Klimaschutzprogramm

ILM-KREIS 2005 - 2015

Arnstadt, Dezember 2005

Überarbeitete Fassung vom Oktober 2008

Klimaschutzprogramm

ILM–KREIS 2005 - 2015

Ausgangssituation

Optionen für Klimaschutzmaßnahmen

Zielstellung

Landratsamt Ilm-Kreis
Regionale Agenda 21

Energie- und Umweltpark Thüringen e.V.

Gefördert durch:

Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt

EUROPÄISCHE UNION
Europäische Fonds für Regionalentwicklung

Klimaschutzprogramm Ilm-Kreis 2005

Inhaltsverzeichnis Seite

0 Vorbemerkungen 7

1 Global denken – lokal handeln 9

2 Treibhauseffekt und Klimaschutz-Ziele 15

2.1 Ursachen und Wirkungen der Klimaveränderungen 15
2.2 Internationale und nationale Klimaschutz-Ziele 21

3 Situation in Thüringen 27

3.1 Energiebedingte Emissionsquellen 28
3.2 Nicht energiebedingte Emissionsquellen 29
3.3 „Senken“ für Treibhausgas-Emissionen 29

4 Ausgangssituation beim Endenergieverbrauch und energiebedingten CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis 32

4.1 Strukturdaten Ilm-Kreis 32
4.2 Ausgangssituation beim Endenergieverbrauch und energiebedingten CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis 33
4.2.1 Ausgangssituation beim Endenergieverbrauch **33**
4.2.2 Ausgangssituation bei energiebedingten CO_2-Emissionen **35**
4.3 Situation in den Folgejahren 2005 bis 2007 37

5 Handlungsfelder und Potenziale für Klimaschutzmaßnahmen im Ilm-Kreis 38

5.1 Handlungsfelder bei den Rationellen Energieanwendungen 39

5.1.1 HF 01, Wärmeschutzmaßnahmen an Wohngebäuden 39
5.1.1.1 Einleitung **39**
5.1.1.2 Wohnungsbestand im Ilm-Kreis 2004 **40**
5.1.1.3 Wohnungsbaugesellschaften und –genossenschaften **41**
5.1.1.4 Wohnungsbaugesellschaft Arnstadt **42**
5.1.1.5 Privathaushalte **43**
5.1.1.6 Potenzialabschätzung für den Wärmebedarf und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015 **44**

5.1.2 HF 02, Erneuerung von Heizungsanlagen 50
5.1.2.1 Struktur der Heizungsanlagen im Ilm-Kreis **50**
5.1.2.2 Potenzialabschätzung für die Umstellung der Heizungsanlagen und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015 **54**

5.1.3 HF 03, Fernwärmeversorgung im Ilm-Kreis 56
5.1.3.1 Stadt Arnstadt **56**

5.1.3.2	Stadt Ilmenau	**57**
5.1.3.3	Potenzialabschätzung für die Fernwärmeerzeugung und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**58**
5.1.4	**HF 04, Energieanwendung bei öffentlichen Liegenschaften des Landkreises**	**60**
5.1.4.1	Energieverbrauch und CO_2-Emissionen bei öffentlichen Liegenschaften im Jahr 2003	**60**
5.1.4.2	Energieverbrauch und CO2-Emissionen in Schulen und Turnhallen 2004	**61**
5.1.4.3	Energieverbrauch und CO2-Emissionen bei öffentlichen Liegenschaften in den Jahren 2005 bis 2007	**62**
5.1.4.4	Potenzialabschätzung für die Entwicklung des Energieverbrauchs und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**64**
5.1.5	**HF 05, Wärmepumpe, ein alternatives Heizungssystem**	**66**
5.1.5.1	Nutzung von Umweltwärme	**66**
5.1.5.2	Arbeitsprinzipien von Wärmepumpen	**67**
5.1.5.2.1	Kompressionswärmepumpen	**67**
5.1.5.2.2	Sorptionswärmepumpen	**68**
5.1.5.3	Betriebsarten von Wärmepumpen	**69**
5.1.5.4	Wärmepumpentypen	**70**
5.1.5.5	Wärmepumpen in Deutschland und Thüringen	**71**
5.1.5.6	Wärmepumpenanlagen im Ilm-Kreis	**73**
5.1.5.7	CO_2-Bilanz der Wärmepumpenanlagen im Ilm-Kreis 2004	**75**
5.1.5.8	Potenzialabschätzung für den Einsatz von Wärmepumpen und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**76**
5.1.6	**HF 06, Nutzung des Kraft-Wärme-Kopplungspotenzials zur CO_2-Minderung**	**78**
5.1.6.1	Kraft-Wärme-Kopplung	**78**
5.1.6.2	Aufbau und Funktionsprinzip eines BHKW	**79**
5.1.6.3	Mini-Blochheizkraftwerk	**81**
5.1.6.4	Blockheizkraftwerke im Ilm-Kreis	**83**
5.1.6.5	Bilanz der BHKW im Ilm-Kreis	**84**
5.1.6.6	Potenzialabschätzung für den Einsatz von BHKW und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**86**
5.1.7	**HF 07, Industriebereich**	**88**
5.1.7.1	Struktur, Energieverbrauche und CO_2-Emissionen 2004	**88**
5.1.7.2	Emissionshandel	**90**
5.1.7.3	Potenzialabschätzung für die Entwicklung des Energieverbrauchs und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**91**
5.1.8	**HF 01 - 07, Zusammenfassung: Rationelle Energieanwendung**	**92**
5.2	**Handlungsfelder beim Energieeinsatz im Verkehrsbereich**	**94**
5.2.1	**HF 08, Straßenverkehr**	**94**
5.2.1.1	Thüringen	**96**

5.2.1.2	Ilm-Kreis	**98**
5.2.1.3	Kfz-Verkehr	**101**
5.2.1.4	Methode zur Berechnung der CO_2-Emissionen	**103**
5.2.1.5	Minderung von CO_2-Emissionen durch den Bahntransport von Hausmüll	**104**
5.2.1.6	Potenzialabschätzung für die Entwicklung des Energieverbrauchs und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**104**
5.2.2	**HF 09, Fahrradverkehr**	**106**
5.3	**Handlungsfelder beim Einsatz Erneuerbarer Energieträger für Strom und Wärme**	**111**
5.3.1	**HF 10, Einsatz von Photovoltaik**	**113**
5.3.1.1	Prinzip der Stromerzeugung	**114**
5.3.1.2	Arten von Photovoltaikanlagen	**116**
5.3.1.3	Photovoltaikanlagen in Deutschland	**117**
5.3.1.4	Photovoltaikanlagen im Ilm-Kreis	**118**
5.3.1.5	Potenzialabschätzung für den Endenergieertrag und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**122**
5.3.2	**HF 11, Einsatz von Solarthermie**	**123**
5.3.2.1	Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung	**124**
5.3.2.2	Kollektorbauformen	**127**
5.3.2.3	Solarthermische Anlagen in Deutschland und Thüringen	**128**
5.3.2.4	Solarthermische Anlagen im Ilm-Kreis	**131**
5.3.2.5	Potenzialabschätzung für den Endenergieertrag und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**133**
5.3.3	**HF 12, Einsatz von Wasserkraft**	**134**
5.3.3.1	Technologische Nutzungsmöglichkeiten	**136**
5.3.3.2	Wasserkraftanlagen im Ilm-Kreis: Auswertungen – Statistiken – Potenziale	**140**
5.3.3.3	Potenzialabschätzung für den Endenergieertrag und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**144**
5.3.4	**HF 13, Einsatz von Windkraft**	**146**
5.3.4.1	Aufbau und Funktionsweise von Windkraftanlagen	**146**
5.3.4.2	Windkraftanlagen in Deutschland und Thüringen	**148**
5.3.5	**HF 14, Einsatz von Biomasse**	**153**
5.3.5.1	Technologische Nutzungsmöglichkeiten	**153**
5.3.5.1.1	Thermo-chemische Verfahren (Oxidation)	**154**
5.3.5.1.2	Physikalische Verfahren	**155**
5.3.5.1.3	Biologische Verfahren	**156**
5.3.5.2	Stand und Potenziale der energetischen Biomassenutzung in Deutschland	**157**
5.3.5.3	Nutzung der Biomasse in Thüringen – aktueller Stand und Potenziale	**158**

5.3.5.4	Nutzung von Biomasse und deren Potenziale im Ilm-Kreis	**159**
5.3.5.5	Potenzialabschätzung für den Endenergieertrag und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015	**164**
5.3.6	**HF 10 - 14, Zusammenfassung: Erneuerbare Energien und vermiedene CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis**	**168**
5.4	**Handlungsfelder - nichtenergiebedingte Bereiche**	**171**
5.4.1	**HF 15, Sanierung von Hausmüll – Deponien, Verwertung von Siedlungsabfällen**	**171**
5.4.2	**HF 16, Treibhausgas – Emissionen durch die Landwirtschaft**	**178**
5.4.2.1	Emissionen aus der Nutztierhaltung	**178**
5.4.2.2	Treibhausgasemissionen aus Nutzflächen der Landwirtschaft	**181**
5.4.2.3	Gutschrift Rapsanbau	**181**
5.4.3	**HF 17, Forstwirtschaft**	**183**
6	**Klimaschutzprogramm Ilm-Kreis 2005**	**186**
6.1	**Zielstellungen im energiebedingten Bereich**	**186**
6.2	**Eckdaten des Klimaschutzprogramms 2005**	**191**
6.3	**Zielstellungen im nichtenergiebedingten Bereich**	**193**
6.4	**Gesamtemission unter Berücksichtigung der energiebedingten und nichtenergiebedingten Emissionen**	**194**
6.5	**Nachhaltigkeitsindikatoren**	**195**
7	**Zusammenfassung**	**197**
8	**Literaturangaben**	**200**
9	**Anhang: Autorenverzeichnis**	**204**
10	**Anlagen**	**205**

Verzeichnis der Errichter von Anlagen zur Nutzung Erneuerbarer Energien, der Energieberater und Vereine

0 Vorbemerkungen

Durch den Energie- und Umweltpark Thüringen e. V. (EUT) wurde im Jahr 2005 das ´Klimaschutzprogramm Ilm-Kreis 2005 – 2015´ (KSP IK) erarbeitet und im Frühjahr 2006 durch den Kreistag bestätigt. Darin wurde der Ist-Stand – bezogen auf das Jahr 2004 – dokumentiert und eine umfangreiche Datenbasis geschaffen.

Der Ilm-Kreis hat sich mit der Beschlussfassung dazu verpflichtet, einen messbaren Beitrag zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs, der CO_2-Emissionen und einer effizienteren Nutzung der vorhandenen Energie zu leisten.

Durch den Energie- und Umweltpark Thüringen e. V. (EUT) wurde die Aufgabe übernommen, das ´Klimaschutzprogramm Ilm-Kreis 2005 – 2015´ (KSP IK) fortzuschreiben, um eine Zwischenbilanz ziehen zu können. Damit soll eine Abschätzung ermöglicht werden, wo der Ilm-Kreis momentan steht, wo es Handlungsbedarf gibt oder bei welchen Handlungsfeldern Korrekturen an den Zielstellungen erforderlich sind.
Hierzu war es erforderlich, die Datenbasis des KSP IK erneut zu erfassen, die Emissionswerte mit den aktuellen Faktoren für 2007 zu berechnen, mit den Daten aus 2005 zu vergleichen und die Entwicklung und Erreichbarkeit der gesteckten Ziele abzuschätzen.

Die Emissionsfaktoren sind zum Einen abhängig von den eingesetzten Energieträgern, zum Anderen aber auch von der Effektivität bei der Energiewandlung. Je nach verwendetem Energiemix ergeben sich unterschiedliche Emissionsfaktoren.

CO_2-Emissionsfaktoren für Energieträger im Bereich von Haushalten/Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, gültig für 2007			**CO_2-Emissionsfaktoren gemäß KSP IK (Fassung 2005)**
	t CO_2/TJ	**g CO_2/kWh**	**g CO_2/kWh**
Steinkohlen	98,3	354	352
Braunkohlen	100,3	361	352
Heizöl, leicht	74	266	262
Flüssiggas	65	234	232
Erdgas	56	202	200
Erneuerbare Energien	0	0	
Strom	174,5	628	683
Nah-/Fernwärme (KWK)	57,4	207	
Nah-/Fernwärme (Heizwerke)	84,1	303	
Ottokraftstoffe	72	259	262
Diesel-, Flugkraftstoffe	74	266	262
Heizöl, schwer	78	281	

Tabelle 0-1: CO_2-Emissionsfaktoren gemäß BMU-Klimaschutzinitiative /1/ im Vergleich mit den Werten aus dem *KSP IK 2005 – 2015 (Fassung 2005)*

Um die immense Streubreite der Emissionsfaktoren zu vereinheitlichen und überhaupt eine Abschätzung machen zu können, wird in dieser Arbeit auf die Emissionsfaktoren orientiert, wie sie gemäß der **BMU-Klimaschutzinitiative für Antragsformulare und Tabellen zum Förderprogramm „Kommunen, soziale und öffentliche Einrichtungen“** (Stand: Oktober 2008) /1/ zu verwenden sind, siehe Tabelle 0-1.

Die Emissionsfaktoren der BMU-Klimaschutzinitiative differieren nur sehr gering zu den Faktoren, mit denen das KSP IK im Jahre 2005 erstellt wurde. Damit ist die Vergleichbarkeit gegeben.

Zur möglichst eindeutigen Berechnung der Emissionen wird in dieser Fortschreibung bei allen eigenen Berechnungen stets derselbe CO_2-Emissionsfaktor angesetzt (s. Tabelle 0-1).

Vereinbarung

Die vorliegende Fortschreibung des Klimaschutzprogramms basiert auf dem Bericht von 2005. Alle in diesem Bericht getroffenen Aussagen wurden im Wesentlichen beibehalten. Geringfügige redaktionelle Änderungen wurden nicht gekennzeichnet.
Vor allem im Bereich der Rationellen Energieanwendungen war eine andere Herangehensweise notwendig. Folgende Änderungen wurden vorgenommen:

- HF 02: alle Heizungsanlagen – außer Fernwärme, aber incl. Gas, Holzheizungen, Wärmepumpen – berücksichtigt.
- HF 03: alle fernwärme-erzeugenden Aggregate (Gas und Biomasse) berücksichtigt hinsichtlich ihrer Energieverbräuche und CO_2-Emissionen
- HF 04: die fehlerhafte Datenübertragung berichtigt
- HF 05: der Ausgangswert berichtigt und eine korrigierte Bilanzrechnung vorgenommen
- HF 06: die kompletten fossilen Energieverbräuche der KWK-Anlagen wurden in HF 03 bilanziert. In HF 06 erfolgte der Ausweis der vermiedenen CO_2-Emissionen bei der Stromerzeugung

Alle im Rahmen der Fortschreibung gewonnenen Daten und Erkenntnisse wurden – zur besseren Unterscheidung – rot gekennzeichnet. Einzelne Bilder und Tabellen (schwarz bzw. farbig) wurden durch Angabe der Jahreszahl 2008 kenntlich gemacht.

1 Global denken – lokal handeln

Auf der **Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro** verabschiedeten 170 Staaten u. a. das **Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen** und die **AGENDA 21**, die als Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert in 40 Kapiteln alle wesentlichen Politikbereiche einer umweltverträglichen, nachhaltigen Entwicklung anspricht.

Die **Klimarahmenkonvention** entstand „...in der Erkenntnis, dass Änderungen des Erdklimas und ihre nachteiligen Auswirkungen die ganze Menschheit mit Sorge erfüllen, besorgt darüber, dass menschliche Tätigkeiten zu einer wesentlichen Erhöhung der Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre geführt haben, dass diese Erhöhung den natürlichen Treibhauseffekt verstärkt und dass dies im Durchschnitt zu einer zusätzlichen Erwärmung der Erdoberfläche und der Atmosphäre führen wird und sich auf die natürlichen Ökosysteme und die Menschen nachteilig auswirken kann..."
Weiter heißt es: „…Das Endziel dieses Übereinkommens und aller damit zusammenhängenden Rechtsinstrumente, welche die Konferenz der Vertragsparteien beschließt, ist es, in Übereinstimmung mit den einschlägigen Bestimmungen des Übereinkommens die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann."

Die Konvention trat im März 1994 in Kraft. 1997 wurde das **Kyoto-Protokoll als Zusatzprotokoll zur Klimarahmenkonvention** beschlossen, das verbindliche Ziele für die Verringerung der Treibhausgas-Emissionen vorschreibt und im Februar 2005 nach Ratifizierung durch 141 Staaten, die CO_2-Emissionen von 62 % und 85 % der Weltbevölkerung abdecken, in Kraft trat.

Im **Kapitel 9 der AGENDA 21, „Schutz der Erdatmosphäre"**, ist formuliert:
„Der Schutz der Erdatmosphäre ist ein breit angelegtes und multidimensionales Anliegen, das verschiedene Bereiche des Wirtschaftsgeschehens berührt…"
Zur Handlungsgrundlage für die Förderung einer nachhaltigen Entwicklung im Bereich Energieerzeugung, Energieeffizienz und Energieverbrauch wird erklärt:
„Energie ist einer der bedeutsamsten Faktoren für eine gesunde wirtschaftliche und soziale Entwicklung und die Verbesserung der Lebensqualität. Allerdings wird derzeit ein erheblicher Teil der Energie weltweit in einer Weise erzeugt und verbraucht, die auf Dauer nicht tragfähig wäre, wenn die Technik auf dem heutigen Stand stehenbliebe und die Gesamtmengen an Energie in erheblichem Umfang zunehmen würden. Der Notwendigkeit, die Emissionen von Treibhausgasen und sonstigen Gasen und Substanzen zu reduzieren, muss in zunehmendem Maße durch eine größere Effizienz bei der Erzeugung, der Umwandlung, der Verteilung und dem Verbrauch von Energie und durch einen vermehrten Umstieg auf umweltverträgliche Energieträger, insbesondere neue und erneuerbare Energiequellen, entsprochen werden…. Zu den neuen und erneuerbaren Energien gehören thermische und photovoltaische Sonnenenergie, Windenergie, Wasserkraft, Energie aus Biomasse, geothermische Energie, Meeresenergie... Alle Energiequellen müssen in einer die Atmosphäre, die Gesundheit und die Umwelt in ihrer Gesamtheit schonenden Weise genutzt werden."

Und zu den Zielen:
„Elementares und wichtigstes Ziel dieses Programmbereichs ist die Reduzierung der schädlichen Auswirkungen des Energiesektors auf die Atmosphäre durch Förderung einer Politik oder gegebenenfalls von Programmen, die den Anteil umweltverträglicher und gleichzeitig kostengünstiger, insbesondere neuer und erneuerbarer Energieträger, durch eine weniger umweltbelastende und sparsamere Form der Energieerzeugung, der Energieumwandlung, der Energieverteilung und der Energieverwendung erhöht. Bei diesem Ziel soll auch die Notwendigkeit sozialer Ausgewogenheit und einer angemessenen Energieversorgung sowie der steigende Energiebedarf in den Entwicklungsländern zum Ausdruck kommen. Ebenso soll die Situation der Länder berücksichtigt werden, die in hohem Maße von der Einkommenserzielung durch Förderung, Weiterverarbeitung, Ausfuhr und/oder Verbrauch fossiler Energieträger und verwandter energieintensiver Produkte und/oder der Nutzung solcher fossiler Energieträger abhängig sind, bei denen sie erhebliche Schwierigkeiten mit der Nutzung von Alternativen haben. Ebenfalls berücksichtigt werden sollen Anliegen der Länder, die extrem unter den negativen Folgen eventueller Klimaänderungen leiden werden."

In unserer Zeit wird die Notwendigkeit der Minderung des durch menschliches Handeln verursachten Beitrags zum Klimawandel von Befürwortern ungehemmten Wirtschafts-wachstums immer noch als „grüne" Glaubensfrage abgewertet. Derweil schmelzen die Polkappen und die Hochgebirgsgletscher, die zu Katastrophen führenden Wetterlagen wie Extremniederschläge, Trockenperioden und zunehmend intensive Wirbelstürme häufen sich.
Über die Höhe des Anteils menschlicher Beiträge zum Klimawandel lässt sich auch weiter trefflich streiten. Unstrittig ist aber, dass das weltweite Fördermaximum bei Öl und Gas in etwa erreicht ist, der stetig steigende Bedarf bereits jetzt nicht mehr gedeckt werden kann und dass sich die Erschließung der endlichen Vorräte an fossilen Energieträgern weiter verteuert. Dazu kommt die Preistreiberei der Energieversorger, so dass für die Verbraucher Energiesparmaßnahmen zur zwingenden Notwendigkeit und die Nutzung erneuerbarer Energien in absehbarer Zeit auch ohne vom Staat verordnete Stützung rentabel werden. Der Umbau der Energiewirtschaft hat längst begonnen.

Die Wissenschaft ist gehalten, die Klimaveränderungen zu erfassen und die Komponenten des vom Menschen hervorgerufenen Einflusses zu analysieren, der auf die Emission von Treibhausgasen zurückzuführen ist. Längst gibt es alarmierende Klimaprognosen und Klimafolgenabschätzungen namhafter Institute.
Im Dezember 2004 verständigte sich der Umweltministerrat der Europäischen Union darauf, sicherzustellen, dass die globale Erwärmung 2 Grad Celsius gegenüber vorindustriellen Werten nicht übersteigt. Die globalen Treibhausgasemissionen sollen deshalb bis 2050 um bis zu 50 % gegenüber 1990 reduziert werden, um die **Folgen des bereits eingetretenen Klimawandels** für Mensch und Natur in einem vertretbaren Rahmen zu halten.
In Kenntnis des unverändert gegenläufigen Trends und damit näher an der Realität und trotzdem diplomatisch formulierte der ehemalige Bundesumweltminister Töpfer, heute Exekutivdirektor des Umweltprogramms der Vereinten Nationen: **„Das Klima verändert sich dramatisch, die Weltgemeinschaft reagiert zu langsam."**

Bund und Länder haben sich mit Bekenntnissen zu „nachhaltigen Entwicklungen in allen Lebensbereichen" auch und gerade im Energiesektor der Problematik gestellt.

In der **Thüringer Verfassung, Artikel 31/1**, ist verankert: **„Der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen des Menschen ist Aufgabe des Freistaates und seiner Bewohner."**

Dieser Zielstellung gemäß hat die Landesregierung Ende 2000 das Konzept zum „Klimaschutz in Thüringen“ vorgelegt, das im April 2001 von den Fraktionen des Landtages verabschiedet wurde. Die Umsetzung erfordert aber nicht nur politisches, sondern auch kommunales, unternehmerisches und ehrenamtliches Engagement. Um einen weiten Personenkreis davon in Kenntnis zu setzen und zu aktivem Handeln anzuregen, fanden das 1. Thüringer Klimaforum 2002, das 2. Klimaforum 2004, das 3. Klimaforum 2006 und das 4. Thüringer Klimaforum 2008 statt

Der Ilm-Kreis war auf den Klimaforen durch den Landrat, durch Mitarbeiter kommunaler Verwaltungen, durch mittelständische Unternehmer, Umweltvereine und Schüler sowie durch regionale Präsentationen vertreten.

Kapitel 28 der AGENDA 21 gibt Auskunft über die **Rolle der Kommunen** bei der Unterstützung des weltweiten Aktionsprogramms:

„Da viele der in der Agenda 21 angesprochenen Probleme und Lösungen auf Aktivitäten auf der örtlichen Ebene zurückzuführen sind, ist die Beteiligung und Mitwirkung der Kommunen ein entscheidender Faktor bei der Verwirklichung der in der Agenda enthaltenen Ziele. Kommunen errichten, verwalten und unterhalten die wirtschaftliche, soziale und ökologische Infrastruktur, überwachen den Planungsablauf, entscheiden über die kommunale Umweltpolitik und kommunale Umweltvorschriften und wirken außerdem an der Umsetzung der nationalen und regionalen Umweltpolitik mit. Als Politik- und Verwaltungsebene, die den Bürgern am nächsten ist, spielen sie eine entscheidende Rolle bei der Informierung und Mobilisierung der Öffentlichkeit und ihrer Sensibilisierung für eine nachhaltige umweltverträgliche Entwicklung.“

Verwaltung und Kreistag des Ilm-Kreises und seine nachgeordneten Einrichtungen bemühten sich seit Beginn der neunziger Jahre, Beispiele für Energieeinsparungen und für die Nutzung erneuerbarer Energien in und an kreiseigenen Immobilien und im Personennahverkehr zu schaffen. Dies geschah anfangs aus dem ganz persönlichen Engagement Einzelner heraus, seit 1997 aber dann unter dem Dach des **REGIONALEN AGENDA 21-Vorhabens mit dem Titel „Initiativen für einen zukunftsfähigen Ilm-Kreis“:**

- 1994 trat der Ilm-Kreis der **Kampagne „Städte für den Klimaschutz“ mit Unterzeichnung der Deklaration der Heidelberger Klimaschutz-Konferenz** bei, verbunden mit der Verpflichtung zur Reduzierung der CO_2-Emissionen bis 2005 um 20 % gegenüber dem (für den Ilm-Kreis nicht mehr ermittelbaren) Wert von 1987. Auf den Folgekonferenzen 1996 und 2001 war der Landkreis allerdings nicht mehr präsent. Gleichwohl wurde nach 1990 durch das Wegbrechen der regionalen Industriestandorte das Emissionsminderungsziel von 20 % sicher weit übertroffen, was keinesfalls einer Klimaschutzkampagne zuzurechnen ist; die Treibhausgas-Emissionen in den Neuen Bundesländern sanken im Zeitraum von 1990 bis 2003 um bis zu 40 %.
- Das kommunale Energiemanagement des Ilm-Kreises führte im Zeitraum von 1995 bis 2003 anfangs im Rahmen des **EU-Förderprojektes** „**Energieagentur Ilm-Kreis**“ und dann im Auftrag des Kreises zu Energieeinsparungen an etwa 60 kreiseigenen Gebäuden in Höhe von ca. 24 % im Jahr 2003 bezogen auf den Ausgangswert. Das entsprach in der Summe einer CO_2-Einsparung von 9.200 t in acht Jahren bzw. von durchschnittlich 1.150 t pro Jahr. Im direkten Vergleich der CO_2-Emissionen des Jahres 2003 zum Basisjahr 1995 wurden die Emissionen um mehr als 29 % verringert. In erster Linie war es das Ergebnis von Heizungsumstellungen,

Vertragsmanagement und „Umwelterziehung“. Zwar wurden auch Schulen und Verwaltungsgebäude mangels Bedarfs aufgegeben, gleichzeitig aber Turnhallen neu gebaut und Krankenhäuser in Regie des Landkreises wesentlich erweitert, so dass insgesamt eine deutlich positive Bilanz gezogen werden kann.

- Im ÖPNV des Ilm-Kreises wurde frühzeitig die Mehrzahl der Busse auf **Erdgas- bzw. Biodieselantrieb** umgestellt.

- Als erstes größeres Projekt ging 1996 eine **Luftkollektoranlage** zur Erwärmung der Frischluftzufuhr der Ilm-Sporthalle in Ilmenau mit 75 m² Kollektorfläche für 4.000 m³ Luftdurchsatz pro Stunde in Betrieb.

- 2001 wurde eine **168 m²-Solarthermieanlage** auf dem Dach des Krankenhauses in Ilmenau errichtet, die CO_2-Einsparung beträgt hier ca. 23 t pro Jahr.

- An **Schulen im Ilm-Kreis** entstanden in beispielhafter Zusammenarbeit des Landratsamtes mit dem Energie- und Umweltpark Thüringen e. V. **11 Fotovoltaik-anlagen** mit einer Leistung von 13,7 kWp zum Zwecke der Integration von Techniken zur Nutzung erneuerbarer Energien in den Unterricht und zur Bewusstseinsbildung im Umgang mit der Ressource Energie.

- Der Ilm-Kreis hat sein vom Kreistag beschlossenes und thüringenweit beispielhaftes Konzept zur Altdeponiesanierung mit hohem finanziellen Aufwand bei durchschnittlich 50 %-iger Förderung durch den Freistaat inzwischen weitgehend umgesetzt. Dazu kommt, dass die bis zum Mai 2005 mit unbehandeltem Müll verfüllten großen Deponien im Kreis über Deponiegasabsaugungen mit Abfackelung insbesondere des „Klimakillers“ Methan verfügen. In Folge dieses konsequenten Vorgehens wurde der Langzeitprozess der Deponiegasbildung und damit vor allem der Methanemission bereits im Ausmaß erheblich reduziert; er wird sicher eher abgeschlossen sein als in Regionen, die dieses Problem in kleineren Schritten bewältigen.

- Etwa 32.000 t Restabfälle pro Jahr aus dem Ilm-Kreis werden seit Juni 2005 durch den Zweckverband Restabfallbehandlung Mittelthüringen auf der Schiene zur Verbrennungsanlage nach Leuna transportiert. Im Vergleich zum LKW-Transport entspricht das einer **Einsparung von jährlich ca. 110.000 l Dieselkraftstoff** und zugleich von etwa **290 t CO_2-Emmissionen**.

- Die Verbandsversammlung des Zweckverbandes Restabfallbehandlung Mittelthüringen hat eine Teilfläche auf der **Deponie Rehestädt** verpachtet, auf der 2008 ein **444,6 kWp- Solarkraftwerk** in Betrieb genommen wurde. **Die Einsparung an CO_2-Emmissionen beträgt jährlich etwa 305 t.**

- 2005 startete das Projekt **„Heizspiegel Ilm-Kreis“** im Rahmen der Klimaschutz-kampagne des Bundesumweltministeriums, das zur Senkung des Heizungsenergie-verbrauches durch bauliche und heizungstechnische Maßnahmen anregen soll.

- Unter der Internetadresse www.energieroute.de ist seit April 2004 der **„Wegweiser zu erneuerbaren Energien im Raum Erfurt-Arnstadt-Ilmenau“** zu finden, ein gemeinsames Projekt von Landeshauptstadt und Ilm-Kreis, gefördert vom Thüringer Umweltministerium.

- Verwaltung und Kreistag des Ilm-Kreises wirken maßgeblich an der Vorbereitung, Durchführung und Finanzierung der **„Woche der erneuerbaren Energien im Ilm-Kreis“** mit, die **alljährlich Ende April** in Regie des Energie & Umwelt e. V. Ilmenau und unter Beteiligung anderer Vereine, Firmen, Bildungseinrichtungen, öffentlicher Verwaltungen und privater Akteure organisiert wird. Vor- und Rückschau auf die Wochen der erneuerbaren Energien im Landkreis werden unter www.ik-is.de präsentiert.

Der Landkreis selbst leistet natürlich nur einen Bruchteil aller dem Klimaschutz zuzurechnenden Aktivitäten in seinem Gebiet. Die Städte und Gemeinden selbst, ihre Einrichtungen, Wohnungsbauunternehmen, Firmen und Eigenheimbauer investieren in die Zukunft, indem vor allem solarthermische und Fotovoltaik-Anlagen und solche zur Biomasse-, Umwelt- und Erdwärmenutzung in unterschiedlichster Größe errichtet und Energiesparmaßnahmen umgesetzt werden. Besonders hervorzuheben sind aber auch die großen Investitionen der im Ilm-Kreis (Raum Arnstadt) ansässigen Firmen ASi Industries GmbH, ersol Solar Energy AG, Sunways Production GmbH und ANTEC Solar GmbH in die Herstellung von Komponenten für Fotovoltaik-Anlagen, die der BHI GmbH in den Bau des Biomasse-Heizkraftwerkes Ilmenau und die Errichtung der ersten Biogasanlagen im Kreisgebiet in der Agrargenossenschaft Bösleben e. G. an der Schweinemastanlage Witzleben und in der Agrargenossenschaft Hammersfeld, sowie der Windkraftanlagen Wüllersleben, um nur wenige ausgewählte Beispiele zu nennen.

Der Ilm-Kreis nahm seit Jahren einen vorderen Platz bei der Neuerrichtung von Fotovoltaikanlagen in Thüringen ein. Bei den Solarthermie-Anlagen betrug 2004 sein Anteil 6,3 %, bei denen zur Biomassenutzung 5,3 %. Zur Wasserkraftnutzung gibt es bisher 13 Kleinanlagen im Landkreis.

Die Fernwärmeerzeugung für die Stadt Ilmenau erfolgte bis zur Inbetriebnahme des Biomasse-Heizkraftwerkes im Jahr 2005 auf Erdgasbasis. Mit der (CO_2-neutralen) Energieerzeugung aus Biomasse werden jährlich CO_2-Emissionen von etwa 40.000 t eingespart.

Das ist keine schlechte Bilanz auf dem Weg zum Energiemix, aber auch kein Grund zur Zufriedenheit.

In Umsetzung des vom Kreistag beschlossenen „**Aktionsprogramms zum REGIONALEN AGENDA 21 - PROZESS des Ilm-Kreises“** war das **Klimaschutzprogramm für den Ilm-Kreis** zu erarbeiten. Es war **Grundlage für einen Beschluss des Kreistages im Jahr 2006** über langfristige konkrete Klimagas-Emissionsminderungsziele und entsprechende Nachhaltigkeitsindikatoren sein. Diese Aufgabe erforderte eine umfangreiche Bestandsaufnahme von regionalen Energieverbrauchsdaten, der bisher realisierten Nutzungen erneuerbarer Energien und von Energieeinsparungen sowie die Ermittlung von Potenzialen für weitergehende Maßnahmen.

Die Erarbeitung des Klimaschutzprogramms erfolgte im Rahmen des **Förderprogramms „AGENDA 21 KONKRET“** des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt und des Europäischen Fonds für Regionalentwicklung.

Auf der Grundlage einer Kooperationsvereinbarung zwischen dem Ilm-Kreis und dem Energie- und Umweltpark Thüringen e.V. Ilmenau, in dem der Landkreis Gründungmitglied

ist, erfolgte die Beauftragung des Vereins mit der Erarbeitung des Klimaschutzprogramms unter Mitwirkung der Verwaltung des Landratsamtes, des Regionalen Agenda 21-Büros des Kreises und einer Vielzahl von Energiedienstleistern, s. **Anhang**.

Zwangsläufig enthält das ursprüngliche Klimaschutzprogramm bei der ersten umfassenden Bestandsaufnahme Unschärfen und unabdingbare Verallgemeinerungen. Insofern war es ein erster Versuch, zum Stichtag 31.12.2004 die Verbräuche fossiler Energieträger, Nutzungen erneuerbarer Energien sowie die Klimagasemissionen und bisher bereits erfolgte –einsparungen zu quantifizieren, um daraus konkrete und kontrollierbare Ziele für die nächsten Jahre ableiten zu können. Gleichzeitig sollte das Programm als Informationsschrift für die interessierte Öffentlichkeit dienen, die aufgefordert ist, an der Weiterentwicklung der Klimaschutzvorhaben im Kreis mitzuwirken.
Mit der vorliegenden Fortschreibung wird der Versuch unternommen, den Stand zum 31.12.2007 festzustellen und die Präzisierung des Programms vorzunehmen.
Damit soll die zielorientierte und nachhaltige Umsetzung der Klimaschutzstrategie kontrolliert und dokumentiert werden.

2 Treibhauseffekt und Klimaschutz-Ziele

2.1 Ursachen und Wirkungen der Klimaveränderungen

Eine große Zahl renommierter Forschungseinrichtungen befasst sich mit dem Klima auf unserer Erde, das sich als komplizierte Wechselwirkung von Atmosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre, eis- und gesteinsbedeckter Erdoberfläche sowie der von der Sonne auftreffenden Strahlungsenergie darstellt.
Veränderungen des Klimas lassen sich anhand langfristiger Tendenzen von Temperatur und Niederschlag feststellen. Gegenstand der Klimaforschung, insbesondere des 1988 von der UN etablierten Expertengremiums IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change), besteht in der

- Erfassung der Klimaveränderungen, wie sie sich durch Auswertung weltweiter Klimabeobachtungen andeuten,
- Schaffung komplexer mathematischer Modelle zur Beschreibung der Vorgänge in der Vergangenheit und vor allem in der
- Abschätzung zukünftiger Tendenzen.

Die Atmosphäre ist in ihrer Ausdehnung und Zusammensetzung ein entscheidender Faktor für den Strahlungshaushalt und damit für das Klima auf der Erde, da sie vergleichbar ist mit der Funktion eines Treibhauses.
Wegen der Durchlässigkeit für den kurzwelligen Anteil der Solarstrahlung und dem Absorptionsvermögen für die langwellige Wärmestrahlung wirkt die **Atmosphäre** seit Jahrmillionen **wie eine thermische Schutzschicht für die Erde**.

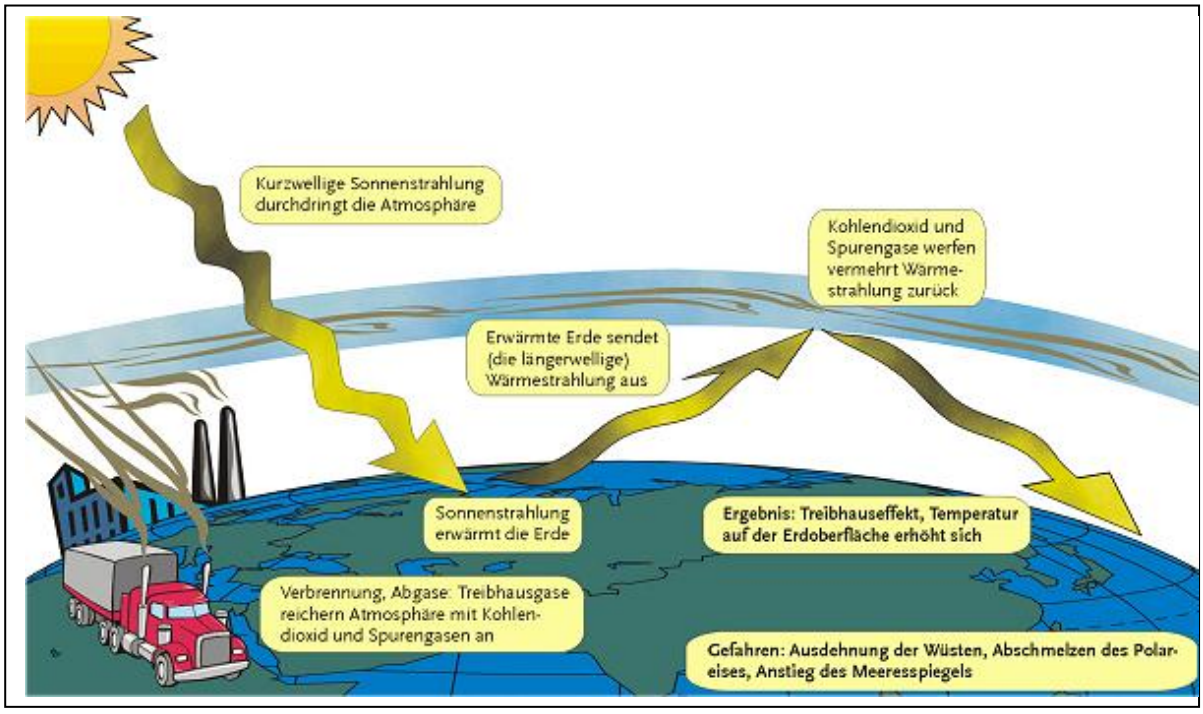


Bild 2-1: Treibhauseffekt /2/

Sie ist damit eine wesentliche Voraussetzung für die Existenz von Leben. Ohne die wellenlängenabhängige Wirkung der Atmosphäre würde die durchschnittliche bodennahe Lufttemperatur, die gegenwärtig bei +15°C liegt, nur –18°C erreichen.

*Die Erdatmosphäre enthält neben Stickstoff und Sauerstoff eine Vielzahl weiterer Gase. Die für den **Treibhauseffekt maßgeblichen Spurengase** werden als **Treibhausgase** bezeichnet. Mit dem Anstieg Ihrer Konzentration verstärkt sich das Absorptionsvermögen, es gelangt weniger Strahlungsenergie in den Weltraum und die Temperatur bodennaher Luftschichten nimmt zu.*

Als primäre Treibhausgase gelten vorrangig CO_2, CH_4, N_2O, H-FKW, perfluorierte FKW, SF_6. Durch menschliche Aktivitäten haben sich die Anteile der „natürlichen“ Treibhausgase, wie Kohlendioxid CO_2, Methan CH_4 und Lachgas N_2O erhöht und es sind weitere Gase, wie Stickoxide NO_x und Fluorverbindungen (FKW; SF_6) hinzu gekommen.

Die einzelnen Treibhausgase sind in ihrer Klimawirksamkeit unterschiedlich zu bewerten, da sie bei der Erwärmung der Atmosphäre eine sehr verschiedene Wirksamkeit entfalten und unterschiedliche Verweilzeiten besitzen. Zur Beschreibung der Klimawirksamkeit wird das **Global Warming Potential GWP** verwendet. Dabei bildet **CO_2 den Referenzwert mit GWP = 1** und die anderen Treibhausgase werden in **CO_2-Äquivalenten** ausgedrückt.

In der Tabelle 2-1 sind die wichtigsten Treibhausgase sowie ihre GWP-Werte aufgeführt.

Kyoto-Protokoll	Treibhausgas	chemische Formel	GWP-Wert	Kyoto-Protokoll
X	Kohlendioxid	CO_2	1	X
X	Methan	CH_4	23	X
X	Lachgas	N_2O	300	X
	Kohlenmonoxid	CO	4	
	Ammoniak	NH_3	6	
	Stickoxide	NO_x	12	
X	Wasserstoffhaltige FKW			X
	H-FKW 23	CHF_3	11.700	
X	Perfluorierte FKW			X
	Perfluormethan	CF_4	6.500	
X	Schwefelhexafluorid	SF_6	22.800	X

Tabelle 2-1: Treibhausgase und Global Warming Potential /2, 3/
(mit X gekennzeichnet sind die im Kyoto-Protokoll festgelegten 6 Treibhausgase)

Neben dem GWP-Wert ist für die Erwärmung der Erdatmosphäre die Menge der freigesetzten Gase von ausschlaggebender Bedeutung. Im Nationalen Klimaschutzprogramm von 2000 für Deutschland liegen z.B. verlässliche Daten für eine entsprechende Bewertung vor, die auszugsweise in Tabelle 2-2 aufgeführt sind /4/.

Treibhausgas	Herkunft	Menge Mio t	Anteil %
CO_2	Fast zu 100% aus Verbrennung fossiler Brennstoffe	1.014,5	83,9
CH_4	Tierhaltung 34%, Deponien 34%, Kohleförderung 22%, Gastransport 6%, Rest 4%	5,57	9,7
N_2O	Industrie 40%, Landwirtschaft 40%, Verkehr und Energiewandlung 20%	0,23	5,7
restl. Kyoto-Gase			0,7

Tabelle 2-2: Herkunft und jährliche Menge der Emissionen in Deutschland im Jahr 2000 sowie Anteil an der Erwärmung der Atmosphäre /4, 5/.

Das wichtigste Treibhausgas ist **Wasserdampf** (H_2O), der für etwa zwei Drittel des natürlichen Treibhauseffektes verantwortlich ist. In der Atmosphäre nehmen Wassermoleküle die von der Erde abgestrahlte Wärme auf und strahlen sie wiederum in alle Richtungen ab, dadurch wird die Erde erwärmt, bevor diese Wärme schließlich wieder in den Weltraum abgestrahlt wird.
Wasserdampf in der Atmosphäre ist Teil des hydrologischen Kreislaufs, eines geschlossenen Systems, in dem Wasser – das auf der Erde in einer begrenzten Menge vorhanden ist – von den Ozeanen und Landmassen durch Verdunstung, Transpiration, Kondensation und Niederschlag in die Atmosphäre und wieder zurück zirkuliert. Durch menschliche Aktivitäten gelangt kein zusätzlicher Wasserdampf in die Atmosphäre. Wärmere Luft kann jedoch viel mehr Feuchtigkeit aufnehmen, sodass steigende Temperaturen den Klimawandel weiter intensivieren /2/.

Die wesentlichen Faktoren für den verstärkten – vom Menschen verursachten – Treibhauseffekt sind aber Kohlendioxid und die weiteren als Treibhausgase bezeichneten Emissionen. Im Kyoto-Protokoll wurde deshalb ein völkerrechtlich verbindliches Abkommen zur Reduzierung des anthropogenen Ausstoßes dieser Treibhausgase beschlossen. Im Folgenden soll auf ihre Ursachen und Entstehung eingegangen werden.

Kohlenstoffdioxid (CO_2) ist mit einem Anteil von etwa 0,038 Prozent (ca. 380 ppm) in der Atmosphäre enthalten und hat einen Anteil von ca. 20 % am natürlichen Treibhauseffekt. Es entsteht u. a. bei der Verbrennung fossiler Energieträger und wird im Schnitt erst nach 120 Jahren in der Atmosphäre abgebaut.
Kohlenstoffdioxid macht außerdem etwa 60 % des vom Menschen verursachten zusätzlichen Treibhauseffekts aus. Der weltweite anthropogene CO_2-Ausstoß betrug im Jahr 2006 ca. 32 Gt. Die geogene, also natürliche CO_2-Produktion beträgt ca. 550 Gt pro Jahr. Dieser steht jedoch ein etwa gleich hoher natürlicher Verbrauch, insbesondere durch Fotosynthese, aber auch durch Bindung in Kalk bildenden Organismen gegenüber /3/.

Methan (CH_4) kommt nur in Spuren in der Atmosphäre vor (< 2 ppm). Anthropogenes Methan entsteht circa zur einen Hälfte in der Land- und Forstwirtschaft und anderweitiger Nutzung von Land und Biomaterial, in der Massentierhaltung, in Klärwerken und Mülldeponien, zur anderen Hälfte wird es durch die Industrie durch Leckagen bei Förderung, Transport und Verarbeitung vor allem von Erdgas und bei der nie ganz vollständigen Verbrennung beim Abfackeln von nicht marktfähigen oder technisch nicht verwertbaren Gasen frei. Ein indirekter Effekt ist dessen Freisetzung beim weiteren Auftauen von Dauerfrostböden. Eine weitere solche Quelle ist in großen Mengen an und in den Kontinentalrändern untermeerisch lagerndes Methanhydrat, ein Feststoff, der bei Erwärmung zu Methan und Wasser zerfällt.
Methan trägt aufgrund seiner hohen Wirkung (21-mal so wirksam wie CO_2) mit rund 20 % zum anthropogenen Treibhauseffekt bei. Die Verweildauer in der Atmosphäre ist mit 9-15 Jahren deutlich kürzer als bei CO_2. Von der weltweit anthropogen emittierten Methan-Menge (etwa 5.900 Mt CO_2-Äqivalent) stammen etwa 37 % direkt oder indirekt aus der Viehhaltung. Davon wiederum stammt der größte Teil aus Fermentationsprozessen im Magen von Wiederkäuern.
Der globale mittlere Methan-Gehalt der Atmosphäre hat sich seit vorindustriellen Zeiten (1750) von rund 600 ppb auf 1751 ppb im Jahr 1999 erhöht. Im Zeitraum von 1999 bis 2007 hat der Methan-Gehalt der Atmosphäre nicht mehr zugenommen /3/.

Lachgas (N_2O) ist ein Treibhausgas, dessen Treibhauswirksamkeit 300-mal so groß ist wie die von CO_2. Menschenverursachte Emissionen stammen hauptsächlich aus der Landwirtschaft (Viehhaltung, Düngemittel und Anbau von Leguminosen, Biomasse), weniger aus der Medizintechnik sowie aus mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerken und dem Verkehr. Die wichtigste Quelle für N_2O sind mikrobielle Abbauprozesse von Stickstoffverbindungen in den Böden. Diese erfolgen sowohl unter natürlichen Bedingungen als auch durch Stickstoffeintrag aus Landwirtschaft, Industrie und Verkehr. Die Lachgasentstehung ist bislang noch unzureichend erforscht. Bekannt ist jedoch, dass insbesondere bei schweren, überdüngten und feuchten Böden besonders viel N_2O in die Luft entweicht. Auch der Niederschlag von Ammonium-Stickstoff aus der Luft, der von Gülleverdunstungen herrührt, kann zur Bildung von Lachgas beitragen.
Mit einer mittleren atmosphärischen Verweilzeit von 114 Jahren und einem relativ hohen Treibhauspotenzial ist es ein klimarelevantes Gas. Der Abbau des N_2O erfolgt im Wesentlichen durch Reaktion mit dem Sonnenlicht in der Stratosphäre. Sein Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt beträgt heute etwa 5-6 %.
N_2O spielt auch eine Rolle bei Vorgängen in der Ozonschicht, die ihrerseits auf den Treibhauseffekt wirken: Die z.B. durch Halogen-Radikale katalysierte Spaltung von Ozon führt in der unteren Stratosphäre zu einer Reihe von chemischen Prozessen, in denen Methan, Wasserstoff und flüchtige organische Stoffe oxidiert werden. N_2O ist insbesondere bei Kälte und Dunkelheit in der Lage, mit den Radikalen sogenannte Reservoirspezies zu bilden, wodurch die Radikale vorübergehend für den Ozonabbau unwirksam werden /3/.

Während die klassischen Treibhausgase meist als unerwünschte Nebenprodukte entstehen, werden **Fluorkohlenwasserstoffe** zum überwiegenden Teil gezielt produziert und als Treibgas, Kühl- oder Feuerlöschmittel eingesetzt. Zur Reduzierung dieser Stoffe ist daher neben technischen Maßnahmen vor allem die Entwicklung von Ersatzstoffen gefragt. Sie werden heute in ähnlicher Weise verwendet wie früher die seit 1995 nur noch eingeschränkt verwendbaren Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKWs), die nicht nur für die Zerstörung der Ozonschicht verantwortlich sind, sondern auch eine starke Klimawirksamkeit besitzen. Die Halogenierten Kohlenwasserstoffe tragen derzeit etwa 10 Prozent zur Erderwärmung bei. Einige dieser Stoffe sind bis zu 14.800-fach stärker klimawirksam als Kohlenstoffdioxid. Bei einem weiteren Anstieg könnten sie den Treibhauseffekt zusätzlich massiv ankurbeln.
Tetrafluormethan (CF_4) in der Atmosphäre ist teilweise natürlichen Ursprungs. Größere Emissionen stammen aus der Primäraluminiumproduktion. Ethan und Propanderivate (C_2, C_3) der fluorierten Kohlenwasserstoffe werden als Kältemittel eingesetzt. Einige höhermolekulare fluorierte Kohlenwasserstoffe (C_6 - C_8) werden als Reiniger eingesetzt. Weiterhin werden FKWs in der Kunststoff- und Polymerindustrie großtechnisch als Ausgangsmaterialien zur Erzeugung fluorierter Kunststoffe, Öle, Fette und andere Chemikalien eingesetzt, dienen in der Elektronik- und Bildschirmindustrie als Ätzgas u.v.a.m..
In der europäischen F-Gase-Verordnung (veröffentlicht am 14. Juni 2006) sind Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen aus Kälteanlagen getroffen worden. Es handelt sich im Gegensatz zu der FCKW-Halon-Verbotsverordnung nicht um ein Verwendungsverbot, sondern durch höhere Anforderung an die Ausführung und Wartung von Kälteanlagen sollen die Leckagemengen reduziert werden. Im Zeitraum von 2008 bis 2012 sollen sie um 8 % gegenüber dem Stand von 1990 verringert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wird die Anwendung der fluorierten Treibhausgase für bestimmte Tätigkeiten zu bestimmten Stichtagen verboten. So ist beispielsweise die Verwendung von Schwefelhexafluorid, SF_6, als Reifenfüllgas ab dem 4. Juli 2007 verboten.

Der Gehalt an Fluorkohlenwasserstoffen in der Erdatmosphäre ist seit 1999 konstant, bzw. nimmt teilweise wieder ab.
Gemäß verschiedener Studien ist Schwefelhexafluorid SF_6 das stärkste bekannte Treibhausgas. Die mittlere Verweilzeit von SF_6 in der Atmosphäre beträgt 3.200 Jahre. Sein Treibhauspotenzial ist 22.800 mal so hoch wie das von Kohlenstoffdioxid (CO_2). Aufgrund der sehr geringen Konzentration von SF_6 in der Erdatmosphäre (ca. 0,005 ppb volumenbezogen, was 0,12 ppmV-CO_2-Äquivalent entspricht.; CO_2 ca. 365 ppm) ist sein Einfluss auf die globale Erwärmung jedoch gering. Schwefelhexafluorid SF_6 wird als Isolations- oder Löschgas in Hochspannungsschaltanlagen eingesetzt sowie als Ätzgas in der Halbleiterindustrie verwendet. Bis etwa zum Jahr 2000 wurde es auch als Füllgas für Autoreifen und als Füllgas in Schallschutz-Isolierglasscheiben eingesetzt. Eine wichtige Bedeutung hat das Gas auch bei der Herstellung von Magnesium. Es verhindert, dass die heiße Metallschmelze mit der Luft in Berührung kommt. Prozessbedingt entweichen bei dieser Anwendung größere Mengen in die Atmosphäre, daher werden alternative Schutzgase untersucht /3/.

Ozon ist ebenfalls ein klimarelevantes Gas, das vom Menschen jedoch nicht direkt, sondern nur indirekt beeinflusst wird.
Die Ozonschicht befindet sich in der Stratosphäre oberhalb der Tropopause, also in einer Schicht, in der kein Wasser mehr vorkommt. Die Stratosphäre weist durch das Ozon, das die UV-Strahlung aus dem Sonnenlicht absorbiert, einen inversen Temperaturverlauf auf, d.h. die Luft erwärmt sich hier mit zunehmender Höhe. Das unterscheidet sie von den sie einschließenden Luftschichten. Am stärksten ist die Aufheizung im Bereich der Ozonschicht, dort steigt die Temperatur von ca. –60 °C bis auf knapp unter 0 °C an. Wird diese Ozonschicht beschädigt, gelangt mehr energiereiche Ultraviolettstrahlung zur Erdoberfläche.
Die höchste Dichte von Ozon befindet sich in gut 20 km Höhe, der höchste Volumenanteil in ca. 40 km Höhe. Würde man alles Ozon, das sich in der Atmosphäre befindet, extrahieren und auf Normaldruck komprimieren, ergäbe das eine 3 mm hohe Schicht auf der Erdoberfläche. (Zum Vergleich: Die Luftsäule mit den anderen Gasen (vor allem Stickstoff und Sauerstoff) wäre 8 km hoch.) /3/

Die **Aerosole**, z.B. Partikel aus Dieselruß, gehören nicht zu den Treibhausgasen. Man könnte sie noch als Treibhauspartikel bezeichnen, allerdings bewirken Aerosole wohl eher eine Absenkung der Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche. Auf hellen Flächen wie Schnee jedoch führen Rußpartikel zu einer Absenkung der Albedo (=Rückstrahlvermögen von diffus reflektierenden, also nicht selbst leuchtenden, Oberflächen) und damit zu einer Erwärmung /3/.

Der vom Menschen verursachte „anthropogene“ Treibhauseffekt wurde Ende des vergangenen Jahrhunderts messtechnisch nachweisbar. Es ist heute erwiesen, dass er maßgeblich vom CO_2-Ausstoß bestimmt wird, da dieses Gas mengenmäßig die Anteile der anderen übertrifft. Für das Beispiel „Deutschland“ belegen die Angaben in der Tabelle 2-2 den **dominierenden Anteil der CO_2-Emissionen an der Wirkung der Treibhausgase.**

Aus der Analyse von Bohrungen im antarktischen Eis geht hervor, dass die globale CO_2-Konzentration in den letzten 400.000 Jahren den Wert von 290 ppm, entsprechend 290 ml/m³, nie überschritten hat.
In den vergangenen 100 Jahren haben sich jedoch von der Menschheit initiierte Entwicklungen im industriellen Bereich und in der Landwirtschaft vollzogen, die zu einem

Anstieg der Konzentration von CO_2 um 30% und von Methan um 90% (Reisanbau, Rinderzucht, Deponie) führten.

In diesem Zeitraum war eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur um 2 K zu verzeichnen, von +13°C auf +15°C /4/.
Im Jahr 2002 erreichte die CO_2-Konzentration bereits den Wert von 375 ppm.

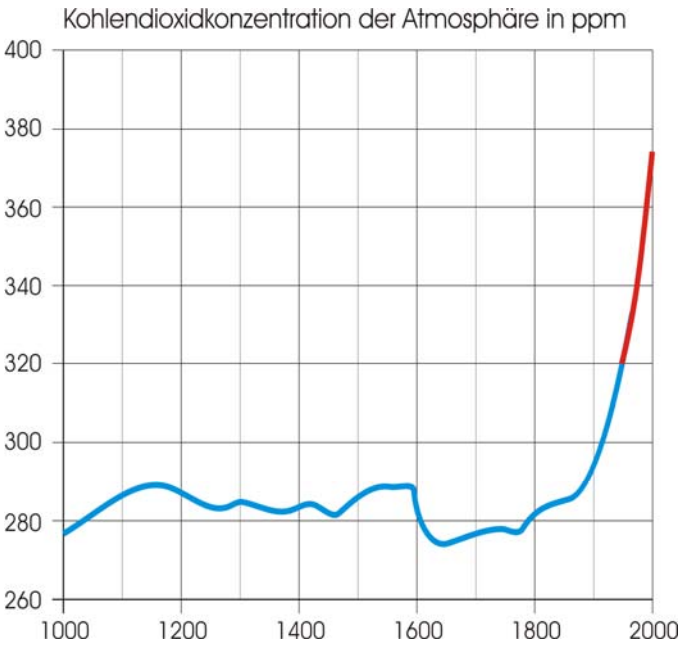
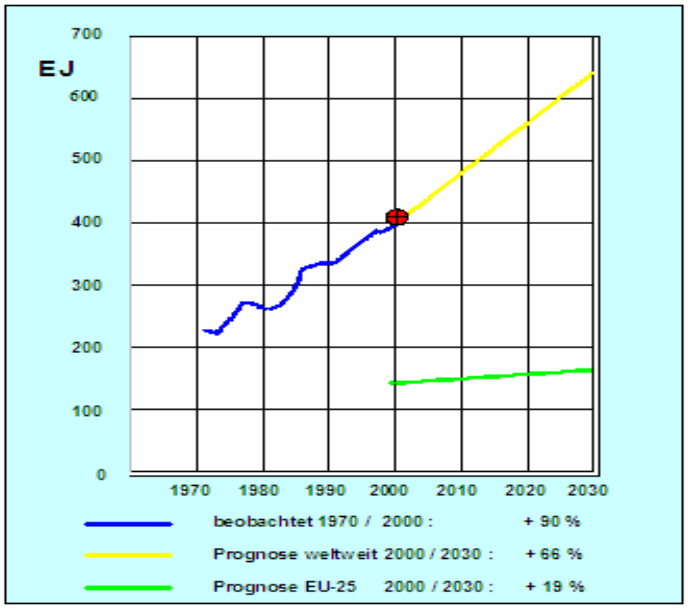


Bild 2-2: Verlauf der CO_2 - Konzentration der letzten 1000 Jahre /6/
rote Kurve: Messwerte der Station Mauna Loa, Hawaii, ab 1958

Vom IPCC-Gremium wurde auf Basis der absehbaren Tendenzen eine wahrscheinliche **Lufttemperaturzunahme um bis zu 5,8 K für das Jahr 2100** vorhergesagt. Im Vergleich dazu schwankte die mittlere Lufttemperatur seit der letzten Eiszeit vor 12.000 Jahren nur um +/- 1 K.

2.2 Internationale und nationale Klimaschutz-Ziele

Die Anreicherung der Atmosphäre mit klimarelevanten Spurengasen ist eng mit der **Industrialisierung**, dem weltweit steigenden **Lebensstandard** und deshalb auch mit einem immer weiter anwachsenden **Energieverbrauch** verbunden.



blau: Verbrauch, Steigerung 1970 bis 2000 um + 90%
gelb: Prognose weltweit, 2000 bis 2030 um + 66%
grün: Prognose EU-25, 2000 bis 2030 um + 19%

Bild 2-3: Weltenergieverbrauch in Exa Joule bis 2030 /6/

Gegenwärtig befindet sich die Weltwirtschaft in einer Umbruchphase. Aktuellen Berichten der Internationalen Energieagentur zufolge wird sich in den nächsten 25 Jahren der Energieverbrauch weltweit um 50% erhöhen, s.a. Bild 2-3. Bedingt durch die weitere Zunahme der Erdbevölkerung und das rasante Wirtschaftswachstum in einigen Regionen steigt die Nachfrage nach Nahrungsmitteln, Rohstoffen und nicht zuletzt nach den Energieträgern Kohle, Öl, Gas.

Neuere Klima-Studien sagen eine stärkere Erwärmung der Erde voraus als bisher angenommen. Diese Entwicklung lässt das Eisschild der Arktis und Antarktis schneller schmelzen als befürchtet. Die Folge: Der Meeresspiegel könnte bis über einen Meter ansteigen. Experten sehen noch eine Chance, die weltweite Erwärmung auf zwei Grad zu begrenzen. Voraussetzung ist, dass die Treibhausgase bis 2050 halbiert werden. Außerdem muss die Welt bis Ende des 21. Jahrhunderts vollständig aus der Kohlenstoffwirtschaft aussteigen /7/.

In statistischen Erhebungen wird untersetzt, dass die weltweiten, vom Menschen verursachten CO2-Emissionen steigen – trotz der Bemühungen vieler Staaten. Die im Kyoto-Abkommen formulierten Klimaschutzziele bedeuten weltweit riesige Anstrengungen. In den Folgekonferenzen – im Dezember 2007 fand auf Bali die 3. Vertragsstaatenkonferenz des Kyoto-Protokolls statt – wurden die Ziele untersetzt und fortgeschrieben. Im Rahmen dieser 3. Vertragsstaatenkonferenz wurde ein umfassender Verhandlungsprozess, die "Bali Roadmap", vereinbart. In ihr werden die wesentlichen Verhandlungsinhalte beschrieben und ein Verhandlungszeitplan festgelegt. Bis 2009 sollen die Verhandlungen für ein neues und umfassendes, auf dem Kyoto-Protokoll aufbauendes Klimaschutzregime abgeschlossen

sein, damit nach dem Ende der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls 2012 keine Lücke entsteht /8/.

Wirksamer Klimaschutz erfordert weltweit abgestimmte Anstrengungen. Die Industriestaaten haben sich im Kyoto-Protokoll zur Klimarahmenkonvention zu einer Minderung der Emissionen von Treibhausgasen um insgesamt ca. 5 % im Zeitraum 2008 - 2012 gegenüber 1990 verpflichtet. Deutschland hat sich durch das Kyoto-Protokoll im Rahmen der EU-Lastenteilung verpflichtet, bis zum Zeitraum 2008 - 2012 insgesamt 21% weniger klimaschädliche Gase zu produzieren als 1990. Die Reduktionsziele des ersten Verpflichtungszeitraums des Kyoto-Protokolls gelten nur bis Ende des Jahres 2012. Nach 2012 sind weitere, deutliche Emissionsminderungen notwendig, um das Ziel der Klimarahmenkonvention zu erreichen: die Treibhausgaskonzentrationen auf einem ungefährlichen Niveau zu stabilisieren. Dazu haben sich alle Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention – auch die USA, die 2001 ihren Ausstieg aus dem Kyoto-Protokoll erklärt haben – verpflichtet /8/.

Wie die Entwicklung von 1990 bis 2007 und damit der derzeitige Stand ist, verdeutlicht die nachfolgende Tabelle 2-3, bei der für ausgewählte Länder und Regionen die Menge an energiebedingten CO_2-Emissionen dargestellt ist. Dabei handelt es sich um einen Auszug aus einer BMWi-Statistik (Stand 06/2008).

	1990	1995	2000	2005	2006	2007
	in Mio t					
WELT	**22.682**	**23.108**	**24.677**	**29.430**	**30.047**	**30.892**
AFRIKA	**675**	**754**	**828**	**942**	**974**	**1.020**
NORDAMERIKA (incl. Mexiko)	**6.214**	**6.554**	**7.283**	**7.601**	**7.512**	**7.640**
- USA	5.461	5.762	6.369	6.558	6.461	6.575
SÜDAMERIKA	**712**	**843**	**968**	**1.041**	**1.108**	**1.159**
ASIEN und OZEANIEN	**5.646**	**6.962**	**7.465**	**10.921**	**11.396**	**12.020**
- China	2.452	3.013	2.740	5.380	5.944	6.389
- Japan	1.179	1.305	1.344	1.401	1.381	1.393
EUROPÄISCHE OECD - Länder	**3.731**	**3.709**	**4.434**	**4.644**	**4.681**	**4.615**
- Deutschland	1.029	933	903	884	895	861
- Frankreich	416	404	434	439	430	421
- Großbritannien	625	598	589	615	611	590
- Italien	440	453	480	503	501	493
- Spanien	238	266	339	397	387	398
- Niederlande	219	237	247	272	267	265
ÜBRIGES EUROPA	**4.976**	**3.382**	**2.614**	**2.816**	**2.847**	**2.865**
- Frühere SU	3.907	2.531	2.250	2.514	2.542	2.553
MITTLERER OSTEN	**728**	**905**	**1.085**	**1.466**	**1.529**	**1.573**

Tabelle 2-3: Energiebedingte CO_2-Emissionen ausgewählter Länder und Regionen /9/

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, dass der weltweite CO_2-Ausstoss seit 1990 um mehr als ein Drittel gestiegen ist. Wesentlichen Anteil daran haben die so genannten Schwellenländer, aber auch hoch entwickelte Industriestaaten wie die USA und Japan haben in diesem Zeitraum ihre CO_2-Emissionen je um etwa ein Fünftel gesteigert. Deutschland hat seinen CO_2-Ausstoss beispielhaft gesenkt und die mit ´übriges Europa´ bezeichneten Staaten (vor allem die ehemalige Sowjetunion sowie die ehemaligen ´Ostblockstaaten´) haben sogar mehr als 40 % geringere CO_2-Emissionen zu verzeichnen. Dadurch kann für die gesamte

Europäische Union eine Minderung der CO_2-Emissionen um etwa ein Siebentel festgestellt werden. Trotzdem ist die Menschheit noch weit von ihren Zielstellungen entfernt.

Im Februar 2007 hat der Umweltrat (der Europäischen Union) unter deutscher Präsidentschaft ambitionierte Klimaschutzziele bis 2020 und ein Verhandlungspaket der EU für die Fortentwicklung des Klimaregimes nach 2012 verabschiedet. Dieses Paket wurde von den Staats- und Regierungschefs der EU auf der Frühjahrstagung im März 2007 aufgegriffen. Es gelang ein Durchbruch für eine ehrgeizige integrierte europäische Klima- und Energiepolitik.

Der Europäische Rat beschloss, dass die EU im Rahmen eines internationalen Abkommens ihre Treibhausgasemissionen um 30 % bis 2020 (gegenüber 1990) senken wird, wenn sich andere Industriestaaten zu vergleichbaren Anstrengungen verpflichten und die Schwellenländer angemessen beitragen. Unabhängig von internationalen Vereinbarungen hat sich die EU bereits jetzt verpflichtet, ihre Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 20 Prozent (gegenüber 1990) zu mindern.

Im Januar 2008 hat die Europäische Kommission konkrete Vorschläge zur Umsetzung ihrer Ziele vorgelegt; dies sind ein Revisionsentwurf für die Emissionshandels-Richtlinie, ein Entwurf für eine Entscheidung zur Aufteilung der Klimaziele unter den Mitgliedsstaaten sowie Richtlinienentwürfe zum Ausbau der Erneuerbaren Energien und für einen Rechtsrahmen für die Abscheidung und geologische Speicherung von Kohlendioxid (CCS). Nach Vorstellung der Kommission und mehrerer Mitgliedsstaaten soll noch in 2008 Einigung über die Entwürfe erzielt werden.
Weitere wichtige Elemente des Verhandlungspakets sind die Ausweitung des Kohlenstoffmarktes, deutlich höhere Anstrengungen bei der Anpassung an den Klimawandel, eine verstärkte Technologiekooperation vor allem mit Entwicklungs- und Schwellenländern und die Begrenzung von Emissionen aus Entwaldung sowie aus dem Flug- und Schiffsverkehr. Übergeordnetes Ziel der EU ist es, Ende 2009 auf der 14. Vertragsstaatenkonferenz in Kopenhagen die Verhandlungen über ein internationales Klimaregime abzuschließen. Damit soll eine Lücke nach dem Ende des ersten Verpflichtungszeitraums des Kyoto-Protokolls vermieden und die Kontinuität des globalen Kohlenstoffmarktes gesichert werden. Mit diesen Beschlüssen hat die EU die Vorreiterrolle beim internationalen Klimaschutz übernommen.

Deutschland hat durch die Verabschiedung des Nationalen Klimaschutzprogramms 2005 sichergestellt, dass das von Deutschland auf europäischer und internationaler Ebene zugesagte Ziel einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Zeitraum 2008 bis 2012 um 21 Prozent gegenüber 1990 erreicht und damit die Grundlage gelegt wird für weitere anspruchsvolle Klimapolitik auch nach 2012 /4/.

Bis zum Jahr 2003 konnte Deutschland seine Treibhausgasemissionen bereits um 18,5%, gemessen an den Emissionen von 1990, reduzieren. Im Rahmen des aktuellen Klimaschutzprogramms wird der Handlungsbedarf für die Sektoren, die nicht vom Emissionshandel betroffen sind, wie private Haushalte, Verkehr und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen definiert und es werden klare Zielvorgaben festgelegt. Entsprechend den Ergebnissen der Evaluierung des Klimaschutzprogramms von 2000 wurde ein Maßnahmenkatalog mit den Schwerpunkten Verkehr und private Haushalte beschlossen /4/.

Angesichts des weltweit steigenden Energiehungers und der explodierenden Preise für Öl und damit auch für Gas stehen Energiesparen, Energieeffizienz sowie der Ausbau der Ökoenergien ganz oben auf der politischen Tagesordnung.

Mit dem Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) hat die Bundesregierung wichtige Weichen für eine hochmoderne, sichere und klimaverträgliche Energieversorgung in Deutschland gestellt. Zugleich hat sie die Maßnahmen für einen ehrgeizigen, intelligenten und effizienten Klimaschutz festgelegt. Das IEKP ist ein 29 Maßnahmen umfassendes Paket, vor allem zugunsten von mehr Energieeffizienz und mehr erneuerbaren Energien, das als sogenanntes 1. Paket Anfang Dezember 2007 beschlossen wurde. Das Bundeskabinett hat am 18. Juni 2008 für die noch verbliebenen Vorhaben (2. Paket) des Integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) die Gesetzes- und Verordnungstexte verabschiedet. Im Bereich des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) sind dies folgende Gesetze bzw. Verordnungen:

- die Messzugangsverordnung,
- das Gesetz zur Beschleunigung des Ausbaus der Höchstspannungsnetze,
- die Energieeinsparverordnung mit Energieeinsparungsgesetz sowie
- die Heizkostenverordnung /10/.

Ausgehend von diesen Grundlagen wurde im Auftrag des BMU jeweils in den Jahren 2007 und 2008 eine Leitstudie erarbeitet, die unter verschiedenen Szenarien die wahrscheinliche Bandbreite der zukünftigen Entwicklung der Energieversorgung beschreibt und erläutert, mit welchen strukturellen und ökonomischen Wirkungen im Energiesektor dabei zu rechnen ist. Dabei wird detailliert dargelegt, wie die Ziele der Bundesregierung zum Ausbau erneuerbarer Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz bis 2020 sowie die längerfristigen Vorgaben, die Treibhausgasemissionen bis 2050 auf etwa 20 % des Wertes von 1990 zu senken und den EE-Beitrag an der Endenergieversorgung auf 50 % zu steigern, umgesetzt werden können. Als zentrale Gestaltungselemente werden die aufeinander abgestimmten Teilstrategien betrachtet und in gegenseitiger struktureller und zeitlicher Wechselwirkung in allen Sektoren der Energiewirtschaft umgesetzt /11/.

Maßgeblich für die Erreichung der nationalen Klimaschutzziele ist zum einen der stetige Umbau der Energieerzeugung hin zu einem immer größeren Anteil Erneuerbarer Energien. Zum anderen sind neben dem stetigen Ausbau der Erneuerbaren Energien auch im Bereich der Energieeffizienz größtmögliche Anstrengungen notwendig. So entspricht die am 16. Oktober 2008 von Bundesumweltminister Sigmar Gabriel vorgestellte Energie-effizienzoffensive etwa der Szenariovariante E1 der Leitstudie: Mit weiter gesteigerter Effizienz kann bis 2020 ein Kraft-Wärme-Kopplungs-Anteil von etwa 25 Prozent und eine CO_2-Minderung von rund 40 Prozent erreicht werden.

Die folgende Tabelle stellt die Eckdaten des Leitszenarios 2008 auszugsweise dar, speziell die Beiträge der erneuerbaren Energien.

	2005	**2007**	**2010**	**2020**	**2030**	**2040**	**2050**
Primärenergie, PJ/a	14469	13842	13855	12044	10252	8972	8066
Primärenergie EE, PJ/a	665	932	1317	1953	2599	3218	3843
Anteil EE an PEV, %	***4,7***	***607***	***905***	***16,2***	***25,4***	***35,9***	***47,6***

	2005	2007	2010	2020	2030	2040	2050
Endenergie, PJ/a	9240	9423	8996	8133	7238	6469	5845
Endenergie EE, PJ/a	602	807	966	1480	2019	2552	3045
Anteil EE an EEV, %	***6,6***	***8,6***	***10,7***	***18,2***	***27,9***	***39,4***	***52,1***
Strom Endenergie, PJ/a	1852	1829	1871	1791	1687	1622	1568
Strom-End. EE, PJ/a	229	314	361	624	909	1194	1364
Anteil EE, %	***12,3***	***17,2***	***19,3***	***34,8***	***53,9***	***73,6***	***87,0***
Wärme Endenerg., PJ/a	4859	4995	1605	4033	3499	2919	2480
Wärme-End. EE, PJ/a	292	325	385	579	785	971	1198
Anteil EE, %	***6,0***	***6,6***	***8,4***	***14,4***	***22,4***	***33,3***	***48,3***
Kraftstoff Enden., PJ/a	2529	2599	2521	2308	2051	1928	1796
Kraftstoffe EE, PJ/a	81	167	220	277	325	387	483
Anteil EE, %	***3,2***	***6,4***	***8,7***	***12,0***	***15,8***	***20,1***	***26,9***
Bruttostromverb., TWh/a	612	617	617	586	562	565	583
EE-Erzeugung, TWh/a	63,6	87,5	104	178	282	387	472
Anteil EE, %	***10,4***	***14,2***	***16,9***	***30,4***	***50,1***	***68,5***	***80,9***
Primärenergie, PJ/a	14469	13842	13855	12044	10252	8972	8066
Erneuerbare Energien	**665**	**932**	**1317**	**1953**	**2599**	**3218**	**3843**
Mineralöl	5154	4678	4855	4219	3458	2853	2387
Kohlen	3576	3563	2871	2244	1321	707	301
Erdgas, -öl, Grubengas	3295	3136	3315	3269	2873	2193	1535
Fossile Energien, ges.	**12025**	**11377**	**11141**	**9732**	**7652**	**5768**	**4223**
Kernenergie	1779	1533	1397	360	0	0	0
Energieproduktivität BIP/PEV (1990 = 100)	**130**	**142**	**149**	**202**	**269**	**336**	**394**
Verringerung der CO_2-Emiss. seit 1990; %	**15,5**	**17,2**	**23,7**	**35,7**	**52,7**	**67,1**	**78,5**
Durch EE vermiedene CO_2-Emiss., Mio. t/a	**86**	**115**	**129**	**192**	**271**	**356**	**416**

Tabelle 2-4: Eckdaten des Leitszenarios 2008, speziell Beiträge der erneuerbaren Energien /11/

Positive Effekte zeigt die Studie auch für die Volkswirtschaft: Durch den Ausbau der Erneuerbaren Energien und die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen werden ab 2020 beträchtliche Kosten eingespart, die ohne Umsetzung dieser Maßnahmen für zusätzliche Mengen fossiler Energien ausgegeben werden müssten. Den Primärenergieverbrauch im Jahr 2050 beziffert das Leitszenario mit 55 Prozent des Niveaus von 2005, wobei die Erneuerbaren Energien dann knapp 50 Prozent des verbleibenden Primärenergiebedarfs abdecken. Auch die von der Bundesregierung angestrebte 80-prozentige CO_2-Minderung kann so bis 2050 erreicht werden.

Eine herausgehobene Stellung sollte nach Ansicht der Studie ein Handlungskonzept für den mittel- und langfristigen Ausbau der Erneuerbaren Energien über die nationalen Grenzen hinweg erhalten. Das Konzept eines europäischen Stromverbunds zur optimalen Nutzung großer Potenziale an Erneuerbaren Energien und deren effektive Einbindung in die Stromversorgung sollte mit hoher Priorität verfolgt werden.

Grundlage aller Anstrengungen müssen allerdings wirksame Anreize zu einem deutlich effizienteren Umgang mit Energie in allen Umwandlungs- und Nutzungsbereichen sein. Mit einer derartigen Strategie kann Europa seine Abhängigkeit von fossilen Energie-Importen drastisch verringern und damit die Sicherheit seiner Energieversorgung deutlich steigern. Auch potenziellen Konflikten wegen knapper werdender Energierohstoffe wird dadurch vorgebeugt.

3 Situation in Thüringen

Im Klimaschutzkonzept aus dem Jahr 2001 hat sich der Freistaat Thüringen verpflichtet, zusätzlich zu den erbrachten Emissionsminderungen der vorangegangenen Jahre eine Reduzierung von 6% bis zum Jahr 2010 zu erreichen /1/. Dazu gilt es, die Minderungspotentiale in den Bereichen

- Energie
- Verkehr
- Industrie
- Landwirtschaft
- Wohnungswirtschaft und
- Abfallwirtschaft

zu analysieren und geeignete Strategien zu ihrer Verwirklichung zu entwickeln und umzusetzen.

