e&u energiebüro

gmbh

Markgrafenstr. 3
33602 Bielefeld
Telefon: 0521/17 31 44
Fax: 0521/17 32 94
E-Mail: info@eundu-online.de
Internet: www.eundu-online.de

Integriertes Klimaschutzkonzept

Warendorf

Teil 1: CO_2-Bilanz 2011

Bearbeiter:

Michael Brieden-Segler

Katrin Dittmann

Bielefeld, den 21.1.2013

Klima schutz zahlt sich aus!
DIE BMU KLIMASCHUTZ-INITIATIVE

Inhalt

1 Einleitung 3
2 Vorgehensweise zur Bilanzierung 5
3 Zusammenfassung 7
4 Ausgangsdaten 11
4.1 Stadtgebiet und Flächennutzung 11
4.2 Statistische Strukturdaten 12
4.3 Wohngebäude 12
4.4 Feuerungsanlagen 15
4.5 Verkehr 17
4.6 Wirtschaftsstruktur 19
5 Energiebedarf in Warendorf 20
5.1 Versorgungsstruktur 20
5.2 Energieverbrauch gesamt 20
5.3 Erneuerbare Energien 23
5.4 Energieverbrauch nach Sektoren 26
5.5 Wirtschaftliche Effekte des Energieverbrauchs 32
6 CO_2-Bilanz 33
6.1 CO_2-Bilanz nach Energieträgern 34
6.2 Bilanz nach Sektoren 35
6.3 Reduktion durch erneuerbare Energien 38
6.4 Bilanzierung ECO/Region 38
6.5 Bewertung 39
7 Anhang 41
7.1 Grundlagen der Berechnung 41
7.2 Quellen 45
7.3 Abbildungsverzeichnis 46

1 Einleitung

Im August 2012 beauftragte die Stadt Warendorf die e&u energiebüro gmbh mit der Erarbeitung eines integrierten Klimaschutzkonzeptes für das Stadtgebiet. Themen sind insbesondere

- die Bestandsaufnahme (CO_2-Bilanz)
- Maßnahmenvorschläge zur Reduzierung der CO_2-Emissionen
- Bewertung der Vorschläge und Erarbeitung eines Zeitrasters zur Umsetzung der Vorschläge.

Als Ziele wurde seitens des begleitenden Arbeitskreises am 06.11.2012 festgelegt, in Anlehnung an die von der Bundesregierung für das Jahr 2020 beschlossenen Ziele zur CO_2-Minderung (- 15 % gegenüber 2011), zum Einsatz erneuerbarer Energien (75 % Anteil am Strombedarf; 14 % am Wärmebedarf) und zum Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (10 % Anteil am Strombedarf) und Energieeinsparung (1,5 % pro Jahr) auch in Warendorf durch eigene Maßnahmen zu verwirklichen. Basis sollen die in Warendorf entstehenden und hier beeinflussbaren Emissionen sein.

Der vorliegende Teil 1 des Konzeptes beinhaltet die Bestandsaufnahme und insbesondere die CO_2-Bilanz für das Jahr 2011. Sie bildet die Ausgangsbasis für die Entwicklung von Maßnahmen.

Eine CO_2-Bilanzierung für frühere Jahre als 2011 ist auf Grund der vorhandenen Datenlage nicht möglich. Einerseits sind die benötigten Daten – insbesondere Daten über Heizungsanlagen – nicht mehr verfügbar. Andererseits haben sich Strukturveränderungen ergeben, so dass ein Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Jahre nicht sinnvoll ist. Aus diesen Gründen wurde nur das Jahr 2011 untersucht. Die vom Kreis Warendorf erstellten Bilanzen für frühere Jahre beruhen in wesentlichen Bereichen auf allgemeinen Schätzwerten und bundesdeutschen Durchschnittsberechnungen, so dass eine Vergleichbarkeit nur bedingt möglich ist.

