE (2023)	~ 530	~ 550	~ 580
Anzahl der durch Mikro- und Mini-KWK Anlagen versorgte Wohneinheiten	WE (2023)	~ 100	~ 130	~ 170
Anteil der durch KWK versorgten Wohneinheiten bis 2023	% der WE	3,6 %	3,9 %	4,3 %
Investitionskosten 2012 bis 2023	Mio. €	0,5	1,1	2,3

Die konkreten Energieeinsparungen wurden nur im Zusammenhang mit den übrigen Maßnahmen in den Szenarien berechnet, da die Einsparungen nicht nur vom substituierten Heizungssystem, sondern auch von der Gebäudedämmung oder dem Stromverbrauch abhängen.

4.2.7 Effiziente Elektrogeräte

Etwa 12 % des Endenergieverbrauchs entfällt auf Stromanwendungen wie Beleuchtung, Informations- und Kommunikationstechnik, Nahrungszubereitung, Wasch-, Kühl- und Trockengeräte. Hier soll aufgezeigt werden, wie stark neue effizientere Geräte zur Energieeinsparung beitragen können.

Zur Berechnung des Endenergieverbrauchs der Elektrogeräte werden der Ausstattungsgrad sowie der durchschnittliche Jahresverbrauch des Gerätebestandes im Modell berücksichtigt. Anhand von Annahmen zur Lebensdauer dieser Geräte kann die jährliche Austauschrate ermittelt werden. Daraus ergibt sich die Anzahl von Neuanschaffungen im betrachteten Zeitraum zwischen 2012 und 2023.

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 Abwasserverbrauchs 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.

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 [Prognos 2007]. Tabelle 13 enthält die Festlegungen zum Anteil der Kunden, die sich bei anstehenden Käufen von Elektrogeräten für das jeweils effizienteste Gerät entscheiden, das auf dem Markt verfügbar ist.

Tabelle 13 ***Bereitschaft zum Kauf effizienter Elektrogeräte sowie Investitionskosten nach Szenarien***
Berechnungen: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Anteil der Kunden, die im Handel das effizienteste Elektrogerät kaufen, an allen Käufern gleichartiger Geräte	%	10	10	50
Investitionskosten 2012 bis 2023 (Mehraufwand ggü. Durchschnittsgeräten)	Mio. €	7,6	7,6	34,9

4.2.8 Bewusstes Energiesparen durch verändertes Nutzerverhalten

Eine weitere, sehr effektive, Maßnahme zur Einsparung von Energie im Bereich der Privaten Haushalte ist ein verändertes Nutzerverhalten der Mieter und Hausbesitzer. Oft kann mit kleinen Veränderungen viel Energie eingespart werden.

Zu den effektivsten Möglichkeiten im Haushalt Energie einzusparen, gehören nach [dena 2012] und [Palmer 2009]:

Richtige Raumtemperatur wählen

- Je einem Grad Temperaturreduzierung werden rund 6 % Energie gespart
- Als Wohlfühltemperatur in Wohnräumen reichen 19 bis 20 Grad, in nicht genutzten Räumen kann die Raumtemperatur stärker gesenkt werden.

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, 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, wenn möglich sollte die Wäsche an der Luft trocknen (Wäscheleine)

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 die doppelte bis dreifache Energie benötigt

- Töpfe und Pfannen sollten immer passend zum Durchmesser der Kochstellen gewählt werden

Diese Aufzählung ist nicht abschließend.
Um das angestrebte energiesparende Nutzerverhalten mit diesen und weiteren Veränderungen zu erreichen, ist eine intensive und überzeugende Öffentlichkeitsarbeit erforderlich. Da eine Abschätzung über die dadurch erzielbaren Einsparungen rein spekulativ wäre, wurden diese Maßnahmen in den Szenarien nicht berücksichtigt.

4.3 Maßnahmen im Sektor Industrie/ GHD

Der Sektor Handel, Gewerbe und Dienstleistungen (GHD) sowie Industrie (d. h. der Sektor der privaten Wirtschaft) sowie der öffentlichen Verwaltung (soweit nicht unter städtische Liegenschaften enthalten) stellte in Limburg im Bezugsjahr 2011 mit knapp 39 Prozent den Bereich mit dem größten Energieverbrauch dar. Grundsätzlich sind im Industriesektor verschiedenartige Prozesse mit ganz unterschiedlichem Einsatz von Energieträgern von Bedeutung. Dieser Umstand führt dazu, dass Energie- und CO_2-Einsparpotenziale in Wirkung und Höhe im Einzelfall weitaus niedriger oder auch höher liegen können, als dies durchschnittlichen oder allgemeingültigen Werten für den ganzen Sektor entspricht.

Im Rahmen der vorliegenden Analyse konnten keine Betrachtungen für einzelne Unternehmen durchgeführt werden. Deshalb wurde zur bilanziellen Abschätzung von Effizienzmaßnahmen die spezifischen Einsparungen mit Hilfe der Kenngröße „Steigerung der Energieproduktivität“ ermittelt.

Methodisch ergibt sich der Energieverbrauch im Sektor 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 wird.

Die durchschnittliche Verbesserung der Energieproduktivität für den Sektor GHD/Industrie über alle Branchen liegt für die Bundesrepublik Deutschland bei etwa 1,5 % pro Jahr. Diese jährliche Steigerung wird für das Trend-Szenario auch für die in Limburg ansässigen Betriebe übernommen.

Eine weitere Steigerung der Energieproduktivität erscheint zwar möglich, kann jedoch nicht doppelt so stark wie im Trend-Szenario ausfallen. Deshalb wird, wenn die Anstrengungen intensiviert werden, im Aktiv-Szenario eine Steigerungsrate von 2 % p.a. als umsetzbar eingeschätzt. Im Optimal-Szenario wird eine jährliche Steigerung der Energieproduktivität von 2,5 % in Ansatz gebracht (Tabelle 14).

Tabelle 14 ***Annahmen für die Steigerung der Energieproduktivität im Sektor Industrie und GHD in den Szenarien***
Quelle: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Steigerung der Energieproduktivität	% p. a.	1,5 %	2,0 %	2,5 %
kumulierte Steigerung der Energieproduktivität bis 2023 (gegenüber 2011)	%	~ 16,5 %	~ 22,1 %	~ 27,6 %

Wie sich im Projektverlauf in den Workshops zeigte, versuchen insbesondere die größeren Unternehmen jederzeit, aufgrund des Kostendrucks Effizienzpotenziale zu heben. Im Bereich GHD wurde bisher auf die Energieeffizienz immer dann weniger Augenmerk gerichtet, wenn die Energiekosten nur einen sehr kleinen Anteil an den Gesamtkosten ausmachen und die Unternehmen zudem oft noch so klein sind, dass sie nur wenige personelle Kapazitäten aufbringen können, um sich dem Thema zu widmen.

4.3.1 Maßnahmen im Industriesektor

Im Industriesektor sind verschiedenartige Prozesse mit ganz unterschiedlichem Einsatz von Energieträgern von Bedeutung. Die Schwerpunkte des Energiebedarfs liegen bei der Prozesswärme sowie bei der mechanischen Energie. Die Hälfte der Endenergie wird vom Energieträger Erdgas geliefert, rund 40 Prozent durch elektrischen Strom, Heizöl folgt mit rund 5 %, die restlichen 5 % setzen sich aus Erneuerbaren und Sonstigen zusammen..

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. Jedoch gibt es auch Prozesse mit hohen energetischen Anforderungen, bei denen keine weiteren Einsparungen möglich sind, teilweise aber Substitutionsmöglichkeiten beim Energieträgereinsatz bestehen.

Neben Eingriffen in den technischen Produktionsablauf, welche immer sehr kostenintensiv sind, sollten in den Betrieben auch die systematische Einführung von Energiemanagement und Energiecontrolling initiiert werden, sofern dies noch nicht geschehen ist. 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 [UBA 2010]. In der Regel können hier geringe Investitionen zu hohen Einsparungen führen.

Da der Einfluss der Stadt auf die Optimierung der betriebsinternen Prozesse in der örtlichen Industrie jedoch gering ist, wurde im Dialog mit den lokalen Akteuren entschieden, für die verschiedenen Szenarien lediglich die Steigerung der Energieproduktivität als Ziel vorzugeben und die entsprechende Auswahl der Maßnahmen den innerbetrieblichen

Fachleuten zu überlassen. Ein branchenübergreifender Erfahrungsaustausch wird jedoch als hilfreich angesehen (siehe in Kapitel 6).

Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs 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 die meisten Energiesparmaßnahmen eine deutlich längere „Lebensdauer“ aufweisen.

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 unterschiedliche Bedeutung der Energiekosten für die Kostenstruktur von Industrieunternehmen verschiedener Branchen. Auch Contractingangebote sind nur begrenzt in der Lage, diese Hemmnisse zu lösen.

Bei dieser Betrachtung darf nicht vergessen werden, dass aufgrund des Wirtschaftswachstums 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 CO_2-Minderungen möglich, die jedoch nur bei flächendeckender und umfassender Umsetzung von Maßnahmen realisiert werden können.

4.3.2 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. die öffentliche Verwaltung (sofern nicht unter „städtische Liegenschaften“ erfasst), Arztpraxen, Kanzleien, Handwerk, Gewerbebetriebe, Schulen, Einzelhandel 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 (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 sowie im Handel spielt die Ausstattung mit raumlufttechnischen 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).

Da in diesem Sektor die Rolle des Kostenfaktors „Energie“ für die Unternehmen sehr unterschiedlich ausfällt, gibt es – gerade in kleineren Betrieben – noch ein größeres Potenzial zur Steigerung der Energieeffizienz.

Für den Bereich „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ insgesamt wird vom IE Leipzig auf der Grundlage überregional geltender Informationen [BMU 2009] eingeschätzt, dass die Steigerung der Energieeffizienz über das Trend-Szenario hinaus durch folgende Einzelmaßnahmen erreicht werden kann:

- Sanierungsmaßnahmen an den Gebäuden: 30 % Beitrag zur Steigerung
- Prozessoptimierung (Druckluft, Pumpensysteme, Kühlung): 25 % Beitrag
- Energiemanagement: 20 % Beitrag
- Kesseltausch (Heizungssystem): 10 % Beitrag
- Nutzerverhalten (Einsparung Raumwärme und Strom): 10 % Beitrag
- Beleuchtung: 5 % Beitrag

Diese Maßnahmen können in der Regel wirtschaftlich umgesetzt werden, wobei „Wirtschaftlichkeit“ individuell unterschiedlich von den Betrieben definiert wird. Gerade kleinere Unternehmen haben nicht zu allen Zeiten ausreichend freie Mittel, um größere Investitionen in diesem Bereich zu tätigen.

4.3.3 Zusammenfassung der Maßnahmen für den Sektor Industrie und GHD

Wie bereits dargestellt, befinden sich im Sektor Industrie und GHD die absolut größten Einsparpotenziale und damit auch die größten CO_2-Minderungspotenziale. Diese Potenziale steigender Energieproduktivität wirken dem Trend zur Ausweitung der Produktion und der Beschäftigung entgegen. Unter Einbeziehung aller Effekte ergibt sich bei Realisierung der betrachteten Maßnahmen im Aktiv-Szenario eine Einsparung von 5,9 % der Energie und von 30,5 % der CO_2-Emissionen gegenüber dem Jahr 2011. Im Optimal-Szenario ergeben sich Einsparungen von 11,8 % der Energie und 49,4 % der CO_2-Emissionen (vgl. Tabelle 15). Im Trend-Szenario bleibt der Energieverbrauch bis 2023 dagegen nahezu konstant, da die Produktionsausweitung die Steigerung der Energieproduktivität ausgleicht. Die Emissionen gehen dagegen in allen Szenarien deutlich zurück, insbesondere durch die emissionsärmere Bereitstellung des eingesetzten Stroms.

Die Schätzung der Investitionskosten kann für den Verbrauchssektor Industrie und GHD nur sehr grob erfolgen, weil die konkreten Einzelmaßnahmen stark unternehmensabhängig sind. Bei der Abschätzung wurde von den durch die Maßnahmen einsparbaren Energiekosten innerhalb unterschiedlich langer Amortisationszeiten ausgegangen. Diese eingesparten Energiekosten dienen als Orientierung, weil sie etwa in der gleichen Größenordnung liegen dürften wie die für die Einsparung erforderlichen Investitionskosten.

Tabelle 15 ***Energie- und CO_2-Minderungspotenziale sowie Investitionskosten in den Sektoren GHD und Industrie für Limburg***
Berechnungen: IE Leipzig

Kennwert	Einheit	Trend	Aktiv	Optimal
Steigerung der Energieproduktivität	% p. a.	1,5 %	2,0 %	2,5 %
Änderung des Energieverbrauchs ggü. 2011 (alle Faktoren berücksichtigend)	% (2023 ggü. 2011)	+0,2 %	-5,9 %	-11,8 %
Änderung der CO_2-Emissionen ggü. 2011 (alle Faktoren berücksichtigend)	% (2023 ggü. 2011)	-16,3 %	-30,5 %	-49,4 %
Energieverbrauch GHD-Sektor	GWh	132	124	116
CO_2-Emissionen GHD-Sektor	kt CO_2	36	30	23
Investitionssumme (2012 - 2023) GHD-Sektor	Mio. €	16	25	33
Energieverbrauch Industrie	GWh	262	246	231
CO_2-Emissionen Industrie	kt CO_2	73	61	43
Investitionssumme (2012 - 2023) Industrie	Mio. €	32	49	65

4.4 Maßnahmen im Sektor Städtische Liegenschaften

Der Energieverbrauch der städtischen Liegenschaften ist in der Energie- und CO_2-Bilanz berücksichtigt. Für die Quantifizierung von Effizienzmaßnahmen ist die genaue Datenerfassung eine grundlegende Bedingung. Im Ergebnis ermöglicht eine solide Datenbasis (inkl. bautechnischer Gebäude- und Anlagendaten) einen schnellen Überblick über energetische Einsparpotenziale und über die Dringlichkeitsstufe der unter energetischen Gesichtspunkten notwendigen Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen. Auf Grundlage des Benchmarking mit Vergleichskennwerten können Energiesparziele festgelegt werden.

Grundsätzlich kommen beispielsweise folgende Maßnahmen zur Stromeinsparung in Frage:

- Verwaltungsgebäude
  - Überprüfung des elektrischen Gerätebestandes und des Einsatzes energiesparender Geräte
  - Sensibilisierung der Mitarbeiter im Umgang mit energieeinsparenden Maßnahmen (Licht im Büro und Etagen/ Standby-Stromvermeidung)

- Einrichtungen zur Kinderbetreuung
  - Überprüfung von Möglichkeiten zur Tageslichtnutzung zur Einsparung von Strom zur Beleuchtung
  - Außerbetriebnahme überflüssiger Lampen
  - Einsatz stromsparender Geräte und Vermeidung von Standby-Strom
- Sporthallen
  - Überprüfung des Energieverbrauchs der vorhandenen Beleuchtung, automatisierte Zeitschaltregelungen

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 veralteter Gerätetechnik
  - Einbau steuerbarer Heizregelsysteme (Steuereinheit für zentrales Ein- und Ausschalten der Heizung)
  - Überprüfung der Anwendung von Wärme-Contracting zur Erneuerung alter Heizsysteme, um deren Effizienz zu steigern
  - Unterweisungen zu Verhaltensregeln durchführen bzw. Informationsmaterial für wärmesparende Maßnahmen in Gebäuden bereitstellen (Stoßlüften, Heizung regelmäßig entlüften etc.)

Neben baulichen Maßnahmen können auch allein durch **organisatorische Maßnahmen** Energieeinsparungen umgesetzt werden. Für diese Maßnahmen sind keine oder nur geringe Investitionen notwendig. Hierzu gehören alle Schritte, die zu einer Optimierung des Gebäudebetriebs führen, wozu auch die Einflussnahme auf das Nutzerverhalten (Aufklärung und Beteiligung der Gebäudenutzer, Schulung und Motivation des Betriebspersonals usw.) gehören. Beispiele hierfür sind die gezielte (zeitliche) Absenkung von Raumtemperaturen, die Einweisung der Nutzer in die richtige Benutzung von Thermostatventilen und die Optimierung von Heizungsanlagen (hydraulischer Abgleich). Erfahrungen aus Kommunen, die bereits ein Energiemanagementsystem betreiben, zeigen hier Einsparpotenziale von bis zu 30 % des Energiebedarfs. Die Aufgaben eines umfassenden Energiemanagements sind beispielhaft in Abbildung 38 dargestellt.