Obwohl die **dominierende Wirkung des CO_2 für den Treibhauseffekt** naheliegend ist, erfordert eine detaillierte Analyse die Einbeziehung **weiterer klimarelevanter Gase** und der sie verursachenden **Quellen sowie Senken**. Auch zur Ermittlung von Minderungspotentialen dieser Gase stellt dies eine Voraussetzung dar. Anhand vorliegender Untersuchungsergebnisse für den Freistaat Thüringen soll dies beispielhaft beleuchtet werden.

Zur Ergänzung der in den 90er Jahren von der damaligen Thüringer Landesanstalt für Umwelt erstellten Analyse wurde an das Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig, eine Studie /12/ in Auftrag gegeben. Darin sind die Bilanzen der wichtigsten Treibhausgase für den Zeitraum 2000/2001 erfasst und Angaben für deren prognostizierte Entwicklung für die Jahre 2005 sowie 2010 aufgeführt. In der Anlage 2 sind auszugsweise 3 Tabellen dieser Bilanzen zu finden.
Wie in der Fachliteratur üblich wurde in energiebedingte und nicht energiebedingte Emissionsquellen unterschieden.

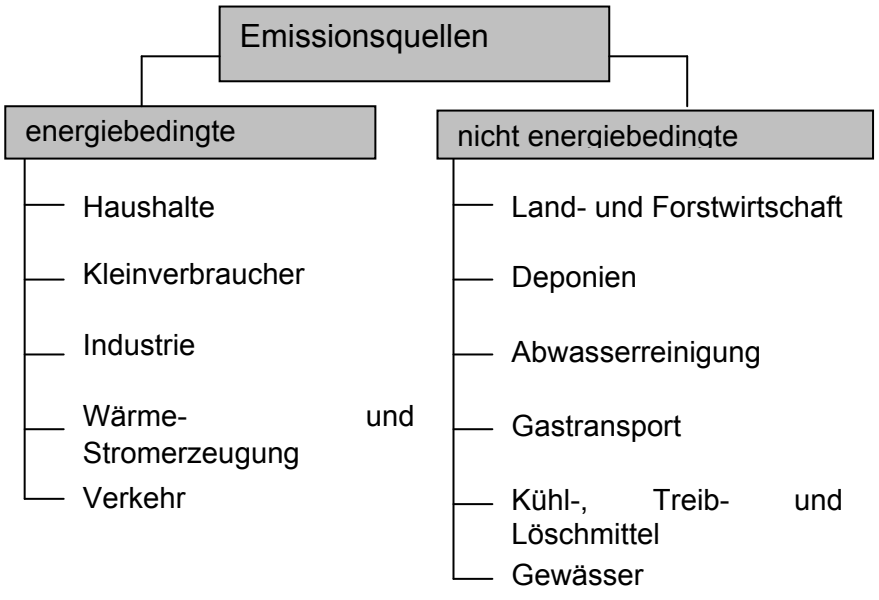


Bild 3-1: Emissionsquellen von Treibhausgasen /2, 12/

Bei den energiebedingten Quellen bildeten im Zeitraum 2000/2001 die CO_2-Emissionen in Thüringen mit einem jährlichen Ausstoß von 12,773 Mio t bei einem CO_2-Äquivalent von 13,981 Mio t aller Treibhausgase den dominierenden Anteil mit 91%.

Der Anteil des CO_2 aus nicht energiebedingten Quellen (1,011 Mio t) belief sich nur auf 20% der CO_2-Äquivalente (5,025 Mio t).
Bezieht man die gesamten CO_2-Emissionen (energiebedingte und nicht energiebedingte) von 13,784 Mio t auf die Summe der CO_2-Äquivalente von 19,006 Mio t, so lag der **Anteil des CO_2 im Zeitraum 2000/2001 in Thüringen bei 72%.**
Diese Zahlen belegen auch für Thüringen, dass den CO_2-Emissionen eine besondere Bedeutung beim Treibhauseffekt zukommen.

3.1 Energiebedingte Emissionsquellen

Heute beruht der Großteil unserer Energieversorgung und des Verkehrs auf der **Verbrennung der fossilen Energieträger** Kohle, Öl und Erdgas und ist damit maßgeblich für die Freisetzung des Treibhausgases CO_2 verantwortlich. Somit besteht ein enger **Zusammenhang zwischen dem Verbrauch an Energie und dem Klimawandel.**

Die energiebedingten CO_2-Äquivalente von 13,981 Mio t hatten in Thüringen 2000/2001 einen Anteil von 73,5% an den gesamten **CO_2-Äquivalenten von 19,006 Mio t**, wobei, wie oben erwähnt, CO_2 einen dominanten Anteil daran hatte.

Die wichtigsten energiebedingten Emissionsquellen sind im Bild 3-1 aufgeführt.
Der Anteil der einzelnen Quellen betrug 2000/2001am CO_2-Ausstoß von 12,773 Mio t:

- Haushalte 24%
- Kleinverbraucher 9%
- Industrie 14%
- Energieversorgung 15%
- Verkehr 38%

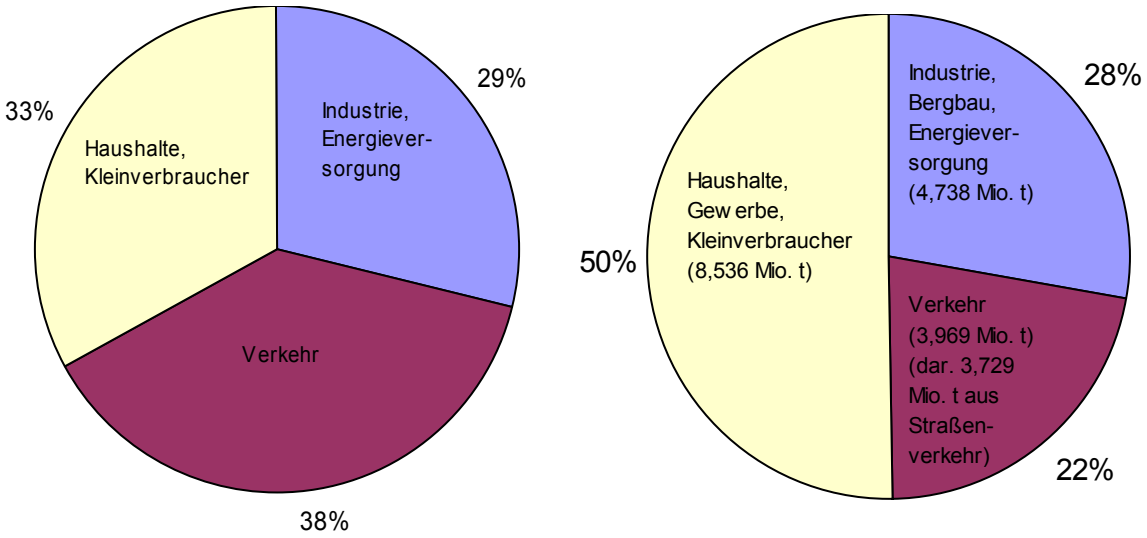


Bild 3-2: Anteile der Hauptverursacher am energiebedingten CO_2-Ausstoß in Thüringen 2000/2001 (linke Grafik) und 2006 (rechte Grafik)

Das Bild zeigt die in üblicher Weise zusammengefassten 3 Hauptverursacher. Es zeigt auch, wie sich die Anteile der einzelnen Emittenten im betrachteten Zeitraum veränderten.

Die Prognosen /12/ sagen aus, dass sich infolge effizienterer Energiewandlungsverfahren und Energiesparmaßnahmen bei allen Quellen – mit Ausnahme des Verkehrs – zukünftig nur noch ein verlangsamter Anstieg der CO_2-Emissionen ergeben.
Beim Verkehr wurden technische Innovationen an den Antriebsaggregaten und die Umstellung auf die Treibstoffe Erdgas und Biodiesel emissionsmindernd in die Prognosen einbezogen. Der dennoch vorausgesagte Anstieg der CO_2-Emissionen beim Verkehr bis 2010 wurde durch steigende Fahrzeugzahlen und km-Leistungen begründet und wird durch aktuelle Studien /13/ nicht widerlegt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich der energiebedingte CO_2-Ausstoß innerhalb der letzten 16 Jahre halbiert hat. Das Landesamt für Statistik gibt eine Reduzierung von 34 Mio t im Jahr 1990 auf 17,2 Mio t im Jahr 2006 an. Maßgeblichen Anteil haben die in den Jahren nach 1990 vollzogenen Umstellungen auf schadstoffärmere Energieträger (Erdgas) und die gravierenden Veränderungen im Bereich der Industrie, wo es zu einer Verminderung um fast zwei Drittel in diesem Zeitraum kam.

3.2 Nicht energiebedingte Emissionsquellen

Bezogen auf die gesamten CO_2-Äquivalentemissionen im Zeitraum 2000/2001 in Thüringen von 19,006 Mio t lag der Anteil der nicht energiebezogenen Emissionen (5,025 Mio t) bei 26,5%, mit einem verschwindenden Anteil des Gases CO_2 von 5%.
Wesentliche Beiträge zu den CO_2-Äquivalentemissionen sind in der Tabelle 3-1 zu ersehen.

Herkunft	Treibhausgas
Tierhaltung in der Landwirtschaft	CH_4, CO_2, NH_3
Bodennutzung und Wald	CO_2, N_2O, NH_3, C_mH_n
nicht abgedeckte Deponien	CH_4, CO_2
Zersetzung organischer Bestandteile bei der Abwasserreinigung und in stehenden Gewässern	CH_4, N_2O, NH_3
Freiwerden von Kühl-, Treib- und Löschmitteln	FKW

Tabelle 3-1: Herkunft und Zusammensetzung der Treibhausgase

Für die einzelnen Quellen sagen die Prognosen nur geringfügige Veränderungen voraus. Von konstanten Werten wird für die Landwirtschaft ausgegangen, während in den Bereichen Abwasser, Deponie, Kühlmittel geringfügige Emissionsminderungen zu erwarten sind.

3.3 „Senken“ für Treibhausgas-Emissionen

Das **Treibhausgas CO_2** kann nach seiner Freisetzung in die Atmosphäre durch **Kohlenstoffspeicher** teilweise wieder gebunden werden. **Ein wichtiger Speicher ist der Wald.** Die Bäume und Pflanzen nehmen während ihrer Wachstumsphase durch die Fotosynthese den Kohlenstoff aus der Luft auf und speichern ihn in der Biomasse. Weitere Senken sind neben den Ozeanen die Böden der Landflächen.

Auf Grund der natürlichen Gegebenheiten stellen in Thüringen nur die Wälder eine maßgebliche CO_2-Senke dar. Im Jahr 2000/2001 belief sich in Thüringen die Bindung von CO_2 durch die Senke „Wald“ auf jährlich 3,527 Mio t. Weitere Einsparungen an Emissionen sind mit dem Anbau von **„Non-Food“ Raps** und seinem energetischen Einsatz als kaltgepresstes Rapsöl oder als Biodiesel verbunden. 125.819 t CO_2-Äquivalente waren 2000/2001 als Gutschrift zu verzeichnen /8-alt/.
Die **Wirkung einer Senke** ist prinzipiell auch mit der Funktion jener technischen Anlagen verknüpft, die **Erneuerbare Energien (EE) zur Erzeugung von Elektroenergie und/oder Wärme** nutzen.

Die im Zeitraum 2000/2001 aus Wind-, Wasser- und Solarstromanlagen erzeugte Elektroenergie und die aus Biomasse (fest, flüssig, gasförmig) sowie aus solarthermischen Anlagen gewonnene Wärmeenergie ist in der Tabelle 3-2 zusammen mit den vermiedenen CO_2-Emissionen aufgeführt, die mittels Emissionsfaktoren berechnet wurden.

Energieart	Endenergie, MWh/a	CO_2-Emission, t/a
Biomasse	2.961.000	675.108
Wind	255.000	174.165
Wasser	195.000	133.185
Solarthermie	25.761	8.321
Solarstrom	554	378
Summe	**3.437.000**	**991.157**

Tabelle 3-2: Aus Erneuerbaren Energien gewonnene **Endenergie** /14/ und daraus berechnete **vermiedene** CO_2-Emissionen, **2000/2001**
Anteil EE betrug 5,9% am Endenergieverbrauch von 57,92 TWh.

In den vergangenen Jahren ist der Anteil der Erneuerbaren Energien deutlich gestiegen. Eine vom Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Arbeit erstellte Übersicht /10/ belegt, dass ihr Anteil am gesamten **Primärenergieverbrauch von 68,11 TWh im Jahr 2004 einen Wert von 10,1%** erreichte. Der Anteil in Deutschland betrug 3,6%.

Die Tabelle 3-3 verdeutlicht Einzelheiten des aktuellen Standes bezogen auf die **Endenergie**.

Energieart	Endenergie, MWh/a	CO_2-Emission, t/a
Biomasse	5.938.880	1.354.065
Wind	736.000	502.688
Wasser	133.000	90.839
Solarthermie	40.720	13.153
Solarstrom	3.600	2.456
Summe	**6.852.200**	**1.963.201**

Tabelle 3-3: Aus Erneuerbaren Energien gewonnene **Endenergie** /14/ und daraus berechnete **vermiedene** CO_2-Emissionen, **2004**
Anteil EE betrug 11,4% am Endenergieverbrauch von 60,08 TWh.

Der Vergleich der erzeugten Endenergien mittels der beiden Tabellen belegt, dass sich vom Zeitraum 2000/2001 bis Ende 2004 sowohl die erzeugte Energie als auch die vermiedenen CO_2-Emissionen nahezu verdoppelt haben.

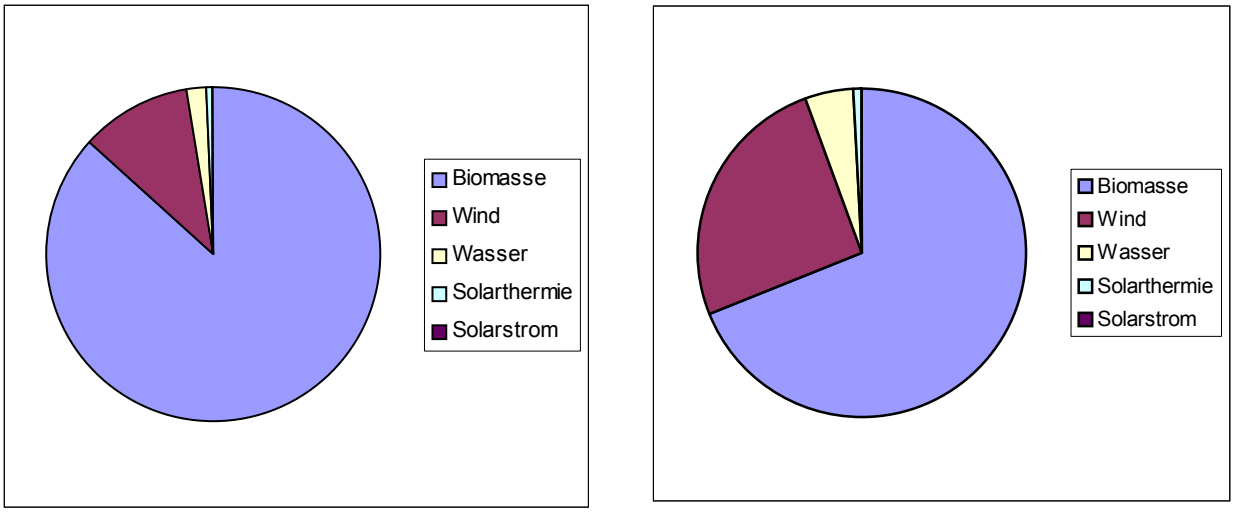


Bild 3-3: Links: aus Erneuerbaren Energien gewonnene Endenergie /14/
Rechts: berechnete **vermiedene** CO_2-Emissionen
Jahr 2004

Das Bild 3-3 veranschaulicht, dass in Thüringen die **Biomasse den überwiegenden Anteil an Erneuerbarer Energien** liefert. Gleichzeitig ist erkennbar, dass die Gewinnung der hochwertigen Elektroenergie (Anteile von Wind und Wasser) hinsichtlich der Vermeidung von CO_2-Emissionen Vorteile besitzt.

Orientiert an den übergeordneten Rahmenbedingungen von Bund sowie Freistaat und angepasst an die regionalen Besonderheiten im Ilm-Kreis werden nach einer Beschreibung der Ausgangssituation im Kapitel 4 einzelne Handlungsfelder und Potenziale für Klimaschutzmaßnahmen im Kapitel 5 erläutert, um anschließend im Punkt 6 nach einer Zusammenfassung der Ergebnisse konkrete Ziele für eine Klimagas-Reduzierung im Landkreis für die kommenden Jahre zu vereinbaren.

Das Erkennen der Quellen gegenwärtiger CO_2 -Emissionen erfordert ein umfangreiches Sammeln damit zusammenhängender Daten. Ihre Aus- und Bewertung im Zusammenhang mit der Kenntnis zukünftiger Entwicklungen auf technisch-technologischem Gebiet schafft unter Beachtung der finanziellen Möglichkeiten und sozialen Rahmenbedingungen die Voraussetzungen für eine Vorgabe realistischer Klimaschutzziele.

4 Ausgangssituation beim Endenergieverbrauch und energiebedingten CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis

4.1 Strukturdaten Ilm-Kreis /15/

Fläche:	**843 km²**
Bevölkerung	**114.445 Einwohner (31.12.2007)**
Bevölkerungsdichte:	**136 Einwohner / km²**

Bild 4-1 Der Ilm-Kreis mit seiner Verwaltungsstruktur /15/
Zusammenfassend gibt es

- **44 Gemeinden, davon 6 Städte**
- **3 Städte und 32 Gemeinden sind Mitglieder von insgesamt 6 Verwaltungsgemeinschaften**

In den Städten leben mit 68.352 Einwohnern knapp 60% der Bevölkerung (Stand 31.12.2007).

Ilmenau	***26.307 EW***	***Gehren***	***3.482 EW***
Arnstadt:	***25.256 EW***	***Großbreitenbach***	***2.751 EW***
Stadtilm	***5.004 EW***	***Plaue:***	***1.938 EW***
Langewiesen	***3.614 EW***		

Die Einwohnerzahl im Ilm-Kreis wird sich von derzeit 114.445 – bei gleicher degressiver Entwicklung wie in der 10. kommunalen Bevölkerungsvorausberechnung des Bundes und der Länder extrapoliert - in den nächsten Jahren wie folgt verringern:

2006:	***114.445 EW***
2010:	***111.690 EW***
2015	***109.400 EW***

4.2 Ausgangssituation beim Endenergieverbrauch und energiebedingten CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis

4.2.1 Ausgangssituation beim Endenergieverbrauch

Der Landkreis wurde wie im Jahr 2004 durch die leitungsgebundenen Energiesysteme mit Strom und Erdgas, über den Straßenweg mit geringen Mengen an festen Brennstoffen auf Braunkohlenbasis (Briketts) und mit flüssigen Energieträgern versorgt.
Während der Strom entsprechend dem eingesetzten Energieträgermix auf der Nutzung von fossilen und erneuerbaren Energien sowie von Kernenergie beruht, sind die übrigen Energieträger nahezu ausschließlich fossilen Ursprungs.

Die Energieträgerstruktur des Landkreises wird maßgeblich durch die Struktur der Betriebe und Einrichtungen sowie Haushalte und den Verkehr beeinflusst.

Die zentrale Versorgung mit leitungsgebundenen Energieträgern erfolgte bis 2005 durch die E.ON Thüringer Energie, die aus der Fusion der Thüringer Energie AG (TEAG) und der Thüringer Gasversorgung GmbH entstand. Die beiden örtlichen Versorgungsunternehmen, die Stadtwerke Arnstadt GmbH sowie die Stadtwerke Ilmenau GmbH, sicherten in ihren Versorgungsgebieten die Energiebereitstellung von Strom und Erdgas mit Hilfe ihrer Vertragspartner ab.

Ab dem Jahre 2006, nachdem die Liberalisierung des Strommarktes in Kraft getreten ist, können sich die Endkunden für einen anderen Energielieferanten entscheiden. Damit können diese Energieabnehmer, die sich für einen anderen als die örtlichen Anbieter (Stadtwerke Ilmenau und Arnstadt, E.ON) entschieden haben, durch diese Versorger ab dem Jahre 2006

nicht mehr ausgewertet werden. Nach dem EnWG sind die Energieversorger verpflichtet, die Geschäftsfelder Netz und Vertrieb zu trennen. Beispielsweise kam die E.ON Thüringer Energie AG ab dem 01.04.2006 dieser Verpflichtung nach. Für diesen Versorgungsbereich enthalten die genannten Zahlen die fremdversorgten Kunden nur bis zum 31.03.2006.

Seit diesem Zeitpunkt ist das Stromversorgungsnetz vom Stromerzeuger getrennt. Der ehemalige Stromlieferant hat im Normalfall auch keinen Überblick, was seine ehemaligen Kunden von auswärtigen Anbietern an Elektroenergie beziehen und verbrauchen.

Um hier sichere Daten zu erhalten, wurden die Netzbetreiber angeschrieben.

Bei den Recherchen zur Ermittlung der verbrauchten nicht leitungsgebundenen Endenergien Heizöl und Flüssiggas und des Verbrauchs von Kohle stellten sich erhebliche Probleme dar. Da die Mineralöllieferanten nicht in der Lage waren, Daten für Lieferungen im Gebiet des Ilm-Kreises anzugeben, mussten Abschätzungen vorgenommen werden. Die Daten zu den Energieträgern Heizöl, Flüssiggas und Kohle wurden deshalb aus den Angaben der Schornsteinfegerinnungen /16/ für die Heizungsanlagen in den Haushalten und bei Kleinverbrauchern ermittelt. Berechnungsgrundlage bildeten die Anschlussnennleistungen der Anlagen sowie die Vollbenutzungsstunden.
Der Endenergie-Anteil der Kohleheizungen für Raumwärme wurde mit den Angaben der Schornsteinfegerinnungen mit ca. 6.600 t Braunkohlenbriketts abgeschätzt.

Die Anteile der einzelnen Energieträger sind aus Tabelle 4-1 bzw. Bild 4-2 ersichtlich.

	2004		2007	
	Endenergie MWh/Jahr	**Anteil %**	**Endenergie MWh/Jahr**	**Anteil %**
Kraftstoffe	**1.189.300**	**38,5**	**1.088.209**	**38,0**
Erdgas	**1.106.791**	**35,8**	**922.363**	**32,2**
Strom *	**419.398**	**13,6**	**427.786**	**14,9**
Heizöl	**167.839**	**5,4**	**241.820**	**8,4**
Flüssiggas	**167.839**	**5,4**	**154.563**	**5,4**
Kohle	**36.234**	**1,2**	**28.000**	**1,1**
Summe	**3.087.401**	**100,0**	**2.862.741**	**100,0**

Tabelle 4-1: Endenergieverbrauch der fossilen Energieträger im Ilm-Kreis 2004 und 2007
* Der in Wasserkraft- und Photovoltaikanlagen im Ilm-Kreis erzeugte und in das Netz der Energieversorger (E.ON, 2 Stadtwerke) eingespeiste Stromanteil beträgt ca. 974 MWh bzw. 0,2% des insgesamt verbrauchten Stromes (Kapitel 5.3.6).

Für das Jahr 2004 errechnete sich der **Verbrauch fossiler Endenergie für den Ilm-Kreis mit 3.087 GWh.**

Der **Kraftstoffverbrauch** der Fahrzeuge hat den größten Anteil mit **1.189.300 MWh** (38,5 %). Danach folgt der Anteil des leitungsgebundenen **Erdgases mit 1.106.791 MWh** (35,8 %). Es ist hier zu vermerken, dass in 51 von 102 Orten oder Ortsteilen kein Erdgas

vorhanden ist und deshalb Heizöl- und Flüssiggasanlagen den Bedarf decken. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass Heizöl- und Flüssiggasanlagen je zur Hälfte installiert wurden.
Bezüglich des Energieverbrauchs durch Kraftstoffe muss berücksichtigt werden, dass ein Teil der Kraftstoffe außerhalb des Landkreises getankt und auch verbraucht wird.

Der **Strombezug** hat einen Anteil von **419.398 MWh** (13,6 %). Der **Heizölanteil** beträgt ca. **167.839 MWh** und der **Flüssiggasanteil** ca. **167.839 MWh**. Der Energieträger **Kohle** hat einen Anteil von **36.234 MWh**.

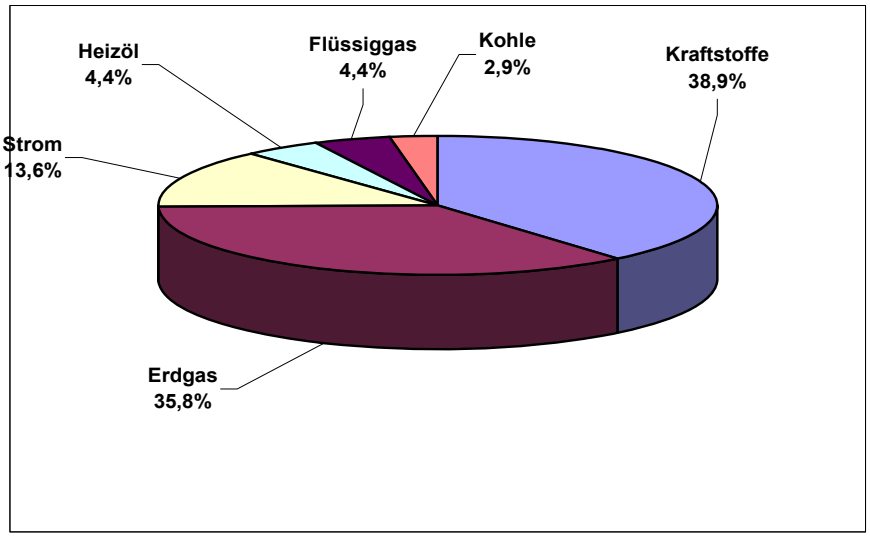


Bild 4-2: Prozentuale Verteilung der fossilen Endenergieträger im Ilm-Kreis 2004

Kenngröße: Fossiler Endenergieverbrauch 2004 je Einwohner und Jahr: **26,1 MWh**

Zusätzlich zu den fossilen Energien sind **Erneuerbare Energien in Höhe von 56.701 MWh** im Ilm-Kreis erzeugt und verbraucht worden. Der größte Anteil mit 55.727 MWh wurde als Wärme und Kraftstoff genutzt. Der Stromanteil betrug 974 MWh.
Näheres: Kapitel 5.3 bzw. 5.3.6

4.2.2 Ausgangssituation bei energiebedingten CO_2-Emissionen

Das Treibhausgas CO_2 besitzt für den Klimawandel die größte Bedeutung. Seine Freisetzung ist vorrangig mit der Nutzung fossiler Energieträger zur Deckung des Energiebedarfs verbunden. Aussagen zum Klimaschutz in dieser Arbeit beziehen sich deshalb vorrangig auf die CO_2-Emissionen und deren Minderungspotentiale. In einzelnen Bereichen wird bei Vorliegen entsprechender Daten auch auf andere Treibhausgase eingegangen.

Die Anteile der einzelnen Energieträger sind aus der Tabelle 4-2 bzw. Bild 4-3 zu ersehen. Die Berechnung der CO_2-Emissionen erfolgte unter Verwendung der jeweiligen **Emissionsfaktoren** /17/ aus den Energiewerten der Tabelle 4-1, die ebenfalls in der Tabelle 4-2 enthalten sind.

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass der überwiegende Anteil des Stromes nicht im Ilm-Kreis erzeugt wird und damit hier auch nicht die mit seiner Erzeugung verbundenen Emissionen anfallen. Dennoch ist es üblich, diese Emissionen dort anzurechnen, wo der entsprechende Energieträger zum Einsatz kommt.

Nicht berücksichtigt wurden an dieser Stelle die Stromanteile, die aus Erneuerbaren Energien im Ilm-Kreis gewonnen werden, d.h. vorrangig aus Wasserkraft, Photovoltaik und nachwachsenden Energieträgern für BHKW und das Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau, BHI. Ausführungen dazu sind im Kapitel 5.3 zu finden.

	2004				2007			
	Endenergie	Emissions-faktoren	CO_2-Emission	Anteil	Endenergie	Emissions-faktoren	CO2-Emission	Anteil
	MWh/a	kg CO_2 /kWh	t/a	%	MWh/a	kg CO2 /kWh	t/a	%
Kraftstoffe	1.189.300	* 0,262	311.597	34,0	1.088.209	* 0,262	285.111	33,5
Erdgas	1.106.791	0,200	221.358	24,2	922.363	0,202	186.317	21,9
Strom	419.398	0,683	286.449	31,3	427.786	0,628	268.650	31,6
Heizöl	167.839	0,262	43.974	4,8	241.820	0,262	63.357	7,5
Flüssiggas	167.839	0,232	38.939	4,3	154.563	0,234	36.168	4,3
Kohle	36.234	0,352	12.754	1,4	28.000	0,361	10.108	1,2
Summen:	3.087.401		915.071	100,0	2.862.741		849.711	100,0

Tabelle 4-2: CO_2-Emissionen berechnet für die fossilen Endenergieträger im Ilm-Kreis 2004 und 2007

* gewichteter Mittelwert für die Anteile Benzin, Diesel

Die CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis beliefen sich 2004 auf 915.071 t.

Den Hauptanteil der Emissionen liefern die **Kraftstoffe mit 311.597 t (34,0 %).** Danach folgen die **strombedingten CO_2-Emissionen mit 286.449 t.** (Anrechnungsanteil entsprechend Deutschem Kraftwerksmix).

Für den Wärmemarkt im Landkreis werden die **CO_2-Emissionen des Gaseinsatzes mit 221.358 t** (24,2 %), für den **Heizöleinsatz mit 43.974 t** (4,8 %) und den **Flüssiggaseinsatz mit 38.939 t** (4,3 %) ausgewiesen.

Die CO_2-Emissionen aus dem **Kohleeinsatz liegen bei 12.754 t** (1,4 %).

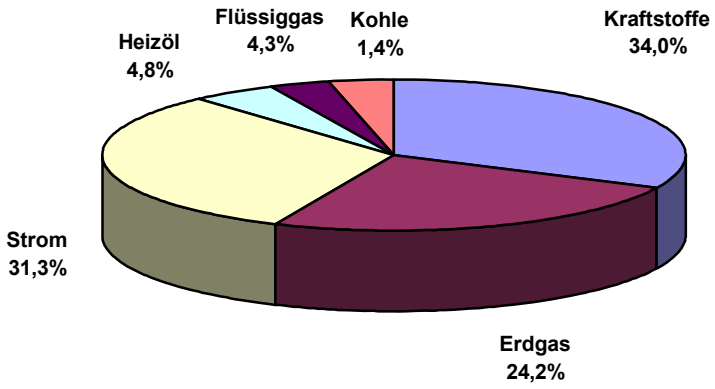


Bild 4-3: Verteilung der CO_2-Emissionen der fossilen Endenergieträger im Ilm-Kreis 2004

Kenngröße: CO_2-Emissionen 2004 je Einwohner und Jahr: **7,75 t CO_2**

4.3 Situation in den Folgejahren 2005 bis 2007

Elektroenergieverbrauch in kWh, gesamt	E.ON Thür. Energie	SW IL, Netze	SW ARN, Netze
2005		125.872.211	
2006		134.276.000	121.615.144
2007		133.599.962	135.520.597

Erdgasverbrauch in kWh, insgesamt	E.ON Thür. Energie	SW IL, Netze	SW ARN, Netze
2005		346.329.643	
2006 1.177.519.641	579.756.134	300.819.315	296.944.192
2007 1.005.160.556	524.997.433	236.812.771	243.350.352

Erdgasverbrauch an Erdgastankstellen in kWh	E.ON Thür. Energie	SW IL, Netze	SW ARN, Netze
2005		424.731	
2006		653.169	5.361.861
2007		994.459	5.623.080

Tabelle 4-3: Energieverbrauche Elektroenergie und Erdgas im Ilm-Kreis
Trotz wiederholter Nachfrage war es nicht möglich die entsprechenden Daten von der E.ON AG bzw. der TEN AG zu erhalten.

5 Handlungsfelder und Potenziale für Klimaschutzmaßnahmen im Ilm-Kreis

Eine sparsame und umweltverträgliche Energieverwendung gewinnt wegen der Klimaproblematik und der Endlichkeit fossiler Energieträger immer stärker an Bedeutung. Dabei stellt das Energiesparen zweifellos die wirtschaftlichste und umfassendste Option dar. Erhöht sie doch zugleich die Versorgungssicherheit und stärkt die Wettbewerbs- sowie Leistungsfähigkeit der Wirtschaft, denn jede nicht verbrauchte Energieeinheit mindert die Kostenseite bei allen Verbrauchern: privaten, gewerblichen, institutionellen.

In diesem Kapitel werden Handlungsfelder beschrieben, die Einfluss haben auf die Minderungspotentiale des Treibhausgases CO_2, einerseits bedingt durch einen reduzierten Einsatz von Energie (Einsparpotential) bzw. deren rationeller Verwendung und andererseits durch die schrittweise Ablösung fossiler Energieträger und die verstärkten Nutzung Erneuerbarer Energien (CO_2-neutral).

Für die Methodik der nachfolgenden Betrachtungen wurde von folgenden Festlegungen ausgegangen:

- Basis für die berechneten Emissionswerte bilden die Endenergieverbräuche (**Verursachermodell** auch als Verbrauchermodell bezeichnet). Die gesamten CO_2-Emissionen werden ausschließlich auf die Endverbraucher umgelegt.
- Vorgelagerte Prozessketten wurden im Fall des Strombezugs aus dem überregionalen Stromnetz berücksichtigt und die **Emissionen der Stromerzeugung** entsprechend dem Kraftwerksmix **dem Landkreis zugerechnet**.
- Die **Bilanzierung der Verkehrsströme** erfolgte auf Grundlage des Kfz-Bestandes und der durchschnittlichen Jahresfahrleistungen. Durchgangs- und Schienenverkehr wurden nicht berücksichtigt.

In den einzelnen Handlungsfeldern der Kapitel unter 5.1 werden zunächst Details der Wandlung der fossilen Energieträger in Endenergie und ihrer weiteren Verwendung behandelt. Die Energieverbrauche im **Bezugsjahr 2004** wurden zusammengestellt und daraus unter Beachtung der Emissionskennzahlen der unterschiedlichen Energieträger (Strom, Erdgas, Heizöl, Kraftstoff) die **CO_2-Emissionen berechnet**.
Ausgehend von zukünftigen technisch-technologischen Veränderungen bei der Energiewandlung und unter Einbeziehung von Energiesparmöglichkeiten wurden die Entwicklungen im Energieverbrauch für die Zeit bis 2015 abgeschätzt und das mögliche **Einsparpotenzial** für die Jahre 2005 bis 2015 fossiler Energieträger ermittelt. Dies wiederum bildete die Voraussetzung für die Vorhersage des **Minderungsziels der CO_2-Emissionen**, die in den Jahren 2005, 2010 und 2015 entsprechend den getroffenen Annahmen zu erwarten sind. Es wurde auch die **Summe der CO_2-Einsparungen** im Zeitraum 2005 bis 2015 angegeben.

Die anzustrebenden Minderungsziele für das Jahr 2015 und die dafür notwendigen Maßnahmen wurden zusammen mit den Ausgangswerten des Jahres 2004 am Schluss jedes Teilkapitels in einer Tabelle zusammengefasst.
Letzteres trifft auch sinngemäß für die Kapitel 5.2 Verkehr, 5.3 Erneuerbare Energien und 5.4 nichtenergiebedingte Bereiche zu.

In der vorliegenden Fortschreibung wurden die Ist-Werte für 2007 ermittelt und den Werten von 2005 gegenübergestellt.

5.1 Handlungsfelder bei den Rationellen Energieanwendungen

5.1.1 HF 01, Wärmeschutzmaßnahmen an Wohngebäuden

5.1.1.1 Einleitung

Die **Einsparung von Energie** ist heute die sicherste und produktivste Art des Klimaschutzes. Durch Verbesserung der Wärmedämmung kann der Energieverbrauch von Gebäuden reduziert werden. Wärmedämmung ist vergleichsweise billig und lässt sich ohne strukturelle Änderungen realisieren. Der **effizienten Energienutzung** kommt eine Schlüsselrolle bei der Lösung des Klimaproblems zu.

80% der eingesetzten Endenergie bei den privaten Haushalten und 50% des gesamten Endenergieverbrauchs werden für die Beheizung der Wohngebäude aufgewendet. Im Altbaubestand sind erhebliche **Einsparpotenziale** vorhanden. Mit den heute auf dem deutschen Markt verfügbaren Techniken zur Verbesserung des Wärmeschutzes bei bestehenden Gebäuden ist ein Einsparpotenzial von 70 % erschließbar.

Die Einsparpotenziale sind mit einem vertretbaren wirtschaftlichen Aufwand vorteilhaft dann zu erschließen, wenn die sonstigen baulichen Sanierungsmaßnahmen an die üblichen Erneuerungszyklen der jeweiligen Bauteile gekoppelt werden (Dach, Außenputz. Fenster, Heizungsanlage, Elektroanlage, Sanitärtechnik usw.).

Der Ilm-Kreis hat sich der Kampagne des Bundesumweltministeriums „Klima sucht Schutz“ im Jahr 2005 angeschlossen. Um den Bürgern eine Unterstützung zur Senkung des Energieverbrauchs und der Heizkosten ihrer Wohnungen zu geben, wurde der **„Ilm-Kreis Heizspiegel“** herausgegeben und in großer Stückzahl im Landkreis verteilt sowie in öffentlichen Einrichtungen ausgelegt.

Wärmedämmung ist umso wirkungsvoller, je geringer die Wärmeleitfähigkeit der Baustoffe ist. Geeignet ist eine breite Palette von Dämmstoffen, z.B. aus Mineralfasern, Polystyrol-Hartschaum, extrudiertes Polystyrol und Polyethan, Schaumglas, Holzfaserplatten, Blähperlite, Zellulosedämmstoffe und für bestimmte Anwendungen auch Wolle-, Baumwolle-, Flachsdämmstoffe. Mit ihrer Hilfe lassen sich die Wärmeverluste durch Außenwände, Decken und Dächer beträchtlich senken. Besonders wichtig ist die Vermeidung und Verringerung von Wärmebrücken, den Störstellen der gedämmten Gebäudehülle.

Der Heizwärmebedarf eines Gebäudes wird bezogen auf einen Quadratmeter Wohnfläche angegeben in Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr: kWh/ m² a.

Der Heizwärmebedarf gibt die bezogene Wärmemenge an, die dem Gebäude zugeführt werden muss, um die Bilanz der Wärmeverluste sowie der solaren und internen Wärmegewinne auszugleichen und somit eine behagliche Innentemperatur zu erreichen. Der Heizwärmebedarf hängt nur vom Wärmeschutzstandard des Gebäudes ab und ist unabhängig vom Heizungssystem. Im Rahmen der ab 1982 in Deutschland eingeführten Wärmeschutzverordnungen, WschVo, bzw. der ab 2002 eingeführten Energieeinsparverordnung, EnEV, gelten folgende Werte:

Standard	Heizwärmebedarf
	kWh/m²a
WschVo 1982	120 – 180
WschVo 1995	80 – 120
EnEV 2007 Niedrigenergiehaus KfW-60 KfW-40	 < 70 < 60 < 40
Passivhaus	< 15

Tabelle 5-1: Zusammenhang von Wärmeschutzverordnungen und Heizwärmebedarf /18/

Der **Heizenergiekennwert** beschreibt dagegen die **Endenergiemenge**, die erforderlich ist, um ausschließlich den Heizwärmebedarf zu decken. Er bezieht sich auf die erforderlichen Mengen an Brennstoffen Kohle, Heizöl, Gas, Strom oder Fernwärme. Der Heizenergiekennwert schließt die Verluste bei der Heizwärmebereitstellung mit ein.

Ab 01.01.2009 trat das **Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz** (kurz: EEWärmeG) in Kraft, das am 6. Juni 2008 vom Deutschen Bundestag beschlossen wurde /3-neu/. Ziel des Gesetzes ist, den Anteil Erneuerbarer Energien im Wärmebereich bis 2020 von derzeit sechs auf dann 14 % zu erhöhen. Dies soll mittels dieser Regelung gelingen, die bei Neubauten den Einsatz entsprechender Anlagen verpflichtend vorschreibt.

Mit der Energieeinsparverordnung 2007 (EnEV) /19/ wurde die gesetzliche Grundlage geschaffen, wonach der **Energieausweis** landesrechtlich als Bauvorlage für den energiesparrechtlichen Nachweis bindend ist. Er führt vorwiegend zu mehr Transparenz im gebäudespezifischen Energieverbrauch auf dem Wohnungsmarkt. Es ist vorgesehen, dass mit der EnEV 2009 die energetischen Anforderungen im Gebäudebereich um 30 Prozent verschärft werden, wobei bis 2012 wieder eine Verschärfung um weitere 30 Prozent vorgesehen ist.

5.1.1.2 Wohnungsbestand im Ilm-Kreis 2004 und 2007

Im Jahr 2004 umfasste der Wohngebäudebestand im Ilm-Kreis **26.292 Wohngebäude** mit **59.866 Wohnungen** und einer **Wohnungsfläche** von **4.495.936 m².** Zum 31.12.2007 umfasste der Wohngebäudebestand im Ilm-Kreis **26.634 Wohngebäude** mit **59.748 Wohnungen** und einer **Wohnungsfläche** von **4.536.200 m².** Die Wohngebäude unterteilen sich in Gebäude

	2004	2007
mit 1 Wohnung:	14.715	15.026
mit 2 Wohnungen:	7.187	7.242
mit 3 und mehr Wohnungen:	4.390	4.366

Entsprechend den Angaben des Thüringer Landesamtes für Statistik lag in 2004 die Wohnfläche pro Wohnung im Durchschnitt bei 75,1 m² bzw. pro Einwohner bei 38,1 m², während sich diese Durchschnittswerte zum Jahr 2007 auf 75,9 m² Wohnfläche pro Wohnung und 39,6 m² pro Einwohner erhöhten /20/.

5.1.1.3 Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften

Durch die Modernisierungsmaßnahmen der Wohnblöcke und Wohnungen der acht großen Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften im Ilm-Kreis in den 90er Jahren wurde eine Senkung des Raumwärmebedarfs erreicht. Der Grad der Gebäudesanierung reicht von ca. 40% bis 100% bei den einzelnen Trägern. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Maßnahmen zu Einsparungen von bis zu 50 % der Heizenergie führten.
Der gesamte Gebäudebestand umfasst 15.540 Wohneinheiten (WE), welche sich aus Altbausubstanz mit Baujahr vor 1949 sowie mit Neubauten, die nach 1949 errichtet wurden, zusammensetzt und sich auf die Orte Arnstadt, Plaue, Ichtershausen, Stadtilm, Gräfenroda, Ilmenau, Langewiesen, Gehren, Stützerbach und Schmiedefeld beschränkt.
Der Gebäudebestand entspricht 19,4% des gesamten Wohnungsbestandes im Ilm-Kreis.

Folgende Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften befinden sich im Ilm-Kreis:

- **Vereinigte Wohnungsgenossenschaft 1954 e.G. Arnstadt**
- **Wohnungsgenossenschaft e.G. Stadtilm**
- **Wohnungsbaugesellschaft Arnstadt mbH**
- **Wohnungsbaugesellschaft mbH Ichtershausen**
- **Wohnungsgesellschaft mbH Stadtilm**
- **Wohnungsbaugenossenschaft Ilmenau/Thüringen e.G.**
- **Ilmenauer Wohnungs- und Gebäudegesellschaft mbH**
- **Wohnungsgenossenschaft e.G. Großbreitenbach**

	2004			2007		
Träger	WE	Wohnfläche [m²]	Ø-Größe [m²/WE]	WE	Wohnfläche [m²]	Ø-Größe [m²/WE]
WBG Arnstadt	4.179	227.687	54,48	4.032	220.422	54,67
VWG Arnstadt	3.303	184.611	55,89	3.706	208.284	56,20
WBG Ichtershausen	413	24.402	59,08	409	24.148	59,04
WBG Ilmenau	3.725	212.433	57,03	3.688	210.803	57,16
IWG Ilmenau	3.250	187.000	57,54	3.214	176.419	54,89
WG Stadtilm	417	23.356	56,01	401	22.227	55,43
WG Großbreitenbach	253	14.288	56,47	253	14.288	56,47
Summe	15.540	873.777	56,23	15.703	876.591	55,82

Tabelle 5-2: Wohneinheiten sowie Wohnflächen der Wohnungsgesellschaften und -genossenschaften im Ilm-Kreis /21, 22, 23, 24, 25/

Damit werden in 2007 etwa 19,32 % der Wohnfläche des Ilm-Kreises durch kommunale oder genossenschaftliche Wohnungsunternehmen verwaltet.

Die Recherchen ergaben, dass im Jahr 2004 ca. 60% der Gesamtwohnungsfläche von 873.777 m^2 saniert waren. Von einem Ausgangswert des Heizwärmebedarfs von 170 kWh/m²a ausgehend, wurde damit im Sanierungsfall gemäß der Wärmeschutzverordnung von 1995 ein Wert von 120 kWh/m²a erreicht.

Bezogen auf den Energieträger Erdgas errechnete sich damit für das Jahr 2004 die **Einsparung an CO_2 von 5.231 t.**

Auf Basis der Erkenntnisse von 2004 ist für den restlichen Wohnungsbestand mit einer Wohnungsfläche von 348.732 m^2 durch nachfolgende Wärmedämmungen in den nächsten Jahren noch ein **Einsparpotenzial von 3.490 t CO_2** jährlich zu erreichen.

Der Sanierungsgrad der Wohnungen im Ilm-Kreis hat sich in den Jahren 2005 bis 2007 weiter erhöht. Dies belegen die Investitionen von mehr als 11,64 Mio. € in den Wohnungsgesellschaften des Ilm-Kreises, die in dieser Zeit vor allem in die energetische Sanierung der Gebäude und die Modernisierung der Heizungsanlagen geflossen sind. Eine Abschätzung des Sanierungsgrades zum Zeitpunkt 12/2007 ist wegen der fehlenden Daten objektiv nicht möglich; aufgrund der verbalen Angaben der Wohnungsgesellschaften kann ein Sanierungsgrad von etwa 80 % bei den Wohnungsgesellschaften angenommen werden.

5.1.1.4 Wohnungsbaugesellschaft Arnstadt /25/

Für die Wohnungsbaugesellschaft Arnstadt mbH, WBG, können beispielhaft Angaben zur Struktur der einzelnen Heizungsarten und Aussagen zur Energieeinsparung infolge von Sanierungsmaßnahmen an Wohngebäuden gemacht werden.

Die WBG ist ein kommunales Unternehmen der Stadt Arnstadt. Sie hat sich seit 1990 erfolgreich zu einem der größten Wohnungsanbieter und Dienstleister auf dem wohnungswirtschaftlichen Markt der Stadt Arnstadt profiliert. Der Wohnungsbestand setzte sich per 31.12.2005 zusammen aus

4.179 Wohnungseinheiten mit
227.687 m^2 Wohnungsfläche.

Von der WBG wurden Daten zur Verfügung gestellt, die einen Einblick in die Struktur der Heizungsanlagen gestattet.

Heizungsart	2004		2007	
	WE	Wohnfläche m²	WE	Wohnfläche m²
gaszentralbeheizte WE	674	39.427	661	38.439
fernwärmebeheizte WE	2.886	151.997	2.783	149.152
individuelle Einzelheizung	619	36.263	588	32.831
davon:				
Gas-Etagenheizung	*111*	*8.447*	*111*	*6.501*
Ofenheizung	*508*	*27.816*	*477*	*26.330*
Summen:	**4.179**	**227.687**	**4.032**	**220.422**

Tabelle 5-3: Heizungsarten und damit beheizte Wohnflächen im Bereich der WBG Arnstadt

Energieorientierte Sanierungsmaßnahmen (Wärmedämmung, Fenster, Heizung) erbrachten von 1994 bis 2004 eine Heizenergieeinsparung von kumulativ 7.556 MWh. Der Investitionsaufwand betrug 2,814 Mio. Euro. Im gleichen Zeitraum wurde bei der Fernwärmeversorgung ein Rückgang der Heizungsenergie um 5.965 MWh erreicht.

Die CO_2-Minderung für den Zeitraum 1994 bis 2004 errechnete sich zu:

7,556 GWh x 200t CO_2 / GWh = 1.511 t CO_2

Aus der Tabelle 5-3 ist ersichtlich, dass sich der Wohnungsbestand in den Jahren 2005 bis 2007 um 147 Wohneinheiten und dementsprechend um 7.265 m² verringerte. Der Rückgang ist – wie bei vielen Wohnungsunternehmen – auf Rückbau, Umbau und auch Veräußerung zurückzuführen. Die im Zeitraum 2005 bis 2007 durchgeführten Sanierungsmaßnahmen (Wärmedämmung, Fenster, Heizung) in Höhe von mehr als 1,262 Mio. € bedeuten aber auf der anderen Seite eine Reduzierung der CO_2-Emissionen um etwa 170 t CO_2/a.

5.1.1.5 Privathaushalte

Umfassende und nachhaltige energetische Modernisierungen des Wohngebäudebestandes sind im Bereich der Privathaushalte erforderlich. Eine Schlüsselrolle für CO_2-Minderungen besteht bei Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern, wo noch ein erheblicher Nachholbedarf besteht.
Die **14.715 Einfamilienhäuser** (56 %) und **7.187 Zweifamilienhäuser** (27 %) stellen im Ilm-Kreis im Jahr 2004 rund 83 % des gesamten Wohngebäudebestandes dar /20/.
In 2007 sind 15.026 Einfamilienhäuser (56,4 %) und 7.242 Zweifamilienhäuser (27,2 %) statistisch erfasst und stellen damit rund 83,6 % des gesamten Wohnungsbestandes des Ilm-Kreises dar /20/.

Im Ilm-Kreis gab es im Jahre 2004 in Wohngebäuden laut des Thüringer Landesamtes für Statistik **59.866 Wohnungen** mit einer **Wohnfläche von 4.498.800 m².** Daraus ergibt sich die mittlere **Wohnfläche von 75,1 m² pro Wohneinheit** und entspricht sehr genau dem Durchschnitt in Thüringen /20/.
Dagegen gab es im Ilm-Kreis im Jahre 2007 in Wohngebäuden laut des Thüringer Landesamtes für Statistik **59.748 Wohnungen** mit einer **Wohnfläche von 4.536.200 m².** Daraus ergibt sich die mittlere **Wohnfläche von 75,9 m² pro Wohneinheit**; sie ist etwas niedriger als der Durchschnitt in Thüringen mit 76,8 m² /20/.

Die Gebäudealtersstruktur des Ilm-Kreises ist in Anlehnung an die im Jahr 2002 ermittelte Gebäudealtersstruktur der Neuen Bundesländer (NBL) in Tabelle 5-4 für das Jahr 2004 dargestellt. Für die Hochrechnung der prozentualen WE-Anteile 2004 im Ilm-Kreis wurde bei den Baufertigstellungen ab dem Jahr 2000 ein höherer Anteil (3,5%) angesetzt und die Minderung der Anteile dem Zeitraum 1991-2000 zugeordnet.

Für das Jahr 2007 wurde bei der Hochrechnung der prozentualen WE-Anteile im Ilm-Kreis bei den Baufertigstellungen ab dem Jahr 2000 ein höherer Anteil (4,0%) angesetzt und die Minderung der Anteile neben dem Zeitraum 1991-2000 auch dem Zeitraum 1979 – 1986 wegen der in den DDR-Neubaugebieten erfolgten Rückbauten zugeordnet.

	2004				2007			
Zeitraum	**NBL**	**IK**	**WE**	**Wohnfl.**	**NBL**	**IK**	**WE**	**Wohnfl.**
	%	**%**		**m²**	**%**	**%**		**m²**
bis 1945	41,3	41,3	24.725	1.858.030	41,3	41,3	24.676	1.873.456
1946-1978	27,7	27,7	16.582	1.246.101	27,7	27,7	16.550	1.256.512
1979-1986	12,2	12,2	7.304	548.880	12,2	11,7	6.991	530.772
1987-1990	4,2	4,2	2.514	188.922	4,2	4,2	2.509	190.489
1991-2000	13,9	11,1	6.638	498.831	13,9	11,1	6.632	503.516
ab 2000	0,7	3,5	2.103	158.036	0,7	4,0	2.390	181.455
Gesamt	**100,0**	**100,0**	**59.866**	**4.498.800**	**100,0**	**100,0**	**59.748**	**4.536.200**

Tabelle 5-4: Altersstruktur der Wohnungseinheiten in Wohngebäuden im Ilm-Kreis, Bezugsjahre 2004 und 2007

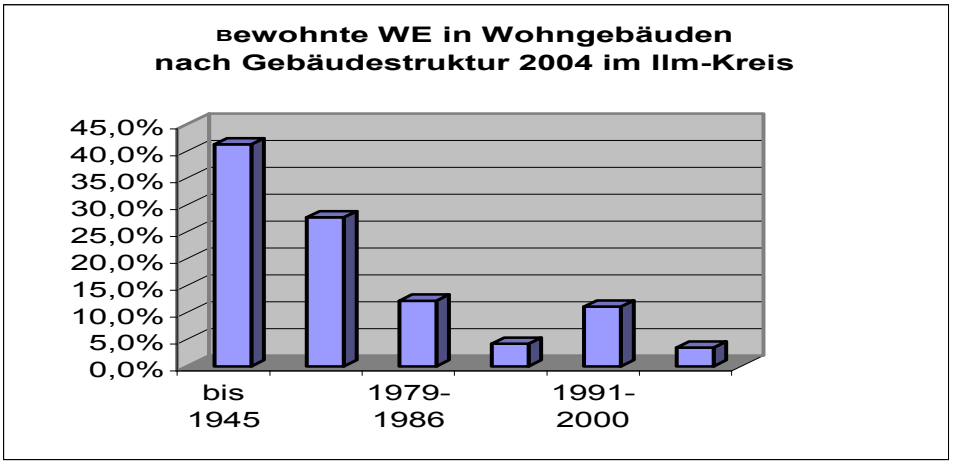


Bild 5-1: Prozentuale Altersstruktur der Wohnungseinheiten im Ilm-Kreis, Bezugsjahr 2004

Auf die Darstellung der prozentualen Altersstruktur der Wohnungseinheiten für das Bezugsjahr 2007 analog Bild 5-1 für 2004 soll hier verzichtet werden.

Das spezifisch größte Energieeinsparpotenzial lässt sich bei den Gebäuden bis Baujahr 1960 realisieren und solchen Gebäuden, die in den ersten 25 Nachkriegsjahren errichtet wurden.

Trotz wirtschaftlich günstig erschließbarer Potenziale gibt es in der Bundesrepublik Deutschland wie auch im Ilm-Kreis einen Sanierungsstau bei der Wärmedämmung von Altbauten.

Mit der Anfang 2002 in Kraft getretenen Energieeinsparverordnung (EnEV), die bei der Renovierung von Altbauten von wärmetechnischen Mindeststandards für die sanierten Bauteile verbindlich vorschreibt, wird im Verbund mit verschiedenen Förderprogrammen (z.B. Kreditprogramm der KfW für Gebäudesanierung) der Versuch unternommen, dieses Minderungspotenzial an CO_2-Emissionen teilweise auszuschöpfen.
Die Anforderungen an die Wärmeschutzmaßnahmen haben sich aber damit erheblich erhöht (70 kWh/m²). Das bedeutet, dass bei einer vollständigen Sanierung des heute noch nicht sanierten Bestandes an Wohngebäuden sich der Mittelwert des Heizwärmebedarfs in Deutschland auf 70 kWh/m² a verringern muss.

5.1.1.6 Potenzialabschätzung für den Wärmebedarf und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

In der Tabelle 5-5 wurde der Versuch unternommen, ausgehend von der Gesamtwohnfläche im Ilm-Kreis und unter Berücksichtigung der sanierten Gebäude der Wohnungs-gesellschaften, der Altbauten sowie der Neubauten, das technische Potenzial für noch ausstehende Sanierungen aus Sicht des Jahres 2005 zu berechnen.

WF, m²	Wohnflächen	WF, %
4.498.800	Gesamtwohnfläche Ilm-Kreis	100,0%
-523.098	WF Gesellschaften und Genossenschaften (saniert)	11,6%
-224.940	WF Altbauten (saniert)	5,0%
-656.867	WF der Neubauten	14,6%
3.093.895	WF-Technisches Potenzial, 2004	68,8%
-494.868	wirtschaftliches Potenzial für die Jahre 2005-2015	11,0%
2.599.027	WF unsaniert: Ende 2015	57,8%

Tabelle 5-5/2005: Ermittlung des nutzbaren technischen Potenzials unsanierter Wohnungen im Ilm-Kreis, Bezugsjahr 2004

Die Energiepreissteigerungen und die wesentliche Verbesserung der Förderprogramme führten in den letzten Jahren zu einem wesentlichen Sanierungsschub.

Bei den Wohnungsbaugenossenschaften und –gesellschaften ist per 31.12.2007 von einem Sanierungsgrad von mindestens 80 % der Wohnflächen auszugehen, d. h. dass von den 876.591 m² Wohnfläche per 31.12.2007 etwa 700.000 m² saniert sind.

Setzt man das gleiche Sanierungsverhalten bei den privaten Altbauten an, so ist von mindestens 10 % der Wohnfläche auszugehen, die per 12/2007 saniert sind. Dies sind insgesamt ca. 450.000 m².

Nimmt man den gleichen Sanierungsgrad wie in den letzten Jahren auch für den Zeitraum bis 2015 an, so kann man von 75.000 m² sanierter Wohnfläche pro Jahr ausgehen. Für den Zeitraum bis 2015 bedeutet dies ein Technisches Potenzial von 600.000 m².

WF, m²	Wohnflächen	WF, %
3.093.895	WF, unsaniert per 31.12.2004	68,2%
-176.902	WF Gesell- u. Genossenschaften (saniert ´05 - ´07)	3,9%
-225.060	WF Altbauten (saniert 2005 - 2007)	5,0%
2.691.933	WF-Technisches Potenzial (unsaniert per 31.12.2007)	59,3%
-600.000	wirtschaftliches Potenzial für die Jahre 2008-2015	13,2%
~2.092.000	WF unsaniert: Ende 2015	46,1%

Tabelle 5-5/2008: Ermittlung des nutzbaren technischen Potenzials unsanierter Wohnungen im Ilm-Kreis, Bezugsjahr 2007

Der in der letzten Spalte ausgewiesene Flächenanteil bezieht sich auf den Wohnungsbestand zum 31.12.2007 in Höhe von 4.536.200 m².

Im **Klimaschutzprogramm 2005** wurde für die Abschätzung des CO_2-Einsparpotenzials durch zukünftige Wärmedämmungsmaßnahmen von folgendem Ansatz ausgegangen:

- betrachteter Zeitraum: 2005-2015
- Sanierungsumfang: 16% des technisch nutzbaren Potenzials bzw. 11% des Gesamtwohnungsbestandes

Insgesamt könnten 494.868 m² Wohnfläche im Altbaubestand saniert werden, d.h. 44.988 m² WF pro Jahr. Dazu müssten als Beispiel im Ilm-Kreis jährlich 182 Gebäude verschiedener Gebäudeklassen mit Wärmedämmung entsprechend EnEV- Standard gedämmt werden, Tabelle 5-6.
An unsaniertem Bestand verbleiben dann 2.599.027 m² WF ab dem Jahr 2016. Das sind 57,8 % der Wohnfläche im Ilm-Kreis.
Hier ist anzunehmen, dass die Sanierungsgeschwindigkeit sich zukünftig vergrößern wird, da die Energiepreise für Erdgas und Heizöl dann noch stärkere Anregungen geben werden.

100 EFH	1 WE	120 m² WF	12.000 m² WF
50 ZFH	2 WE	240 m² WF	12.000 m² WF
20 MFH	4 WE	300 m² WF	6.000 m² WF
10 MFH	8 WE	600 m² WF	6.000 m² WF
2 WBK	60 WE	4.500 m² WF	9.000 m² WF
182 Gebäude			**45.000 m² WF**

Tabelle 5-6: Aufteilung der von 2005-2015 zu sanierenden Wohnfläche auf Wohngebäude unterschiedlicher Gebäudeklassen (WBK: Wohnblock)

Für die sanierten bzw. nach 1990 neu errichteten Gebäude berechnet sich der Wärmebedarf mit den mittleren Werten des spezifischen Heizwärmebedarfs für die einzelnen Gebäudekategorien entsprechend Tabelle 5-7.

WF, m²	kWh/m²	MWh	GWh	Wohnflächen	%
523.098	**120**	**62.771,76**	**62,8**	**WF WBG (saniert)**	**11,6%**
656.867	**100**	**65.686,7**	**65,7**	**WF der Neubauten**	**14,6%**
224.940	**120**	**26.992,8**	**27,0**	**WF Altbauten (saniert)**	**5,0%**
1.404.905		**155.451,26**	**155,5**	**WF saniert von 1990-2004**	**31,2%**

Tabelle 5-7/2004: Berechnung des Wärmebedarfs für sanierte Gebäude bzw. Neubauten, Bezugsjahr 2004

Der spezifische Heizwärmebedarf wurde unter Beachtung der gültigen Wärmeschutzverordnungen angesetzt. Die von 1990-2004 sanierten bzw. neu errichteten Gebäude haben eine gesamte Wohnfläche von 1.404.905 m². Damit wurde ein Sanierungsstand von 31,2% im Ilm-Kreis erreicht. Der Wärmebedarf dieser Gebäude beträgt rechnerisch 155.451 MWh.

Zusammen mit dem Wärmebedarf der noch unsanierten Wohnungen (= technisches Potenzial) und dem Bedarf der sanierten Einheiten lässt sich der Heizwärmebedarf des gesamten Wohnungsbestandes im Ilm-Kreis für das Jahr 2004 angeben.

WF, m²	kWh/m²	MWh	GWh	Wohnflächen	%
3.093.895	250	773.473,75	773,5	WF-Technisches Potenzial	68,8%
1.404.905		155.451,26	155,5	WF saniert von 1990-2004	31,2%
4.498.800		928.925,01	929,0	WF Stand 2004	100,0%

Tabelle 5-8/2004: Berechnung des Heizwärmebedarfs aller Wohngebäude im Ilm-Kreis, Bezugsjahr 2004

Der **Heizwärmebedarf** des Wohnungsbestandes im Jahr 2004 kann mit **929 GWh** abgeschätzt werden.

Aus dem Heizwärmebedarf des Jahres 2004 errechnen sich bezogen auf den Energieträger Erdgas die **CO_2-Emissionen aller Wohngebäude** zu

928,925 GWh x 200 t CO_2 / GWh = 185.785 t CO_2.

Unter Berücksichtigung der Energieeinsparung der entsprechend den getroffenen Annahmen bis 2015 zu sanierenden Wohneinheiten kann der zukünftige Heizwärmebedarf abgeschätzt werden, Tabelle 5-9.
Der spezifische Heizwärmebedarf der auch dann noch unsanierten Wohnungen wird unverändert mit 250 kWh/m² a angenommen. Die bis 2004 sanierten Wohneinheiten werden gemäß den Berechnungen in Tabelle 5-7 einbezogen. Für die in den Jahren 2005-2015 zu sanierenden Wohnungen wird der spezifische Heizwärmebedarf der derzeit gültigen Wärmeschutzverordnung mit 70 kWh/m² a verwendet.

WF, m²	KWh/m²	MWh	GWh	Wohnflächen	%
2.599.027	250	649.039,75	649,7	WF unsaniert 2015	57,8%
1.404.905		155.451,26	155,5	WF saniert von 1990-2004	31,2%
494.868	70	34.281,52	34,6	WF-Wirtschaftliches Potenzial für die Jahre 2005-2015	11,0%
4.498.800		839.848,77	839,8	WF Stand 2015	100,0%

Tabelle 5-9: Berechnung des zu erwartenden Heizwärmebedarfs aller Wohngebäude im Ilm-Kreis 2015, Bezugsjahr 2004

Der reduzierte Heizwärmebedarf des Wohnungsbestandes von 4.498.800 m² kann im Jahr 2015 mit 839,8 GWh abgeschätzt werden.
Das nutzbare Potenzial für die **Einsparung an Heizwärme** im Jahr 2015 errechnet sich aus der Differenz des Heizwärmebedarfs der Jahre 2004 und 2015 und beträgt **89.076 MWh**.
Vernachlässigt ist u.a. dabei ein eventueller Rückbau im Bereich der Wohnungsbaugesellschaften, -genossenschaften und bei Altbauten sowie ein Zuwachs im Neubaubereich.

Aus dem im Jahr 2015 zu erwartenden Heizwärmebedarf berechnen sich bezogen auf einen Erdgaseinsatz als Energieträger die CO_2-Emissionen:

839,849 GWh x 200 t CO_2 / GWh = 167.970 t CO_2

Damit hat das **CO_2-Minderungspotenzial** durch eine energetische Wärmedämmung im **Jahr 2015** und unter Beachtung der getroffenen Annahmen im **Ilm-Kreis den Wert von 17.815 t.**

Für den Zeitraum 2005 bis 2015 ergibt sich auf **Basis der Abschätzung vom Jahr 2005** als Summe ein Einsparpotential von 106,9 kt.

Für die **Fortschreibung 2008 des KSP** wurde unter Berücksichtigung der oben genannten Änderungen des Sanierungsgrades im Zeitraum 2005 bis 2007 und auf den Daten der Tabelle 5-5/2005 aufbauend der zu erwartende Heizwärmebedarf im Jahr 2007 berechnet.

WF, m²	KWh/m²	MWh	GWh	%	Wohnflächen
2.691.933	250	672.983	673,0	69,6%	WF unsaniert 2007
1.404.905		155.451	155,4	20,7%	WF Neubau und sanierter Altbau von 1990-2004
176.902	70	12.383	12,4	1,7%	WF Gesell- u. Genossenschaften (saniert ´05 - ´07)
225.060	70	15.754	15,8	2,1%	WF Altbauten (saniert 2005 - 2007)
37.400	70	2.618	2,6	0,3%	WF Neubauten 2005 bis 2007
4.536.200		859.189	859,2	100,0%	WF Stand 2007

Tabelle 5-8/2008: Berechnung des Heizwärmebedarfs aller Wohngebäude im Ilm-Kreis im Jahr 2007

Aus dem für das Jahr 2007 errechneten Heizwärmebedarf ergeben sich, bezogen auf den Einsatz von Erdgas als Energieträger, die CO_2-Emissionen zu:

859,2 GWh x 202 t CO_2 / GWh = 173.558 t CO_2

Das entspricht im Vergleich zu 2004 einer Emissionsverminderung von 12.227 t CO_2.
Unter Maßgabe obiger Sanierungsansätze ergibt sich für 2015

WF, m²	KWh/m²	MWh	GWh	%	Wohnflächen
2.092.000	250	523.000	523,0	69,6%	WF unsaniert 2015
1.404.905		155.451	155,4	20,7%	WF Neubau und sanierter Altbau von 1990-2004
176.902	70	12.383	12,4	1,7%	WF Gesell- u. Genossenschaften (saniert ´05 - ´07)
225.060	70	15.754	15,8	2,1%	WF Altbauten (saniert 2005 - 2007)
37.400	70	2.618	2,6	0,3%	WF Neubauten 2005 bis 2007
600.000	70	42.000	42,0	5,6%	WF-Wirtschaftliches Potenzial für die Jahre 2005-2015
4.536.267		751.206	751,2	100,0%	WF Stand 2015

Tabelle 5-9/2008: Berechnung des zu erwartenden Heizwärmebedarfs aller Wohngebäude im Ilm-Kreis 2015

Aus dem für das Jahr 2015 abgeschätzten Heizwärmebedarf ergeben sich, bezogen auf den Einsatz von Erdgas als Energieträger, die CO_2-Emissionen zu:

751,2 GWh x 202 t CO_2 / GWh = 151.742 t CO_2

Das entspricht im Vergleich zu 2004 einer Emissionsverminderung von 12.227 t CO_2.

Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Fläche der rückgebauten Wohnungen mit denen der Neubauten ausgleicht.

Zusammenfassung Wärmeschutzmaßnahmen

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
928,9	859,2	751,2	177,7	185,8	173,6	151,7	34,1	75.000 m² Altbausanierung

5.1.2 HF 02, Erneuerung von Heizungsanlagen

5.1.2.1 Struktur der Heizungsanlagen im Ilm-Kreis

Die Struktur und der technische Zustand von Heizungsanlagen haben einen maßgeblichen Einfluss auf die **Effizienz der Wandlung von Primärenergie in Endenergie** und damit auf den **Ausstoß von Klimagasen**. Obwohl in der vorliegenden Arbeit die Wandlungsverluste nicht berücksichtigt werden, stellt die Übersicht über die Art der Heizungsanlagen und vor allem ihrer Altersstruktur eine Grundlage für die Abschätzung zukünftiger Energieverbrauchsminderungen und CO_2-Einsparungen dar.
Wegen fehlender Datengrundlagen konnten Heizungen mit Leistungen über 100 kW, die vor allem im Gewerbe- und Industriebereich zu finden sind, nicht berücksichtigt werden.

Im Ilm-Kreis wurde ab 1990 begonnen, die alte Heizungsstruktur der DDR-Zeit durch Erneuerung der Heizungsanlagen und Anpassung an den geforderten technischen Standard abzulösen. Die Erneuerung erforderte vor allem die Umstellung von Kohleheizungen auf Erdgas- und Ölanlagen sowie Flüssiggasanlagen.

Für die Bewertung der Heizungsanlagen im Ilm-Kreis wurde von den jährlichen Erhebungen der zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister ausgegangen. Die Daten von neun der elf Kehrbezirke der Bezirksschornsteinfegermeister standen für das Jahr 2004 zur Verfügung. Die Daten der restlichen zwei Kehrbezirke wurden näherungsweise aus den vorliegenden Angaben der anderen Kehrbezirke ermittelt.

Die Zahl der 2004 vor allem in den ländlichen Gebieten noch bestehenden Kohleheizanlagen wurde in Abstimmung mit der Schornsteinfegerinnung abgeschätzt.
Im Jahr 2004 bestanden im Ilm-Kreis 22.311 dezentrale Heizungsanlagen. In der Tabelle 5-10 sind die Zahlen für drei Zeitabschnitte ihrer Inbetriebnahme aufgeführt. Daraus ist ersichtlich, dass in den ersten Jahren nach 1990 die meisten Anlagen installiert wurden und damit entsprechend den Vorschriften ab 2005 in den folgenden 10 Jahren mit umfassenden Modernisierungen zu rechnen ist.
Bis zur Datenerhebung 2007 gab es bedeutende Umstrukturierungen innerhalb der Schornsteinfegerinnung. So sind Ende 2007 vierzehn Schornsteinfegemeister im Ilm-Kreis aktiv, von denen sich aber nur fünf an der Erhebung beteiligt haben. Um eine Trendabschätzung machen zu können, wurden die Durchschnittswerte der eingereichten Daten ermittelt und daraus die Bestände für 2007 extrapoliert. Die Daten sind deshalb nur sehr bedingt aussagefähig und – wie im Folgenden ausgeführt – nicht belastbar.

Die Anzahl der Heizungsanlagen unterscheidet sich wie folgt nach dem Energieträger:

Heizanlagenart	Bestandsänderungen			Bestand	Veränd.-	Bestand	Veränd.
	1990 - 1997	1998 - 2003	2004	12/2004	Faktor	12/2007	2007
					%	(extrapol.)	- 2004
Ölheizanlagen	2.723	655	38	3.416	4,51	3.570	154
Gasheizanlagen	9.688	1.971	74	11.733	4,08	12.212	479
Flüssiggas	2.723	655	38	3.416	4,25	3.561	145
Kohleheizanl.				3.300	-7,47	3.053	-247
Holzheizanl.	97	247	102	446	57,00	700	254
Gesamtzahl:				**22.311**		**23.096**	**785**

Tabelle 5-10: Übersicht zu Heizungsanlagen 2004 im Ilm-Kreis /16/ und Hochrechnung

Hinsichtlich des Brennstoffeinsatzes gibt es relativ große Unterschiede. Dominant sind die zu 68% mit Erd- bzw. Flüssiggas betriebenen Anlagen, wobei Flüssiggasanlagen daran einen geschätzten Anteil von ca.13% haben. Ölheizungen folgen mit 15%, Kohle in Form von Braunkohlenbriketts mit geschätzten 13% und Holz mit 2% (**Angaben für 2004**).

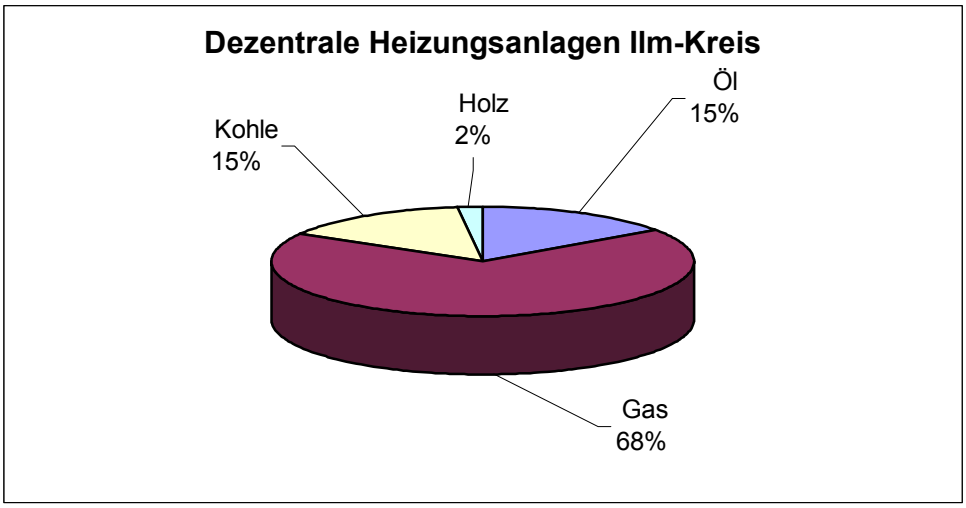


Bild 5-2: Anteil der Energieträger an den Heizungsanlagen im Ilm-Kreis (2004) /16/

Wie bereits erwähnt, wurde der alte Bestand an Heizungsanlagen nahezu komplett in den 90'er Jahren erneuert. Für die Ölheizungen zeigt Bild 5-3 die Altersstruktur dieser Anlagen sowie die Aufteilung auf einzelne Leistungsklassen. In dem für Ein- und Zweifamilienhäuser zutreffenden Bereich von 11 bis 25 kW wurden die meisten Anlagen errichtet.

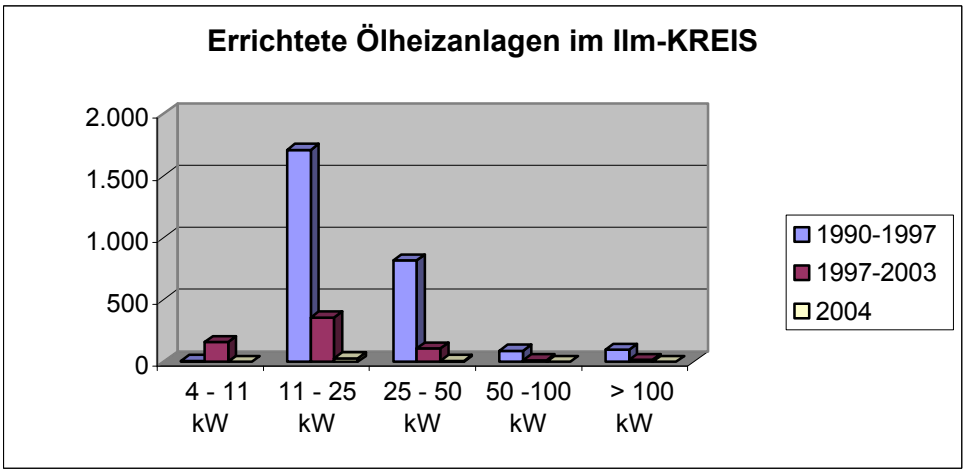


Bild 5-3: Alters- und Leistungsstruktur der Ölheizungen im Ilm-Kreis (2004) /16/

Die rechnerische Nutzungsdauer der Heizungsanlagen ist gemäß der VDI-Richtlinie 2067 auf 15-20 Jahre je nach Anlagentyp festgelegt. Es ist angeraten, Heizungsanlagen mit diesem Alter auszutauschen. Der altersbedingte Erneuerungsbedarf der Heizungsanlagen wird zu effizienteren Anlagentechnologien führen und im Verbund mit weiteren Gebäudesanierungen zu einer Minderung der Klimagas-Emissionen beitragen.

Die drastisch gestiegenen Energiepreise für Heizöl und Erdgas veranlassen die Betreiber schon jetzt, über neue energiesparende Anlagen nachzudenken. Ein Indiz war die

Verbrauchermesse 2005 auf der Thüringen Ausstellung in Erfurt, wo vorrangig nach Holzheizungen, Wärmepumpen zur Umweltenergienutzung, Mini-BHKW zur Kraft-Wärme-Kopplung und Solarkollektoren zur Sonnenenergienutzung gefragt wurde.

Ein Vergleich mit den Angaben des Thüringer Landesamt für Statistik zeigt, dass die in Tabelle 5-10 durchgeführte Hochrechnung anhand der Angaben der fünf Schornsteinfeger sehr zweifelhaft ist, denn im Zeitraum 2005 – 2007 wurden z. B. im Ilm-Kreis nur 360 Wohngebäude neu errichtet – und nicht 785 wie oben errechnet. Es ist deshalb auf andere Daten zurückzugreifen.

In den vergangenen Jahren (2005 – 2008) hat sich der Einsatz der Wärmepumpe als Heizsystem – analog zur Entwicklung in Deutschland und Thüringen – auch im Ilm-Kreis erheblich erhöht. Leider können hier keine exakten Zahlen präsentiert werden, sondern es muss versucht werden, aus den aktuellen Veröffentlichungen des Thüringer Landesamt für Statistik hilfsweise die Daten für den Ilm-Kreis zu interpolieren. Da die Anzahl der neu errichteten Wohngebäude in den Jahren 2005 – 2007 bekannt ist, die Anzahl der Heizungsanlagen mit 22.311 per 12/2004 (s. oben) ebenfalls, kann anhand der Presseveröffentlichung des Thüringer Landesamt für Statistik vom Januar 2009 (TA-Grafik vom 29.01.2009) die Entwicklung der einzelnen Heizungsarten näherungsweise errechnet werden /26/.