Der Teil 2 des Klimaschutzkonzeptes enthält Maßnahmenvorschläge, wie die CO_2-Emissionen reduziert werden können. Diese Maßnahmenvorschläge werden hinsichtlich ihrer Effektivität und der hierfür anfallenden Kosten bewertet.

Verzichtet wird in dem vorliegenden Bericht auf allgemeine Ausführungen zum Treibhauseffekt oder Diskussionen zum Klimaschutz auf Weltebene, in Europa oder auf nationaler Ebene. Hierzu existieren genügend Ausarbeitungen, so dass diese hier nicht noch einmal referiert werden müssen.

Die Stadt Warendorf hat seit längeren Jahren zahlreiche Aktivitäten zum kommunalen Klimaschutz geleistet. Zu nennen sind hier beispielhaft:

- Verschiedene integrierte Dorfentwicklungskonzepte
- Ein Klimaschutzteilkonzept für die Gebäudewirtschaft
- Die Beteiligung am european-energy-award (eea)
- Nutzerorientierte Einsparprojekte in den städtischen Schulen.

Mit dem hier vorliegenden integrierten Klimaschutzkonzept beabsichtigt die Stadt Warendorf, ihre Bürgerinnen und Bürger in den Prozess des kommunalen Klimaschutzes einzubeziehen. Aus diesem Grunde wird das Klimaschutzkonzept beteiligungsorientiert erstellt. Neben einem begleitenden Arbeitskreis werden in 4 Workshops verschiedene Teilbereiche diskutiert. Zudem werden Einzelinterviews mit Personen und Institutionen geführt.

Das integrierte Klimaschutzkonzept für die Stadt Warendorf wird gefördert durch die „Klimaschutzinitiative“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

2 Vorgehensweise zur Bilanzierung

CO_2-Emissionen ergeben sich, wenn fossile Energieträger verbrannt werden. Die Ermittlung der CO_2-Emissionen sowie die Herausarbeitung der Verursacher dieser Emissionen stützt sich daher wesentlich auf die Ermittlung des Bedarfs an Energieträgern wie z. B. Heizöl, Erdgas, Flüssiggas, Holz, Fernwärme, Strom, Benzin. Die Zuordnung der Verbräuche zu den einzelnen Verbrauchern (Haushalte, Industrie, Kleinverbraucher, Verkehr) erfolgt über statistische Daten.

Ziel der CO_2-Bilanzierung ist es, mit Hilfe von leicht verfügbaren Daten ein fortschreibbares Instrument zur CO_2-Bilanzierung zur Verfügung zu haben.

Grundlagen für die Untersuchung waren daher im Wesentlichen:

- Verfügbare statistische Daten der Stadt Warendorf
- Statistische Daten von IT.NRW
- Daten der Bezirksschornsteinfegermeister bzgl. der überwachungspflichtigen Feuerungsanlagen
- Informationen der Warendorfer Energieversorger(WEV) und RWE.

Die Erstellung der CO_2-Bilanz wurde begleitet durch einen Arbeitskreis, in dem neben den Ratsfraktionen und Vertretern der Verwaltung auch die Warendorfer Energieversorger, Umweltverbände, Vertreter der örtlichen Bezirksschornsteinfegermeister sowie weitere relevante Gruppen aus Warendorf mitarbeiteten.

Ziel des integrierten Klimaschutzkonzeptes ist es, örtlich relevante Maßnahmen zur CO_2-Reduktion zu entwickeln. Berücksichtigt werden in dieser Untersuchung daher nur die örtlichen CO_2-Emissionen. Überregionale Emissionen wie z. B. Fernreisen, Transitverkehr allgemeiner Konsum etc. bleiben ebenso unberücksichtigt wie Güter, die in anderen Städten produziert werden. Im Gegenzug wird der Energiebedarf für die in Warendorf produzierten Güter und Dienstleistungen berücksichtigt.