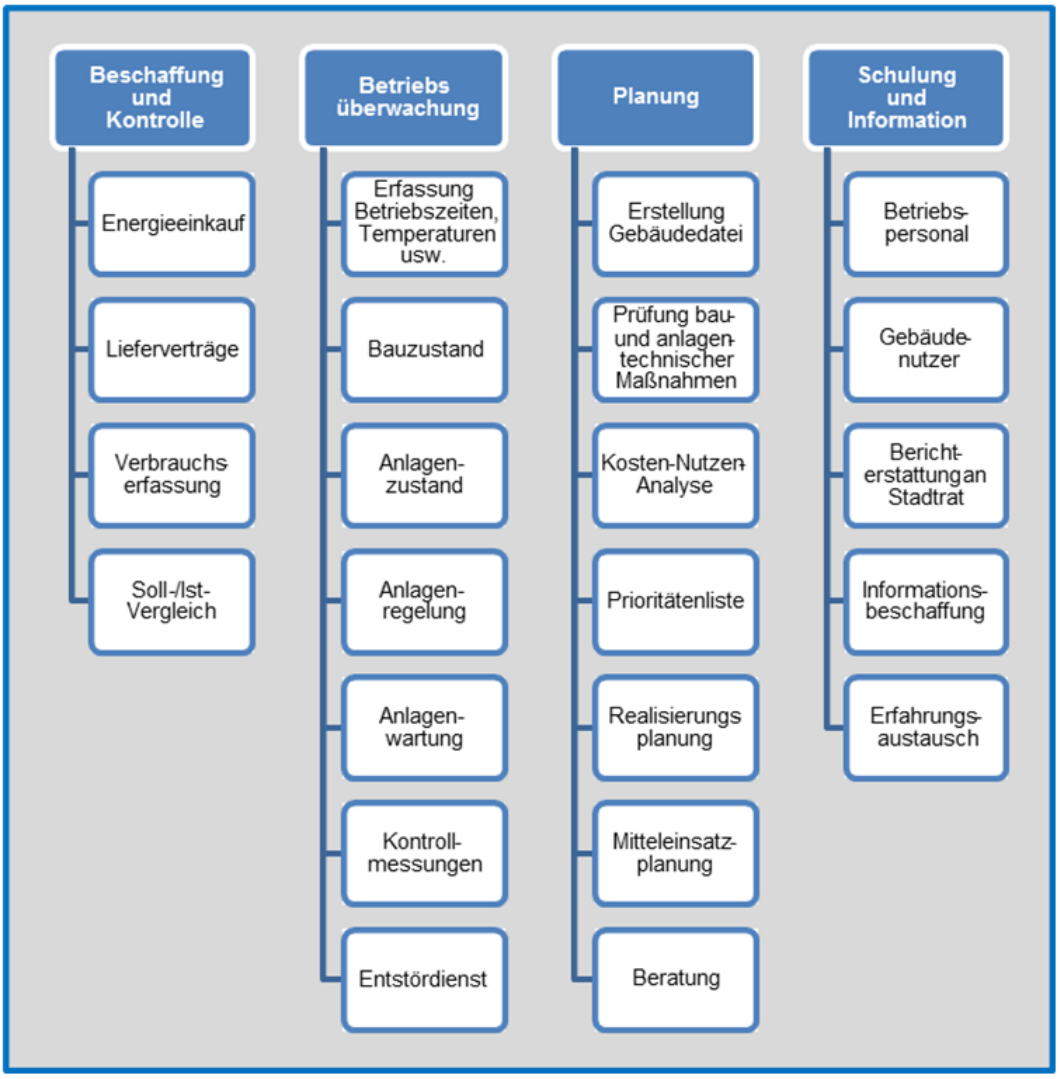


Abbildung 38 ***Bausteine eines kommunalen Energiemanagements***
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Zur Beurteilung der energetischen Effizienz eines Objektes können die Verbrauchskennwerte der ages GmbH Münster[12] herangezogen werden [ages 2005]. Die Verbrauchskennwerte geben den spezifischen Jahresenergieverbrauch (und den Wasserverbrauch) eines Objektes bezogen auf die Bruttogeschossfläche an und erlauben eine grobe Beurteilung des energetischen Verhaltens eines Gebäudes. Als *Zielwert* wird das arithmetische Mittel der in [ages 2005] erfassten unteren 25% der Verbrauchsdaten definiert, was jenem Viertel der Gebäude mit den niedrigsten Energieverbräuchen entspricht. Der *Grenzwert* ist der Median[13] aller Verbrauchswerte des jeweiligen Gebäudetyps.

[12] Der Verbrauchskennwertebericht 2005 der ages GmbH Münster umfasst auf Grundlage der Erhebung von 45.000 Verbrauchsdaten (25.000 Nicht-Wohngebäuden) für 48 Gebäudegruppen und 180 Gebäudearten Verbrauchskennwerte Wärme, Strom und Wasser.

[13] Der Median halbiert eine Verteilung. Im Unterschied zum arithmetischen Mittel ist der Median stabiler, weil der Einfluss von „Ausreißern“ gedämpft wird.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, müssen zunächst die Werte für den Wärmeverbrauch klimabereinigt werden. Die witterungsbedingte Korrektur erfolgt anhand der Größe „Heizgradtage“, die ein Maß für den Wärmebedarf darstellt.

Für jedes Gebäude kann mit Hilfe einer Ampelsetzung eine Bewertung im Vergleich zu Grenz- und Zielwerten des Verbrauchskennwerte-Berichtes [ages 2005] vorgenommen werden.

Für die städtischen Liegenschaften Limburgs wurde im IE Leipzig eine solche Grobanalyse durchgeführt. Die Daten zum Strom- und Wärmeverbrauch der städtischen Liegenschaften wurden seitens der Stadt und der EVL [Weidmann & Spöhrer 2013]. Durch die Bildung des Quotienten aus Verbrauch und Fläche, wurden die jeweiligen spezifischen Verbrauchswerte ermittelt.

Zunächst wurde der spezifische Verbrauchswert, der sich im Trend ergab, bestimmt. Dieser wurde durch den Mittelwert der letzten verfügbaren Jahre und einen jährlichen Fortschritt bei der Energieeffizienz um 0,5 % ermittelt (vgl. Teilkapitel 3.5.2). Lag dieser Wert bereits unter dem Zielwert der AGES GmbH, erfolgte die Vergabe einer grünen Ampel und für die Szenarien ergab sich kein Handlungsbedarf, d. h. die Werte im Aktiv- und Optimal-Szenario wurden denen im Trend-Szenario gleichgesetzt. Lag der berechnete Kennwert im Trend-Szenario über dem bundesweiten Mittelwert, wurde eine rote Ampel vergeben. Für Werte, die zwischen dem Zielwert und dem Mittelwert lagen, wurde eine gelbe Ampel vergeben. In Tabelle 16 sowie Abbildung 39 sind die Ergebnisse dieser vergleichenden Grob-Analyse zusammengefasst.

Tabelle 16 ***Vergleich von städtischen Liegenschaften bei Wärme und Strom mit Kennwerten***

Berechnungen: IE Leipzig, Grundlage [ages 2005]

Strom				**Summe**
Einordnung der ausgewerteten Gebäude	**30**	**10**	**2**	**42**
Wärme				**Summe**
Einordnung der ausgewerteten Gebäude	**28**	**23**	**5**	**56**

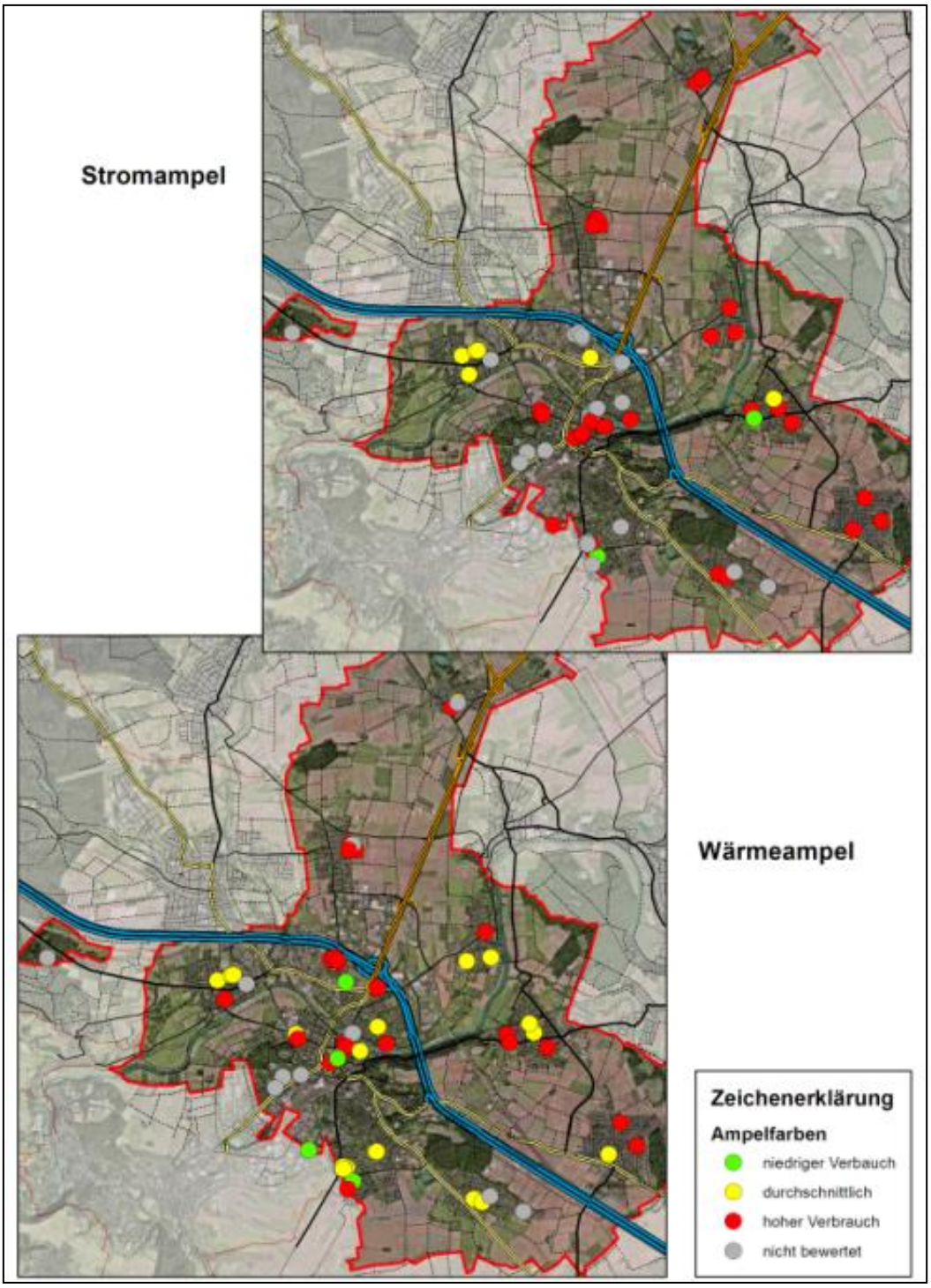


Abbildung 39 ***Kennwertevergleich der städtischen Liegenschaften bei Strom und Wärme***
Darstellung: IE Leipzig

Für das **Aktiv-Szenario** wurde zunächst der Mittelwert aus den Angaben des Kennwerteberichts je Gebäudetyp gebildet [ages 2007]. Ist der aus den statistischen Werten bestimmte Mittelwert niedriger, als der berechnete Verbrauchswert im Trend, wurde dieser als erreichbarer Zielwert bis 2023 definiert. Ist dieser höher, ergibt sich im Aktiv-Szenario für dieses Gebäude kein Handlungsbedarf.

Rein rechnerisch ergeben sich somit in **Aktiv-Szenario** gegenüber dem Jahr 2011 für alle Gebäude (Abbildung 40):

- eine Einsparung von über 2.800 MWh bzw. 28 % der Endenergie (Strom und Wärme)
- sowie eine Emissionsminderung von rund 950 t CO_2. bzw. 39 %

Für das **Optimal-Szenario** wurde der statistisch ermittelte Zielwert als Zielwert für 2023 angenommen, d. h. im Sinne der bundesweiten „best practice“ werden die kommunalen Gebäude so modernisiert, dass sie jeweils dem Mittelwert der 25 % bundesweit effizientesten Gebäude entsprechen. Zur Ermittlung der Einsparung an Strom und Wärme wurde die Differenz zwischen dem Jahr 2011 und dem im jeweiligen Szenario ermittelten Werten, errechnet.
Analog der beschriebenen Vorgehensweise ergibt sich ein Einsparpotenzial für alle Gebäude:

- von über 1.800 MWh bzw. 56 % der Endenergie
- und von rund 1.300 t CO_2 bzw. 66 % bei den Emissionen.

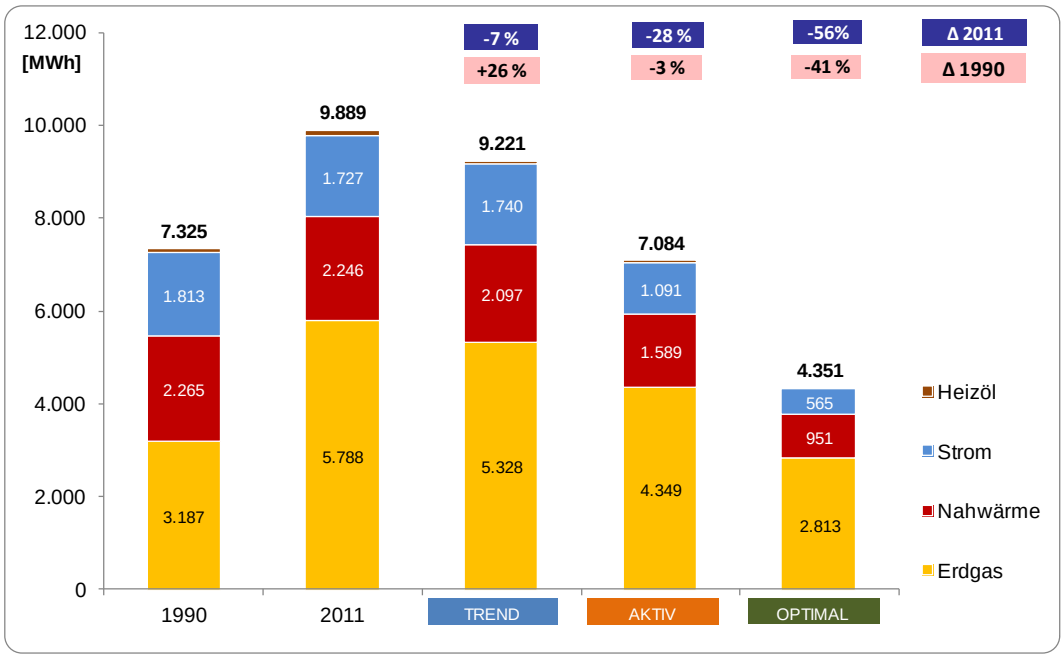


Abbildung 40 ***Endenergieverbrauch ausgewerteter städtischer Liegenschaften in den Szenarien***
Quelle: Darstellung IE Leipzig

Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den Ergebnissen, um rein rechnerische Größen handelt, die erste Anhaltspunkte für die betrachteten Gebäude darstellen. Es wird empfohlen, zunächst noch vorhandene Datenlücken zu schließen und dann eine gebäudespezifische Einzelfallprüfung durchführen zu lassen, zum Beispiel zunächst für alle Gebäude mit „roten Ampeln“. Diese Analyse kann eine der ersten Aufgaben für ein kommunales Energiemanagementsystem darstellen.

Im Ganzen betrachtet ist der Einsparbeitrag der öffentlichen Gebäude ein vergleichsweise kleiner Baustein, er hat aber zwei weitere wichtige Bedeutungen: Zum einen sind mit den Energieeinsparungen langfristig auch **Kostensenkungen** im kommunalen Haushalt verbunden, da ein effektives kommunales Energiemanagement ebenfalls ein auf eine längerfristige Perspektive ausgerichtetes System darstellt. Im konkreten Fall zeigte sich, dass die kommunalen Liegenschaften im Aktiv- und im Optimal-Szenario gemessen an den Werten von 2011 überdurchschnittliche prozentuale Einsparpotenziale aufweisen (Abbildung 40).

4.4.1 Datenauswertung der größten Strom- und Wärmeverbraucher

Im Rahmen der Auswertung des Energieverbrauchs der städtischen Liegenschaften wurden die jeweils 20 größten Strom- und Wärmeverbraucher genauer unter die Lupe genommen. Im ersten Schritten wurden diese aus den 69 erfassten Liegenschaften ausgewählt, danach einem Soll-Ist-Vergleich unterzogen und anschließend die absoluten Einsparmöglichkeiten ermittelt. **Analyse der 20 größten Stromverbraucher**

Im Stromsektor sind die mit Abstand größten Verbraucher das Hallenbad im Bürgerhaus Offheim, die Josef-Kohlmeier-Stadthalle, das Parkbad sowie das Rathaus (Abbildung 41). Insgesamt haben die 20 dargestellten Liegenschaften einen Anteil von 87 % am Stromverbrauch aller erfassten Liegenschaften.