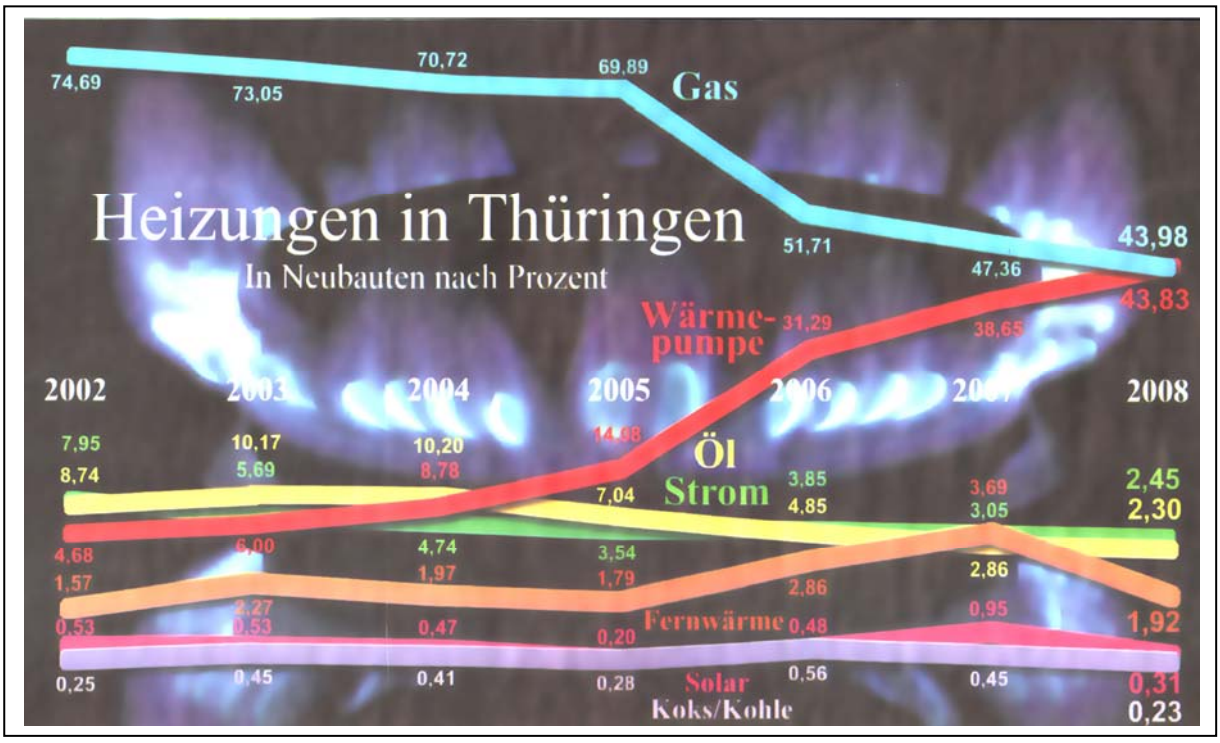


Bild 5-3: geschätzte Entwicklung der Heizungsanlagen bei Neubauten bis 2007, /26/

Dabei wird auf den Ilm-Kreis für die Heizungsanlagen bei Neubauten derselbe Energie-Mix angewendet, wie er für Thüringen statistisch erwiesen ist. Da die Wohngebäude, die mittels Fernwärme versorgt werden, in der Hauptsache die bei den Wohnungsgesellschaften erfassten Einheiten betrifft, ihre Anzahl aber ebenso wenig bekannt ist wie die Anzahl der Objekte, die ausschließlich mit Strom, Solarenergie und Biomasse beheizt werden, werden für diese Heizungsanlagen nur die Zugänge erfasst.

Für die ´alten´ Kohleheizanlagen, deren Bestand per 12/2004 mit 3.300 angegeben wurde, ist anzunehmen, dass sie jährlich im Rahmen der avisierten Größenordnung von ca. 250 Anlagen durch energetisch günstigere ersetzt werden. Des Weiteren ist davon auszugehen, dass jährlich sowohl Öl- als auch Flüssiggasheizungen aus Altersgründen ersetzt werden müssen, wobei hier je 90 ´alte´ Anlagen angenommen werden. Ob die Ersatzinvestitionen generell in Holzheizungen – wie im Klimaschutzbericht 2005 angenommen – getätigt werden, ist fraglich. Hier ist neben der Umstellung auf einen neuen Energieträger aus Kostengründen auch zu berücksichtigen, dass vielfach neue, effektivere Heizungsanlagen (z. B. Brennwerttechnik, Wärmepumpen) für den bisherigen Energieträger installiert werden.

Die nachfolgende Tabelle enthält eine Hochrechnung zur Entwicklung der Heizungsanlagen im Ilm-Kreis auf der Basis folgender Prämissen:

- Ausgangspunkt sind die angegebenen Heizungsanlagen für 12/2004 (Σ = 22.311)
- zuzüglich 118 Wärmepumpen, die bereits 2004 installiert waren
- abzüglich jährlich 250 ´alte´ Kohleheizungen
- Annahme, dass als Ersatzinvestition für ´alte´ Kohleheizungen jährlich 150 Holzheizungen und 100 Wärmepumpenheizungen dazukommen
- Annahme, dass ab 2008 bei Neubauten jährlich 30 Wärmepumpen installiert werden
- Annahme, dass als Ersatzinvestition für je 90 ´alte´ Öl- und Flüssiggasheizungen jährlich 20 Holzheizungen, 80 Gas- und 80 Wärmepumpenheizungen dazukommen
- Hochrechnung anhand der o. g. Veröffentlichung des TLS in /26/
- Abschätzung der neuen Holzheizungsanlagen als Differenzrechnung
- keine separate Berücksichtigung sonstiger Biomasse-Heizanlagen

Heizungsanlagen-	Bestand	Zugang aus Neubauten						Bestand	Bemerkungen
Typ	12/2004	2005		2006		2007		12/2007	
	[Stck.]	[%]	[Stck.]	[%]	[Stck.]	[%]	[Stck.]	[Stck.]	
Neubauten aufteilen:			*140*		*146*		*75*		*Neue Gebäude lt. TLS*
Ölheizanlagen	3.416	7,04	10	4,85	7	2,86	2	3.435	
Ölheizanlagen			-90		-90		-90	-270	jährl. Abgang lt. Annahme
Gasheizanlagen	11.733	69,89	98	51,71	75	47,36	36	11.942	
Gasheizanlagen/Ersatz			80		80		80	240	Ersatz alte Öl-/Flüssiggashzg.
Flüssiggasheizanlagen	3.416	0,00	-90	0,00	-90	0,00	-90	3.146	jährl. Abgang lt. Annahme
Kohleheizanlagen (alt)	3.300	0,00	-250	0,00	-250	0,00	-250	2.550	jährl. Abgang lt. Annahme
Holzheizanlagen	446	3,18	4	4,40	6	2,99	2	458	Differenzrechn. Neubauten
Holzheizanlagen/Ersatz			150		150		150	450	Ersatz für alte Kohleheizung
Holzheizanlagen/Ersatz			20		20		20	60	Ersatz alte Öl-/Flüssiggashzg.
Zwischensumme:	*22.311*							*22.011*	
Koks/Kohle (neu)		0,28	0	0,56	0	0,45	0	0	
Wärmepumpe	118	14,08	20	31,29	46	38,65	29	213	jährl. bei Neubauten +30 Stck.
Wärmepumpe/Ersatz			100		100		100	300	Ersatz für alte Kohleheizung
Wärmepumpe/Ersatz			80		80		80	240	Ersatz alte Öl-/Flüssiggashzg.
Fernwärme		1,79	3	2,86	4	3,69	3	10	
Strom		3,54	5	3,85	6	3,05	2	13	
Solarthermie		0,20	0	0,48	1	0,95	1	2	
Summe:	**22.429**	**100,00**	**140**	**100,00**	**145**	**100,00**	**75**	**22.789**	
Wohngeb. IK lt. TLS	*26.292*		*26.358*		*26.527*		*26.634*	*26.634*	*nur zur Information!*

Tabelle 5-10/2008: Hochrechnung Heizungsanlagen im Ilm-Kreis, abgeleitet aus TLS-Statistik nach Bild 5-3 /26/, Tabelle 5-10 und obigen Annahmen

5.1.2.2 Potenzialabschätzung für die Umstellung der Heizungsanlagen und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Basis 2005:
Bei der Erneuerung der Heizungsanlagen werden zukünftig die Energieträgerstrukturen und die eingesetzten Heizungstypen eine große Rolle spielen.
Es kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil der Erdgasanlagen bis 2015 noch weiter ansteigt, während der Anteil der Ölheizungen sowie der Flüssiggasheizungen im selben Zeitraum geringfügig sinkt. Der Versorgungsgrad mit Fernwärme wird unverändert bleiben. Dank weiterer Wärmedämmungsmaßnahmen ist aber mit einem Rückgang des Heizwärmebedarfs zu rechnen. Die derzeit noch vorhandenen Kohleheizungen werden nach und nach ersetzt werden.
Bezüglich der Heiztechniken werden die Technologien zum Einsatz kommen, die eine höchst effiziente Energiewandlung garantieren bei gleichzeitig preisgünstigen Energieträgern. Neben den konventionellen Anlagen für Erdgas kommen zunehmend vor allem alternative Heizungssysteme, wie Wärmepumpen, Solarthermie-Anlagen und Holzheizanlagen neben Blockheizkraftwerken in Betracht. Trotzdem werden viele Nutzer bei ihrem gewohnten Energieträger bleiben, wenn auch die Erneuerung der Heizungsanlagen zu effektiveren Anlagen bzw. zu solchen mit Brennwerttechnik tendiert.
Es wird für eine Potentialabschätzung für das Jahr 2015 von folgenden Maßnahmen ausgegangen:

Umstellung von ...	CO_2-Minderung, t
2.800 Kohleheizungen	10.822
1.000 Ölheizungen	12.971
1.000 Flüssiggasheizungen	11.399
Summe	**35.192**

Tabelle 5-11: Umstellung von Heizungsanlagen auf Holzheizungen bis 2015

Für die Berechnung der CO_2-Bilanz wird von einer Umstellung auf **Holzheizanlagen** ausgegangen. Dies ist naheliegend, da Wohngebäude mit Kohle-, Öl- oder Flüssiggasheizungen in der Regel über keinen leitungsgebundenen Energieträger (Erdgas) verfügen, so dass die Umstellung auf Holzheizanlagen, auch unter Berücksichtigung der aktuellen Nachfrageergebnisse, realistisch erscheint.

Heizungsanlage			Endenergie, MWh		CO_2-Emission, t	
Energieträger	Anzahl 2004	Umstellung bis 2015	2004	2015	2004	2015
Kohle	3.300	2.800	36.234	30.744	12.754	10.822
Heizöl	3.416	1.000	167.839	49.133	44.310	12.971
Flüssiggas	3.416	1.000	167.839	49.133	38.939	11.399
Summe	10.132	4.800	371.912	129.010	96.003	35.192

Tabelle 5-12: Berechnung der Einsparung von Endenergie und CO_2-Emissionen im Ergebnis der Umstellung von Heizungsanlagen auf Holzheizungen. Änderungen in der Zahl und Struktur der Gasheizungen sind hierbei vernachlässigt.

Unter Verwendung von Tabelle 5-12 sind die Daten für die Potenzialabschätzung ermittelt worden. Dabei muss aber auf die fragwürdigen Zahlenangaben für die zu ersetzenden Heizungen in Tabelle 5-12 hingewiesen werden.
Bis zum Jahr 2015 erfolgt die Energieträgerumstellung anteilig von Kohle, Heizöl und Flüssiggas von insgesamt 4.800 Anlagen. Das sind 436 Anlagen pro Jahr.
Damit ergibt sich eine Einsparung an Endenergie im Jahr 2015 bezogen auf den Wert von 2004 zu **242.902 MWh**. Die CO_2-Emissionen betragen im Jahr 2015 nur noch **35.192 t**. Das Einsparpotential im Zeitraum 2005 bis 2015 beläuft sich auf 211,2 kt.

Zusammenfassung Basis 2008:

Aus Bild 5-3 ist ersichtlich, dass bei neu errichteten Wohngebäuden verstärkt Wärmepumpen zur Beheizung eingesetzt werden. Diese Steigerung geht zu Lasten des Einsatzes von Gasheizungen und bedingt auch von Ölheizungen und bedeutet eine effizientere Energienutzung von fossiler Primärenergie. In gleicher Weise wirken die Bestimmungen der EnEV und der Heizanlagen-Verordnung, so dass bezüglich der Gebäudeheizung von einem abnehmenden Heizenergieeinsatz auszugehen ist.
Neben den in den Erläuterungen zu Tabelle 5-10/2008 gemachten Annahmen wurde weiterhin angenommen, dass die Ersatz-Holzheizanlagen durchschnittlich 20 MWh/Stck.*a Endenergie erzeugen, d.h. dass bei 1.800 Volllaststunden und einem Wirkungsgrad von 88% die Kesselleistung 12,6 kW beträgt. Nicht berücksichtigt wurde in der CO_2-Bilanz der geringere Ausstoß klimaschädlicher Gase gegenüber fossilen Energieträgern. Für zu ersetzende Heizungen werden die Daten aus Tabelle 5-12 als Basiswerte angesetzt. Dadurch ergeben sich für die umgestellten Heizungsanlagen per 2015 folgende Abschätzungen:

	Basiswerte		Bestand per			Endenergieverbrauch			CO2-Emissionen		
	Energie	CO2	12/2004	12/2007	12/2015	2004	2007	2015	2004	2007	2015
	MWh/ 1	t CO2/ 1	*Stck.*	*Stck.*	*Stck.*	MWh	MWh	MWh	t	t	t
Ölheizanlagen	49,13	12,97	3.416	3.165	2.445	167.828	155.496	120.123	44.306	41.050	31.712
Gasheizanlagen	49,13	11,40	11.733	12.182	12.822	576.442	598.502	629.945	133.756	138.875	146.171
Flüssiggasheizanlagen	49,13	11,40	3.416	3.146	2.426	167.828	154.563	119.189	38.942	35.864	27.656
Kohleheizanlagen (alt)	10,98	3,86	3.300	2.550	550	36.234	27.999	6.039	12.738	9.843	2.123
Holzheizanlagen	20,00	0,00	446	968	2.328	8.920	19.360	46.560	0	0	0
Wärmepumpen -> Strom	7,93	5,36	118	753	2.433	936	5.971	19.294	632	4.036	13.041
Summen:			22.429	22.764	23.004	958.188	961.891	941.150	230.374	229.668	220.703

Die bei Wärmepumpen vorhandenen Effekte des geringeren Energieeinsatzes (Strom), Nutzung der Umweltwärme, die Ressourcenschonung bei Erdgas und die Vermeidung entsprechender CO_2-Emissionen werden beim ´HF 05, Wärmepumpe´ (Abschnitt 5.1.5.) berücksichtigt.
Bei allen diesen Berechnungen kann der technische Fortschritt, der zu effizienteren Heizungen führen muss, nicht berücksichtigt werden.

Zusammenfassung Heizungsumstellung

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
958,2	961,9	941,1	17,1	230,4	229,7	220,7	9,7	div. Heizungs-umstellungen

5.1.3 HF 03, Fernwärmeversorgung im Ilm-Kreis

Die leitungsgebundene Fernwärmeversorgung im Ilm-Kreis wird in den Städten Arnstadt und Ilmenau durch die jeweiligen Stadtwerke realisiert.

5.1.3.1 Stadt Arnstadt

Die Stadtwerke Arnstadt GmbH /27/ versorgt an mehreren Standorten im innerstädtischen Bereich ihre Kunden, wie z.B. die Wohnungsbaugesellschaft und die Wohnungsgenossenschaft mit zusammen ca. 5.000 angeschlossenen Wohnungseinheiten, sowie Einrichtungen der Stadt und des Landes, Stadtbad und Altenwohnheime. Die installierte thermische Leistung beträgt 34 MW, die durch 13 Wärmeerzeugungsanlagen (5 BHKW und 8 Kessel) erreicht werden. Die elektrische Leistung der BHKW liegt bei 3,28 MW.

Im Jahr 2004 wurden **44.068 MWh** Fernwärme erzeugt und gleichzeitig **15.278 MWh** Elektroenergie aus der Kraft-Wärme-Kopplung der fünf BHKW in das Netz eingespeist:

44.068 MWh + 15.278 MWh = 59.346 MWh

Durch die Wärme- und Eigenstromerzeugung auf Basis des Energieträgers Erdgas wurden in 2004 CO_2-Emissionen von

59,346 GWh x 200 t CO_2 / GWh = 11.870 t CO_2 freigesetzt.

In den Jahren 2005 bis 2007 ging der Fernwärme-Absatz kontinuierlich zurück. Dieser Rückgang ist vor allem auf die energetisch wirksamen, verbrauchssenkenden Sanierungsmaßnahmen an den Wohngebäuden und den partiellen Rückbau einzelner Wohneinheiten zurückzuführen. Im Einzelnen entwickelte sich der Fernwärmeabsatz der Stadtwerke Arnstadt wie folgt /27/:

	Fernwärme	**Eigenstrom**
2004	44.068 MWh	15.278 MWh
2005	41.970 MWh	
2006	39.569 MWh	
2007	30.488 MWh	10.905 MWh

Bei einem Rückgang des Fernwärmeabsatzes um etwa 1/3 gegenüber 2004 beträgt die aus den BHKW in das Netz eingespeiste Elektroenergie in 2007 **10.905.128 kWh**.

Durch die Wärme- und Eigenstromerzeugung auf Basis des Energieträgers Erdgas wurden demnach in 2007 CO_2-Emissionen von

30.488 MWh + 10.905 MWh = 41.393 MWh, d. h.

41.393 MWh * 202 kg CO_2 / MWh = 8.361,4 t CO_2

freigesetzt.

Dies entspricht einer Minderung der CO_2-Emissionen im Zeitraum 2004 bis 2007 um etwa **3.508 t CO_2**, also um fast 30 Prozent.

5.1.3.2 Stadt Ilmenau

Die Wärmeerzeugung erfolgt über eine eigene GmbH in den Stadtwerken Ilmenau, die Ilmenauer Wärmeversorgung GmbH, IWV /28/
Die IWV versorgt in Ilmenau aus einem verbundenen Fernwärmenetz Kunden wie z. B. die TU Ilmenau, die Wohnungsbaugesellschaft Ilmenau e.G. und die Ilmenauer Wohnungs- und Gebäudegesellschaft mbH mit zusammen ca. 7.900 Wohnungseinheiten (Ende 2007) sowie Einrichtungen der Stadt, des Landkreises, aber auch aus Industrie und Gewerbebetrieben. Die Trassenlänge des Fernwärmenetzes beträgt 63,2 km.
Die IWV GmbH hat eine installierte thermische Erzeugerkapazität von 82,1 MW.

	2004	2005	2006	2007
	MWh	MWh	MWh	MWh
Fernwärmeabsatz IWV (ohne BHI)	102.448	80.619	47.511	35.835
Davon: Fernwärmeerzeugung durch KWK der Gasturbine	*55.400*	*51.286*	*49.342*	*29.689*
Fernwärmeerzeugung durch Gas-Spitzenkessel	*47.048*	*29.333*	*-1.831*	*6.146*
Eigenstromerzeugung durch KWK der Gasturbine	33.203	26.763	27.013	16.093
Fernwärmeabsatz BHI (aus Altholz) - ab Juli 2005		9.314	33.357	26.663
Eigenstromerzeugung BHI (aus Altholz) - ab Juli 2005		15.526	42.591	50.368
Gesamt-Wärmeansatz:	102.448	89.933	80.868	62.498
Gesamt-Stromerzeugung:	33.203	42.289	69.604	66.461

Tabelle 5-13: Erzeugerkapazitäten der Fernwärmeversorgung der IWV GmbH Ilmenau und der BHI GmbH /28

Im Jahr 2004 wurde ein Fernwärmeabsatz von **102.448 MWh** erzielt. Die Eigenstromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung der Gasturbine betrug **33.203 MWh**.

Für die insgesamt erzeugte Nutzenergie (2004) von

102.448 MWh + 33.203 MWh = 135.651 MWh

berechnet sich auf Basis des Energieträgers Erdgas die CO_2-Emission in 2004 in Höhe von

135,651 GWh x 200 t CO_2 / GWh = 27.130 t CO_2.

Fazit

Für die Realisierung der Fernwärmeversorgung und für die Stromeigenerzeugung auf Basis des Energieträgers Erdgas wurden 2004 im gesamten Ilm-Kreis Nutzenergie in Höhe von **194.997 MWh/a** und CO_2-Emissionen von insgesamt **39.000 t** erzeugt.

5.1.3.3 Potenzialabschätzung für die Fernwärmeerzeugung und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

In den Kapiteln 5.1.3.1 und 5.1.3.2 wurden die gesamten Nutzenergien für das Jahr 2004, die zur Deckung der Fernwärmeversorgung im Ilm-Kreis benötigt werden, in den Berechnungen zur CO_2-Bilanz berücksichtigt, d.h. die ebenfalls erzeugte Elektroenergie war im Bericht 2005 mit einbezogen.
Für die alleinige Betrachtung der aus den Netzen abgegebenen Fernwärme bleiben für die Ermittlung der Bilanzen im Jahr 2007 die Elektroenergieanteile unberücksichtigt. Weiterhin wird berücksichtigt, dass ab Juli 2005 mit der Inbetriebnahme des Biomasse-Heizkraftwerkes mit einer thermischen Leistung von 10 MW durch die BHI GmbH in Ilmenau die CO_2-Bilanz des Fernwärmeversorgers (Ilmenauer Wärmeversorgung GmbH) und damit der Stadt Ilmenau erheblich gesenkt wurde, siehe Kapitel 5.3.5.4.

Da die Hauptabnehmer der Wärme, die Wohnungsgesellschaften und öffentlichen Einrichtungen, derzeit bereits zu etwa 80% energetisch saniert sind, wird für die kommenden Jahre nur noch von einer geringen Reduzierung des Energieverbrauchs ausgegangen.

Für die Ermittlung der energetischen und der CO_2-Bilanz in diesem Handlungsfeld „Fernwärmeversorgung“ wird von folgender Betrachtung ausgegangen:

- Die Fernwärme wird in den Städten Arnstadt und Ilmenau durch Gaskessel und KWK-Anlagen sowie in Ilmenau zusätzlich durch das BHI erzeugt.
- KWK-Anlagen und das BHI stellen anteilig auch Elektroenergie bereit. Dieser Betrag wird hier nicht, sondern im Kapitel 5.1.6 (KWK) erfasst.
- Für die Potentialabschätzungen wird davon ausgegangen, dass der Fernwärmeabsatz der SW Arnstadt jährlich um 1% zurückgeht.
- Für die Potentialabschätzungen wird davon ausgegangen, dass der Fernwärmeabsatz der Ilmenauer Wärmeversorgung IWV (KWK der Gasturbine) jährlich um 1% zurück geht.
- Für die Potentialabschätzungen wird davon ausgegangen, dass die Fernwärmeerzeugung der IWV (Gasspitzenkessel) nur im Havariefall erfolgt und somit für 2015 nicht mehr berücksichtigt wird.
- Für die Potentialabschätzungen wird davon ausgegangen, dass der Fernwärmeabsatz der BHI jährlich gleich bleibt.

Ort	2004			2007			2015		
	Wärme	Faktor	CO_2	Wärme	Faktor	CO_2	Wärme	Faktor	CO_2
	GWh		kt	GWh		kt	GWh		kt
SWA	44,1	200	8,8	30,5	202	6,2	28,1	202	5,7
IWV (KWK)	55,4	200	11,1	29,7	202	6,0	27,4	202	5,5
IWV (GasK)	47,0	200	9,4	6,1	202	1,2	0	202	0
BHI	0		0	26,7	0	0	26,7	0	0
Summe	**146,5**		**29,3**	**93,0**		**14,4**	**82,2**		**11,2**

Tabelle 5-13/2008: Fernwärmeabsatz (ohne Stromanteil) und CO_2-Bilanz im Ilm-Kreis /28/

Zusammenfassung Fernwärme

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
146,5	93,0	82,2	64,3	29,3	14,4	11,2	18,1	

5.1.4 HF 04, Energieanwendung bei öffentlichen Liegenschaften des Landkreises

5.1.4.1 Energieverbrauch und CO_2-Emissionen bei öffentlichen Liegenschaften bis zum Jahr 2003

Energieverbrauch, Energiekosten und Umweltbelastungen stehen in einem engen Beziehungsverhältnis zueinander.
Neben umweltpolitischen Aspekten gebietet der sparsame **Umgang mit öffentlichen Mitteln** einen schonenden Energieverbrauch durch rationelle Nutzung der Energieträger bzw. sinnvolle Anwendung der bereitgestellten Energiemengen. Im Zusammenhang mit der langfristig zu erwartenden Kostensteigerung fossiler Energieträger erlangt die Reduzierung des Energiebedarfs und damit die Reduzierung von relevanten klimaschädlichen Emissionen zunehmende Bedeutung.

Im Rahmen des Kommunalen Energiemanagements im Ilm-Kreis wurden in den vergangenen Jahren Erfolge bei der Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung erreicht.

Bild 5-4 verdeutlicht die Abnahme der Energieverbräuche von 1995 bis 2003 in den Liegenschaften des Ilm-Kreis (Verwaltungsgebäude, Krankenhäuser, Schulen und Turnhallen usw.) /29.

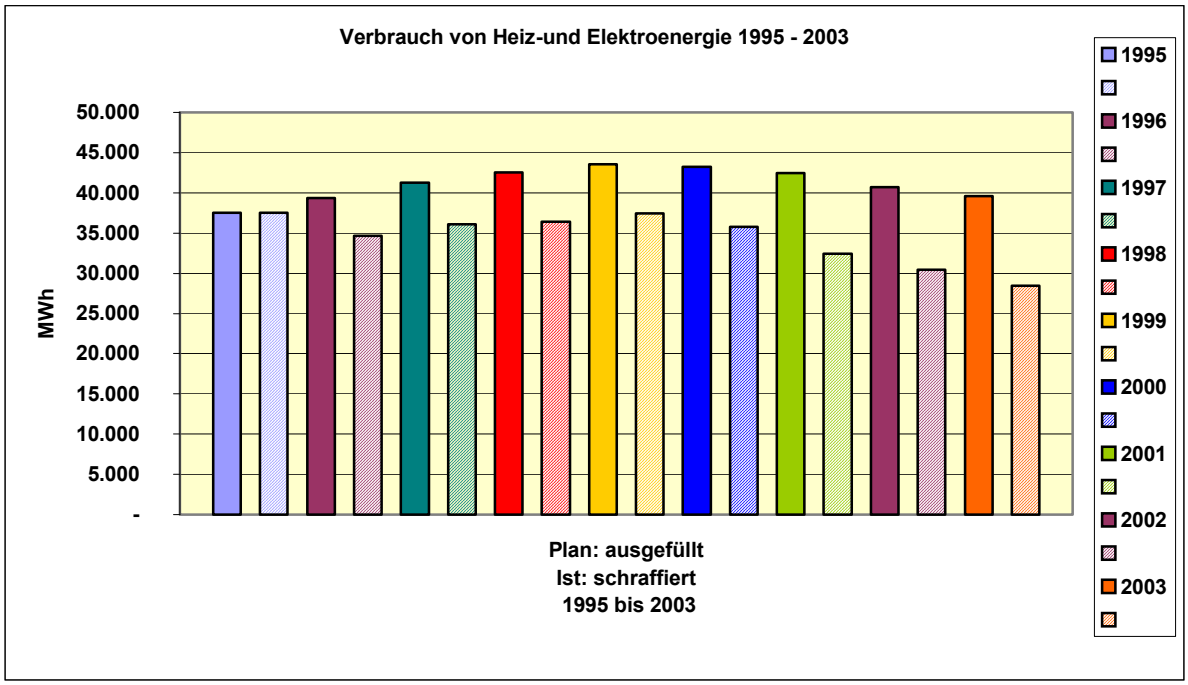


Bild 5-4: Energieverbräuche in den kommunalen Liegenschaften im Ilm-Kreis *1995 bis* 2003

Im Jahr 2003 wurde Endenergie (Heizung, Warmwasser, Strom) in Höhe von **28.456 MWh** verbraucht und folgende Emissionen /29 freigesetzt:

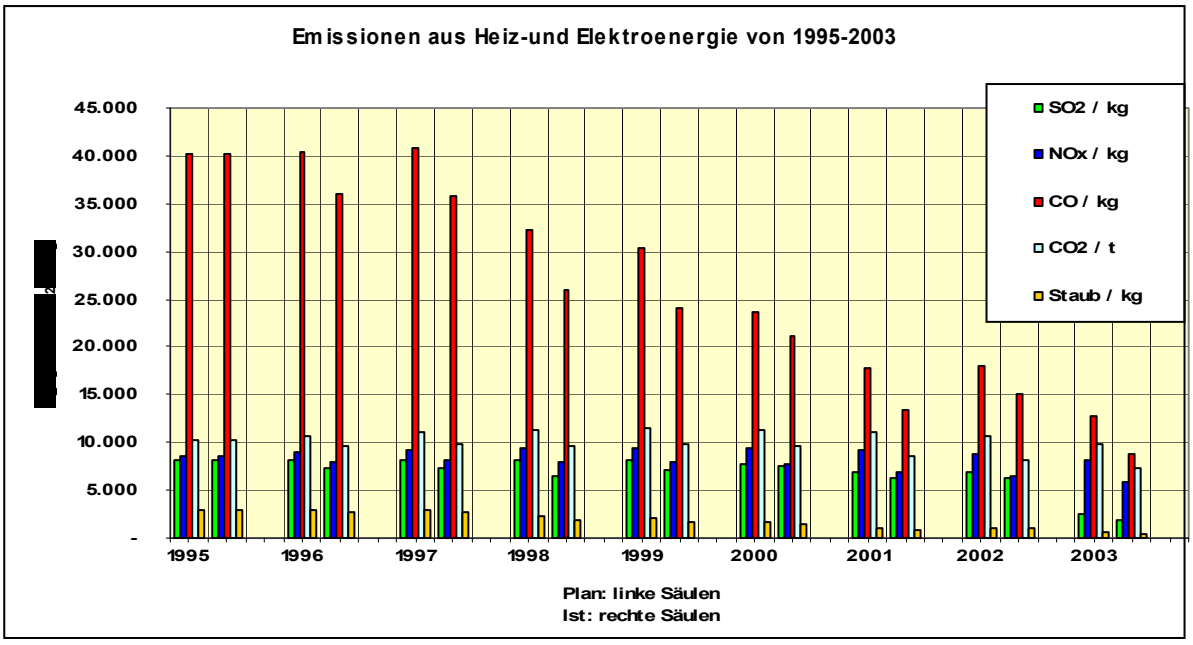


Bild 5-5: Emissionen der kommunalen Liegenschaften im Ilm-Kreis 1995 bis 2003

Die Emissionen konnten in den Jahren 1995-2003 vor allem durch die Reduzierungen der Energieverbräuche gesenkt werden.

Die Emissionen des Jahres 2003 sind in Tabelle 5-14 aufgeschlüsselt.

2003	MWh	CO_2 / t	SO_2 / kg	NO_x / kg	CO / kg
Plan	39.563	9.927	2.609	8.227	12.861
Ist	28.456	7.228	1.981	5.896	8.739

Tabelle 5-14 Emissionen im Jahr 2003 in kommunalen Liegenschaften im Ilm-Kreis

Für das Jahr 2003 betrugen die CO_2-Emissionen **7.228 t**.

5.1.4.2 Energieverbrauch und CO_2- Emissionen in Schulen und Turnhallen 2004

Der Energiebericht 2004 für die Kommunalen Liegenschaften des Ilm-Kreises /29/ liegt für die Schulen und Turnhallen im Teil 1 vor, der Teil 2 für die Verwaltungsgebäude sollte 2006 erarbeitet werden.

Die 59 Schulen und Turnhallen haben eine zu beheizende Gebäudefläche von 192.667 m^2.
Der Energiebedarf einer Schule resultiert zu ca. 2/3 aus dem Energiebedarf für die Gebäudebeheizung und zu rund 1/3 aus dem Bedarf an elektrischer Energie.

Die finanziellen Aufwendungen des Ilm-Kreises zur Absicherung des Energiebedarfes im Jahr 2004 beliefen sich auf:

- Heizkosten: 1.234.000 Euro
- Stromkosten: 402.000 Euro

Somit entfallen 75,4% des Aufwandes auf Heizungskosten und 24,5% auf Stromkosten.

In den Schulen und Turnhallen wurde 2004 für Strom und Raumwärme eine Gesamtenergiemenge von **26.099 MWh** verbraucht. Diese teilt sich auf die einzelnen Energieträger wie folgt auf:

Energiestatistik Jahr 2004	Verbräuche kWh	Prozent %	Emissions-faktor	CO_2 kg
Gas	15.944.198	61,1	200	3.188.840
Fernwärme	6.774.293	25,9	303	2.052.611
Öl	1.001.620	3,9	262	262.424
Strom	2.379.585	9,1	683	1.625.256
Summe	**26.099.696**	**100,00**		**7.129.131**

Tabelle 5-15: Energieverbrauche an Schulen und Turnhallen im Ilm-Kreis 2004

Für das Jahr 2004 betrugen die CO_2-Emissionen an Schulen und Turnhallen ***7.129*** **t**.

Fazit

Im Zeitraum 1995 – 2003 konnte der Endenergieverbrauch der kommunalen Liegenschaften für Heizung, Warmwasser und Strom gesenkt werden von ca. 37.500 MWh auf 28.456 MWh. Im Jahr 2003 betrug die Reduzierung ca. 24%, bezogen auf den Ausgangswert von 1995. Das entspricht für 2003 gegenüber 1995 einer CO_2-Reduzierung von 10.207 t auf 7.228 t an CO_2-Emissionen, was einer Reduzierung von etwa 29,2 % entspricht.
Für 2004 konnte der Endenergieverbrauch um weitere 2.356 MWh auf etwa 26.100 MWh gesenkt werden, was gegenüber 1995 ca. 30,4 % weniger sind. Die diesem Endenergieverbrauch entsprechenden CO_2-Emissionen verringerten sich auf etwa 7.129 t CO_2 /29/.

Zu beachten ist hierbei, dass sich in diesem Zeitraum neben den auf Energieeinsparung zielenden Veränderungen an der Bausubstanz auch in der Struktur der Liegenschaften Änderungen vollzogen, z.B. durch:

- Aufgabe von Schul- und Verwaltungsgebäuden
- Neubau Turnhallen
- Erweiterungsbauten für Krankenhäuser

5.1.4.3 Energieverbrauch und CO_2-Emissionen bei öffentlichen Liegenschaften in den Jahren 2005 bis 2007

Im Rahmen des Kommunalen Energiemanagements im Ilm-Kreis wurden auch in den vergangenen Jahren Erfolge bei der Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung erreicht.

Bild 5-5/2008 verdeutlicht die Abnahme der Energieverbräuche von 2005 bis 2007 in den staatlichen Schulen und Turnhallen des Ilm-Kreises. Diese stellen über 98 Prozent der kreiseigenen Gebäude dar.

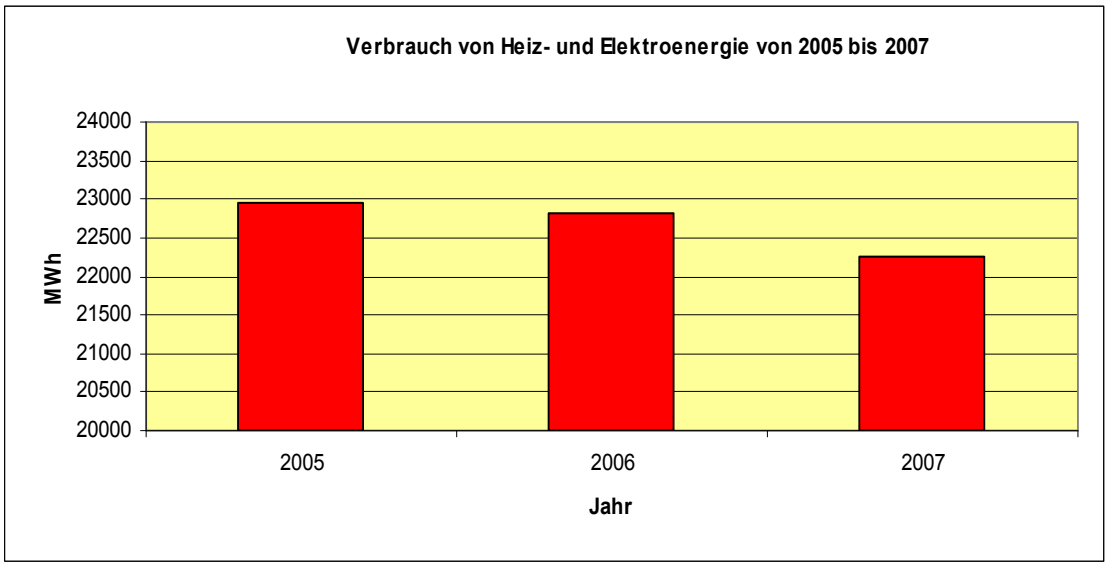


Bild 5-5/2008: Energieverbräuche an den staatlichen Schulen und Turnhallen im Ilm-Kreis /30/

Im Jahr 2007 wurde Endenergie (Heizung, Warmwasser, Strom) an den Schulen und Turnhallen des Ilm-Kreises in Höhe von **22.265 MWh** verbraucht.

Die 55 Schulen und Turnhallen haben im Jahr 2007 eine zu beheizende Gebäudefläche von 187.022 m^2.

Der Energiebedarf einer Schule resultiert zum Großteil aus dem Energiebedarf für die Gebäudebeheizung.

Die finanziellen Aufwendungen des Ilm-Kreises zur Absicherung des Energiebedarfes im Jahr 2007 beliefen sich auf:

- Heizkosten: 1.476.965 Euro
- Stromkosten: 450.234 Euro

Somit entfallen 76,6 % des Aufwandes auf Heizungskosten und 23,4% auf Stromkosten.

Die Endenergie von 22.265 MWh teilt sich – witterungsbereinigt – auf die einzelnen Energieträger wie folgt auf:

Energie-Statistik 2007	tatsächlicher Verbrauch kWh	Prozent %	witterungs-bereinigter Verbrauch kWh	Emissions-Faktor (2007) g CO_2/kWh	(witterungs-bereinigte) Emissionen kg CO_2
Gas	12.899.039	58,9	13.135.350	202	**2.653.341**
Fernwärme	5.758.943	26,3	5.864.447	303	**1.776.927**
Nahwärme	190.677	0,9	194.170	207	**40.193**
Öl	705.013	3,2	717.929	266	**190.969**
Strom	2.353.429	10,7	2.353.429	628	**1.477.953**
Summen:	**21.907.101**	**100,0**	**22.265.325**		**6.139.383**

Tabelle 5-16/2008: Witterungsbereinigte Energieverbräuche und CO_2-Emissionen an Schulen und Turnhallen im Ilm-Kreis 2007 /30/

Für das Jahr 2007 betrugen die CO_2-Emissionen **6.139 t**. Dies bedeutet gegenüber 1995 eine Reduzierung von knapp 40 % der CO_2-Emissionen, was einer Energieeinsparung von etwa 40,6 % entspricht.

Bei der Interpretation dieses Ergebnisses ist zu berücksichtigen, dass sich der Bestand an Schulen und Turnhallen von 2004 mit 59 auf 55 in 2007 verringerte. Im gleichen Zeitraum verringerte sich die zu beheizende Gebäudefläche auf 187.022 m², was gegenüber 2004 einem Rückgang um etwa 2,9 % entspricht.
Trotzdem sind die Erfolge aus Energieeinsparung und damit verbundener Reduzierung der CO_2-Emissionen beachtlich. Leider werden die positiven Entwicklungen beim Energieeinsatz durch die Energie-Kostensteigerungen der letzten Jahre weitgehend ´aufgezehrt´.

5.1.4.4 Potenzialabschätzung für die Entwicklung des Energieverbrauchs und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Die Intensität der baulichen Sanierungs- und Energieeinsparmaßnahmen wird sich aus verschiedenen Gründen in den nächsten Jahren verringern. Die Entwicklung des Gebäudebestandes des Ilm-Kreises ist zunehmend abhängig vom zukünftigen Bedarf. Ein weiteres Potenzial lässt sich durch ein verändertes Nutzerverhalten erschließen.

Ausgehend von den Verbrauchsdaten der Jahre 2001 bis 2003 liegen die Änderungsraten des Energieverbrauchs bei jährlich 5 bis 6% und der CO_2-Emissionen ebenso.

Diese Änderungsraten von etwa 5 % jährlich wurden auch im Zeitraum 2005 – 2007 bestätigt. Es ist davon auszugehen, dass die Änderungsrate in dieser Größe nicht bis zum Jahr 2015 fortgeschrieben werden kann, sondern dass sie sich sukzessive verringern wird. In der Potentialabschätzung bis zum Jahr 2015 wird davon ausgegangen, dass für die Jahre 2008 und 2009 weiterhin 5 % angenommen werden können; für 2010 - 2012 nur noch 4 % und für 2013 – 2015 scheinen 3 % Energieeinsparung realistisch. Die Reduzierung der CO_2-Emissionen folgt analog dieser geschätzten Entwicklung.

Wird für die Potentialabschätzung von den Daten des Jahres 2007 ausgegangen, ergeben sich unter den eben genannten Voraussetzungen folgende Potenziale:

Zusammenfassung öffentliche Liegenschaften

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
26,1	22,27	15,89	10,21	7,13	6,14	4,38	2,75	Gebäudesanierung, Nutzerverhalten, Bestandsänderung

5.1.5 HF 05, Wärmepumpe, ein alternatives Heizungssystem

5.1.5.1 Nutzung von Umweltwärme

Knapp 80 % des Energieverbrauchs deutscher Haushalte entfällt auf die Bereitstellung von Heizwärme für die Raumheizung und Warmwasseraufbereitung. Neben der Reduktion von Wärmeverlusten des Gebäudes kann dabei die Wahl des Heizungssystems einen erheblichen Beitrag zur Energieeinsparung und Emissionsminderung leisten. Insbesondere die Wärmepumpe stellt in diesem Zusammenhang eine interessante, aber häufig noch zu wenig beachtete Alternative dar. Das **thermodynamische Heizen mit Wärmepumpen** bietet die einfach zu verwirklichende Möglichkeit, den sich ständig erneuernden Vorrat an innerer
Energie der Umweltwärme nutzbar zu machen.
Die Umweltwärme stellt dabei zum überwiegenden Teil eine indirekte Form der auf die Erdoberfläche einfallenden Sonnenenergie dar. Ein geringer Teil der oberflächennahen Erdwärme - als Teil der Umgebungswärme - kann aber auch aus der im Untergrund gespeicherten Energie stammen. Als Energieträger der Umweltwärme stehen vor allem die Wärmequellen

- Umgebungsluft
- Erdreich
- Grund- und Oberflächenwasser

zur Verfügung. Für gewerbliche und industrielle Nutzungsmöglichkeiten stellt die Nutzung der Abwärme eine weitere Wärmequelle dar.

Umweltwärme ist als thermische Energie mit niedrigem Temperaturniveau und nahezu uneingeschränkter Verfügbarkeit charakterisiert. Infolge des nur geringen Temperaturniveaus der Umweltwärme ist es praktisch unmöglich, diese Energie direkt zu nutzen. Um die Umgebungswärme nutzbar zu machen, wird ein thermodynamisches Prinzip herangezogen, welches in der gerätetechnischen Realisierung als Kühlschrank landläufig bekannt ist und das sowohl zum Kühlen als auch zum Heizen eingesetzt werden kann. Während das Kühlen mit einer Kältemaschine, dem Kühlschrank, erfolgt, wird die Heizmaschine als Wärmepumpe bezeichnet. Es handelt sich hierbei um den gleichen thermodynamischen Vorgang.

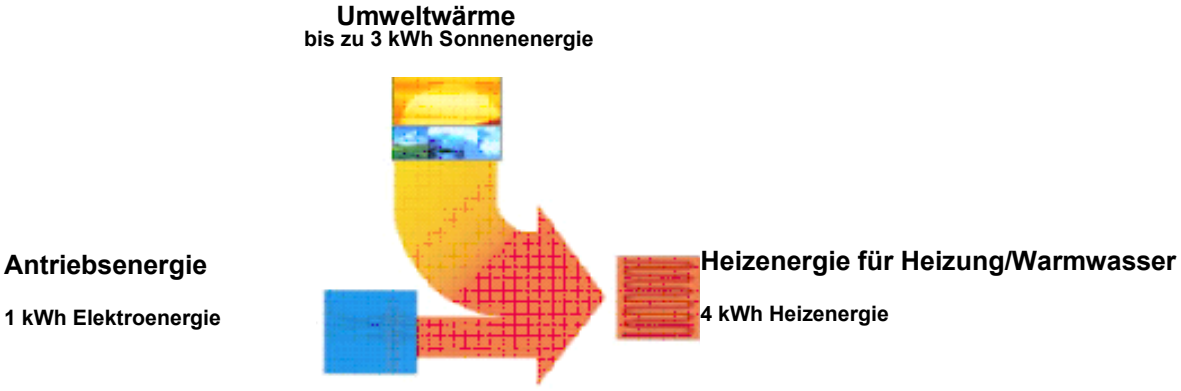


Bild 5-6: Umweltenergienutzung bei der Wärmepumpe /31/

Der energetische Vorteil der Wärmepumpe besteht darin, dass die in Form von Wärme verfügbare Energie bis zu 75% aus der Umweltwärme stammt und dazu nur 25%

hochwertige Antriebsenergie benötigt werden, d.h. mit einer kWh Elektroenergie stehen vier kWh Heizenergie zur Verfügung.
Die energetische Effizienz der Wärmepumpe wird durch die **Leistungszahl** □ gekennzeichnet, sie gibt das Verhältnis von nutzbarer Heizenergie zu zugeführter Energie an. Je höher die Leistungszahl □ ist, umso effizienter arbeitet das Wärmepumpen-System.

Es kann gezeigt werden, dass eine Wärmepumpe uneffektiv arbeitet, wenn die Temperatur des Energieträgers niedrig ist, z.B. die Temperatur der Außenluft bei Frostwetter (□ = 1). Die Wärmepumpe hat deshalb bei Verwendung von Gewässern (□ = 5) oder des Erdreichs (□ = 4 - 4,5) als Energieträger eine höhere Leistungszahl, da hier die Temperaturen selbst bei strengen Frosttagen im positiven Bereich liegen. Vorteilhaft wirken sich auch niedrige Temperaturen im Heizungskreislauf aus, wie sie vergleichsweise bei Fußbodenheizungen und generell in Niedrigenergiehäusern vorliegen.

Die Wärmepumpe für Heizungssysteme ist eine hervorragende Möglichkeit

- Heizkosten und Primärenergie zu sparen
- die CO_2-Emissionen zu vermindern.

5.1.5.2 Arbeitsprinzipien von Wärmepumpen

Wärmepumpen lassen sich unterteilen in Kompressions- und Sorptionswärmepumpen.

5.1.5.2.1 Kompressionswärmepumpen

Für den Antrieb von Kompressionswärmepumpen werden überwiegend elektrisch betriebene Kompressoren eingesetzt Bei größeren Wärmepumpen mit Heizleistungen über 100 kW werden für den Antrieb des Kompressors Gas- und Dieselmotoren verwendet.

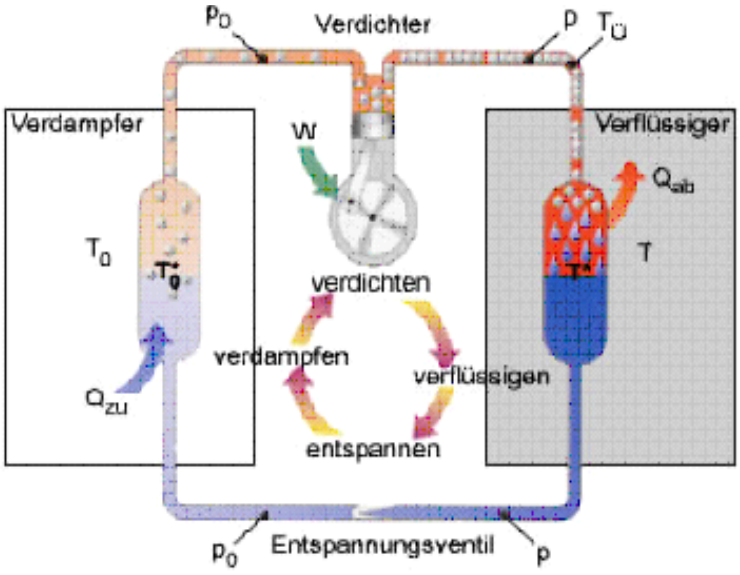


Bild 5-7: Funktionsschema und Antriebsprinzip einer Kompressionswärmepumpe /32/

Das **Funktionsschema einer Kompressionswärmepumpe** zeigt als wesentliche Baugruppen den Verdampfer, den Verdichter, den Verflüssiger und das Entspannungsventil. Diese sind mittels Rohrleitungen verbunden, in denen sich ein Kältemittel (Kohlenwasserstoffe, z.B. Propan oder Fluorkohlenwasserstoffe) bei niedrigen Temperaturen befindet, welches in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert. Wichtigste Eigenschaft von **Kältemitteln** ist, dass sie auch bei **niedrigen Temperaturen leicht verdampfen**. Durch Expansion sinkt die Temperatur des Kältemittels unter das Niveau der Umgebungswärme (Umweltwärme) ab. Diese Temperaturdifferenz zwischen der Wärmequelle (Luft, Erdreich oder Wasser) und dem Kältemittel ermöglicht einen Wärmestrom $\mathbf{Q_{zu}}$ zum Verdampfer, in welchem das flüssige Kältemittel durch Wärmezufuhr verdampft. Anschließend wird der Kältemitteldampf vom Verdichter angesaugt und auf einen Druck von über 20 bar komprimiert und dadurch erhitzt. Durch diese **Druckerhöhung** wird die **Temperatur des Kältemitteldampfes über das Temperaturniveau der Hausheizung angehoben**. Am Verflüssiger (Wärmeaustauscher) liegt deshalb eine Temperaturdifferenz zwischen heißem Kältemitteldampf und Heizungswasserrücklauf vor und es kommt zu einem Wärmestrom $\mathbf{Q_{ab}}$ zur Heizung.

Der unter Hochdruck stehende heiße Kältemitteldampf kondensiert dabei aus und wird flüssig, wobei er seine Kondensationswärme an das Heizungswasser überträgt und sich dabei abkühlt. Danach wird das noch unter Hochdruck stehende flüssige Kältemittel über ein Entspannungsventil entspannt, tritt wieder in den Teilkreislauf mit geringem Druck ein und wird wiederum dem Verdampfer zugeführt. Anschließend beginnt der Kreislaufprozess, d.h. verdampfen – verdichten – verflüssigen – entspannen, von neuem.

5.1.5.2.2 Sorptionswärmepumpen

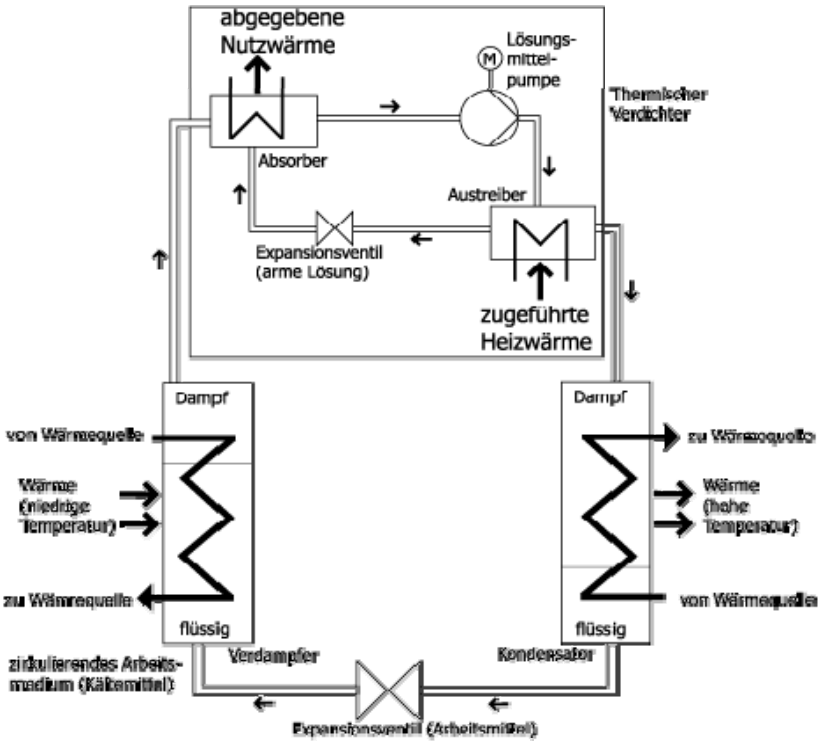


Bild 5-8: Funktionsschema und Antriebsprinzip einer Sorptionswärmepumpe /33/

Sorptionswärmepumpen nutzen reversible physikalisch-chemische Prozesse, bei denen zwei Stoffe durch Wärmezufuhr getrennt werden und bei der Rekombination (Absorption, Adsorption und Resorption) Wärme wieder freigegeben. Derzeit werden Absorptionswärmepumpen vor allem mit einem Arbeitsstoffpaar aus dem Lösungsmittel Wasser und dem eigentlichen Arbeitsmittel Ammoniak betrieben.
Eine Sorptionswärmepumpe kann auch mit einem Feststoff realisiert werden (z.B. Zeolith mit Wasser als Arbeitsmittel).

Die Sorptionswärmepumpe unterscheidet sich nur im Verdichter von der Kompressionswärmepumpe. Zu Beginn wird das Kältemittel im Verdampfer in den gasförmigen Zustand gebracht. Danach wird es in einen Lösungsmittelkreislauf eingeführt und wird vom Lösungsmittel unter Wärmeabgabe absorbiert. In der Lösungsmittelpumpe wird das flüssige Gemisch verdichtet, wobei sich das Temperaturniveau erhöht. Anschließend wird dem Gemisch im Austreiber Wärme zugeführt, wobei das Arbeitsmittel durch seinen niedrigen Siedepunkt verdampft. Während das Lösungsmittel im Kreislauf bleibt und sein Druck sich im Expansionsventil absenkt, wird das verdampfende Arbeitsmittel im Kondensator verflüssigt (unter Abgabe von Wärme, die genutzt werden kann – gleich wie bei der Kompressionswärmepumpe), im Expansionsventil auf ein niedrigeres Druckniveau gebracht und wiederum dem Verdampfer zugeführt. Der Kreislauf ist geschlossen.

5.1.5.3 Betriebsarten von Wärmepumpen

Um die Umgebungswärme nutzbar zu machen, sind folgende Systemelemente erforderlich:

Wärmequellenanlage:	zum Entzug der Energie aus der Umgebung
Wärmepumpe:	zur Erhöhung des Temperaturniveaus
Wärmenutzungsanlage:	zur Verteilung der Wärme.

Die Betriebsweise von Elektro-Kompressionswärmepumpen unterscheidet man in

- monovalenten Betrieb:

Die elektrisch betriebene Wärmepumpe deckt den Wärmebedarf des Gebäudes zu 100% allein.

- monoenergetischer Betrieb:

Der Anteil der Jahresheizarbeit der elektrisch betriebenen Wärmepumpe liegt bei 95%.
Nur an wenigen Tagen der Heizperiode (ca.5%) wird ein zweiter elektrischer Wärmeerzeuger z.B. in Form eines Elektroheizstabes im Pufferspeicher zugeschaltet.

- bivalenter Betrieb:

Neben der elektrisch betriebenen Wärmepumpe ist noch ein zweiter Wärmeerzeuger in die Heizanlage eingebunden, der bei einer bestimmten Außentemperatur die Beheizung unterstützt (z.B. eine Gasheizung).

Für den Betrieb von Wärmepumpen wird keine zusätzliche Kraftwerkskapazität benötigt, sondern die vorhandene besser ausgelastet. Deshalb bieten die territorialen Energieversorgungsunternehmen (EVU`s) und kommunalen Stadtwerke in ihren Versorgungsgebieten Sonderabkommen für den Strombezug an.

Sondertarife im ILM-KREIS:

E.ON Thüringer Energie AG:	ThüringenStrom.therm
Stadtwerke Ilmenau GmbH:	Ilmtherm WP
Stadtwerke Arnstadt GmbH:	ARNstrom Wärme

Der Strombezug wird in den Spitzenlastzeiten durch Sperrzeiten für den Betrieb der Wärmepumpe unterbrochen. Bei der Dimensionierung der Wärmepumpenheizung werden diese Sperrzeiten durch die Größe des Pufferspeichers berücksichtigt.

Vorteilhaft sind weiterhin die Fördermöglichkeiten nach dem Marktanreizprogramm der Bundesregierung (BAFA-Förderung). Der Zuschuss ist vom Anlagentyp (Wärmequelle: Wasser, Sole, Luft) und von der Gebäudeart (Neubau oder Modernisierung) abhängig /34/.

5.1.5.4 Wärmepumpentypen

- **Wasser/Wasser – Wärmepumpe**

Die Wasser/Wasser–Wärmepumpe mit Entnahme des Grundwassers aus einer Brunnenanlage (Saugbrunnen) und die Wiedereinleitung in die Grundwasser führende Schicht über einen Schluckbrunnen ist zurzeit das energetisch beste System, da die Wärmequellentemperatur bei Grundwasser das ganze Jahr bei nahezu konstant 10°C liegt. Vorher muss durch eine Analyse geprüft werden, ob in geeigneter Tiefe die notwendige Menge und Qualität des Grundwassers vorliegt. Die notwendigen Brunnentiefen liegen in der Regel bei 15 m. Es werden Leistungszahlen bis □ = 5 erreicht. Für den Betrieb der Wärmepumpenanlage ist eine wasserrechtliche Genehmigung von der Unteren Wassserbehörde erforderlich und sie wird monovalent betrieben.

- **Sole/Wasser – Wärmepumpen**

Sole/Wasser Wärmepumpen nutzen die in den oberen Erdschichten gespeicherte Energie, welche hauptsächlich durch Niederschlag und Sonneneinstrahlung aufgenommen wird. Die Speicherfähigkeit des Erdreiches sichert eine ganzjährige Verfügung. Die Temperatur schwankt nicht wesentlich und liegt in der Regel ganzjährig nicht unter 0°C.
Es werden Leistungszahlen > 4 erreicht. Für diese Wärmepumpe kommen Erdkollektoren (PE-Schläuche) in horizontaler Flachverlegung in Tiefen von 1,2 – 1,5 m oder Grabenkollektoren zum Einsatz sowie auch Erdwärmesonden, die in vertikaler Tiefenbohrung bis 100 m eingebracht werden. Bei Sole-Kreisläufen wird die Sole (Wasser-Frostschutzgemisch) durch die Erdkollektoren geleitet und die Wärmeübertragung auf das Kältemittel findet anschließend im Verdampfer der Wärmepumpe statt.
Die Tiefenbohrung ist genehmigungspflichtig bei der Unteren Wasserbehörde und verursacht höhere Erschließungskosten.

- **Luft/Wasser – Wärmepumpen**

Wenn als Wärmequelle weder Wasser noch Erdreich zur Verfügung stehen, kann ohne Genehmigung und ohne großen Erschießungsaufwand die Außenluft als Wärmequelle genutzt werden. Es werden Leistungszahlen > 3 erreicht. Derartige Wärmepumpen werden monoenergetisch betrieben.

Sie sichern Heizleistungen bis zu Außentemperaturen von - 30°C ab.

Wärmepumpen haben im Vergleich zu Gas- und Ölheizanlagen **höhere Investitionskosten**, insbesondere wegen der Erdkollektoren. Dafür entfallen aber Heiz- und Brennstofflagerkosten oder ein Kamin.

Vorteilhaft gestalten sich bei Wärmepumpen die **Betriebskosten**, da die Einsparungen generell zwischen 30 und 50% gegenüber konventionellen Heizungen liegen.

5.1.5.5 Wärmepumpen in Deutschland und Thüringen

- **Deutschland**

Zurzeit sind in Deutschland 90.000 Wärmepumpen-Heizungsanlagen installiert. Vorsichtig geschätzt ersparen diese im Vergleich zu einem modernen Niedertemperatur-Ölkessel der Umwelt jährlich etwa 170.000 Tonnen CO_2-Emissionen.

Im Jahr 2004 wurden 12.637 Wärmepumpen-Heizungsanlagen und 3.784 Warmwasser-Wärmepumpen in Betrieb genommen.

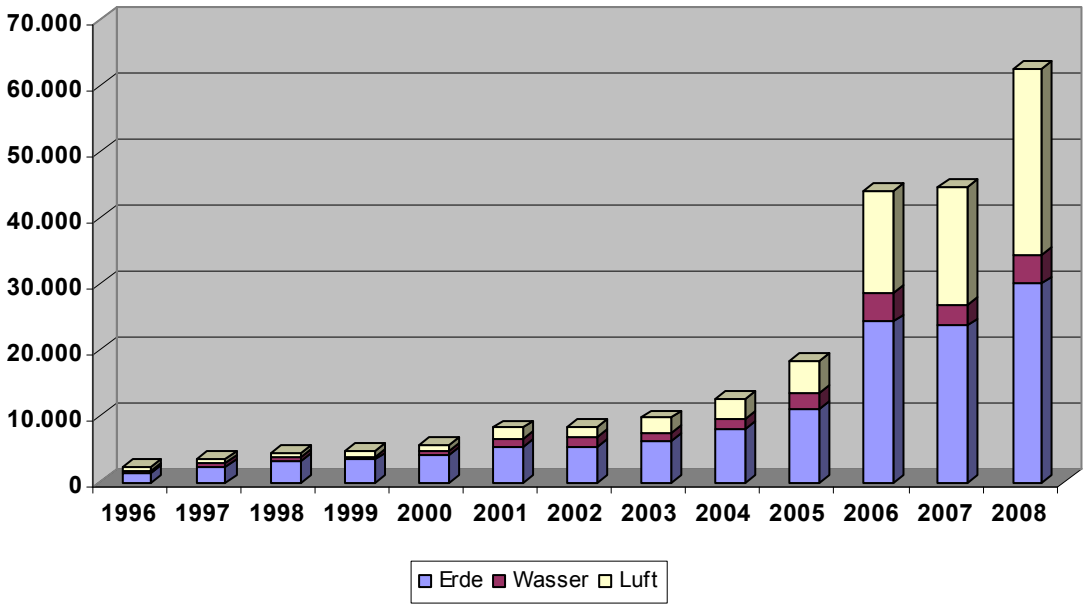


Bild 5-9: Heizwärmepumpenabsatz von 1996 – 2008 in Bundesrepublik Deutschland /34/

Dadurch wurde mit Zuwachsraten von über 29% der positive Trend der letzten Jahre fortgesetzt. Über 80% der Wärmepumpen kommen in **Neubauten** zum Einsatz.
Das Marktpotential für **Wärmepumpen im Altbaugebäudebestand** für den Sanierungsbereich des Heizungssystems ist ungefähr dreimal so hoch wie bei Neubauten. Für diesen Sanierungsbereich stehen jetzt Wärmepumpenentwicklungen der Hersteller mit Vorlauftemperaturen bis 65°C für Radiatorheizungen zur Verfügung. Fördermaßnahmen einzelner Landesregierungen und zahlreicher überregionaler, regionaler und städtischer Energieversorger spielen dabei eine wichtige Rolle.

In den Jahren nach 2004 setzte sich der rasante Aufschwung des Einsatzes von Wärmepumpen fort. Mittlerweile gibt es per 12/2008 in Deutschland rund 350.000 Wärmepumpen, Tendenz weiter steigend /34/. Die zahlenmäßige Entwicklung der in Deutschland installierten Wärmepumpen verdeutlicht die folgende Abbildung:

Die Anteile der in 2008 abgesetzten Wärmepumpen-Typen zeigt die nachfolgende Darstellung:

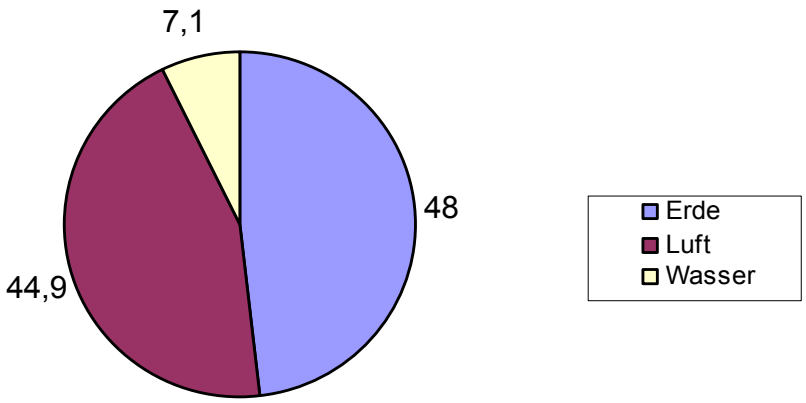


Bild 5-9a/2008: Anteile der Wärmepumpen-Typen in Deutschland 2008 in Prozent /34/

Es ist natürlich nicht möglich, hier eine Aussage über die installierten Heizleistungen zu treffen. Deutlich ist aber einerseits der extrem steigende Zuwachs an Wärmepumpen für Heizzwecke zu sehen und andererseits die überproportionale Steigerung der Luft/Wasser-Wärmepumpen, die in 2008 fast mit den Sole/Wasser-Wärmepumpen gleichgezogen haben, was die Absatzmenge betrifft.

- **Thüringen**

Der Nutzung von Wärmepumpen-Anlagen wird in Thüringen für Bauherren und Heizungsmodernisierer immer beliebter als alternative Heizungsanlage, weil die Betriebskosten und die Umweltvorteile überzeugen. Die Heizungsfirmen stellen sich dieser Herausforderung.

Die E.ON Thüringer Energie AG schloss im Januar 2005 die 1.000. Wärmepumpe an ihr Versorgungssystem an. Im Juli 2005 waren es bereits 1.144 Wärmepumpen mit einer installierten elektrischen Nennleistung von 3.218 kW.

Die Gesamtanzahl der zurzeit installierten Wärmepumpen in Thüringen lag Ende 2004 bei ca. 2000 Anlagensystemen.
Das Thüringer Landesamt für Statistik /20/ stellte in einer Untersuchung zum Wohnungsbau 2004 fest, das von den 3.137 neu errichteten Wohngebäuden (einschließlich Wohnheime) erstmals die alternative Beheizung mittels Wärmepumpe mit 207 Anlagen, entsprechend 6,6% (Vorjahr 4%), auf Platz 3 liegt. Spitzenreiter waren Gas (74%) und Heizöl (10,2%).

Diese Entwicklung hat sich in den vergangenen Jahren deutlich zugunsten der Wärmepumpen verändert, s.a Bild 5-3. Die nachfolgenden Darstellungen verdeutlichen diese Entwicklung, wie sie sich bei neu errichteten Wohngebäuden in 2006 und 2007 zeigt.

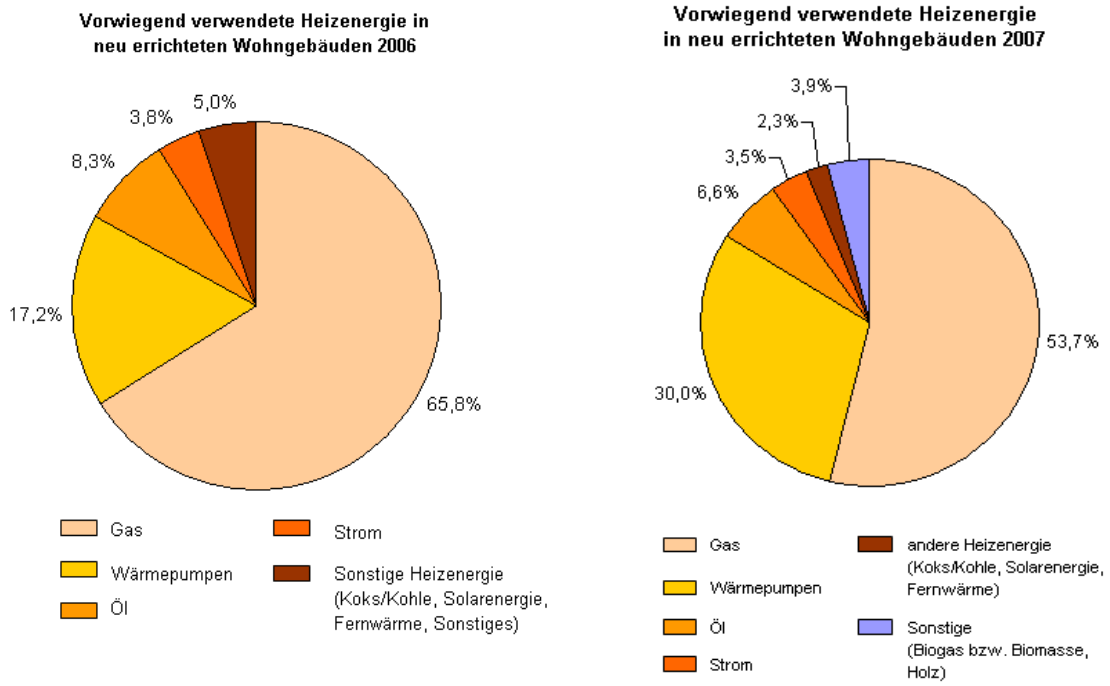


Bild 5-9b/2008: Vorwiegend verwendete Heizenergiesysteme in neu errichteten Wohngebäuden 2006 und 2007 in Thüringen /20/

5.1.5.6 Wärmepumpenanlagen im Ilm-Kreis

Im Jahr 2004 waren **118 Wärmepumpen** im Ilm-Kreis installiert mit

- einer elektrischen Nennleistung von 561 kW und
- einer Wärmeleistung von 2.353 kW.

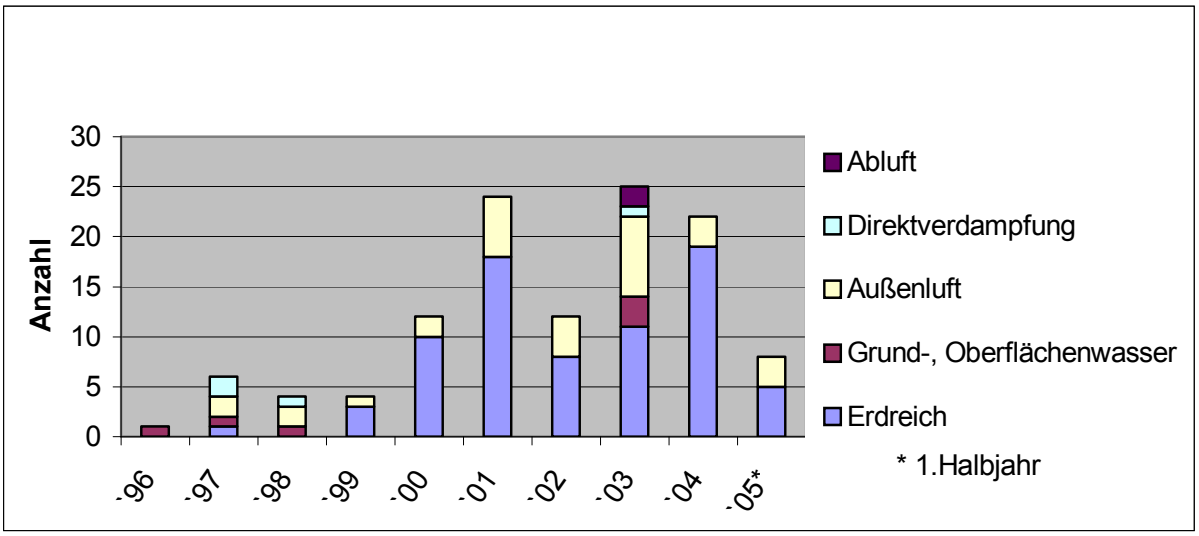


Bild 5-10: Errichtung von Wärmepumpenanlagen im Ilm-Kreis bis 2004 /36/

Folgende Wärmepumpentypen sind 2004 im Ilm-Kreis installiert:

- Erdreich	Flachkollektor:	26 Anlagen
	Bohrung:	49 Anlagen
	Direktverdampfung:	4 Anlagen
- Grund- und Oberflächenwasser:		6 Anlagen
- Außenluft:		31 Anlagen
- Abluft:		2 Anlagen

Die Wärmepumpen verteilen sich auf das E.ON-Versorgungsgebiet mit 95 Anlagen, auf das Versorgungsgebiet der Stadtwerke Arnstadt GmbH mit 14 Anlagen sowie auf das Versorgungsgebiet der Stadtwerke Ilmenau GmbH mit 9 Anlagen.

Mit den Wärmepumpenherstellern aus Arnstadt, der **AWP–Wärmepumpen GmbH** und der **Firma heatpumps.de**, besitzt der Landkreis zwei kleine, aber junge innovative Hersteller.

Bei der Verteilung der Wärmepumpenanlagentypen im Ilm-Kreis bilden die Erdreich-Wärmepumpen (Flachkollektor, Bohrung, Direktverdampfung) mit 67% den größten Anteil an Wärmepumpenanlagen für Heizzwecke, gefolgt von Luft-Wärmepumpen mit 26%, den Wasser-Wärmepumpen mit 5%, sowie den Abluft-Wärmepumpen mit 2%.

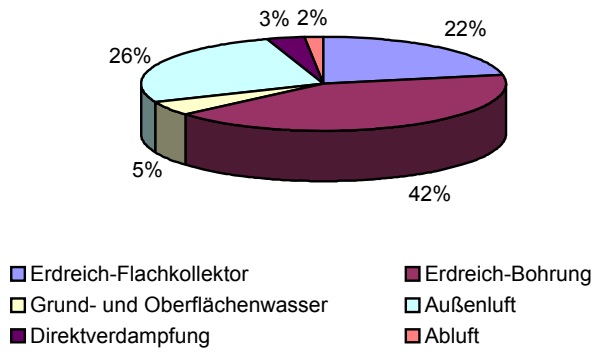


Bild 5-11: Verteilung der Wärmepumpenanlagentypen im Ilm-Kreis 2004 /36/

Die 118 Wärmepumpenanlagen verbrauchten im Jahr 2004 zur Erzeugung von Raumwärme für Heizungszwecke **Elektroenergie in Höhe von 926.104 kWh** und leisteten dabei eine **Wärmearbeit von 3.932.110 kWh**.

Es war nicht möglich, im Ilm-Kreis eine Erhebung anzustellen, um die Zahl und die Art der seit 2005 installierten Wärmepumpen und die mit ihrem Betrieb verbundene Elektroenergie sowie die erzeugte Wärmearbeit zu ermitteln. Es wurde deshalb auf Basis der in Abschnitt 5.1.2.1. ermittelten Anzahl an Wärmepumpen und unter Berücksichtigung der in diesem Abschnitt bereits angegebenen Energieverbräuche eine Trendabschätzung vorgenommen, deren Ergebnis die nachfolgende Tabelle enthält.

Jahr		Strom für Wärmepumpe			Gas-Basis		
	Wärmep. Anzahl Stck.	Energie-Verbrauch MWh	Emissions-Faktor: Strom t CO_2/MWh	CO_2-Emission t CO_2	Wärme-Arbeit MWh	Emissions-Faktor: Strom t CO_2/MWh	CO_2-Emission t CO_2
2004	118	926,1	0,683	632,5	3.932,1	0,200	786,4
2007	753	5.909,8	0,628	3.711,3	25.092,1	0,202	5.068,6
2015	2.433	19.095,0	0,628	11.992,0	81.074,6	0,202	16.377,1

Tabelle 5-16/2008: Bestand an Wärmepumpen (hochgerechnet) im Ilm-Kreis sowie zu erwartende CO_2-Emissionen 2004 und 2007

5.1.5.7 CO_2-Bilanz der Wärmepumpenanlagen im Ilm-Kreis 2004

Durch die Bewertung der verbrauchten Elektroenergie können mit dem Emissionsfaktor entsprechend dem aktuellen Strommix für 2007 von 0,628 kg CO_2/kWh die CO_2-Emissionen der Wärmepumpen für 2007 errechnet werden. Nachfolgend erfolgt der Vergleich mit den Ausgangswerten von 2004.

Im Vergleich zu modernen Gasheizungsanlagen wurden durch das Betreiben der Wärmepumpenanlagen folgende **Vorteile für den Klimaschutz bzw. für die Anlagenbetreiber** erreicht:

- **Vermeidung von 154 Tonnen CO_2-Emissionen in 2004**
- **Vermeidung von 1.357,3 Tonnen CO_2-Emissionen in 2007.**

(Einsparungswerte ergeben sich aus Tabelle 5-16/2008, Spalte 8 ./. Spalte 5)

Die Nutzung von Umweltwärme, die nicht durch Verbrennung von Erdgas (Heizwert 10,4 kWh/m³) aufgebracht werden muss, führt zu einer

- **Ressourcenschonung des Energieträgers Erdgas von 289.039 m³ (2004)**
- **Ressourcenschonung des Energieträgers Erdgas von 1.844.452 m³ (2007).**

Ausgehend von einem Gaspreis von 0,45 €/m³ netto und dem mittleren Wärmepumpentarif für den Strom von 0,11 €/kWh netto errechnen sich die Heizkosten für Gas zu 197.362 €/a brutto und für den Strom zu 118.171 €/a brutto für das Jahr 2004. Daraus folgt eine

- **Heizkostenersparnis von 79.191 €/a für die WP-Anlagenbetreiber (2004).**

Für das Jahr 2007 ist dann bei einem Gaspreis von 0,5345 €/m³ netto und dem mittleren Wärmepumpentarif für den Strom von 0,1144 €/kWh netto mit Heizkosten für Gas mit 1.534.611 €/a brutto und für den Strom mit 804.536 €/a brutto zu rechnen. Daraus folgt eine

- **Heizkostenersparnis von 730.075 €/a für die WP-Anlagenbetreiber (2007).**

5.1.5.8 Potenzialabschätzung für den Einsatz von Wärmepumpen und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Das Thüringer Landesamt für Statistik stellte in einer Untersuchung zum thüringenweiten Einsatz von Heizungsanlagen im **Wohnungsneubau** des Jahres 2004 fest, dass knapp 75% der 3.137 neu errichteten Wohngebäude (einschließlich Wohnheime) - wie auch im Vorjahr - mit einer Gasheizung ausgestattet sind /20/. Den zweiten Platz nimmt mit 10% Heizöl ein. Danach folgt erstmals die alternative Beheizung mittels Wärmepumpen mit 7% (Vorjahr 4 %) und hat damit Stromheizungen auf den vierten Platz mit 5% (Vorjahr 6%) verdrängt. Solarenergie allein als Heizung kommt nur in Einzelfällen zum Einsatz. Koks und Kohle als Energiequelle werden im Neubau kaum noch genutzt und haben einen verschwindend geringen Anteil. Im Wohnungsneubau spielt Fernwärme ebenfalls eine untergeordnete Rolle (ca.1%) sowie sonstige Heizenergie (ca. 2%).