Die Bilanzen werden sowohl nach Energieträgern als auch nach Sektoren berechnet. Die Ergebnisse sind sowohl absolut als auch witterungsbereinigt dargestellt. Dies ist erforderlich, da das Jahr 2011 wärmer war als ein Durchschnittsjahr.

Ziel dieser Systematik ist es, örtliche Handlungsoptionen herauszufinden und damit Strategien für einen kommunalen Klimaschutz zu ermöglichen. Das Rechentool ist daher so aufgebaut, dass Variationsrechnungen möglich sind, d.h. Varianten für eine CO_2-Minderungsstrategie entwickelt werden können. Zudem kann nach einem überschauba-

ren Zeitraum ohne größeren Aufwand eine Überprüfung der Effektivität der getroffenen Maßnahmen erfolgen.

Der Kreis Warendorf hat auf Basis des Rechenprogramms Eco/Region-light eine Bilanzierung für die Vorjahre vorgenommen. Hierbei sind allerdings nur teilweise örtliche Daten eingeflossen, so dass diese Bilanz nur bedingt aussagekräftig für die realen Verhältnisse in Warendorf ist. Trotzdem wurde parallel auch das Rechentool des Kreises für das Jahr 2011 ergänzt, auch wenn die Ergebnisse voneinander abweichen.

Im Berichtsteil findet sich nachfolgend die Darstellung der Ergebnisse. Eine Dokumentation und die Herleitung der Rechengänge finden sich im Anhang.

Der hier vorliegende Teil 1 des Klimaschutzkonzeptes enthält die Bestandsaufnahme sowie die CO_2-Bilanz. Der Teil 2 beinhaltet die möglichen Maßnahmen sowie deren Bewertung.

3 Zusammenfassung

Die Ermittlung der CO_2-Emissionen in Warendorf ergibt sich aus den für die verschiedenen Anwendungsbereiche eingesetzten Energieträgern. Zu betrachten sind hierbei insbesondere die witterungsbereinigten Emissionen, da in Zukunft eine Entwicklung der Emissionen überprüft werden soll.

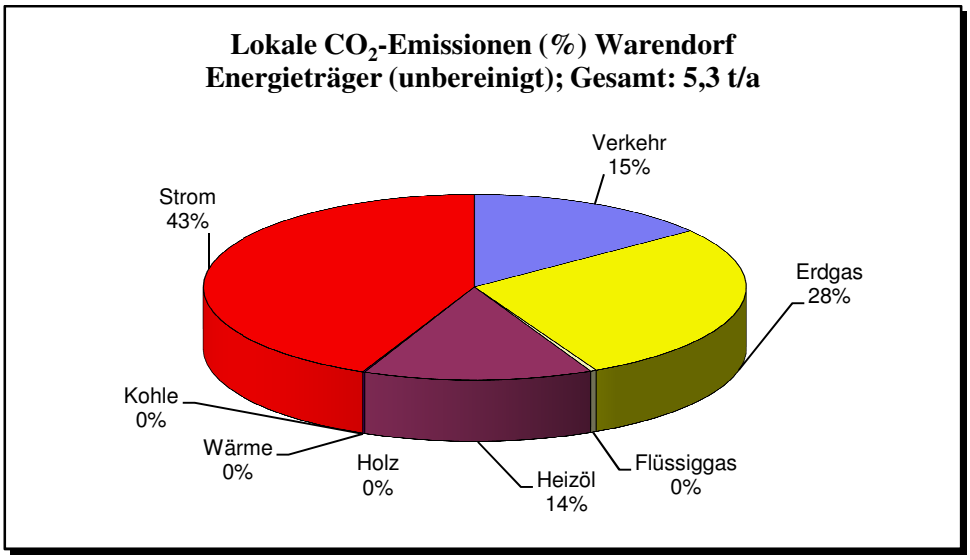

Abbildung 1: CO_2-Emissionen nach Energieträgern

Die meisten CO_2-Emissionen werden durch Strom verursacht, gefolgt von Erdgas. Der Anteil des Stroms ist überdurchschnittlich auf Grund des im Vergleich zum Bundesdurchschnitt hohen Anteils des Stroms am Endenergiebedarf in Warendorf.