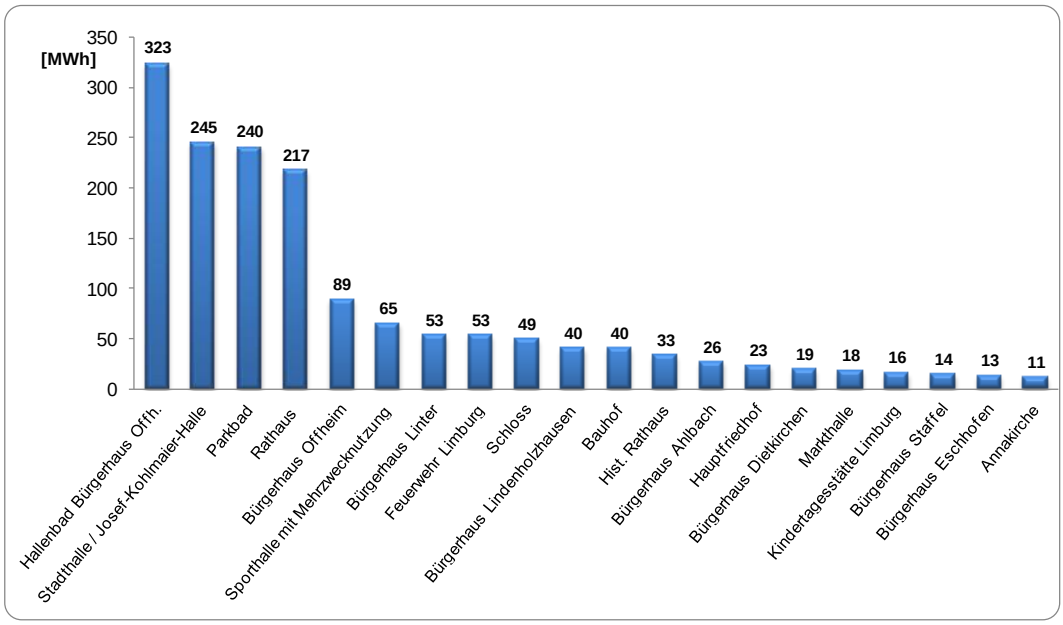


Abbildung 41 ***Mittlerer jährlicher Stromverbrauch der 20 größten Stromverbraucher der betrachteten Liegenschaften in Limburg***
Darstellung: IE Leipzig

Zur Bestimmung der Handlungsoptionen wurde der Vergleichswert aus dem Aktiv-Szenario (alle Gebäude erreichen mindestens den Grenzwert (Median) der Vergleichsgebäude aus ages 2007) herangezogen. Der Ist-Soll-Vergleich ergab das in Abbildung 42 dargestellte Bild. Entspricht der Faktor genau 1, so entspricht der Verbrauch im Trend-Szenario im Jahr 2023 dem Grenzwert (Median), also dem Wert, der im Aktiv-Szenario im Jahr 2023 erreicht werden soll. Am Beispiel des Hallenbades im Bürgerhaus Offheim

heißt dies, dass der Stromverbrauch bereits im Trend-Szenario den Grenzwert erreicht und somit an dieser Stelle vorerst wenig Handlungsbedarf gesehen wird. Alle Liegenschaften, bei denen der Faktor deutlich über 1 liegt, sollten näher betrachtet werden. Deutlich über den jeweiligen Vergleichswerten liegen das historische Rathaus, der Hauptfriedhof sowie die Annakirche. Bei letzteren beiden ist der hohe Stromverbrauch auf Nachtspeicherheizungen zurückzuführen, der deutlich zu hohe Verbrauch des historischen Rathauses sollte im Projektanschluss näher untersucht werden.

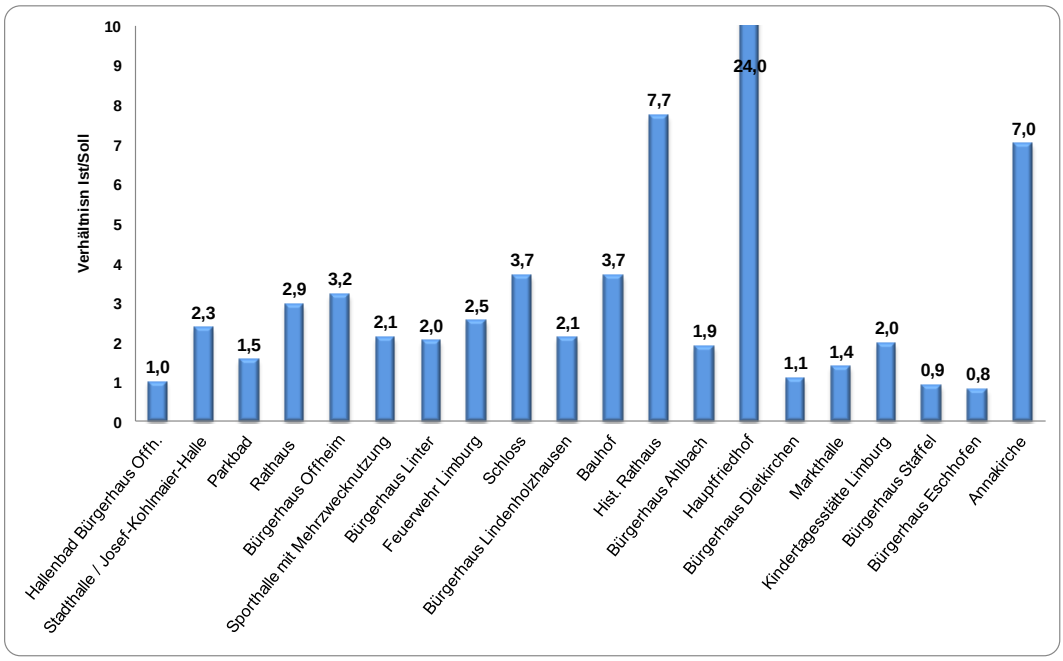


Abbildung 42 ***Ist-Soll-Vergleich der 20 größten Stromverbraucher der betrachteten Liegenschaften in Limburg***
Darstellung: IE Leipzig

Um den Handlungsbedarf noch genauer zu strukturieren wurde im letzten Schritt der Untersuchung betrachtet, welche Mengen an Strom absolut betrachtet bei Gebäuden, welche einen Faktor größer als 1 im Ist-Soll-Vergleich zeigten, eingespart werden könnte, wenn diese Gebäude den Grenzwert der Vergleichsgebäude erreichen. Die Einsparmöglichkeiten sind in Abbildung 43 dargestellt. Es zeigt sich, dass das Einsparpotenzial (Strom) beim Rathaus und der Stadthalle mit Abstand am höchsten ist, gefolgt vom Parkbad sowie dem Bürgerhaus Offheim. An dieser Stelle sei angemerkt, dass es sich um Vergleichswerte handelt, es kann bei den einzelnen Gebäuden unterschiedliche Gründe geben, warum der Verbrauch deutlich über dem Referenzwert liegt. Zum Beispiel können die Angaben der Bruttogeschossflächen ungenau sein, die Gebäudenutzung von der Nutzung der Vergleichsgebäude abweichen oder Ungenauigkeiten bei der Verbrauchserfassung zu Ergebnisverfälschungen führen. Die Einsparpotenziale bzw. das Plausibilisieren des Ist-Soll-Vergleichs sollte im Anschluss an dieses Projekt erfolgen, in dem die Gebäude im Einzelnen untersucht werden. Die im Rahmen der Analyse berechneten Ergebnisse dienen dafür als Anhaltspunkte.

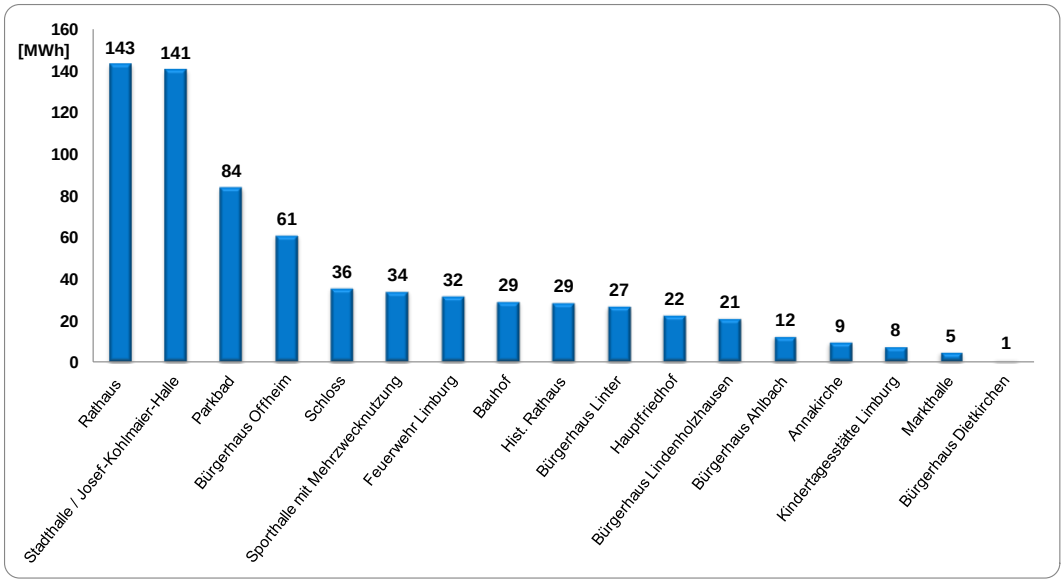


Abbildung 43 ***Einsparmöglichkeiten Strom der Liegenschaften bei Reduzierung des Verbrauchs auf Grenzwert (Median) der Referenzgebäude***
Darstellung: IE Leipzig

Analyse der 20 größten Wärmeverbraucher

Die größten Verbraucher im Wärmesektor sind das Hallenbad im Bürgerhaus Offheim, das Parkbad, die Josef-Kohlmeier-Stadthalle, die Feuerwehr Limburg das sowie das Rathaus (Abbildung 44). Insgesamt haben die 20 dargestellten Liegenschaften einen Anteil von 75 % am Wärmeverbrauch aller erfassten Liegenschaften.

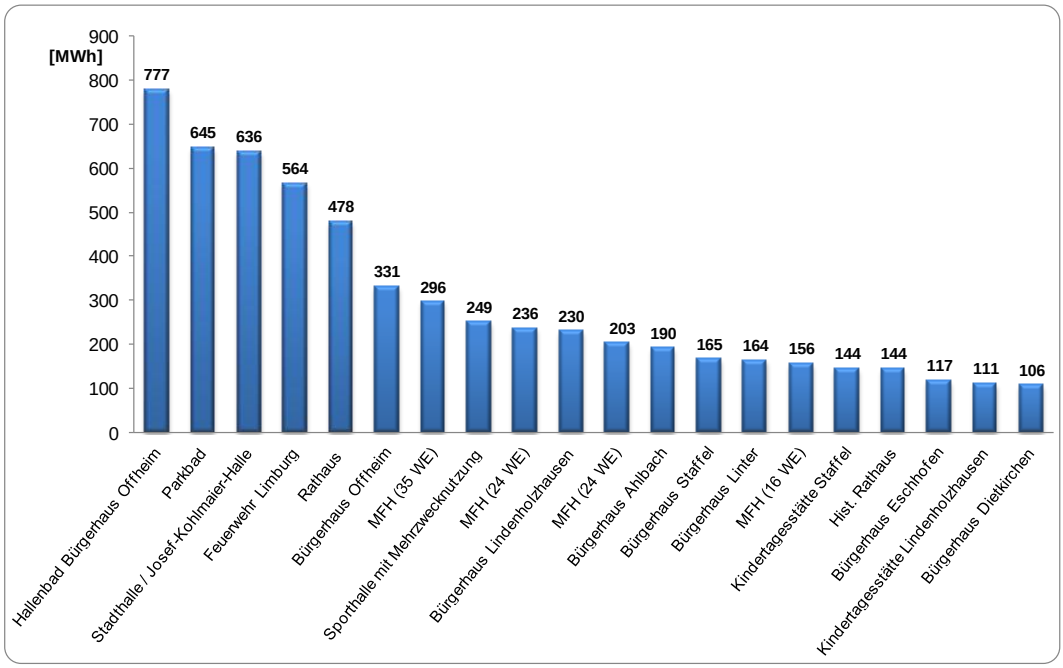


Abbildung 44 ***Mittlerer jährlicher Wärmeverbrauch der 20 größten Wärmeverbraucher der betrachteten Liegenschaften in Limburg***
Darstellung: IE Leipzig

Zur Bestimmung der Handlungsoptionen wurde der Vergleichswert aus dem Aktiv-Szenario (alle Gebäude erreichen mindestens den Grenzwert (Median) der Vergleichsgebäude aus ages 2007) herangezogen. Der Ist-Soll-Vergleich ergab das in Abbildung 45 dargestellte Bild. Alle Liegenschaften, bei denen der Faktor deutlich über 1 liegt, sollten näher betrachtet werden. Deutlich über den jeweiligen Vergleichswerten liegen das Parkbad, die Feuerwehr Limburg, das historische Rathaus und die Kindertagesstätte in Lindenholzhausen.

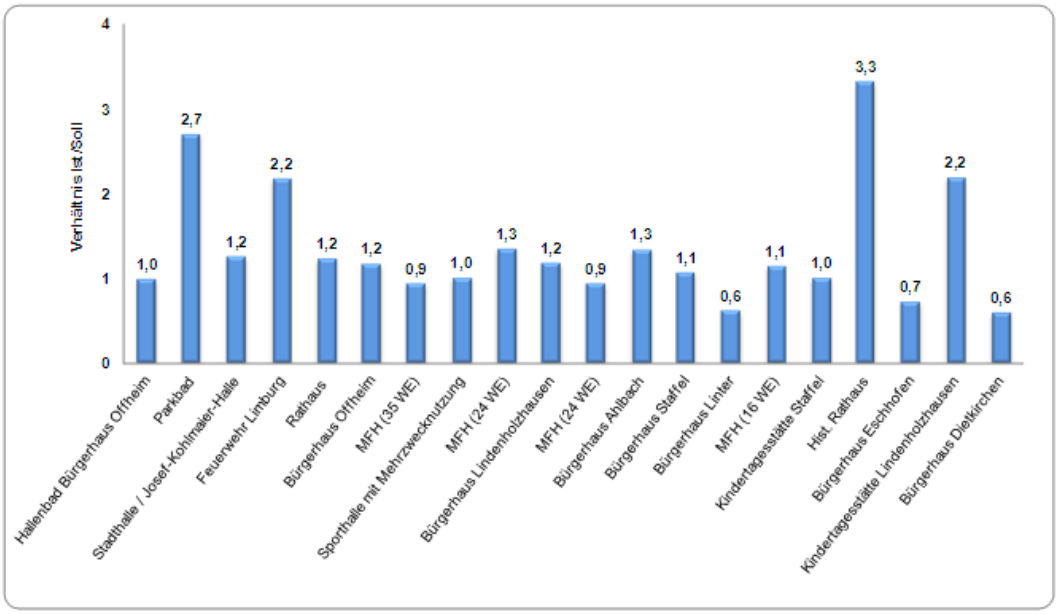


Abbildung 45 ***Ist-Soll-Vergleich der 20 größten Wärmeverbraucher der betrachteten Liegenschaften in Limburg***
Darstellung: IE Leipzig

Im letzten Schritt der Untersuchung wurde betrachtet, welche Mengen an Wärme absolut betrachtet bei Gebäuden, welche einen Faktor größer als 1 im Ist-Soll-Vergleich zeigten, eingespart werden könnte, wenn diese Gebäude den Grenzwert der Vergleichsgebäude erreichen. Die Einsparmöglichkeiten sind in Abbildung 46 dargestellt. Es zeigt sich, dass das Einsparpotenzial (Wärme) beim Parkbad und der Feuerwehr Limburg mit Abstand am höchsten ist, gefolgt von der Stadthalle, dem historischen Rathaus und dem Rathaus. Analog zur Auswertung im Stromsektor kann es auch bei der Analyse im Wärmebereich unterschiedliche Gründe geben, warum der Verbrauch deutlich über dem Referenzwert liegt. Die Berechnungen dienen als erste Hinweise, welche im Nachgang im Einzelnen überprüft werden müssen.

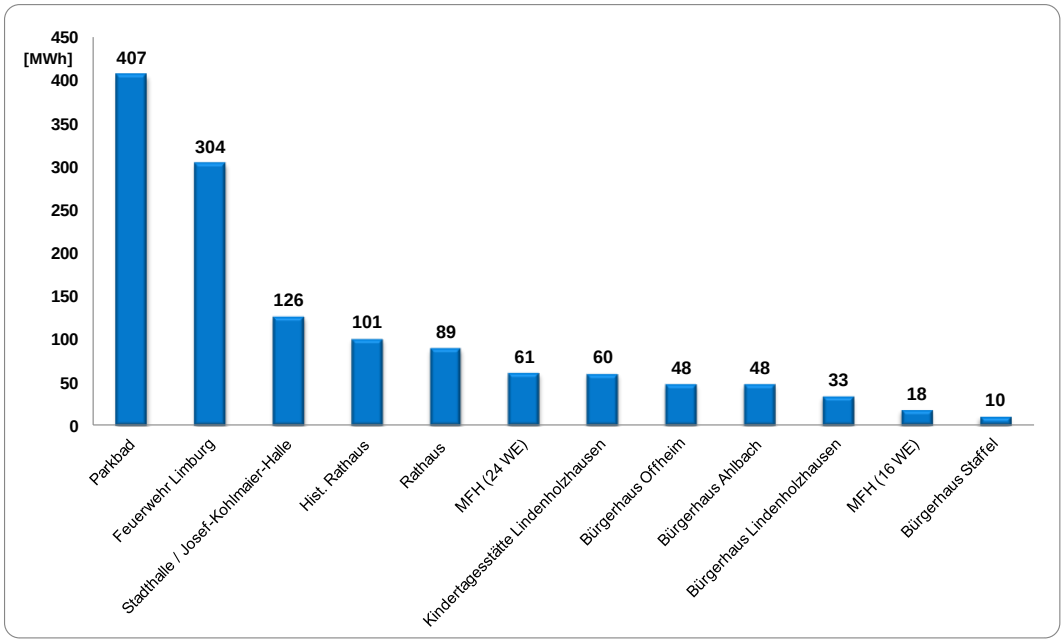


Abbildung 46 ***Einsparmöglichkeiten Wärme der Liegenschaften bei Reduzierung des Verbrauchs auf Grenzwert (Median) der Referenzgebäude***
Darstellung: IE Leipzig

Weiterhin entfalten die Einsparerfolge des kommunalen Energiemanagements eine wichtige **Vorbildwirkung** für die Energieverbraucher innerhalb der kommunalen Liegenschaften, der privaten Haushalte sowie der gewerblichen und industriellen Wirtschaft. Daher sollten die Erfolge weiterhin regelmäßig sowohl innerhalb der Verwaltung als auch gegenüber der Bevölkerung transparent gemacht werden.