Das Marktpotential für Wärmepumpen für den Sanierungsfall des Heizungssystems im **Altbaugebäudebestand** ist aber ungefähr dreimal so hoch, wie bei Neubauten laut Vermutung des Bundesverbandes WärmePumpe (BWP) e.V. /35/. Man kann davon ausgehen, dass ca. 20 % als technisches Potenzial für Wärmepumpen angenommen werden kann.
Von den im Jahr 2004 vorhandenen 22.311 Heizungsanlagen im Ilm-Kreis wird bis zum Jahr 2015 ein Wärmepumpenanteil von 7% als realistisch eingeschätzt. Das wären 142 Anlagen pro Jahr bzw. 1.562 Wärmepumpenanlagen bis zum Jahr 2015.

In Analogie zu den 2004 im Ilm-Kreis bestehenden 118 Wärmepumpenanlagen, die eine Wärmemenge von 3.932 MWh bei einem Stromverbrauch von 926,1 MWh erzeugen, würden 142 Wärmepumpen 4.732 MWh liefern bei gleichzeitigem Stromverbrauch von 1.114 MWh.

Für die CO_2-Emissionen bedeutet dies:

Erdgas	**4,732 GWh x 200 t CO_2 / GWh = 946,4 t CO_2**
Strom	**1,114 GWh x 683 t CO_2 / GWh = 760,9 t CO_2**

Die CO_2-Minderung pro Jahr beträgt: 185,5 t.

Im Zeitraum 2005 bis 2015 ergibt sich eine Gesamtminderung von 12.312 t (Basis 2004).

Bis zum Jahr 2015 werden unter den oben genannten Annahmen 2.433 Wärmepumpen ´arbeiten´. Dabei wird angenommen, dass jede Wärmepumpe im Mittel 33,3 MWh Wärme erzeugt, d.h. die gleiche Menge, die zuvor eine Heizung auf Basis fossiler Energieträger liefert.

Die jährliche Einsparung an Endenergie pro Jahr ergibt sich durch den Einsatz der Wärmepumpenanlagen unter Nutzung von Umweltenergie:

Zum rechnerischen Nachweis ist es erforderlich, über eine Äquivalenzrechnung mittels des Energieträgers Gas die Einsparung zu ermitteln (s. folgende Tabelle).

Zusammenfassung Wärmepumpen

1. Elektroenergieverbrauch für Betrieb der Wärmepumpen

Fossile Endenergie (Strom)			Mehrbedarf 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Mehrbedarf 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
0,93	5,91	19,1	- 18,17	0,63	3,71	12,0	- 11,37	WP als Ersatz für fossile Energieträger

2. Erzeugte Wärmeenergie mittels Wärmepumpe (bei 33 MWh pro WP im Jahr)

erzeugte Wärme-energie			Mehrertrag 2015 bezogen auf 2004	Vermiedene CO_2-Emissionen (Gasbasis)			Mehrertrag 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
3,93	25,09	81,07	77,14	0,79	5,07	16,38	- 15,6	WP als Ersatz für fossile Energieträger

3. Resultierende Bilanzen

Durch Nutzung von Umweltwärme vermiedene fossile Endenergie			Mehrertrag 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
3,0	19,18	61,97	58,97	- 0,16	- 1,36	- 4,38	4,22	WP als Ersatz für fossile Energieträger

Diese Tabellen sind so zu interpretieren, dass in 2015 zur Deckung des Wärmebedarfs mit Wärmepumpen 19,1 GWh elektrische Energie aufgewendet werden muss, die mit 12 kt CO_2-Emissionen verbunden ist. Mit der Elektroenergie wird durch Nutzung von 62 GWh Umweltwärme der Wärmebedarf in Höhe von 81,1 GWh gedeckt. Energetisch betrachtet bedeutet dies, dass 19,1 GWh Elektroenergie aufgewendet werden müssen für 81,1 GWh Wärmeenergie.

Würden nun die benötigte Wärmemenge von 81,1 GWh mittels Gasheizungen erzeugt, wäre eine entsprechende Menge Gas zu verbrennen, was – unter Zuhilfenahme des CO_2-Emissionsfaktors – einer Emission von 16,38 kt CO_2 entsprechen würde. Neben dem – hier nicht betrachteten – Nicht-Einsatz (= Einsparung) von Erdgas weist diese Äquivalenzrechnung eine CO2-Reduzierung bei diesem Beispiel von 4,4 kt in 2015 aus.

5.1.6 HF 06, Nutzung des Kraft-Wärme-Kopplungspotenzials zur CO_2-Minderung

5.1.6.1 Kraft-Wärme-Kopplung, KWK

Unter Kraft-Wärme-Kopplung wird das **gleichzeitige Erzeugen von Strom und Wärme** verstanden. Sie führt zu deutlich niedrigeren Energieverlusten als eine getrennte Erzeugung. Wenn ein konventionelles Großkraftwerk elektrischen Strom erzeugt, werden zuerst große Dampfmengen produziert und dann über Turbinen in Strom umgewandelt. Dieser Umwandlungsprozess ist mit hohen Verlusten verbunden. Trotz stetiger Verbesserungen kommen deutsche Großkraftwerke nur auf einen durchschnittlichen Nutzungsgrad von 37 bis 40 Prozent. Fast zwei Drittel der eingesetzten Brennstoffenergie werden ungenutzt über große Kühltürme an die Umgebungsluft abgegeben und heizen so die Atmosphäre auf oder erwärmen unsere Flüsse und Seen.

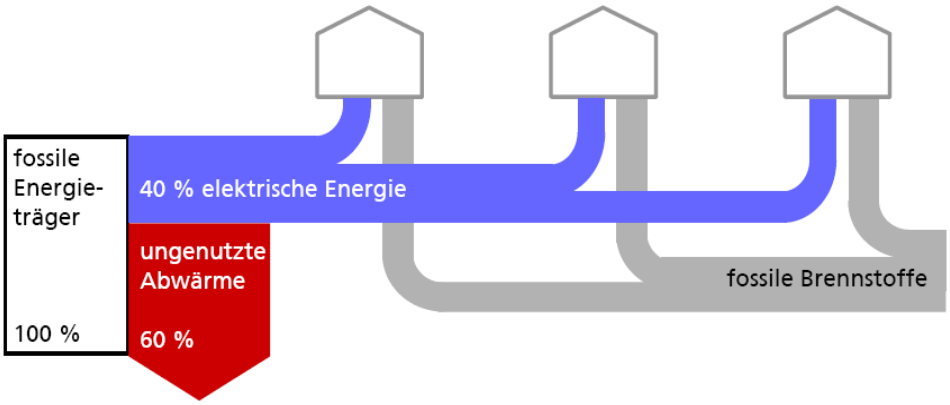


Bild 5-12: Struktur eines Kraftwerkes mit derzeit überwiegender Stromproduktion /33/

Hier setzt die Kraft-Wärme-Kopplung an. Die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärmemenge wird genutzt zur Beheizung unter anderem für Häuser und Gewerbebetriebe. Dadurch erhöht sich der Gesamtnutzungsgrad von KWK-Anlagen auf bis zu 90 %. Besonders geeignet für die Nutzung der KWK-Technik sind dezentrale, kleinere Heizkraftwerke. Bei ihnen entfallen die nennenswerten Strom- und Wärmetransportverluste auf dem Weg zu den Verbrauchern. Der Strom und die Wärme können gleichzeitig direkt vor Ort produziert und verbraucht werden.

Die Stromproduktion in **Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen** ist eine der **kosteneffizientesten Maßnahmen für den Klimaschutz** und kann einen hohen Anteil der erforderlichen CO_2-Reduzierung leisten, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls von der Bundesrepublik erbracht werden muss. Mit den politischen Maßnahmen, dem KWK - Gesetz von 2002 (Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung) und der Mineralölsteuerbefreiung für KWK im Rahmen der ökologischen Steuerreform, hat die Bundesregierung versucht, den Anteil von KWK-Anlagen an der Stromerzeugung deutlich zu erhöhen. Konkrete Veränderungen sind derzeit nur im kleinen Leistungsbereich (< 50 kW_{el}) festzustellen.
Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Stromerzeugung in Deutschland bleibt bislang weit hinter den technischen und ökonomischen Möglichkeiten zurück. Das seit Juli 2005

gültige Energiewirtschaftsgesetz kann dazu beitragen, dies zu ändern. Über die aktuellen Zielstellungen der Bundesregierung siehe auch Kapitel 2.2.

In Deutschland werden derzeit nur etwa 10% des Strombedarfs mit KWK-Anlagen gedeckt. Die Mehrheit von ihnen sind große Kraftwerke, die ihre Wärme in Fernwärmenetze einspeisen. Einen kleinen Beitrag liefern bislang die kompakten und kleineren Anlagen zur gleichzeitigen Strom- und Wärmeversorgung.
Das Potenzial zum weiteren Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland ist vorhanden. Es ist technisch und wirtschaftlich machbar dieses auszunutzen, sowohl im Bereich der industriellen Kraft-Wärme-Kopplung, aber insbesondere auch im Bereich der Nah- und Fernwärme und der Versorgung einzelner, kleinerer Objekte.

Die Einteilung der KWK erfolgt nach Größenklassen, die sich nach der elektrischen Leistung unterscheiden in:

Mikro-KWK:	**≤**	**15 kW**	(teilweise auch Mini-KWK oder Mini-BHKW)
Kleinst-KWK:	**≤**	**50 kW**	
Klein-KWK:	**≤**	**2000 kW**	
Große KWK:	**>**	**2000 kW**	

Die KWK–Anlagen nutzen sowohl fossile als auch Erneuerbare Energien und tragen so zur Verminderung des Brennstoffbedarfs und damit zur Umweltentlastung und zum Klimaschutz bei.
Die KWK–Technologie fördert die Dezentralisierung in der Energiewirtschaft.
Durch den umfassenden Einsatz der KWK–Technologie könnte der Einsatz von Energieträgern zur Erzeugung von Strom und Wärme um rund ein Drittel reduziert werden. Die KWK ist daher ein geeignetes Instrument zur CO_2–Einsparung.

Die leistungsstärksten KWK-Anlagen werden als Heizkraftwerke bezeichnet.
Wird die Kraft-Wärme-Kopplung in einer kleinen, kompakten Anlage durchgeführt und nicht in einem Heizwerk, so handelt es sich dabei um ein **Blockheizkraftwerk (BHKW**). Es ist in der Regel nicht an ein Nah- oder Fernwärmenetz angeschlossen. Die dominierende Technologie der Energiewandlung bilden Verbrennungsmotoren, für die flüssige oder gasförmige Energieträger eingesetzt werden.

5.1.6.2 Aufbau und Funktionsprinzip eines BHKW

In den meisten Fällen setzt sich eine BHKW-Anlage aus folgenden Hauptkomponenten zusammen:

- Otto- oder Dieselmotor, Gasmotor, Gasturbine und Stirlingmotor als Generatorantrieb
- Elektrischer Generator zur Stromerzeugung
- Wärmeaustauschersysteme zur Rückgewinnung der Wärmenergie aus dem Abgas, der Motorwärme und dem Ölkreislauf
- Elektrische Schalt- und Steuereinrichtungen
- Hydraulische Einrichtungen zur Wärmeverteilung

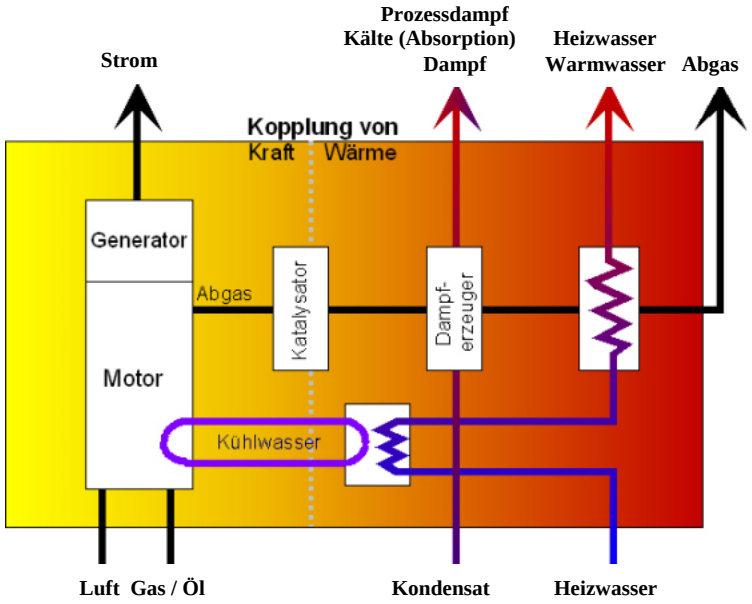


Bild 5-13: Blockbildschema KWK-Anlage /33/

Ein Motor treibt den elektrischen Generator an. Die Abwärme aus dem Kühlwasser, dem Ölkreislauf und den Motorabgasen werden zur Bereitstellung von Nutzwärme verwendet. Der Gesamtnutzungsgrad der eingesetzten Energieträger erreicht bis zu 90 %.

Eine Alternative zu den Verbrennungsmotoren stellt die KWK mit Brennstoffzellen dar, deren Markteinführung in den nächsten Jahren erwartet wird.

Auf den wirtschaftlichen Einsatz der KWK - Anlagen haben die Rahmenbedingungen der Liberalisierung der Energiemärkte und die Preisentwicklung der fossilen Energieträger einen bedeuteten Einfluss.
BHKW werden in den meisten Fällen mit Heizöl oder Erdgas betrieben, wobei die letztere Lösung als umweltfreundlicher gilt. Auch Anwendungen mit verschiedenen Biogasen und Biodiesel sowie mit Holz sind technisch erprobt. Zunehmend werden eingesetzt:

- das Biogas aus Abprodukten der Landwirtschaft (z.B. Gülle)
- das Klärgas aus Kläranlagen
- das Deponiegas von Mülldeponien
- das Pyrolysegas aus Restmüll
- oder Holz als Brennstoff

Der Einsatz von BHKW erfolgt entweder im Inselbetrieb oder im gekoppelten Betrieb. Im Inselbetrieb speist das BHKW nicht in das öffentliche Stromnetz ein, sondern der erzeugte Strom wird dezentral vor Ort verwendet.
Dagegen kann im gekoppelten Betrieb das BHKW den erzeugten Strom in das Stromnetz des Versorgungsgebietes des örtlich zuständigen Energieversorgungsunternehmens (EVU) einspeisen.

BHKW können für zwei unterschiedliche Betriebsweisen ausgelegt werden:

- **Wärmeorientierte** Auslegung und Fahrweise

Beim wärmegeführten Einsatz einer KWK-Anlage wird der benötigte Wärmebedarf ermittelt und die Fahrweise der gesamten Anlage auf diesen ausgerichtet. Erzeugte Stromüberschüsse werden in das öffentliche Netz eingespeist.

- **Stromorientierte** Auslegung und Fahrweise

Beim stromgeführten Einsatz eines BHKW stellt der benötigte Strombedarf die Führungsgröße dar. Die dabei anfallende Wärme variiert in Abhängigkeit von der Stromerzeugung und sollte möglichst vollständig genutzt oder notfalls über Kühleinrichtungen abgeführt werden.

KWK-Anlagen stellen attraktive Alternativen für die Bereitstellung geringerer Leistungen von Strom und Wärme dar, wie sie in Industrie- und Landwirtschaftsbetrieben, Hotels und Restaurants, Sport- und Freizeiteinrichtungen, Schulen und Krankenhäusern, Wäschereien, Saunen, Wohnsiedlungen, Nahversorgungssystemen für Wohn- und Industriegebäude benötigt werden.

5.1.6.3 Mini-Blockheizkraftwerk

Die kleinsten Versionen von KWK-Anlagen, die keine Nah- oder Fernwärmenetze, sondern einzelne Objekte, wie beispielsweise Ein- und Mehrfamilienhäuser, Hotels oder kleine Gewerbebetriebe versorgen, werden Mini-BHKW oder auch Mikro-KWK genannt. Solche Anlagen haben eine elektrische Leistung von nur einigen Kilowatt.

In den letzten Jahren vollzog sich die erfolgreiche Markteinführung von Mini-Blockheizkraftwerken als anschlussfertige, kompakte Serienprodukte. Sie sind ein wichtiger Baustein beim Aufbau dezentraler Energiestrukturen im privaten Haushalt und im Dienstleistungsbereich.

Ein Mini-Blockheizkraftwerk wird in der Regel im Heizungsraum des Gebäudes aufgestellt. Die Anlage ist hervorragend schallgedämmt, so dass die Bewohner eines Hauses oder die Gäste eines Hotels bei laufendem Betrieb nicht gestört werden. Als Brennstoff wird vor allem Erdgas und Heizöl, neuerdings auch verstärkt Rapsöl und Biogas eingesetzt.
Die anfallende Abwärme vom Motor und des Abgases wird über Wärmeaustauscher in den Heizungskreislauf des Hauses eingespeist. Für den wirtschaftlichen Betrieb ist es vorteilhaft, wenn das kleine Kraftwerk möglichst viele Stunden des Jahres läuft, mindestens 5.000 h/a.

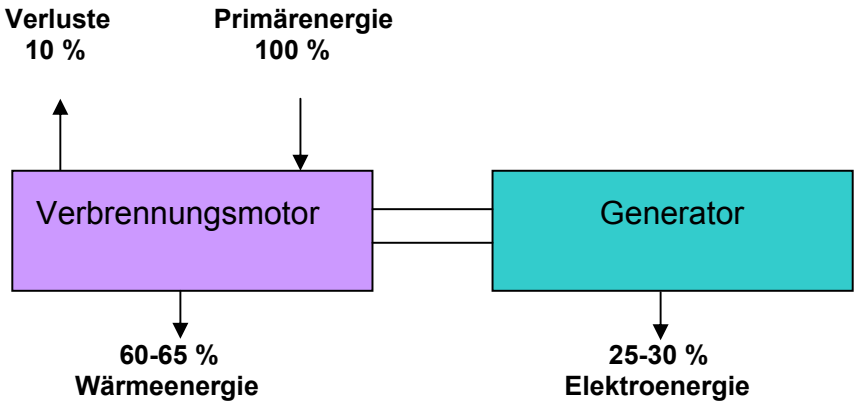


Bild 5-14: Energieumwandlung beim Mini-BHKW

Daher wird es so klein dimensionieren, dass es nur eine Grundlast an Wärme liefert. Den restlichen Wärmebedarf, der beispielsweise an kalten Wintertagen oder bei starker Nachfrage nach Warmwasser entsteht, liefert ein Spitzenlastkessel, also ein ganz normaler Heizkessel. Ein zusätzlicher Wärmespeicher erweist sich in vielen Fällen als sinnvoll, denn dann kann das BHKW auch laufen, wenn viel Strom, aber keine Wärme verbraucht wird. Strom und Wärme können durch den Speicher in gewissen Grenzen entkoppelt werden.

Bild 5-15: Wärmespeicher zur Vergleichmäßigung der Laufzeit von BHKW

Je länger ein Mini-BHKW läuft, desto höher sind die Erlöse und umso schneller amortisiert sich seine Investition.

Betreiber kleiner KWK-Anlagen mit elektrischen Anschlußnennleistungen bis einschließlich 50 kW, die bis zum 31.Dezember 2005 in Dauerbetrieb genommen wurden, erhalten für den ins öffentliche Netz eingespeisten KWK-Strom eine Anspruchsvergütung in Höhe von 5,11 Cent pro Kilowattstunde entsprechend dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz/66/. Dies gilt für einen Zeitraum von zehn Jahren ab Aufnahme des Dauerbetriebes der Anlage.

Deutschland liegt sowohl bei der Installation als auch bei der Herstellung von Mini-Blockheizkraftwerken in Europa an der Spitze.

Beispiel für ein leistungsmodulierendes Mini-Blockheizkraftwerk

Ein leistungsmodulierendes Mini-BHKW passt seine Leistung dem Heizbedarf an. Das in Thüringen in Gera hergestellte Mini-BHKW **ecopower** kann im Bereich von 1,3 bis 4,7 kW elektrisch und von 4,5 bis 12,5 kW thermisch modulierend gefahren werden. Es wird grundsätzlich wärmegeführt betrieben.

Leistungsdaten Mini-BHKW **ecopower**:

- Gesamtwirkungsgrad > 90 %, davon
- 25 % elektrisch
- 65 % thermisch
- Einzylinder-Gasmotor 272 cm^3
- Variable Drehzahl 1.200 bis 3.600 U/min
- Brennstoffe: Erdgas, Flüssiggas
- Schallpegel < 56 dB (A)
- Abmaße L 137 x B 74 x H 102 cm
- Gewicht 345 kg
- Lebensdauer bis 80.000 Betriebsstunden

Bild 5-16: Ansicht des Mini-BHKW **ecopower**

5.1.6.4 Blockheizkraftwerke im Ilm-Kreis

Im Ilm-Kreis sind seit vielen Jahren BHKW's unterschiedlicher Art und in unterschiedlichen Anwendungsfällen im Einsatz. Im Jahr 2004 waren es 19 BHKW's.

Die bisher beschriebenen großen BHKW's im Landkreis sind bei den jeweiligen örtlichen Energieversorgern installiert: bei den Stadtwerken Arnstadt GmbH und den Stadtwerken Ilmenau GmbH / Ilmenauer Wärmeversorgung GmbH. Sie arbeiten auf Erdgasbasis.

Im Juli 2005 begann der Betrieb des neuen Biomasse- Heizkraftwerkes Ilmenau (BHI GmbH). Als Brennstoff wird Altholz verwendet. Neben der Stromerzeugung koppelt es auch Nutzwärme aus und speist diese in das Fernwärmenetz ein.

Die 19 BHKW's verfügen über eine

- elektrische Gesamtleistung von **13.148 kW** **(13,15 MW)** sowie eine
- thermische Gesamtleistung von **23.227 kW** **(23,2 MW).**

Nr.	Betreiber	Standort	$P_{elektr.}$ kW	P_{therm} kW	Kraftstoff
1	Ilmenauer Wärmeversorgung GmbH	Ilmenau	4.700,0	8.300,0	Erdgas
2	BHI GmbH	Ilmenau	5.100,0	10.000,0	Holz
3	Stadtwerke Arnstadt GmbH	Arnstadt	464,0	609,0	Erdgas
4	Stadtwerke Arnstadt GmbH	Arnstadt	464,0	609,0	Erdgas
5	Stadtwerke Arnstadt GmbH	Arnstadt	784,0	1.189,0	Erdgas
6	Stadtwerke Arnstadt GmbH	Arnstadt	784,0	1.189,0	Erdgas
7	Stadtwerke Arnstadt GmbH	Arnstadt	784,0	1.189,0	Erdgas
8	Landwirtschaftl. Erzeugergesellschaft	Dannheim	5,5	12,5	Erdgas
9	Gasthaus	Frauenwald	5,5	12,5	Erdgas
10	Gasthaus Scheidt	Niederwillingen	5,5	12,5	Erdgas
11	Gasthaus Scheidt	Niederwillingen	5,5	12,5	Erdgas
12	Eisdiele San Marco u. Pizzeria	Stadtilm	5,5	12,5	Erdgas
13	Solar-Dorf Kettmanshausen e.V.	Kettmannshausen	1,2	1,8	Wasserstoff
14	Solar-Dorf Kettmanshausen e.V.	Kettmannshausen	4,7	12,0	Flüssiggas
15	Küchenhaus Fisch	Arnstadt	5,5	12,5	Erdgas
16	Mehrfamilienhaus	Gräfenroda	5,5	12,5	Erdgas
17	EFH Scholl	Plaue	5,5	12,5	Erdgas
18	EFH Schwarze	Elgersburg	7,9	11,7	Heizöl
19	Henkel, Rost & Partner	Langewiesen	10,0	16,0	Pflanzenöl
	Summe		**13.147,8**	**23.226,5**	

Tabelle 5-17: Auswahl von Betreibern und Standorten von BHKW's im Ilm-Kreis im Jahr 2004 /33/

Eine aktuelle – wenn auch aufgrund mangelhafter Zuarbeiten lückenhafte – Darstellung der Zuwächse von BHKW´s im Ilm-Kreis für die Zeit bis 2007 enthält die nachfolgender Tabelle:

Klein-BHKW´s	2005	2006	2007
E.ON Thür. Energie			
eingespeiste Energie; kWh, gesamt			
Neuinstallationen; Stück			
Leistung der Neuinstallationen; kW			
Stadtwerke Ilmenau			
eingespeiste Energie; kWh, gesamt	7.604	19.827	16.111
Neuinstallationen; Stück	1	0	0
Leistung der Neuinstallationen; kW	5,5		
Stadtwerke Arnstadt			
eingespeiste Energie; kWh, gesamt			10.905.128
Neuinstallationen; Stück			1
Leistung der Neuinstallationen; kW			5,5

Tabelle 5-17a/2008: Entwicklung der BHKW´s im Ilm-Kreis

5.1.6.5 CO_2 - Bilanz der BHKW im Ilm-Kreis

Nachfolgend wird eine Analyse der CO_2-Emissionen für die beiden örtlichen Energieversorger durchgeführt. Diese wurden ausgewählt, da hierfür die erforderlichen Daten zur Verfügung standen und die Leistungswerte der sonstigen Anlagen weniger als 1% betragen.
Die Erdgas-BHKW der Stadtwerke Arnstadt GmbH leisteten 2004 eine

- elektrische Arbeit von **15.278 MWh** und eine
- Wärmearbeit von **44.068 MWh**.

Das seit 1995 im Betrieb befindliche Gasturbinen-BHKW der Ilmenauer Wärmeversorgung GmbH hat Nennleistungen von 4,7 MW elektrisch und 8,3 MW thermisch. Zusammen mit dem ab 07/2005 in Betrieb gegangenen Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau ergeben sich folgende Einspeisungen:

	2004	2005	2006	2007
BHKW´s der Stadtwerke ARN:				
elektrische Arbeit; MWh/a	15.278	k. A.	k. A.	10.905
Wärmearbeit; MWh/a	44.068	41.970	39.569	30.488
Gasturbinen-BHKW IL:				
elektrische Arbeit; MWh/a	33.202	26.763	27.013	16.093
Wärmearbeit; MWh/a	55.400	51.286	49.342	29.689
Biomasse-Heizkraftwerk IL:				
elektrische Arbeit; MWh/a	0	9.314	33.357	26.663
Wärmearbeit; MWh/a	0	15.526	42.591	50.368
Gesamteinspeisung:				
elektrische Arbeit; MWh/a	48.480	(36.077)	(60.370)	53.661
Wärmearbeit; MWh/a	99.468	108.782	131.502	110.545

Tabelle 5-17b/2008: Energieeinspeisung der BHKW´s im Ilm-Kreis, bezogen auf die kommunalen Netzbetreiber

Diese kommunalen Energieerzeuger verursachen die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Emissionen, wobei gleichzeitig aufgezeigt wird, welche Emissionen entstanden wären, würde der Wärmebedarf durch Braunkohleverbrennung und der Strombedarf durch den Bezug aus dem allgemeinen Energienetz gedeckt werden:

	2004			2007		
	GWh	t CO_2/GWh	t CO_2	GWh	t CO_2/GWh	t CO_2
Emissionen kommunaler BHKW:						
davon für:						
elektrische Arbeit (Erdgas)	48,480	200	9.696	26,998	202	5.454
elektrische Arbeit (BHI IL)	0,000			26,663	0	0
thermische Arbeit (Erdgas)	99,468	200	19.894	60,177	202	12.156
thermische Arbeit (BHI IL)	0,000			50,368	0	0
Emissionen gesamt:	**147,948**		**29.590**	**164,206**		**17.610**
bei **Braunkohleeinsatz** für						
thermische Arbeit	99,468	400	39.787	110,545	361	39.907
bei **Netzbezug** für						
elektrische Arbeit	48,480	683	33.112	53,661	628	33.699
Emissionen gesamt:	**147,948**		**72.899**	**164,206**		**73.606**

Tabelle 5-18: Vergleich der Schadstoffbelastung bei der Energieerzeugung durch die kommunalen BHKW´s zu Braunkohlenverbrennung für den Wärmebedarf und Netzbezug für den Strombedarf

Durch die Anwendung umweltfreundlicher Erdgas-BHKW im Landkreis ergeben sich beträchtliche Schadstoffentlastungen. Für einen Vergleich mit der Situation vor Inbetriebnahme der BHKW liegen keine belastbaren Daten vor.

Fazit

Betrachtet man die große Anzahl von Einsatzmöglichkeiten für BHKW, so zeigt der derzeitige Stand im Ilm-Kreis, dass das mögliche Potenzial bei weitem noch nicht ausgeschöpft ist.
Bei den örtlichen Stadtwerken ist die Umstellung auf KWK bereits erfolgt und ergibt neben Vorteilen für den Klimaschutz auch eine gute Wirtschaftlichkeit.
Bei einer verbreiteten Anwendung von Mini-BHKW in der Industrie, in Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben, Mehrfamilienhäusern, Hotelanlagen, Landwirtschaftsbetrieben und im privaten Haushalt ergeben sich noch bedeutende Emissions-Einsparpotenziale.
Mit dem weiteren Ansteigen des Energiepreises für Strom wird sich die Wirtschaftlichkeit beim Einsatz von BHKW weiter verbessern und die Zahl der Anwendungsfälle zunehmen.

Über die Möglichkeiten, Mini-BHKW zu nutzen, bestehen noch immer erhebliche Informationsdefizite. Hier sei in diesem Zusammenhang auch auf ein Thesenpapier /36/ hingewiesen, welches bereits in der Öffentlichkeit vorgestellt wurde und ein interessantes wirtschaftliches Konzept mit Zielen und Denkanstößen aufzeigt.

5.1.6.6 Potenzialabschätzung für den Einsatz von BHKW und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Ein großes Potenzial bietet die dezentrale Nutzung der gekoppelten Strom- und Wärmebereitstellung durch die sogenannte Kraft-Wärme-Kopplungs-Technologie (KWK).
Nach den Eindrücken der Installations-Sanitär-Haushalt-Messe (ISH) 2005 in Frankfurt und aktuellen Aussagen der Fachpresse zu urteilen, werden in Zukunft Mini-Blockheizkraftwerke die konventionellen Brennwertkessel als effiziente Heiztechnik ergänzen.
Die Realisierungsmöglichkeit in der dezentralen Energieversorgung von größeren Haushalten, Gewerbe- und Dienstleistungsbetrieben sowie in Industrie und Landwirtschaft ist dafür im Ilm-Kreis gegeben.
Die Informationslage im Landkreis bezüglich der energiesparenden KWK-Technik wird derzeit als unzureichend eingeschätzt und bedarf weiterer Öffentlichkeitsarbeit.

Das technische Potenzial für den Einsatz von KWK-Anlagen im Ilm-Kreis ist erheblich, insbesondere für Mini-BHKW. Vom Stand 2005 ausgehend, wird ein Potenzial von 330 Mini-BHKW-Anlagen angenommen, die bis 2015 errichtet werden können. Das wären 30 Mini-BHKW pro Jahr, die vorzugsweise in Gewerbebetrieben und Mehrfamilienhäusern zum Einsatz kommen könnten.
Bei Realisierung dieses Ansatzes durch das Produkt ecopower mit einer thermischen Leistung von 12 kW oder ähnliche Produkte würde sich eine CO_2-Minderung von insgesamt 7.656 t bis ins Jahr 2015 ergeben.

Beispielhaft ist für das mit Erdgas betriebene Mini-BHKW ecopower der Berechnungsgang beschrieben.

Leistungswerte:	thermische Leistung	12 kW
	elektrische Leistung	5 kW
Laufzeit im Jahr:	7.000 Stunden (üblicher Ansatz):	
Jahresenergien:	thermische Energie	12 kW x 7.000 h = 84.000 kWh
	elektrische Energie	5 kW x 7.000 h = 35.000 kWh
	Summe:	119.000 kWh

Der vor Ort produzierte Stromwertanteil, multipliziert mit dem spezifischen Emissionskoeffizienten für Erdgas, ergibt die CO_2-Minderung als Differenz zum ersetzten Stromanteil aus dem Stromnetz.
Die Wärmeerzeugung mit einem Gasheizkessel oder mit einem BHKW ergibt hinsichtlich der CO_2-Bilanz keine wesentlichen Unterschiede.

Erdgaseinsatz:	0,035 GWh x 200 t CO_2 / GWh = 7,0 t CO_2 pro Jahr
Strom (Kraftwerksmix):	0,035 GWh x 683 t CO_2 / GWh = 30,2 t CO_2 pro Jahr
Differenz:	30,2 t – 7,0 t = 23,2 t pro Jahr (CO_2-Minderung)
Stand 2005:	30 Anlagen x 23,2 t = 696 t
Stand 2015:	330 Anlagen x 23,2 t = 7.656 t

Im Jahr 2015 können durch den Betrieb von 330 Mini-BHKW insgesamt 7.656 t CO_2 vermieden werden (Basis 2004).

Bezüglich der BHKW´s im Ilm-Kreis gibt es keine neuen Erkenntnisse. Unter den Prämissen, dass zum Einen die bisher installierten Mini-BHKW hinsichtlich ihrer installierten Leistungen deutlich unter 1 % der installierten Gesamtleistung liegen und zum Anderen von den möglichen zusätzlichen Mini-BHKW´s keines installiert wurde, sollte diese hypothetische Betrachtung in dieser Fortschreibung außer Acht gelassen werden.
Des Weiteren ist es nicht korrekt, die bei SW ARN, IWV und BHI installierten BHKW mehrfach heranzuziehen. Im HF 03 (Abschnitt 5.1.3.) wurde bereits der Anteil dieser BHKW´s an der Fernwärmeversorgung berücksichtigt. Deshalb kann hier nur der Anteil der Eigenstromerzeugung betrachtet werden.

Für die Ermittlung der energetischen und der CO_2-Bilanz wird in diesem Handlungsfeld von folgenden Prämissen ausgegangen:

- Für die Potentialabschätzungen wird davon ausgegangen, dass der Fernwärme- und damit der Stromabsatz der SW Arnstadt jährlich um 1% zurückgeht.
- Für die Potentialabschätzungen wird davon ausgegangen, dass der Fernwärme- und damit der Stromabsatz der Ilmenauer Wärmeversorgung IWV (KWK der Gasturbine) jährlich um 1% zurück geht.
- Für die Potentialabschätzungen wird davon ausgegangen, dass die Fernwärme- und damit die Stromerzeugung der IWV (Gasspitzenkessel) nur im Havariefall erfolgt und somit für 2015 nicht mehr berücksichtigt wird.
- Für die Potentialabschätzungen wird davon ausgegangen, dass der Fernwärme- und Stromabsatz der BHI jährlich gleich bleibt.
- Wegen fehlender Energieverbräuche der in Tab. 5-17/2005 aufgelisteten Klein-BHKW und der Unerheblichkeit ihrer Gesamtleistung sind diese Aggregate nicht in die Bilanz einbezogen.

Dadurch ergibt sich folgende Entwicklung:

Energiequelle	Eigenstromerzeugung				CO2-Emissions-Faktor	CO2-Emissionen		
	2004	2007	2008	2015		2004	2007	2015
	MWh	MWh	MWh	MWh	kg CO2/MWh	kg CO2	kg CO2	kg CO2
SW ARN (Gas)	15.278	10.905	10.796	10.061	0,202	3.086	2.203	2.181
IWV (KWK) (Gas)	33.203	16.093	15.932	14.849	0,202	6.707	3.251	3.218
BHI (Biomasse)	0	50.368	50.368	50.368	0,000	0	0	0
Summen:	**48.481**	**77.366**	**77.096**	**75.278**	**1**	**9.793**	**5.454**	**5.399**

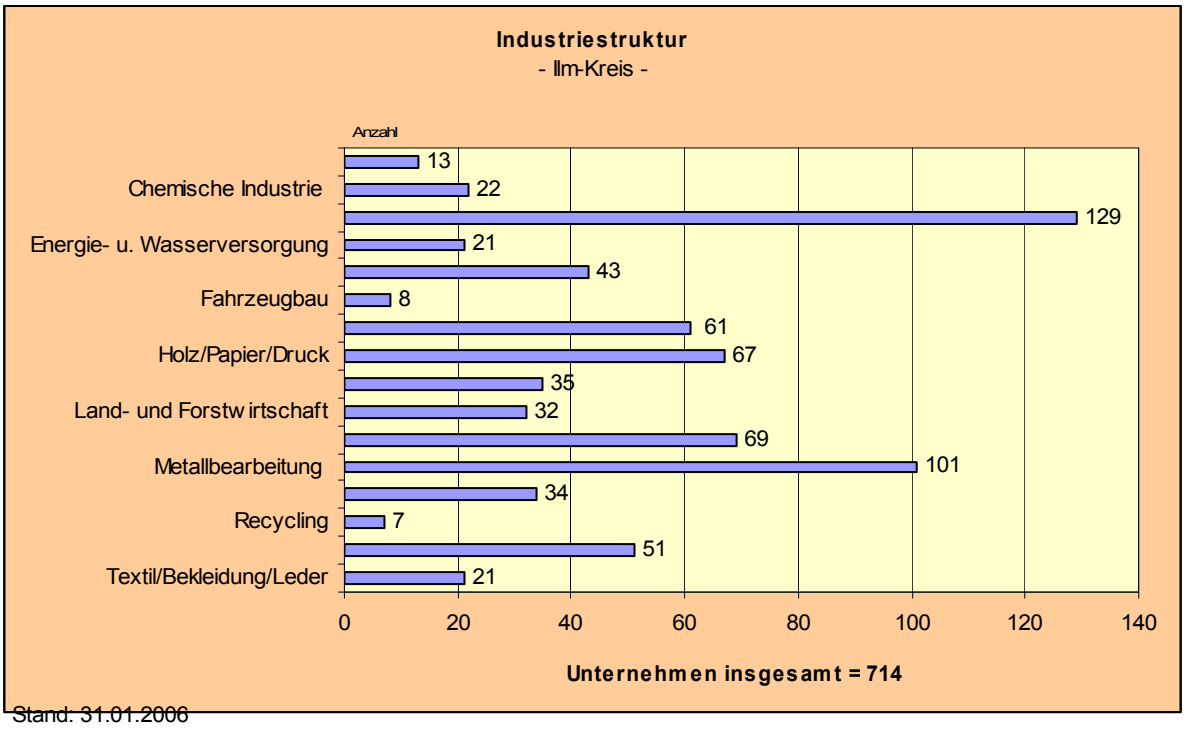
Zusammenfassung Kraft-Wärme-Kopplung

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2007	Vermiedene CO_2-Emissionen (Gas-Äquivalent)			Einsparziel 2015 bezogen auf 2007	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
				- 9,79	- 5,5	- 5,4	0,05	

5.1.7 HF 07, Industriebereich

5.1.7.1 Struktur, Energieverbrauche und CO_2-Emissionen 2004

Im Ilm-Kreis gab es zum Anfang des Jahres 2006 entsprechend der Statistik des Landratsamtes 714 Unternehmen in der Industrie. Die Industriestruktur ist im Bild 5-17 zu ersehen.



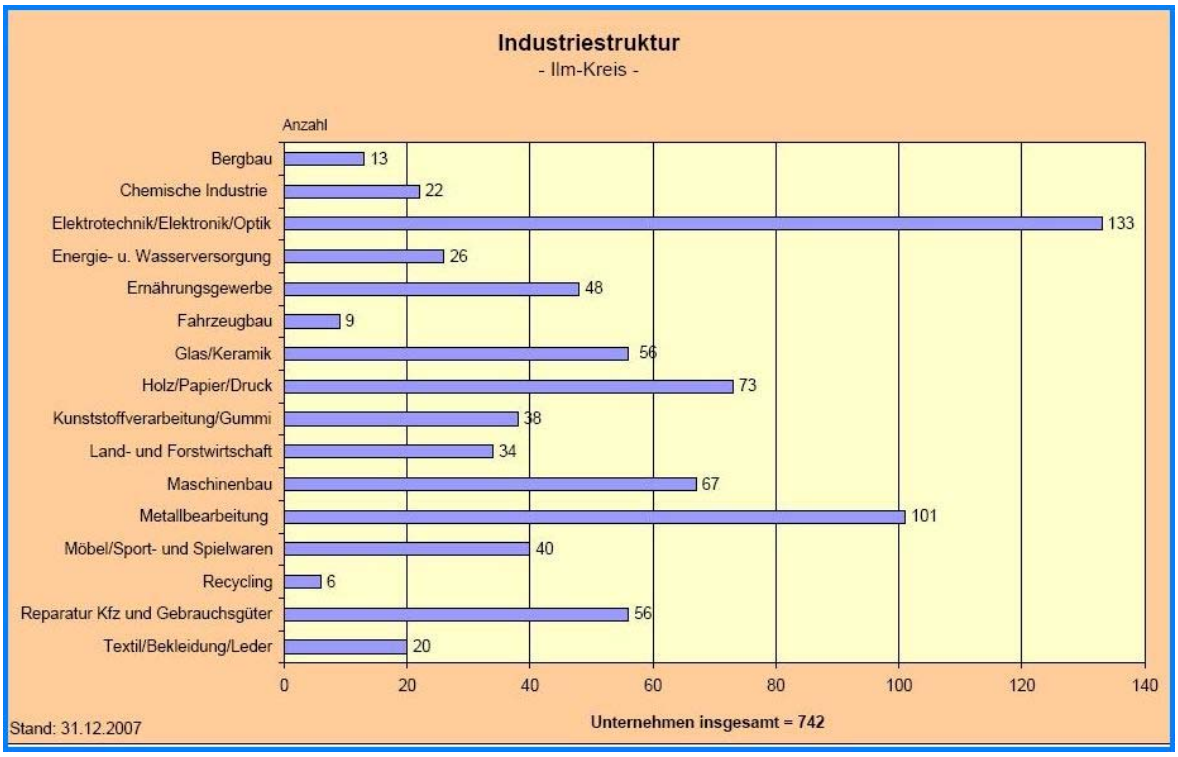


Bild 5-17: Industriestruktur im Ilm-Kreis, Stand 31.01.2006 und 31.12.2007 /15/

Der Endenergieverbrauch der Industrieunternehmen als Sonderkunden der Energieversorger im Jahr 2004 betrug bei Erdgas 454,31 GWh und bei Strom 210,61 GWh. Die emittierten CO_2-Mengen beliefen in 2004 sich dabei auf 90.862 t bei Erdgas und 143.847 t bei Strom. Die CO_2-Gesamtemissionen betrugen somit 234.709 t.

Erdgas 2004	Sonderkunden		Emissionskoeffizient	CO_2-Emission
Versorger	MWh	GWh	t CO_2 / GWh	t
Erdgasversorgung Thüringen GmbH (GVT)	114.848	114,85	200	22.970
Stadtwerke Arnstadt GmbH	89.460	89,46	200	17.892
Stadtwerke Ilmenau GmbH	250.000	250,00	200	50.000
Summe 2004	454.308	454,31	200	90.862

Tabelle 5-19: Erdgasverbrauch der Industrie im Ilm-Kreis 2004 /27, 38, 39/

Strom 2004	Sonderkunden		spez. Emissionskoeffizient	CO_2-Emission
Versorger	MWh	GWh	t CO_2 / GWh	t
TEAG (E.ON)	120.327	120,33	683	82.185
Stadtwerke Arnstadt GmbH	56.686	56,68	683	38.712
Stadtwerke Ilmenau GmbH	33.600	33,60	683	22.949
Summe	210.613	210,61	683	143.847

Tabelle 5-20: Stromverbrauch und CO_2-Emission der Industrie im Ilm-Kreis 2004 /27, 37, 39/

Die **verbrauchte Endenergie** im Industriebereich 2004 betrug in der Addition von Gas und Strom **664.021 MWh**. Für die gesamte **CO_2-Emission** ergab sich ein Wert von **234.709 t**.

Für die anschließenden Jahre kann – wegen der zwischenzeitlich in Kraft getretenen Liberalisierung des Energiemarktes – diese Darstellung nicht fortgeführt werden. Außerdem wurden von den Energieversorgern die benötigten Daten nicht komplett geliefert.
Die durch das TLS Thüringen aufbereiteten Daten zum Energieverbrauch im Bergbau und verarbeitenden Gewerbe (= Industrie) ergeben für den Ilm-Kreis folgende Darstellung

Merkmal			2004			2005			2006			2007		
Einheit			MWh	t CO2 /MWh	t CO2	MWh	t CO2 /MWh	t CO2	MWh	t CO2 /MWh	t CO2	MWh	t CO2 /MWh	t CO2
Energie-verbrauch	insgesamt[1)]		***622.442***		***238.628***	***591.335***		***223.452***	***613.324***		***239.974***	***706.470***		***245.360***
	dav.	Heizöl	173.635	0,262	45.492	88.015	0,266	23.412	131.279	0,266	34.920	87.327	0,266	23.229
		Erdgas	223.410	0,200	44.682	255.898	0,202	51.691	205.166	0,202	41.444	231.048	0,202	46.672
		Strom	217.356	0,683	148.454	236.224	0,628	148.349	260.525	0,628	163.610	279.394	0,628	175.459

Tabelle 5-20-a: Energieverbrauch und resultierende CO_2-Emissionen der Industrie im Ilm-Kreis 2004 – 2007 /20/

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass gegenüber 2004 der Gesamt-Energieverbrauch der Industrie im Ilm-Kreis in 2005 und 2006 geringer ist, insgesamt nach dem Tiefstand von 2004 aber wieder ansteigt. Die CO_2-Emissionen haben aufgrund der geänderten Emissionsfaktoren bereits in 2006 den Betrag von 2004 überschritten.

Die Ursachen für diese Entwicklung können darin gesehen werden, dass die Anzahl der Betriebe im Betrachtungszeitraum um 28 zugenommen haben und dass gerade durch die im Raum Erfurter Kreuz getätigten Neuansiedlungen energieintensiver Unternehmen ein beträchtlicher Mehrbedarf entstanden ist.

5.1.7.2 Emissionshandel

Im Kyoto-Protokoll ist als ein Mechanismus zur Erreichung der CO_2-Minderungziele der Emissionshandel festgeschrieben. Die Grundidee lautet kurzgefasst /40/:

„Für den weltweiten Klimaschutz ist es unerheblich, wo Emissionen abgebaut werden. Entscheidend ist, dass sie abgebaut werden".

Teilnehmer am Emissionshandel können u. a. Betreiber größerer Energieerzeugungsanlagen wie auch größere Energieverbraucher sein. Interessenten müssen sich zertifizieren lassen und erhalten damit eine bestimmte Anzahl an CO_2-Emissionsberechtigungen EB (Zertifikate), die ihm das Recht einräumen, eine bestimmte Menge CO_2 auszustoßen.
Liegt der Betrieb unter dem Wert, kann er die überschüssigen Emissionsrechte verkaufen. Überschreitet der Betrieb das Limit, muss er Zertifikate zukaufen bzw. Sanktionen zahlen.
In der EU startete der Emissionshandel am 1. Januar 2005.
Dieses Instrument „Emissionshandel" kann auch genutzt werden, um die im Klimaschutzprogramm des Ilm-Kreises zu vereinbarenden Minderungsziele zu verwirklichen.

Im Ilm-Kreis nehmen derzeit vier Betriebe am Emissionshandel teil. Sie haben insgesamt 347.201 Zertifikate für den **Zeitraum 2005 – 2007** erworben.

Teilnehmer aus dem Ilm-Kreis:

Neue Glaswerke Großbreitenbach GmbH & CO.KG (Anlage zur Herstellung von Glas)	174.762 EB
Ilmenauer Wärmeversorgung GmbH (Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau)	116.102 EB
Technische Glaswerke Ilmenau GmbH (Glasschmelzwanne)	11.298 EB
Stadtwerke Arnstadt GmbH (Heizkraftwerk „Dornheimer Berg")	21.963 EB

Diese Betriebe nehmen gezielt am CO_2-Minderungsprogramm der Bundesrepublik Deutschland teil und sind damit auch Vorreiter im Klimaschutzprogramm des Ilm-Kreises.

Für den Zeitraum 2008 – 2012 ist lediglich von der IWV GmbH bekannt, dass sie Zertifikate für 36.769 t CO_2/a haben, wovon für den Betrieb des BHI nur die Hälfte benötigt wird.

5.1.7.3 Potenzialabschätzung für die Entwicklung des Energieverbrauchs und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Die Ist-Werte des Industriebereiches im Jahr 2004 betrugen:

- Endenergieverbrauch: 664.021 MWh
- CO_2-Emissionen: 234.709 t.

Zur Abschätzung der möglichen CO_2-Einsparungen des Industriebereiches wurde als durchschnittliche jährliche Einsparrate 1% des Endenergieverbrauchs im Jahr 2004 (= 6.640 MWh) zu Grunde gelegt, wobei gezielte Anstrengungen zum Energieeinsparen vorausgesetzt werden. Die 11% im Jahr 2015 ergeben 73.042 MWh.

Ansatz 2005: Daraus ergibt sich eine CO_2-Minderung von 2.347 t pro Jahr. Die jährliche Minderung im Jahr 2015 beträgt 25.817 t.
Bis einschließlich 2015 beträgt die Einsparung 66 x 2.347 = 154.902 t.

Unter Pkt. 5.1.7.1. wurde bereits ausgeführt, dass im Bereich des Erfurter Kreuzes derzeit umfangreiche Investitionen in energieintensive Industriebetriebe (z.B. ersol Energy AG, Sunways AG, Masdar) erfolgen. Hier ist mit einem weiteren deutlichen Anstieg des Energieverbrauchs zu rechnen.

Es ist zu erwarten, dass sich nach einem anfänglichen deutlichen Verbrauchsanstieg mit Aufnahme der Produktion durch Effizienzmaßnahmen eine leichte Reduzierung einstellt.
In der nachfolgenden Tabelle können derzeit keine Angaben gemacht werden.

Zusammenfassung Industriebereich

Fossile Endenergie (Strom)			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
664,0				2,3				

5.1.8 HF 01 - 07, Zusammenfassung: Rationelle Energieanwendung

Basis 2005:

Endenergie 2004	CO_2-Emission 2004	Einsparziel fossile Endenergie 2015	Ziel der CO_2-Minderung			Einspar-potenzial	Maßnahme pro Jahr
			2005	2010	2015	2005-2015	
MWh	t	MWh	kt/a	kt/a	kt/a	kt	
HF 01, Wärmeschutzmaßnahmen an Wohngebäuden							
928.925	185.785	89.200	1,62	9,72	17,82	106,9	182 Gebäude Sanierung
HF 02, Erneuerung Heizungsanlagen							
371.912	96.003	129.010	3,2	19,2	35,2	211,2	436 Anlagen Umstellung auf Holzheizung
HF 03, Fernwärmeversorgung im Ilm-Kreis							
47.048	9.410	--	--	--	--	--	siehe Biomasse/BHI
HF 04, Energieanwendung bei öffentlichen Liegenschaften							
27.500	6.900	3.000	69	410	760	4.550	Gebäude-Sanierung, Nutzerverhalten
HF 05, Wärmepumpe							
4.732	632,5	39.798	203,5	1.221	2.239	13.431	142 WP
HF 06, KWK-Potenzial							
147.948	29.590	0,0*	696	4.176	7.656	45.936	30 Mini-BHKW
HF 07, Industriebereich							
664.021	234.709	73.042	2.347	14.082	25.817	154.902	Rationelle Energie-anwendung
Summen							
2.192.086	563.029	334.050	3.320	19.918	36.525	219.137	

Basis 2008:

Fossile Endenergie			Einspar-ziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einspar-ziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
GWh/a				kt/a				
HF 01, Wärmeschutzmaßnahmen an Wohngebäuden								
928,9	859,2	751,2	177,7	185,8	173,6	151,7	34,1	75.000 m² Altbausanierung
HF 02, Erneuerung Heizungsanlagen								
958,2	961,9	941,1	17,1	230,4	229,7	220,7	9,7	div. Heizungs-umstellungen
HF 03, Fernwärmeversorgung im Ilm-Kreis								
146,5	93,0	82,2	64,3	29,3	14,4	11,2	18,1	
HF 04, Energieanwendung bei öffentlichen Liegenschaften								
26,1	22,3	15,9	10,2	7,1	6,1	4,4	2,7	Gebäudesanierung, Nutzerverhalten, Bestandsänderung
HF 05, Wärmepumpe								
3,0	19,18	61,97	58,97	-0,2	-1,4	-4,4	4,2	Wärmepumpe als Ersatz für fossile Energieträger
HF 06, KWK-Potenzial (Vergleich mit 2007)								
				- 9,8	- 5,5	- 5,4	0,1	
HF 07, Industriebereich								
664,0				235				keine aktuellen Angaben
Summen								
2.726,7	**1.955,6**	**1.852,4**	**328,3**	**677,6**	**416,9**	**378,2**	**68,9**	

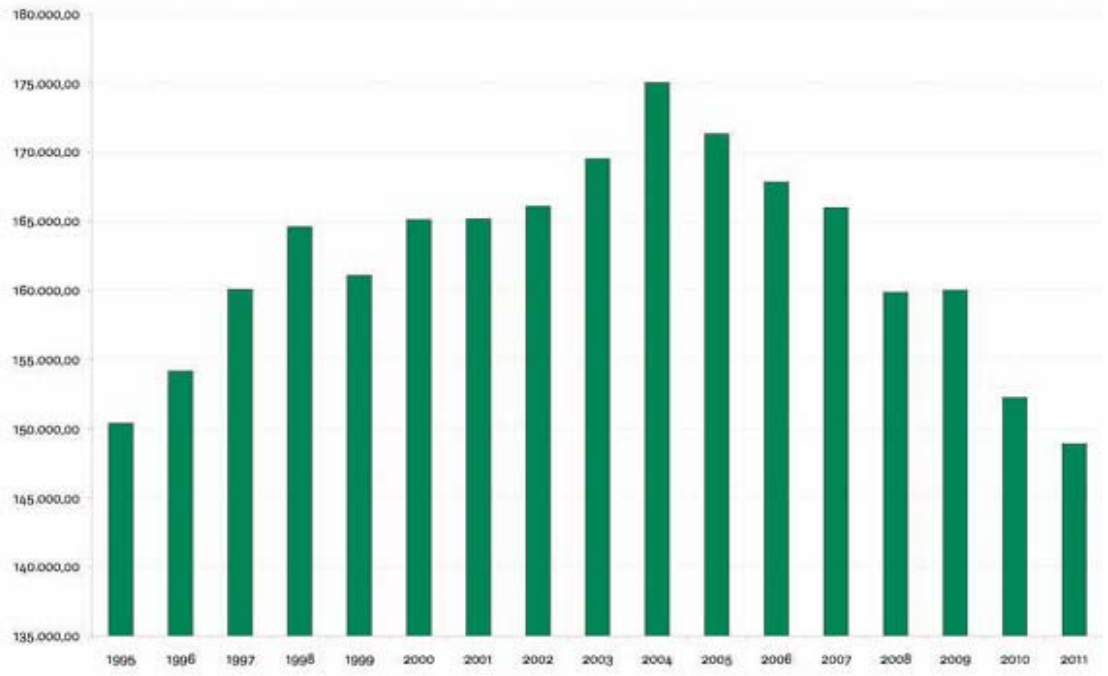
5.2 Handlungsfelder beim Energieeinsatz im Verkehrsbereich

5.2.1 HF 08, Straßenverkehr

Der Gesamtenergieverbrauch in Deutschland ist in den vergangenen 30 Jahren praktisch konstant geblieben. In den einzelnen Verbrauchssektoren ist er aber sehr unterschiedlich verlaufen. Während von 1973-2002 der Verbrauch in der Industrie um 24,4% und bei den privaten Haushalten um 3,4% gesunken ist, stieg er beim Verkehr an um 65% /41/.
Absolut betrachtet verbrauchte der Verkehr im Jahr 2000 knapp 30% der Endenergie und war verantwortlich für 20% der CO_2-Emissionen.

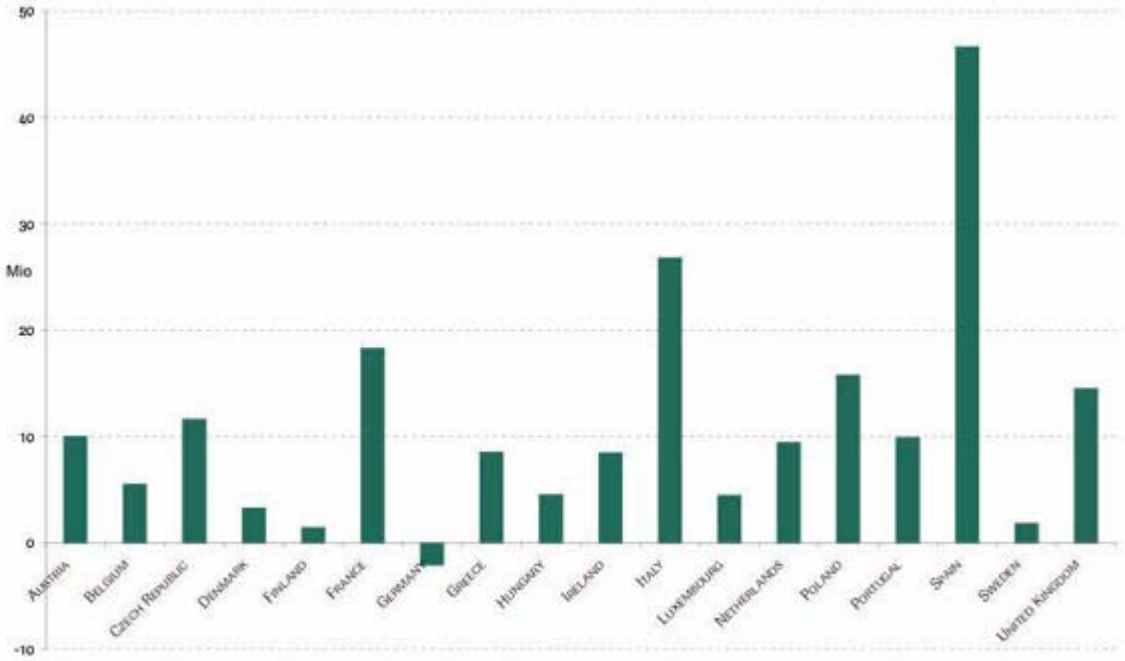
Mit Blick auf die Situation in Deutschland wird in /13/ ausgeführt, dass durch die schrittweise Reduzierung fossiler und die Einführung alternativer Treibstoffe sowie neuer Antriebskonzepte bis 2020 pro gefahrene Personenkilometer jährlich 10% an CO_2-Emissionen gegenüber 2005 eingespart werden könnten. Da zunächst aber mit einem weiteren Anstieg des Verkehrsaufkommens zu rechnen ist, wird sich die CO_2-Verminderung erst in einigen Jahren langsam auswirken.

Gegenüber dem Beginn der 90er Jahre wurde die Effizienz, mit der Kraftstoff in Transportleistung umgesetzt wird, nachhaltig gesteigert. Und nachdem während der 90er Jahre zunächst noch das Wachstum der Verkehrsnachfrage diese technologischen Leistungen überkompensiert hat, gehen seitdem auch die absoluten Emissionen in Deutschland kontinuierlich zurück - eine Entwicklung, wie sie kaum ein anderes EU-Land aufzuweisen hat. Die beiden folgenden Grafiken verdeutlichen diese Aussage.



Quelle: UBA, Nationaler Invenatbericht 2008

Bild 5-17-a: CO_2-Emissionen in Deutschland durch Verkehrsleistungen /42/



Quelle: Europäische Umweltagentur

Bild 5-17-b: Zunahme der CO_2-Emissionen des Straßenverkehrs in der EU von 1990 bis 2006 /42/

Heute stammen rund 22 % der Treibhausgasemissionen in Deutschland aus dem Verkehrssektor, der damit erheblich zum Klimawandel beiträgt. Deshalb wird der Verkehr künftig auch zur Erreichung der nationalen Klimaschutzziele in Deutschland einen deutlichen Reduktionsbeitrag liefern müssen.
Auf dem Automarkt in Deutschland hat bereits in den letzten Jahren ein leiser, aber dafür umso wichtigerer Umschwung begonnen. Die Mehrzahl der Neuzulassungen findet bei Klein- und Mittelklassefahrzeugen statt, deren Verbrauch erheblich gesunken ist. Die Kaufentscheidungen werden heutzutage wesentlich durch den jeweiligen Verbrauch bestimmt und eben nicht mehr durch die PS-Zahl.

Verschiedene technische Innovationen und die Förderung von Biokraftstoffen haben dazu geführt, dass die Emissionen im Verkehrsbereich seit 1999 sinken. Dennoch wird in kaum einem anderen Bereich Energie so ineffizient genutzt wie hier. Nur ca. 30 % der eingesetzten Energie wird letztlich auch in Motorleistung umgesetzt. Hinzu kommt, dass der Individual- und Güterverkehr auf der Straße in Deutschland nach wie vor eine überragende Rolle hat und die Verkehrsleistung des Flugverkehrs stetig zunimmt.

Die verschiedensten Maßnahmen sollen dazu führen, dass das anspruchsvolle Ziel, 2020 etwa 20 % weniger CO_2 auszustoßen, erreicht wird. Dazu zählen neben der Effektivierung der Antriebsmotoren auch solche Maßnahmen wie CO_2-basierte Kfz-Steuer, Spreizung der LKW-Maut, Vorgabe von Flottengrenzwerten, Zumischung von Biokraftstoffen, Förderung der Elektromobilität, Einbeziehung des Flugverkehrs in das bestehende Emissionshandelssystem und nicht zuletzt die ´Abwrackprämie´.

Die Zielstellung ist in nachfolgendem Bild dargestellt:

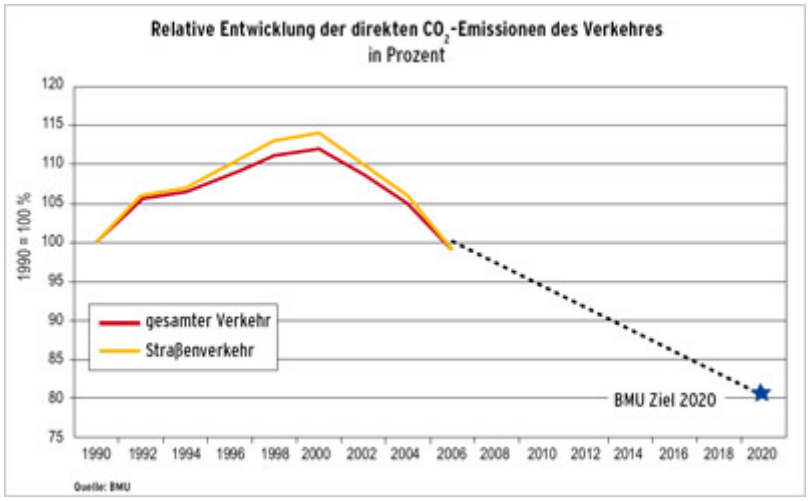


Bild 5-17-c: Relative Entwicklung der direkten CO_2-Emissionen des Verkehrs (in Prozent) /43/

Inwieweit die o. g. Aussagen zutreffen werden, muss die weitere Entwicklung zeigen. Die Bestrebungen der Bundesregierung und – nicht zuletzt beschleunigt durch die Autokrise – gehen in diese Richtung.

5.2.1.1 Thüringen /20/

Durch den Ausstoß verkehrsbedingter Abgase werden in Thüringen mehr als 30 Prozent der CO_2-Emissionen verursacht. Im Zeitraum 2000/2001 waren es 38%, mit leicht steigender Tendenz.

Maßgeblichen Anteil daran haben folgende Verkehrsträger:

- **Straßenverkehr**
- **Schienenverkehr**
- **Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)**
- **Luftverkehr**

Ziel des Thüringer Klimaschutzprogramms ist es, den auch in Zukunft steigenden Anteil an CO_2-Emissionen, verursacht durch den ständig wachsenden Individualverkehr, durch eine konsequente Entwicklung einer umweltverträglichen Mobilität entgegen zu wirken. Diese Orientierung gilt es entsprechend den regionalen Gegebenheiten auch im Ilm-Kreis umzusetzen.

Beim **Luftverkehr** besteht nur ein geringes Potential an Möglichkeiten zur Senkung von Treibhausgas-Emissionen. Der Anteil an der Gesamtemission aller Emittenten liegt bei kleiner 1 Prozent.
Trotz kontinuierlich steigenden Verkehrsaufkommens am Thüringer Flughafen in Erfurt wurde durch umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen ein Beitrag zur Reduzierung der Emissionen im Luftverkehr geleistet.

Der **öffentliche Personennahverkehr** wäre eine echte Alternative zum motorisierten Individualverkehr. Ziel der Verkehrspolitik in Thüringen sollte es sein, durch

- Ausbau der Verkehrs- und Betriebsanlagen
- Erneuerung und technische Modernisierung des Fahrzeugparks
- Schaffung von marktgerechten und Übergangstarifen in den Nahverkehrsräumen
- Ausbau von übergreifenden ÖPNV- Verbundsystemen
- Aufbau von Fahrgastinformationssystemen

eine Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs zu erreichen. So könnte der ÖPNV zu einer flächendeckenden, umweltschonenden und konkurrenzfähigen Alternative zum motorisierten Individualverkehr ausgebaut werden.

Tatsächlich ist die Situation anders. Der Freistaat Thüringen hat sich inzwischen derart aus der Mitfinanzierung des ÖPNV (insbesondere im regionalen Buslinienverkehr) zurückgezogen, dass man dort nicht mehr die Wahl zwischen ÖPNV und MIV hat - vielerorts verkehrt nur noch der Schülerverkehr und sonst nichts. In einigen Landkreisen ist es durchaus die Regel, dass - wenn im Ort keine Schüler mehr wohnen - es keine Busanbindung mehr gibt.

Auch das Thüringer ´Landesverkehrsprogramm 2007´ /44/ ist in seinen Aussagen diesbezüglich sehr unkonkret. Unter der Zielstellung ´Mobilität sichern´ wird folgender Handlungsbedarf gesehen:

- Verknüpfung und Abstimmung zwischen den Verkehrsmitteln
- Erhaltung der Schiene, insbesondere zwischen den Zentren
- bedarfsgerechte öffentliche Personennahverkehrsangebote
- mehr Fuß- und Radverkehr
- umweltgerechte Straßen

Hier sind alle Akteure aufgerufen, neue Lösungen für den ÖPNV zu finden, zu entwickeln und einzuführen.

Auf dem Sektor des **Schienenverkehrs** stellt sich der Freistaat Thüringen das Ziel, einen Grossteil des Güterverkehrs schrittweise von der Straße auf die Schiene zu verlagern und den motorisierten Individualverkehr zu verringern. Die Thüringer Landesregierung tritt für den Erhalt, Aus- und Neubau von Thüringer Bahnstrecken und länderübergreifende Eisenbahnmagistralen ein. Um umweltschonende Mobilität zu ermöglichen, setzt sich der Freistaat Thüringen ein für

6 die Aufrechterhaltung eines flächendeckenden, bedarfsgerechten Streckennetzes
7 verbesserte Umsteigemöglichkeiten von Schienenpersonennahverkehr auf Busverkehr
8 Weiterentwicklung integraler Taktfahrpläne
9 Minimierung der Gesamtfahrzeiten
10 Attraktivitätssteigerung durch Einsatz moderner Leichttriebwagen und Erhöhung der Reisegeschwindigkeit.

Innerhalb des Verkehrssektors werden **90 Prozent** der Emissionen vom **Straßenverkehr** hervorgerufen.
Ein PKW verursacht bei einem Durchschnittsverbrauch von 7 Liter Benzin/100km und einer Fahrleistung von 10.000 km eine CO_2-Emission von 1,6 Tonnen im Jahr.

Das allgemeine Ziel der Verkehrspolitik kann zum Einen die Ausschöpfung aller Mittel und Möglichkeiten zur Senkung des Verbrauchs fossiler Energieträger und damit der Emissionswerte sein, genauso wichtig ist zum Anderen die Entkopplung von Wirtschafts- und Verkehrswachstum, denn die Hauptaufgabe der allgemeinen Politik (Verbesserung der Lebensverhältnisse in allen Bereichen des menschlichen Lebens) setzt diese Entkopplung voraus. Natürlich sind die erwähnten Maßnahmen, wie z.B.:

- Emissionsarme Fahrzeugtechnik durch alternative Treibstoffe, wie Biotreibstoffe, Erdgas und Wasserstoff in Verbindung mit Brennstoffzellen
- Aus- und Neubau von Straßen in begrenztem Umfang dort, wo Behinderungen, häufige Staus usw. gemindert werden, z.B. durch Ortsumgehungen an verkehrsbelasteten Orten
- Optimierung des Verkehrsflusses durch Einsatz von intelligenten Verkehrssteuerungs-einrichtungen und moderner Leittechnik im innerstädtischen Bereich und auf Autobahnen
- Energiesparendes Fahrverhalten aller Verkehrsteilnehmer
- Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene
- Bildung von Güterverkehrszentren als Schnittstelle zwischen Güterfern- und Nahverkehr
- Förderung des Radverkehrs für Kurzstrecken

notwendig, müssen aber an der Zielstellung der allgemeinen Politik orientiert sein.

5.2.1.2 Ilm-Kreis

Der Landkreis wird von drei Bundesfernstrassen (B 88, B 87, B 4) und der Bundesautobahn A 71 durchschnitten. Fünf Autobahnab- bzw. –auffahrten der A 71 gibt es im Ilm-Kreis. Ein erheblicher Teil des Fernverkehrs aus Mittelthüringen in den südlichen und südwestlichen Teil der Bundesrepublik läuft durch den Ilm-Kreis. Gegenwärtig werden erhebliche Belastungen von Kraftfahrzeugen des Durchgangsverkehrs auf einigen Straßenabschnitten erreicht, welche aktuell aber nicht mit Daten einer Verkehrszählung belegt werden können. Im Jahr 1991 wurden Belastungen beim Durchgangsverkehr von 16.000 bis zu 20.000 Kraftfahrzeugen je Tag erreicht.

Es ist zu hoffen, dass mit den Mitteln des Konjunkturprogramms II (2009) eine Beschleunigung der bereits seit langem diskutierten Straßenbaumaßnahmen (B 88 neu, B 90) erfolgt, was zu einer Entlastung der Ortschaften von Verkehr und Emissionen und gleichzeitig zu einer Verbesserung der Lebensbedingungen führt.

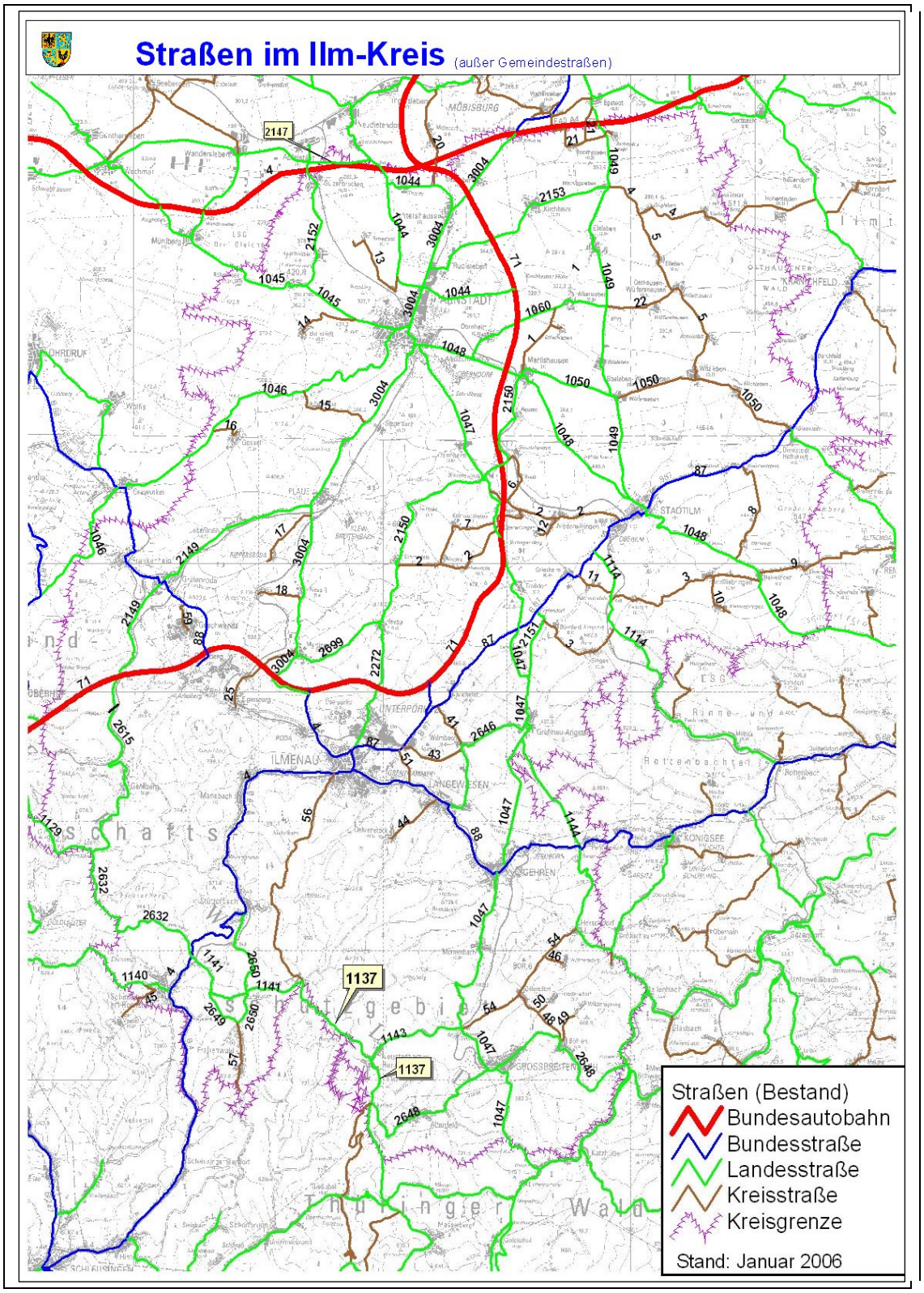


Bild 5-18 Straßennetz im Ilm-Kreis (ohne Gemeindestraßen) /15/

Der öffentliche Personennahverkehr (Bus, Bahn) ist vor allem im Busbereich sehr gut entwickelt und wird zurzeit gut in Anspruch genommen. Beide öffentlichen Verkehrsbetriebe im Landkreis haben ihre Kraftfahrzeuge auf umweltschonende Kraftstoffe seit langem schon umgestellt.

Im Bereich der **RBA Regionalbus Arnstadt GmbH** fahren 17 der 49 Busse mit Erdgas im Jahr 2004. Die RBA betreibt eine Erdgastankstelle, welche auch öffentlich für andere Kraftfahrzeuge zugänglich ist (Erdgasverkauf 2004: 4.875 MWh).

Wegen der steigenden Kosten dieser Antriebsart sind es im Frühjahr 2008 nur noch 12 Busse, die mit Erdgas betrieben werden – Tendenz fallend. Der Fremdverkauf von Erdgas findet nur noch in geringem Maße statt, weil die Nebenkosten (Energie für Verdichtung) zu hoch geworden sind.

Auf der Werkstatthalle hat der RBA eine 30 kWp-Fotovoltaikanlage installiert.

Bild 5-19: Auf Biodiesel umgerüsteter Bus der IOV Omnibusverkehr Ilmenau GmbH /36/

Die Energieträgerumstellung auf Biodiesel, das Betreiben einer 50 kWp – PV-Anlage und eine Regenwassernutzungsanlage zeichnet die **IOV Omnibusverkehr GmbH Ilmenau** aus. Von den 47 von 52 Bussen, die im Jahre 2004 mit Biodiesel gefahren sind, fahren 2008 nur 32 von 42 Bussen mit Biodiesel. Dieser alternative Treibstoff ist inzwischen mit allen Nebenkosten und vor allem wegen der Steuererhöhung auf Biokraftstoffe mit dem Preis für Normaldiesel vergleichbar.

Beide im Bereich ÖPNV tätigen Firmen leisten mit den alternativen Kraftstoffen einen Beitrag zur Schadstoffreduzierung und damit zum Umweltschutz.

Weiterhin werden bei den **Stadtwerken Arnstadt GmbH** und den **Stadtwerken Ilmenau GmbH** Kraftfahrzeuge mit Erdgas betrieben, wobei die Stadtwerke Ilmenau GmbH zusätzlich eine öffentliche Erdgastankstelle in Ilmenau – Grenzhammer errichteten. Mehrere Autohäuser im Ilm-Kreis bieten Fahrzeuge mit Erdgas-Antrieb an. Im Jahr 2004 wurden im Landkreis 107 Kraftfahrzeuge mit Gas betrieben.

	PKW	Omnibusse	LKW	Zugmaschinen	Summe
Erdgas	**36**	**17**	**9**	**0**	**62**
Autogas	**46**	**1**	**0**	**0**	**47**

Tabelle 5-21: Bestand gasbetriebener Kraftfahrzeuge im Ilm-Kreis, 1. Halbjahr 2005 /45/

Im **Schienenverkehr** existieren moderne Nahverkehrstriebwagen und verbinden die Anschlüsse der Knoten Ilmenau und Arnstadt an das regionale Netz anderer Landkreise sowie an das interregionale Netz, welche durch Berufspendler und Studierende vorrangig genutzt werden. Der Schienengüterverkehr spielt derzeit keine wesentliche Rolle.