Auf Grund des hohen spezifischen CO_2-Emissionsfaktors für Strom ist der Anteil von Strom an den gesamten CO_2-Emissionen von großer Bedeutung, obwohl der Anteil von Strom am Endenergiebedarf (ohne Verkehr) nur ca. 32 % beträgt.

Da der Anteil von Strom am gesamten Endenergiebedarf überdurchschnittlich hoch ist, ist auch die Bedeutung des Stroms für die CO_2-Emissionen in Warendorf besonders groß.

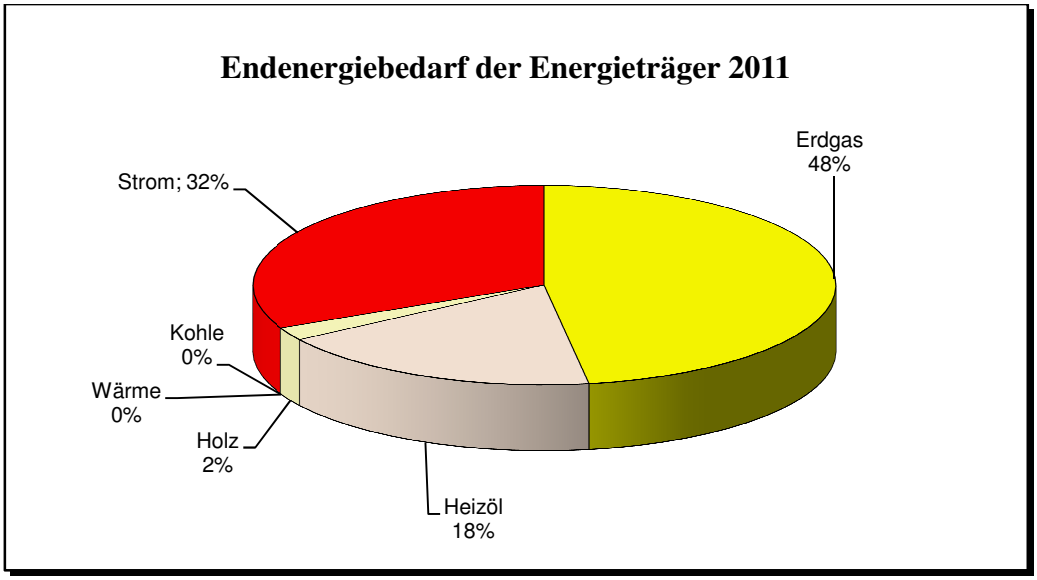

Abbildung 2: Endenergiebedarf nach Energieträgern (%)

Betrachtet man die witterungsbereinigten CO_2-Emissionen der einzelnen Verbrauchssektoren, zeigt sich, dass Haushalte mit 44 % und Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie mit 43 % in etwa gleichviele CO_2-Emissionen verursachen.