5 ZUSAMMENFASSENDER SZENARIENVERGLEICH

In diesem Kapitel werden die Auswirkungen der in Kapitel 4 beschriebenen Maßnahmen in den Szenarien im Hinblick auf die Energie- und CO_2-Bilanz, die Anteile der erneuerbaren Strom- und Wärmeerzeugung sowie Investitionskosten grafisch aufgezeigt und beschrieben.

5.1 Erzeugung erneuerbarer Energien nach Szenarien

5.1.1 Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

Im **Trend-Szenario** werden die Maßnahmen:

- der weitere Zubau von Photovoltaik auf Dachflächen (ca. 2,7 MW)
- sowie weitere Investitionen der EVL in Windparks außerhalb Limburgs (entsprechend ca. 1,1 MW Zubau)

als erwartete Entwicklung der Stromerzeugung aus erneuerbarer Energie berücksichtigt.

Somit steigt der Anteil der gewonnenen erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung von 5,9 % (2011) im Trend auf 8,7 % bis zum Jahr 2023 (Abbildung 47).

Für das **Aktiv-Szenario** sind:

- der Zubau von PV-Freiflächenanlagen auf rund 46 ha Fläche (23 MW)
- der Ausbau von PV-Dachanlagen auf 10 MW installierte Leistung (entsprechend ca. 5,1 MW Zubau)
- sowie die Erhöhung der Investitionen der EVL in Windparks außerhalb Limburgs (entsprechend ca. 3,6 MW Zubau)

vorgesehen. Aufgrund dieser Maßnahmen erhöht sich die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien gegenüber dem Trend-Szenario von rund 19 GWh auf 46 GWh. Werden die Maßnahmen im Bereich der Energieerzeugung in Zusammenhang mit den Einsparmaßnahmen aus den Verbrauchssektoren Private Haushalte, Industrie/ GHD sowie der Liegenschaften zusammen betrachtet, steigt der Anteil der erzeugten erneuerbaren Energien an der Deckung des Strombedarfs im Aktiv-Szenario auf 23 % bis zum Jahr 2023 (Abbildung 47).

Im **Optimal-Szenario** wurden

- der Bau einer Windenergieanlage im Staffeler Wald (Zubau 3 MW)
- die Erhöhung der Investitionen der EVL in Windparks außerhalb Limburgs (Zubau 13,2 MW)
- die Ausnutzung aller möglichen Flächen für PV-Freiflächenanlagen (Zubau 33,6 MW Leistung)
- die Ausnutzung aller geeigneten Dachflächen für PV-Dachanlagen (Zubau 37,1 MW)
- sowie der Zubau eines zweiten BHKW's in der Kläranlage Limburg (Zubau 0,05 MW)

berücksichtigt.

Der Beitrag der erneuerbaren Stromerzeugung aus der Erzeugung zur Deckung des Strombedarfs kann im Optimal-Szenario auf bis zu 59 % im Jahr 2023 steigen. Voraussetzung für diesen Anteil ist, dass zugleich auch der Energieverbrauch verringert wird, so wie es in den nachfolgenden Teilkapiteln beschrieben wird. Den größten Beitrag zum Erreichen dieses Ziels leistet die Photovoltaik (vgl. Abbildung 47). Eine bilanzielle Selbstversorgung mit Strom wird jedoch auch im Optimal-Szenario nicht erreicht.

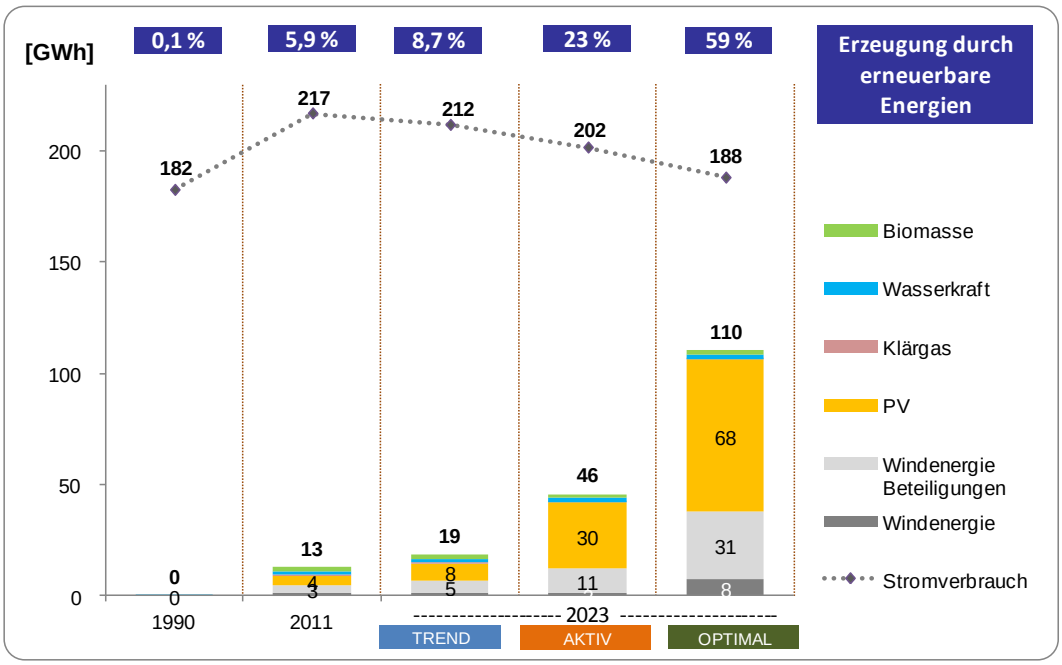


Abbildung 47 ***Beitrag der erneuerbaren Energien zur Deckung des Strombedarfs nach Szenarien***

Quelle: Berechnung IE Leipzig

5.2 Energieverbrauch und Emissionen in den einzelnen Szenarien

5.2.1 Energieverbrauch

Die Energiebilanz zeigt die Entwicklung der Sektoren und deren Minderungspotenziale der einzelnen Szenarien (Abbildung 48).

Im Trend bis zum Jahr 2023 wird der Energieverbrauch leicht um 1 % sinken, bei Umsetzung der Maßnahmen des Aktiv-Szenarios kann eine Energieeinsparung von 6 % gegenüber 2011 erreicht werden. Unter Ausschöpfung aller im Optimal-Szenario aufgeführten Potenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien sowie der Umsetzung der Einsparmaßnahmen ist es möglich, 10 % der Energie einzusparen.

Der Sektor städtische Liegenschaften ist in Abbildung 48 kaum darstellbar. Der Energieverbrauch im Bereich Verkehr steigt im Trend-Szenario um rund 4 % an , da in diesem Sektor keine weiteren Maßnahmen berücksichtigt wurden, ist davon auszugehen, dass der Energieverbrauch im Aktiv- und Optimal-Szenario gleich bleibt.

Die Auswirkungen der Handlungsoptionen auf den Endenergieverbrauch ist in Abbildung 49 dargestellt. Im Sektor Private Haushalte resultieren die größten Einsparungen aus den Maßnahmen Gebäude- und Heizungssanierung (inklusive hydraulischem Abgleich). Im Sektor Industrie und GHD wird der Endenergieverbrauch im Trend-Szenario besonders auf Grund der stetig wachsenden Unternehmen im Bereich Gewerbe weiter leicht steigen. Durch aktive Herangehensweise kann der Energieverbrauch um rund 5 % gegenüber 2011 gesenkt werden. Bei deutlicher Anhebung der Energieproduktivität und verstärkten Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen kann der Verbrauch im Optimal-Szenario um 11 % gesenkt werden.

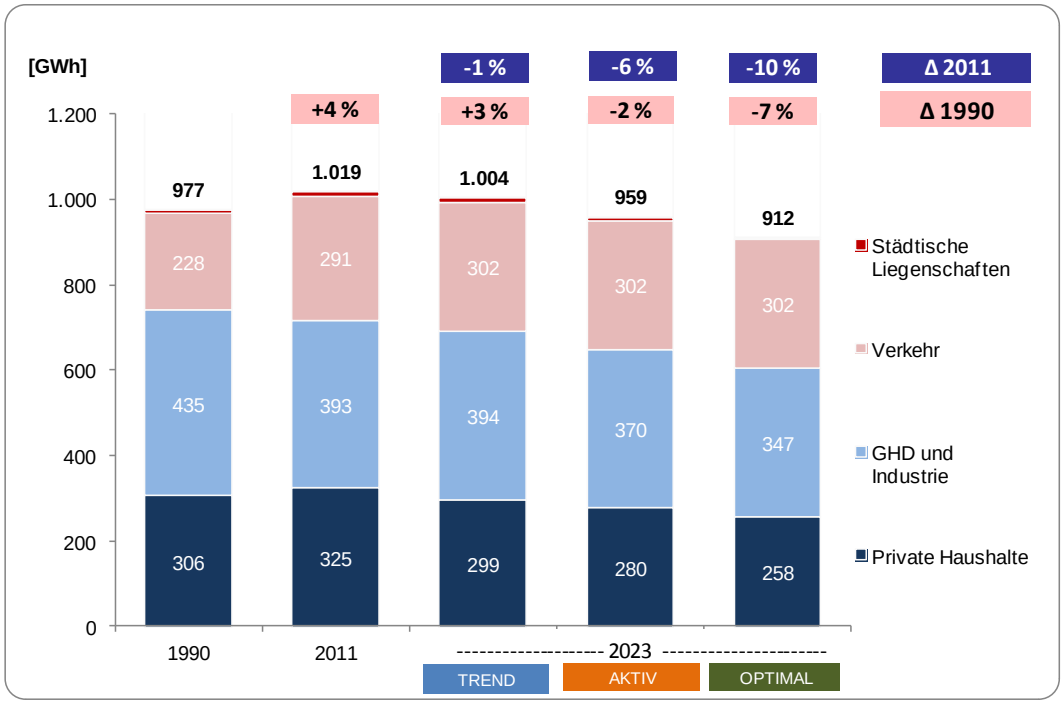


Abbildung 48 ***Endenergieverbrauch nach Sektoren und Szenarien in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

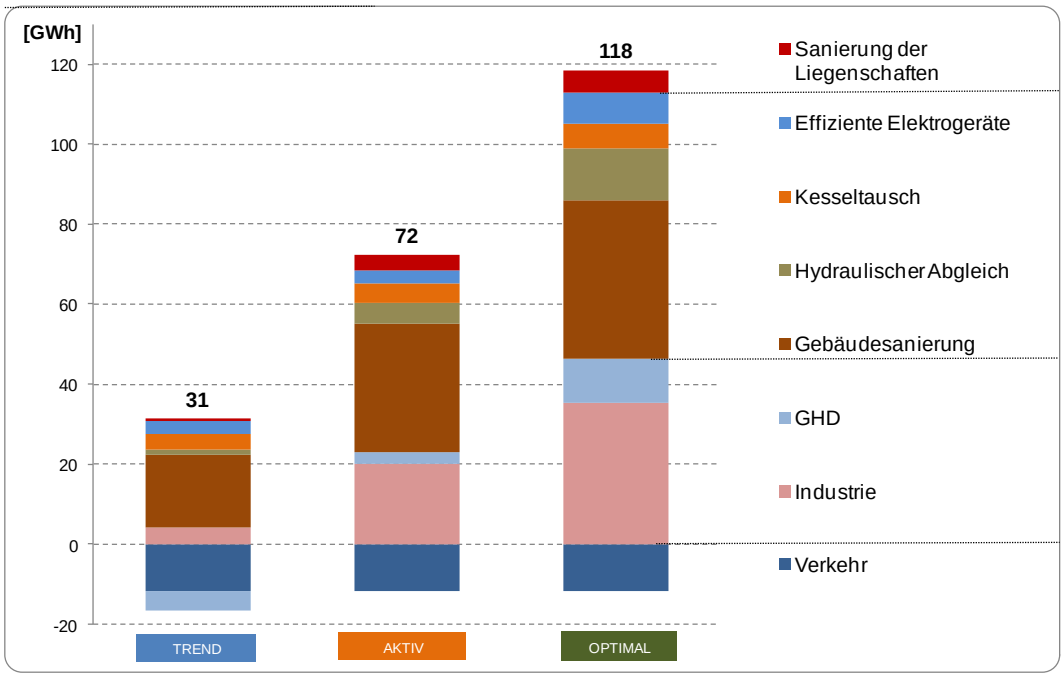


Abbildung 49 ***Einsparpotenziale der Handlungsoptionen auf den Endenergieverbrauch***
Darstellung: IE Leipzig

5.2.2 CO_2-Emissionen

Im **Trend-Szenario** bis 2023 wird von einem weiteren Rückgang der Emissionen, besonders durch einen weiter sinkenden CO_2-Emissionsfaktor des Stroms ausgegangen, sodass die Minderung des Ausstoßes an Kohlendioxid im Jahr 2023 rund 22 % gegenüber 1990 betragen wird (Abbildung 50).

Durch Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen zur Energieerzeugung sowie Energieeinsparungen kann im **Aktiv-Szenario** ein Rückgang um 29 % im Vergleich zum Basisjahr erreicht werden.

Der Rückgang erhöht sich im **Optimal-Szenario** besonders durch Umsetzung der Projekte im Bereich der erneuerbaren Energieerzeugung auf 42 %.

Die spezifischen Emissionen je Einwohner sind auf Grund der Bevölkerungsentwicklung nicht proportional zu den absoluten Emissionen gesunken.

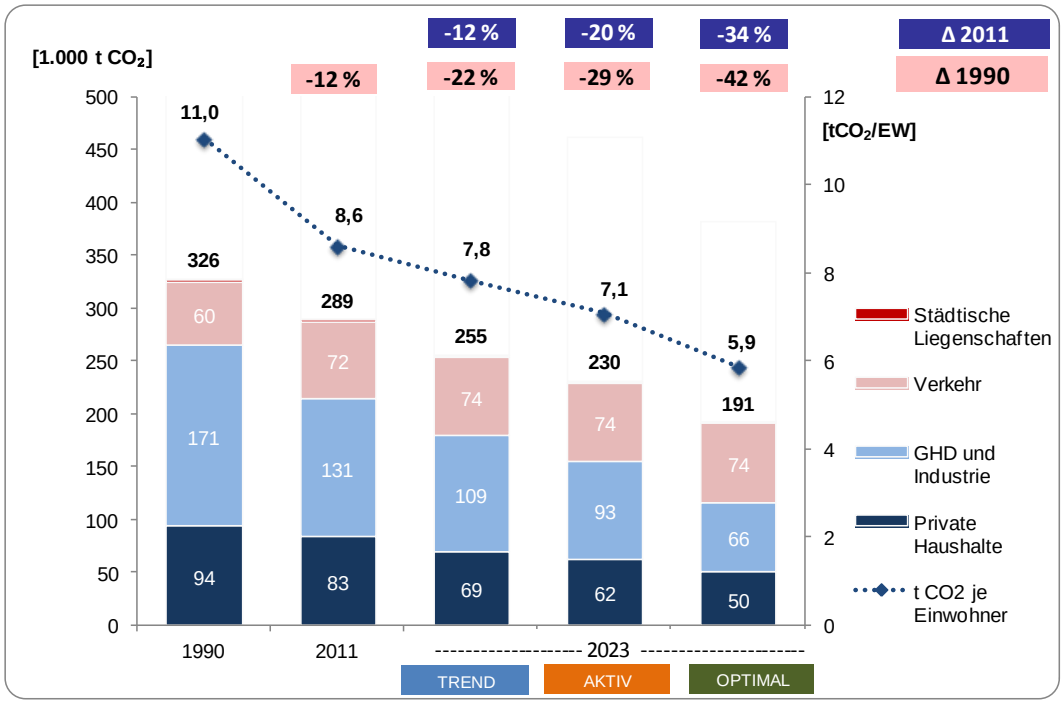


Abbildung 50 ***CO_2-Bilanz nach Sektoren und je Einwohner in Limburg***
Quelle: Berechnungen IE Leipzig

Bei Betrachtung der Zusammensetzung der CO_2-Einsparungen durch die einzelnen Maßnahmen wird deutlich, dass nicht nur diese, sondern auch überregionale Effekte zur Vermeidung der Emissionen beitragen.