Für den Luftverkehr gibt es einen Verkehrslandeplatz für Luftfahrzeuge bis zur Größenklasse 5,7 Tonnen Abflugmasse (Alkersleben). Daneben gibt es mehrere Sonderlandeplätze (Pennewitz, Niederwillingen, Frankenhain / Crawinkel) für kleinere Sportmaschinen.

Durch den Ilm-Kreis führt ein Luftkorridor der an- und abfliegenden Flugzeuge des Erfurter Flughafens.

Für die Schadstoffermittlung an Emissionen aus Durchgangsverkehr, Schienenverkehr und Flugverkehr standen keine Daten zur Verfügung.

5.2.1.3 Kfz-Verkehr

In den nachfolgenden Tabellen ist der Fahrzeugbestand in Thüringen und im Ilm-Kreis aufgezeigt. Die Ermittlung dieser Basisdaten bildet eine wichtige Voraussetzung für die später dargestellten Kraftstoffverbräuche und Emissionen. Damit kann der durch den Straßenverkehr verursachte CO_2-Anteil bestimmt werden.
Mit Hilfe des jährlichen Kraftstoffverbrauchs und der Kenntnis über die CO_2-Emission pro Liter Treibstoff wird die gesamte CO_2-Emission berechnet.

Für die beiden wichtigsten Kraftstoffe, Benzin und Diesel, werden folgende Kennzahlen verwendet /17/.

Kraftstoff	Energieinhalt, kWh/l	Emissionsfaktor, kg CO_2/l
Benzin	9,0	2,33
Diesel	10,0	2,64

Tabelle 5-22: Kraftstoffkennzahlen

Art	2004 Anzahl	%	Kfz / 100 EW	Kfz / km²	2007 Anzahl	%	Kfz / 100 EW	Kfz / km²
PKW	**1.282.001**	**84,4**	**54,4**	**79,3**	**1.147.465**	**84,11**	**49,7**	**71,0**
nach Antriebsart								
Ottomotor	1.098.087	72,3	46,6	67,9	925.018	67,80	40,0	57,2
dav. Zweitakter	3.869	0,25	0,2	0,2				
Dieselmotor	183.550	12,1	7,8	11,3	214.019	15,69	9,3	13,3
sonst. Antrieb	364	0,02	0	0	8428	0,62	0,4	0,5
nach Emissionsgruppen								
schadstoffarm nach EURO 1					145.989	10,70	6,3	9,0
dar. Dieselantrieb					*6.229*	*0,46*	*0,3*	*0,4*
schadstoffarm nach EURO 2					363.351	26,63	15,7	22,5
dar. Dieselantrieb					*44.048*	*3,23*	*1,9*	*2,7*
schadstoffarm nach EURO 3					243.335	17,84	10,5	15,0
dar. Dieselantrieb					*84.247*	*6,18*	*3,6*	*5,2*
schadstoffarm nach EURO 4					375.236	27,50	16,2	23,2
dar. Dieselantrieb					*76.178*	*5,58*	*3,3*	*4,7*
sonstige					19.554	1,43	0,8	1,2
dar. Dieselantrieb					*3.317*	*0,24*	*0,1*	*0,2*
Nutzkraftwagen	**156.952**	**10,3**	**6,7**	**9,7**	**139.697**	**10,24**	**6,0**	**8,5**

Lastkraftwagen	99.165	6,53	4,2	6,1	86.099	6,31	3,7	5,3
Zugmaschine	41.037	2,7	1,7	2,5	42.437	3,11	1,8	2,6
Omnibusse	16.750	1,1	0,7	1	2.343	0,17	0,1	0,1
sonst. NKW					8.818	0,65	0,4	0,5
Krafträder	**79.963**	**5,26**	**3,4**	**4,9**	**77.151**	**5,65**	**3,3**	**4,9**
alle Kraftfahrzeuge	**1.518.916**	**100**	**64,5**	**93,9**	**1.364.313**	**100,00**	**59,0**	**84,4**

Tabelle 5-23: Fahrzeugstatistik / Zulassungszahlen in Thüringen, 2004 und 2007 /46/

Der hier sichtbare Rückgang an zugelassenen Kfz ist einerseits auf eine Verringerung des Fahrzeugbestandes und andererseits darauf zurückzuführen, dass ab 01.01.2007 die zeitweise stillgelegten Fahrzeuge nicht mit erfasst werden. Erst in den Folgejahren ist hierbei wieder eine Vergleichbarkeit gegeben. Außerdem wurde zu diesem Zeitpunkt eine neue Zuordnung eingeführt, wie aus obiger Tabelle ersichtlich.

Die entsprechenden Angaben für den Kraftfahrzeugbestand im Ilm-Kreis sind in der folgenden Tabelle zu sehen.

Auch hier ist das bereits vorher Gesagte zur Änderung der Erfassungsstatistik zu beachten.

	2004				2007			
Art	**Anzahl**	**%**	**Kfz / 100 EW**	**Kfz / km²**	**Anzahl**	**%**	**Kfz / 100 EW**	**Kfz / km²**
PKW	**63.861**	**85,28**	**54,1**	**75,8**	**57.427**	**83,85**	**49,6**	**68,1**
nach Antriebsart:								
Ottomotor	54.337	72,56	46	64,5	45.623	66,61	39,4	54,1
davon Zweitakter	138	0,18	0,1	0,2				
Dieselmotor	9.509	12,7	8,1	11,3	11.367	16,60	9,8	13,5
sonst. Antrieb	15	0,02	0	0	437	0,64	0,4	0,5
nach Emissionsgruppen:								
schadstoffarm nach EURO 1					7.151	10,44	6,2	8,5
dar. Dieselantrieb					*395*	*0,58*	*0,3*	*0,5*
schadstoffarm nach EURO 2					18.199	26,57	15,7	21,6
dar. Dieselantrieb					*2.261*	*3,30*	*2,0*	*2,7*
schadstoffarm nach EURO 3					12.419	18,13	10,7	14,7
dar. Dieselantrieb					*4.499*	*6,57*	*3,9*	*5,3*
schadstoffarm nach EURO 4					18.691	27,29	16,1	22,2
dar. Dieselantrieb					*4.156*	*6,07*	*3,6*	*4,9*
sonstige					967	1,41	0,8	1,1
dar. Dieselantrieb					*56*	*0,08*	*0,1*	*0,1*
Nutzkraftwagen	**6.548**	**8,74**	**5,5**	**7,8**	**6.724**	**9,81**	**5,8**	**8,0**
Lastkraftwagen	4.957	6,62	4,2	5,9	4.590	6,70	4,0	5,4
Zugmaschine	1.453	1,94	1,2	1,7	1.568	2,28	1,4	1,9
Omnibusse	138	0,18	0,1	0,2	93	0,14	0,1	0,1
sonstige Nutzkraftwagen					473	0,69	0,4	0,6
Krafträder	**4.478**	**5,98**	**3,8**	**5,3**	**4.339**	**6,34**	**3,7**	**5,1**
alle Kraftfahrzeuge	**74.887**	**100**	**63,4**	**88,8**	**68.490**	**100,00**	**59,2**	**81,2**

Tabelle 5-24: Fahrzeugstatistik / Zulassungszahlen im Ilm-Kreis, 2004 und 2007 /46/

5.2.1.4. Methode zur Berechnung der CO_2-Emissionen

Die absoluten Anzahlen der Fahrzeugarten wurden mit den ermittelten mittleren Fahrleistungen gewichtet, so ergibt sich folgende Rangfolge nach Jahresfahrleistungen bzw. Emissionen:

Fahrzeugart	Anzahl	Ø Jahres-fahrleistung pro km und Kfz	Jahres-Fahrleistung je Fahrzeugart Mio. km	Kraftstoff-verbrauch Liter pro 100 km	Kraftstoff-verbrauch Mio. Liter pro Jahr	Emission Tonnen pro Jahr
Krafträder	**4.478**	**4.500**	**20,15**	**4,5**	**0,91**	**2.123**
PKW-Ottomotor	**54.199**	**12.200**	**661,23**	**8,5**	**56,20**	**131.114**
PKW-Otto-2-Takt	**138**	**8.500**	**1,17**	**8,5**	**0,10**	**233**
Kfz mit Ottomotor	**58.815**		**683,00**		**57,21**	**133.470**
PKW-Dieselmotor	**9.509**	**16.700**	**158,80**	**7,1**	**11,27**	**29.742**
LKW	**4.957**	**25.000**	**123,93**	**25,0**	**30,98**	**81.756**
Zugmaschinen	**1.453**	**58.000**	**84,27**	**28,0**	**23,60**	**62.280**
Omnibusse	**138**	**36.000**	**4,97**	**32,0**	**1,59**	**4.196**
Kfz mit Dieselmotor	**16.057**		**371,91**		**67,44**	**177.974**
Summe	**74.872**		**1.054,52**		**124,65**	**311.444**

Tabelle 5-25: Kfz-Bestand und verkehrsbedingte CO_2- Emissionen im Ilm-Kreis, 2004 /46/

Der **Endenergieverbrauch** für die Kraftstoffe errechnet sich aus den Jahresverbrauchen entsprechend Tabelle 5-25 für Benzin und Diesel sowie deren Energieinhalten:

Benzin: 57.210.000 l x 9,0 kWh/l = 514.900 MWh
Diesel: 67.440.000 l x 10,0 kWh/l = 674.400 MWh

und beträgt insgesamt: **1.189.300 MWh.**

Für den **Ilm-Kreis** berechnet sich die **CO_2-Emmissionsmenge** für 2004 aus dem Bestand von **74.872 Kraftfahrzeugen,** den Jahresfahrleistungen der Fahrzeugklassen und ihren Kraftstoffverbrauchen **in Höhe von 311.444 Tonnen.**

Das entspricht einer jährlichen CO_2-Emission von 2,64 kg je Einwohner im Landkreis.

- Im Ergebnis der Berechnung ergibt sich, dass die Gruppe der Krafträder, sowie PKW mit Otto-Motor und PKW mit Diesel-Motor zusammen bezüglich der Emissionen an 1. Stelle stehen mit **163.212 t/a.**
- Lastkraftwagen, Zugmaschinen und Omnibusse liegen auf Platz 2 mit **148.232 t/a**.

Aus diesem Ergebnis folgt, dass den PKW im Hinblick auf die angestrebte CO_2- Minderung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muss, wenn man positive Veränderungen erreichen will.

Unterstrichen wird dies durch die Aussage des Statistischen Landesamtes /20/, entsprechend der die Gesamtzahlen der zugelassenen Fahrzeuge und die Fahrleistungen in den letzten Jahren weiter zugenommen haben, obwohl die Bevölkerung des Landkreises zur gleichen Zeit abnahm.

5.2.1.5 Minderung von CO_2-Emissionen durch den Bahntransport von Hausmüll

Seit Juni 2005 ist die Ablagerung von unbehandeltem Hausmüll auf Grund gesetzlicher Bestimmungen nicht mehr möglich. Deshalb wird seither im Auftrag des Zweckverbandes Abfallwirtschaft Mittelthüringen, in dem der Ilm-Kreis Mitglied ist, der Hausmüll aus dem Landkreis im „gebrochenen“ Bahntransport in Presscontainern zunächst per LKW von der Deponie Wolfsberg zur Bahnverladung nach Ilmenau transportiert und von dort per Bahn zur thermischen Verwertung und Entsorgung unmittelbar an die Müllverbrennungsanlage in Leuna (Sachsen–Anhalt) verbracht. Den Kurzstreckentransport der Container zum Abkippen in den Müllbunker übernimmt dort wieder der LKW.
Die jährliche Abfallmenge von ca. 32.500 t wird mit 104 Zügen mit jeweils 24 Presscontainern transportiert. Der gesamte Dieselkraftstoffverbrauch für die Be- und Entladung der Waggons (Tragwagen) per LKW und für den Bahntransport selbst beträgt im Jahr ca. 110.000 l und verursacht 290 t CO_2-Emissionen.
Würden die Abfälle aus dem Ilm-Kreis ausschließlich per LKW nach Leuna transportiert, läge der Treibstoffverbrauch bei 220.390 l / a.
Der **Bahntransport** verursacht dementsprechend im **Vergleich zum reinen Straßentransport nur die Hälfte der CO_2-Emissionen**, ein nicht unerheblicher Beitrag des Zweckverbandes zum Klimaschutz.

5.2.1.6 Potenzialabschätzung für die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO_2-Bilanz für die Jahre 2007 und 2015

Aus Tabelle 5-24 sind die Zulassungszahlen für die Jahre 2004 und 2007 abzulesen.

- 2004: 74.872 Kfz
- 2007: 68.490 Kfz

Die Berechnung der Energieverbrauche und der Emissionswerte für 2004 basiert auf der Struktur der Fahrzeuge, den Fahrleistungen der Klassen und den mittleren Verbrauchswerten.
Diese Angaben, insbesondere die Aufschlüsselung der Fahrzeugstruktur, stehen für das Jahr 2007 gegenwärtig nicht zur Verfügung.
Geht man näherungsweise von unveränderten km-Leistungen der Fahrzeuge aus, so sollte sich der Kraftstoff- und damit der Energieverbrauch proportional zu den Fahrzeugzahlen verhalten.

Die für das Jahr 2015 zu erwartende Zahl von Fahrzeugen wird aus der Prognose des BMU, Bild 5-17c, abgeleitet und beträgt etwa 87% des Wertes von 2004. Dabei ist vernachlässigt, dass in den kommenden Jahren mit Sicherheit die Verbrauchswerte aller Fahrzeuge zurückgehen werden.

	Fahrzeugzahlen	Energieverbrauch, MWh	CO_2-Emission, t
2004	74.872	1.189.300	311.444
2007	68.490	1.088.209	284.971
2015	65.139	1.034.691	270.956

Tabelle 5-26: Prognose für die Entwicklung des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis bis 2015 /16/

Hinsichtlich der langfristigen Entwicklung der Kraftstoffverbrauche und damit der erzeugten CO_2-Emissionen kann von verschiedenen Szenarien ausgegangen werden, die neben der geringfügigen Abnahme der Fahrzeugzahlen wirken:

- **Kraftstoffe:**
  - steigende Preise
  - Maßnahmen des Einsatzes alternativer Kraftstoffe (Erdgas, Biokraftstoffe) und innovative Antriebstechniken
  - Ökologische Steuersätze für Erdgas bis 2020 und Flüssiggas bis 2009
  - Beimischungen von Biokraftstoffen in Benzin und Diesel von 2% ab 2005 und 5,75% ab 2010 (führt zur CO_2-Einsparung von 2,5 kg pro Liter)

- **Automobilindustrie:**
  - Effizienzsteigerungen bei Diesel- und Benzinmotoren bilden im Zeitraum bis 2010 das größte Einsparpotenzial. Der spezifische Kraftstoffverbrauch der PKW's fiel von 9,4 Liter pro 100 km im Jahr 1990 auf 8,0 im Jahr 2003 und könnte sich bis 2020 auf 6,5 l/100 km senken lassen /13/.
  - Selbstverpflichtung, die durchschnittliche CO_2-Emission der neu in den Verkehr gebrachten Fahrzeuge bis zum Jahr 2008 auf 140g/km zu verringern.

- **Kraftfahrer:**
  - kraftstoffsparendes Fahrverhalten
  - Umstieg auf sparsamere Fahrzeuge
  - Kürzung der Entfernungspauschale trägt indirekt zur CO_2-Minderung bei

Zusammenfassung Verkehr

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
1.189	1.088	1.035	154	311,4	285,0	271,0	40,4	Abnahme Kfz-Bestand und Verbrauch

5.2.2 HF 09, Fahrradverkehr

Die Nutzung von Fahrrädern als Fortbewegungsmittel führt zu einer Reihe von Besonderheiten, auf die stichpunktartig eingegangen wird.

- Umwelt-energetischer Aspekt:
  Der Umstieg vom PKW auf das Fahrrad kann im kommunalen Bereich, insbesondere in Städten, zu einer erheblichen Minderung des motorisierten Straßenverkehrs mit all seinen negativen Folgen, wie Energieverbrauch, Abgasausstoß (CO2, Ozon und andere Gase), Feinstaub, Lärm, verstopfte Straßen (damit kein flüssiger ÖPNV) führen
- Umwelt-touristischer Aspekt:
  Die Nutzung des Fahrrades in der Freizeit bzw. im Urlaub dient dem Kennenlernen der eigenen oder fremder Regionen und der aktiven Erholung
- Sportlicher Aspekt:
  Das Heranführen von Jugendlichen an das Fahrradfahren bringt neben einer sinnvollen Freizeitbeschäftigung auch gesundheitsfördernde und sozial-kommunikative Vorteile.

Voraussetzungen, um langfristig die Attraktivität des Fahrrades zu erhöhen, werden in Folgendem gesehen:

- Ausbau von Radwegen innerhalb von Städten sowie zwischen Städten und den angrenzenden Kommunen
- Anbindung von Radwegen an ÖPNV-Haltestellen
- Verbesserung von Mitnahmemöglichkeiten für Fahrräder in Bussen, Straßenbahnen und Zügen
- Fahrradabstellanlagen an öffentlichen Einrichtungen (Schulen, Bildungseinrichtungen) und Berücksichtigung beim Wohnungsbau. Mit der Novellierung des Baugesetzes 2004 für die Bauleitplanung wurde die besondere Bedeutung von Flächen für das Abstellen von Fahrrädern hervorgerufen.
- Ausbau von Radwegenetzen im touristischen Sinn, z.B. entlang von Bächen und Flüssen sowie entsprechender Querverbindungen

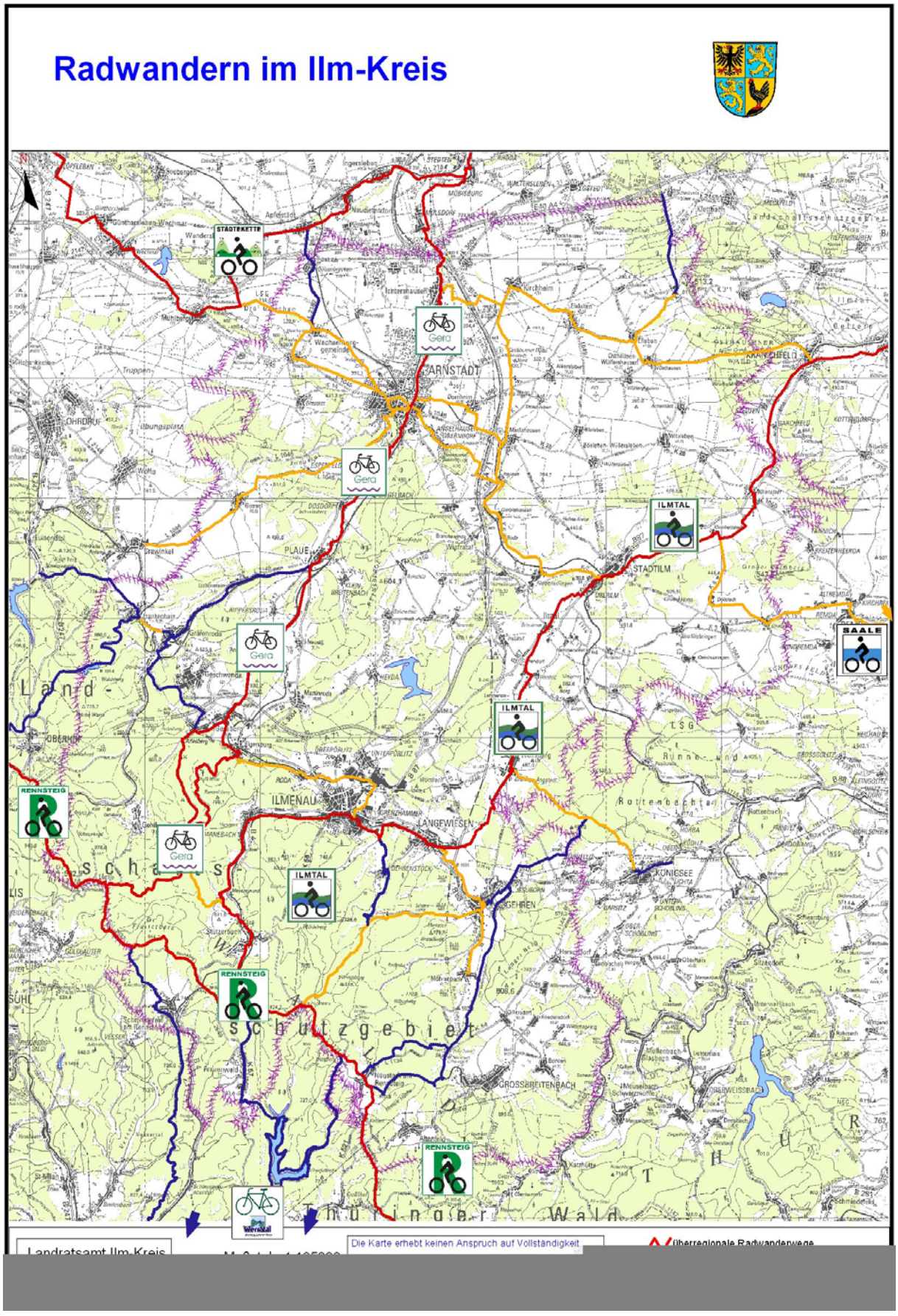


Bild 5-22 Radwanderwege im Ilm-Kreis /15/

Radwegenetz im Ilm-Kreis

- Das Kernnetz im Ilm-Kreis besteht aus 3 überregional bedeutsamen Radwegen

  dem **Rennsteig-Radwanderweg**,
  dem **Ilmtal-Radwanderweg** und
  dem **Gera-Radwanderweg.**

  Der Ilmtal-Radwanderweg und der Gera-Radwanderweg sind an den Rennsteig-Radwanderweg angebunden, bzw. beginnen am Rennsteig. Im Norden bindet der Ilm-Kreis an den Fernradwanderweg "Thüringer Städtekette" an.
- Das weitere Radwegenetz stellt sich so dar, dass Verbindungen zwischen diesen Fernradwanderwegen im Ilm-Kreis und Anbindungen an Fernradwanderwege der umgebenden Landkreise geschaffen wurden und werden. Die stete Fortschreibung des Radwegenetzes verdichtet das vorhandene Netz aus Radfernwegen und regionalen Radwegen.
- Die vorgestellten Radwanderwege gehören zu den 12 Fernradwanderwegen des Landes Thüringen.
- Die Radwanderwege erschließen die verschiedenen Erholungslandschaften und touristischen Zielpunkte des Landkreises auf naturnahe und umweltverträgliche Weise und sollten mit Rastplätzen und Informationstafeln ausgestattet werden.
- Für den Alltagsradler ergeben sich durch die immer engere Vernetzung bessere Möglichkeiten für den Arbeits- und Schulweg. Es sollte hierbei angestrebt werden, dass alle Gewerbegebiete mit dem Rad erreichbar sind.

Radwegebau: Realisiertes – Pläne – Aussichten – Visionen

- Bereits 1992 wurden im Landkreis Ilmenau und im Landkreis Arnstadt Radwegekonzeptionen erstellt, die miteinander und auch mit der Konzeption des Landes abgestimmt waren. Mit Zusammenlegung der Kreise wurden diese Konzeptionen zusammengefügt.

- Durch ein kontinuierliches Förderprogramm des Landkreises und auch Aktivitäten der Kommunen sind diese Routen heute realisiert und in das Thüringer Radwegenetz eingebunden.

- Zum Nachteil gereicht dem Ilm-Kreis, dabei, dass schon 1992 mit dem Radwegebau begonnen wurde. Asphaltierte Radwege wurden damals wegen des Versiegelungsgrades und der höheren Kosten abgelehnt. Heute hat man daraus gelernt, denn die Kommunen können den Aufwand der Instandhaltung der Wasser gebundenen Decken nicht leisten, zumal viele Wege auch noch gemeinsam mit der Landwirtschaft genutzt werden.

- Außer für Ortsdurchfahrten sind am Ilmtal-Radwanderweg und am Gera-Radwanderweg kaum noch Straßen zu befahren. Für das letzte Stück des Ilmtal-Radwanderweges vom Annawerk bis Gräfinau-Angstedt, das noch auf der Landesstraße verläuft, wird weiterhin nach einer gangbaren Lösung gesucht bzw. es

wird abgewartet, inwieweit die Neutrassierung der B88 Einfluss auf die Straßenbelastung haben wird.

- Mit Fördermitteln der Gemeinschaftsaufgabe wurden auch in der Ortslage Arnstadt Teile des Gera-Radwanderweges ausgebaut und Rad- und Fußwegbrücken gebaut.

- Unbefriedigend ist nach wie vor die Führung des Rennsteig-Radwanderweges im Ilm-Kreis. Die Route führt von Oberhof bis Masserberg zum größten Teil auf der Straße. Dies wird von den sportlich ambitionierten Rennsteigradwanderern nicht immer angenommen, zumal die Straße ja auch an vielem Sehenswerten vorbeiführt (z. B. Plänckners Aussicht) Deshalb fahren die Radwanderer häufig auf dem Wanderweg. Gerade am Wochenende ist die Rennsteigstraße auch stark befahren. Hier sind Konflikte zwischen den Wanderern, die ja häufig auch in Gruppen wandern, und den Radwanderern vorprogrammiert.

- 2003 wurden am Ilmtal-Radwanderweg und am Gera-Radwanderweg jeweils 7 Infotafeln aufgestellt und die Verbindung **Stadtilm – Arnstadt – Mühlberg** beschildert. Damit wurde in unserem Territorium eine wichtige Verbindung zwischen Gera-Radwanderweg und Ilmtal-Radwanderweg und dem Fernradwanderweg "Thüringer Städtekette" hergestellt.

- Eine lange umkämpfte Verbindung wurde 2006 fertig gestellt, die Radwegeverbindung **Ilmenau – Elgersburg**. Hier muss aufgrund der Topografie ein stetes Auf und Ab überwunden werden. Dafür wird man aber mit einer sehr reizvollen Landschaft entschädigt Dies wurde durch Fördermittel des Landes und der EU ermöglicht.

- Nunmehr werden Qualitätsverbesserungen an den Fernradwegen angestrebt und weitere Vernetzungen geplant. Für einige Verbindungen sind noch umfangreiche Baumaßnahmen erforderlich. Die Koordinierung mit den Nachbarlandkreisen läuft.

- 2007 wurde die Verbindung **Kleinhettstedt – Remda – Rudolstadt** eröffnet. Damit wurde der Ilmtal-Radwanderweg an den Saale-Radwanderweg in Rudolstadt angebunden.

- Von Arnstadt bzw. Ichtershausen ist eine Verbindung nach Kranichfeld zum Ilmtal-Radwanderweg realisiert .Gleiches gilt für die Anbindung zum Riechheimer Berg und nach Erfurt, die 2007 erfolgten.

- Die **Bach-Rad-Erlebnisroute** wird seit 2007 in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe mit dem Landkreis Gotha verfolgt. Dabei wird diese Rundroute weitestgehend auf vorhandenen Wegen realisiert und soll insbesondere ein weiterer touristischer Anziehungspunkt werden.

- Der geplante **Rinnetalradweg** im Landkreis Saalfeld-Rudolstadt wird in den nächsten Jahren realisiert. An diesen wird der Ilm-Kreis von Gräfinau-Angstedt und von Gehren aus anbinden. Hierzu sind noch Wegebaumaßnahmen notwendig.

- Der Gera-Radwanderweg ist bisher nur entlang der Zahmen Gera entwickelt worden. Entlang der Wilden Gera wird schon seit Jahren nach einer gängigen Lösung

zwischen **Gräfenroda – Liebenstein – Plaue** gesucht. Diese Verbindung soll in den nächsten Jahren hergestellt werden.

- Die **Bahnstrecke Ilmenau – Großbreitenbach**, die sich zurzeit in der Phase der Entbehrlichkeitsprüfung befindet, soll langfristig als Radwanderweg ausgebaut werden.

- Der Ilmtal-Radwanderweg wird gemeinsam mit dem Landkreis Weimarer Land und der Stadt Weimar in der Broschüre "Deutschland per Rad entdecken" vermarktet. Für Ilmtal-Radwanderweg und Gera-Radwanderweg wurden Faltblätter erstellt und auch umfangreiche Informationen in ansprechenden Internetauftritten dargestellt.

- 2002 wurde die Stadt Arnstadt „Fahrradfreundlichste Stadt Thüringens“. Die konsequente Umsetzung der 1998 und 2001 erstellten Radwegekonzepte lässt uns heute sagen, das Arnstadt eine wirklich fahrradfreundliche Stadt geworden ist, obwohl es auch hier immer noch Verbesserungswürdiges gibt.

- Aber auch in Ilmenau hat sich in den letzten Jahren Einiges auf dem Radverkehrssektor getan. Die Stadt erarbeitet ein Verkehrskonzept, das auch das Radwegekonzept beinhaltet, denn Netze können nur geknüpft werden, wenn die Städte radfreundlich durchfahren werden können.

- Das Alltagsradwegenetz sollte im städtischen Bereich so entwickelt werden, dass alle Ortsteile der Städte mit dem Fahrrad sicher erreichbar sind. Dies ist wichtig für die Schüler, aber auch für die Erreichbarkeit des Arbeitsplatzes und die querenden touristischen Routen.

- Die in der Karte bezeichneten Verbindungen sind die prioritären Vorhaben, die der Ilm-Kreis, wie bereits oben beschrieben, entwickelt oder schon umgesetzt hat. Gleichzeitig steht es den Kommunen frei, weitere Verbindungen zwischen den Radwanderwegen und Orten und Ortsteilen herzustellen und damit das Netz weiter zu verdichten.

- Jedes Gewerbegebiet sollte auch mit dem Fahrrad erreichbar sein! Dies gleich bei der Erschließung zu betrachten, kann Kosten sparen, die sonst erst später und viel höher anfallen.

- **Ziel** muss sein, bei der Projektierung von Verkehrsanlagen den Radverkehr als Teil des Gesamtverkehrs gebührend zu berücksichtigen. Die Aspekte des Radverkehrs sind bei Neuanlagen wie auch bei Ergänzungsmaßnahmen von Anfang an in die Planung und Projektierung mit einzubeziehen. Bei der Projektierung sollte auch gleich die Einbringung von Bordsteinkanten hinterfragt werden, die auch abgesenkt für Radfahrer und Rollstuhlfahrer ein Hindernis sind.

Im Raum Arnstadt und Ilmenau werden die innerstädtischen Radwege zunehmend frequentiert, in der Universitätsstadt vorrangig bedingt durch die große Anzahl radfahrender Studenten. Die Förderung des Fahrradverkehrs birgt noch erhebliche Möglichkeiten zur Vermeidung von PKW-Kurzstreckenfahrten.

Im Freizeitbereich dominieren ambitionierte Mountainbiker auf den Waldwegen.

5.3 Handlungsfelder beim Einsatz Erneuerbarer Energieträger für Strom und Wärme

Die Nutzung fossiler und atomarer Energieträger bringt bekanntermaßen vielfältige Probleme und Gefahren mit sich, die sich vor allem aufgrund der Begrenztheit der Ressourcen und der Klimaschädlichkeit, aber auch aus der teilweise schwerwiegenden Kontamination der Umwelt während Abbau, Transport und Verbrennung ergeben.

Weiterhin führt das weltweite Wirtschaftswachstum, insbesondere der großen Schwellenländer China und Indien, schon jetzt zu einem Weltenergiebedarf, der durch die Förderquoten fossiler Energieträger kaum noch gedeckt werden kann (kontinuierlicher Anstieg der Weltmarktpreise in den letzten Jahren) und in Zukunft nicht mehr zu decken sein wird.

Die dadurch entstehende Lücke zwischen Energieangebot und -bedarf ist langfristig nur durch den Einsatz Erneuerbarer Energien zu schließen. Verbunden mit einem sparsamen und effizienten Umgang der insgesamt verfügbaren Energie bildet dies die einzige Chance für eine zukunftsfähige Energieversorgung.

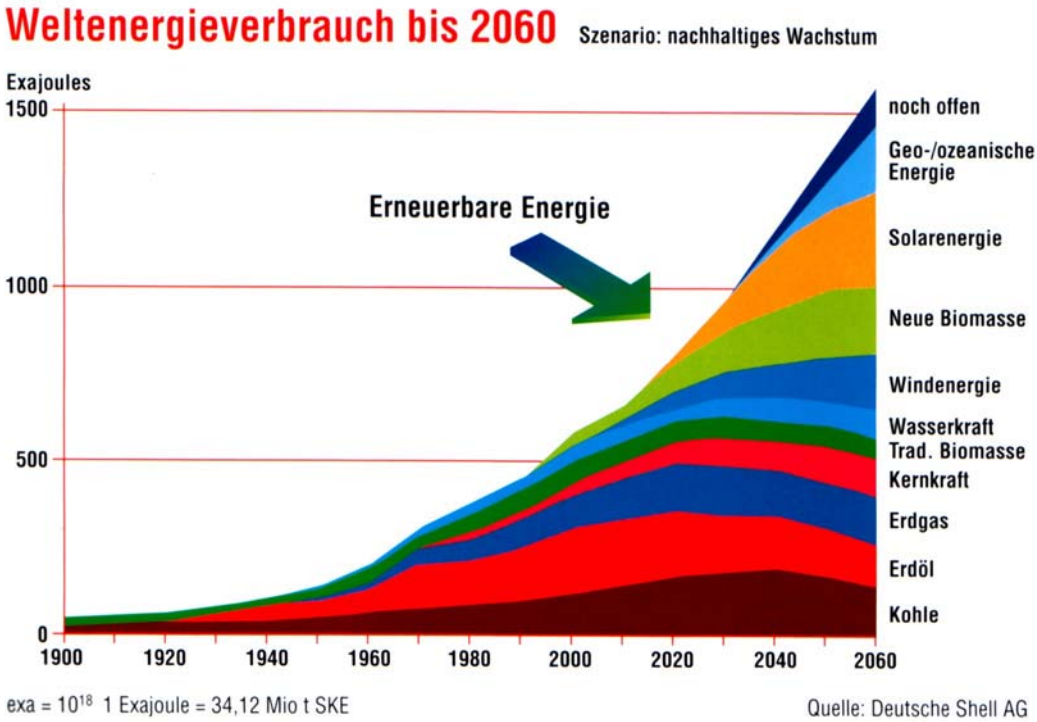


Bild 5-23: Shell-Studie zur Entwicklung des Weltenergieverbrauchs bis 2060

Das gleiche Ergebnis ist aus einer vom Mineralölkonzern Shell herausgegebenen Studie abzuleiten, in welcher Zukunftsszenarien für die Entwicklung des Weltenergiebedarfs und Energieträger zu dessen Deckung untersucht wurden (siehe Bild 5-23).

Die Notwendigkeit einer Umstellung der Energiewirtschaft auf neue und erneuerbare Energieträger wurde bereits in der Agenda 21, dem Abschlussdokument der UN-Weltkonferenz von Rio de Janeiro im Jahr 1992, konkret formuliert.

Deutschland ist mit der konsequenten Förderung Erneuerbarer Energien seit nunmehr fast 15 Jahren weltweiter Vorreiter und Technologieführer auf diesem Weg. Neben zahlreichen Förderprogrammen des Bundes und der Länder bildeten fortschrittliche Gesetzgebungen wie das Stromeinspeisegesetz von 1991, das Gesetz zum Vorrang Erneuerbarer Energie im Jahr 2000 sowie dessen Novellierung im Jahr 2004 eine vorbildliche Grundlage für diese Entwicklung.

Auch das Land Thüringen nahm 1993 eine erfreuliche Vorreiterrolle ein, indem es als erstes deutsches Bundesland der Ausweitung der erneuerbaren Energienutzung und dem sparsamen Umgang mit Energie Verfassungsrang gab (Artikel 31, Abs. 3). Über die Jahre hinweg umfangreiche Fördermaßnahmen vor allem zur Nutzung von Biomasse, Wasserkraft, Solarthermie und Photovoltaik bewiesen die Ernsthaftigkeit dieses Anliegens.

Ende 2004 belegte Deutschland neben der Windkraftnutzung erstmals auch bei der Photovoltaiknutzung weltweit den ersten Platz. Durch den Ausbau der entsprechenden Industriezweige wurde bis dahin bereits ein Beschäftigungseffekt von 130.000 bis 150.000 Arbeitsplätzen erreicht.

Insbesondere der Raum Arnstadt-Erfurt und damit auch der Ilm-Kreis profitiert in den letzten Jahren durch die Ansiedlung mehrerer großer Wirtschaftsunternehmen im Bereich der Photovoltaik von dieser Tendenz. Beispielhaft genannt seien hier die Solarzellenhersteller ErSol, Sunways und Antec Solar Energy, sowie PV Crystalox und ASi Industries als Hersteller von Solarsilizium bzw. Siliziumwafern als Ausgangsmaterialien zur Solarzellenherstellung. Allein etwa 300 Beschäftigte haben die im Ilm-Kreis angesiedelten Unternehmen.
Die Umsetzung der Techniken zur Nutzung Erneuerbarer Energien obliegt ebenso wie die Realisierung von Anlagen zur effizienten Wandlung fossiler in Endenergien den Handwerksbetrieben. Hier gibt es ein breit gefächertes Spektrum mit 36 Betrieben und ca. 280 Beschäftigten im Ilm-Kreis sowie 8 Energieberater bzw. Umweltvereine, siehe Anlage 1.

Nachfolgend werden die wichtigsten derzeit genutzten Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energieträger vorgestellt und ihr Beitrag zur Energieversorgung in Deutschland, Thüringen und im Ilm-Kreis anhand konkreter Daten dargelegt.

5.3.1 HF 10, Einsatz von Photovoltaik

Mit dem Begriff „Photovoltaik“ (kurz: PV) wird die direkte Umwandlung von Sonnenstrahlung in Strom mit Hilfe von Solarzellen bezeichnet. Im Gegensatz zur Stromgewinnung in herkömmlichen Kraftwerken geschieht dies völlig geräuschlos, abgasfrei und ohne den Einsatz beweglicher Teile.

Aufgrund ihrer kleinen Leistung schaltet man in der Regel mehrere Solarzellen zu Solarmodulen zusammen, die sich wiederum zu größeren Solargeneratoren verschalten lassen. Somit sind Photovoltaikanlagen von der transportablen Kleinstanwendung bis hin zum Kraftwerk im Megawattbereich anzutreffen. Der modulare Aufbau bietet zudem die Möglichkeit, bestehende Anlagen durch Hinzufügen weiterer Module nach Bedarf Schritt für Schritt zu erweitern.

Seit dem Inkrafttreten des Gesetzes zum Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) im Jahr 2000 wird ins Netz eingespeister Solarstrom in Deutschland mit einer Ertragsvergütung begünstigt, die einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb ermöglicht. Damit wurde ein verstärkter Ausbau der Photovoltaik vor allem im privaten Bereich angeschoben, wobei aber noch ein riesiges Potenzial an geeigneten Dachflächen zu Verfügung steht.

Bild 5-24: Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen auf Wohnblocks in Ilmenau (installierte Leistung insgesamt 44,4 kWp) /36/

Für die Belegung mit Solarmodulen eignen sich alle Dachflächen, die südlich, südöstlich oder südwestlich ausgerichtet sind und eine Neigung von etwa 20° bis 60° aufweisen, daneben auch Flachdächer, Fassaden oder Freiflächen. Wichtig ist generell eine weitestgehende Verschattungsfreiheit, da beschattete Solarmodule einen sehr negativen Einfluss auf den Ertrag der Gesamtanlage haben.

Ein großer Vorteil der Photovoltaik liegt in den Möglichkeiten zur Gebäudeintegration der Solarmodule. Bereits vorhandene bebaute Flächen können somit einerseits zur Stromerzeugung genutzt werden, andererseits können die Module selbst Zusatzfunktionen am Gebäude übernehmen. Beim Einbau in ein Gebäudedach bildet der Solargenerator z.B. gleichzeitig die Dachhaut, bei Fassadenanbringung oder -integration können die Solarmodule als Verschattungselemente zur Klimatisierung der Räume beitragen.

Außerhalb von Gebäudeflächen bieten sich beispielsweise Schallschutzwände zur Belegung mit Solarmodulen an. Aufgrund des „Landschaftsverbrauchs“ umstritten ist die verstärkte Nutzung von Acker- oder Weideland zum Aufbau größerer PV-Kraftwerke. Eine bessere Akzeptanz findet die Verwendung nicht mehr genutzter Deponieflächen, Tagebaue o.ä. für derartige Anlagen.

Nicht zuletzt der regen Öffentlichkeitsarbeit im Rahmen der Regionalen Agenda 21 - Bewegung sowie hier ansässiger Vereine und Unternehmen ist es zu verdanken, dass der Ilm-Kreis seit einigen Jahren mit weitem Abstand die Spitzenposition bei der Photovoltaiknutzung in Thüringen einnimmt.

5.3.1.1 Prinzip der Stromerzeugung

Die Energiewandlung mit Solarzellen beruht auf dem photovoltaischen Effekt, der bei der Bestrahlung von speziell behandelten Halbleitermaterialien mit Licht geeigneter Wellenlängen auftritt.

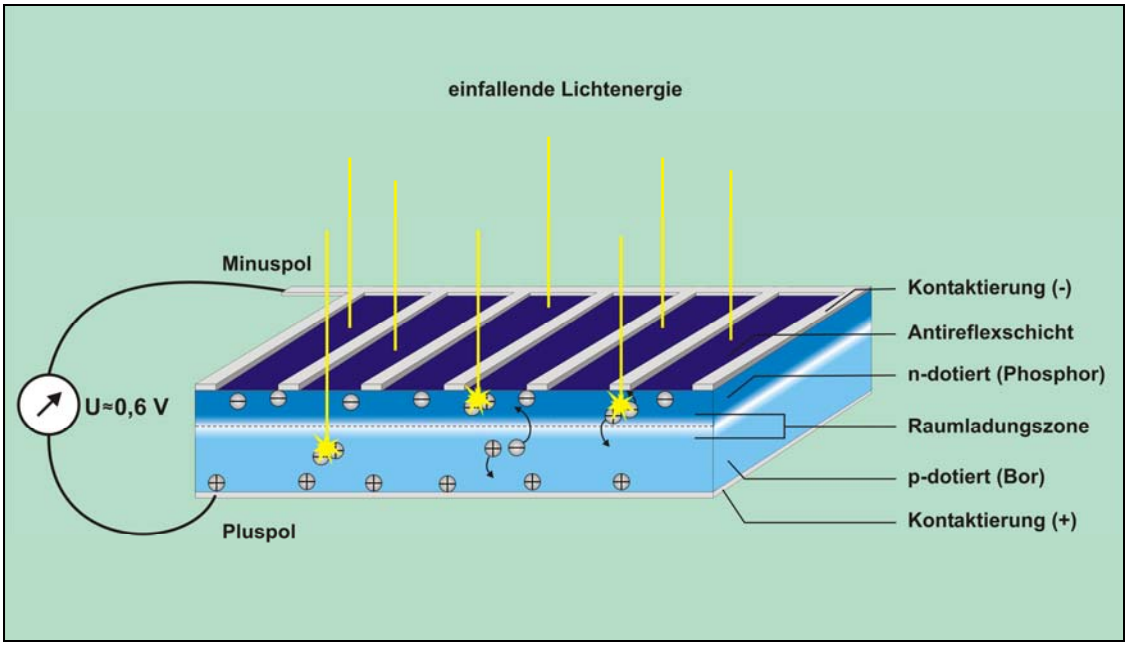


Bild 5-25: Prinzip der Stromerzeugung mit Solarzellen /47/

Bei handelsüblichen mono- und polykristallinen Solarzellen bildet hochreines Silizium in Form von Wafern (ca. 0,3 mm dicke Siliziumscheiben) das Ausgangsmaterial für die Herstellung.
Wird die Oberseite des Wafers mit Phosphor-Atomen und die Unterseite mit Bor-Atomen angereichert, so entsteht zwischen beiden Zonen ein elektrisches Feld. Trifft Licht auf diese Solarzelle, werden freie Ladungsträgerpaare gebildet, die sich unter dem Einfluss des inneren elektrischen Feldes trennen. Die negativen Ladungsträger, die Elektronen, gelangen zur oberen Fläche und an der unteren Seite bildet sich eine positive Ladung. Auf diese Weise entsteht eine Gleichspannung zwischen Ober- und Unterseite, die mittels Elektroden abgegriffen werden kann.

Der Abgriff der Spannung geschieht in der Praxis durch ein aufgedrucktes, feines Netz von Kontaktierungen auf der Oberseite der Zelle (Minuspol) und einen großflächig aufgedruckten Kontakt auf der Unterseite (Pluspol). Die netzartige Ausführung auf der Zellenoberseite wird gewählt, um den Lichteinfall auf die Zelle so wenig wie möglich zu behindern.

Noch vor der Kontaktierung wird die Oberfläche des ursprünglich silbergrauen, spiegelblanken Wafers mit einer Antireflexschicht aus Siliziumnitrid oder Titandioxid versehen. Diese verringert unerwünschte Reflexionen des einfallenden Sonnenlichtes und trägt damit zur Wirkungsgradsteigerung der Zelle bei. Außerdem verleiht sie der Solarzelle ihre typische blaue bis schwarze Färbung. Weitere Zellenfärbungen werden durch Variation der Dicke der Antireflexschicht erreicht.

Solarmodule sind Einheiten, in denen mehrere Solarzellen elektrisch miteinander verschaltet und gegen Umwelteinflüsse geschützt werden. Es werden verschiedenste Ausführungen hergestellt, als Standard haben sich jedoch gerahmte Glas-Folie-Module etabliert. Sie können in verschiedenen Größen hergestellt werden und zeichnen sich durch ein relativ niedriges Gewicht und gute Montierbarkeit in vielen Anwendungsfällen aus.

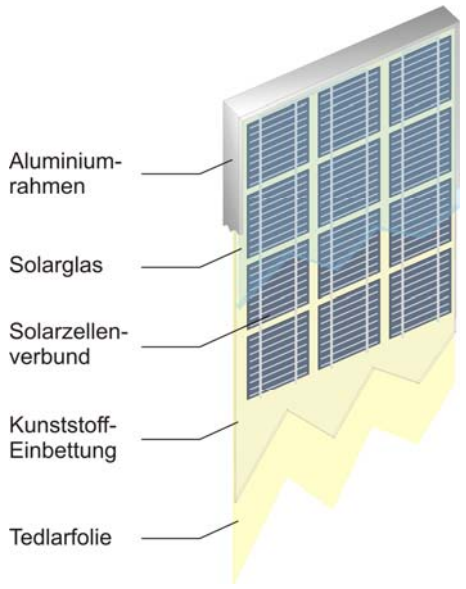


Bild 5-26: Prinzipieller Aufbau eines Glas-Folie-Solarmoduls /47/

In der physikalischen Wirkungsweise analog, in der Herstellungstechnologie aber deutlich abweichend ist die Dünnschichttechnik, die z. B. für Cadmium-Tellurit-Module Anwendung findet. Ein bedeutender Hersteller dieser Module ist ANTEC Solar Energy AG in Rudisleben.

5.3.1.2 Arten von Photovoltaikanlagen

Da das Sonnenlicht als Energieträger überall auf der Erde zur Verfügung steht und mit Hilfe von Solarmodulen zur Stromerzeugung genutzt werden kann, sind photovoltaische Lösungen zur Stromversorgung für die verschiedensten Anwendungsfälle entwickelt worden.

Netzunabhängige Stromversorgungen mit oder ohne Energiespeicher bilden ein Haupteinsatzgebiet der Photovoltaik. Besonders in den sonnenreichen, niederschlagsarmen Ländern eignen sich derartige Systeme zur Trinkwasserförderung oder zur Elektrifizierung netzfern gelegener Siedlungen. Hierzulande hat sich der Einsatz dieser Technik neben Anwendungen im Hobby- und Freizeitbereich (Gartenhütten, Springbrunnen) vor allem zur Stromversorgung abgelegener Einzelverbraucher, wie Mess- oder Funkanlagen, bewährt.

Netzgekoppelte Photovoltaikanlagen gewinnen weltweit, vor allem aber in Deutschland, Japan und Spanien, stark an Bedeutung. Hier wird der gesamte erzeugte Solarstrom mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom umgewandelt und über einen Energiezähler komplett in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Im Gegensatz zu den netzunabhängigen Systemen ist hier keine leistungsmäßige Anpassung an den Energiebedarf bestimmter elektrischer Verbraucher erforderlich, da diese den Strom nach wie vor aus dem Netz beziehen. Für die Auslegung einer netzgekoppelten Anlage sind neben den verfügbaren finanziellen Mitteln vor allem die vorhandenen belegbaren Flächen ausschlaggebend.

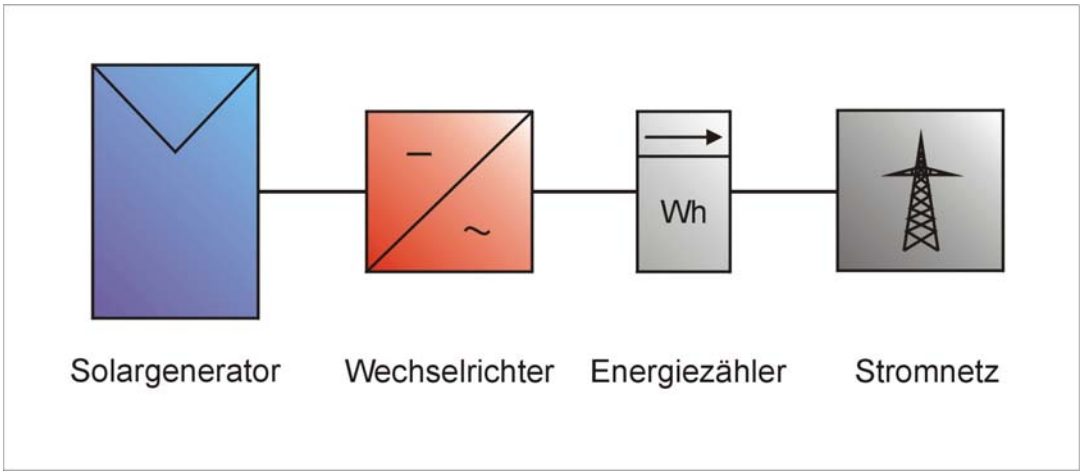


Bild 5-27: Anlagenschema Netzgekoppelte Photovoltaikanlage

5.3.1.3 Photovoltaikanlagen in Deutschland

Während der Zubau von photovoltaischen Inselanlagen in Deutschland seit Mitte der neunziger Jahre mit etwa 2 bis 3 MWp pro Jahr etwa konstant blieb, kam es mit dem Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 zu einem sprunghaften Anstieg des Zubaus von netzgekoppelten PV-Anlagen. Im Jahr 2004 führte die Anhebung der Einspeisevergütung im Zuge der EEG-Novellierung nochmals zu einer deutlichen Verstärkung der Ausbauaktivitäten.

Welche Bedeutung das EEG international besitzt, lässt sich daran erkennen, dass Anfang 2006 bereits 46 Länder das „deutsche“ EEG in angepasster Form in ihr eigenes Gesetzeswerk übernommen haben.

Mittlerweile liegt eine weitere am 01.01.2009 in Kraft getretene Novellierung des EEG vor. Die beeindruckende Entwicklung, welche in den Bildern 5-28 und 5-29 bis zum Jahr 2008 grafisch dargestellt ist, brachte Deutschland bereits im Jahr 2005 an die weltweite Spitze der Photovoltaiknutzung.

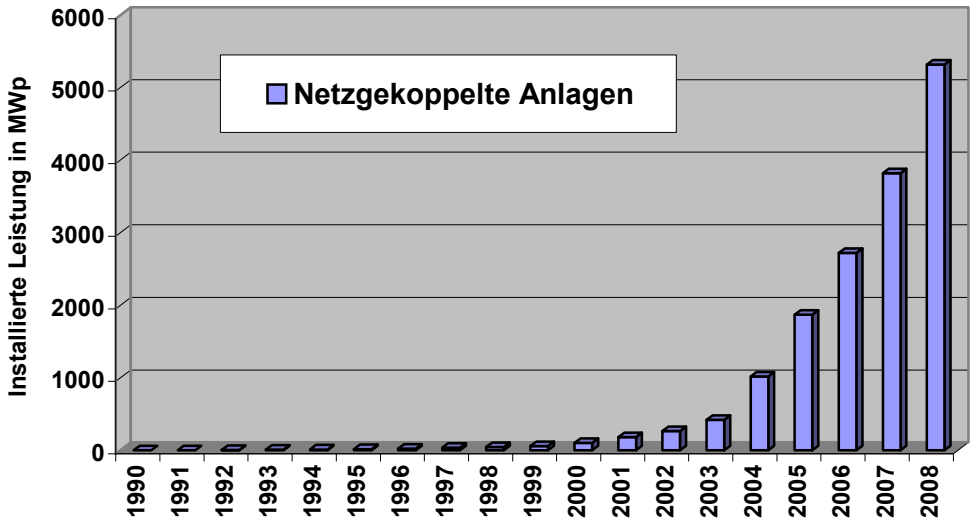


Bild 5-28: Gesamt installierte PV-Leistung in Deutschland 1990 bis 2008 /48/

Nach den Statistiken des Bundesverbandes Solarindustrie e.V., BSi /48/ (seit Ende 2005 überführt in Bundesverband Solarwirtschaft e.V., BSW), waren Ende 2005 deutschlandweit etwa 1.870 MWp PV-Leistung und 2008 bereits **5.321 MWp** installiert. Davon entfielen lediglich etwa 30 MWp, also knapp 2 %, auf Inselanlagen. Der Zubau im Jahr 2005 betrug 850 MWp, was allein fast 45 % des Gesamtbestandes ausmachte. Im Jahr 2008 betrug der Zubau sogar **1.500 MWp**, bei stets steigenden Jahresanteilen.

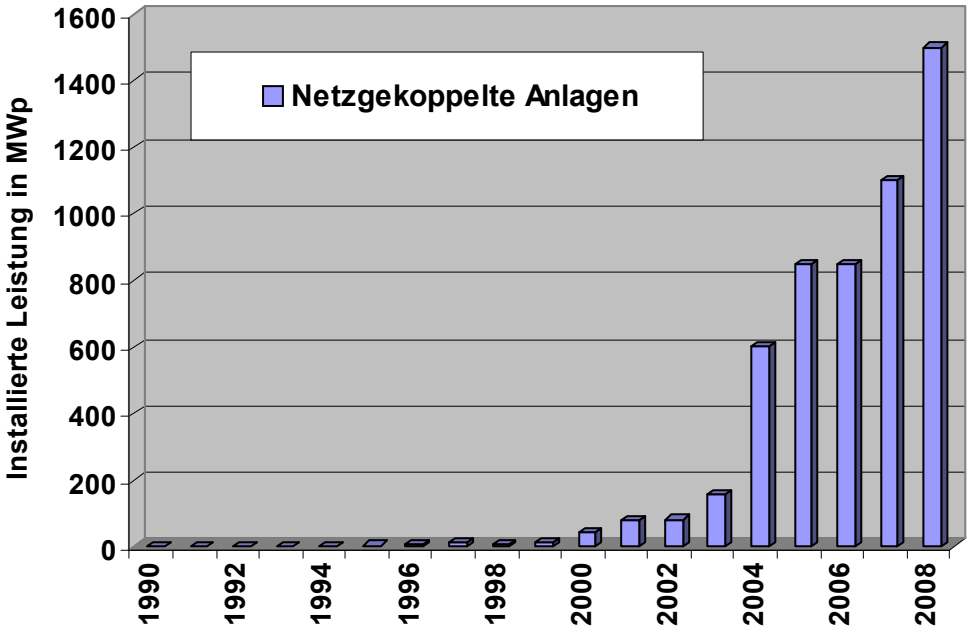


Bild 5-29: Jährlicher Zuwachs an installierter PV-Leistung, Deutschland 1990 bis 2008 /48/

5.3.1.4 Photovoltaikanlagen im Ilm-Kreis

Im Ilm-Kreis sind innerhalb der letzten Jahre zahlreiche Photovoltaikanlagen im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich entstanden.
Zahlenmäßig die meisten Anlagen existieren auf den Süddächern von Ein- und Zweifamilienhäusern.

Bild 5-30: PV-Anlage mit einer Leistung von 4,07 kWp in Kombination mit einer solarthermischen Anlage, (Neubaugebiet Ilmenau) /36/.

Bedeutende Beispiele bilden auch die Anlagen auf zwei Dächern von Wohnblocks der Ilmenauer Wohnungsbaugesellschaft mit insgesamt 44,4 kWp installierte Leistung (siehe Bild 5-24, S. 81), ca. 50 kWp auf ebenfalls zwei Wohnblocks der Wohnungsbaugesellschaft Arnstadt und die 102,5 kWp PV-Anlage der Firma Goldbeck Solar im Gewerbegebiet Ichtershausen / Thörey.

Bild 5-31: 102,5 kWp Photovoltaikanlage der Firma Goldbeck Solar, Thörey

Das erste Solarkraftwerk im Ilm-Kreis mit einer Leistung von 444,6 kWp ging am 01. April 2008 an das 20 KV-Netz der E.ON Thüringer Energie AG.

Bild 5-31a: 444,6 kWp Solarkraftwerk auf der Deponie Rehestädt

Hervorhebenswert und nicht in jeder Region Thüringens vorzufinden sind die zahlreichen **Photovoltaik-Schulanlagen** im Ilm-Kreis.
Als netzgekoppelte Anlagen und in vorteilhafter Weise ergänzt durch ein Photovoltaik-Lehrsystem helfen sie bei der Entwicklung des Energiebewusstseins der Schüler und Auszubildenden, um auf die Perspektiven einer Energieversorgung für künftige Generationen im Kontext zur Klimaschutzproblematik hinzuweisen.

An einer konkreten Anlage ist es beispielhaft möglich, ökologische, technische und wirtschaftliche Zusammenhänge zu vermitteln. Besonders wertvoll in diesem Zusammenhang sind die an den Schulen installierten Anzeigetafeln für die Energieerträge. Derzeit gibt es 11 Anlagen an den Gymnasien, den Berufsschulen und einigen Regelschulen mit einer Gesamtleistung von 13,7 kWp.
Auf den nachfolgenden Bildern sind die Module für die netzgekoppelte Anlage sowie die drei kleineren Module für das Lehrsystem zu sehen /36/.

Bild 5-32: PV-Anlagen an Schulen im Ilm-Kreis /36/
links: H-Hertz-Regelschule Ilmenau
Rechts: Neideck-Gymnasium Arnstadt

Hinzuweisen wäre an dieser Stelle auch auf zukunftsweisende **Forschungsergebnisse** auf dem Gebiet der Photovoltaik, die an der TU Ilmenau zu polymerbasierten Solarmodulen im Jahr 2005 erreicht wurden. Nach Aussagen der TU-Forscher gehört die Ilmenauer Arbeitsgruppe zu jenen drei Gruppen weltweit, die **„Solarstrom aus Plastik“** mit einem Wirkungsgrad von fünf Prozent erreicht haben /49/.

Die **Entwicklung des Bestandes an PV-Anlagen** im Ilm-Kreis ist in den Bildern 5-33 und 5-34 dargestellt. Bis einschließlich des Jahres 2000 sind alle installierten Anlagen vom Thüringer Wirtschaftsministerium anteilig gefördert worden. Die Daten bis zu diesem Zeitpunkt wurden der Statistik des Ministeriums entnommen /14/.

Für die Jahre 2001 bis Mitte 2007 liegen detaillierte Angaben der Stadtwerke Ilmenau /28/, der E.ON Thüringer Energie /39/ und auch der Stadtwerke Arnstadt /38/ vor, die als Datenbasis für die in diesen Jahren installierte Anlagenleistung dienten. Somit ist auch eine Aufteilung der jährlich zugebauten Leistung auf die Versorgungsgebiete dieser drei EVU`s möglich, wie in Bild 5-34 dargestellt.

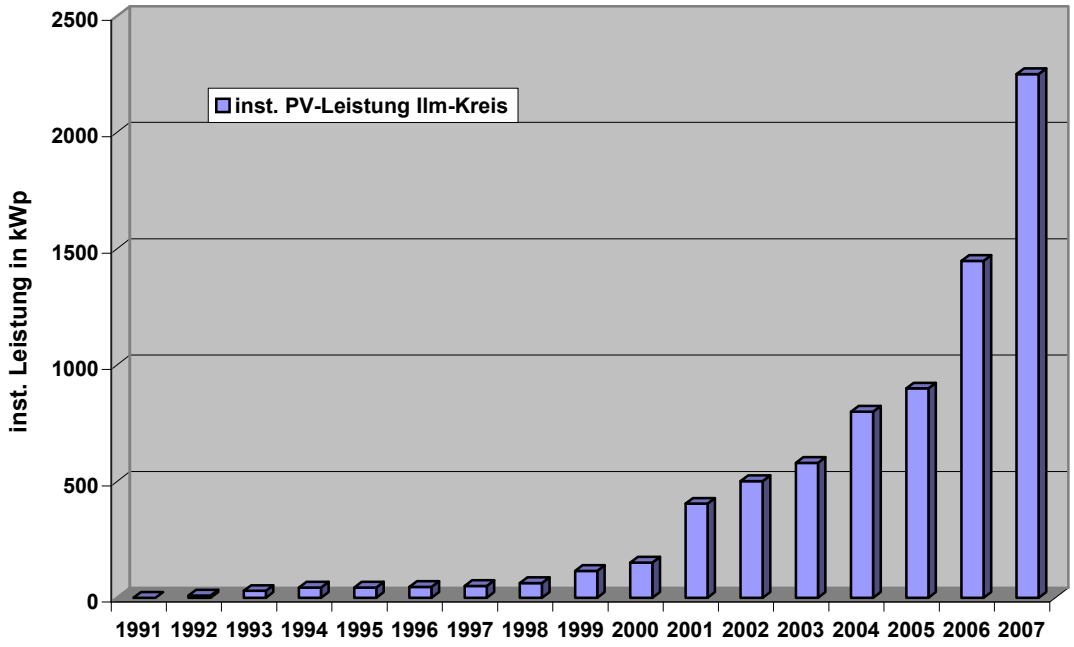


Bild 5-33: Gesamt installierte PV-Leistung im Ilm-Kreis seit 1991 /36/

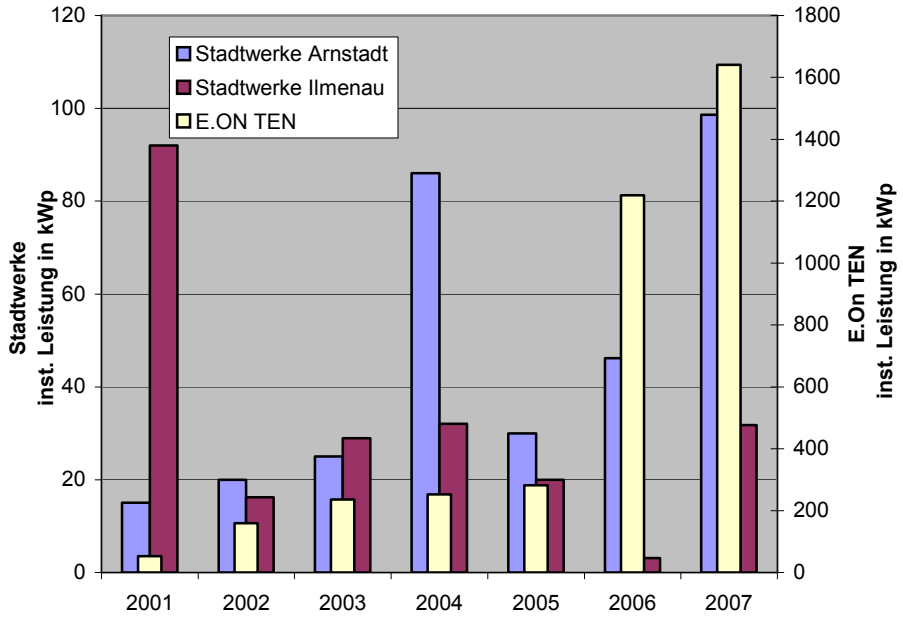


Bild 5-34: Jährlicher Zuwachs an installierter PV-Leistung im Ilm-Kreis in den Jahren 2001 bis 2007, unterteilt nach Versorgungsgebieten /36/

Ende des Jahres 2004 war im Ilm-Kreis insgesamt eine **PV-Leistung** von 800 kWp installiert.
Im Jahr **2007 waren es 2.251 kWp**, d.h. das 2,8 fache!
Die größten Zuwächse erfolgten in den Jahren 2006 und 2007.

Die **Stromproduktion** der im Ilm-Kreis installierten PV-Anlagen betrug 2004 etwa 451 MWh und im Jahr **2007 etwa 1.980 MWh**, aufgeteilt auf die Versorgungsgebiete:

Diese photovoltaisch erzeugte Energiemenge lässt sich in vermiedene CO_2-Emissionen überführen. Unter Berücksichtigung der derzeit zur Stromerzeugung genutzten Anteile von Primärenergieträgern in Deutschland ergibt sich nach Berechnungen des Simulationsmodells GEMIS 4.14 (Stand Sept. 2002) ein Umrechnungsfaktor von 0,683 kg vermiedener CO_2-Emissionen pro kWh Elektroenergie.
Für die Bilanzrechnungen ab 2007 wird mit dem aktuellen Wert von 0,623 kg CO_2 / kWh gerechnet.

Für den Ilm-Kreis ergeben sich damit **vermiedene CO_2-Emissionen** im Jahr 2004 in Höhe von 308 t und im Jahr **2007 in Höhe von 1.234 t** aufgrund der Stromproduktion der bis dahin installierten Photovoltaikanlagen.

5.3.1.5 Potenzialabschätzung für den Endenergieertrag und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Eine grobe Abschätzung der installierbaren Photovoltaik-Leistung im Ilm-Kreis erfolgte im Bericht 2005 auf Grundlage des vom Energie & Umwelt e.V. erstellten Solarkatasters /43/ für die Stadt Ilmenau. Für diese Studie wurden alle für die Nutzung der Solarenergie geeigneten Dachflächen der Stadt Ilmenau (ohne eingemeindete Nachbarorte) erfasst. Dabei ergab sich unter Beachtung von Dachabzugs- und Verschattungsflächen eine **für solartechnische Anwendungen nutzbare Dachfläche von 487.957 m².** Dies entspricht, bezogen auf die Einwohner der Stadt von 26.245 (Stand Mai 2005), einer Fläche von 18,6 m² pro Einwohner bzw. 55,8 m² pro 3-Personen-Haushalt. Hochgerechnet auf den Ilm-Kreis mit 118.112 Einwohnern (39.370 3-Personen-Haushalte) ergibt dies wiederum ein **theoretisches Potenzial von 2.196.883 m² Dachfläche zur Nutzung der Solarenergie**.

Unter praktischen Gesichtspunkten kommt jedoch nicht die gesamte Fläche auch für eine Nutzung in Betracht, da bei solartechnisch genutzten Dächern wegen der vorgegebenen Geometrien der PV-Module bzw. der Kollektoren immer eine gewisse unbelegte Restfläche bleibt. Aus diesen Überlegungen heraus wurde für die Potenzialabschätzung eine praktisch nutzbare Dachfläche von 80 % des theoretischen Wertes angesetzt, also 14,9 m² pro Einwohner bzw. 44,7 m² pro 3-Personen-Haushalt. Dies entspricht einer **praktisch nutzbaren Fläche von 1.759.870 m²** im Ilm-Kreis.

Diese Fläche ist nochmals aufzuteilen in solarthermische und photovoltaische Nutzung. Unter technischen Gesichtspunkten müsste berücksichtigt werden, dass die Auslegung der Kollektorfläche von solarthermischen Anlagen nach dem tatsächlichen Warmwasserbedarf des entsprechenden Haushalts oder Unternehmens/Institution erfolgt, während bei Photovoltaikanlagen grundsätzlich die größtmögliche Fläche genutzt wird. Da hierzu aber derzeit keine belastbaren Zahlenwerte verfügbar sind, kann dieser Weg nicht weiter verfolgt werden.

Um das nutzbare Potential bis zum Jahr 2015 abzuschätzen wird von dem Ausbau der PV-Anlagen in den letzten Jahren ausgegangen.
Seit dem Inkrafttreten des EEG wurde im Ilm-Kreis durchschnittlich ein jährliches Wachstum der Anlagenleistung zwischen 20 und 50 % erreicht.

Derzeit ist nicht von einer gravierenden Verschlechterung der gesetzlichen Rahmenbedingungen auszugehen und auch das verfügbare Potenzial geeigneter Dachflächen ist bei weitem nicht ausgeschöpft. Weiterhin zeichnen sich erhebliche Preissenkungen für alle Baugruppen und auch Effizienzsteigerungen bei den Solarmodulen ab, so dass die angestrebte Preisparität von Solarstrom und konventionellem Netzstrom bis zum Jahr 2015 realistisch erscheint. Genau dieses Ziel hat sich die Solarinitiative „Solarvalley Mitteldeutschland“ vorgenommen.

Diese günstigen Voraussetzungen erlauben es, für eine konservative Prognose von einem Steigerungssatz der installierten PV-Leistung von 25% jährlich auszugehen.

Damit errechnet sich die **PV-Leistung für das Jahr 2015 im Ilm-Kreis zu 8.580 kWp**, was einer Steigerung um den Faktor 3,8 bezogen auf das Jahr 2008 entspricht. Auf der umfangreichen Datenbasis der Fa. SET GmbH /50/ für den Ilm-Kreis aufbauend, kann ein **Energieertrag von ca. 7.650 MWh** angenommen werden.

Die Einsparung an CO_2 erreicht im Jahr 2015: **7,65 GWh x 628 t CO_2 / GWh = 4.804 t CO_2**

Zusammenfassung Photovoltaik

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
0,45	1,98	7,65	7,20	0,31	1,23	4,8	4,49	Zunahme Anlag.

5.3.2 HF 11, Einsatz von Solarthermie

Unter dem Begriff „Solarthermie“ versteht man die Umwandlung der Sonnenstrahlung in Nutzwärme. Dies geschieht in den meisten Fällen mit Hilfe von Sonnenkollektoren. Man nutzt dabei das allgemein bekannte physikalische Prinzip, dass dunkle Festkörper die Wärmestrahlung der Sonne gut absorbieren und sich dabei stark aufheizen. Schwarz erscheinende Elemente, die als Absorber bezeichnet werden, bilden daher das Herzstück eines Sonnenkollektors.

Solarthermisch erzeugte Wärme lässt sich vielfältig nutzen. Am häufigsten trifft man Anlagen zur Brauchwassererwärmung für Einfamilienhäuser an, welche typischerweise Kollektorflächen von 4-6 m² aufweisen. Solarthermische Anlagen, die zusätzlich einen nennenswerten Beitrag zur Unterstützung der Raumheizung leisten sollen, benötigen mit mindestens 10 m² deutlich mehr Kollektorfläche und werden seltener realisiert.

Auch größere Objekte, die einen hohen Bedarf an Warmwasser haben, werden immer häufiger mit solchen Anlagen ausgestattet. Beispiele hierfür im Ilm-Kreis sind die Wohnanlage „Fasanengarten“ in Arnstadt mit einer Kollektorfläche von 65,4 m² sowie die Ilm-Kreis Kliniken in Ilmenau mit 168 m² (siehe Bild 6-32).

Bild 5-35: Solarthermische Großanlage bei den Ilm-Kreis Kliniken Ilmenau /36/

Weitere Anwendungsfälle sind die Erwärmung von Schwimmbädern (Freibad Geraberg) oder die Warmlufterzeugung zu Trocknungs- und Heizungszwecken (Sporthalle in Ilmenau). Mit Hilfe von Absorptionskältemaschinen, die für ihren Betrieb eine Wärmequelle benötigen, können sogar Kühl- und Klimatisierungsanlagen solarthermisch betrieben werden.

Alle diese Ausführungsbeispiele Solarthermischer Anlagen erzeugen Wärme auf einem relativ niedrigen Energieniveau, welches aber für die entsprechenden Anwendungen ausreicht. Durch die Bündelung der Solarstrahlung mit Hilfe von Hohlspiegeln lassen sich weit höhere Temperaturen erreichen, mit denen Wasser in Heißdampf umgewandelt und wie im herkömmlichen Wärmekraftwerk zum Antrieb von Turbinen zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Auf diese solarthermischen Kraftwerke, welche in sonnenreicheren Ländern sinnvoll eingesetzt werden können, wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen.

5.3.2.1 Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung

Für die Nutzung der Solarenergie zur Warmwasserbereitung ergeben sich recht günstige Voraussetzungen, da hier der Bedarf eines Haushaltes über das Jahr annähernd konstant ist. Es besteht dadurch zumindest im Sommerhalbjahr eine Übereinstimmung zwischen Energiebedarf und solarem Energieangebot.

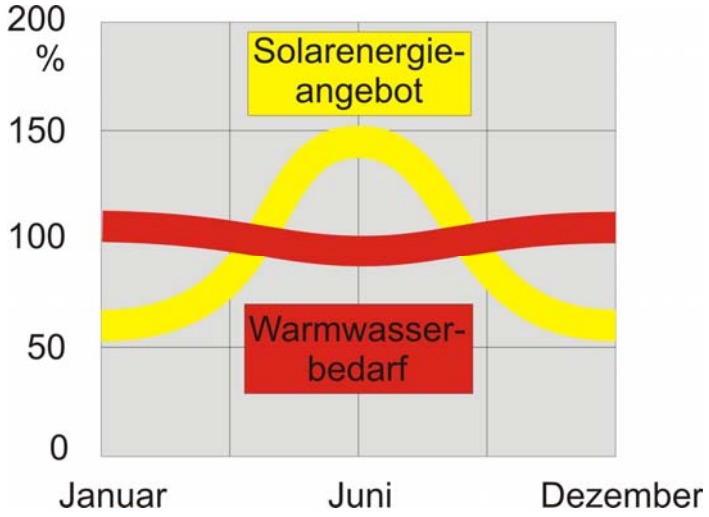


Bild 5-36: Solarenergieangebot und Warmwasserbedarf im Jahresverlauf /36/

Das Herzstück einer thermischen Solaranlage zur Brauchwassererwärmung ist der Kollektor. Die verschiedenen angebotenen Bauformen haben als wichtigstes Element die mit einer speziellen Beschichtung versehenen Absorber gemein, die zur einer bestmöglichen Absorption der einfallenden Solarstrahlen und ihrer Umwandlung in Wärme dienen.

Der Absorber wird von einer Wärmeträgerflüssigkeit (meist Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel) durchströmt, welche die anfallende Wärme aufnimmt und über einen geschlossenen Rohrkreislauf von den Kollektoren in den wassergefüllten Speicher transportiert. Die Abgabe der Wärme an das Speicherwasser erfolgt über Wärmetauscher, die oft als mehrfach gewundene Spiralen aus geriffeltem Kupferrohr ausgelegt sind. Der Speicher ist bei Anlagen zur Brauchwassererwärmung unverzichtbar, da er eine Pufferung der Solarwärme ermöglicht. Warmes Wasser kann somit auch dann entnommen werden, wenn unzureichend Solarenergie anfällt, wie in den Abend- und Morgenstunden oder an bewölkten Tagen.

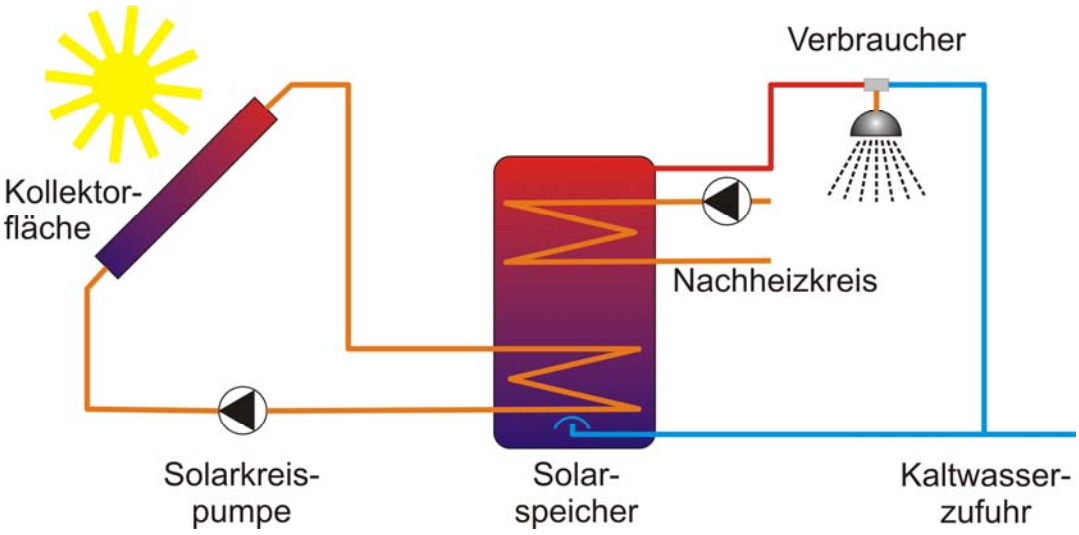


Bild 5-37: Aufbauprinzip einer solarthermischen Anlage zur Brauchwasserbereitung

Thermische Solaranlagen besitzen weiterhin als wesentliches Bauteil einen Solarregler. Sobald die Temperatur am Kollektor die Temperatur im Speicher um eine eingestellte Temperaturdifferenz (3 bis 5 K) übersteigt, schaltet der Regler die Solarkreispumpe ein.
Eine konventionelle Heizung gewährleistet über den Nachheizkreis, dass auch dann ausreichend warmes Wasser zur Verfügung steht, wenn die Solaranlage keine oder zu wenig Nutzenergie liefert.