Besonders im **Trend-Szenario** wird der Einfluss des deutschlandweiten Ausbaus der regenerativen Energien zur Stromproduktion deutlich, rund 24.000 Tonnen CO_2 werden durch einen sinkenden CO_2-Faktor des Stroms eingespart. Eine weitere Reduzierung um knapp 4.000 Tonnen erfolgt durch Sanierungsmaßnahmen im Haushaltsbereich, Effizienzsteigerungen im Industriesektor tragen zu rund 3.200 Tonnen zur Vermeidung von Kohlendioxid bei. Alle anderen Effekte im Trend wirken sich nur marginal auf die Emissionen aus. Die Verbrauchssteigerungen im Verkehrssektor sowie im Gewerbe wirken sich hingegen negativ auf die CO_2-Bilanz aus.

Im **Aktiv-Szenario** können die Einsparungen der Emissionen deutlich erhöht werden, zum größten Teil tragen dazu der Ausbau der regenerativen Energien (Photovoltaik, Windenergie Beteiligungen), die Erhöhung der Gebäudesanierungsrate, Effizienzsteigerungen bei Industrie und Gewerbe sowie Heizungssanierungen bei. Der Effekt des deutschlandweiten Ausbaus der regenerativen Energien wirkt sich im Aktiv-Szenario weniger stark aus, da hier durch eine erhöhte Eigenproduktion des Stroms weniger Strom extern bezogen werden muss.

Noch deutlicher wird dies im **Optimal-Szenario**, durch einen intensiven Ausbau der Photovoltaik sowie eine Erhöhung der Investitionen in Windparks außerhalb Limburgs, aber auch durch den Bau einer Windenergieanlage im Staffeler Wald wird der Anteil der Eigenproduktion des Stroms deutlich gesteigert und somit der CO_2-Ausstoß erheblich gemindert.

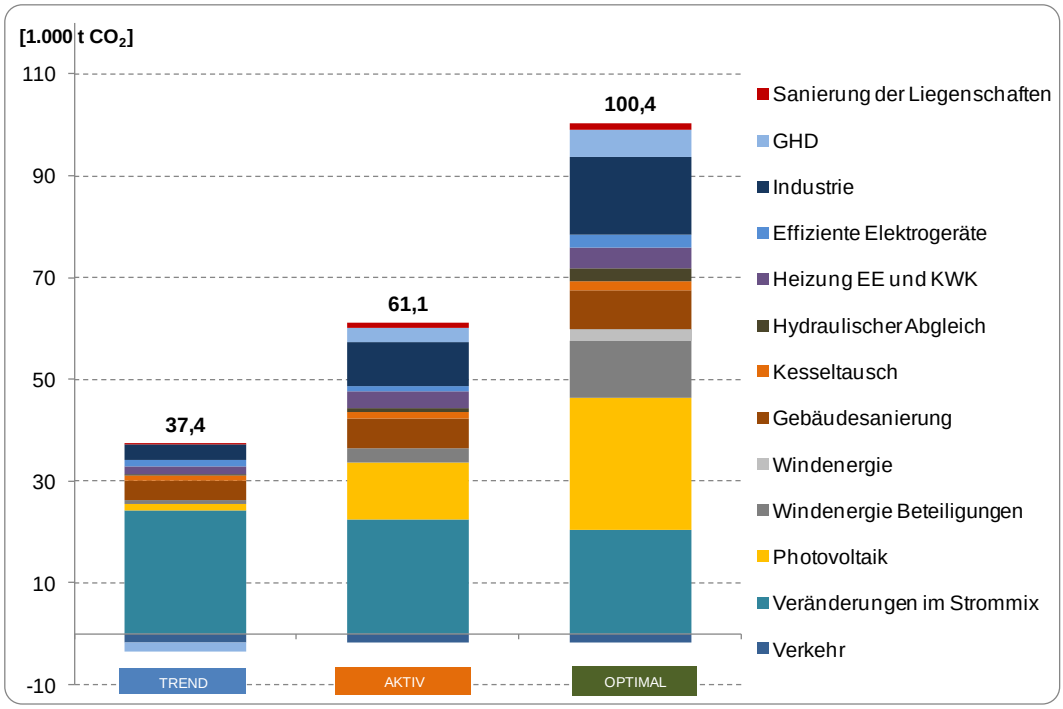


Abbildung 51 ***Minderungspotenziale der Handlungsoptionen für die CO_2-Emissionen***
Darstellung: IE Leipzig

5.3 Investitionsbedarf für die einzelnen Szenarien

Um die in der Studie aufgezeigten CO_2-Einsparpotenziale umzusetzen, sind Investitionen im Bereich Energieeinsparung und Ausbau erneuerbarer Energieerzeugung nötig. Dieser Investitionsbedarf der einzelnen Szenarien wurde überschlägig abgeschätzt (Abbildung 52).

Im Bereich ***Private Haushalte*** belaufen sich die Investitionskosten bis 2023 auf ca. 100 Mio. €, welche grundlegend von der Gebäudesanierung, dem Ersatz von Heizanlagen und Elektrogeräten beeinflusst werden. Bei einer Intensivierung der Maßnahmen im Aktiv-Szenario erhöht sich der Investitionsbedarf auf 141 Mio. €. Ein weiterer Anstieg der kumulierten Investitionen auf 214 Mio. € ist nötig, um die ambitionierten Maßnahmen im Optimal-Szenario umzusetzen.

Eine Abschätzung des Investitionsbedarfs im ***Bereich Industrie und GHD*** kann nicht detailliert erfolgen, da jegliche Optimierung von industriellen Prozessen geprüft werden muss. Deshalb werden für eine grobe Einschätzung verschiedene Amortisationszeiten in den jeweiligen Szenarien unterstellt. Daraus ergibt sich im Trend-Szenario eine kumulierte Investition von 46 Mio. €. Diese erhöht sich im Aktiv-Szenario auf 77 Mio. €. Der Investitionsbedarf im Optimal-Szenario beläuft sich auf 97 Mio. €.

Im Trend-Szenario entfallen auf die ***Strom- und Wärmeerzeugung*** mit 7 Mio. € Investitionskosten, welche maßgeblich von der Installation weiterer Photovoltaik-Anlagen beeinflusst werden. Im Aktiv-Szenario, d. h. bei einer aktiven Maßnahmenumsetzung, betragen die kumulierten Investitionskosten 53 Mio. €, welche zum größten Teil aus dem verstärkten Ausbau der Photovoltaik sowie Investitionen in Windparks resultieren. Im Optimal-

Szenario liegen die Kosten bis 2023 durch den ambitionierten Ausbau der Photovoltaik und höheren Beteiligungen an Windparks, aber auch durch den Bau einer Windenergieanlage auf eigener Gemarkung und dem Bau eines weiteren BHKW zur Klärgasnutzung bei rund 147 Mio. €.

Insbesondere durch Effizienzsteigerungen und Energieeinsparmaßnahmen können in den **Sektoren GHD und Industrie** Energiekosteneinsparungen zur Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen führen. Des Weiteren werden durch Maßnahmen an und in Gebäuden im Bereich der Bauwirtschaft, beim Handwerk und im Handel positive **Arbeitsplatzeffekte** erwartet. Maßnahmen in der Industrie und im Gewerbe sowie im Bereich der Energieerzeugung schaffen darüber hinaus überregionale Arbeitsplätze im Anlagenbau.

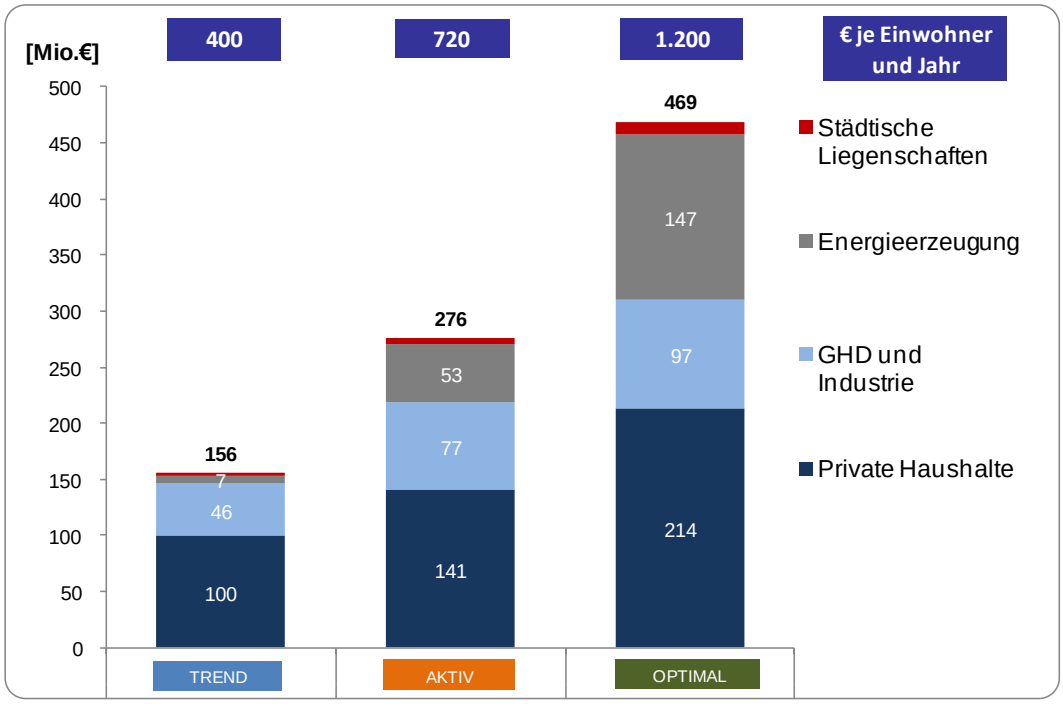


Abbildung 52 ***Abschätzung der Investitionskosten bis 2023 nach Sektoren***
Darstellung und Berechnung: IE Leipzig

Als **Fazit** aus den Analysen zur Ausgangslage und den Optionen für die künftige Entwicklung der Energieversorgung in Limburg lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten (Tabelle 17):

- Im **Trend-Szenario bis 2023,** unter der Annahme, dass die Klimaschutzaktivitäten weiter wie bisher umgesetzt werden**,** wird eine Anstieg des **Endenergieverbrauchs um 3 % und eine Minderung der CO_2-Emissionen um 22 %** gegenüber dem Jahr 1990 erwartet.
- Mit den Handlungsoptionen des **Aktiv-Szenarios**, d. h. mit der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen im Bereich der Privaten Haushalte und im Bereich Industrie/GHD sowie einem verstärkten Ausbau der erneuerbaren Energien, können der **Endenergieverbrauch um 2 % und die CO_2-Emissionen um 29 % gemindert** werden.

- Mit den identifizierten Maßnahmen im **Optimal-Szenario**, welches ein weitaus stärkeres Engagement im Bereich der erneuerbaren Energien und nochmals verstärkten Effizienzmaßnahmen in allen Verbrauchsbereichen beinhaltet, können der Endenergieverbrauch **um 7 % und die CO_2-Emissionen um 42%** gesenkt werden.

Tabelle 17 ***Ergebnisse des Szenarienvergleichs***
Darstellung und Berechnung: IE Leipzig

	1990	2011	TREND	AKTIV	OPTIMAL
Anteil des erzeugten EE-Stroms am Verbrauch	0,1 %	6 %	9 %	23 %	59 %
Anteil erneuerbare Wärme-Erzeugung am Verbrauch	1 %	1 %	2 %	3 %	3 %
Anteil erzeugter EE am Endenergieverbrauch	1 %	2 %	3 %	6 %	14 %
Anteil erzeugter EE am Endenergieverbrauch (ohne Verkehr)	1 %	3 %	4 %	8 %	19 %
Veränderung abs. Energieverbrauch ggü. 1990		+4 %	+3 %	-2 %	-7 %
Veränderung abs. CO_2-Emissionen ggü. 1990		-12 %	-22 %	-29 %	-42 %
Tonnen CO_2-Emissionen je Einwohner und Jahr	11,0	8,6	7,8	7,1	5,9

6 UMSETZUNGSKONZEPT

Wie durch die Szenarien aufgezeigt wurde, werden die Einspar- und Effizienzpotenziale beim Energieverbrauch, aber auch die Möglichkeiten bei der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Limburg bisher erst teilweise genutzt.

Nun gilt es, die identifizierten Handlungsoptionen durch einen aktiven Umsetzungsprozess erfolgreich zu implementieren. Hierfür müssen folgende Grundlagen geschaffen werden:

1. Umsetzungsprozess verankern

Dies erfordert ein politisches Bekenntnis zum vorliegenden Energie- und Klimaschutzkonzept durch Beschlüsse im Stadtrat sowie die Verankerung in einem gemeinsamen Leitbild. Dieses kann z. B. durch einen Slogan unterstützt werden. Für die Gestaltung eines dazugehörigen Logos können z. B. Schulwettbewerbe genutzt werden.

2. 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.
Dieser Katalog kann erfolgreich umgesetzt werden, wenn dies über eine zentrale Steuerung erfolgt, **denn Aktivitäten müssen (zentral) organisiert werden und brauchen Akteure, die Verantwortung übernehmen.**

3. Kommunales Handeln als Vorbildfunktion

Die Aktivitäten im kommunalen Einflussbereich müssen gestärkt, ausgebaut und kommuniziert werden. Hierzu zählen die öffentliche Darstellung erreichter Fortschritte bei kommunalen Gebäuden in der Presse, aber auch Tage der offenen Tür, bei denen Möglichkeiten vorgestellt werden, die auch auf Bereiche außerhalb des städtischen Sektors übertragbar sind.

6.1 Organisation des Umsetzungsprozesses

Zur Koordination des Umsetzungsprozesses wird die Einrichtung einer übergeordneten und **koordinierenden Instanz empfohlen**. Ein zielgerichtetes Handeln kann insbesondere dann gelingen, wenn alle relevanten Informationen und Entscheidungskompetenzen gebündelt werden (Abbildung 53).

Neben der zentralen Steuerung bieten sich aber auch „Facharbeitsgruppen“ an, die die lokalen Akteure zu spezifischen Themenbereichen zusammenführen, um ein koordiniertes Handeln abzustimmen.

Hierfür müssen personelle und finanzielle Ressourcen geschaffen und Entscheidungskompetenzen übertragen werden. Die zentrale Steuerung des Umsetzungsprozesses sollte eine kommunale Aufgabe sein.

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 Umsetzung der identifizierten und notwendigen Maßnahmen im Umsetzungsprozess ist aufeinander abzustimmen. Um die Transparenz und Akzeptanz des Prozesses zu fördern, sollten zentrale Veröffentlichungen mit dauerhaft abrufbaren Informationen (z. B. Homepage) für alle Bürger zur Verfügung gestellt werden.

Finanzierung: Für die Position der zentralen Steuerung wird empfohlen, zusätzlich eine Personalstellen zu schaffen. Weiterhin ist zu prüfen, inwieweit eine Förderung im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesumweltministeriums (BMU) möglich ist.[14].

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

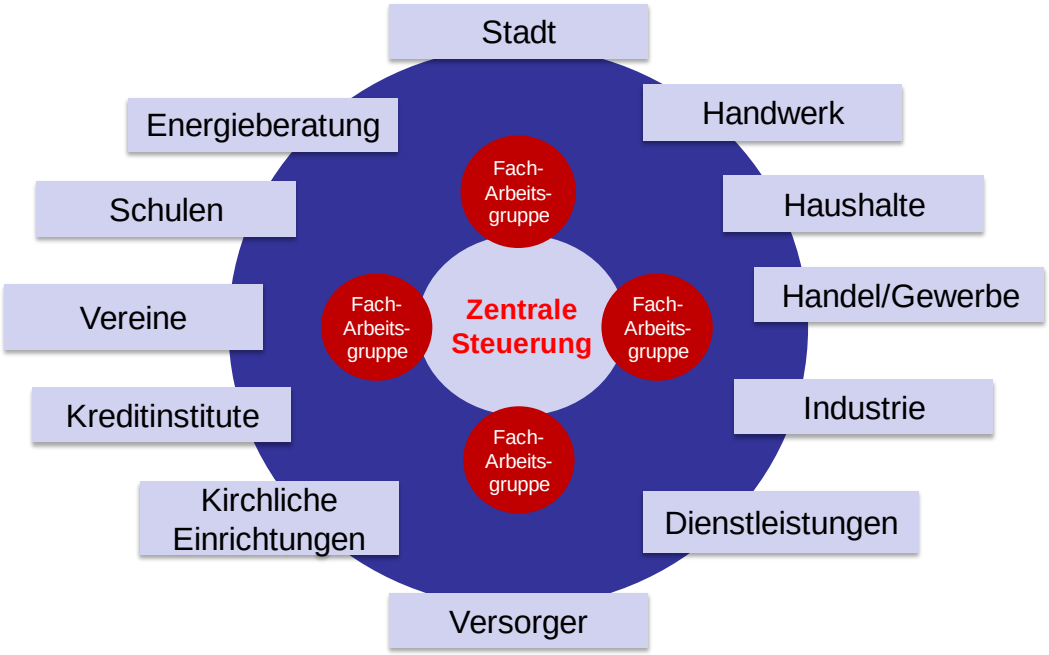


Abbildung 53 Verankerung der zentralen Steuerung

6.2 Instrumentenkatalog für den Umsetzungsprozess

Die Umsetzung der im 4. Kapitel genannten technischen Maßnahmen kann durch verschiedene Instrumente angeregt, unterstützt oder erst ermöglicht werden. Damit sollen v. a. Rahmenbedingungen verbessert und Anreize geschaffen werden, um eine Potenzialerschließung zu initiieren.

Viele der vorgeschlagenen Instrumente sprechen verschiedene Akteurs- und Zielgruppen zu ähnlichen Themengebieten an. Um die Umsetzung der Maßnahmen möglichst effizient und effektiv zu gestalten, gilt es, die entsprechenden Instrumente zu koordinieren und aufeinander abzustimmen. Zudem gibt es eine Vielzahl von Angeboten auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene, die durch regionale und kommunale Maßnahmen sinnvoll ergänzt werden sollten. Der Instrumentenkatalog ist nach den Handlungssektoren gegliedert und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Es wird eine Auswahl verschiedener Instrumente zur Umsetzung besprochener Maßnahmen vorgestellt, die im Rahmen der Projektbearbeitung eruiert wurden. Damit wird auch eine akteursspezifische 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 Trend-Szenario 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.

Beschreibung und Bewertung der Einzelinstrumente (Instrumentenkatalog)

In den folgenden Teilkapiteln werden die einzelnen Instrumente in Steckbriefen beschrieben und bewertet. In einem *beschreibenden Teil* werden darin folgende Aspekte berücksichtigt:

- Wirkungsbereich: übergreifend, Ausbau erneuerbare Energien, Energieeffizienz und -einsparung, Öffentlichkeitsarbeit, Bewusstseinsbildung
- Umsetzungsstatus: neu oder vorhanden (Fortsetzung oder Anpassung)
- Kurzbeschreibung des Instrumentes: Welches Ziel soll erreicht werden?
- Handlungsschritte: Wie erfolgt die Umsetzung?
- Akteure: Wer begleitet die Umsetzung?
- Zielgruppe: Wer soll angesprochen werden?
- Erfolgskontrolle: Wie kann die Wirkung überprüft werden?

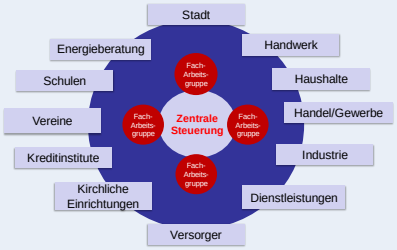
Ergänzend zu diesen Beschreibungen werden die Instrumente mit Hilfe einer *Bewertungsskala* nach folgenden Kriterien charakterisiert:

- Umsetzungszeitraum: zwischen kurz- und langfristig:
  Langfristig ist spätestens 2023 umzusetzen, kurzfristig beginnt so schnell wie möglich nach dem Beschluss des Konzeptes.
- Effektivität: zwischen hoch und niedrig:
  Hohe Effektivität heißt dabei, dass die Maßnahme ein gutes Verhältnis zwischen dem Aufwand an Geld und personellen Ressourcen einerseits und der erzielbaren Energie- und Emissionseinsparung bzw. dem zusätzlichen Energieertrag aus erneuerbaren Energien andererseits aufweist. Niedrig bedeutet umgekehrt, dass mit hohem Aufwand wenig erreicht werden kann.
- Priorität: zwischen hoch und niedrig:
  Hohe Priorität bedeutet, dass die verantwortlichen Akteure dieses Thema vorrangig angehen müssen, um wichtige Chancen nicht zu verpassen. Niedrige Priorität haben Maßnahmen, die aufgrund ihrer Langfristigkeit oder geringeren Effektivität weniger vordringlich sind.

6.2.1 Übergreifende Instrumente

1.Gründung einer koordinierenden Stelle in der Verwaltung zur Umsetzung des EKK

Wirkungsbereich übergreifend



Quelle: IE Leipzig

Status neu ☑

Beschreibung Wie bereits im Kapitel 6.1 beschrieben, ist zur Koordination und Organisation des Umsetzungsprozesses eine übergeordnete Stelle empfehlenswert (z. B. Klimaschutzmanager). Die Aufgabe der zentralen Steuerung bzw. des Klimaschutzmanagers ist eine kommunale Aufgabe. Die Aufgaben bestehen darin, immer wieder Impulse zu geben und Veranstaltungen zu organisieren. Hierbei ist auch die Unterstützung von den lokalen Akteuren in Limburg notwendig.

Handlungsschritte

- Im Rahmen des Umsetzungsprozesses sollte eine dauerhafte Internetpräsenz gestaltet werden. Neben konkreten Projektinformationen können hier z.B. auch Broschüren zum Thema Energieeinsparungen oder erfolgreiche lokale Sanierungsbeispiele dargestellt werden
- Planung, Durchführung und Auswertung von Veranstaltungen
- Organisation der Maßnahmenumsetzung
- Fortbildung im Bereich der Förderlandschaft

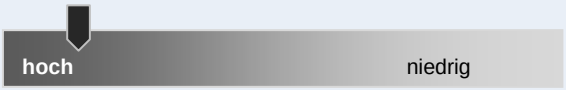
Akteure Stadt

Zielgruppe Private Haushalte, Unternehmen und Gewerbe, Stadt

Erfolgskontrolle Regelmäßige Berichterstattung über die Aktivitäten des Umsetzungsprozesses

Umsetzungshorizont

Effektivität



Priorität

2.Gründung einer Steuerungsgruppe

Wirkungsbereich übergreifend

Status neu ☑

Beschreibung Zur regelmäßigen Kontrolle der Fragen „Was ist bisher umgesetzt worden?“ und „Was sollte als nächstes getan werden?“ wird die Einrichtung einer zentralen Arbeitsgruppe empfohlen. Diese Gruppe sollte sich jährlich mindestens 2-mal treffen, neben festen Mitgliedern sollten zu bestimmten Themen auch externe Akteure hinzugezogen werden.

Handlungsschritte

- Festlegung der ständigen Mitglieder der Arbeitsgruppe
- Strukturierung der Inhalte
- Mithilfe bei der Organisation der Maßnahmenumsetzung
- Kontrolle der Wirksamkeit der Maßnahmen

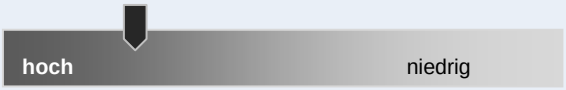
Akteure Stadt, EVL, Liegenschaftsverwaltung, externe Akteure

Zielgruppe Private Haushalte, Unternehmen und Gewerbe, Stadt

Erfolgskontrolle Regelmäßige Berichterstattung über die Aktivitäten des Umsetzungsprozesses

Umsetzungshorizont

Effektivität



Priorität

6.2.2 Instrumente für städtische Liegenschaften

3. Aufbau eines kommunalen Energiemanagements

Quelle: www.dena.de

Wirkungsbereich Energieeinsparung

Status ☑ neu

Beschreibung Ein Energiemanagement stellt eine umfassende Querschnittsaufgabe dar, die in erheblichem Maße das Zusammenwirken aller Beteiligten voraussetzt. Durch Bündelung von Zuständigkeiten können energierelevante Aufgaben untereinander koordiniert und aufeinander abgestimmt werden.

Handlungsschritte

- Entwicklung einer Energiedatenbank zur systematischen Erfassung, Auswertung und Überwachung der Energieverbräuche der kommunalen Liegenschaften; Verbrauchsdaten im Rahmen eines Benchmarking vergleichen
- Erstellung eines energetischen Sanierungskonzepts als Folgeprojekt mit den Inhalten: energetische Sanierungsreihenfolge getrennt nach Gebäudearten, Verbrauch, Einsparmöglichkeiten, Nutzerintensität sowie Auslastung der Liegenschaft
- Detailanalyse durch Einzelbetrachtung der zu sanierenden Gebäude
- Umsetzung der ermittelten Maßnahmen zur Einsparung
- Begleitende Maßnahmen: Kontinuierliche Verbesserung der Gebäudetechnik (Steckerleisten, Präsenzmelder, Schlüsselschalter, effiziente Geräte) sowie Sensibilisierung der Verbraucher

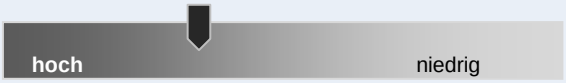
Akteure Stadtverwaltung

Zielgruppe Stadtverwaltung (Vorbildfunktion)

Erfolgskontrolle Öffentlichkeitswirksame Dokumentation der Erfolge, z. B. in Form eines Energieberichts, jährliche Verbrauchsdatenerfassung und Vergleich

Umsetzungshorizont

Effektivität



Priorität

4.Schrittweise Umrüstung der Straßenbeleuchtung

Wirkungsbereich Stromeinsparung

Status ☑ fortsetzen

Beschreibung Bis zum Jahr 2005 wurde die Straßenbeleuchtung Limburgs zum größten Teil auf den damaligen Stand der Technik gebracht, indem Quecksilberdampf-Lampen durch Natriumdampf-Lampen ersetzt wurden. Dadurch wurde erheblich Strom eingespart. Weitere Einsparungen wären durch Umrüstung auf LED möglich, aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten wäre eine komplette Umrüstung auf LED-Lampen aktuell allerdings nicht sinnvoll. Im Zeitraum bis 2023 sollte im Zuge von Sanierungen schrittweise auf stromsparende Techniken gesetzt werden.

Handlungs-schritte

- Schrittweise (straßenweise) Umrüstung im Zuge der Erneuerung
- Zeitnahe Umrüstung letzter veralteter Quecksilberdampflampen auf LED
- Feinanalyse zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit größerer Projekte
- Auflagen (technische Vorgaben) für Umrüstungen

Akteure Stadt, EVL

Zielgruppe Stadt

Erfolgskontrolle Anzahl umgerüsteter Leuchtpunkte

Umsetzungs-horizont

Effektivität

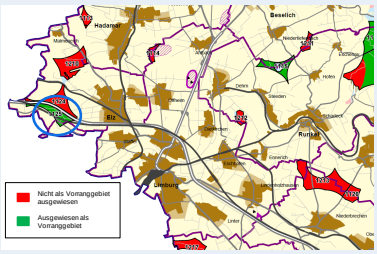
Priorität

6.2.3 Instrumente für den Sektor Energieerzeugung

5. Ausbau der Windenergie

Wirkungsbereich Ausbau Windkraft

Status ✓ neu



Quelle: [RPG 2012]

Beschreibung Für die Ausweisung von Vorranggebieten ist die Regionalversammlung Mittelhessen verantwortlich. Die Geschäftsstelle im Regierungspräsidium legte im Dezember 2012 den Teilregionalplan Energie für Mittelhessen als Entwurf vor. Da eine abschließende Fassung vor Projektende nicht zu erwarten ist, wurde im Rahmen des Projektes davon ausgegangen, dass die Festlegungen dieses Entwurfs auch Bestand haben werden. Auf den Gemarkungen der Stadt ergibt sich lediglich eine Flächengröße für Windvorranggebiete von 5 ha.

Handlungsschritte

- Aufnahme der Flächen im Regionalplan als Vorranggebiet Windnutzung und im Flächennutzungsplan
- Seitens der Kommune können potenzielle Investoren angesprochen und Projektplanungen genehmigungsrechtlich unterstützt werden
- Angebot an die Gemeinde Elz zur interkommunalen Zusammenarbeit

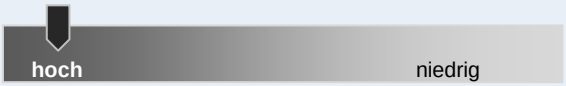
Akteure Stadtverwaltung, EVL

Zielgruppe Investoren, Projektentwickler

Erfolgskontrolle Umgesetzte Projekte

Umsetzungshorizont

Effektivität



Priorität

6.Windenergie - Beteiligungen

Wirkungsbereich Stromerzeugung aus Windenergie

Status ☑ intensivieren

Beschreibung Für Städte wie Limburg, wo sich kaum potenzielle Standorte für Windparks befinden, bietet die Thüga (Anteilseigner der Energieversorgung Limburg) mit ihrer Erneuerbare Energien GmbH Co. KG die Möglichkeit, sich über den Erwerb von Firmenanteilen am Bau und Erwerb von Windparks zu beteiligen. Bilanziell kann diese Stromerzeugung der Stadt zugeordnet werden. Diese Möglichkeit nutzt die EVL seit geraumer Zeit und hält aktuell Anteile mit einem Volumen von rund 2 MW installierter Leistung, vor dem Hintergrund fehlender Flächen im Stadtgebiet sollte diese Möglichkeit auch weiterhin genutzt werden. Andererseits besteht auch die Möglichkeit, unabhängig der Beteiligungen an der Thüga EE GmbH, sich an Projekten in räumlicher Nähe zur Stadt Limburg (z.B. Hünfelden) zu beteiligen.

Handlungsschritte

- Prüfung von Investitionen in Projekte außerhalb der Stadtgrenzen vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit
- Untersuchung der Einbindung von Energiegenossenschaften in größere Projekte

Akteure EVL, Einwohner

Zielgruppe Investoren, Projektentwickler, Bürger

Erfolgskontrolle Installierte Leistung

Umsetzungshorizont kurzfristig – langfristig

Effektivität hoch – niedrig

Priorität hoch – niedrig

7. Ausbau der Photovoltaik auf Dachflächen

Wirkungsbereich Ausbau Photovoltaik

Status ☑ neu

Beschreibung Bisher war der Zubau der Photovoltaik-Anlagen oft auf private Investoren zurückzuführen. Flächenpotenziale sind aber auch noch bei Industrie-, Gewerbe sowie Dächern von kommunalen Liegenschaften vorhanden. Jedoch sollten 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. Mit Hilfe einer Photovoltaik-Börse oder eines Photovoltaik-Pools kann (online) abgerufen werden, inwieweit bestimmte Dachflächen für eine Nutzung zur Verfügung stehen.

Handlungsschritte

- Auflagen für Neubaugebiete (Südausrichtung der Dächer)
- PV-Börse „Ersatzdach“ für Altstadtbewohner
- Kampagne für hessisches Solarkataster
- Fortführung der Bereitstellung der noch verfügbaren Dächer der Liegenschaften
- Einbindung von Energiegenossenschaften in größere Projekte („Bürgersolaranlagen“)

Akteure Stadtverwaltung, Banken, Einwohner

Zielgruppe Investoren, Projektentwickler, Bürger

Erfolgskontrolle Installierte Leistung

Umsetzungshorizont kurzfristig — langfristig

Effektivität hoch — niedrig

Priorität hoch — niedrig

8.Planungsrechtliche Bereitstellung von Photovoltaik-Freiflächen

Wirkungsbereich Ausbau Photovoltaik

Status ☑ neu

Beschreibung Für die Ausweisung von Vorbehaltsgebieten ist die Regionalversammlung Mittelhessen verantwortlich. Die Geschäftsstelle im Regierungspräsidium legte im Dezember 2012 den Teilregionalplan Energie für Mittelhessen als Entwurf vor. Seitens der Stadt wurden die in diesem Entwurf vorgeschlagenen Flächen abgeändert und Flächen mit einer Gesamtgröße von 67,1 ha als potenzielle Flächen für die PV-Stromerzeugung in einer Stellungnahme vorgeschlagen. Da eine abschließende Fassung des Teilregionalplans vor Projektende nicht zu erwarten ist, wurde im Rahmen des Projektes von diesem Vorschlag als Berechnungsgrundlage ausgegangen.
Zur Nutzung dieser Flächen sind planungsrechtliche Grundlagen zu legen. So ist z. B. Baurecht für die Flächen zu schaffen.

Handlungsschritte

- Information der Grundeigentümer über die Vorbehaltsgebiete
- Suche nach Investoren
- Prüfung der Wirtschaftlichkeit
- Pachtvertrag oder Flächenverkauf

Akteure Stadtverwaltung, EVL

Zielgruppe Investoren, Projektentwickler

Erfolgskontrolle Installierte Leistung

Umsetzungshorizont kurzfristig | langfristig

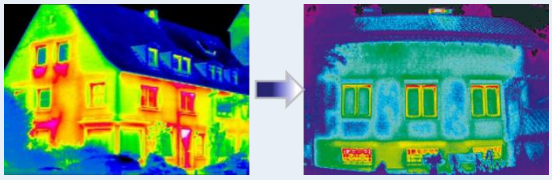
Effektivität hoch | niedrig

Priorität hoch | niedrig

6.2.4 Instrumente für den Sektor Private Haushalte

9.Beratungsangebote für Sanierungsmaßnahmen (Bsp. Energiekarawane)

Wirkungsbereich Wärmeeinsparung



Quelle:www.energieeinsparungsberatung.com

Status ✓ neu

Beschreibung Im Rahmen der Energiekarawane werden gezielt Eigenheimbesitzer angeschrieben und ihnen eine kostengünstige energetische Erstberatung angeboten. Weiterhin werden für Sanierungsmaßnahmen günstige Finanzierungskonditionen seitens der Banken geboten. Zusätzlich wird empfohlen, weitere Akteure wie z. B. Installateure und Architekten in den Prozess einzubinden. So können gemeinsame Informationsveranstaltungen Synergieeffekte schaffen und den Erfahrungsaustausch fördern. Teil dieser Veranstaltungen können ebenfalls die Präsentationen von positiven, aber auch negativen Beispielen sein.