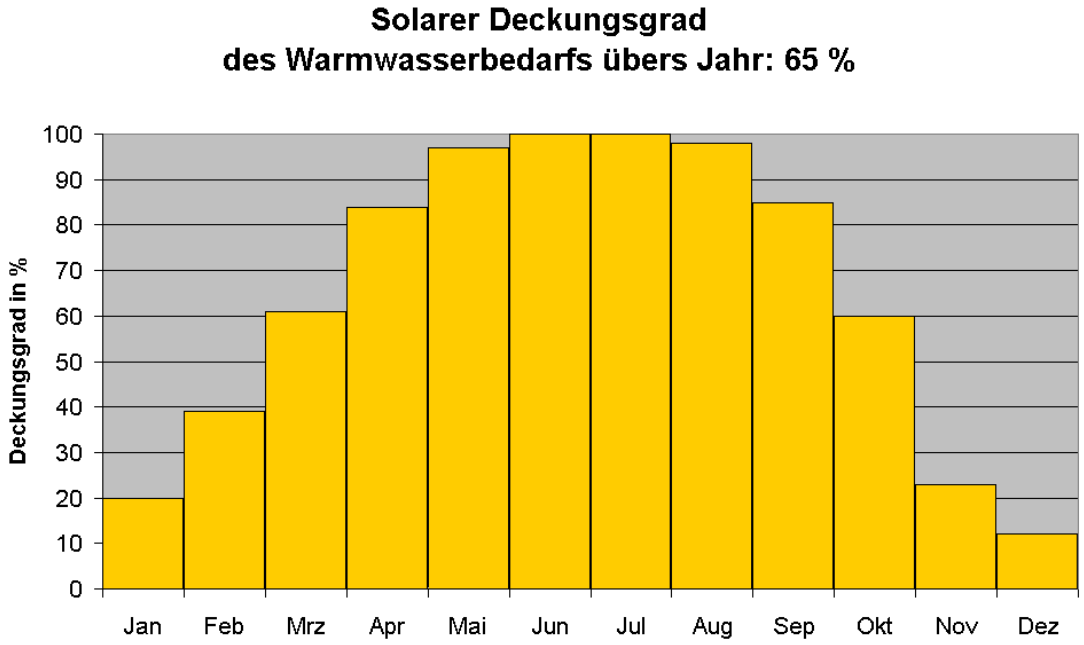


Bild 5-38: Solarer Deckungsanteil des Brauchwasserbedarfs eines Haushalts im Jahres verlauf mit einer korrekt dimensionierten solarthermischen Anlage /36/

Mit einer richtig dimensionierten Anlage kann jährlich 55 bis 70 % des Warmwasserbedarfs mit Solarenergie gedeckt werden, in den Sommermonaten bis zu 100 %.

Zur Auslegung der Solaranlage wird anhand des nutzerabhängigen Warmwasserbedarfs und unter Berücksichtigung der gegebenen Dachausrichtung die benötigte Kollektorfläche und das Volumen des Solarspeichers berechnet. Bei kleineren Solaranlagen für Ein- oder Zweifamilienhäuser wird dabei oft auf Faustformeln zurückgegriffen, die auf langjährigen Erfahrungen mit dieser Technik beruhen. Bei der Verwendung von Flachkollektoren und Anbringung auf dem Süddach kann pro Person von 1-1,5 m² Kollektorfläche und einem Speichervolumen von 50-70 Litern ausgegangen werden. Damit ergibt sich für einen 4-Personen-Haushalt die oben schon erwähnte Standardgröße von 4 bis 6 m² Kollektorfläche und 200 bis 300 Liter Speichervolumen.

Soll die Solaranlage auch zur Heizungsunterstützung genutzt werden, so kann im einfachsten Fall durch den Einsatz eines speziellen Solarreglers die eventuell in der Heizperiode noch anfallende Überschusswärme in den Heizkreis umgeleitet werden. Nennenswerte Energiegewinne sind allerdings nur dann zu erwarten, wenn es sich beim Heizsystem um eine großflächige Niedertemperaturheizung mit Rücklauftemperaturen nicht über 30 °C handelt (Fußbodenheizung). Da der größte Heizwärmebedarf gerade dann anfällt, wenn das Solarenergieangebot am geringsten ist, überschreitet der solare Beitrag solcher Systeme jedoch kaum 5 % des jährlichen Heizenergiebedarfs.

Soll der solare Deckungsgrad zur Raumheizung höher ausfallen, so müssen Kollektorfläche und Speichervolumen deutlich vergrößert werden. Für eine realistische Dimensionierung müssen Kenntnisse zu den Dämmwerten des Hauses und der Auslegung der konventionellen Heizung einbezogen werden. Eine technisch wie wirtschaftlich sinnvolle Anlagenplanung ist aufwändig und kann nur durch einen Fachplaner erfolgen. Voraussetzung für eine vorteilhafte Anwendung der Heizungsunterstützung ist ein niedriger Heizwärmebedarf des Gebäudes, wie es bei der Niedrigenergiebauweise oder beim Passivhaus der Fall ist.
Vielfach werden Solarthermische Anlagen mit Holzheizungen kombiniert. Beide sind finanziell förderbar.

5.3.2.2 Kollektorbauformen

Das Gehäuse von **Flachkollektoren** besteht aus einem Kollektorrahmen mit Glasabdeckung, einer Rückwand und der Wärmedämmung. An Materialien für Rückwand und Rahmen werden vor allem eloxiertes Aluminium, Edelstahl und glasfaserverstärkter Kunststoff eingesetzt. Die transparente Abdeckung besteht aus gehärtetem Spezialglas und ermöglicht den Eintrag der Solarstrahlung in den Kollektor. Durch die Glasabdeckung tritt zusätzlich der von Gewächshäusern bekannte Effekt auf, dass die eingestrahlte Wärme nur teilweise abgegeben werden kann, wodurch ein Wärmestau im Gehäuse entsteht.

Die Wärmedämmschicht im Rahmen und an der Rückseite des Kollektors vermindert dabei die Wärmestrahlung nach außen über diese Konstruktionsteile. Sie besteht meist aus Glas- oder Mineralwolle oder auch aus Schaumstoffen (Hartschaumplatten, Styropor).

Der Absorber bildet das wichtigste Bauteil eines Kollektors. Nach der Bauform unterteilt man zwei Hauptgruppen, die Flächen- und Streifenabsorber. Als Absorbermaterialien werden aufgrund der sehr guten Wärmeleitfähigkeit vorwiegend Kupfer und Aluminium eingesetzt.
Mit Hilfe einer speziellen schwarzen Beschichtung des Absorbermaterials soll ein möglichst großer Teil der einfallenden kurzwelligen Solarstrahlung in Wärme umgewandelt werden (absorbiert) und nur wenig von der gewonnenen Energie als langwellige Wärmestrahlung wieder abgeben werden (emittiert).

Luftkollektoren können aufgrund ihres ähnlichen Aufbaus als eine Sonderform der Flachkollektoren angesehen werden. Als Wärmeträgermedium wird hier jedoch statt der Solarflüssigkeit Luft verwendet. Sie werden z.B. in der Landwirtschaft zur Trocknung von Agrarprodukten eingesetzt oder auch zur Luftvorwärmung bei der Beheizung großer Hallen. Ein entsprechendes Beispiel ist an einer Sporthalle in Ilmenau zu finden.

Ein **Vakuumröhrenkollektor** besteht aus mehreren evakuierten Glasröhren, in denen sich die Absorberbleche befinden. Da der annähernd luftleere Raum (Vakuum) ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, können hier die Wärmeverluste im Vergleich zum Flachkollektor deutlich reduziert werden. Dies führt zu einer Steigerung des Wirkungsgrades um bis zu 30% gegenüber Flachkollektoren. Der Quadratmeterpreis liegt jedoch ca. doppelt so hoch wie beim Flachkollektor.

Schwimmbadabsorber: Die Erwärmung von Schwimmbädern kann durch einfach aufgebaute solarthermische Anlagen unterstützt werden, die im wesentlichen aus Kollektor, Pumpe und Regelung bestehen. Man greift hier auf Kunststoffabsorber zurück, die lediglich

aus einer Vielzahl schwarzer, dünnwandiger Schläuche aufgebaut sind. Da der Kunststoff unempfindlich gegen Witterungseinflüsse ist, und kein hohes Temperaturniveau gehalten werden muss, werden sie ohne eine weitere Einhausung großflächig verlegt. Diese preisgünstige Lösung ist leider nicht für Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung geeignet, da der Kunststoff bei den hier auftretenden hohen Temperaturen schnell altern würde, nicht über ausreichende Druckbeständigkeit verfügt und eine schlechte Wärmeleitfähigkeit aufweist.

5.3.2.3 Solarthermische Anlagen in Deutschland und Thüringen

Nach Angaben des Bundesverbandes Solarwirtschaft e.V. (BSW) /48/ waren Ende 2005 deutschlandweit 6,7 Mio m² solarthermische Kollektorfläche installiert, was einer installierten Leistung von 4.700 GW_{therm} entspricht. Zur Umrechnung der Kollektorfläche in die thermische Leistung wird vom BSW angesetzt:

Die Kollektorfläche von 1 m² entspricht einer thermischen Leistung von 0,7 kW.

Im Bild 5-39 ist die Entwicklung des deutschlandweiten Anlagenbestandes seit dem Jahr 1990 graphisch dargestellt.

Der jährliche Zuwachs der Kollektorfläche in Deutschland, weitgehend unterteilt in Flach- und Röhrenkollektoren, ist im Bild 5-40 dargestellt. Hier ist ein stetiger Anstieg der zugebauten Kollektorfläche bis zum Jahr 2001 zu verzeichnen. Mit einer vorübergehenden Verschlechterung der Förderbedingungen des Bundes (Marktanreizprogramm des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, BAFA) ging der Zubau im Jahr 2002 zunächst zurück. In den Folgejahren setzte sich im Zuge schrittweise vorgenommener Verbesserung der Förderbedingungen der positive Trend wieder fort. Im Jahr 2005 erreichte der deutschlandweite Zubau nach der BSW-Statistik den bisherigen Spitzenwert von etwa 950.000 m² bzw. 665 MW_{therm}.

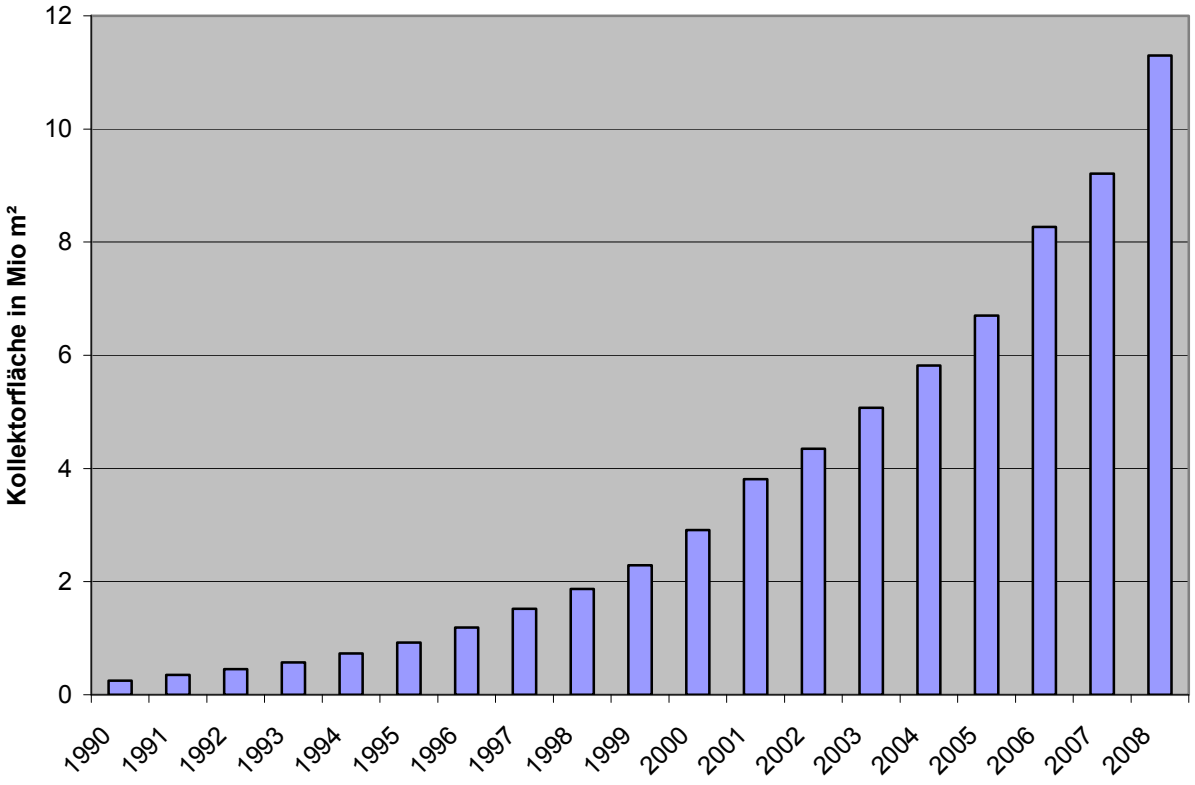


Bild 5-39: Gesamt installierte solarthermische Kollektorfläche in Deutschland von 1990 bis 2008 /48/

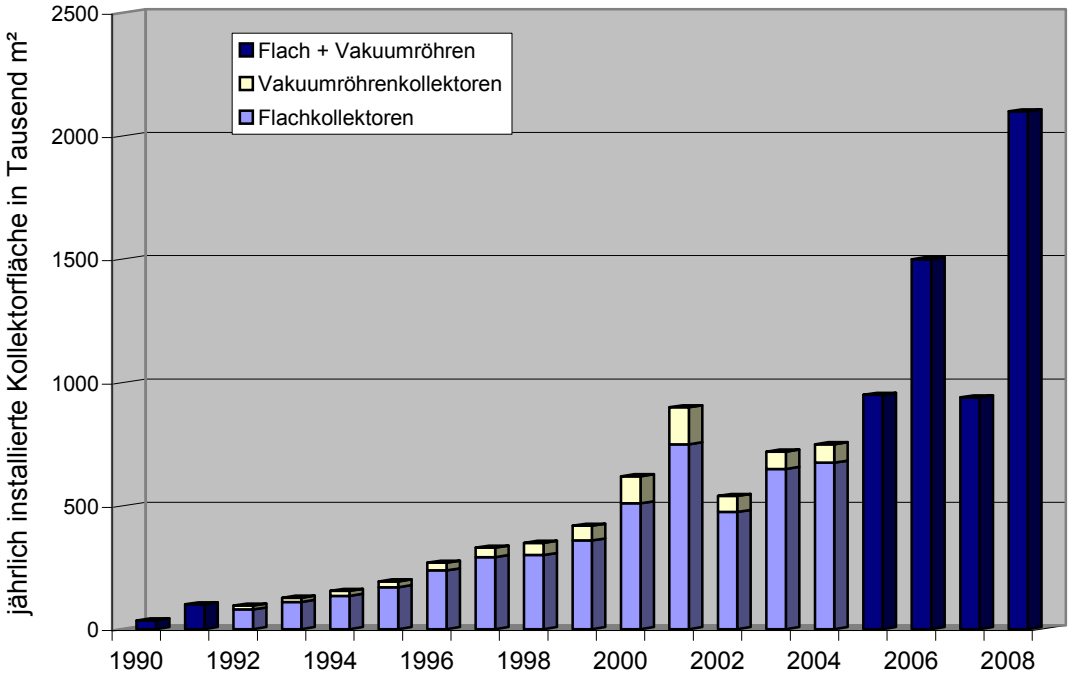


Bild 5-40: Jährlicher Zuwachs an installierter Kollektorfläche in Deutschland von 1990 bis 2008 /48/

Der Anteil der Vakuumröhrenkollektoren ist bezogen auf die gesamte installierte Kollektorfläche mit ca. 15 % gering, was vor allem auf die höheren Investitionskosten zurückzuführen ist.
Eine typische Kollektoranlage zeigt das Bild 5-41

Bild 5-41: Anlage mit Flachkollektoren für die Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung /36/

Für den Zubau der Solarthermie in Thüringen gilt im Wesentlichen der gleiche Trend wie bei bundesweiter Betrachtung (siehe Bilder 5-39 und 5-40).

Im Jahr 2004 waren im Freistaat insgesamt 13.660 Anlagen mit einer Kollektorfläche von 133.852 m² installiert /14/, was einer thermischen Leistung von 93.696 kW_{therm} entspricht. Der größte Zubau mit 2.201 Anlagen und einer Fläche von 23.165 m² bzw. 16.215 kW_{therm} erfolgte hier im Jahr 2004, wobei sich bei Betrachtung der zugebauten Kollektorfläche ein nur minimaler Vorsprung im Vergleich zum Zuwachs 2001 ergab.

Die Zahlen basieren auf Angaben der Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle /34/ und des Thüringer Ministeriums für Wirtschaft, Technologie und Arbeit /14/ und berücksichtigen alle von diesen Behörden geförderten Anlagen. Daten für das Jahr 2005 liegen zum derzeitigen Zeitpunkt für Thüringen (März 2006) noch nicht vor.

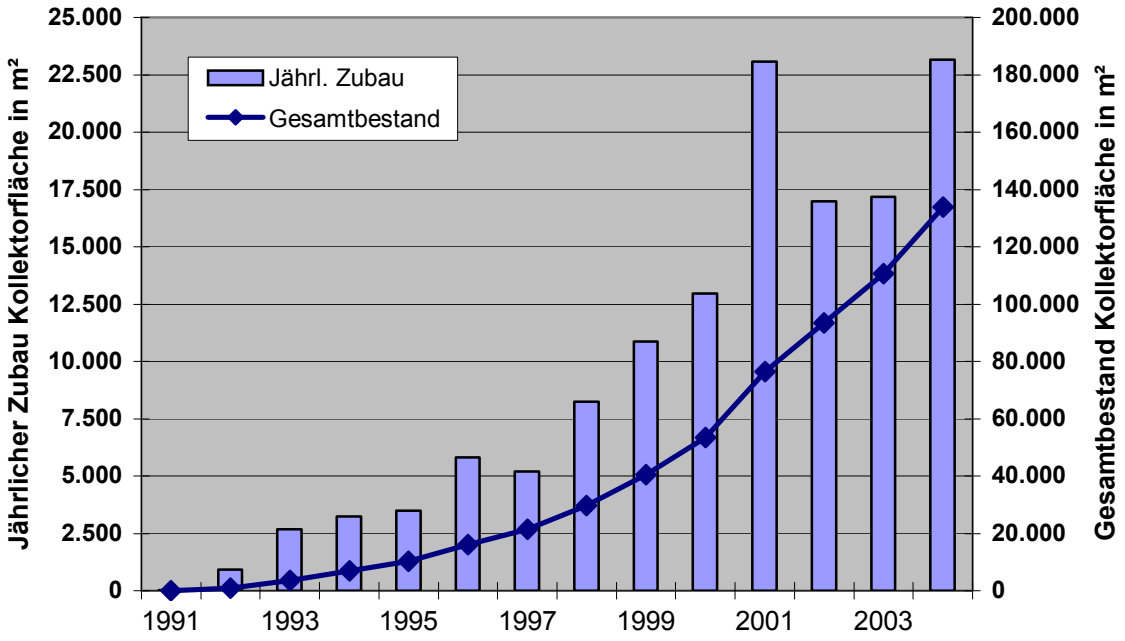


Bild 5-42: Installierte Solarthermische Kollektorfläche (Zubau und Gesamtbestand in m²) in Thüringen seit 1991

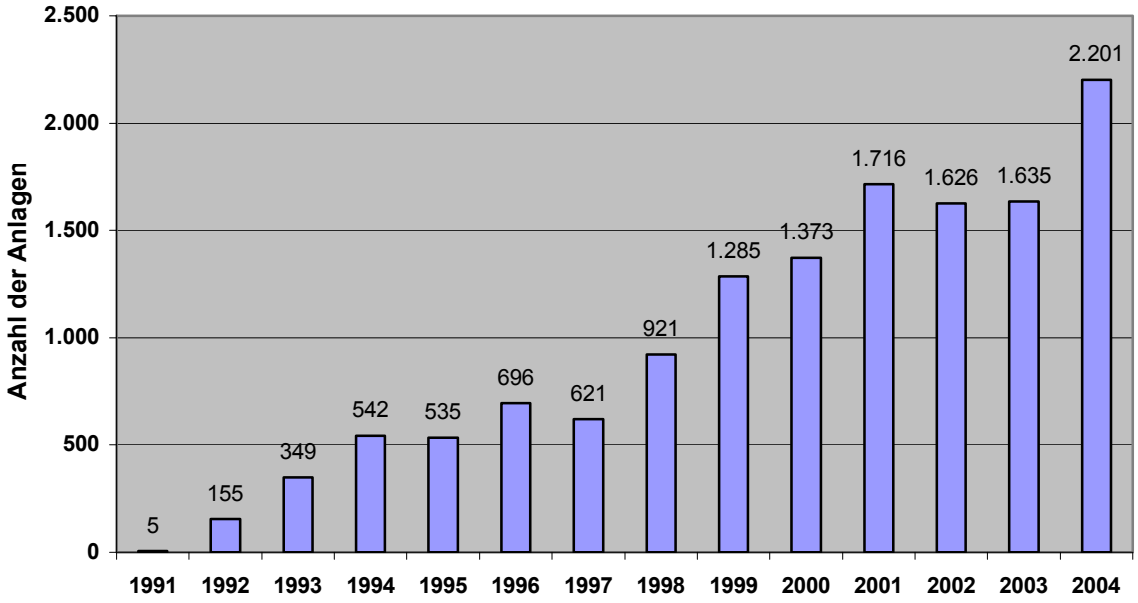


Bild 5-43: Jährlicher Zuwachs der installierten Solarthermischen Anlagen in Thüringen

5.3.2.4 Solarthermische Anlagen im Ilm-Kreis

Der Zubau der Solarthermie im Ilm-Kreis verlief weniger kontinuierlich als auf Landes- oder Bundesebene, wobei auch hier insgesamt ein positiver Trend erkennbar ist. Die Gesamtzahl der installierten Anlagen lag Ende 2004 bei 874 Stück, die Kollektorfläche betrug 7.476 m², was einer Leistung von 5.233 kW_{therm} und einer Fläche von 8,6 m² pro Anlage entspricht.

Der größte Zubau erfolgte mit 168 Anlagen und 1.622 m² (9,6 m² pro Anlage, 1.135 kW_{therm}) im Jahr 2004 (siehe Bilder 5-44 und 5-45).

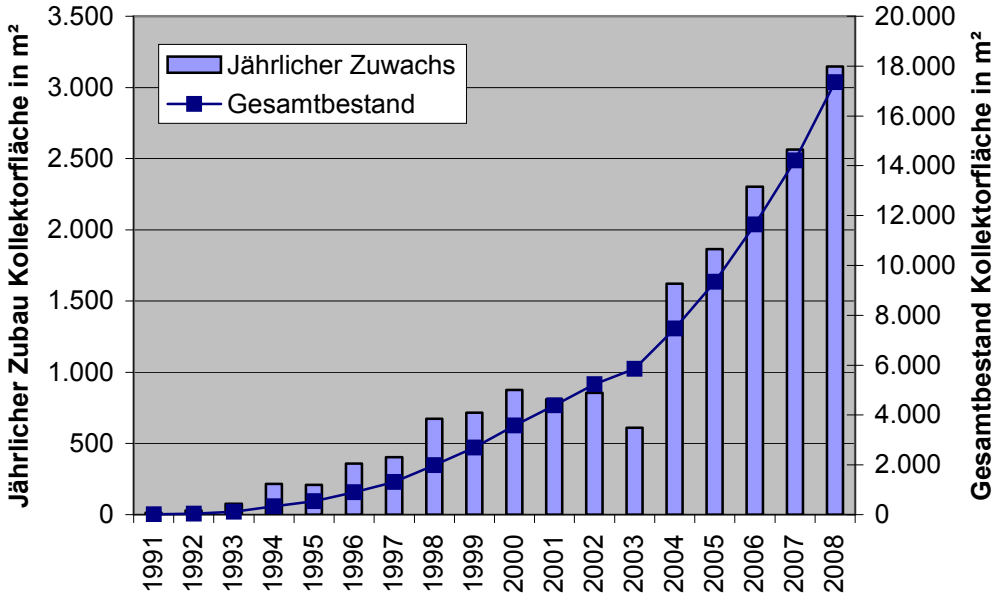


Bild 5-44: Installierte Solarthermische Kollektorfläche (Zubau und Gesamtbestand in m²) im Ilm-Kreis seit 1991

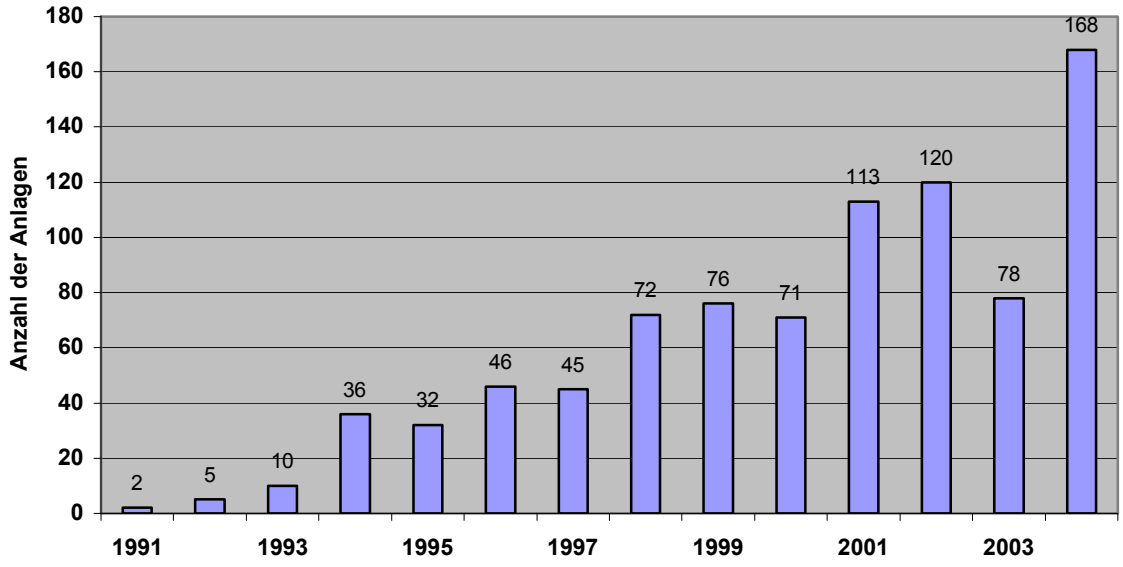


Bild 5-45: Zahl der installierten Solartherm. Anlagen im Ilm-Kreis, jährlicher Zuwachs bis 2004

Unter der Annahme einer durchschnittlichen jährlichen **Energieproduktion von 525 kWh pro m² Kollektorfläche** wurde im Jahr **2004 eine Nutzwärmemenge von 3.925 MWh** solarthermisch im Ilm-Kreis erzeugt.

Die CO_2-Einsparung, bezogen auf die Wärmeerzeugung mit modernen Gasheizungsanlagen lässt sich durch Multiplikation der solarthermisch erzeugten Wärmemenge mit dem Umrechnungsfaktor 0,2 kg / kWh bzw. seit 2006 mit dem Faktor 0,202 kg / kWh ermitteln.

Die **vermiedenen CO_2-Emissionen** im Ilm-Kreis aufgrund der solarthermisch erzeugten Nutzwärmemenge betrugen somit **785 t im Jahr 2004**.

Die im Jahr **2007 vorhandene Kollektorfläche beträgt 14.207 m²,** s. a. Bild 5-44. Die **Nutzwärmemenge** errechnet sich mit obigem Ansatz zu **7.459 MWh**. Für die vermiedenen **CO_2-Emissionen** folgt damit ein Wert von **1.507 t.**

5.3.2.5 Potenzialabschätzung für den Endenergieertrag und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Ausgehend von einem mittleren jährlichen Zuwachs ab dem Jahr 2000 von ca. 20 % wird für die kommenden Jahre ab 2005 eine jährliche Steigerung in gleicher Größenordnung angenommen. Dieser Wert liegt geringfügig unter dem Ansatz für PV-Anlagen.

Damit errechnet sich die **Kollektorfläche für das Jahr 2015** im Ilm-Kreis zu **51.580 m².**
Die Nutzwärmemenge beträgt damit 27.080 MWh, was einer Steigerung um den Faktor 3,6 bezogen auf das Jahr 2008 entspricht.

Die Einsparung an CO_2 erreicht im Jahr 2015: **27,08 GWh x 202 t CO_2 / GWh = 5.470 t CO_2**

Zusammenfassung Solarthermie

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
3,93	7,46	27,08	23,15	0,79	1,51	5,47	4,68	Zunahme Fläche

5.3.3 HF 12, Einsatz von Wasserkraft

Die Wasserkraft gehört zu den ältesten von der Menschheit genutzten Energiequellen. Während ihre Nutzung lange Zeit mit Hilfe von Wasserrädern zum mechanischen Antrieb von Arbeitsmaschinen wie Mahl-, Säge- oder Hammerwerken erfolgte, wurden seit der Zeit der Industrialisierung (spätes 19. Jh.) vor allem Wasserkraftwerke errichtet, in denen Turbinen und Generatoren zur Erzeugung von elektrischem Strom eingesetzt wurden.

Globale Bedeutung

Die Wasserkraft mit ihrer ausgereiften Technologie stellt heute weltweit nach der traditionellen Nutzung von Biomasse (Verbrennung) die am meisten verwendete erneuerbare Energiequelle mit 16 % des erzeugten Stroms dar.
Heute werden erst 25 Prozent des wirtschaftlichen Wasserkraftpotenzials genutzt. In vielen Ländern deuten sich bedeutende Wachstumspotenziale an.

Nutzung in Deutschland

Deutschland wird als technologische Wiege der Wasserkraftnutzung bezeichnet.
Über 50 Prozent aller Anlagen weltweit basieren auf deutschem Know-how und mehr als 80 Prozent ihrer Produkte exportieren deutsche Hersteller.
Forschung und Entwicklung, Engineering und Fertigung der Hauptkomponenten werden am Standort Deutschland betrieben.
In Deutschland wurden 2007 etwa 20,7 GWh Strom von rund 8.000 Wasserkraftwerken bei einer installierten Gesamtleistung von 4.720 MW erzeugt. Das bringt Einsparungen an CO_2-Emissionen in Höhe von

20,7 GWh x 628 t CO_2 / GWh = 13.000 t CO_2

Der Anteil der Wasserkraftanlagen an der deutschen Stromerzeugung betrug 3,4 Prozent. Der Anteil an der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien lag bei 23,6 Prozent..
Deutschland steht als gutes Beispiel für die Modernisierung von Wasserkraftwerken und den Ausbau kleiner Wasserkraftanlagen. Diesem steht jedoch noch ein Ausbaupotenzial von etwa 2.000 MW gegenüber.

Mit der Novellierung des Gesetzes für den Vorrang der Erneuerbaren Energien (EEG) im Jahr 2004 wurde auch den veränderten Anforderungen durch die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) Rechnung getragen. Um den geforderten guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial eines Gewässers zu erreichen, bietet das EEG nicht nur ökonomische Anreize für die Nutzung der Wasserkraft, sondern verknüpft diese mit ökologischen Regelungen. Durch ökologische Modernisierungsmaßnahmen an bestehenden Anlagen kann ein erhöhter Vergütungssatz erlangt werden. Seit 2008 muss der Neubau kleiner Wasserkraftanlagen an bereits vorhandene Querbauwerke gekoppelt sein, um die gesetzliche Vergütung zu erhalten. Für beide Maßnahmen beträgt die Vergütungsdauer 30 Jahre. Eine Verringerung der Vergütungssätze beginnt erst bei Anlagen über 0,5 MW.

Im Ilm-Kreis wird die Wasserkraft an Fluss- und Bachläufen, von den Flussläufen abzweigenden Mühlgräben und an der Talsperre Lütsche (nur in geringem Maße) noch bzw. wieder genutzt. Die bedeutendsten Flussläufe sind die Ilm (Nebenfluss der Saale) mit einer

Gesamtlänge von 128,7 km, davon 46,8 km im Kreisgebiet und die Gera (Nebenfluss der Unstrut), die 85 km lang ist und auf 38,8 km den Ilm-Kreis durchfließt. Beides sind Flüsse erster Ordnung und gehören zum großräumigen Einzugsbereich der Elbe. Man findet hier kleine Laufwasserkraftwerke und funktionsfähige Wasserradanlagen, aber auch Überreste alter Wasserrad- oder Turbinenanlagen, die von einer intensiven Nutzung der Wasserkraft in früheren Zeiten zeugen.

Nachfolgend sind alle recherchierten, funktionsfähigen Anlagen der Region aufgeführt.

Wasserkraftanlage	Gewässer	Ort	Art der Nutzung
1. Günthersmühle	Gera	Arnstadt	Elektroenergieerzeugung seit 1998
2. Neumühle	Gera	Arnstadt	Elektroenergieerzeugung seit 1998
3. Hartmannsmühle	Gera	Dosdorf	Elektroenergieerzeugung seit 1996
4. Kleinwasserkraftanlage	Mühlgraben / Ilm	Ilmenau	Elektroenergieerzeugung seit 1994
5. Kunst- und Senfmühle	Ilm	Kleinhettstedt	Elektroenergieerzeugung seit 1985/94, 2006 Erweiterung durch ein Wasserrad mit 3 kW
6. Klunkermühle	Ilm	Dienstedt	Elektroenergieerzeugung seit 1993
7. Obere Mühle	Breitenbach	Böhlen	Elektroenergieerzeugung seit 1993
8. Böhlener Talmühle	Breitenbach	Böhlen	Elektroenergieerzeugung seit 1997
9. Wasserkraftanlage Große Kerbe	Große Kerbe	Elgersburg	Elektroenergieerzeugung seit 1987, Eigenversorgung
10. Ochsenbacher Mühle	Ochsenbach	Neustadt / Rstg.	keine Angaben
11. Kleinwasserkraftanlage	Wohlrose	Gehren	Elektroenergieerzeugung seit 1998
12. Graupenmühle	Wilde Gera	Liebenstein	mechanischer Antrieb von Arbeitsmaschinen
13. Wassermühle	Ilm	Großhettstedt	Elektroenergieerzeugung seit 2003
14. Wassermühle	Gera	Plaue	keine Angaben
15. Messerschmidt Mühle	Ilm	Langewiesen	Elektroenergieerzeugung ab 2006, Inbetriebnahme Nov. 2005
16. Wasserkraftanlage Grenzhammer	Ilm	Ilmenau-Grenzhammer	Elektroenergieerzeugung seit 1998, Eigenversorgung
17. Wassermühle	Wipfra	Eischleben	z. Z. keine Nutzung
18. Braunsteinmühle	Zahme Gera	Geraberg	Nutzung als Museum
19. Alte Feuerwehr, Lederwerk	Ilm	Stadtilm	Bauanfrage, geplant Elektroenergieerzeugung
20. Wasserkraftanlage Talsperre Lütsche	Lütsche	Frankenhain	Elektroenergieerzeugung seit 1997, Eigenversorgung u. Überschuss EVU

Tabelle 5-30: Wasserkraftanlagen im Ilm-Kreis, Stand: 31.12.2007/51/

Von den uns bekannten 20 Wasserkraftanlagen werden 16 zur Elektroenergieerzeugung genutzt. Enthalten sind in der Tabelle auch drei Wasserkraftanlagen (WKA), deren Rekonstruktion möglich bzw. angedacht ist, ebenso wie eine Anlage, die als Museum genutzt wird und eine, die z. Z. nicht genutzt wird.

Mit der Firma TWA Wasserkraft-Anlagenbau GmbH /52/ in Dienstedt existiert im Ilm-Kreis ein Unternehmen, das sich seit 1990 unter anderem auf die Rekonstruktion stillgelegter

Wasserkraftwerke, Überholung, Reparatur bzw. Lieferung von Turbinen, Wasserrädern und Rechen und auf den Stahlwasserbau spezialisiert hat.

Sowohl für den Neubau als auch für den Ausbau und die Modernisierung von Wasserkraftanlagen stellte das Land Thüringen von 1991 bis 2006 folgende Fördermittel bereit:

Jahr	Anzahl geförderter WKA	installierte Leistung der geförderten WKA, in kW	Förderung in €	Investition in €
1991	3	81,0	17.917	112.041
1992	12	1.429,0	429.076	2.540.741
1993	17	1.286,0	334.484	1.838.089
1994	16	1.994,0	607.907	3.910.608
1995	13	804,0	317.064	2.175.513
1996	8	265,5	227.550	1.102.530
1997	10	781,0	472.562	5.527.057
1998	12	2.480,5	456.072	6.677.718
1999	10	1.642,5	441.843	6.502.308
2000	14	2.236,5	439.009	6.220.491
2001	5	458,5	135.942	1.362.535
2002	5	72,1	52.385	224.011
2003	8	129,0	94.450	358.246
2004	4	61,1	39.750	183.834
2005	6	214,5	96.000	927.925
2006	-	3,0	7.500	18.400
Summe	143	13.938,2	4.169.511	39.682.047

Tabelle 5-31: Landesförderung 1991-2006 in Thüringen /14/

Mit Fördermitteln von über 4 Mio. € wurden Investitionen von fast 40 Mio. € getätigt. Im Ergebnis entstanden thüringenweit Wasserkraftanlagen mit einer Leistung von rund 14 MW. Die Landesförderung ist mit Ende des Jahre 2006 ausgelaufen.

5.3.3.1 Technologische Nutzungsmöglichkeiten, Versorgungssicherheit, Nachhaltigkeit

Der natürliche Wasserkreislauf mit den Faktoren Verdunstung, Niederschlag und Wasserablauf bildet die Grundlage für die Nutzung der Wasserkraft. So wird die über Flüsse und Bäche oberirdisch abfließende Niederschlagsmenge zur Energiegewinnung aus der Wasserströmung genutzt, um Arbeit zu verrichten.

Wasserräder

Durch ihre einfache Konstruktion sind Wasserräder im Gegensatz zu Turbinen sehr unempfindlich gegen Treibgut oder Sedimente (Sand, Kies o.ä.), welche mit dem zufließenden Wasser mitgeführt werden. Deshalb kann hier auf wartungsaufwendige Rechenanlagen im Zulauf verzichtet werden. Weiterhin können sie mit recht geringen Wassermengen bei sehr geringen Fallhöhen des Wassers (< 10 m) betrieben werden. Dabei weist insbesondere das oberschlächtige Wasserrad einen guten Wirkungsgrad von fast 94 Prozent auf.

Wasserräder arbeiten bei sehr geringen Drehzahlen, erzeugen dabei aber ein hohes Drehmoment, welches sich besonders gut für den direkten mechanischen Antrieb von Arbeitsmaschinen eignet. Dieses Einsatzgebiet verlor für die Wasserräder jedoch mit der flächendeckenden Elektrifizierung in Europa völlig an Bedeutung, da sie von wartungsarmen Elektromotoren ersetzt werden konnten. Die Wasserkraft wurde nun fast ausschließlich zur Stromproduktion genutzt. Da für den Antrieb der Generatoren aber hohe Drehzahlen notwendig sind, konnten die Wasserräder bis vor einigen Jahren hierfür nicht wirtschaftlich genutzt werden, was zum Niedergang der Wasserradanlagen führte.

Diese ungünstigen Randbedingungen haben sich inzwischen (wieder) verbessert. Heute sind robuste Planetengetriebe verfügbar, die Drehzahlen mit höchsten Übersetzungen verlustarm wandeln können. Die Technik wird beim speziell für die Stromerzeugung konzipierten Turas-Wasserrad eingesetzt. Diese Entwicklung könnte eine Renaissance der Wasserkraftnutzung im Bereich kleiner Leistungen (ein- bis zweistelliger kW-Bereich) einleiten. Da allein deutschlandweit tausende stillgelegte Altanlagen existieren, die mit Turas-Wasserrädern zu Kleinkraftwerken ausgebaut werden könnten, besteht hier ein riesiges brachliegendes Potenzial zur umweltfreundlichen Stromerzeugung.

Bild 5-46: Turas-Wasserrad

Wasserkraftwerke

In Wasserkraftwerken wird die Energie des Wassers zur Stromerzeugung genutzt. Obwohl dies inzwischen auch im Bereich kleinster Leistungen mit Wasserrädern möglich ist, werden hierfür bislang fast ausschließlich Turbinen eingesetzt. Diese wandeln die Energie des einfließenden Wassers in eine Rotationsbewegung um. An die Welle der Turbine ist ein Generator angeschlossen, der wiederum die Rotationsenergie der Turbine in Elektroenergie wandelt.

Die Energie des Wassers setzt sich zusammen aus der kinetischen Energie der Fließenden Wassermenge und der potentiellen Energie, die sich als statischer Druck bemerkbar macht und von der Fallhöhe des Wassers abhängt.

Sind sowohl die Fallhöhe h als auch die Durchflussmenge Q des Wassers an einem möglichen Standort bekannt, so lässt sich die elektrische Leistung P_{el}, die an dieser Stelle durch ein Wasserkraftwerk erzeugt werden könnte, mit folgender Faustformel abschätzen:

P_{el} (in kW) = 8 x Q (in m³/s) x h (in m)

Man unterscheidet zwischen Speicherkraftwerken und Laufwasserkraftwerken.

Speicherkraftwerke

In Speicherkraftwerken wird vor allem die potenzielle Energie des Wassers zur Stromerzeugung genutzt. Hier werden möglichst große Fallhöhen angestrebt. Dies wird in gebirgigen Regionen durch die Errichtung von Talsperren mit hohen Staumauern erreicht, in denen das Wasser eines oder mehrerer Fließgewässer aufgestaut wird. Am Fuße der Staumauer, wo das Wasser den höchsten Druck aufgebaut hat, wird es zum Antrieb der Generatoren in die Turbinenanlagen eingespritzt.

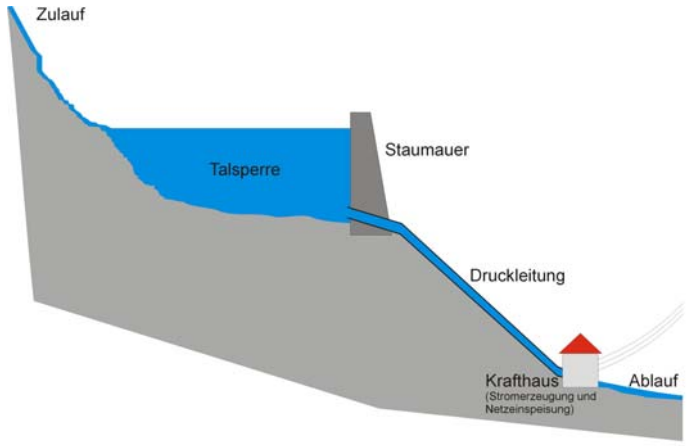


Bild 5-47: Prinzipdarstellung Speicherkraftwerk

Große Speicherkraftwerke sind vor allem in den Hochgebirgen zu finden. Durch teilweise mehrere in verschiedenen Höhenlagen befindliche und durch Rohrleitungen oder Schächte miteinander verbundene Staubecken werden hier Fallhöhen von bis zu über 1000 m realisiert. Solche Großkraftwerke können durch den Einsatz mehrerer Turbinen-Generatoreinheiten insgesamt Leistungen von mehreren tausend MW erzeugen.

Speicherkraftwerke dieses Ausmaßes sind in den Mittelgebirgsräumen nicht anzutreffen.
Im Thüringer Wald kann als erwähnenswerte Anlage das Kleinspeicherkraftwerk an der Wisenta in der Nähe von Schleiz genannt werden, welches eine installierte Leistung von ca. 4 MW aufweist. Die bereits 1920 gebaute Anlage ist auch aufgrund der hier eingesetzten historischen Maschinentechnik interessant.

Eine Sonderform der Speicherkraftwerke sind die Pumpspeicherkraftwerke, die zu Regulierungszwecken im Stromnetz eingesetzt werden. Sie können bei Bedarf zur Abdeckung von Lastspitzen Elektroenergie in das Netz einspeisen. In Zeiten geringen Strombedarfs (z.B. nachts), wenn von den Wärme- und Kernkraftwerken im Netz Überschüsse produziert werden, nehmen sie diese Energie wieder auf. Sie sind daher eher als Energiespeicher, vergleichbar mit Akkumulatoren, zu betrachten.

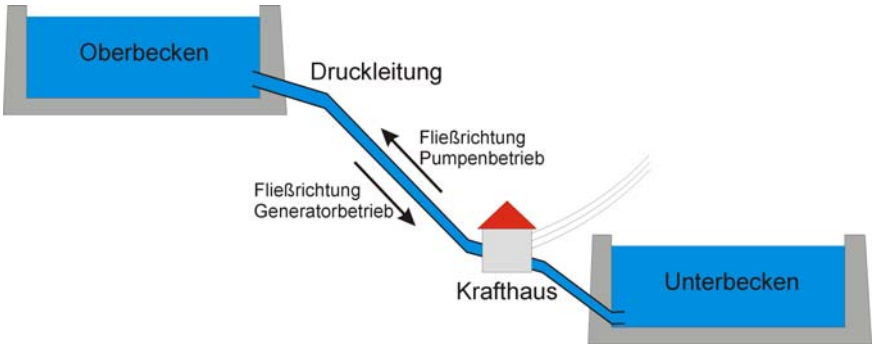


Bild 5-48: Prinzipdarstellung Pumpspeicherkraftwerk

Pumpspeicherkraftwerke bestehen aus zwei Staubecken in unterschiedlicher Höhenlage, dem Ober- und dem Unterbecken. Zur Stromerzeugung strömt Wasser aus dem Oberbecken durch Leitungssysteme über die Turbinen in das Unterbecken. Die an die Turbinen angekoppelten elektrischen Maschinen werden dabei durch die Wasserkraft angetrieben und erzeugen Elektroenergie. Sie arbeiten in diesem Fall wie im herkömmlichen Wasserkraftwerk als Generatoren. Die gleichen Maschinen können aber auch Energie aus dem Netz aufnehmen. Sie arbeiten dann als Motoren und treiben in umgekehrter Drehrichtung die Turbinen an, die somit als Pumpen arbeiten und das Wasser vom Unterbecken wieder zurück ins Oberbecken befördern.

Bedeutende Pumpspeicherkraftwerke im Thüringer Wald sind die Anlagen „Hohenwarte I und II“ an der Hohenwartetalsperre bei Saalfeld mit einer installierten Leistung von zusammen etwa 380 MW, sowie die Anlage bei Goldisthal in der Nähe von Neuhaus. Mit 1.060 MW installierter Leistung ist dies das zweitgrößte Pumpspeicherkraftwerk Europas.

Laufwasserkraftwerke

In Laufwasserkraftwerken wird vor allem die kinetische Energie von Flussläufen zur Stromerzeugung genutzt. Dazu wird im Flussbett ein Wehr errichtet, welches einen Teil der Wassermassen umleitet und über Schächte oder Kanäle Turbinen-Generator-Anlagen zuführt. Unterhalb des Wehres fließt das Turbinenwasser wieder in das Flussbett zurück. Im Vergleich zu den Speicherkraftwerken sind die Fallhöhen bei Laufwasserkraftwerken mit etwa 10...30 m relativ gering, die Durchflussmengen dagegen hoch. An großen, für den Schiffsverkehr ausgebauten Flüssen findet man Laufwasserkraftwerke oft in Verbindung mit Schleusenanlagen.

Die größten Laufwasserkraftwerke Deutschlands befinden sich an Rhein und Donau und weisen installierte Leistungen von bis zu 130 MW auf. In Thüringen sind in den letzten Jahren mehrere Altanlagen an Werra, Saale, Unstrut und ihren Zuflüssen erneuert und wieder in Betrieb genommen worden. Die Anlagenleistungen erstrecken sich hier von einigen kW bis zu mehreren hundert kW. Das größte Laufwasserkraftwerk Thüringens mit einer Leistung von 1.100 kW befindet sich an der Werra in Spichra bei Eisenach.

Laufkraftwerke liefern sicheren Grundlaststrom mit über 8.000 Betriebsstunden im Dauerbetrieb im Jahr.
Speicherkraftwerke und Pumpspeicherturbinen stellen Regelenergien bereit , denn sie sind flexibel im Einsatz und somit wichtige Energiespeicher für andere Energien. Wasserkraftwerke sind die leistungsfähigsten Energiespeicher und tragen in hohem Maße zur Netzstabilität bei.

Die Wasserkraft leistet einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit u.a. durch:
Zuverlässige Stromversorgung, Emissionsfreiheit, lange Lebensdauer der technischen Ausrüstungen, Bewässerung, Trinkwasserversorgung, Überschwemmungsschutz und natürliche Ressourcenschonung.

5.3.3.2 Wasserkraftanlagen im Ilm-Kreis: Auswertungen - Statistiken - Potenziale

Nr.	Name / Gewässer	Turbinenart	Fallhöhe	Wasserdurch-satz	Generatorenart u. installierte Leistung
1	Günthersmühle Arnstadt an der Gera	Kaplanturbine	3,80 m	2,58 m³ / s	Asynchron 55 kW
2	Neumühle Arnstadt an der Gera	Francis- Zwillingsturbine	2,50 m	2,24 m³ / s	Asynchron 45 kW
3	Hartmannsmühle Dosdorf an der Gera	Kaplanrohrturbine 42 kW	2,80 m	2,00 m³ / s	Asynchron 45 kW.
4	Kleinwasserkraft-Anlage Ilmenau Mühlgraben / Ilm	Francis- Zwillingsturbine 41 kW	4,765 m	1,12 m³ / s	Asynchron 37 kW
5	Kunst- und Senfmühle Kleinhettstedt an der Ilm	Francis- Schachtturbine, BJ 1901, Rekonstruktion 1985/1994 44 kW	3,15 m	2,70 m³/s	Asynchron- 37 kW
6	Klunkermühle Dienstedt an der Ilm	2 horizontal liegende Francisturbinen zu je 11 kW	2,80 m	50 l / s	Asynchron 22 kW
7	Obere Mühle Böhlen am Breitenbach	Durchströmturbine	6,50 m	210 l / s	Asynchron 11 kW
8	Böhlener Talmühle am Breitenbach	Durchströmturbine	8,30 m	240 l / s	Asynchron 13,5 kW
9	WKA an der Großen Kerbe	eindüsige Peltonturbine	14,50 m	160 l/s	Synchron Inselbetrieb 22 kW
10	Ochsenbacher Mühle Neustadt / Rstg. am Ochsenbach	Reaktivierung geplant			
11	Kleinwasserkraft-Anlage in Gehren an der Wohlrose	nichtsteuerbare Kaplanturbine	1,90 m	300 l / s	Asynchron 11,5 kW
12	Graupenmühle Liebenstein an der Wilden Gera	Francisturbine mit liegender Welle, 19 kW	3,75 m	600 l / s	Turbine treibt z.T. Mühle mechanisch an, keine Stromerzeugung
13	Wassermühle Großhettstedt an der Ilm	Wasserrad mit 5 m Ø und 1,5 m lichte Weite	1,84 m	1,2 m³ / s	Asynchron 12,5 kW
14	Wassermühle Plaue an der Gera	keine Angaben			
15	Messerschmidt- Mühle Langewiesen an der Ilm	2 Francisturbinen	4,10 m	1,52 m³/s	2 Asynchron 30 kW u. 12,5 kW ab Nov. 2005
16	WKA Ilmenau / Grenzhammer an der Ilm	2 Francis- Schachtturbinen	3,85 m	1,4 m³/s	Asynchron 36 kW
17	Stadtilm, Alte Feuer-wehr, Lederwerk an der Ilm				Bauanfrage für eine 37 kW- Anlage
18	Wassermühle Eischleben an der Wipfra	Francisturbine 15 kW			
19	Braunsteinmühle Geraberg	keine Angaben			
20.	Wasserkraftanlage Talsperre Lütsche, Frankenhain	Zweizellige Durchströmturbine	max.22,5 m	27 l/s bis 85 l/s	Asynchron 14 KW

Tabelle 5-32: Technische Daten der Wasserkraftanlagen im Ilm-Kreis, Stand 31.12.2007

Von den 20 Wasserkraftanlagen wurden 10 Anlagen in den Jahren 1991 bis 2006 unter Nutzung von Fördermitteln rekonstruiert, neu errichtet bzw. erweitert.

Die rekonstruierte Wasserkraftanlage in Großhettstedt ist im Bild 5- 49 zu sehen.

Bild 5-49: Wassermühle in Großhettstedt mit 12,5 kW-Asynchrongenerator. Durchmesser des Wasserrades 5 m /53/

Jahr	Anzahl geförderter WKA	installierte Leistung der geförderten WKA in kW	*8. Förderung in €*	1 Investition in €
1991	1	17,5	3.449	12.786
1992	0	0	0	0
1993	0	0	0	0
1994	1	37,0	4.602	23.008
1995	1	45,0	23.008	153.388
1996	1	45,0	20.707	71.085
1997	2	94,0	43.255	276.067
1998	1	5,5	5.522	15.810
1999	1	40,0	18.407	82.972
2000	0	0	0	0
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	1	10,0	7.500	52.012
2004	0	0	0	0
2005	1	42,5	16.875	43.260
2006	0	3,0	7.500	18.400
Summen	**10**	**342,5**	**150.825**	**748.788**

Tabelle 5-33: Vom Land Thüringen in den Jahren 1991-2006 geförderte WKA im Ilm-Kreis

Die Landesförderung ist mit Ende des Jahre 2006 ausgelaufen!

Die Tabellen 5-33 und 5-34 verdeutlichen das stetige Anwachsen wieder in Betrieb genommener, rekonstruierter Wasserkraftanlagen in Thüringen und im Ilm-Kreis seit 1991unter Inanspruchnahme von Landesförderung bis zum Jahr 2006, aber auch durch private Investition ohne Landeszuschuss. Im Vergleich zu Thüringen existieren im Ilm-Kreis 7% aller geförderten WKA. Der Leistungsanteil beträgt hier aber nur rund 2,5 %, was durch die relativ geringe Wasserführung der Flüsse Ilm (Nebenfluss der Saale) und Gera (Nebenfluss der Unstrut) in Gebirgsnähe zu erklären ist.

Jahr	*Anzahl geförderter WKA in Thüringen*	Leistung geförderter WKA in Thüringen in kW	Anzahl geförderter WKA im Ilm-Kreis	Leistung geförderter WKA im Ilm-Kreis in kW	Anzahl aller WKA im Ilm-Kreis mit Angaben zur Stromerzeugung	Leistung aller WKA im Ilm-Kreis in kW mit Angaben zur Stromerzeugung
1991	3	81,0	1	17,5	2	59,0
1992	15	1.510,0	1	17,5	2	59,0
1993	32	2.796,0	1	17,5	4	92,0
1994	48	4.790,0	2	54,5	4	92,0
1995	61	5.594,0	3	99,5	4	92,0
1996	69	5.859,5	4	144,5	5	137,0
1997	79	6.640,5	6	238,5	8	201,5
1998	91	9.121,0	7	244,0	12	349,0
1999	101	10.763,5	8	284,0	12	349,0
2000	115	13.000,0	8	284,0	12	349,0
2001	120	13.458,5	8	284,0	12	349,0
2002	125	13.530,6	8	284,0	12	349,0
2003	133	13.659,6	9	294,0	13	361,5
2004	137	13.720,7	9	294,0	13	361,5
2005	143	13.935,2	10	339,5	13	361,5
2006	143	13.938,2	10	342,5	14	407,0
2007					14	407,0
2008					14	407,0

Tabelle 5-34: Jährlicher Zuwachs an geförderten WKA in Thüringen und dem Ilm-Kreis sowie Anzahl und Leistung aller WKA im Ilm-Kreis, für die Angaben zur Stromerzeugung von den Betreibern vorliegen

Übersicht zum Stand 2008: Ende 2008 gab es insgesamt 20 WKA im Ilm-Kreis, wovon 16 Anlagen Strom produzieren. Die Betreiber von 14 der stromerzeugenden Wasserkraftanlagen stellten die Jahreserträge zur Verfügung. Die betreffenden Anlagen haben eine Nennleistung von 407 kW. Keine Ertragswerte liefert „Ochsenbacher Mühle“ und „Wassermühle Plaue“.

Schon vor 1991 produzierten zwei Anlagen mit einer Generatorleistung von 59 kW und lieferten rund 60 MWh Elektroenergie pro Jahr ins Netz.
Im Zeitraum von 1991 bis 1997 stieg die Anzahl der WKA auf acht, die Leistung von 59 kW auf rund 202 kW.

In den Jahren 1998 bis 2002 produzierten 12 WKA mit gleichbleibender Generatorleistung von 349 kW Elektroenergie von 3.620 MWh. Das sind rund 724 MWh pro Jahr.
2003 und 2006 gingen je eine weitere WKA an das Stromnetz. Die Nennleistung der 13 Generatoren blieb 2003 bis 2005 konstant bei rund 362 kW.
Mit der Inbetriebnahme der nunmehr 14. Anlage in unserem Landkreis im Jahr 2006 erhöhte sich die Leistung auf 407 kW.
Von 2003 bis einschließlich 2007 lieferten die Betreiber 3.946 MWh Strom. Im Durchschnitt der letzten fünf Jahre waren das jährlich ca. 790 MWh klimafreundliche Elektroenergie.

Die insgesamt 1991 bis 2007 erzeugte Elektroenergie aus Wasserkraft betrug **9.199 MWh**. In dieser Zeit konnten **6.222 t CO_2** eingespart werden.

Die Umrechnung für vermiedene CO_2-Emissionen erfolgte auf Basis der Emissionswerte, die für den deutschen Strommix gültig sind bis 2006.

683 kg CO_2 pro MWh.

Für das Jahr 2007 wurde mit dem veränderten Wert von **623 kg CO_2 pro MWh** gerechnet.

Die bei den Betreibern abgefragten Einzelwerte sind als Jahressummen in der Tabelle 5-35 und im Bild 5-50 auch grafisch dargestellt.

Jahr	Elektroenergieerzeugung in kWh pro Jahr	Vermiedene CO_2-Emissionen in t pro Jahr
1991	57.852	39,51
1992	127.808	87,29
1993	110.352	75,37
1994	177.202	121,03
1995	333.800	227,99
1996	434.426	296,71
1997	391.425	267,34
1998	837.577	572,07
1999	871.808	595,44
2000	702.584	479,86
2001	558.508	381,46
2002	649.337	443,50
2003	607.443	414,88
2004	708.086	483,62
2005	744.324	508,37
2006	870.627	594,64
2007	1.015.931	633,50
Summen	**9.199.090**	**6.222,02**

Tabelle 5-35: Elektroenergieerzeugung aus Wasserkraftanlagen und vermiedenen CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis pro Jahr, 1991-2007 /36/ (Stand 31.12.2007)

Die kennzeichnenden Größen für das Jahr 2007 sind:

Elektroenergiegewinnung aus Wasserkraft: 1.015,9 MWh

CO_2- Emissionen Vermeidung 633,5 t

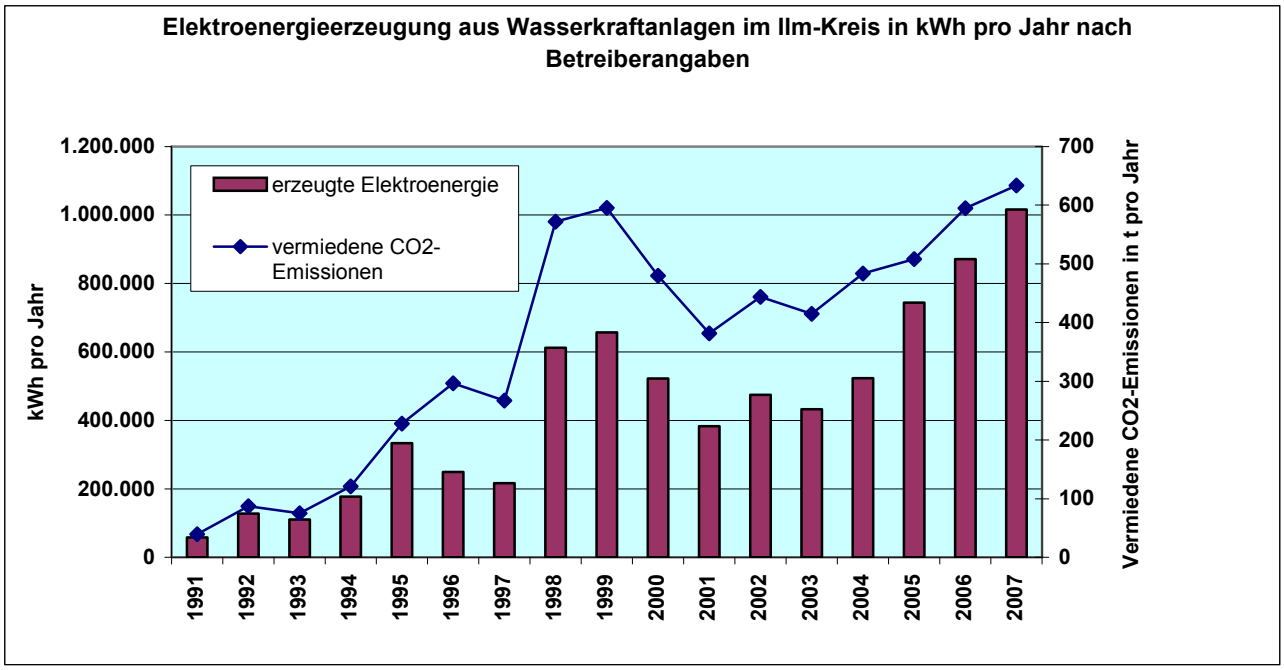


Bild 5-50: Grafische Darstellung der erzeugten Elektroenergie und der CO_2- Emissionen, Vermeidung entsprechend Tabelle 5-35

5.3.3.3 Potenzialabschätzung für den Endenergieertrag und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Um die zukünftigen Energieerträge abschätzen zu können wird vorausgesetzt, dass die relativen Niederschlagsmengen der vergangenen Jahre, die maßgebliche Auswirkungen auf die Ertragssituation bzw. die Wasserdurchsätze an den Flüssen haben, denen bis 2015 annähernd gleich bleiben, der Fortbestand der derzeitigen Wasserkraftanlagen gesichert ist und Anlagen, die sich in Planung einer Rekonstruktion oder Erweiterung befinden, dann auch Strom produzieren.

Von 1998 bis einschließlich 2007 produzierten die WKA im Ilm-Kreis im Durchschnitt jährlich rund 756,6 MWh.

Mit der Inbetriebnahme von 2 derzeit in der Rekonstruktion befindlichen Anlagen an Ilm und Wipfra in den nächsten Jahren und der Einbeziehung aller 16 stromerzeugenden Wasserkraftanlagen in die Ertragsdatenerfassung kann für das Jahr 2015 prognostisch von einer Steigerung der derzeitigen Leistung von 407 kW auf etwa 500 kW ausgegangen werden. Für die erzeugte Energie ergibt sich dann auf den Erträgen von 2007 aufbauend ein Jahreswert von

1.015,9 MWh x (500 kW / 407 kW) = 1.248,0 MWh
und für die vermiedenen CO_2-Emissionen in 2015
1.248,0 MWh x 623 kg CO_2 / MWh = 777,5 t CO_2

Zusammenfassung Wasserkraft

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
0,71	1,02	1,25	0,54	0,48	0,63	0,78	0,29	Rekonstruktion, Erweiterung,

5.3.4 HF 13, Einsatz von Windkraft

Die Nutzung der Windenergie durch den Menschen gibt es schon seit dem Altertum und ist keine neue Idee dieser Tage. Über viele Jahrhunderte und z. T. auch bis in die heutige Zeit waren "Windmühlen" neben Wasserrädern der einzige Antrieb für unterschiedliche mechanische Nutzungen. Dabei waren die wichtigsten Aufgaben für Windräder das Fördern von Wasser und das Mahlen von Korn. Von daher hat sich auch der Begriff "Windmühle" bis heute eingeprägt, obwohl es auch andere windgetriebene Maschinen gab, wie z. B. Sägewerke oder Hammerwerke.

Im Ilm-Kreis standen in der Vergangenheit mehrere kleine Windkraftanlagen. In Neustadt wurde in den 1980'er Jahren eine Windkraftanlage innerhalb einer kirchlichen Einrichtung zur Stromerzeugung betrieben, nach mehreren Schäden jedoch abgebaut. In Ilmenau gab es in der Gartenanlage „Am Sonnenbad" eine amerikanische Windturbine zur Wasserförderung. Auch sie wurde nach Sturmschäden nicht mehr instand gesetzt.

Die Region des Ilm-Kreises ist geprägt von ebenen Flächen am Fuße des Thüringer Waldes bis hin zu Mittelgebirgskammlagen. Dementsprechend unterschiedlich sind auch die Windverhältnisse an den verschiedenen Standorten. In Thüringen sind raumbedeutsame Windkraftanlagen nur in Windvorrang- bzw. Windvorbehaltsgebieten zulässig, die in den Regionalen Raumordnungsplänen ausgewiesenen sind. Der 1999 in Kraft getretene und derzeit noch gültige Regionale Raumordnungsplan Mittelthüringen weist für den Ilm-Kreis noch die Gebiete südlich von Wüllersleben, nördlich von Stadtilm und nördlich von Großhettstedt zur Nutzung von Windenergie aus (s.a. Kapitel 5.3.4.2).

Darüber hinaus besitzt der Ilm-Kreis ein begrenztes Ausbaupotential für die Nutzung der Windenergie im nördlichen Ilm-Kreis (Nähe der A4 bzw. A71). Wirtschaftlich nutzbare Potentiale befinden sich auch in den Kammlagen des Thüringer Waldes, hier ist jedoch aufgrund der Bestimmungen des Regionalen Raumordnungsplanes die Errichtung von Windkraftanlagen derzeit nicht zulässig.

5.3.4.1 Aufbau und Funktionsweise von Windkraftanlagen

Wenn die Sonne die Erdoberfläche erwärmt, wird ein Teil dieser Energie in Wind umgewandelt. Die Erde wird am Äquator und an den Polen unterschiedlich stark erwärmt. Windgeschwindigkeit und Windrichtung werden durch diese Temperaturunterschiede sowie durch die Erdrotation bestimmt. Dadurch entstehen die so genannten geostrophischen Winde, die in großen Höhen (> 1000 m) nicht durch die Struktur der Erdoberfläche beeinflusst wird. Für Windkraftanlagen sind aber lediglich die Windgeschwindigkeiten in weniger als 300 m Höhe von Interesse. In der so genannten Bodengrenzschicht wird der geostrophische Höhenwind deutlich abgebremst. Die Windverhältnisse in Bodennähe sind stark von der Beschaffenheit der Erdoberfläche geprägt. Für die Nutzung des Windes mit Windkraftanlagen sind vor allem die lokalen Windverhältnisse entscheidend. Hügel, Täler, Wälder und Gebäude und andere Hindernisse wirken sich dabei deutlich auf die Stromproduktion einer Windkraftanlage aus. Damit eine Windkraftanlage genügend Strom erzeugen kann, muss sie in einer windreichen Gegend errichtet werden. Doppelt so starker Wind bedeutet achtmal soviel Energie. Unabhängig vom Standort gilt: je höher der Turm, umso mehr Strom kann erzeugt werden.

Die These, dass gute Windverhältnisse nur in Küstengebieten vorherrschen, ist schon seit langem widerlegt. Der wesentliche Unterschied des Binnenlandes zu Küstengebieten ist, dass hier die guten Windstandorte nicht großflächig, sondern nur räumlich begrenzt vorhanden sind und das an diesen Standorten aufgrund der Geländestruktur deutlich größere Nabenhöhen als an der Küste erforderlich sind.

Windkraftanlagen lassen sich nach ihrem Einsatzzweck unterscheiden: Kleine Anlagen mit einer Nennleistung von bis zu 10 kW werden häufig als Batterielader, zur Heizungsunterstützung im privaten Bereich oder auch in Verbindung mit Pumpen zur Wasserförderung eingesetzt. Größere Windkraftanlagen kommen zum Einsatz, um Strom ins Energieversorgungsnetz einzuspeisen.

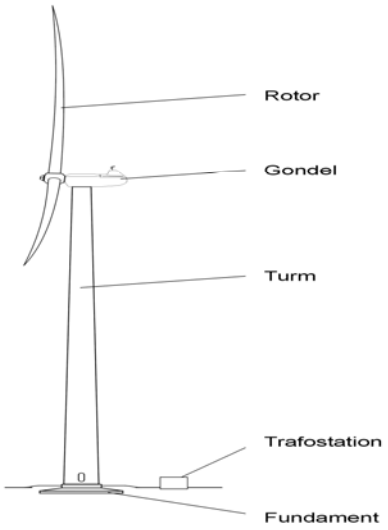


Bild 5-51: Prinzipieller Aufbau einer Windkraftanlage

Aufbau

Moderne Windkraftanlagen bestehen in der Regel aus den folgenden Hauptkomponenten: Fundament, Turm, Gondel und Rotor

Bei den **Fundamenten** unterscheidet man zwischen Flachfundamenten und Tiefgründung. Flachfundamente werden überall dort eingesetzt, wo ein tragfähiger Baugrund vorhanden ist. Bei besonders weichem Baugrund werden so genannte Tiefgründungen bzw. Pfahlfundamente eingesetzt.

Der **Turm** einer Windkraftanlage trägt die Gondel und den Rotor. Bei den Türmen unterscheidet man 3 Bauarten: Gittermast, konischer Stahlrohrturm oder Betonturm. Vereinzelt findet man auch so genannte Hybridtürme, d. h. Kombinationen aus den o. g. Turmvarianten. Heute werden aus ästhetischen Gründen vorwiegend Stahlrohrtürme eingesetzt. Abgespannte Masten werden nur für kleine Windkraftanlagen verwendet (z.B. Kleinwindkraftanlagen zum Batterieladen).

Die **Gondel** bzw. das Maschinenhaus einer Windkraftanlage beinhaltet fast alle für den Betrieb der Anlage erforderlichen Komponenten: Antriebswelle, Hauptlager, Getriebe, Generator, Windrichtungsnachführung, Steuerungs- und Sicherheitssysteme und z. T. auch den Transformator.

An der Vorderseite der Antriebswelle ist der **Rotor** montiert, welcher aus der Nabe sowie den drei Rotorblättern besteht.

Funktionsweise

Wenn die Windgeschwindigkeit beispielsweise 2 m/s erreicht, startet der Computer die Windrichtungsnachführung und dreht die Anlage in den Wind. Der Wind drückt auf die Blätter. Das aerodynamische Profil der Blätter erzeugt auf der einen Seite einen Überdruck und auf der anderen Seite einen Unterdruck. Dabei wird die Energie des Windes auf die Blätter übertragen und der Rotor beginnt sich zu drehen. Der Rotor ist über die Antriebswelle mit einem mehrstufigen Getriebe verbunden. Das Getriebe passt die Drehzahl des Rotors an die Generatordrehzahl an. Wenn der Generator schnell genug läuft, um Strom erzeugen zu können, wird er auf das Netz geschaltet und der erzeugte Strom in das Energieversorgungsnetz eingespeist. Je nach Anlagentyp erreichen die Anlagen bei Windgeschwindigkeiten zwischen 11 m/s und 15 m/s ihre Nennleistung.

Einige Anlagen werden durch die Drehung des gesamten Blattes geregelt, wenn der Wind zu stark wird. Diese Methode nennt man Pitch-Regelung. Bei anderen Anlagen beeinflusst das Blattprofil die Belastung, indem bei zu starkem Wind an der Rückseite des Blattes Turbulenzen erzeugt werden. Dies wird als Stall-Regelung bezeichnet. Bei Windgeschwindigkeiten von 25 m/s oder mehr aktiviert die Computersteuerung das Hydrauliksystem, das die aerodynamische Bremse auslöst. Pitch-geregelte Anlagen verwenden einen elektrischen oder hydraulischen Antrieb, um die Blätter um die Längsachse aus dem Wind zu drehen. Bei stallgeregelten Anlagen werden nur die Blattspitzen gedreht. Sinkt die Drehzahl des Rotors unter einen festgelegten Wert, wird die Scheibenbremse aktiviert und der Rotor gestoppt. Wenn der Wind nachlässt, startet die Computersteuerung die Windkraftanlage erneut.

5.3.4.2 Windkraftanlagen in Deutschland und Thüringen

Mit der Verabschiedung des Stromeinspeisegesetzes wurde im Jahr 1991 eine erste bundesweit einheitliche Regelung zur Abnahmepflicht der Energieversorger von Strom aus Erneuerbaren Energien zu eindeutig festgelegten Vergütungssätzen geschaffen. Unter diesen Rahmenbedingungen wurde ein wirtschaftlicher Betrieb von Windkraftanlagen an vielen windgünstigen Standorten in Deutschland möglich, was folgerichtig zu einem verstärkten Ausbau dieser Technik führte. Mit dem Inkrafttreten des EEG kam es zu differenzierteren Vergütungsregelungen für Windstrom, wodurch auch windärmere Binnenlandstandorte genutzt werden konnten. Dank dieser Entwicklung nimmt Deutschland seit einigen Jahren die weltweite Spitzenposition der Windstromerzeugung ein.

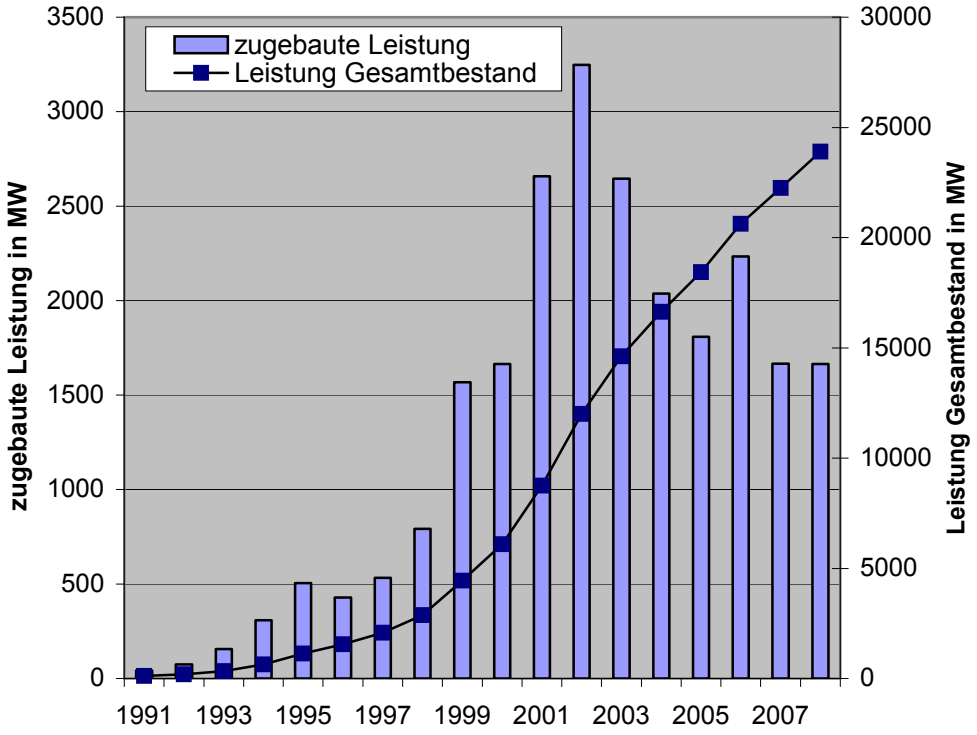


Bild 5-52: Installierte Leistung von Windkraftanlagen in Deutschland 1991 bis 2008 /54/

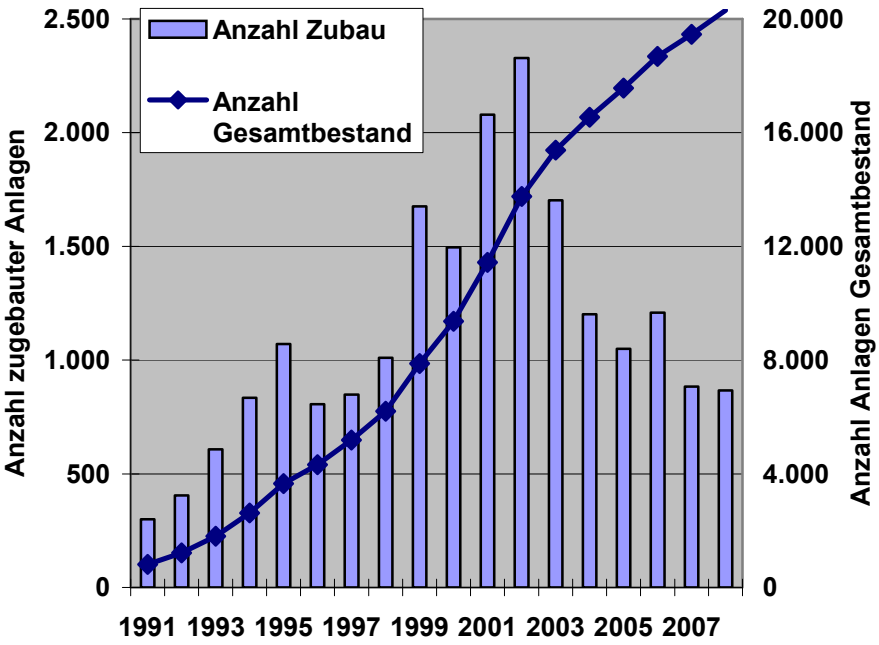


Bild 5-53: Anzahl installierter Windkraftanlagen in Deutschland 1991 bis 2008 /54/

Nach Angaben des Bundesverbandes WindEnergie e.V. (BWE) betrug die installierte Anlagenleistung in Deutschland Ende 2004 insgesamt 16.629 MW und 2007 etwa 19.500 MW, die Anzahl der installierten Anlagen lag 2004 bei 16.543 Stück.

Der Zubau von Windkraftanlagen erreichte im Jahr 2002 mit 2.328 Anlagen bzw. 3.247 MW installierter Leistung seinen Höhepunkt und nimmt seitdem mit der Verknappung attraktiver nutzbarer Flächen kontinuierlich ab. Im Jahr 2004 betrug der Zubau 1.201 Anlagen bzw. 2.037 MW.