Handlungsschritte

- Verteilung/ Auslegen von Broschüren oder Verlinkung der Informationsangebote mit den eigenen Internetpräsenzen
- Anschreiben der Hausbesitzer
- Mögliche Organisation der Veranstaltung durch zentrale Koordinierung mit Unterstützung der Stadt

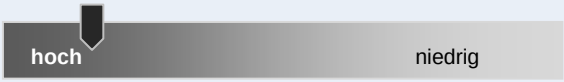
Akteure Stadt, Energieberater, Architekten, IHK

Zielgruppe Private Haushalte (Hausbesitzer), Handwerker

Erfolgskontrolle Resonanz auf Beratungsangebote

Umsetzungshorizont

Effektivität



Priorität

10.Energieberatung im Rahmen des Förderprogramms „Ihr Haus unter der Lupe“

Wirkungsbereich Wärmeeinsparung

Quelle: www.limburg.de

Status ☑ fortsetzen

Beschreibung Im Herbst 2012 hat die Stadt Limburg das Förderprogramm „Ihr Haus unter der Lupe“ zur Energieberatung für private Hausbesitzer eingeführt. Den Bürgern stehen Energieberater zur gebäudeindividuellen und ganzheitlichen Beratung zur Verfügung. Die Stadt übernimmt dabei bis zu 50 % der Beratungskosten. Des Weiteren bietet die EVL über ihr Internetportal www.evl.de/umwelt/energieberatung eine erste Orientierung über lokale und regionale Förderprogramme.

Handlungsschritte

- Vorhandene Angebote besser kommunizieren und Synergieeffekte nutzen, zum Beispiel durch Verbindung mit Festlichkeiten
- Informationsabende durchführen (Aufklärung darüber, was die Stadt leistet, z.B. Förderungen)
- Beratungsaktionen auf engere Räume und bestimmte Baualtersgruppen konzentrieren, z.B. jährlich wechselnd in den Stadtteilen, dadurch Verbesserung der Kommunikation
- Mögliche Organisation der Veranstaltungen durch zentrale Koordinierung mit Unterstützung der Stadt
- Durchführung von Thermographie-Aktionen, Kopplung an andere Veranstaltungen

Akteure Stadt, Energieberater, Architekten, EVL

Zielgruppe Private Haushalte (Hausbesitzer)

Erfolgskontrolle Resonanz auf Beratungsangebote

Umsetzungshorizont

Effektivität

Priorität

11.Beratung bei Kesseltausch, Heizungspumpen und hydraulischem Abgleich

Wirkungsbereich Wärmeeinsparung

Status ☑ Intensivieren

Quelle: www.intelligent-heizen.info

Beschreibung Die Beratung sollte vorwiegend über Heizungsinstallateure erfolgen, aber auch eine Beratung über die ansässigen Schornsteinfeger ist denkbar und sollte offensiver kommuniziert werden.
Der hydraulische Abgleich ist eine effektive und kostengünstige Maßnahme. Im Bereich der privaten Haushalte ist noch ein großes Einsparpotenzial vorhanden.
Die aktuelle Austauschrate der Kessel wird als gering eingeschätzt bzw. nur gesetzlich vorgeschriebene Wechsel, ohne zusätzliche Motivation sind kaum Aktivitäten über den gesetzlichen Zyklus hinaus zu erwarten.

Handlungsschritte

- Kooperation mit dem Heizungshandwerk und Fortbildung/ Schulung der Heizungsinstallateure z. B. durch die EVL, aber auch durch andere Institutionen wie IHK
- Contracting bei Heizungssystemen (Mehrfamilienhäuser, Liegenschaften)

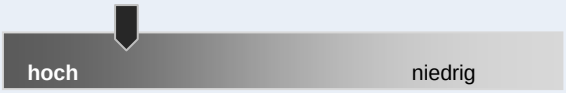
Akteure Heizungsinstallateure, Schornsteinfeger, EVL

Zielgruppe Private Haushalte (Hausbesitzer)

Erfolgskontrolle Anzahl erneuerte Kessel und Heizungspumpen

Umsetzungshorizont

Effektivität



Priorität

12. Ausbau von Solarthermie, Biomassekesseln und KWK in Haushalten

Wirkungsbereich Private Haushalte, CO_2-Einsparung

Status ☑ intensivieren

Quelle: IE Leipzig

Beschreibung Durch den verstärkten Ausbau von Solarthermie und Biomassekesseln können andere Energieträger, wie beispielsweise Öl oder Gas, die zur Erzeugung von Warmwasser und Raumwärme eingesetzt werden, substituiert werden. Durch die Installation von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen können Strom und Wärme parallel erzeugt werden, durch höhere Wirkungsgrade gegenüber getrennter Erzeugung kann auch hier CO_2 eingespart werden.

Handlungsschritte

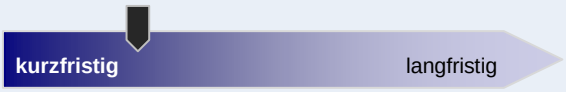
- Beratungsangebote für alternative Heizsysteme erhöhen
- Fördermöglichkeiten aufzeigen
- Anreizmöglichkeiten für die Installation alternativer Systeme für Kesseltauscher schaffen (z. B Fördermittel bei Erstinstallation)

Akteure Heizungsinstallateure, Schornsteinfeger, Energieberater, EVL, Handwerker

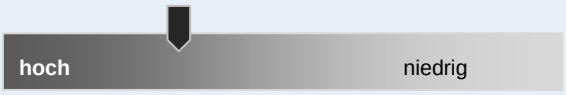
Zielgruppe Private Haushalte (Hausbesitzer)

Erfolgskontrolle Anzahl regenerativer Systeme zur Warmwasserbereitung und Raumwärmeerzeugung

Umsetzungshorizont



Effektivität



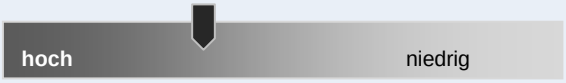
Priorität

13.Beratungsangebote für Energiespartipps (Wärmeanwendungen)

Wirkungsbereich	Wärmeeinsparung Quelle: www.meine-heizung.de
Status	☑ neu
Beschreibung	Durch Energiespartipps Änderungen im Nutzerverhalten initiieren und bewusstes Energiesparen vermitteln. Es sollen keine neuen Informationsbroschüren oder Programme geschaffen werden, sondern das bereits vorhandene Angebot (z. B. der dena) besser genutzt und intensiver kommuniziert werden.
Handlungsschritte	– Verteilung/ Auslegen von Broschüren oder Verlinkung der Informationsangebote mit den eigenen Internetpräsenzen – Wohnungswirtschaft und Energieversorger sollten den Bekanntheitsgrad der Kampagne „Meine Heizung kann mehr“ erhöhen.
Beispiele	„Meine Heizung kann mehr“ erhöht den Bekanntheitsgrad des hydraulischen Abgleichs und informiert über die wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile dieser geringinvestiven Effizienzmaßnahme.
Akteure	Lokale Wohnungswirtschaft, EVL, IHK
Zielgruppe	Private Haushalte (Hausbesitzer)
Erfolgskontrolle	Resonanz auf Beratungsangebote, Anzahl der hydraulischen Abgleich-Vorgänge

Umsetzungshorizont

Effektivität



Priorität

14. Aufklärungs- und Beratungsarbeit

Wirkungsbereich

Stromeinsparung, Wärmeeinsparung
Beeinflussung des Nutzerverhaltens

Status

☑ fortsetzen

Beschreibung

Durch Energiespartipps Änderungen im Nutzerverhalten initiieren und bewusstes Energiesparen vermitteln. Es sollen keine neuen Informationsbroschüren oder -programme geschaffen werden, sondern das bereits vorhandene Angebot besser genutzt und intensiver kommuniziert werden. Grundsätzlich wurde im Rahmen der Projektbearbeitung seitens der Akteure festgestellt, dass trotz eines mittlerweile vielfältigen Angebotes vielen Bürgern verschiedene Möglichkeiten zum Energiesparen nicht bekannt oder bewusst sind.

Handlungsschritte

- Den interessierten Bürgern Zugang zu Informationen erleichtern, indem lokale Energieberater und Institutionen auf Internetportale verweisen
- Einbindung der Tagespresse
- Individuelle Wettbewerbe beim Energiesparen organisieren
- Verstärkte Hinweise auf energiesparende „weiße Ware“

Akteure

Lokale Energieberater, EVL, Installateure, Schornsteinfeger

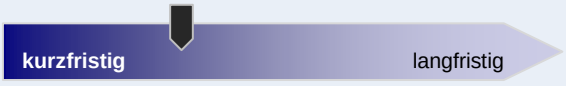
Zielgruppe

Private Haushalte (Bürgerinnen und Bürger)

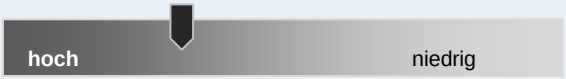
Erfolgskontrolle

Resonanz auf Beratungsangebote, Rückgang des Pro-Kopf-Energieverbrauchs in den Haushalten

Umsetzungshorizont



Effektivität



Priorität

15.Durchführung von Energiesparwettbewerben an Schulen sowie Kindertagesstätten

Wirkungsbereich Bewusstseinsbildung bei Kindern und Jugendlichen

Quelle: www.allgaeustrom.de

Status ☑ neu

Beschreibung Durch Energiesparwettbewerbe zwischen Schulen sowie zwischen Kindertagesstätten kann bei Kindern und Jugendlichen das Bewusstsein für die Problematik „Stromsparen und Energieeffizienz“ geweckt werden. Gefragt sind u. a. Ideen und Erfindungen, die im Alltag das Energiesparen erleichtern sollen. Zusätzlich fördern eine umfassende Einbeziehung der Medien und öffentliche Preisverleihung die Wahrnehmung des Themas in der Bevölkerung. Weiterhin kann auch im Rahmen des Wettbewerbes die Ideenfindung für ein Logo und ein Slogan zum Umsetzungsprozess des Energie- und Klimaschutzkonzepts ausgerufen werden.

Handlungsschritte

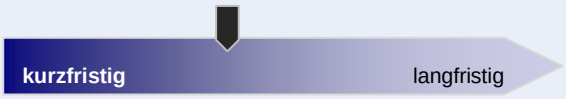
- Bekanntmachung des Wettbewerbs
- Prämierung der Projekte
- öffentliche Preisverleihung

Akteure Schulen, Stadt

Zielgruppe Vorschüler und Schüler

Erfolgskontrolle Teilnehmeranzahl

Umsetzungshorizont



Effektivität

Priorität

16.Weiterführung der Aktivitäten der EVL zum Thema smart grid und smart meter

Wirkungsbereich Stromnetz

Status ☑ fortführen

Beschreibung Der Begriff smart grid („intelligentes Stromnetz“) bezeichnet die kommunikative Steuerung und Vernetzung von Stromerzeugern, Speichern, elektrischen Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und –verteilungsnetzen der Elektrizitätsversorgung. Diese ermöglicht eine Optimierung und Überwachung der miteinander verbundenen Bestandteile. Ziel ist die Sicherstellung der Energieversorgung auf Basis eines effizienten und zuverlässigen Systembetriebs. Die Energieversorgung Limburg (EVL) ist hier in letzter Zeit bereits aktiv geworden und hat im Rahmen eines Thüga-Versuchs 30 smart meter (intelligente Zähler) im Netz der EVL installiert. Des Weiteren kooperiert die EVL mit der FH Frankfurt und der FH Osnabrück im Rahmen eines Forschungsprojektes „Easy-Service Creation for Home and Energy Management“ (e-schema), welches sich ebenfalls mit diesem Thema beschäftigt. Die tatsächliche Stromeinsparung durch die Installation von smart metern wird derzeit untersucht, durch einen höheren Energieverbrauch der Zähler wird davon ausgegangen, dass der Einspareffekt eher gering ist. Rechnerisch wurde der Effekt von smart metern im Rahmen dieses Projektes aufgrund des begrenzten Betrachtungszeitraums bis 2023 nicht berücksichtigt.

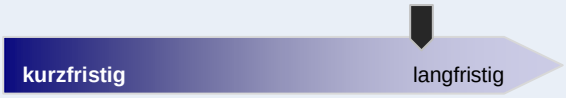
Handlungs-schritte
- Weiterführung der Aktivitäten

Akteure EVL

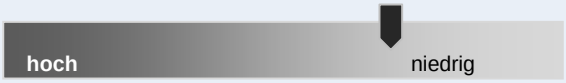
Zielgruppe Haushalte

Erfolgskontrolle Anzahl der eingebauten smart meter

Umsetzungs-horizont



Effektivität



Priorität

6.2.5 Instrumente für den Wirtschaftssektor (GHD und Industrie)

17. Beratungsoffensive für KMU

Wirkungsbereich Strom- und Wärmeeinsparung

Status ☑ intensivieren

Quelle: IE Leipzig

Beschreibung Für KMU bieten verschiedene Institutionen zahlreiche Förderprogramme an. Folgende Handlungs- und somit auch Beratungsschwerpunkte, neben den reinen technischen Maßnahmen, werden zur Hebung von Effizienzpotenzialen gesehen:

- Einführung von Energiemanagementsystemen
- Einsparpotenziale bei der Klimatisierung
- Beratungen zum Nutzerverhalten

Handlungsschritte

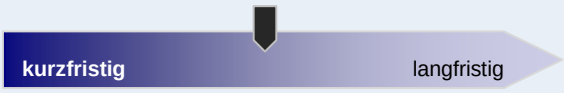
- Initiierung eines intensiven Erfahrungsaustausches z. B. seitens der regionalen IHK und der Landesenergieagenturen
- Themenabende zu Heizungscontracting, Beleuchtung, Klimaanlagen oder die direkte Kontaktaufnahme mit den Betrieben
- Einbeziehung der „Wirtschaftsjunioren Limburg-Weilburg“

Akteure EVL, RKW, lokale Betriebe, Wirtschaftsjunioren, IHK

Zielgruppe Lokale Industrie- und Gewerbebetriebe

Erfolgskontrolle Anzahl von Effizienzmaßnahmen

Umsetzungshorizont



Effektivität

Priorität

18.Nutzung vorhandener Förderprogramme

Wirkungsbereich Strom- und Wärmeeinsparung

Quelle: www.kfw.de

Status ☑ neu

Beschreibung Institutionen (zum Beispiel KfW-Bankengruppe, BAFA) bieten zahlreiche Förderprogramme an. Eine erste Orientierung über lokale und regionale Förderprogramme bietet das Internetportal der EVL http://www.evl.de/umwelt/energieberatung sowie das Internetportal www.energiefoerderung.info (BINE). Die Homepage www.energieland.hessen.de des hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zeigt zahlreiche Förder- und Beratungsmöglichkeiten auf.

Handlungsschritte

- Information an lokale Industrie und GHD-Betriebe über Förderprogramme
- Initiierung eines intensiven Erfahrungsaustausches z. B. seitens der regionalen IHK
- Integration der Informationen in die „Beratungsoffensive für KMU“

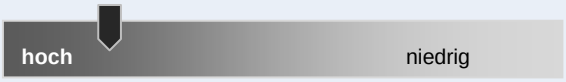
Akteure IHK, Energieberater, EVL, RKW, Wirtschaftsjunioren

Zielgruppe Lokale Industrie und Gewerbebetriebe

Erfolgskontrolle Anzahl der geförderten Maßnahmen

Umsetzungshorizont

Effektivität



Priorität

6.3 Monitoring

Anhand eines fortlaufenden Energiemonitorings und -controllings muss die Effizienz der organisatorischen und investiven Maßnahmen gemessen werden, darüber hinaus liefert es 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.

6.3.1 Entwicklung eines Monitoringkonzeptes

Die Berechnungen der Energie- und CO_2-Einsparpotenziale für die Stadt Limburg wurde auf Basis der berechneten Energieverbräuche und Annahmen zur Wirksamkeit von organisatorischen und investiven Maßnahmen (nach Verbrauchsbereichen) durchgeführt. Mit Blick auf die untersuchten und dargestellten CO_2-Minderungspotenziale bis 2023 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.

Zudem ist eine quantitative Verfolgung der künftigen Entwicklung durchzuführen, hierzu mehr im nachfolgenden Teilkapitel 6.3.2 **(Daten-Monitoring)**. Daneben ist es zweckmäßig, das Controlling-Instrument auf diejenigen Aktivitäten zu beziehen, die im Maßnahmen- und Instrumentenkatalog festgelegt wurden und deren Umsetzung kontinuierlich nachverfolgt werden können **(Maßnahmen-Monitoring)**.

Das Monitoring ist in einem laufenden Prozess regelmäßig, z. B. in Form von Berichten, Maßnahmenkontrollen oder Aktivitätskontrollen festzuhalten und zu veröffentlichen. Weiterhin müssen 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 muss fortwährend in den Vordergrund gestellt werden. Ziel der regelmäßigen Veranstaltungen ist die Erfolgskontrolle und eine fortwährende Motivation der Akteure. Deshalb ist auch allen Bürgern die Möglichkeit zu geben, an den Veranstaltungen teilzunehmen.