Die Nutzung der Windkraft in Thüringen wurde nur bis zum Jahr 2000 vom Thüringer Wirtschaftsministerium TMWAI gefördert und unterliegt insgesamt relativ strengen Reglementierungen. So sind in Thüringen raumbedeutsame Windkraftanlagen nur innerhalb von in den Regionalen Raumordnungsplänen von 1999 ausgewiesenen Windvorrang- bzw. Windvorbehaltsgebieten zulässig. Da die Windkraftnutzung in den wirtschaftlich interessanten Kammlagen des Thüringer Waldes aus Gründen des Landschaftsschutzes derzeit nicht vorgesehen ist, beschränkt sich die Nutzung auf wenige Standorte in Nord- und Westthüringen sowie im Thüringer Becken.

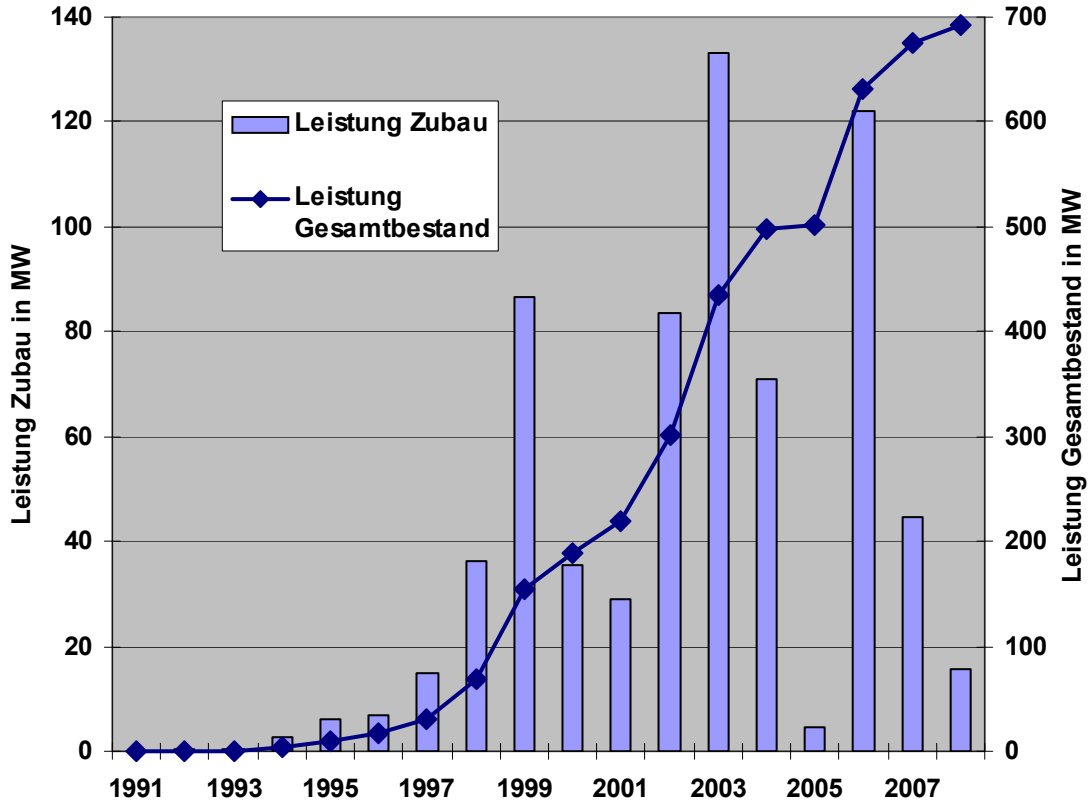


Bild 6-54: Installierte Leistung von Windkraftanlagen in Thüringen 1991 bis 2008 /14, 54/

In den Bildern 6-49 und 6-50 ist der Ausbau der Windkraft in Thüringen dargestellt. Die zugrunde liegenden Daten wurden bis zum Jahr 1995 anhand der vom TMWAI geförderten Anlagen ermittelt, ab 1996 basieren Sie auf Angaben von Herrn Frank Groß, Regionalverband Thüringen des BWE /14, 54/.

Ende 2004 waren demnach im Freistaat 436 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 506 MW installiert, der Zubau im Jahr 2004 betrug 48 Anlagen mit insgesamt 70,9 MW Leistung. Der bisherige Spitzenwert des Zubaus wurde 2003 mit 81 Anlagen bzw. 133 MW erreicht.

Ab 2007 ist ein relativ geringer Zuwachs an Windkraftanlagen zu erkennen. Dies ist auch als ein Ausdruck zu werten, dass die ertragsgünstigen Standorte bereits weitgehend belegt sind. Die gleiche Tendenz ist gemäß Bild 5.53 für Deutschland erkennbar.

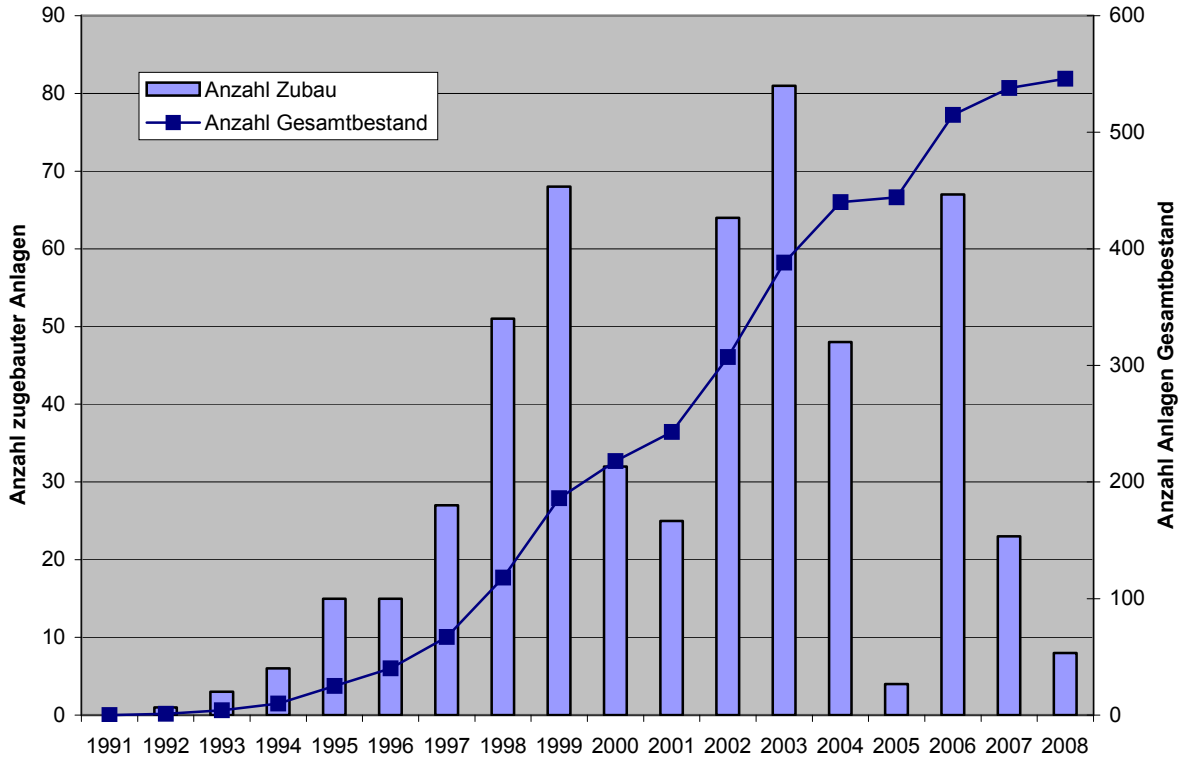


Bild 5-55: Anzahl installierter Windkraftanlagen in Thüringen 1991 bis 2008 /14, 54/

Derzeit werden die Regionalpläne zur Ausweisung von Vorranggebieten zur Windkraftnutzung, die zugleich die Wirkung von Eignungsgebieten haben, fortgeschrieben. Es ist zu erwarten, dass gegenüber dem verbindlichen Regionalen Raumordnungsplan von 1999 Festlegungen getroffen werden, welche die Voraussetzung zu einem weiteren Ausbau der Windenergienutzung in Thüringen liefern könnten.

Im Ilm-Kreis wurde im Dezember 2006 im Raum Wüllersleben/Marlieshausen ein erster relativ bescheidener Windpark mit 8 Anlagen in Betrieb genommen.

Bild 5-56: Teilansicht des Windparks Wüllersleben/Marlieshausen
Technische Daten des Windparks:

- Anlagentyp Enercon E-48
- Leistung, Stückzahl 800 kW, 8 Stück
- Anlagenleistung gesamt 6.400 kW
- Gondelhöhe 76 m
- Inbetriebnahme Dezember 2006
- Energieertrag 2007 10.957 MWh
- Einsparung CO_2-Emissionen 6.830 t

Für 2008 wird näherungsweise von dem gleichen Ertragswert ausgegangen.

Da sich im Ilm-Kreis noch weitere ertragsgünstige Flächen befinden, kann mindestens von einer Verdoppelung der Leistung und damit des Energieertrags sowie der CO_2-Einsparungen bis 2015 ausgegangen werden /55/. Über konkrete Standorte und Ausführung der Windkraftanlagen können derzeit keine Aussagen getroffen werden.

Zusammenfassung Windkraft

Fossile Endenergie			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
	10,96	21,92	21,92*		6,83	13,66	13,66*	Installation von ca. 6,4 MW

*: bezogen auf 2007

5.3.5 HF 14, Einsatz von Biomasse

Aus dem Kohlendioxid der Luft, dem Wasser und den Mineralien der Erde gewinnen Pflanzen unter Einfluss des Sonnenlichtes (Photosynthese) ihre arteigene Biomasse. Die Sonnenenergie wird bei diesem Prozess in chemisch gebundene Energie umgesetzt, die zu einem späteren Zeitpunkt durch geeignete Verfahren wieder in andere Energieformen überführt werden kann. Somit können Pflanzen als natürliche Speicher für Sonnenenergie angesehen werden. In der technologischen Nutzung ermöglicht dieser Speichereffekt im Gegensatz zur direkten Solarenergienutzung eine konstante und steuerbare Erzeugung von Wärme, Strom und Kraftstoffen.

Die in Millionen von Jahren in dieser Weise erzeugte Biomasse hat sich – ergänzt durch den organischen Anteil der Tiere – seitdem in die fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas gewandelt, welche derzeit die wesentliche Grundlage unserer Energieversorgung darstellen.

Biomasse als Sammelbegriff umfasst neben den pflanzlichen Stoffen auch die organischen Bestandteile der Tiere, aus deren Verarbeitung entstandene Stoffe (Papier, Öl, Holzprodukte) sowie Rückstände (Stroh, Laub, Äste) und Abfallstoffe (organischer Haus- und Industriemüll).

In Deutschland wird zurzeit etwa 2/3 der gesamten erneuerbaren Energie aus Biomasse gewonnen. Bioenergie insgesamt trägt aber erst rund 3 % zur Energieversorgung des Landes bei. Die enormen Potenziale der Bioenergie werden weltweit, in Deutschland und auch im Ilm-Kreis bisher nur zu einem Bruchteil genutzt.

Für die Nutzung der Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft als erneuerbarem Energieträger eröffnen sich perspektivisch schrittweise neue Absatzmärkte, um den stetig steigenden Energiebedarf der Wirtschaft, der Haushalte und des Verkehrs zu decken. Zudem entstehen im ländlichen Raum neue Arbeitsplätze in hoher Zahl und langfristig, da die Erzeugung und Verarbeitung der biologischen Rohstoffe fortlaufend erfolgen muss. Nicht nur der Landwirt, sondern auch Baufirmen und klein- und mittelständische Handwerksunternehmen profitieren vom Betreiben einer Bioenergieanlage und sind an der Wertschöpfung in der Region beteiligt. Zurzeit arbeiten in der Bioenergiebranche bundesweit mehr als 50.000 Beschäftigte.
Staatliche Förderungen haben bewirkt, dass die Wandlung von Biomasse zu Strom und Kraftstoff heute betriebswirtschaftlich rentabel ist. Den gesicherten Absatz und eine hohe Vergütung des Stromes aus nachwachsenden Rohstoffen sichert das Erneuerbare Energien Gesetz EEG /56/.

5.3.5.1 Technologische Nutzungsmöglichkeiten

Da bei der energetischen Nutzung der Biomasse nur das beim Wachstum aus der Luft aufgenommene CO_2 wieder freigesetzt wird, besteht in überschaubaren Zeiträumen ein Gleichgewicht in der CO_2 -Bilanz. Im Gegensatz dazu gelangt das bei der Verwertung von Kohle, Erdöl und Erdgas über Millionen von Jahren gebundene CO_2 innerhalb von Jahrzehnten in die Atmosphäre. Die Folge sind das deutliche Ansteigen der CO_2-Konzentration in der Atmosphäre und die damit in den letzten Jahren zunehmend aufgetretenen Klima- und Wetterauswirkungen.

Der Einsatz von Biomasse, der den Verbrauch von fossilen Energieträgern reduziert, führt nicht nur zur Verringerung der CO_2-Emissionen, sondern verbessert vor allem die Chancen künftiger Generationen für eine sinnvollere Nutzung dieser nicht erneuerbaren Naturgüter.

Hinsichtlich der energetischen Nutzung unterscheidet man die Verwertung fester, flüssiger und gasförmiger Biomasse. Dabei kommen 3 grundlegende Wirkprinzipien zum Einsatz:

5.3.5.1.1 Thermo-chemische Verfahren (Oxidation)

Entsprechend dem Oxidationsgrad unterscheidet man in die Verfahren: Verbrennung, Vergasung und Verflüssigung.

Verbrennung:

Das Verbrennen von Holz und Holzabfällen, wie Rindenreste, Sägespäne und Holzspäne, ist die ursprünglichste energetische Nutzung von Biomasse. Die heute genutzten Festbrennstoffe reichen von Holzscheiten über Holzhackschnitzel bis zu Holz- und Strohpellets. Der in der Biomasse gebundene Kohlenstoff oxidiert dabei vollständig mit dem Luftsauerstoff zu Kohlendioxid CO_2 und es wird Wärmeenergie frei.

Je nach dem Brennstoff, dem Verwendungszweck und der geforderten thermischen Leistung gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Öfen bzw. Kessel. Während Öfen innerhalb von Wohnräumen betrieben werden und keinen großvolumigen, wassergefüllten Wärmespeicher besitzen, haben Heizkessel stets einen mit mindestens 50 Liter Wasser pro kW Heizleistung ausgestatteten Wärmespeicher, der in den Heiz- und Warmwasserkreis des Gebäudes eingebunden ist.

Nach der Art der Luftzufuhr unterscheidet man zwischen Durchbrand-, Oberbrand- und Unterbrandanlagen. Letztere stellen eine Sonderform dar, bei der die Luftzufuhr mittels Ventilator von oben erfolgt und das aus der Glut entweichende Holzgas in der unten liegenden Nachbrennkammer vollständig verbrennt. Ihr Vorteil liegt neben dem höheren Wirkungsgrad in dem besseren Regelverhalten.

Nach der Art der Brennstoffzufuhr wird zwischen manueller und automatischer Beschickung unterschieden. Die manuelle Beschickung mit Stückholz ist grundsätzlich geeignet für den kleintechnischen Einsatz in Kaminöfen, aber auch in Holzheizkesseln im Leistungsbereich bis ca. 30 kW. Die automatische Beschickung über Förderschnecken ist im unteren Leistungsbereich bei allen Arten von Holzhackschnitzel- und Pelletfeuerungen für Ein- und Mehrfamilienhäuser anwendbar und ermöglicht eine sehr komfortable Betriebsführung, vergleichbar mit einer herkömmlichen Ölheizung. Der Brennstoffvorrat befindet sich bei den in Wohnräumen aufgestellten Pelletöfen in einem integrierten Vorratsbehälter, bei Kesselanlagen in einem separaten Lagerraum.

Großtechnische Biomassefeuerungsanlagen zur Nah- und Fernwärmeversorgung haben Leistungen bis in den MW-Bereich. Die Brennstoffzufuhr erfolgt hier weitgehend automatisch, die Verbrennung hat einen hohen Wirkungsgrad und erzeugt vergleichsweise geringe Schadstoffmengen. Als Brennstoffe eignen sich Holzhackschnitzel, Strohballen oder

auch Holz- und Strohpellets, die jedoch hier aufgrund ihrer höheren Kosten selten eingesetzt werden.
Neben der alleinigen Nutzung der Wärme gewinnt vor allem für den Leistungsbereich oberhalb 200 kW die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zunehmend an Bedeutung, da hier Elektroenergie gewonnen wird und somit eine insgesamt höhere Energieausbeute entsteht. Geeignete KWK-Technologien stehen mit der Dampfturbine, dem Dampfkolbenmotor, der ORC-Technologie (Dampfkraftwerk mit organischem Arbeitsmittel) und zukünftig wohl auch mit dem Stirlingmotor zur Verfügung.

Ein Biomasse-Heizkraftwerk mit 10 MW Wärme und 5,1 MW elektrischer Leistung hat im Jahr 2005 in der Stadt Ilmenau seinen Betrieb aufgenommen (s.a. Kapitel 3.5.5.4).

Vergasung:

Wird der Kohlenstoff nicht zu CO_2, sondern zu Kohlenmonoxid CO oxidiert und damit teilverbrannt, spricht man von Vergasung. Das entstandene Gas kann dann z.B. in einem anderen technologischen Prozess unter Energieabgabe weiter verbrannt werden. Bei Temperaturen von 800 bis 1000 °C erfolgt die Umwandlung der Biomasse bei Anwesenheit von Luft zu **Generatorgas** (Biogas mit niedrigem Heizwert, ca. 1,4 kWh/m³: CO, CO_2, H_2, N_2), das auch als Holzgas bekannt ist.
Erfolgt die Vergasung bei Anwesenheit von Sauerstoff und Dampf unter Druckeinwirkung, so entsteht **Synthesegas** (Biogas mit mittlerem Heizwert: CO, H_2, CH_4).
Ein Einsatz von Holzgas zum Betreiben von Verbrennungsmotoren für den Fahrzeugantrieb und als KWK-Aggregat ist seit längerem bekannt, hat sich aber wegen noch bestehender Nachteile im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen nicht durchgesetzt.

Verflüssigung:

Biomasse lässt sich durch 3 unterschiedliche Verfahren verflüssigen. Bei der chemischen Reduktion entsteht durch Zufuhr von CO, bei Anwesenheit eines Katalysators und bei Temperaturen von 250 bis 400 °C sowie Drücken bis 28 MPa ein Produkt, das einen Heizwert von 8,5 bis 11 kWh/kg besitzt und damit dem Erdöl nahe kommt. Die thermische Spaltung von Biomasse unter Luftabschluss und exogener Wärmezufuhr wird als Pyrolyse bezeichnet. Dabei entstehen nicht nur flüssige Brennstoffe (Pyrolyseöl), sondern auch gasförmige (Pyrolysegas) und feste Brennstoffe (Koks, Holzkohle). Bei der Verflüssigung durch Synthese wird aus der Biomasse ein Synthesegas erzeugt, aus dem Methanol katalytisch hergestellt wird.

5.3.5.1.2 Physikalische Verfahren

Darunter ist die Extraktion von flüssigen Brennstoffen aus pflanzlicher Biomasse zu verstehen. Durch mechanisches Pressen lässt sich in den Kernen von Raps, Sonnenblumen und anderen Pflanzen enthaltenes Öl gewinnen, welches direkt oder nach einer Weiterverarbeitung als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren nutzbar ist. Während für naturbelassene Kraftstoffe, z.B. Rapsöl, in der Regel angepasste Motoren benötigt werden, ist der Einsatz von chemisch modifizierten Kraftstoffen in Dieselmotoren ohne größere Umbauten möglich. So ist am weitesten der Einsatz von Rapsöl-Methylester verbreitet, der auch als RME oder Biodiesel bezeichnet wird. Infolge des Preisvorteils im Vergleich zu mineralischem Dieselkraftstoff steigt die Nachfrage von Jahr zu Jahr.

Dieser erwähnte Preisvorteil ist seit 2008 nach Übertragung der vollen Höhe der Mineralölsteuer auf RME nicht mehr vorhanden. Damit amortisieren sich auch die etwas höheren Anschaffungs- bzw. Betriebskosten bei diesen Verbrennungsmotoren nicht mehr und es kommt zwangsläufig zu einem so deutlichen Absatzrückgang bei Biodiesel, dass die ersten Insolvenzen zu beklagen sind. Auch die höheren Beimischungen zu Kraftstoffen auf fossiler Basis können diesen Rückgang nicht ausgleichen. Hier ist der Gesetzgeber aufgerufen, wieder Anreize, z. B. steuerlicher Art oder durch geeignete Förderprogramme, zu schaffen, um Biodiesel bzw. andere Kraftstoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe konkurrenzfähig zu machen.

5.3.5.1.3 Biologische Verfahren

Hier erfolgt die Umwandlung der Biomasse in weiterverarbeitbare Energieträger durch Mikroorganismen, wobei folgende Verfahren zur Anwendung kommen:

Verrottung (Umwandlung der Biomasse unter Luftzufuhr)

Im Kompost oder Misthaufen bewirken bei Zutritt von Luft die Mikroorganismen eine Wandlung in Wärmeenergie mit Temperaturen bis 90 °C. Mittels Rohrwärmetauscher kann diese Wärme einer Nutzung zugeführt werden.

Fermentation (Umwandlung der Biomasse bei Luftabschluss und niedrigen Temperaturen)

Alkoholgärung:

Durch die Umwandlung zuckerhaltiger Biomasse wird ein alternativer Treibstoff für Verbrennungsmotoren gewonnen, der eine höhere Oktanzahl als Benzin und einen geringeren Schadstoffausstoß hat. Auch stärkehaltige Biomasse, wie Mais, Getreide und Kartoffeln, oder sogar cellulosehaltige Einsatzstoffe, wie Holz und Stroh, lassen sich über die Zwischenstufe der Hydrolyse in Glucose und dann in Bioethanol (Bioalkohol) wandeln.

Biogaserzeugung:

Brennbares Biogas kann aus der Biomasse und Gülle, dem Klärschlamm in Abwasserbehandlungsanlagen und den organischen Bestandteilen in Mülldeponien gewonnen werden.

Die Bildung von **Biogas aus Gülle** läuft in mehreren Stufen innerhalb eines Fermenters ab, wobei die Abprodukte einer Stufe die Nahrung für die Bakterien der folgenden Stufe bilden. Das Endprodukt ist ein aus 2/3 Methan und 1/3 CO_2 zuzüglich geringer Anteile von H_2, Ammoniak und Schwefelwasserstoff bestehendes Gas mit einem Heizwert von ca. 6 kWh (Erdgas ca. 11 kWh) pro m³ Gas.

Von wirtschaftlicher Bedeutung sind Biogasanlagen hauptsächlich im landwirtschaftlichen Bereich (Verwertung von Rinder- und Schweinegülle und von Geflügelkot in Verbindung mit anderer Biomasse) sowie in der Entsorgungswirtschaft.

Im Ilm-Kreis bestehen insbesondere bei der Gülleverwertung noch ungenutzte Potentiale.

Der in **Abwasserbehandlungsanlagen** anfallende Klärschlamm wird in abgeschlossenen Faulräumen durch Bakterien unter Luftabschluss zersetzt, wobei Biogas entsteht, das in diesem Fall meist als Klärgas bezeichnet wird.
Im Herbst 2001 wurde die zentrale Kläranlage der Stadt Erfurt in Kühnhausen durch zusätzliche Klärstufen modernisiert und gleichzeitig durch eine Anlage zur Klärgaserfassung und energetischen Nutzung erweitert. Eine Besichtigung nach Voranmeldung dieses zu den modernsten Kläranlagen in Deutschland zählenden Infrastrukturprojektes ist auch aus technischer Sicht zu empfehlen.

In **Mülldeponien** mit mindestens 15% organischen Bestandteilen, einem Mindestwassergehalt von 35% und einer guten Verdichtung findet der gleiche biochemische Vorgang statt wie in Fermentern, s.a. 5.4.1. Der damit verbundene Methanausstoß aus Hausmülldeponien in die Atmosphäre ist weltweit mit solch riesigen Methanquellen wie dem Weltmeer oder der Erdgasindustrie vergleichbar. Da CH_4 ein hohes Ozon-Schädigungspotential hat (GWP-Wert: 21), sollte aus Umweltschutzgründen der Ausstoß in die Atmosphäre verhindert und das Deponiegas aufgefangen sowie energetisch verwertet werden.
Bei den im Ilm-Kreis vorhandenen zentralen Hausmülldeponien (Rehestädt, Bücheloh) erfolgt eine Deponiegaserfassung. Wegen der noch verzögert und nicht kontinuierlich anfallenden Gasmenge ist eine wirtschaftliche Nutzung ausgeschlossen, so dass das anfallende Deponiegas derzeit mittels Gasfackel verbrannt wird.

Üblicherweise wird das Bio-, Faul- oder Deponiegas zur Erzeugung elektrischer Energie in Verbrennungsmotoren eingesetzt, die mit Asynchron- oder Synchrongeneratoren starr verbunden sind. Durch Ergänzung der Motoren zu KWK-Einheiten kann zusätzlich Wärme ausgekoppelt und damit ein höherer Grad der Energienutzung erreicht werden. Ein positives Beispiel dafür liefert die Mülldeponie in Erfurt-Schwerborn, wo das Deponiegas erfasst und sowohl thermisch (Warmwasserbereitung für Sozialräume) als auch zur Stromerzeugung genutzt wird.

5.3.5.2 Stand und Potenziale der energetischen Biomassenutzung in Deutschland

Die heutige Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe beträgt rund 1Mio. Hektar. Bis 2010 könnte sich die Fläche verdoppeln und bis 2030 ca. 4,4 Mio. Hektar groß sein.

Bei verstärktem Ausbau der Bioenergie könnten 2030 rund 16 % des Stromes, 10 % der Wärme und 12 % des Kraftstoffs für PKW in Deutschland erzeugt werden.

Die Bioenergie ist in den vergangenen Jahren ein wichtiges wirtschaftliches Standbein für die Landwirte geworden. Der Umsatz der Branche stieg von 2,85 Mrd. Euro im Jahr 2003 auf 3,5 Mrd. Euro 2004.

Bis Ende 2006 wird die Kapazität der deutschen Biodieselproduzenten auf etwa 2,3 Mio. t steigen. Damit können die Mengenziele der EU-Richtlinie zur Förderung von Biokraftstoffen im Dieselbereich schon vor dem Jahr 2010 erfüllt werden.

Die Entwicklung der energetischen Biomassenutzung in Deutschland lässt sich anschaulich anhand folgender Beispiele darstellen:

- 1990 gab es bundesweit ca. 100 Biogasanlagen; 2005 waren es ca. 4.000.
- Im Jahr 2005 gab es bereits 1.900 Biodieseltankstellen in Deutschland.

5.3.5.3 Nutzung der Biomasse in Thüringen – aktueller Stand und Potenziale

Die Erzeugung und Nutzung von Bioenergie sind prädestiniert für den ländlichen Raum und damit für die Land- und Forstwirtschaft.

Der Freistaat Thüringen hat sich das Ziel gesetzt, 5-7 % des Primärenergieverbrauches bis 2010 aus regenerativen Energieträgern zu erzeugen. Die Bioenergie soll dabei einen Anteil von 75 % einnehmen. **Dieses Ziel wurde bereits im Jahr 2002 mit 7,1 % realisiert!**

Mit 6,2 % des Primärenergieverbrauchs (PEV) wird dabei der weitaus größte Teil durch die Biomassenutzung abgedeckt. Würde man diesen biogenen Anteil mit fossilen Energieträgern, z. B. mit Heizöl zu einem Preis von 0,60 Euro je Liter substituieren, stellt die Biomasse eine Wertschöpfung von mehr als 220 Mio. Euro pro Jahr dar.

Bis zum Jahr 2015 besteht ein technisch nutzbares Biomassepotenzial von 10.650 GWh, welches 16 % des PEV entspricht.

Mit der Einführung des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes 2000 und seiner Novellierung 2004 wurden die politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auch für die sich entwickelnde Biogas-Branche in Thüringen spürbar verbessert.
Neben Bundesförderungen gewährt das Land eine Investitionszulage, da viele Biogasanlagen neben Strom auch Wärme mit Hilfe von Blockheizkraftwerken produzieren.

Die folgende Übersicht gibt den aktuellen Stand der Biomassenutzung zur Bereitstellung von Strom, Wärme und Kraftstoffen in Thüringen wider, unterteilt nach Art des Energieträgers:

Feste Brennstoffe
Die Brennstoffbasis bilden vorrangig Altholz, Nebenprodukte der holzverarbeitenden Industrie, sowie Waldrest- und Durchforstungsholz. Die Nutzung erfolgt in ca. 7.500 Zentralheizungsanlagen, Heizwerken und Heizkraftwerken. Die installierte Leistung betrug 2004 ca. 80,6 MW elektrisch und 869 MW thermisch.

Biogas
Genutzt werden vorrangig tierische Exkremente (Gülle, Stallmist) unter Beimengung nachwachsender Rohstoffe. Nach Angaben der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena sind derzeit thüringenweit 57 Biogas-Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 19.467 kW installiert (Stand Januar 2006). Bei einer Jahreslaufzeit von 7.500 h und einer durchschnittlichen Auslastung von 80 % ergibt sich daraus eine jährliche Stromerzeugung von ca. 117 GWh, was dem Elektroenergiebedarf von etwa 40.000 Haushalten entspricht. Die jährlich erzeugte Wärmemenge beträgt ca. 160 GWh, dies entspricht dem Energieinhalt von ca. 16 Mio Litern Heizöl.

Non-Food Rapsanbau
Kontinuierlich stehen in Thüringen ca. 50.000 ha Anbaufläche zur Erzeugung von Rapsölmethylester und Rapsöl als Kraftstoffsubstitut zur Verfügung. Damit ist unter Beachtung des Food- Rapsaufkommens von ca. 60.000 ha das Anbaupotenzial in Thüringen

weitestgehend ausgeschöpft. In vorrangig dezentralen Anlagen können 154.000 t Rapssaat zu 45.000 t Biodiesel und 10.000 t naturbelassenem Rapsöl verarbeitet werden.

Bioethanol
Bioethanol, also aus Biomasse hergestellter Alkohol, wird demnächst das Biokraftstoffangebot an Tankstellen ergänzen und kommt derzeit bereits als Zumischungskomponente von bis zu 5 Vol- % für Otto- Kraftstoff zur Anwendung. Nach einer zukünftig geplanten Weiterverarbeitung zu Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (ETBE) kann der Beimischungsanteil zur Verbesserung der Oktanzahl auf bis zu 15 Vol- % erhöht werden.
Mit der Inbetriebnahme einer Ethanolanlage in Zeitz 2005 ergibt sich für die Thüringer Landwirtschaft die Möglichkeit, ca. 30.000 ha Getreide für die Ethanolerzeugung bereitzustellen.

5.3.5.4 Nutzung von Biomasse und deren Potenziale Ilm-Kreis

Für die energetische Nutzung der Biomasse im Ilm-Kreis sollen die 3 wichtigsten Einsatzgebiete betrachtet werden

- Verbrennung von Holz zur Wärme- und Stromerzeugung
- Einsatz von Biodiesel und naturbelassenem Rapsöl als Kraftstoff
- Verwertung von Gülle in Biogasanlagen zur Wärme- und Stromerzeugung

1. Verbrennung von Holz zur Wärme- und Stromerzeugung

Holzheiz-Anlagen
Ende 2004 existierten 446 Holzheizanlagen mit einer thermischen Gesamtleistung von 12.315 kW. Mit einer Auslastung von 1800 Stunden pro Jahr und einem mittleren Kesselwirkungsgrad von 88% ergibt sich eine erzeugte Endenergie in Form von Wärme von 19.507 MWh.
Die notwendige Brennstoffmenge für die Kesselleistung berechnet sich bei einem angenommenen mittleren Energieinhalt von 4,0 kWh/kg des Holzes zu **5.542 t pro Jahr**, wobei aufbereitetes Waldholz oder Pellets zum Einsatz kommen.

Bild 5-56: Beispiel einer Scheitholz-Heizungsanlage /57/

Im HF 02 Heizungsanlagen, Kapitel 5.1.2. wurde auf der Basis 2004 abgeschätzt, dass im Zeitraum bis 2015 voraussichtlich 4.800 dezentrale Anlagen von den Energieträgern Öl-, Flüssiggas- und Kohle auf Holzfeuerung umgerüstet werden. Dies wird sich vorrangig im Wohnungsbereich oder bei Kleinstunternehmen vollziehen. Nimmt man eine mittlere thermische Leistung von 15 kW an, so ergibt sich 2015 eine notwendige Wärmeenergie von 129.010 MWh. Die erforderliche Menge an Waldholz oder Pellets beträgt dafür 32.400 t pro Jahr.
Wie im Punkt 5.1.2 erläutert, zeigt die Realität im Jahr 2007, dass sich die Umrüstung nicht in diesem Tempo vollzieht und deshalb im Jahr 2015 eine Wärmemenge von 129.010 MWh durch die Verbrennung von Holz in „kleinen“ 15 kW- Heizungen nicht zu erwarten ist.

Biomasse-Heizkraftwerk BHI

Eine wesentliche Verbesserung der Klimaschutzbilanz ist durch die Inbetriebnahme des Biomasse-Heizkraftwerks Ilmenau ab 21. Juli 2005 entstanden, das neben Wärmeenergie für das Fernwärmenetz auch Strom in das Netz der Stadtwerke liefert.

Bild 5-57: Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau /36/

Durch die weitgehende Deckung des Wärme- und Warmwasserbedarfs im Zeitraum Frühjahr bis Herbst durch die CO_2-neutrale Verfeuerung von Biomasse wird es zu einer deutlichen Verminderung der Emissionswerte kommen.

Verbraucht werden entsprechend dem Planungsansatz 41.600 t Altholz pro Jahr, das hauptsächlich nicht aus dem Ilm-Kreis stammt.

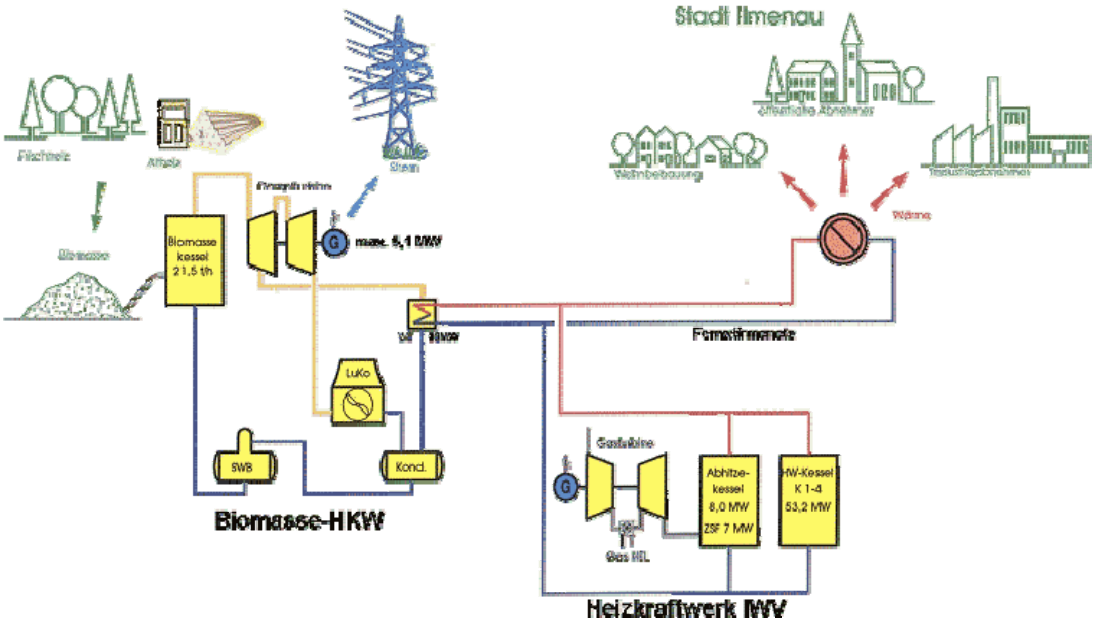


Bild 5-58: Verfahrensschema des BHI /58, 59/

Die energetischen Daten und die aus dem Einsatz von Holz als Energieträger folgenden Einsparungen an CO_2-Emissionen im Vergleich zum Energieträger Erdgas sind in der Tabelle 5-35 aufgeführt.

Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau	
Kesselanlage	
Hochdruck/Dampf	46 bar / 430°C
Erzeugerleistung	ca.23,5 t/h
Brennstoff (Alt- und Restholz)	ca. 41.600 t
Turbinenanlage	
Dampfturbine	5,1 MW_{el}
geplante Erzeugung	
Strom	31.420 MWh/a
Wärme	67.990 MWh/a
Summe	99.410 MWh/a
CO_2-Einsparung	
Kohlendioxid	39.400 t/a

Tabelle 5-35: Datenblatt Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau /58/

2. Einsatz von Biodiesel und naturbelassenem Rapsöl als Kraftstoff

Im Ilm-Kreis wird Winterraps als nachwachsender Rohstoff für die Nahrungsmittelherstellung und als Energieträger auf einer von 1995 bis 2003 ständig anwachsenden Ackerfläche

angebaut. Das aus dem Non-Food-Bereich gewonnene Rapsöl wird teilweise naturbelassen, aber hauptsächlich in der weiterverarbeiteten Form von Biodiesel als Kraftstoff im Ilm-Kreis eingesetzt.
Als Beispiel für die Nutzung von Biodiesel in Unternehmen des Ilm-Kreises soll hier die **IOV Omnibusverkehr** Ilmenau GmbH genannt werden, ein Unternehmen mit dem Gütesiegel „Busqualität Thüringen“ nach ISO 9001-2000.

Die Busflotte umfasst 51 Linien- und 3 Kleinbusse: Davon sind 47 Busse und 2 Kleinbusse mit regenerativer Energie unterwegs. Täglich werden etwa 10.800 Fahrgäste befördert: Beim Transport eines Fahrgastes wird auf einer Strecke von 100 km lediglich ½ Liter Biodiesel verbraucht. Rund 2,4 Mio. km fahren die Busse des Unternehmens jährlich.

In der **Agrargenossenschaft Bösleben e.G.** fährt ein MD Benz-Transporter erfolgreich mit dem naturbelassenen Kraftstoff Rapsöl.

Bild 5-59: Rapsölbetriebener Transporter der Agrargenossenschaft Bösleben eG /57/

Mit 40 224 km Fahrleistung bei einem unverändert durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 15 l überzeugte diese Lösungsvariante mit ihrer Einsatzsicherheit auch bei niedrigen Temperaturen im Winter, der unveränderten Fahrleistung und Fahrtauglichkeit. Erwähnenswert ist der besonders ruhige Lauf des Dieselmotors. Das typische "Nageln" des Diesels verringert sich.

Im Ilm-Kreis gibt es Biodieseltankstellen in Arnstadt, Bösleben, Griesheim, Ilmenau und Kirchheim.

3. Verwertung von Gülle in Biogasanlagen zur Wärme- und Stromerzeugung

In unserer Region, wie in den neuen Bundesländern überhaupt, ist mit dem hohen konzentrierten Tierbesatz je Landwirtschaftsbetrieb eine gute Voraussetzung für die ausreichende Bereitstellung von Biomasse zu Herstellung von Biogas gegeben. Das vorhandene Potenzial wurde bisher noch wenig genutzt.

Im März 2005 ging die erste landwirtschaftliche **Biogasanlage** im Kreisgebiet in Betrieb /50/. Sie befindet sich in der **Agrargenossenschaft Bösleben**, Schweinemastanlage Witzleben.

Die Bilder 5-60 und 5-61zeigen den Aufbau der Anlage.

Bild 5-60: Gesamtansicht Biogasanlage Witzleben; v.l.n.r
hinten: Pumpenhaus, Fermenter, Güllelager
vorne: Vor- und Einmischgrube, Feststoff-Annahme-Dosierer

Bilder 5-61: Biogasanlage Witzleben
links: 2 Stück Gas-BHKW je 170 kW el. (6-Zylinder-MAN-Motor)
rechts: Feststoff-Annahme-Dosierer in Sammelgrube

Sie besitzt folgende technische Daten /60/:

- Vor- u. Sammelgrube: 110 m³ zum Einmischen von Feststoffen
- Gärbehälter: Stahlbeton, 1.570 m³
- Gas-Speicher: Tragluft-Folienhaube, ca. 300 m³
- Gas-BHKW mit Otto-Motor: 2 Stück, je 170 kW elektrische Leistung,
  Anlagenwirkungsgrade 38,7 %, elektrisch
  45,8 %, thermisch

Zur Vergärung kommen folgende Biomasse-Komponenten:

- 9.000 m³/a Schweinegülle
- 3.000 t/a Maissilage
- 3.050 t/a Hühnerkot

Die Anlage kann jährlich bis zu 2.400 MWh Wärme und 2.100 MWh Strom erzeugen, der in das elektrische Netz eingespeist wird.
40 % der Wärme wird für den Fermenterprozeß benötigt, die restliche Wärme von 1.440 MWh wird zur Beheizung von Stall, Sozialgebäude und Werkstatt verwendet.

Damit wird jährlich der Einsatz von fossilen Energieträgern in Höhe von 3.540 MWh vermieden.
Für die Einsparung von CO_2- Emissionen ergibt sich:

Erdgas	1.440 MWh x 202 kg CO_2 / MWh = 291 t CO_2
Strom	2.100 MWh x 628 kg CO_2 / MWh = 1.319 t CO_2

2007 wurde die **Biogasanlage in Hammersfeld** in Betrieb genommen. Sie produziert ebenfalls Wärme und Strom durch die Vergärung von Rindergülle, Stalldung sowie Gras- und Maissilage.
1.900 MWh Wärme und 1.580 MWh Strom werden erzeugt, wobei ebenfalls ca. 40 % der Wärme zur Aufrechterhaltung der Fermenterprozesse benötigt werden. Der Rest von 1.140 MWh dient der Beheizung für das Sozialgebäude und dem angrenzenden Agrarcenter.

Die Vermeidung des Einsatzes von fossilen Energieträgern beläuft sich auf 2.720 MWh.

Für die Einsparung von CO_2- Emissionen ergibt sich:

Erdgas	1.140 MWh x 202 kg CO_2 / MWh = 230 t CO_2
Strom	1.580 MWh x 628 kg CO_2 / MWh = 992 t CO_2

5.3.5.5 Potenzialabschätzung für den Endenergieertrag und die CO_2-Bilanz bis zum Jahr 2015

Basis 2004:

Die Ausgangssituation des Jahres 2004 und die Abschätzung für das Jahr 2015 lassen sich wie folgt beschreiben:

- **Feste Biomasse (Holzverbrennung)**

Ausgehend von den Recherchen waren im Jahr 2004 ca. 446 Holzheizanlagen in Betrieb. Sie erzeugten 19.507 MWh Wärme. Der Brennstoffeinsatz betrug 5.542 t. Bei der Abschätzung der eingesparten CO_2-Menge wird von einer Umstellung von Braunkohle-

Anlagen ausgegangen. Mit dem Emissionsfaktor von 0,352 t/MWh ergibt sich ein Einsparpotenzial von 6.866 t.

Bis zum Jahr 2015 werden 4.800 weitere Anlagen in Betrieb gehen (jährlich 436) und im Endzustand 129.010 MWh Endenergie aus Biomasse erzeugen. Durch die dabei stattfindende Ablösung von fossilen Energieträgern werden jährlich 3.200 t CO_2 eingespart. Diese Einsparpotenziale sind bereits im HF 02, Heizungsanlagen, Kapitel 5.1.2 berücksichtigt.

Das Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau substituiert durch den Einsatz von erneuerbarer Energie (Altholz) fossile Endenergie in Höhe von jährlich 99.410 MWh.

Es wird in den nächsten 10,5 Jahren bis 2015 insgesamt ca. 413.700 t an CO_2-Emissionen einsparen.

Das Einsparpotenzial an fossiler Endenergie und die entsprechende CO_2-Minderung durch das BHI sind ab Juli 2005 als jährlich konstante Werte in der nachfolgenden Tabelle eingetragen.

- **Flüssige Biomasse (Kraftstoffeinsatz)**

Infolge fehlender Daten für den Einsatz von Biodiesel im PKW- und LKW-Bereich wird zunächst von den Verbrauchswerten von der Omnibusverkehr Ilmenau GmbH, IOV, ausgegangen. Von den gefahrenen 2,4 Mio. km pro Jahr werden entsprechend der Fahrzeugstruktur 2,212 Mio km mit Biodiesel-Fahrzeugen bestritten. Ausgehend von einem Kraftstoffverbrauch aller Busse im Ilm-Kreis von 1,59 Mio. Litern und gefahrenen 4,97 Mio. km berechnet sich der Biodiesel-Verbrauch beim IOV zu 0,82 Mio. Liter pro Jahr, wobei berücksichtigt wurde, dass 1 Liter Diesel-Kraftstoff durch 1,15 Liter Biodiesel ersetzt wird. Der Energieinhalt pro Liter Biodiesel beträgt 8,7 kWh (10 kWh/1,15).
Die substituierte Endenergiemenge an Biodiesel beträgt 7.134 MWh.

0,82 Mio. Liter/a x 8.7 kWh / Liter = 7.134 MWh/a

Sie ersetzt die entsprechende Energie an Dieselkraftstoff. Mit dem Emissionsfaktor für Diesel von 2,639 kg CO_2 pro Liter errechnet sich die vermiedene CO_2-Emission für das Jahr 2004 zu 1.873 Tonnen.
Für die bisher nicht berücksichtigten PKW und LKW, die ebenfalls mit Biodiesel fahren bzw. anteilig zumischen und die Fahrzeuge, die naturbelassenes Rapsöl verwenden, wird ein Zuschlag von 10% angesetzt.
Damit folgt für 2004:

- **Endenergiemenge 7.847 MWh/a**
- **vermiedene CO_2-Emission 2.060 t**

Es wird davon ausgegangen, dass jährlich 10 Diesel-Fahrzeuge (30.000 Liter, 300 MWh) auf Biodiesel umgerüstet werden. Das entspricht einer Steigerung von 3,8% bezogen auf den Ausgangswert von 2004 in jedem Jahr.
Nicht berücksichtigt ist die zu erwartende Zunahme des Anteils von Biodiesel am Dieselkraftstoff der Tankstellen.

- **Verwertung von Gülle in Biogasanlagen zur Wärme- und Stromerzeugung**

Im März 2005 ging die erste Biogasanlage im Ilm-Kreis in Witzleben in Betrieb. Sie erzeugt 4.585 MWh Energie jährlich aus Biomasse, die anteilig als Elektroenergie zur Einspeisung in das öffentliche Stromnetz und als Wärmeenergie im Bereich der Agrargenossenschaft zur Verfügung steht. Durch die Substitution fossiler Energieträger werden folgende CO_2-Emissionen eingespart:

2.100 MWh x 0,683t CO_2/MWh = 1.434 t CO_2 (bezogen auf den Strommix)
2.485 MWh x 0,200t CO_2/MWh = 497 t CO_2 (bezogen auf Erdgas)

Damit werden 2005 unter Vernachlässigung der ersten 2 Monate 1.931 t CO_2 eingespart.

Da derzeit intensive Planungen für eine weitere Biogasanlage laufen, die voraussichtlich 2007 in Hammersfeld installiert wird, ist für die Potenzialabschätzungen eine 2. Anlage ab 2008 mit den gleichen technischen Parametern berücksichtigt worden.

Zusammenfassung (Basis 2004)

Erneuerbare Endenergie 2004	vermiedene CO_2-Emission 2004	Einsparziel fossile Endenergie 2015	Ziel der CO_2-Minderung			Einspar-potenzial	Maßnahme pro Jahr
			2005	2010	2015	2005-2015	
MWh	t	MWh	kt/a	kt/a	kt/a	kt	
feste Biomasse							
19.507	6.866	19.507	6,87	6,87	6,87	75,5	446 Anlagen bis 2004, keine Änderung
0	0	129.010	3,2	19,2	35,2	211,2	436 Anlagen-Umstellungen
0	0	99.410	19,7	39,4	39.4	413,7	Biomasse-Heizkraftwerk
flüssige Biomasse							
7.847	2.060	11.147	0,079	0,472	0,866	5,19	10 Fahrzeuge
gasförmige Biomasse							
0	0	9.170	1,93	3,86	3,86	36,64	1 weitere Anlage ca. 2007
Summe							
27.354	**8.926**	**139.234**	**28,58**	**50,6**	**51,0**	**531,0**	

Die Potenziale in der „gelb“ gekennzeichneten Zeile sind in dem Handlungsfeld HF 02, Kapitel 5.1.2 berücksichtigt.

Zusammenfassung (Basis 2008)

Nach dieser Darstellung der Potenziale auf der Basis des Kenntnisstandes 2004 sind für die weitere Prognose Korrekturen vorzunehmen. Leider liegen hierzu teilweise keine verlässlichen Daten vor.
Mit dem Kenntnisstand des Jahres 2007 sind folgende Änderungen zu beachten, die z. T. bereits in vorhergehenden Abschnitten behandelt wurden:

- Als Ersatz für ´alte´ Kohle-, Öl- und Flüssiggasheizungen werden nur 170 Holzheizungen pro Jahr erwartet (s. 5.1.2.2.). Bis zum Jahr 2015 werden deshalb nur ca. 2.340 Holzheizanlagen in Betrieb sein, die bei einer angenommenen Wärmearbeit von 20 MWh/a einen Endenergieverbrauch von 46.560 MWh in 2015 bedingen. Unter der Maßgabe, dass es sich bei der Verbrennung von Holz um den Einsatz Erneuerbarer Energien handelt, fallen keine CO_2-Emissionen an. Diese Werte sind bereits im Punkt 5.1.2.2 in die Bilanz der erzeugten Endenergie und der CO_2-Emissionen eingeflossen.
  Berücksichtigt man, dass statt dieser Holzheizungen Gasheizungen installiert worden wären, so tritt hier eine zusätzliche CO_2-Reduzierung auf, die in der nachfolgenden Äquivalenzrechnung berücksichtigt wurde.

- Das Biomasseheizkraftwerk Ilmenau (BHI) hat in den Jahren 2006 bzw. 2007 Endenergie in Höhe von durchschnittlich **76.500 MWh Wärme**- und **Elektroenergie** in das Fernwärme- bzw. in das Stromnetz jährlich eingespeist. Wie bereits erwähnt, ist eine Erhöhung dieser Beträge nicht zu erwarten. Energieverbräuche wurden im HF 03 berücksichtigt; die CO_2-Vermeidung bei der Stromerzeugung wurde bereits im HF 06 betrachtet.
  Berücksichtigt man, dass statt der Biomasseverbrennung die Wärme mittels Gas erzeugt worden wäre, so tritt auch hier eine zusätzliche CO_2-Reduzierung auf, die in der nachfolgenden Äquivalenzrechnung berücksichtigt wurde.
  Berücksichtigt man, dass statt der Stromerzeugung mittels KWK die Elektroenergie aus dem übergeordneten Netz bezogen worden wäre, so tritt hier ebenfalls eine zusätzliche CO_2-Reduzierung auf, die in der nachfolgenden Äquivalenzrechnung berücksichtigt wurde.

Energiequelle	erzeugte Energie			CO2-	CO2-Emissionen		
	2004	2007	2015	Emiss.-Fakt.	2004	2007	2015
	MWh	MWh	MWh	t CO_2/MWh	t CO_2	t CO_2	t CO_2
Wärme:							
Holzheizungen	8.920	19.360	46.560	0,202	1.802	3.911	9.405
BHI (Wärme)	0	26.700	26.700	0,202	0	5.393	5.393
Summe (Wärme):	*8.920*	*46.060*	*73.260*	*0*	*1.802*	*9.304*	*14.798*
Stromerzeugung:							
BHI (Strom)	0	50.400	50.400	0,628	0	31.651	31.651
Gesamt:	**8.920**	**96.460**	**123.660**		**1.802**	**40.955**	**46.449**

- Aufgrund der bereits unter Abschnitt 5.3.5.1.2. gemachten Anmerkungen, dass sich durch die geltenden Rahmenbedingungen die Attraktivität des Biodiesels ins Negative gewandelt hat, ist eine Steigerung des Absatzes dieses Kraftstoffes auf Basis nachwachsender Rohstoffe nicht realistisch. In Abschnitt 5.2.1. wurde ebenfalls auf den rückläufigen Einsatz im Omnibusbetrieb des IOV hingewiesen. Falls im Zeitraum bis 2015 durch staatliche Aktivitäten die Attraktivität von Biodiesel erhöht wird, können die

auf der Basis 2004 gemachten Prognosen zutreffen, anderenfalls ist von einem rückläufigen Einsatz auszugehen. Analoge Aussagen treffen auch auf den Einsatz von naturbelassenem Rapsöl zu. So ist die Produktion und der Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff in der Agrargenossenschaft Bösleben seit dem Jahr 2007 eingestellt worden. Wegen der untergeordneten Bedeutung dieser Kraftstoffe werden sie in der Bilanz der erzeugten Endenergie und der CO_2-Emissionen nicht berücksichtigt.

- Die Verwertung von Gülle in Biogasanlagen zur Wärme- und Stromerzeugung wird seit 2005 in Witzleben und seit Ende 2007 in Hammersfeld betrieben. Die jährlich mit einem Ersatz fossiler Energieträger verbundene **Nutzwärmemenge** beläuft sich auf **6.260 MWh**. Die daraus folgende **CO_2-Einsparung** errechnet sich zu **2.832 t / a.**

- Für 2015 wird davon ausgegangen, dass weitere Biogasanlagen errichtet werden. Der daraus resultierende energetische Vorteil kann mit den Werten der Anlage Witzleben verglichen werden (3.540 MWh Wärme, 1.610 t CO_2-Einsparung).

Fossile Endenergie (erspart, da aus Biomasse)			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	CO_2-Emissionen			Einsparziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
GWh				kt				
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
(-8,9)	-96,5	-123,7	27,2	(- 1,8)	- 41,0	- 46,4	5,4*	aus HF 02, 06
	- 6,26	-9,8	3,54*		- 2,83	- 4,44	1,61*	zusätzl. Biogasanl.
(-8,9)	-102,8	-133,5	30,7	(- 1,8)	- 43,8	- 50,8	7,0	Summe

*: bezogen auf 2007

5.3.6 HF 10 – 14, Zusammenfassung: Erneuerbare Energien und vermiedene CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis

Erneuerbare Energien in MWh								
Energieträger	2004				Prognose 2015			
	Strom	Wärme	Kraftstoff	Summe	Strom	Wärme	Kraftstoff	Summe
Photovoltaik	451	-	-	451	3.281	-	-	3.281
Solarthermie	-	3.925	-	3.925	-	41.829	-	41.829
Wasserkraft	523	-	-	523	599	-	-	599
Windkraft	0	-	-	0				0
Biomasse								
- Holz	0	19.507	-	19.507	31.420	216.507		247.927
- Biogas	0	0	-	0	4.200	4.970		9.170
- Biodiesel	0	0	7.847	7.847			11.147	11.147
Umweltwärme		3.006	-	3.006		39.798		39.797
Summe	974	26.438	7.847	35.259	39.500	303.104	11.147	353.751

Erneuerbare Energien, MWh/a								
Energieträger	2004				Prognose 2015			
	Strom	Wärme	Kraftstoff		Strom	Wärme	Kraftstoff	
Biomasse, Holz		-	-			-	-	
- vorhand. Anl.		19.507				19.507		
- zusätzl. Anl.						129.010		
- BHI					31.420	67.990		

Vermiedene CO_2-Emissionen in Tonnen								
Energieträger	2004				Prognose 2015			
	Strom	Wärme	Kraftstoff	Summe	Strom	Wärme	Kraftstoff	Summe
Photovoltaik	308			308	2.093			2.093
Solarthermie		785		785		8.263		8.263
Wasserkraft	357			357	409			409
Windkraft				0				0
Biomasse				0				0
- Holz		6.866		6.866	24.118	57.348		81.466
- Biogas				0	2.868	994		3.862
- Biodiesel			2.060	2.060			866	866
Umweltwärme		154		154		2.239		2.239
Summe	665	7.805	2.060	10.530	29.488	68.844	866	99.198

Vermiedene CO_2-Emissionen in Tonnen								
Energieträger	2004				Prognose 2015			
	Strom	Wärme	Kraftstoff		Strom	Wärme	Kraftstoff	
Biomasse, Holz		-	-			-	-	
- vorhand. Anl.		6.866				6.866		
- zusätzl. Anl.						35.200		
- BHI					24.118	15.282		

Basis 2008:

Einsparung fossiler Endenergie durch ...			Einspar-ziel 2015 bezogen auf 2004	Einsparung CO_2-Emissionen durch ...			Einspar-ziel 2015 bezogen auf 2004	Maßnahme pro Jahr
2004	2007	2015		2004	2007	2015		
GWh/a				kt/a				
HF 10, Einsatz von Photovoltaik								
0,45	1,98	7,65	7,2	0,31	1,23	4,8	4,49	Zunahme Anlagen
HF 11, Einsatz von Solarthermie								
3,93	7,46	27,08	23,15	0,79	1,51	5,47	4,68	Zunahme Fläche
HF 12, Einsatz von Wasserkraft								
0,71	1,02	1,25	0,54	0,48	0,63	0,78	0,29	Rekonstruktion, Erweiterung
HF 13, Einsatz von Windkraft								
	10,96	21,92	21,92*		6,83	13,66	13,66*	Installation von ca. 6,4 MW

HF 14, Einsatz von Biomasse								
(- 8,9)	- 102,8	- 133,5	30,7	(-1,8)	- 43,8	- 50,8	7,0	Äquivalenzrechnung + zusätzl. Biogasanlagen
Summen								
13,99	- 81,4	- 75,6	83,51	- 0,22	- 33,6	- 26,09	30,12	

* bezogen auf 2007

5.4 Handlungsfelder – nichtenergiebedingte Bereiche

5.4.1 HF 15, Sanierung von Hausmüll-Deponien, Verwertung von Siedlungsabfällen

- **Verminderung von Kohlendioxid- und Methanemissionen in Folge der Sicherung und Rekultivierung von Altdeponien im Ilm-Kreis**

In Hausmülldeponien kommt es nach einer Anlaufzeit zur Gasbildung durch biologische Abbauprozesse. Diese Umsetzungsprozesse laufen anfänglich im Deponiekörper ohne Sauerstoff (anaerob) ab. Hierbei wird die in den eingelagerten Abfällen enthaltene Biomasse, wie sie z. B. in Lebensmittelresten, Speiseabfällen, Grünabfällen, Papier, Stoffen, Hausabfällen etc. vorkommt, durch bakterielle Vorgänge zersetzt. Als Hauptabbauprodukte dieses biologischen Abbauprozesses entsteht Deponiegas, das vorwiegend aus Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) besteht.

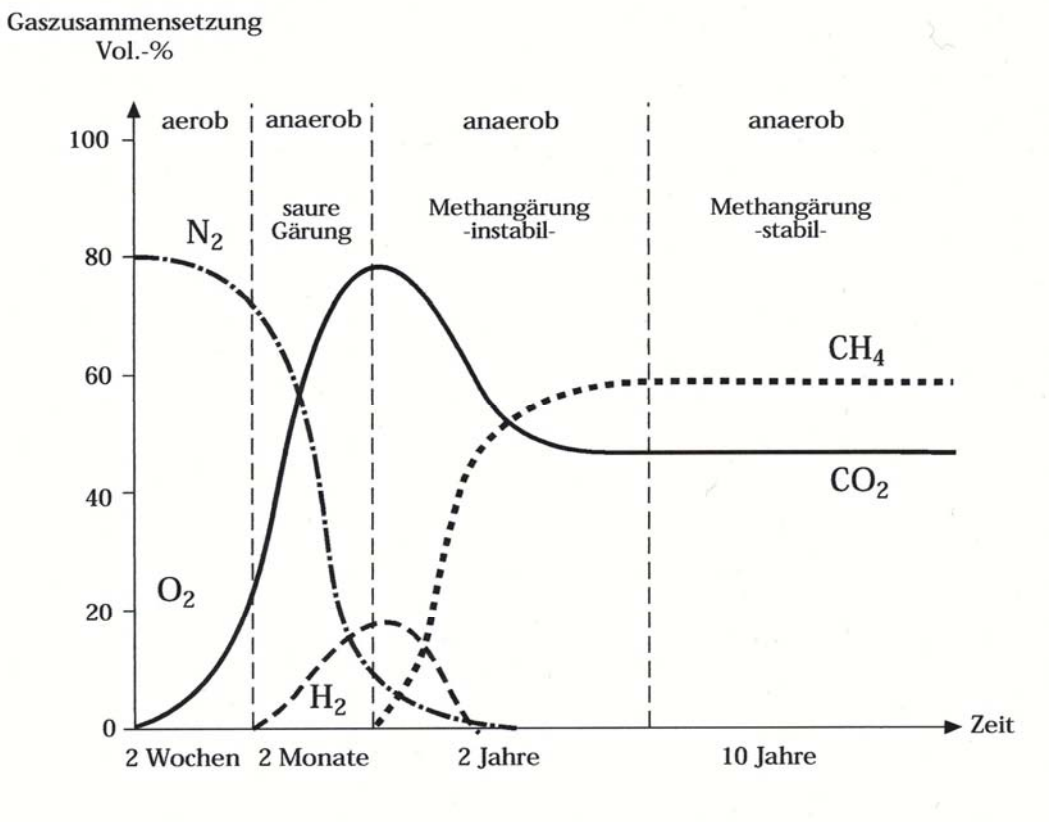


Bild 5-62: Entwicklung der Deponiegaszusammensetzung (Haushaltsabfälle) /51/

Neben diesen Hauptkomponenten können im Deponiegas noch über 100 Verbindungen, die teilweise Chlor bzw. Fluor enthalten, als Spurenelemente vorkommen. Sie entstehen insbesondere durch den Übergang von gelösten, adsorbierten, flüssigen und festen Stoffen in die Gasphase und durch chemische Reaktionen von abgelagerten Stoffen untereinander oder mit Niederschlags- und Sickerwasser.

Etwaige Luftanteile gehören nicht zum originären Deponiegas. Sie stellen Fremdanteile dar, daher führen sie zu einer Verdünnung des gebildeten Gases.

Die Gesamtsumme der Spurenstoffe liegt ohne den Wasserdampfanteil erfahrungsgemäß in der Größenordnung von 0,15 Vol- % bezogen auf die gebildeten Deponiegasmengen.

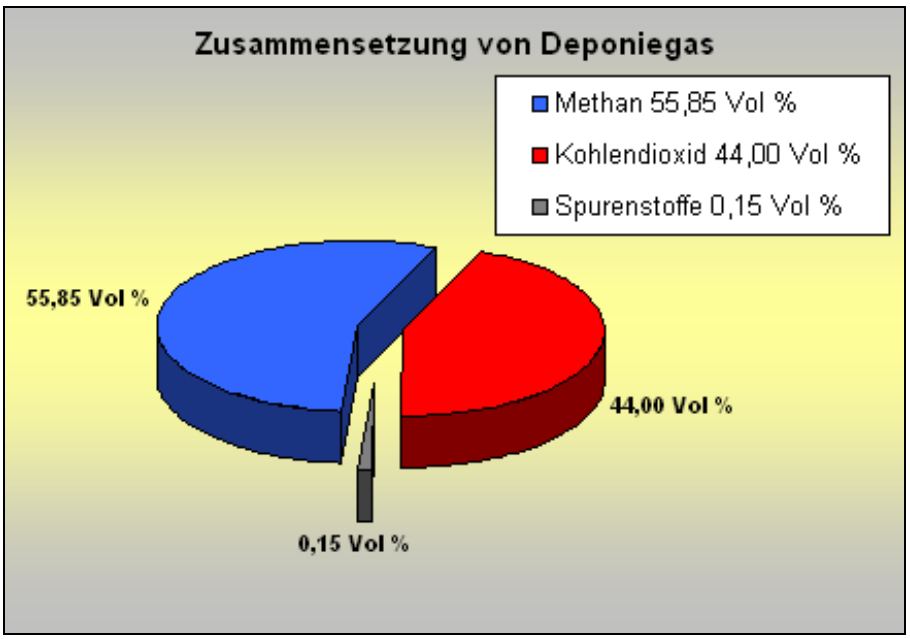


Bild 5-63: Zusammensetzung von Deponiegas

Schätzungen der jährlichen Methanemissionen in Deutschland Mitte der neunziger Jahre schwankten zwischen 4,5 und 7 Mio. t, davon wurden etwa 25 % mit einem Mittelwert von 1,5 Mio. t den Deponien zugerechnet. Die CO_2-Emissionen aus Deponien wurden damals mit 3,5 Mio. t / a angegeben. Prognostiziert wurde, dass sich Methanemissionen aus Deponien bis zum Jahr 2005 aufgrund der hohen Anforderungen aus der Technischen Anleitung Siedlungsabfall an die deutsche Abfallwirtschaft bis 2005 auf etwa 1/3 des o. g. Wertes verringern. Da nach dem 1. Juni 2005 nur noch inerte Abfälle abgelagert werden dürfen, die kein Deponiegas mehr bilden können, werden die Deponiegasbildung und damit verbunden die Methanemissionen aus Deponien um 2050 praktisch abgeschlossen sein.

Die Sicht des Bundesumweltamtes auf die abfallpolitischen Erfolge bei der Reduzierung der Klimagasemissionen kann den Bildtafeln am Ende dieses Kapitels entnommen werden.

Durch die **Sicherung von Altdeponien** (im Hinblick auf die Deponiegasbildung ist das die Abdichtung des Müllkörpers gegen Oberflächenwasser und Luftdurchströmung nach dem heutigen Stand der Technik) wird die anaerobe Methangärung, die mit der Freisetzung von Kohlendioxid, Methan und Spurenstoffen einhergeht, anfangs eingeschränkt und später weitestgehend unterbunden.
Damit wird durch die Sanierung/Sicherung/Rekultivierung von Mülldeponien ein wesentlicher Beitrag zur Senkung der Klimagas-Emissionen geleistet.

Die überschlägige Ermittlung der Emissionen wurde in der **Tabelle 5-37** für die Altdeponien des Ilm-Kreises wie folgt vorgenommen:

Die Arbeitsschritte:

Spalte:

Altdeponie:	- im Sinne der Klimagas-Emissionen gesicherte Deponie
Oberfläche:	- Deponieoberfläche, die multipliziert mit der Müllmächtigkeit das Deponievolumen ergibt
Volumen Abfall:	- Volumen des abgelagerten bzw. verdichteten Abfalls auf Basis Daten des Jahres 2005
Menge Abfall:	- Berechnung der Masse Abfall aus dem Volumen mit einer durchschnittl. Dichte von 0,8 t/m³ unter Einbeziehung des Feuchtigkeitsgehaltes
Minderung Menge Abfall:	- Minderung der Abfallmenge in Bezug auf die Deponiegasbildung durch erhöhte mineralische Anteile im vor 1990 abgelagerten „DDR-Müll“ in Höhe von 30 %
Gesamtvolumen Deponiegas:	- während des gesamten Ablagerungszeitraums von bis zu 50 Jahren freisetzbares Deponiegas bei vollständigem Abbauprozess der gesamten Biomasse – hier Mittelwert von 150 m³ pro t feuchtem Abfall
Minderung Volumen Deponiegas:	- Deponiegasvolumen, das durch die Sicherungsmaßnahme nicht mehr freigesetzt wird, hier mit 60 % angesetzt, dabei Berücksichtigung der zeitlichen Komponente und der „Restgasung“
Verminderung Emissionsvolumen Methan, Spurenstoffe, Kohlendioxid	- Verminderung des Emissionsvolumens der Emissionskomponenten für einen durchschnittlichen Restzeitraum von 30 Jahren nach der Sicherung der Deponie

Die berechneten Emissions-Volumina in der **Tabelle 5-36** sind als Mittelwerte für die inhomogenen abgelagerten Inhaltsstoffe in Mülldeponien zu werten. Sie beruhen auf einer Bilanzrechnung und charakterisieren in keiner Weise den zeitlichen Verlauf der Deponiegasbildung nach **Bild 5-64**, zumal die Sauerstoff- und Stickstoffkonzentration außer Betracht bleiben.

Lfd. Nr.	Deponie/ Altdeponie	Fläche, m²	Abfallvolumen, m³	Abfall Menge t, 0,8t/m³	Minderung Menge t, 70%	Gasvolumen m³, 150 m³/t	Mind. Volumen m³, 60%	Mind. Methanemission, m³	Mind. Spurengasemiss., m³	Mind. CO_2-emission, m³
1	Altteil KAD Wolfsberg	60.000	500.000	400.000	280.000	42.000.000	25.200.000	14.074.200	37.800	11.088.000
2	Altdeponie Rehestädt	90.000	1.030.000	824.000	576.800	86.520.000	51.912.000	28.992.852	77.868	22.841.280
3	Stadtilm	24.000	200.000	160.000	112.000	16.800.000	10.080.000	5.629.680	15.120	4.435.200
4	Frankenhain	17.000	130.000	104.000	72.800	10.920.000	6.552.000	3.659.292	9.828	2.882.880
5	Geschwenda	35.000	400.000	320.000	224.000	33.600.000	20.160.000	11.259.360	30.240	8.870.400
6	Schmiedefeld	28.000	140.000	112.000	78.400	11.760.000	7.056.000	3.940.776	10.584	3.104.640
7	Gehren	28.000	140.000	112.000	78.400	11.760.000	7.056.000	3.940.776	10.584	3.104.640
8	Frauenwald	12.500	75.000	60.000	42.000	6.300.000	3.780.000	2.111.130	5.670	1.663.200
9	Altenfeld	18.750	112.500	90.000	63.000	9.450.000	5.670.000	3.166.695	8.505	2.494.800
10	Elgersburg	9.000	63.000	50.400	35.280	5.292.000	3.175.200	1.773.349	4.763	1.397.088
11	Großbreitenbach	24.000	672.000	537.600	376.320	56.448.000	33.868.800	18.915.725	50.803	14.902.272
12	Zirkusplatz Ilmenau	100.000	800.000	640.000	448.000	67.200.000	40.320.000	22.518.720	60.480	17.740.800
13	SAD 1 Rehestädt	300	2.100	1.680	1.176	176.400	105.840	59.112	159	46.570
14	Pennewitz	1.000	3.000	2.400	1.680	252.000	151.200	84.445	227	66.528
15	Oehrenstock	2.500	7.500	6.000	4.200	630.000	378.000	211.113	567	166.320
16	Möhrenbach	6.000	25.000	20.000	14.000	2.100.000	1.260.000	703.710	1.890	554.400
17	Böhlen	7.500	37.500	30.000	21.000	3.150.000	1.890.000	1.055.565	2.835	831.600
18	Ilmenau Greinertsteiche	16.000	128.000	102.400	71.680	10.752.000	6.451.200	3.602.995	9.677	2.838.528
19	Geschwenda- Hundeplatz	6.000	30.000	24.000	16.800	2.520.000	1.512.000	844.452	2.268	665.280
20	Martinroda	2.800	11.000	8.800	6.160	924.000	554.400	309.632	832	243.936
21	Heyda- Staussee	6.000	12.000	9.600	6.720	1.008.000	604.800	337.781	907	266.112
22	Unterpörlitz- Sportplatz	5.000	15.000	12.000	8.400	1.260.000	756.000	422.226	1.134	332.640
23	Oberpörlitz- Hirtenbuscht.	7.000	30.000	24.000	16.800	2.520.000	1.512.000	844.452	2.268	665.280
24	Ilmenau Trieselsteich	10.000	20.000	16.000	11.200	1.680.000	1.008.000	562.968	1.512	443.520
25	Gräfinau-Angstedt	50.000	200.000	160.000	112.000	16.800.000	10.080.000	5.629.680	15.120	4.435.200
26	Gehren- Jesuborn	3.000	6.000	4.800	3.360	504.000	302.400	168.890	454	133.056
27	Allersdorf	1.350	4.500	3.600	2.520	378.000	226.800	126.668	340	99.792
28	Brauerei	100	700	560	392	58.800	35.280	19.704	53	15.523
29	Herschdorf	3.000	15.000	12.000	8.400	1.260.000	756.000	422.226	1.134	332.640
30	Wildenspring	450	9.000	7.200	5.040	756.000	453.600	253.336	680	199.584
31	Altenfeld- Harztalstraße	2.250	4.500	3.600	2.520	378.000	226.800	126.668	340	99.792
32	Neustadt/ Rstg.	20.000	200.000	160.000	112.000	16.800.000	10.080.000	5.629.680	15.120	4.435.200
33	Frauenwald- Denkmal	3.500	14.000	11.200	7.840	1.176.000	705.600	394.078	1.058	310.464
34	Stützerbach	4.500	20.000	16.000	11.200	1.680.000	1.008.000	562.968	1.512	443.520
35	Manebach	10.000	45.000	36.000	25.200	3.780.000	2.268.000	1.266.678	3.402	997.920
36	Gillersdorf	5.000	15.000	12.000	8.400	1.260.000	756.000	422.226	1.134	332.640
Summe		**619.500**	**5.117.300**	**4.093.840**	**3.275.072**	**429.853.200**	**257.911.920**	**144.043.807**	**386.868**	**113.481.245**

Tabelle 5-36: Verminderung der Deponiegas-Emissionen von Altdeponien

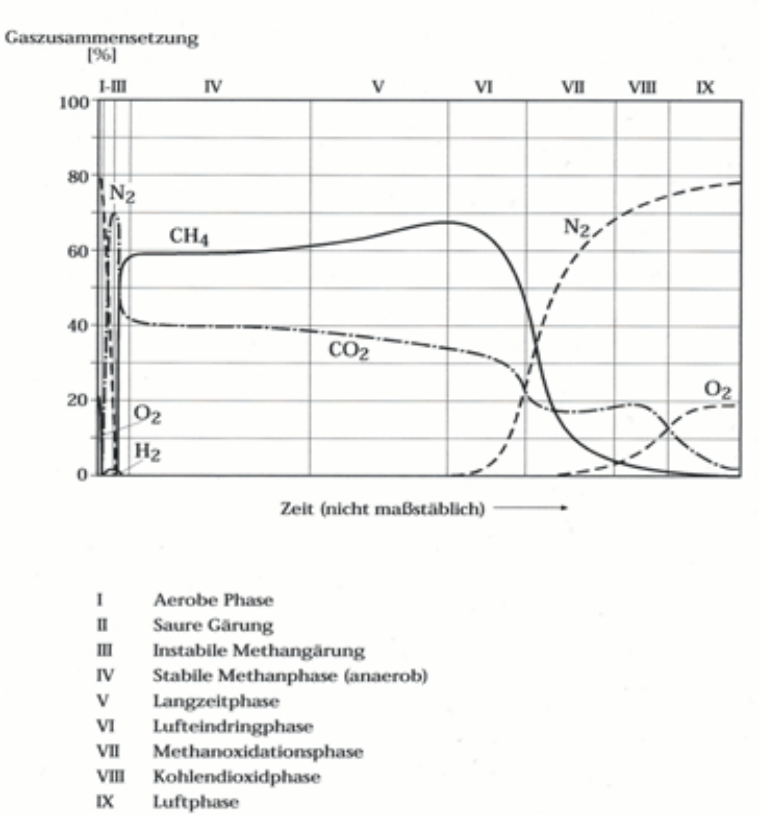


Bild 5-64: Zeitlicher Verlauf der Gaskonzentration im Deponiekörper

In der **Tabelle 5-36** ist die zu erwartende Volumenverminderung der Deponiegas-Emissionen in den letzten 3 Spalten aufgeführt. Sie bezieht sich auf die kommenden 30 Jahre ab dem Zeitpunkt der Deponiesanierung.

Unter Berücksichtigung der Gasdichten ergeben sich folgende massebezogenen Einsparungen für den benannten Zeitraum:

- **Methan: 103.279 t**
- **CO_2: 224.352 t**

Die Emissionsfracht an Methan (Zeitraum 1 Jahr) wurde für die Hausmülldeponie Wolfsberg mit den Daten des Staatlichen Umweltamtes Erfurt im Rahmen der „Berichterstattung gemäß Entscheidung 2000/479/EG der Kommission der Europäischen Gemeinschaft über den Aufbau eines Europäischen Schadstoffemissionsregisters – Angaben zu Thüringer Hausmülldeponien“ verglichen. Bezogen auf einen Restemissionszeitraum von 30 Jahren unter Zugrundelegung eines vollständigen biologischen Abbaus wurde annähernde Übereinstimmung mit der jährlichen Emissionsfracht festgestellt.
Da im Ilm-Kreis nur noch wenige Altdeponien unsaniert sind, ist von einer stark reduzierten Kohlendioxid- und Methan-Emission aus diesen Altablagerungen auszugehen.
Die restlichen „offenen“ Deponien werden noch in diesem Jahrzehnt rekultiviert.