Die Ergebnisse sollen 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 machen andere?)
   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 haben wir gemacht?)
   Dies beinhaltet die Kommunikation des bereits Erreichten, auch mit den Tagen der offenen Tür in kommunalen Gebäuden, sowie eine Fortschreibung der Energie- und CO_2-Bilanz.
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. Was klar als Ziel kommuniziert wurde, wird durch die Öffentlichkeit später auch eingefordert.

6.3.2 Daten-Monitoring

Die wesentlichen Kennwerte, mit denen sich die Energiebilanz der Stadt jährlich verändert, und die daher als Summe kontinuierlich erfasst werden müssen, sind:

- Stromverbrauch aller privaten Haushalte
- Einwohnerzahl zum Jahresende
- bewohnte Wohnfläche
- Wärmebedarf der Haushalte (Raumwärme und Warmwasser, witterungsbereinigt)
- Anzahl der Beschäftigten in Industrie, GHD-Sektor und Verwaltung (Summe aus SV-pflichtig Beschäftigten) am Arbeitsort
- Stromverbrauch aller Unternehmen und Betriebe der Sektoren Industrie, GHD und Verwaltung am Betriebsstandort
- Bedarf an fossilen Brennstoffen in den Sektoren Industrie, GHD und Verwaltung am Betriebsstandort

und aus diesen abgeleitet:

- Stromverbrauch pro Jahr und Einwohner
- Wärmebedarf pro Jahr und Wohnfläche
- Stromverbrauch pro Jahr und Beschäftigten in den Sektoren Industrie, GHD und Verwaltung
- Fossiler Brennstoffeinsatz pro Jahr und Beschäftigten

Hinzu kommen die entsprechenden Umrechnungen dieser Energiemengen in CO_2-Emissionen.

Die Erfassung weiterer Kennwerte kann sich als sinnvoll erweisen, hat jedoch geringere Bedeutung. Diese Datenerfassung erfordert allerdings auch die regelmäßige Erstellung einer Energie- und CO_2-Bilanz. Dies wird dadurch erschwert, dass auf kommunaler und regionaler Ebene die regional abgrenzbaren Energiedaten – anders als auf Landes- und Bundesebene – nicht kontinuierlich statistisch erfasst werden. Sofern die Zusammenstellung dieser Daten in ähnlicher Weise wie im Rahmen dieses Konzeptes die Möglichkeiten der Stadt überfordert, können diese Arbeiten auch extern vergeben werden, hierfür muss wiederum in regelmäßigen Abständen ein Budget eingeplant werden.

7 FAZIT

Mit dem vorliegenden Energie- und Klimaschutzkonzept 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 Beschluss der Stadt Limburg ein Bekenntnis zum Energie- und Klimaschutzkonzept abzugeben und den Umsetzungsprozess zu verankern. Zur besseren Kommunikation und Verankerung wird die Entwicklung eines Slogans und eines Logos empfohlen.

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

- Die wichtigste Voraussetzung ist die **Schaffung einer koordinierenden Instanz (z. B. „Klimaschutzmanager“).**
  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 interkommunale koordinierende Querschnittsaufgabe verstanden werden, welche in viele Bereiche hineinreicht. Hierfür müssen personelle und finanzielle Ressourcen geschaffen und ggf. Entscheidungskompetenzen übertragen werden.

- **Umsetzung des vorliegenden Maßnahmen- und Instrumentenkatalogs**
  Der im Rahmen der Erstellung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes erarbeitete Katalog ist auf die kommunale Situation der Stadt Limburg ausgerichtet. Als Ergebnis sind konkrete Maßnahmen und Akteure benannt, die für die Realisierung der Aktivitäten über das Trend-Szenario hinaus verantwortlich sein könnten.

Die beschriebenen Instrumente und Maßnahmen stellen eine Auswahl möglicher Aktivitäten dar, der Anspruch auf Vollständigkeit wird nicht 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 „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 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.

QUELLENVERZEICHNIS

ages 2005	Ages GmbH: Excelauswertung auf Datenträger zum Verbrauchskennwerte Bericht 2005, o.J., Münster
ages 2007	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 2013	Biomasseatlas: Anlagen mit Einsatz von Pellets, Scheitholz und Holzhackschnitzeln seit Oktober 2001. http://www.biomasseatlas.de, Zugriff 08.01.2013.
BMU 2008	Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel – Kurzfassung, beschlossen vom Bundeskabinett am 17.Dezember 2008
BMU 2009	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Energieeffizienz – die intelligente Energiequelle. Tipps für Industrie und Gewerbe. Berlin, Juli 2009.
BMU 2012	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien in Zahlen. Internet-Update ausgewählter Daten. 34 Seiten, Berlin, Dezember 2012.
Bau-Welt 2013	Marketing-Factory Digital GmbH (Hrsg.): Hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage. In: Internetportal www.bau-welt.de, Zugriff am 05.03.2013.
BMWi & BMU 2010	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. München, September 2010.
Bundesagentur für Arbeit 2013	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort, Limburg an der Lahn, Gebietsstand Dezember 2012; 15.01.2013
dena 2012	Deutsche Energie-Agentur GmbH, Veröffentlichungen im Internet unter: http://mtest.dena.de/publikationen/stromsparpaket-energiespartipps-fuer-ihren-haushalt.html Zugriff 18.04.2013.
DIW 2009	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Wochenberichte 50/2009, 41/2004, 51/2002. Berlin, 2009.
EVL 2013	Energieversorgung Limburg GmbH; Datenlieferung zum Strom- und Erdgasabsatz sowie KWK-Anlagen in Limburg
HessenAgentur 2011	HA Hessen Agentur GmbH: Datenbank zum demographischen Wandel in den hessischen Gemeinden, Datenblatt für Limburg a. d. Lahn, Oktober 2011

HMU 2007 Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hrsg.): Klimaschutzkonzept Hessen 2012. 94 S., Wiesbaden, März 2007.

HMUELV 2010 Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): Nachhaltigkeitsstrategie Hessen. Bericht des Energie-Forums Hessen 2020. Ziele und Eckpunkte des Hessischen Energiekonzepts für die Bereiche Energieeffizienz und Erneuerbare Energien. 73 S., Wiesbaden, Januar 2010.

HWWI 2010 Hamburgisches Weltwirtschaftsinstitut. Studie zur regionalen Beschäftigungsentwicklung: Deutschland 2020-Die Arbeitsplätze der Zukunft; Regionen im Wettbewerb – Faktoren, Chancen und Szenarien.2010.

IE 2009 Leipziger Institut für Energie GmbH: Vollkostenvergleich Heizsysteme 2009 – Informationen für Verbraucher. Leipzig, 2009.

IEKP 2007 Integriertes Energie- und Klimaprogramm – Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm, BMU 2007.

IWU & BEI 2010 Institut Wohnen und Umwelt; Bremer Energie Institut: Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. 180 S., Darmstadt, Dezember 2010.

IWU 2003 Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie. Darmstadt, 2003.

IWU 2007 Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU): Basisdaten für Hochrechnungen mit der deutschen Gebäudetypologie des IWU. Darmstadt 2007

KBA 2013 Kraftfahrt-Bundesamt: Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes für Limburg an der Lahn seit 1990. Datenabfrage, Flensburg, 2013.

KfW 2010 KfW-Bankengruppe (Hrsg.): Wohngebäudesanierer-Befragung 2010 – Hintergründe und Motive zur energetischen Sanierung des Wohnungsbestandes. 46 S., Frankfurt (M.), Juli 2010.

Landkreis Limburg-Weilburg 2011 Region mit Energie; Erneuerbare Energien II, S.7; Hrsg. Landkreis Limburg-Weilburg, Büro des Ersten Kreisbeigeordneten Helmut Jung und Amt für den ländlichen Raum, Umwelt, Veterinärwesen und Verbraucherschutz

Limburg 2013 Amt für Verkehrs- und Landschaftsplanung; Datenlieferung zu potenziellen PV-Freiflächen auf Limburger Gemarkung, 13.05.2013

Öko-Institut & Prognos 2009 Öko-Institut e.V. und Prognos AG: Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Basel / Berlin, 2009.

Palmer 2009 Palmer, B.: Eine Stadt macht blau - Politik im Klimawandel - das Tübinger Modell. Seite 196-221, Verlag: Kiepenheuer & Witsch

Prognos 2007 Prognos AG: Potenziale für Energieeinsparung und Energieeffizienz im Lichte aktueller Preisentwicklungen. Berlin und Basel, 2007

RPG 2012 RP Gießen als Geschäftsstelle der Regionalversammlung Mittelhessen (Hrsg.): Teilregionalplan Energie Mittelhessen. Entwurf zur Anhörung und Offenlegung. 71 Seiten und 2 Karten als Anlagen, Gießen, 18.12.2012.

Solaratlas 2013 Solaratlas: Solarthermische Anlagen seit Januar 2001. http://www.solaratlas.de/, Zugriff am 08.01.2013.

StaLA Hessen 2012 Gemeindeblätter der Gebäude- und Wohnungszählung 1987, bereitgestellt durch das Statistische Landesamt Hessen am 10.12.2012

StaLA Hessen 2013 Statistisches Landesamt Hessen. Hessische Gemeindestatistik im Internet abrufbar unter: http://www.statistik-hessen.de/publikationen/download/496/index.html Zugriff am 08.01.2013

Stiftung Warentest 2007 Stiftung Warentest, Heft 09/2007, Berlin.

UBA 2010 Umweltbundesamt (Hrsg.): DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme in der Praxis – Ein Leitfaden für Unternehmen und Organisationen. Umweltbundesamt, Dessau, Dessau-Roßlau, 2010.

UBA 2012 Umweltbundesamt (Hrsg.): Emissionsentwicklung in Deutschland seit 1990 nach Quellgruppen. CO_2-Emissionen in Gg. Darin: Gesamt-Emissionen ohne Landnutzungsänderung. Excel-Datei, Dessau-Roßlau, 13.12.2012. Im Internet unter: http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm, Zugriff am 26.06.2013.

Weidmann & Spöhrer 2013 Datenlieferung zum Strom- und Wärmeverbrauch der stadteigenen Liegenschaften Limburgs. März 2013.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchssektoren	2
Abbildung 2	Entwicklung der CO_2-Emissionen nach Verbrauchssektoren	2
Abbildung 3	Erneuerbare Energien bei der Stromerzeugung nach Szenarien	3
Abbildung 4	Endenergieverbrauch nach Sektoren und Szenarien	4
Abbildung 5	CO_2-Bilanz nach Sektoren und je Einwohner in den Szenarien	5
Abbildung 6	Abschätzung der Investitionskosten nach Sektoren und Szenarien bis 2023	6
Abbildung 7	Satellitenbild mit Gemarkungsgrenzen von Limburg	9
Abbildung 8	Projektstruktur zur Erarbeitung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes	11
Abbildung 9	Mitglieder im Projektteam sowie organisatorischer Aufbau zur Erarbeitung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes	12
Abbildung 10	Energieflussschema eines Bilanzierungsraumes	14
Abbildung 11	Eigenerzeugung (Strom) und Strombedarf in Limburg	15
Abbildung 12	Anteil der Energieerzeugung aus regenerativen Energiequellen	15
Abbildung 13	Bevölkerungsentwicklung der Stadt Limburg	16
Abbildung 14	Baualtersstruktur der Wohngebäude in Limburg	18
Abbildung 15	Energieverbrauch der privaten Haushalte nach Anwendungsarten in Limburg	19
Abbildung 16	Endenergieverbrauch der privaten Haushalte nach Energieträgern in Limburg	20
Abbildung 17	CO_2-Emissionen der privaten Haushalte nach Anwendungsarten in Limburg	21
Abbildung 18	Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte am Arbeitsort in Limburg	22
Abbildung 19	Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/ GHD nach Wirtschaftszweigen	23
Abbildung 20	Endenergieverbrauch im Sektor Industrie/ GHD nach Energieträgern	24
Abbildung 21	CO_2-Emissionen im Sektor Industrie/ GHD nach Energieträgern	25
Abbildung 22	Endenergieverbrauch nach Energieträgern der erfassten städtischen Liegenschaften im Jahr 2011	26
Abbildung 23	Energieverbrauch der städtischen Liegenschaften seit 1990 und im Trend bis 2023	27
Abbildung 24	CO_2-Emissionen städtischer Liegenschaften in Limburg	28
Abbildung 25	Bestand der gemeldeten Kfz nach Antriebsarten in Limburg	29
Abbildung 26	Endenergieverbrauch im Verkehrssektor in Limburg	30
Abbildung 27	Entwicklung der CO_2-Emissionen des Verkehrssektors in Limburg	31
Abbildung 28	Endenergieverbrauch nach Verbrauchssektoren in Limburg	32
Abbildung 29	Endenergieverbrauch nach Energieträgern in Limburg	33
Abbildung 30	CO_2-Emissionen nach Verbrauchssektoren in Limburg	34
Abbildung 31	CO_2-Emissionen nach Energieträgern in Limburg	35
Abbildung 32	CO_2-Emissionen je Einwohner nach Verbrauchssektoren in Limburg	36

Abbildung 33	Potenzielle Flächen für Photovoltaik-Freiflächenanlagen auf der Gemarkung Limburg	40
Abbildung 34	Geplante Vorranggebiete zur Windenergienutzung in Limburg	42
Abbildung 35	Vorgeschlagene Flächen zum Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung	44
Abbildung 36	Nahwärmenetz Blumenrod in Limburg	53
Abbildung 37	Nahwärmenetz Bischof-Blum-Straße	53
Abbildung 38	Bausteine eines kommunalen Energiemanagements	63
Abbildung 39	Kennwertevergleich der städtischen Liegenschaften bei Strom und Wärme	65
Abbildung 40	Endenergieverbrauch ausgewerteter städtischer Liegenschaften in den Szenarien	66
Abbildung 41	Mittlerer jährlicher Stromverbrauch der 20 größten Stromverbraucher der betrachteten Liegenschaften in Limburg	67
Abbildung 42	Ist-Soll-Vergleich der 20 größten Stromverbraucher der betrachteten Liegenschaften in Limburg	68
Abbildung 43	Einsparmöglichkeiten Strom der Liegenschaften bei Reduzierung des Verbrauchs auf Grenzwert (Median) der Referenzgebäude	69
Abbildung 44	Mittlerer jährlicher Wärmeverbrauch der 20 größten Wärmeverbraucher der betrachteten Liegenschaften in Limburg	69
Abbildung 45	Ist-Soll-Vergleich der 20 größten Wärmeverbraucher der betrachteten Liegenschaften in Limburg	70
Abbildung 46	Einsparmöglichkeiten Wärme der Liegenschaften bei Reduzierung des Verbrauchs auf Grenzwert (Median) der Referenzgebäude	71
Abbildung 47	Beitrag der erneuerbaren Energien zur Deckung des Strombedarfs nach Szenarien	73
Abbildung 48	Endenergieverbrauch nach Sektoren und Szenarien in Limburg	74
Abbildung 49	Einsparpotenziale der Handlungsoptionen auf den Endenergieverbrauch	75
Abbildung 50	CO_2-Bilanz nach Sektoren und je Einwohner in Limburg	76
Abbildung 51	Minderungspotenziale der Handlungsoptionen für die CO_2-Emissionen	77
Abbildung 52	Abschätzung der Investitionskosten bis 2023 nach Sektoren	78
Abbildung 53	Verankerung der zentralen Steuerung	82

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Datengrundlagen für die Wohnungsbedarfsprognose 2023	17
Tabelle 2	Übersicht über die Maßnahmen im Sektor Energieerzeugung im Trend-, Aktiv- und Optimal-Szenario für Limburg	38
Tabelle 3	Zusätzliche Stromerzeugung durch Photovoltaik sowie Investitionskosten nach Szenarien	41
Tabelle 4	Zusätzliche Stromerzeugung von Windkraftanlagen sowie Investitionskosten nach Szenarien	43
Tabelle 5	Stromerzeugung aus Klärgas sowie Investitionskosten nach Szenarien	44
Tabelle 6	Übersicht über die Maßnahmen im Sektor Private Haushalte nach Szenarien für Limburg	45
Tabelle 7	Sanierungsraten und Einsparmöglichkeiten der Gebäudesanierung in den Szenarien	46
Tabelle 8	Kesselaustauschraten mit Einsparmöglichkeiten und Investitionskosten nach Szenarien	48
Tabelle 9	Hydraulischer Abgleich und dessen Investitionskosten nach Szenarien	49
Tabelle 10	Nutzung der Solarthermie und deren Investitionskosten nach Szenarien	51
Tabelle 11	Biomassekessel und Wärmepumpen und deren Investitionskosten nach Szenarien	52
Tabelle 12	Erdgas- KWK-Anlagen sowie deren Investitionskosten nach Szenarien	54
Tabelle 13	Bereitschaft zum Kauf effizienter Elektrogeräte sowie Investitionskosten nach Szenarien	55
Tabelle 14	Annahmen für die Steigerung der Energieproduktivität im Sektor Industrie und GHD in den Szenarien	58
Tabelle 15	Energie- und CO_2-Minderungspotenziale sowie Investitionskosten in den Sektoren GHD und Industrie für Limburg	61
Tabelle 16	Vergleich von städtischen Liegenschaften bei Wärme und Strom mit Kennwerten	64
Tabelle 17	Ergebnisse des Szenarienvergleichs	79