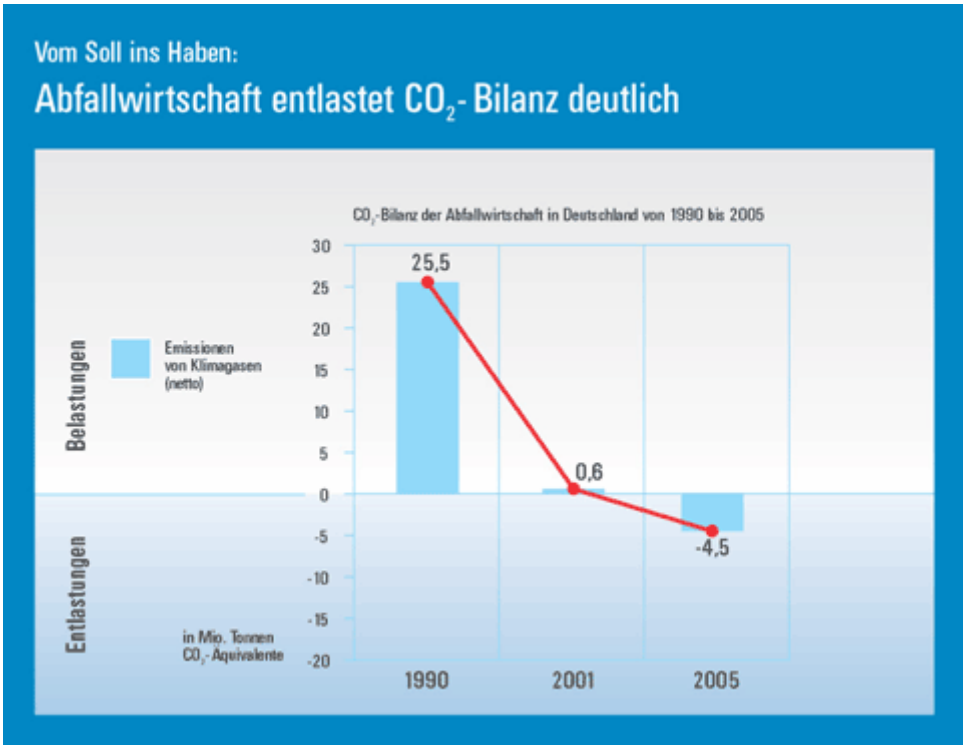
Es wird davon ausgegangen, dass die Einsparung an Emissionen bis 2015 mit 50% der Gesamteinsparung angesetzt werden kann. Nach Umrechnung des Methanwertes in CO_2-Äquivalente (GWP = 21) beträgt damit die **Einsparung an Treibhausgas 1.196.600 t.**

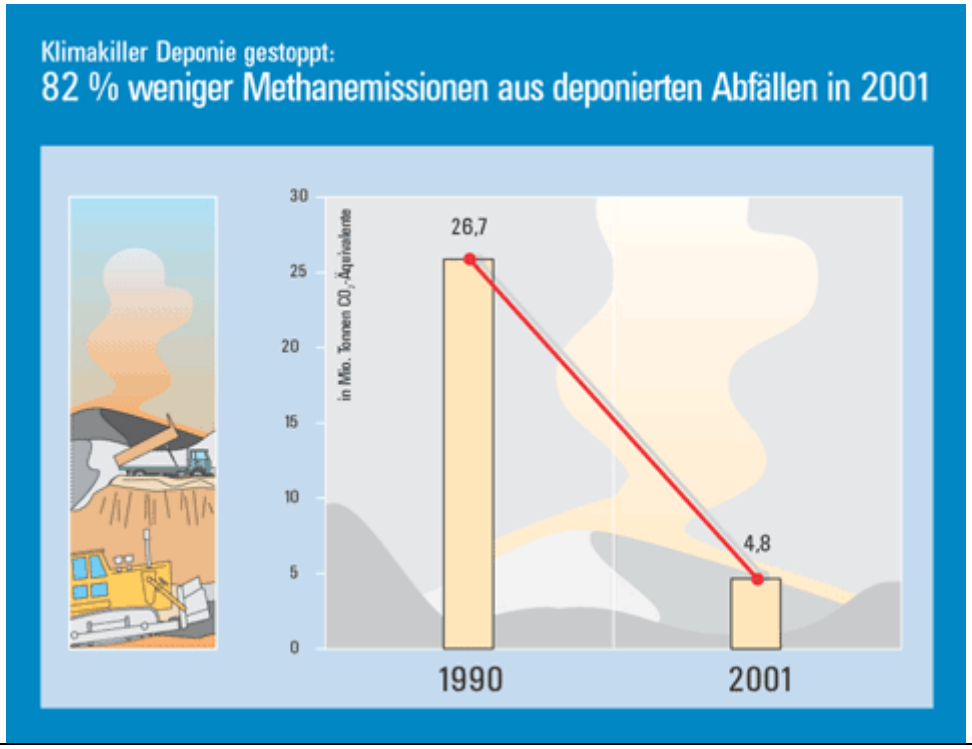
(103.279 t CH_4 x 21 + 224.352 t CO_2) x 0,5 = 1.196.600 t CO_2-Äquivalente

- **Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz**

Bedingt durch die gesetzlichen Rahmenbedingungen für die Abfallwirtschaft besitzen die Aspekte der Verwertung und/oder Verbrennung von Siedlungsabfällen eine zunehmende Bedeutung und zwar im Hinblick auf die Rohstoffsituation und die energetische Nutzung. Letzteres auch in ihrer Wirkung auf die Klimagasemissionen, da sie einen Beitrag zur Substitution fossiler Energieträger leistet.

Die vom Umweltbundesamt veröffentlichten Tafeln verdeutlichen den aktuellen Stand.





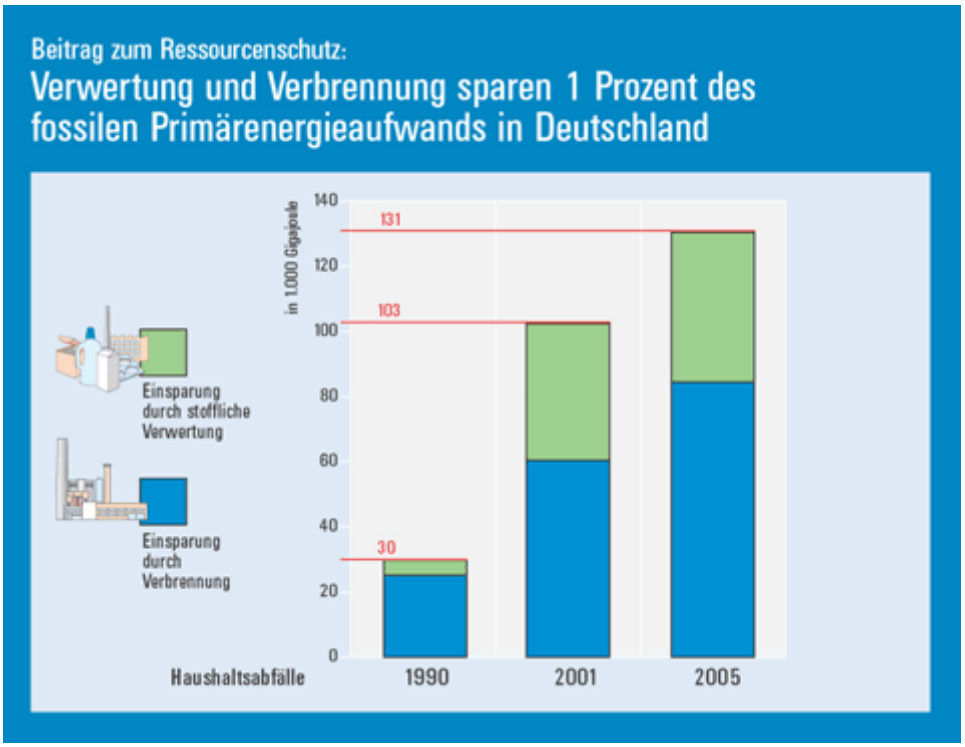


Bild 5-65: Beiträge der Abfallwirtschaft für den Klimaschutz /52/

5.4.2 HF 16, Treibhausgas-Emissionen durch die Landwirtschaft

5.4.2.1 Emissionen aus der Nutztierhaltung

Die Landwirtschaft stellt eine wesentliche Quelle sowohl für anthropogene als auch für natürliche Treibhausgas-Emissionen dar, wobei eine strikte Trennung zwischen beiden in den meisten Fällen nicht möglich ist.

Treibhausgas-Emissionen der Landwirtschaft sind sowohl durch die Nutzviehhaltung als auch durch die Bodenbewirtschaftung bedingt. Als relevante Treibhausgase der Viehhaltung sind CH_4 (Methan), CO_2 ,(Kohlenstoffdioxid) und NH_3 (Ammoniak) anzusehen. Stoffwechselbedingte CO_2-Emissionen sind als Teil des Kohlenstoffkreislaufes als natürliche Emissionen einzustufen.
Der Nutzviehbestand im Ilm-Kreis im Jahr 2003 ist in Tabelle 5-37 angegeben. Die Angaben sind dem Thüringer Landesamtes für Statistik /20/ entnommen.

Nutzviehbestand Ilm-Kreis 2003	
Tiere	**Anzahl**
Rinder	**14.218**
Schweine	**14.607**
Pferde	**564**
Schafe	**9.687**
Geflügel	**50.202**

Tabelle 5-37: Nutzviehbestand im Ilm-Kreis 2003

- **CH_4-Emissionen aus der Nutztierhaltung**

Bei der Nutztierhaltung entstehen CH_4-Emissionen durch die Verdauung von Cellulose und Pektinen im Pansen von Wiederkäuern und beim anaeroben Abbau von organischen Bestandteilen tierischer Exkremente.
Für die Abschätzung der stoffwechselbedingten CH_4-Emission der Nutztierhaltung im Landkreis wurden die in den Tabelle 5-39 aufgeführten spezifischen Emissionsfaktoren verwendet, die auf Untersuchungen des Umweltbundesamtes zurückgehen /18/.

Kälber unter 6 Monate	20,9	Bullen und Ochsen	81,0
Jungrinder (6-12 Monate)	49,9	Färsen	61,3
Jungrinder (12-24 Monate)	57,4	Milchkühe	99,8
Schlachtkälber	37,4	übrige Kühe	61,3
Schlachtkälber	37,4	Pferde	18,0
Schweine	1,3	Schafe	10,3
Geflügel	0,1		

Tabelle 5-38: Spez. stoffwechselbedingte CH_4-Emissionen von Nutztieren in kg/a Tier

Kälber unter 6 Monate	59,0	übrige Kühe	181,4
Schweine	32,0	Pferde	221,8
Geflügel	2,4	Schafe	23,6

Tabelle 5-39: CH_4-Bildungspotenzial der Nutztier-Exkremente in kg/a /Tier

Die in Tabelle 5-39 aufgeführten Werte stellen das theoretische CH_4-Bildungspotenzial für den Fall einer 100%-igen Umsetzung des Kohlenstoffes dar. Wie viel Methan gebildet wird, hängt jedoch von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie z.B. Ernährung, Stall- oder Weidehaltung, Zustand der Exkremente (flüssig oder fest), Temperatur, Art und Dauer der Lagerung. Die tatsächliche Methanproduktion liegt zwischen 5% (z.B. für Weidehaltung) und 90% bei anaerober Lagerung.

Für in Deutschland geltende Bedingungen kann mit einer **durchschnittlichen Methanbildung von 10%** gerechnet werden /18/.

Mit den in Tabelle 5-40 angegebenen untersetzten Bestandszahlen errechnen sich die CH_4-Emissionen der Nutztierhaltung des Landkreises.

Nutzviehbestand Ilm-Kreis 2003				**Stoffwechselbed. + Exkremente (10%)**	**Emission**
				Emission CH_4	**CH_4**
Tiere	**Anzahl**	**Faktor**	**GVE**	**kg/a GVE**	**kg/a**
Rinder	**14.218**				
Kälber unter 6 Monate	1.907	0,6	1.144	20,9 + 05,90	**30.665**
Jungrinder (6-12 Monate)	2.026	0,6	1.216	49,9 +18,18	**82.758**
Schlachtkälber	87	0,6	52	37,4 +18,18	**2.901**
Bulle und Ochsen	87	1	87	81,0 +18,18	**8.629**
Färsen	894	0,6	536	61,3 +18,18	**42.633**
Milchkühe	4.057	1	4.057	99,8 +18,18	**478.645**
übrige Kühe	2.117	1	2.117	61,3 +18,18	**168.259**
Differenz. sonstige	3.043	1	3.043	61,3 +18,18	**241.858**
Schweine	**14.607**	0,4	5.843	1,3 + 32,00	**194.565**
Pferde	**564**	1	564	18,0 + 22,18	**22.662**
Schafe	**9.687**	0,15	1.453	10,3 + 02,36	**18.396**
Geflügel	**50.202**	0,014	703	0,1 + 00,24	**239**
Großvieheinheiten (GVE)			**20.815**		**1.292.209**

Tabelle 5-40: CH_4-Gesamtemission der Nutzviehhaltung im Ilm-Kreis 2003 /8, 33/
(GVE: Großvieheinheit)

An der CH_4-Gesamtemission der Nutzviehhaltung von 1.292 t/a, dies entspricht einer CO_2-Äquivalentemission von 27.132 t (Umrechnung mit GWP-Wert 21 für Methan) besitzen die Rinder mit ca. 82% den größten Anteil. Etwa drei Viertel der CH_4-Emissionen werden durch die Verdauungsprozesse der Tiere verursacht, ein Viertel durch den anaeroben Abbau organischer Stoffe der Tierexkremente.

- **CO_2-Emissionen aus der Nutztierhaltung**

Die CO_2-Emissionen der Nutztierhaltung resultieren

- direkt und indirekt aus dem Einsatz von Energie im Vorleistungssektor und
- aus Stoffwechselprozessen.

Eine direkte und indirekte Netto-CO_2-Emission in der Nutztierhaltung wird verursacht durch den Verbrauch fossiler Energieträger für Transporte und Leistungen in der Tierhaltung (z.B. für Strom, Zukauffutter usw.).
Es wird im Mittel mit einem Energieinput von 12 GJ/GVE gerechnet. Bei einem Emissionsfaktor von 70 kg CO_2/GJ ergibt sich bezüglich einer Großvieheinheit eine CO_2-Emission von 840 kg/GVE. /67/

Im Jahr 2003 betrug der Nutztierbestand im Ilm-Kreis 20.815 GVE.

20.815 GVE x 840 kg/GVE = 17.484.600 kg = 17.485 t

Im Jahr 2003 betrug somit die tierhaltungsbedingte CO_2-Emission im Ilm-Kreis **17.485 t.**

- **NH_3-Emissionen aus der Nutztierhaltung**

Die NH_3-Emissionen aus der Nutztierhaltung hängen vor allem von der Mist- und Güllelagerung, der Gülleausbringung, der Weide- und Stallperiode und der Futterverwertung ab. Aus den Ergebnissen verschiedener Untersuchungen /68/ ergeben sich für die spezifischen NH_3-Emissionen der Nutztierhaltung die in Tabelle 5-43 angegebenen Bereiche.

Tierart		spezifische NH_3-Emission			NH_3
		von	bis	Mittelwert	Emission
	Anzahl	kg/a/Tier			kg/a
Rinder	**14.218**	12,4	32,4	24,5	**348.341**
Schweine	**14.607**	2,1	6,3	4,0	**58.428**
Pferde	**564**	9,4	18,2	12,9	**7.276**
Schafe	**9.687**	1,9	3,4	2,9	**28.092**
Geflügel	**50.202**	0,26	0,32	0,28	**14.057**
Summe					**456.193**

Tabelle 5-41: Spezifische NH_3-Emission aus der Nutzviehhaltung

Aus den spezifischen mittleren NH_3-Emissionen errechnen sich unter Zugrundelegung der Viehbestandszahlen 2003 die jährlichen NH_3-Emissionen aus der Nutztierhaltung mit 456 t.

Der CO_2-Äquivalentwert beträgt daraus 2.736t (Umrechnung mit GWP-Wert 6 für Ammoniak).

Da die Entwicklung der Marktbedingungen schwer abzuschätzen ist, wird auch in den kommenden Jahren ein gleich bleibender Viehbestand angenommen.

5.4.2.2 Treibhausgas-Emissionen aus Nutzflächen der Landwirtschaft

Bei der Berechnung der CO_2-Emissionen wurden die in Tabelle 5-42 aufgeführten landwirtschaftlichen Nutzflächen vom Jahr 2003 im Ilm-Kreis zugrunde gelegt.

Emissionssenken Landwirtschaftsflächen Ilm-Kreis				
2003	**Fläche**	**Emissionsfaktor CO_2**	**CO_2-Emissionssenke**	
Nutzland	**ha**	**kg/ha a**	**kg/a**	**t**
Ackerland	**23.223**			
Kartoffeln insgesamt	34	1.661	56.474	**56**
Zuckerrüben	198	910	180.180	**180**
Winterraps	3.962	828	3.280.536	**3.281**
Getreide insgesamt	13.951	824	11.495.624	**11.496**
Silomais	1.271	1.102	1.400.642	**1.401**
Futtererbsen	996	586	583.656	**584**
Klee, Kleegras, Luzerne	60	910	54.600	**55**
sonstige	2.751	910	2.503.410	**2.503**
Dauergrünland	**7.680**	642	4.930.560	**4.931**
Summe	**30.903**			**24.486**

Tabelle 5-42: CO_2-Emissionssenken der Landwirtschaftsflächen Ilm-Kreis /8, 33/

Aus den Flächengrößen und den spezifischen Emissionen der Fruchtarten ergeben sich die jährlichen CO_2-Emissionen als Senken durch die landwirtschaftlichen Nutzflächen in Höhe von **24.486 t**.

5.4.2.3 Gutschrift Rapsanbau Ilm-Kreis

Durch den Anbau von Non-Food-Raps vor allem auf Stilllegungsflächen und seiner Nutzung zur Herstellung von Biodiesel kann ein Teil des fossilen Dieselkraftstoffes substituiert werden. Die damit vermiedenen CO_2-Emissionen müssen dem Sektor Landwirtschaft als Gutschrift angerechnet werden.

Im Jahr 2003 wurden 5.600 t (6.035.555 Liter) Rapsöl erzeugt. In der Annahme, dass 50% des Rapsöls im Non-Food-Bereich zu Biodiesel verarbeitet wurden, ergibt sich folgende Rechnung:

5.600.000 kg x 0,5 x 1/0,9 Liter/kg = 3.111.111 Liter

Bei der Umesterung entstehen nach der folgenden Gleichung aus 100 l Rapsöl ca. 97 l Biodiesel (Rapsmethylester, RME):

100 Liter Rapsöl + 13 Liter Methanol ⟶ 97 Liter RME + 17 Liter Glyceringemisch

Damit folgt

3,1 Mio Liter Rapsöl ⟶ ca. 3 Mio. Liter Biodiesel.

Für den energetischen Zusammenhang gilt

1 Liter Dieselkraftstoff ≈ 1,15 Liter RME

Die 3 Mio. Liter Biodiesel substituieren ca. 2,624 Mio. Liter Dieselkraftstoff und besitzen einen Energieinhalt von

2.624.145 Liter DK x 10 kWh/Liter DK = 26.241.450 kWh = 26.241 MWh

Der durch den Biodiesel (RME) zu substituierende Dieselkraftstoff für das Jahr 2004 besitzt einen Energiegehalt von 26.241 MWh und die damit vermiedene CO_2-Emissionsmenge beträgt **6.925 t**.

Potenzialabschätzung

Da die Entwicklung der Marktbedingungen schwer abzuschätzen ist, wird auch in den kommenden Jahren ein gleich bleibender Viehbestand angenommen. Eine CO_2-Äquivalentsminderung ist deshalb bis zum Jahr 2015 nicht zu erwarten.

Emissionsquelle	Dimension	2004	2010	2015
CH_4	t/a	1.292	1.292	1.292
CO_2	t/a	17.485	17.485	17.485
NH_3	t/a	456	456	456
CO_2-Äquivalente	**t/a**	**47.353**	**47.353**	**47.353**

Tabelle 5-43: Treibhausgas-Emissionsquelle aus der Nutztierhaltung im Ilm-Kreis

Emissionssenke	Dimension	2004	2010	2015
CO_2-Emission	**t/a**	**24.846**	**24.846**	**24.846**

Tabelle 5-44: Treibhausgas-Emissionssenke aus der Nutzung der Ackerflächen

Bei der Nutzflächengröße der Landwirtschaft im Ilm-Kreis ist ebenfalls von einer gleich bleibenden Fläche bis zum Jahr 2015 auszugehen. Die CO_2-Emissionssenke wird auch mit 24.846 t gleich bleibend angenommen.

Bei der Rapsgutschrift wird bis 2015 von gleich bleibender Flächengröße und Ertrag, auch wegen der Einhaltung der Fruchtfolge ausgegangen (alle 4 Jahre Rapsanbau auf der gleichen Fläche möglich).

Zusammenfassung

- Viehhaltung und Landwirtschaftsflächen

Erneuerbare Endenergie 2004	vermiedene CO_2-Emission 2004	Einsparziel fossile Endenergie 2015	Ziel der CO_2-Minderung			Einspar-potential	Maßnahme pro Jahr, Bemerkung
			2005	2010	2015	2005-2015	
MWh	t	MWh	t/a	t/a	t/a	t	
--	- 47.353	-	- 47.353	- 47.353	-47.353	- 520.883	Quelle Viehhaltung
--	24.846	-	24.846	24.846	24.846	273.306	Senke Flächen
--	**- 22.507**		**- 22.507**	**- 22.507**	**-22.507**	**- 247.577**	

- Gutschrift Rapsanbau

Erneuerbare Endenergie 2004	vermiedene CO_2-Emission 2004	Einsparziel fossile Endenergie 2015	Ziel der CO_2-Minderung			Einspar-potential	Maßnahme pro Jahr, Bemerkung
			2005	2010	2015	2005-2015	
MWh	t	MWh	t/a	t/a	t/a	t	
26.241	6.925	26.241	6.925	6.925	6.925	76.175	Rapsöl-Gutschrift

5.4.3 HF 17, Forstwirtschaft

Klimaschutz und Forstwirtschaft spielen in Thüringen eine große Rolle, ist es doch insbesondere die Waldfläche des Thüringer Waldes, welche als effizientestes System zur CO_2-Minderung in Thüringen beiträgt.
Mit einem Waldanteil von 33% an der Landesfläche gehört Thüringen zu den waldreichen Ländern der Bundesrepublik Deutschland und wird wegen seiner zentralen Lage und seines Waldreichtums auch als das „Grüne Herz Deutschlands“ bezeichnet. In Thüringen beträgt die durchschnittliche Waldfläche pro Kopf der Bevölkerung 0,22 ha. In Deutschland sind es im Durchschnitt 0,12 ha pro Einwohner.
Der Thüringer Wald unterteilt sich nach der Eigentumsart in Staatswald, Körperschaftswald, Privatwald und Treuhandwald.
Die waldreichen Gebiete Thüringens befinden sich in den Mittelgebirgen wie dem Thüringer Wald, dem Thüringer Schiefergebirge, dem Harz sowie im Kyffhäuser und den Trias-

Hügelflächen Nord-, Süd- und Ostthüringens. Die tieferen, ebenen Lagen, wie das Thüringer Becken sowie der Altenburger Raum, weisen geringeren Waldanteil auf.
Die Wirkung des Waldes auf das Klima wird besonders durch seine Funktion als Kohlenstoffspeicher bedeutsam. Der aktuelle Kohlenstoffvorrat des Waldes beträgt in Thüringen auf der Grundlage aktueller wissenschaftlicher Erhebungen 213,8 t C/ha, das entspricht einem Gesamtkohlenstoffvorrat von 115 Mio. t. Damit sind etwa 420 Mio. t CO_2 gebunden.
Auf Grund der durch den Holzzuwachs bedingten Kohlenstoffspeicherung stellt der Wald eine wesentliche CO_2-Senke dar. Bei der Abschätzung der jährlichen CO_2-Einbindung ist vom effektiven Holzzuwachs auszugehen, welcher sich wie folgt errechnet /58, 59, 60/

effektiver Holzzuwachs = Holzzuwachs – Holzeinschlag + Bauholz

1,5 t C/ha = 2,5 t C/ha – 1,0 t C/ha

Dabei ist zu beachten, dass Bauholz nur einen temporären Kohlenstoffspeicher darstellt, da der Kohlenstoff dieses Holzes später wieder in den Kreislauf zurückgeführt wird.

Die Abschätzung des effektiven Holzzuwachses erfolgt auf der Basis von Waldfläche, Holzzuwachs, Holzeinschlag und Bauholznutzung.

Aktuell wird auf der Grundlage der Zuwachsleistung des Waldes (Holzzuwachs) und unter Beachtung der realisierten Rohholzernte (Holzeinschlag + Bauholz) eine Vorratserhöhung, **effektiver Holzzuwachs**, jährlich um **1,5 t C/ha** wirksam. Die Gesamtleistung des Waldes beträgt **etwa 2,5 t C/ha**.

Die jährliche Nutzung des Rohstoffs Holz, bemessen in Ertragsfestmeter Efm, beläuft sich derzeit im Gesamtwald auf 4 Efm/(a·ha), das entspricht ca. **1 t C/ha**, der in Form von Holzprodukten gebunden ist und der wirtschaftlichen Verwertung zugeführt wird.

Die erfolgt auf der Basis der Waldfläche.

Die Abschätzung des effektiven Holzzuwachses im Ilm-Kreis berücksichtigt die vorhandene Waldfläche, die sich auf 36.164 ha beläuft /59, 61, 62/.

36.164 ha x 1,5 t C/ha = 54.246 t C

Der Wald im Ilm-Kreis hatte im Jahr 2004 einen jährlichen effektiven Holzzuwachs von 54.246 t C. Das entspricht **200.400 t** eingebundene CO_2-Emissionen (siehe Tabelle 5-45) bzw. 5,54 t CO_2 pro Hektar.

Wald	Fläche	Kohlenstoffbindung		CO_2-Emission
	ha	t/ha * a	t/a	t
Thüringen	541.730	1,5	812.000	3.000.000
Ilm-Kreis	36.164	1,5	54.246	200.400

Tabelle 5-45 : CO_2-Emissionssenke des Waldes im Ilm-Kreis 2004

Die Leistungsanteile zwischen Vorratserhöhung und Holzernte werden sich in der Folgezeit durch die Erhöhung der Holzernte verschieben, d. h., die CO_2-Speicherung des Waldes nimmt ab. Angenommen wird eine Steigerung der Holzernte von ca. 1% bezogen auf den Ausgangswert von 2005.

Potenzialabschätzung

Erneuerbare Endenergie 2004	vermeidbare CO_2-Emission 2004	Einsparziel fossile Endenergie 2015	Ziele der CO_2-Minderung			Einspar-potenzial	Maßnahme pro Jahr
			2005	2010	2015	2005-2015	
MWh	t	MWh	kt/a	kt/a	kt/a	kt	
-	200.400	-	198,4	188,4	178,4	2.072,4	erhöhter Holz-einschlag

6 Klimaschutzprogramm Ilm-Kreis 2005 - 2015

6.1 Zielstellungen im energiebedingten Bereich

Der tabellarisch gestaltete Maßnahmenkatalog 1 zeigt die energiebedingten Handlungsfelder auf, in denen hauptsächlich Chancen gesehen werden, durch gezielte Veränderungen zu CO_2-Minderungen zu gelangen.

		KSP 2005			Fortschreibung 2008		
	Energie-bedingte Bereiche	Einsparziel foss. Endenergie	Minderungsziel CO_2-Emissionen		Einsparziel foss. Endenergie	Minderungs-ziel CO2-Emissionen	Maßnahme pro Jahr
	Handlungsfeld	2015	2010	2015	2015	2015	
		MWh	t/a	t/a	GWh	kt/a	
HF	**Rationelle Energieanw.**						
1	Wärmeschutz Wohngebäude	89.200	9.720	17.815	177,7	34,1	75.000 m² Altbau-sanierung
2	Erneuerung Heizungsanl.	129.010	19.195	35.192	17,1	9,7	div. Heizungs-umstellungen
3	Fernwärme	0	0	0	64,3	18,1	
4	öffentliche Liegenschaften	3.000	410	760	10,2	2,7	Gebäudesan., Nutzer-verh., Bestandsänd.
5	Wärmepumpen	39.798	1.221	2.239	59,0	4,2	WP als Ersatz für fossile Energieträger
6	KWK	0	4.176	7.656		0	
7	Industrie	73.042	14.082	25.817			keine Angaben
	Verkehr						
8	Straßenverkehr	-48.829	-13.890	-12.748	154,0	40,4	
9	Radverkehr						
	Erneuerbare Energien						
10	Photovoltaik	3.281	841	2.093	7,2	4,5	Zunahme Anlagen
11	Solarthermie	41.829	2.852	8.362	23,2	4,7	Zunahme Flächen
12	Wasserkraft	599,3	409	409	0,5	0,3	Rekonstr., Erweit.
13	Windkraft	0	0	0	21,9	13,7	Install. ca. 6,4 MW
14	Biomasse	139.234	50.600	51.000	30,7	7,0	Äquivalenzrechnung + zusätzl. Biogasanl.
		470.311	**89.616**	**138.595**	**565.8**	**139.4**	

Endenergie-Substitution durch Nutzung Erneuerbarer Energien

Tabelle 6-1: Maßnahmekatalog 1, Zielstellungen für die Einsparung fossiler Energien und die CO_2-Minderung im energiebedingten Bereich

s.a. nachfolgende Erläuterungen zu den Maßnahmen in den einzelnen Handlungsfeldern

Die angestrebten Ziele können einerseits durch Reduzierung des fossilen Endenergieverbrauchs, d.h. durch **Einsparung,** und andererseits durch die klimagasfreie Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien, d.h. durch **Substitution,** erreicht werden.
Die in der Tabelle 6-1 zusammengestellten Zielstellungen für die einzelnen Handlungsfelder sind den jeweiligen Unterpunkten im Kapitel 5. entnommen. Dabei sind aus den als realistisch angenommenen Maßnahmen im Energiebereich die CO_2-Minderungen rechnerisch für 2015 als Zielgrößen ermittelt worden.

Erläuterungen zu den Maßnahmen in den einzelnen Handlungsfeldern:

HF 01, Wärmeschutzmaßnahmen an Wohngebäuden

Die neuen Bestimmungen der Energieeinsparverordnung (EnEV), die deutlich gestiegenen Energiepreise und die aktuellen Förderkriterien des Marktanreizprogramms führen dazu, dass sich der Heizenergiebedarf durch Wärmeschutzmaßnahmen – stärker als bisher angenommen – reduziert. Dabei ist festzustellen:

- die kommunalen und genossenschaftlichen Wohngebäude sind bereits zu mindestens 80 % energetisch saniert
- die neu errichteten Wohngebäude entsprechen bereits den verschärften gesetzlichen Bestimmungen
- Sanierungsmaßnahmen, die über Förderprogramme finanziert werden, müssen ebenfalls nach den neuen gesetzlichen Vorgaben umgesetzt werden
- die Vermietungschancen unsanierter Wohnungen verschlechtern sich.

Unter diesen Prämissen ist davon auszugehen, dass bis 2015 ein höherer Sanierungsanteil der Altbausubstanz erreicht wird, als er im Klimaschutzprogramm des Jahres 2005 prognostiziert wurde. Entgegen dem Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2005 mit einem unsanierten Wohnflächenbestand von 57,8 % ist von einer Sanierung mit ca. 75.000 m²/a auszugehen, so dass Ende 2015 nur noch ca. 46 % unsanierte Wohnfläche vorhanden ist.

HF 02, Erneuerung Heizungsanlagen

Die Substitution von Öl-, Flüssiggas- und Kohleheizungen wird sich im avisierten Rahmen des Klimaschutzprogramms aus dem Jahr 2005 bewegen. Änderungen wird es aber in der Struktur der Ersatz-Heizungen geben. Dominant ist die Zunahme der Wärmepumpen-Anlagen in den letzten Jahren, so dass bei Neubauten bereits den Anteil der bisher führenden Gasheizungen (je 45 %) erreicht wurde. Dieser Trend wird sich auch beim Ersatz von Heizungen im Alt-Wohnungsbau fortsetzen.
Die ursprüngliche Annahme, alle zu ersetzenden Heizungen über Holzheizungen zu realisieren, kann durch die Erhebung des Thüringer Landesamtes für Statistik nicht bestätigt werden. Bei der Fortschreibung des Klimaschutzprogramms wurde deshalb von einem Mix unterschiedlicher Systeme ausgegangen.

HF 03, Fernwärmeversorgung im Ilm-Kreis

Bemerkenswert ist der Absatzrückgang bei Fernwärme, der im Zusammenhang mit Sanierungsmaßnahmen bei den Abnehmern entsteht. Der Rückgang der Fernwärmeabnahme beträgt von 2004 zu 2007 ca. 40 %.
Für Prognoseabschätzungen wird deshalb davon ausgegangen, dass die gasbetriebenen Kraft-Wärme-Kopplungs-Systeme (Stadtwerke Arnstadt, Ilmenauer Wärmeversorgung) sich auch weiterhin rückläufig entwickeln, während beim Biomasseheizkraftwerk Ilmenau von einer relativ gleich bleibenden Absatzmenge auszugehen ist.

HF 04, Liegenschaften des Ilm-Kreis

Sanierungsmaßnahmen und bedingt auch Änderungen im Nutzerverhalten sowie Änderungen im Gebäudebestand führten in den vergangenen Jahren zu deutlichen Energieeinsparungen (in 2007 etwa 40 % Rückgang im Vergleich zu 1995). Die im Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2005 prognostizierte Änderungsrate von jährlich 5 % wird aber nicht bis zum Jahr 2015 beibehalten werden können. Deshalb wurde für die Vorausschau eine mit den Jahren abnehmende Änderungsrate angenommen.

HF 05, Wärmepumpen (WP)

Trotz Verbrauch von hochwertiger Elektroenergie führt der Einsatz von Wärmepumpen zu Einsparungen bei CO_2-Emissionen, da ein Mehrfaches der eingesetzten Energie durch Umweltenergie ergänzt wird (Faktor 3 … 4). Der gestiegene Einsatz von Wärmepumpen wurde in der Fortschreibung des Klimaschutzprogramms berücksichtigt.
Vorteile der Wärmepumpe sind die günstigeren Betriebskosten und die Schonung der Ressource Erdgas, während die höheren Investitionskosten negativ zu sehen sind. Die Luft-Wasser-WP hat in den letzten Jahren bei den installierten Anlagen mit den Sole-Wasser-WP gleichgezogen.
Diese Aussagen beruhen auf statistischen Angaben des Bundes und Thüringens; es war nicht möglich, diese Aussagen für den Ilm-Kreis zu erhalten.

HF 06, Kraft-Wärme-Kopplung-Potenzial

Der große Vorteil von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen liegt im Gesamtnutzungsgrad von bis zu 90 % des eingesetzten Energieträgers, während Großkraftwerke bisher nur etwa 37 bis 40 % Wirkungsgrad erreichen. Der Anteil der KWK bleibt in Deutschland (und dem Ilm-Kreis) bislang hinter den technischen und ökonomischen Möglichkeiten zurück. Neben den leistungsstarken Anlagen in den Stadtwerken Ilmenau und Arnstadt und dem Biomasseheizkraftwerk Ilmenau gibt es zwar 12 Mini-Blockheizkraftwerke, die in der Summe aber nur etwa 0,6 % der installierten Leistung im Ilm-Kreis erreichen. Die im Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2005 vorgeschlagenen 330 Mini-Blockheizkraftwerke bis 2015 sind aus derzeitiger Sicht nicht realistisch und wurden deshalb in der Vorausschau nicht berücksichtigt.

HF 07, Industriebereich

Die Beschaffbarkeit statistischer Daten ist hierzu sehr dünn. Es zeichnet sich ab, dass – nach geringen Veränderungen in den Jahren 2004/2005 – vor allem durch die Ansiedlung energieintensiver Unternehmen im Raum Erfurter Kreuz zukünftig ein beträchtlicher Mehrbedarf entstehen wird. Prognosen sind hierzu noch nicht möglich.

HF 08, Straßenverkehr

22 % der Treibhausgasemissionen stammen in Deutschland aus dem Verkehrssektor. In keinem anderen Bereich wird Primärenergie so ineffizient gewandelt, denn nur ca. 30 % sind für den Fahrzeugantrieb nutzbar.
Die Entwicklungen im Antriebssektor, der Einsatz von Biokraftstoffen und die Förderung der Elektromobilität führen zu Minderungen des Verbrauchs von Kraftstoffen auf fossiler Basis und damit zu stetig abnehmenden Emissionen. Diese Fortschritte in Verbindung mit einem Rückgang der zugelassenen Fahrzeuge im Ilm-Kreis ergeben im Vergleich zu 2004 sinkende Energieverbrauche und Emissionen.
Für die Beschreibung der Situation im Jahr 2015 wurde die Prognose des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit herangezogen. Die Minderung – bezogen auf 2004 – beträgt 13%.

HF 09, Fahrradverkehr

Der Fahrradverkehr hat eine große Bedeutung bei der Vermeidung des PKW-Kurzstreckenverkehrs, in den Bereichen Erholung und Sport und bietet Schülern und Studenten eine effiziente Möglichkeit, ihre täglichen Ziele zu erreichen.
Illustriert durch die aktuelle Karte der Radwanderwege werden die überregional bedeutsamen Radwege - Rennsteig, Ilmtal, Gera - beschrieben, aber auch zahlreiche kleine radfahrtaugliche Verbindungen aufgelistet.
Mängel bestehender und Vorhaben zur Gestaltung neuer Radwanderwege (Eisenbahnstrecke Ilmenau-Großbreitenbach) werden aufgezeigt.

HF 10, Einsatz von Photovoltaik (PV)

Einen nicht unerheblichen Anteil am wirtschaftlichen Aufschwung im Raum Arnstadt - Erfurter Kreuz steuert die Photovoltaikindustrie bei. Unsere Region ist durch diese Unternehmen, durch die Forschungskapazität der TU Ilmenau und nicht zuletzt durch die die PV-Anlagen errichtenden Unternehmen eingebunden in das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung initiierte Spitzencluster „Solarvalley Mitteldeutschland“.
Inzwischen ist eine Leistung von mehr als 2.000 kWp im Ilm-Kreis installiert, so dass diese Technik mit der ins Netz eingespeisten Elektroenergie und den vermiedenen CO_2-Emissionen einen nicht geringen Beitrag zum Umweltschutz leistet. 2004 betrug die Leistung noch 800 kWp.
Einen bedeutenden Anteil an dieser Entwicklung hat das EEG (Gesetz zum Vorrang Erneuerbarer Energien), das die Grundlage für die finanzielle Vergütung des eingespeisten Stromes bildet.

HF 11, Solarthermie

Solarthermie-Anlagen können durch die Wandlung von Sonnenenergie in Wärme fossile Energieträger wie Gas, Öl oder Kohle substituieren, dadurch deren Verbrauch und damit CO_2-Emissionen reduzieren.
Ähnlich der Situation im Photovoltaik-Bereich liegt der Ilm-Kreis auch hier – bezogen auf die Zahl seiner Einwohner – im vorderen Bereich in der Anzahl der installierten Anlagen in Thüringen.
Von 2004 bis 2007 verdoppelte sich die Kollektorfläche von 7.476 auf 14.207 m² und damit die gewonnene Nutzenergie. Auf den Steigerungsraten der letzten Jahre aufbauend wurde die Prognose für 2015 erstellt. Danach könnte die Kollektorfläche bis auf 51.580 m² und die Wärmeenergie auf 27.080 MWh anwachsen.

HF 12, Wasserkraft

Die Zahl der Wasserkraftanlagen hat sich seit 1999 nur noch unwesentlich erhöht. Die Anlagen befinden sich hauptsächlich an Ilm und Gera.
Derzeit liefern 16 Anlagen mit einer Nennleistung von 407 kW Strom in das öffentliche Netz. Die jährlichen Energieerträge schwanken in Abhängigkeit von den Regenmengen im Bereich von 800 bis 1.000 MWh.
Werden die wenigen rekonstruktionswürdigen Altanlagen wieder in Betrieb genommen, so könnte die installierte Leistung auf etwa 500 kW anwachsen.

HF 13, Windkraft

Im Ilm-Kreis gab es bisher nur wenige Vorrangflächen zur Errichtung von Windkraftanlagen. Eine Änderung könnte die gegenwärtige Phase der Raumordnungsplanung bringen.
Im Dezember 2006 wurde im Bereich Wüllersleben/Marlishausen ein erster Windpark, bestehend aus 8 Anlagen mit je 800 kW Nennleistung, errichtet. Im ersten Betriebsjahr betrug die eingespeiste Energie 11.000 MWh. Da sich im Ilm-Kreis weitere ertragsgünstige Flächen befinden, kann mindestens von einer Verdoppelung der Leistung und damit des Energieertrags sowie der CO2-Einsparungen bis 2015 ausgegangen werden; über konkrete Standorte und Ausführungsformen können derzeit noch keine Aussagen getroffen werden.

HF 14, Biomasse

Der Einsatz fester Biomasse bei Heizungsanlagen und im Biomasseheizkraftwerk Ilmenau (BHI) bleibt hinter den im Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2005 geäußerten Erwartungen zurück. In der Vorausschau wurde die reduzierte Prognose dargestellt.
Die gesetzlichen Rahmenbedingungen (hier Anhebung der Mineralölsteuer auf Bio-Kraftstoffe) haben zu einem deutlichen Absatzrückgang von Biodiesel geführt. Auch die gewerblichen Unternehmen (z. B. IOV) sind gezwungen, ihre Fahrzeugstruktur sukzessive auf Normaldiesel umzustellen.
In Analogie zu den Aussagen beim BHI ist davon auszugehen, dass die beiden im Ilm-Kreis 2005 und 2007 in Betrieb genommenen Biogasanlagen zur Verwertung von Gülle mit mindestens 75 % ihrer installierten Leistung arbeiten. Konkrete Aussagen zur Wärme- und Stromerzeugung können leider nicht gegeben werden.

HF 15, Deponiesanierung, Verwertung von Siedlungsabfällen

Dank der Deponiesanierungen im Ilm-Kreis in den zurückliegenden Jahren kommt es zu einer lang anhaltenden Verminderung der Klimagasemissionen von Methan und CO_2. Veränderungen im Vergleich zum Bericht von 2005 sind nicht bekannt.
Im Hinblick auf die Rohstoffsituation und die energetische Nutzung besitzt die Verwertung von Siedlungsabfällen eine zunehmende Bedeutung.

HF 16, Landwirtschaft

Durch die Nutztierhaltung und die Bodenbewirtschaftung entstehen die Klimagase CH_4, CO_2 und NH_3. Die zahlenmäßige Bewertung anhand der Tierbestände bzw. der bewirtschafteten Ackerflächen erfolgte im Programm 2005.
Gravierende Änderungen zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Stand: 2007) sind nicht bekannt, da es nicht möglich war, die entsprechenden Daten zu erhalten.

HF 17, Forstwirtschaft

Die positive Wirkung des Waldes auf das Klima ergibt sich aus der Kohlenstoffspeicherung infolge des Holzzuwachses. Wald wirkt als CO_2-Emissionssenke.
Die in Thüringen weitgehend nachhaltig praktizierte Waldbewirtschaftung führte zu einem Gleichgewicht von Vorratserhöhung und Holzernte. Die auch im Ilm-Kreis massiv aufgetretene Schädigung des Waldbestandes durch den Wirbelsturm Kyrill hat zu einer Verschiebung geführt, die mit einer Abnahme der CO_2-Speicherung verbunden ist. Die im Bericht 2005 angegebene Bindung von 200.400 t CO_2 pro Jahr ist damit nicht mehr realistisch.
Auch hier fehlen die notwendigen Detailinformationen, um diese Ereignisse in ihrer Wirkung auf den Zustand im Jahr 2015 werten zu können.

6.2 Eckdaten des Klimaschutzprogramms 2005

- **Endenergie**

Das **Einsparziel fossiler Endenergie im Jahr 2015** beläuft sich entsprechend Tabelle 6-1 auf **470.311 MWh**. Es setzt sich zusammen aus einem Anteil, der durch **Erneuerbare Energien** substituiert wird und einem Anteil absoluter **Energieeinsparung.**

Einsparziel fossiler Endenergie 2015		
Substitution durch EE*	353.751	MWh
absolute Einsparung fossile Endenergie	116.560	MWh
Summe Einsparziel fossile Endenergie	**470.311**	**MWh**

Tabelle 6-2: Einsparziel fossiler Endenergie 2015

* aus Tabelle 6-1, energiebedingter Bereich (grün gekennzeichnet)

Ausgehend von der verbrauchten fossilen Endenergie 2004 im Ilm-Kreis von **3.087.401 MWh** und dem angenommenen Einsparziel ergibt sich der prognostizierte Wert für den Verbrauch fossiler Endenergie im Jahr 2015 zu **2.617.090 MWh.**

3.087.401 MWh - 470.311 MWh = 2.617.090 MWh

Bezogen auf 2004 beträgt das Ziel für 2015 zur Minderung von fossiler Endenergie 15,2 %.

Diese angestrebte Minderung an fossiler Endenergie besitzt eine erhebliche Bedeutung für den Klimaschutz und zugleich für die Ressourcenschonung von Primärenergieträgern.

- **CO_2-Emissionen**

Die CO_2-Minderungsziele für 2010 und 2015 ergeben sich im Fall der Umsetzung, der in den Handlungsfeldern 1 bis 14 beschriebenen Maßnahmen, siehe Tabelle 6-1.

Die CO_2-Emissionen 2004 betrugen **915.254 t.** Durch die vorgesehenen Maßnahmen ergibt sich ein **Minderungsziel von 138.595 t** für das Jahr 2015.
Die Emissionen werden dann noch **776.659 t** betragen, wenn alle verfügbaren Potenziale für Energieeinsparungen und Substitutionen durch die Nutzung erneuerbarer Energieträger ausgeschöpft werden.

915.254 t - 138.595 t = 776.659 t

Klimaschutzziel für 2015: CO_2-Verminderung 15,1%
bezogen auf 2004.

- **Erneuerbare Energien**

Im Jahr 2004 wurde durch die Nutzung **Erneuerbarer Energien** 35.259 MWh Endenergie bereitgestellt, d.h. 1,1% der Gesamt-Endenergie. Dieser Wert wird sich voraussichtlich steigern auf 353.751 MWh, d.h. **13,5 % des gesamten Endenergieverbrauchs des Jahres 2015**.

Das bedeutet gleichzeitig eine Zunahme der Erneuerbaren Energie von 2004 bis 2015 um das 10 fache.

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der CO_2-Reduktion liegt bei **12,8 %.**

In der nachfolgenden Tabelle 6-3 sind die Zahlenwerte der Ausgangs- und der Zielsituation als Übersicht dargestellt.

Vergleich energiebedingte Endenergie und CO_2-Emissionen 2004 und 2015 als Ziel		
Jahr	**2004**	**2015**
Endenergie, MWh	**3.087.401**	**2.617.090**
Minderung, MWh	-	**470.311**
Minderung, %	-	**15,2**
CO_2-Emission, t	**915.254**	**776.659**
Minderung, t	-	**138.595**
Minderung, %	-	**15,1**
Erneuerbare Energie, MWh	**35.259**	**353.751**
Anteil an Endenergie, %	**1,1**	**13,5**
CO_2-Vermeidung, t	**10.530**	**99.198**
CO_2-Vermeidung, %	**1,2**	**12,8**

Tabelle 6-3: Vergleich energiebedingte Endenergie und CO_2-Emissionen 2004 und 2015 als Ziel

6.3 Zielstellungen im nichtenergiebedingten Bereich

Der Maßnahmenkatalog 2 zeigt in Analogie zum Maßnahmekatalog 1, Tabelle 6-1, die Handlungsfelder des nichtenergiebedingten Bereiches mit seinen Senken und Quellen.
Die Quellen leisten dabei keinen Beitrag zur CO_2-Minderung, da sie Treibhausgase (CO_2-Äquivalente) emittieren, wie z.B. die Deponien und die Viehhaltung in der Landwirtschaft. Dagegen leisten die Senken mit ihren CO_2-Äquivalenten einen Beitrag zur CO_2-Minderung durch CO_2-Fixierung. Dazu gehören die Waldflächen der Forstwirtschaft, die Landwirtschaftsflächen sowie die Gutschrift für den Rapsanbau (Biodieselbereitstellung) der Landwirtschaft.

Maßnahmenkatalog 2					
	Nichtenergiebedingte Bereiche	**Einsparziel an fossiler Endenergie**	**Minderungsziel CO_2-Äquivalente**		**Maßnahme**
HF	**Handlungsfeld**	**2015**	**2010**	**2015**	**pro Jahr**
		MWh	**t/a**	**t/a**	
15	Deponien		**79.773**	**79.773**	**Abdichtung**
16	Landwirtschaft		**- 22.507**	**- 22.507**	**Landwirtschaft**
	Gutschrift Rapsanbau	**26.241**	**6.925**	**6.925**	
17	Forstwirtschaft		**188.400**	**178.400**	**Holzeinschlag**
	Summe	**26.241**	**252.591**	**242.591**	

Endenergie-Substituierung durch Erneuerbare Energien

Tabelle 6-4: Maßnahmekatalog 2, Zielstellungen für die Einsparung fossiler Energien und die CO_2-Minderung im nichtenergiebedingten Bereich

Erläuterungen zu den Maßnahmen in den einzelnen Handlungsfeldern, Tabelle 6-4

HF 15: Die umfassende Sanierung von Hausmülldeponien vermindert maßgeblich die Entstehung von Deponiegas, vorwiegend von Methan und CO_2, das bei biologischen Abbauprozessen entsteht.
Durch die Sanierung von 36 Altdeponien lassen sich bis 2030 ca. 103.279 t Methan und 224.352 t CO_2 bezogen auf das Jahr 2000 im Ilm-Kreis einsparen. Umgerechnet auf CO_2-Äquivalente sind dies 2.393.200 t. Bei angenommenem linearen Verlauf beträgt die jährliche Einsparung 79.773 t an Treibhausgasen.

HF 16: Im Bereich der Landwirtschaft bestehen Quellen für Treibhausgase (CH_4, CO_2, NH_3) infolge der Nutztierhaltung (47.353 t/a) und auch Senken durch die Bewirtschaftung von Ackerflächen (24.486 t) sowie durch die Substitution von mineralischem Diesel durch den Anbau von Non-Food-Raps (6.925 t/a) und die Verwertung als Biodiesel.
Ohne die Berücksichtigung der CO_2- Gutschrift für den Rapsanbau trägt die Landwirtschaft mit jährlichen Emissionen von 22.507 t zur Bilanz als Quelle bei.
Es wird bei der Bewertung davon ausgegangen, dass sich weder der Tierbestand noch die landwirtschaftliche Nutzfläche zukünftig wesentlich ändert.

HF 17: Die Bindung von Kohlenstoff beim Wachstum der Wälder stellt eine sehr bedeutende CO_2-Senke dar.
Der Holzzuwachs beträgt allgemein 2,5 t/ha, der Holzeinschlag 1,0 t/a, so dass bei einer Waldfläche im Ilm-Kreis von 36.164 ha jährlich 54.246 t Kohlenstoff gebunden werden. Das entspricht einer vermiedenen Emission von 200.400 t im Jahr 2004.
Da in den nächsten Jahren mit einer steigenden Holzernte zu rechnen ist, wird von einer Minderung der CO_2-Einbindung von jährlich 1% ausgegangen.

6.4 Gesamtemission unter Berücksichtigung der energiebedingten und nichtenergiebedingten Emissionen

Mit Berücksichtigung der CO_2-Äquivalente des **nichtenergiebedingten Bereiches** ergibt sich die **Gesamtemission der Treibhausgase** im Ilm-Kreis im Jahr 2004 in Höhe von **650.663 t CO_2-Äquivalente.**

2004	energiebedingte CO_2-Emission, t/a	Anteil, %
Kraftstoffe	311.444	34,0
Erdgas	221.358	24,2
Strom	286.449	31,3
Heizöl	44.310	4,8
Flüssiggas	38.939	4,3
Kohle	12.754	1,4
Summe Emissionen, energiebedingt	**915.254**	100
	nichtenergiebedingte CO_2-Äquivalente, t/a	

Deponien	- 79.773	- 8,7
Forstwirtschaft	- 200.400	- 21,9
Landwirtschaft	22.507	2,5
Gutschrift Rapsanbau	- 6.925	- 0,8
Gesamtemission	**650.663**	71,1

Tabelle 6-5: Gesamtemissionen 2004 im Ilm-Kreis (energie- und nichtenergiebedingt)

Dabei wurden im nichtenergiebedingten Bereich berücksichtigt:

- die CO_2-Senke Wald der Forstwirtschaft
- die Treibhausgas-Quelle der Landwirtschaft aus deren Viehhaltung sowie die Senken aus den Landwirtschaftsflächen sowie der Gutschrift für Rapsanbau und
- die vermiedenen Quellen der Deponien.

Mit Berücksichtigung der Treibhausgas-Senken/Quellen in der Gesamtbilanz ergibt sich für das Jahr 2004 eine **CO_2-Minderung von 915.254 t auf 650.663 t**, d.h. um **28,9%.**

Die Gesamtemission verringert sich damit auf 71,1%.

Die Bilanz der Gesamtemission macht deutlich, dass ein großer Teil der Emissionen kompensiert wird, durch

- die Senke Wald und
- den Anbau von Non-Food-Raps (Gutschrift durch Substitution fossiler Treibstoffe durch Biodiesel).

Für die Jahre 2010 und 2015 würden sich unter Berücksichtigung der CO_2-Minderungen im sogenannten energiebedingten Bereich (Tabelle 6-1) und der CO_2-Äquivalente der Treibhausgase im sogenannten nichtenergiebedingten Bereich (Tabelle 6-4) folgende Gesamtemissionen ergeben:

2004: 915.254 t - 264.591 t = 650.663 t CO_2-Äquivalente
2010: 825.638 t - 252.591 t = 573.047 t CO_2-Äquivalente
2015: 776.659 t - 242.591 t = 534.068 t CO_2-Äquivalente

6.5 Nachhaltigkeitsindikatoren

Die Überprüfung der Zielerreichung ist ein wesentliches Element des Klimaschutzkonzeptes. Uneffiziente Maßnahmen müssen frühzeitig korrigiert oder gestoppt werden. Dies gelingt nur bei einer laufenden Erfassung aller Energieeinsparungen, CO_2-Minderungen und Kosten und der Gegenüberstellung mit den im Klimaschutzkonzept festgelegten Daten. Zur Dokumentation sollte ein jährlicher Energiebericht erstellt und vorgelegt werden.

Für die Erfolgskontrolle werden globale Kennzahlen als Nachhaltigskeitsindikatoren eingeführt. Durch die Verknüpfung energiespezifischer Daten mit geeigneten Bezugsgrößen lassen sich zeitliche Tendenzen verfolgen. Die Indikatoren bilden damit ein Kriterium für die

Wirksamkeit einzelner Maßnahmen. Sie erlauben zugleich verallgemeinerungsfähige Aussagen und geben damit die Möglichkeit, z. B. den Vergleich mit Entwicklungen in anderen Regionen/Landkreisen vorzunehmen.

Als Nachhaltigkeitsindikatoren werden vorgeschlagen:

- **Endenergieverbrauch pro Einwohner**,
- **Stromverbrauch der Haushalte und Kleingewerbe pro Einwohner**,
- **Gasverbrauch der Haushalte und Kleingewerbe pro Einwohner**,

und als umfassendes Kriterium die

- **CO_2-Emissionen pro Einwohner** (energiebedingt)

Wegen des Bezugs auf die Einwohnerzahl wird der Bevölkerungsrückgang im Ilm-Kreis entsprechend Kapitel 4.1 berücksichtigt.

Bevölkerung : 2004: 118.112 EW
2015: 112.900 EW

Nachfolgende Tabelle enthält die Zahlenwerte für die Indikatoren, wie sie sich ausgehend vom Ist-Zustand im Jahr 2004 unter Einbeziehung der Klimaschutzziele im Ilm-Kreis bis zum Jahr 2015 entwickeln müssen.

Indikatoren	**Ist 2004**	**Ziel 2015**
Fossiler Endenergieverbrauch, MWh/EW	**26,14**	**23,25**
Stromverbrauch der privaten Haushalte und Kleinverbraucher, MWh/EW	**1,77**	**- ***
Gasverbrauch der privaten Haushalte und Kleinverbraucher, MWh/EW	**9,37**	**- ***
CO_2-Emissionen, t/EW	**7,75**	**6,88**

* Entwicklung bis 2015 nicht abschätzbar

Spezielle Maßnahmeindikatoren sind

- **Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung**
- **Installierte Leistungskapazität EE pro Einwohner**
- **PKW pro 1.000 Einwohner**

Indikatoren	**Ist 2004**	**Ziel 2015**
Anteil Strom durch EE am Stromverbrauch, %	**0,23**	**9,42**
Erzeugte Energie von Anlagen der EE, MWh/EW	**0,48**	**3,13**
PKW pro 1.000 Einwohner	**541**	**622**

7. Zusammenfassung

Das Klimaschutzprogramm 2005 - 2015 des Ilm-Kreises ist ein erster Versuch, die dem Gebiet des Landkreises zuzuordnenden Verbrauche fossiler Energieträger und die daraus resultierenden Klimagasemissionen, Nutzungen erneuerbarer Energien und die zugehörigen Klimagaseinsparungen sowie Klimagasquellen und -senken im sog. nichtenergiebedingten Bereich (Deponien, Land- und Forstwirtschaft) für ein Basisjahr (hier: 2004) möglichst exakt zu erfassen, um daraus konkrete und kontrollierbare Ziele für Klimaschutzmaßnahmen ableiten zu können.

Zwangsläufig enthält das Programm insbesondere bei dieser ersten umfassenden Bestandsaufnahme Unschärfen und Verallgemeinerungen. Die Festlegung auf konkrete Einzelmaßnahmen für den Zeitraum 2005 bis 2015 mit dem Ziel der Klimagasreduzierung leitet sich aber immer aus einer detaillierten Beschreibung der Ermittlung der Basisdaten her, die in ihrer Art und Weise zunächst beizubehalten ist, um die tatsächliche Entwicklung auch quantitativ verfolgen und kontrollieren zu können. Bei der unabdingbaren Fortschreibung des Papiers sind gegebenenfalls erforderliche Korrekturen von grundsätzlich fehlerhaften Annahmen/Eingangsgrößen dementsprechend durchgängig für Basisdaten und Ziele vorzunehmen.

Ausführlich beschrieben werden im sog. energiebedingten Bereich die Handlungsfelder:

- rationelle Energieanwendung (Wärmeschutz von Gebäuden, Erneuerung von Heizungsanlagen)
- Fernwärmeversorgung
- kommunales Energiemanagement des Landkreises
- verstärkte Nutzung von
  - Wärmepumpen
  - Kraft-Wärme-Kopplung und
  - Einsatz erneuerbarer Energien
    (Photovoltaik, Solarthermie, Wasserkraft, Windkraft)
- Straßenverkehr.

Die **Fortschreibung des Klimaschutzprogramms** hat versucht, zu einem definierten Zeitpunkt

- die Verbräuche fossiler und Erneuerbarer Energieträger zu erfassen,
- die daraus resultierenden Klimagasemissionen zu ermitteln,
- mit den Zielvorgaben zu vergleichen und
- Vorschläge zur Fortführung/Änderung von Klimaschutzmaßnahmen zu unterbreiten.

Auf dem Klimaschutzprogramm aus dem Jahr 2005 aufbauend, das die Ausgangssituation 2004 beim Endenergieverbrauch und bei den energiebedingten CO_2-Emissionen im Ilm-Kreis im Ergebnis umfangreicher Recherchen als Grundlage für die Ermittlung realistischer Zielstellungen dokumentierte, wurden weitere Recherchen angestellt, um die Werte für das Jahr 2007 zu erfassen.

Dabei wurden zum einen die Annahmen des Klimaschutzprogramms aus dem Jahr 2005 weitgehend bestätigt, zum anderen aber auch notwendige Korrekturen in der Beschreibung der Energiebilanzen in den Handlungsfeldern vorgenommen und nicht zuletzt die Ansätze für

die Beschreibung der Substitutionsprozesse für die Jahre bis 2015 überprüft und den aktuellen Entwicklungen angepasst.

Das Klimaschutzprogramm formuliert die Ziele für das Jahr 2015 wie folgt:

- **Senkung des Endenergieverbrauchs** im Ilm-Kreis von ca. 3,087 Mio. MWh im Jahr 2004 auf 2,617 Mio. MWh im Jahr 2015. Dieses Minderungsziel in Höhe von exakt 470.311 MWh fossiler Endenergie entspricht ca. 15,2 % und ergibt sich in der Summe aus deren absoluter Einsparung in Höhe von 116.560 MWh zuzüglich der Substitution fossiler Energieträger durch erneuerbare Energien mit 353.751 MWh.

  Nach den Erkenntnissen der Fortschreibung ist eine Minderung des Endenergieverbrauchs um 564,9 GWh im Jahr 2015 erreichbar. Nicht berücksichtigt werden konnte dabei die Industrie.
  Diese Energieeinsparung setzt sich zusammen aus 341 GWh fossiler Endenergie und 223,9 GWh Erneuerbarer Energie.
  Bezogen auf das Jahr 2004 entspricht die gesamte Energieeinsparung ca. 18,3 %

- **Steigerung der Nutzung erneuerbarer Energien** von 35.259 MWh Endenergie im Jahr 2004 (das sind 1,1 % der Gesamt-Endenergie) auf 353.751 MWh im Jahr 2015, das wären dann 13,5 % des gesamten Endenergieverbrauches in 2015.
  Dieses Ziel beinhaltet gleichzeitig eine Zunahme der Nutzung erneuerbarer Energien im Ilm-Kreis von 2004 bis 2015 auf das 10-fache.

  (Anmerkung: Mit der Inbetriebnahme des Biomasse-Heizkraftwerkes Ilmenau im Juli 2005 mit seiner Jahresenergieerzeugung von 99.410 MWh erhöhte sich der prozentuale Anteil der erneuerbaren Energien bereits von 1,1 % auf ca. 4,3 %).

  Der Anteil Erneuerbarer Energien erhöht sich von 35.259 MWh Endenergie im Jahr 2004 auf 223,9 GWh im Jahr 2015.

- **Minderung der CO_2-Emissionen** durch Energieeinsparungen und verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien (Substitution fossiler Energieträger) von 915,3 kt im Jahr 2004 auf 776,7 kt im Jahr 2015, das ist eine Reduzierung um 15,1 %.
  Der Anteil der erneuerbaren Energien an der CO_2-Minderung liegt bei 12,8 %, vgl. Tabelle 6-3.

  Durch Energieeinsparungen und die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien würden sich die CO_2-Emissionen von 915,3 im Jahr 2004 um 139,3 kt auf 776 kt im Jahr 2015 verringern.

Nachhaltigkeitsindikatoren zur Fortschrittskontrolle bei der Umsetzung des Klimaschutzprogramms

- Jährlicher fossiler Endenergieverbrauch pro Einwohner

  2004: 26,14 MWh/EW
  2015: 23,18 MWh/EW laut Fortschreibung 2008: 22,04 MWh/EW

- Jährliche CO_2-Emissionen pro Einwohner

  2004: 7,75 t/EW
  2015: 6,88 t/EW laut Fortschreibung 2008: 6,78 t CO_2 / EW

Indikatoren für Einzelmaßnahmen

- Anteil Strom durch erneuerbare Energien am Stromverbrauch

  2004: 0,23 %
  2015: 9,42 %

- Aus erneuerbaren Energien jährlich erzeugte Endenergien pro Einwohner

  2004: 0,48 MWh/EW
  2015: 3,13 MWh/EW

- Zahl der PKW pro 1.000 Einwohner

  2004: 541
  2015: 622

Die im Maßnahmekatalog für den energiebedingten Bereich (rationelle Energieanwendung und erneuerbare Energien) angeführten Einzelvorhaben, die im Durchschnitt zur Erreichung der oben genannten Ziele jährlich umgesetzt werden sollten, bilden die Grundlage für die Fortschrittskontrolle.

8. Literaturangaben

/1/ BMU-Klimaschutzinitiative: Antragsformulare und Tabellen zum Förderprogramm Kommunen, soziale und öffentliche Einrichtungen (Stand: Oktober 2008)
URL: http://www.bmu.de/klimaschutzinitiative/nationale_klimaschutzinitiative...

/2/ „Treibhausgase verstehen“
URL: http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/pdf/gases_de.pdf

/3/ Wikipedia: „Treibhausgas“
URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Treibhausgas

/4/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Das Nationale Klimaschutzprogramm 2005“

/5/ Nationales Klimaschutzprogramm vom 18.10.2000, 5. Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO_2-Reduktion“

/6/ WIKIPEDIA, Die freie Enzyklopädie
URL: http://.wikipedia.org/wiki/treibhauseffekt

/7/ REGIERUNGonline: “Trotz Finanzkrise: Klimaschutz nicht vernachlässigen” 09.10.2008
URL: www.bundesregierung.de/nn_1264/Content/DE/Artikel/2008/10/2008-10-09-klima-gabriel.html

/8/ BMU-Internet-Veröffentlichung: “Internationale Klimapolitik”
Stand: Oktober 2008
URL: www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/doc/37650.php

/9/ BMWi-Internet-Veröffentlichung: „Zahlen und Fakten – Energiedaten – nationale und internationale Entwicklung“
URL: http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken.html

/10/ BMWi-Internet-Veröffentlichung: “Integriertes Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung“ (Dezember 2007, Juni 2008)
URL: http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/energie,did=254040.html

/11/ BMU: “Leitstudie 2008” (Oktober 2008)
URL: http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/42383.php

/12/ Analyse des Standes und prognostizierte Entwicklung der Emissionen treibhausrelevanter Gase in Thüringen, Institut für Energetik und Umwelt, gGmbH, Leipzig. Beauftragung durch Thür. Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Jena 2003

/13/ Klimaschutz und Energieversorgung in Deutschland, 1990-2020, Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Bad Honnef, September 2005

/14/ Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Arbeit „Förderung der rationellen und umweltfreundlichen Energieverwendung insbesondere auf Basis von erneuerbaren Energien in Thüringen“, 21.02.2006
URL: www.thueringen.de

/15/ Landratsamt Ilm-Kreis, Mitteilungen aus dem Amt für Wirtschaft und Infrastruktur,
November 2007, August 2008 und Januar 2009

/16/ Bezirksschornsteinfeger im Ilm-Kreis ,
Altersstruktur der Öl- und Gas-Heizungsanlagen
Stand 2004, Zuarbeiten Oktober 2005
Stand 2007, unvollständige Zuarbeiten Herbst 2008

/17/ Umweltbundesamt, DEHST – Deutsche Emissionshandelstelle Berlin,
Emissionsfaktoren, Veröffentlichungsdatum: 3.8.2004

/18/ www.energieberatung.de

/19/ Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energiesparverordnung – EnEV)
vom 24. Juli 2007,
BGBl Jahrgang 2007 Teil I Nr. 34 vom 26.07.2007, S. 1519 - 1563

/20/ Thüringer Landesamt für Statistik – TLS
URL: www.tls.thueringen.de

/21/ Zuarbeit WBG Ilmenau
URL: www.wbg-ilmenau.de

/22/ Zuarbeit WGB Großbreitenbach
URL: www.wohnen-grossbreitenbach.de

/23/ Zuarbeit WBG Ichtershausen
URL: www.wbg-ichtershausen.de

/24/ Zuarbeit IWG mbH Ilmenau
URL: www.iwg-ilmenau.de

/25/ Zuarbeit WBG Arnstadt mbH

/26/ Thüringer Allgemeine, 27.01.2009
Heizungen in Thüringen (in Neubauten nach Prozent) - Grafik

/27/ Daten Fernwärmeversorgung SW ARN, Stadtwerke Arnstadt GmbH,
Stand 2004, Zuarbeit September 2005
Stand 2007, Zuarbeit 19. November 2008

/28/ Energieerzeugung und -absatz, Stadtwerke Ilmenau GmbH,
Stand 2004, Zuarbeit 8. November 2005
Stand 2005 – 2007, Zuarbeit August 2008

/29/ Energiebericht, Untersuchung kreiseigener Liegenschaften – Schulen des IK Landratsamt Ilm-Kreis,
Berichtsjahr 2004

/30/ Zuarbeit des Liegenschaftsamtes des Ilm-Kreises:
Kommunale Liegenschaften – Schulen des Ilm-Kreises,
Berichtsjahr 2005 – 2007, August 2008

/31/ www.energieroute.de

/32/ www.alphainnotec.de

/33/ Forschungs- und Bildungs-Fördergesellschaft e.V. Schmalkalden, Energierapport aus dem Landkreis Schmalkalden-Meiningen, Schmalkalden, März 2005

/34/ Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, BAFA

/35/ www.waermepumpe-bwp.de

/36/ EUT- Energie- und Umweltpark Thüringen e.V., Ilmenau,
- Beratungs- und Planungsleistungen
- Datenerfassung und -aufbereitung 2005

/37/ Erdgasverbrauch Ilm-Kreis 2003/2004, Gasversorgung Thüringen GmbH Erfurt (GVT), Zuarbeit 4. August 2005

/38/ Energieerzeugung und –absatz, Stadtwerke Arnstadt Netz GmbH, Zuarbeit 09. Oktober 2008

/39/ Stromverbrauch Ilm-Kreis 2004, Thüringer Energie AG (TEAG) Erfurt, Zuarbeit September 2005

/40/ Umweltbundesamt, DEHST – Deutsche Emissionshandelstelle Berlin, Liste der teilnehmenden Anlagen in Deutschland, Stand: 28.02.2005

/41/ Statistisches Bundesamt, Verkehr und Umwelt, Umweltökonomische Gesamtrechnung, Wiesbaden, 2004

/42/ VDA-Thema CO2 und Klimaschutz:
„Erfolgreiche CO_2-Minderungen im deutschen Verkehrssektor“
URL: http://www.vda.de/de/arbeitsgebiete/co2-verkehrssektor/index.html

/43/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:
„Roadmap Energiepolitik 2020: 10 Leitsätze;
9. Wir werden unseren CO2-Ausstoss im Verkehr um mindestens 20 % senken“
URL: http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/43113/4590/

/44/ Freistaat Thüringen:
“Landesverkehrsprogramm 2007“
URL: http://www.thueringen.de/de/publikationen/...

/45/ www.kraftfahrzeugbundesamt.de

/46/ Zuarbeit Straßenverkehrsamt, Landratsamt Ilm-Kreis,
Straßenverkehr Ilm-Kreis 2004, 7.Oktober 2005
Straßenverkehr Ilm-Kreis 2007, April 2008

/47/ Photovoltaische Anlagen, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie
Leitfaden für Elektriker, Dachdecker, Fachplaner, Architekten und Bauherren

/48/ Bundesverband Solarwirtschaft e.V., BSW

/49/ Gobsch, G. „Solarstrom aus Plastik“, Vortrag anlässlich der Eröffnung der Woche der Erneuerbaren Energie am 22.04.2006, Arnstadt

/50/ Fa. Solar- und Energiespartechnik GmbH, Ilmenau

/51/ Betreiber der Wasserkraftanlagen im Ilm-Kreis

/52/ TWA Wasserkraft–Anlagenbau GmbH Dienstedt

/53/ Privatarchiv , E. Masche, Ilmenau

/54/ Groß, F., Bundesverband WindEnergie e.V., Regionalverband Thüringen, Oktober 2005

/55/ VENTIMOTOR GmbH, Erfurt-Möbisburg, Hr. Hloucal

/56/ Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbarer Energien im Strombereich vom 21.07.2004,EEG
Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil I Nr.40 vom 31.07.2004

/57/ Energie & Umwelt e.V.
Solarflächenkartierung der Stadt Ilmenau, 2000
Bildmaterial

/58/ www.waermeversorgung-ilmenau.de

/59/ www.steagsaarenergie.de

/60/ Markert, Ingenieurbüro für Energie- und Umwelttechnik Kaltennordheim, „Landwirtschaftliche Biogasanlage Agrargenossenschaft Bösleben SMA Witzleben“, Datenblatt, Februar 2006

/61/ AIK, Abfallwirtschaftsbetrieb Ilm-Kreis
URL: www.aik.ilm-kreis.de

/62/ www.bundesumweltamt.de

/63/ Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt, Mitteilung 11/1997

/64/ Weller, E., AFZ-Der Wald, 22/2004

/65/ Waldbericht Thüringen 2005

/66/ Die Rolle der Forstwirtschaft in der Klimaschutzstrategie für das 21.Jahrhundert,
www.thueringen.de/de/forst/aktuelles/tlwif/co2/fowi_klimaschutz/content

/67/ Zweite Bundeswaldinventur(BWI II) im Freistaat Thüringen, Kurzbericht, 2002
www.thueringen.de/imperia/md/content/folder/bwi/bwi

/68/ www.forstbuch.de

9 Anhang: Autorenverzeichnis

Dem Bearbeiterteam des EUT e.V. für die Fortschreibung gehörten an:

- Dr. V. Bergmann, (Projektleiter)
- Dipl.-Ing. J. Stahl

Maßgebliche Unterstützung erhielten die Bearbeiter in dankenswerter Weise durch die Mitwirkung von:

- R. Zobel, Beigeordneter, Landratsamt IK
- Dr. L. Biste, AIK
- A. Schröder, Regionales Agenda 21-Büro IK
- Dr. P. Räppold, Landratsamt IK
- E. Morgenroth, Landratsamt IK
- V. Notroff, Landratsamt IK
- E.ON, Thüringer Energie AG
- Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Arbeit
- Stadtwerke Arnstadt GmbH
- Stadtwerke Ilmenau GmbH
- Schornsteinfeger-Innungen Südthüringen und Erfurt
- Betreiber der Wasserkraftanlagen im IK
- Solar- und Energiespartechnik Dr. Bergmann GmbH, Ilmenau
- Vereinsmitglieder des EUT e.V. Ilmenau
- Energie & Umwelt e.V. Ilmenau

10 Anlagen

Verzeichnis der Errichter von Anlagen zur Nutzung *Erneuerbarer Energien /11/, der Energieberater und Vereine*

Nr.	Handwerksbetriebe	PLZ	Ort	Straße
1	Heizung-Sanitär-Klima, Dieter Jahn	98701	Altenfeld	Grundstr.
2	Heizungsbau, Joachim Tietz	99338	Angelroda	Bergstr. 85
3	Heizungs-Service, Dummer, Meisterbetrieb für Heizung und Lüftung	99310	Arnstadt	Schillerstr. 55
4	Herbert-Energie- und Umwelttechnik GmbH	99310	Arnstadt	Lessingstr. 20
5	Rittermann H.-G., Phönix Solaranlagen	99310	Arnstadt	Richard-Wagner-Str. 43a
6	Trautmann Pumpen und Lüftungstechnik GmbH	99310	Arnstadt	Alfred-Ley-Str. 4
7	Verwaltungs- und Gebäudeservice GmbH Arnstadt	99310	Arnstadt	Ohrdrufer Str. 69
8	Heizung- Sanitär-Klempnerei Böhm - Meisterbetrieb	99334	Elleben Gügleben	Hauptstr. 11a
9	Thorsten Kahl, Klempner- und Installateurmeister	98711	Frauenwald	Promenade 46
10	Minner GmbH, Moderne Haustechnik	98708	Gehren	Arnstädter Str. 5b
11	Schramm-Haustechnik	98716	Geraberg	Schulstr. 3
12	Gerd Ballenberger, Gas-, Wasser- und Sanitärinstallation	99330	Gräfenroda	Bahnhofstr. 120b
13	H.Hänel & H.Frankenbeg GbR, Heizung & Sanitär	99330	Gräfenroda	Am Bahnhof 6
14	Heizungsbau Uwe Melzer	99330	Gräfenroda	Hirtenwiese 14
15	Selferhaus Solartechnik GmbH	99334	Ichtershausen Eischleben	Mönchsgasse 63
16	Melle GmbH, Thörey	99334	Ichtershausen Thörey	Am Burgsteig 4
17	REHAU AG + Co., Verkaufsbüro Erfurt	99334	Ichtershausen Thörey	Thöreyer Str. 5
18	SOLARNET GmbH	99334	Ichtershausen Thörey	Thöreyer Str. 1
19	JEKAT GmbH	98693	Ilmenau	Erfurter Str. 8
20	Solar - und EnergiesparTechnik Dr. Bergmann GmbH	98693	Ilmenau	Knebelstr. 7
21	Uwe Ullrich, Sanitär-Heizung-Lüftungstechnik GmbH	98693	Ilmenau	Friedrich-Ebert-Str. 25
22	Wendemuth, Installations-GmbH	98693	Ilmenau	Ziolkowskistr. 22
23	WICHMANN, Heizung-Sanitär-Klempnerei	98693	Ilmenau	Burggasse 1
24	Sanitär-, Heizungs-, Solaranlagenbau, Bauklempnerei Bianka Straßenmeyer	98693	Ilmenau OT Manebach	Steingründchen 7
25	Gebr. Kühnlenz GbR, Meisterbetrieb für Heizung Sanitär	98693	Ilmenau OT Unterpörlitz	Siedlung 13
26	Heizung, Sanitär, Elektro, Dieter Kellner	99326	Ilmtal Döllstedt	Nr.14
27	Karber & Breitwieser GmbH, Heizungs- und Lüftungsbau	99326	Ilmtal Griesheim	Bornrand Nr. 1
28	PHOTONIUS GmbH	99326	Ilmtal Niederwillingen	Schiefersten 1
29	Henkel, Rost und Partner GbR	98704	Langewiesen	Oehrenstöcker Str. 26
30	solar büro langewiesen	98704	Langewiesen	Burgstr. 5

31	Sanitär- Heizung- Klima, Erhardt GmbH	98693	Martinroda	Kirchberg 5a
32	Hauptmann, Heizung- Lüftung- Sanitär GmbH	98711	Schmiedefeld am Rennsteig	Schmückestr. 74
33	Harald Kellner, Klempnerei- Sanitär und Heizungsbau	99326	Stadtilm	Ellichlebener Weg 4
34	Klempner- und Installateur- Meister	99326	Stadtilm	Friedrich-Fröbel-Str. 7
35	Heizungsbau Graff	99310	Wipfratal Marlishausen	Wüllerslebener Str. 40
36	Schrickel, Sanitär-& Heizungsbau	98693	Wolfsberg Bücheloh	Ilmenauer Str. 32

Nr.	Energieberater, Umweltvereine	PLZ	Ort	Straße
1	TÜV Thüringen e.V. Service Center	99310	Arnstadt	Ichtershäuserstr. 32
2	DMB-Mieterverein Erfurt e.V., Außenstelle Arnstadt	99310	Arnstadt	Lindenallee 6
3	Umwelt-Medien-Zentrum Arnstadt/Ilmenau, UMZ	99310	Arnstadt	An der Liebfrauenkirche 2
4	Energie & Umwelt e.V. Ilmenau	98693	Ilmenau	Karl-Zink-Str. 16
5	Energie und Umweltpark Thüringen e.V.	98693	Ilmenau	Knebelstr. 7
6	Mieterverein Ilmenau u. Umgebung e.V.	98693	Ilmenau	Marktstr. 5
7	Verbraucher-Zentrale Thüringen e.V. Energieberatungsstelle Ilmenau	98693	Ilmenau	Weimarerstr. 76
8	Solar-Dorf-Kettmannshausen e.V.	99310	Wipfratal OT Kettmannshausen	Lindenanger 16

Stand April 2006. Sortiert alphabetisch nach Orten.