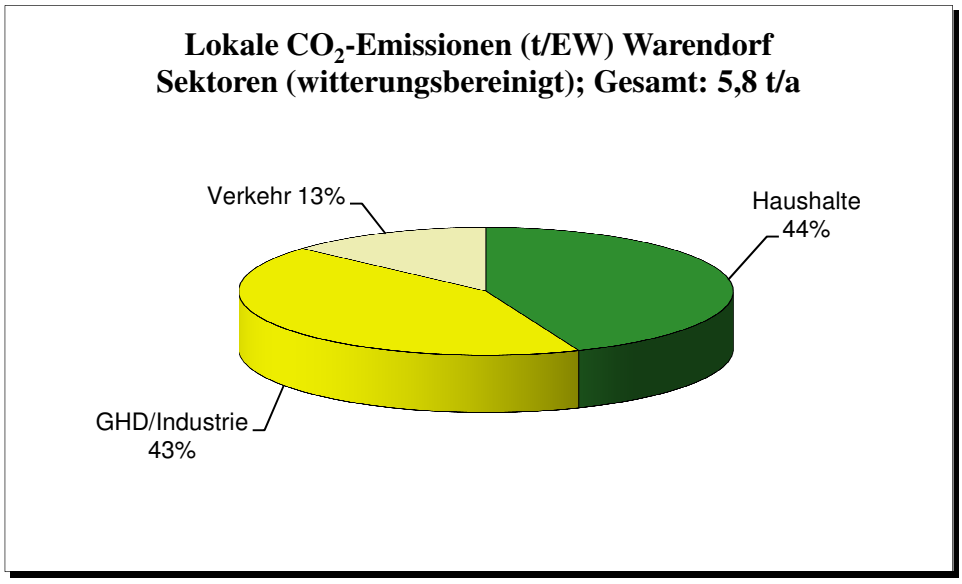

Abbildung 3: CO_2-Emissionen nach Sektoren (witterungsbereinigt)

Da der Anteil der Beheizung an den CO_2-Emissionen den Haushalte dominierend ist, ist die Struktur der Wohngebäude von Bedeutung.

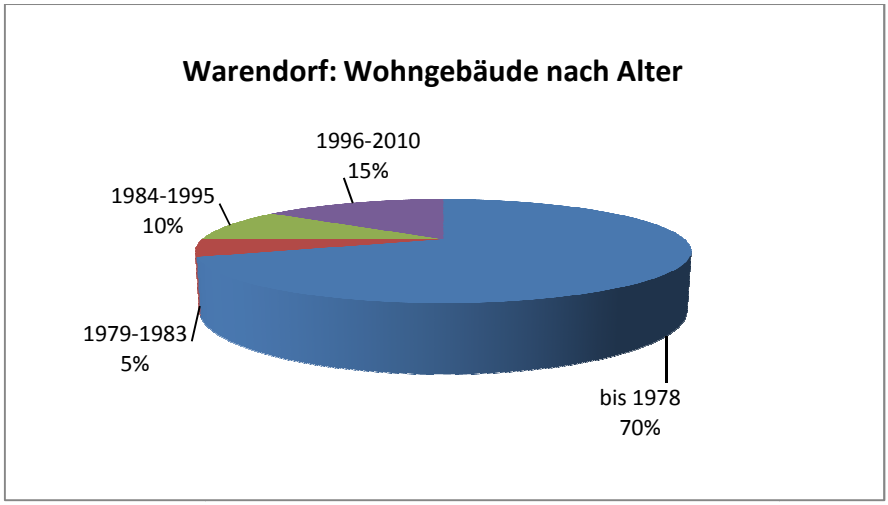

Abbildung 4: Wohngebäude nach Altersklassen

70 % der Wohngebäude wurden bis 1978 errichtet und haben damit, sofern sie nicht nachträglich saniert wurden, einen hohen Nachholbedarf bzgl. der energetischen Sanierung. Dieser Wert ist normal; er zeigt, dass Warendorf keine wachsende Stadt ist.

Ca. 89,5 % der Wohngebäude sind Ein- und Zweifamilienhäuser. Da der größte Teil der Wohngebäude älter als 30 Jahre ist, ergibt sich ohnehin ein erheblicher Sanierungsbedarf. Hier besteht ein Ansatzpunkt für Maßnahmen zur CO_2-Minderung.

Die Datenerhebung der Bezirksschornsteinfeger bzgl. der Feuerungsanlagen zeigt, dass Ölheizungen im Durchschnitt 13,7 Jahre alt sind, während das Durchschnittsalter von Gasheizungen 11,7 Jahre beträgt. Damit sind die Heizungsanlagen vergleichsweise jung.

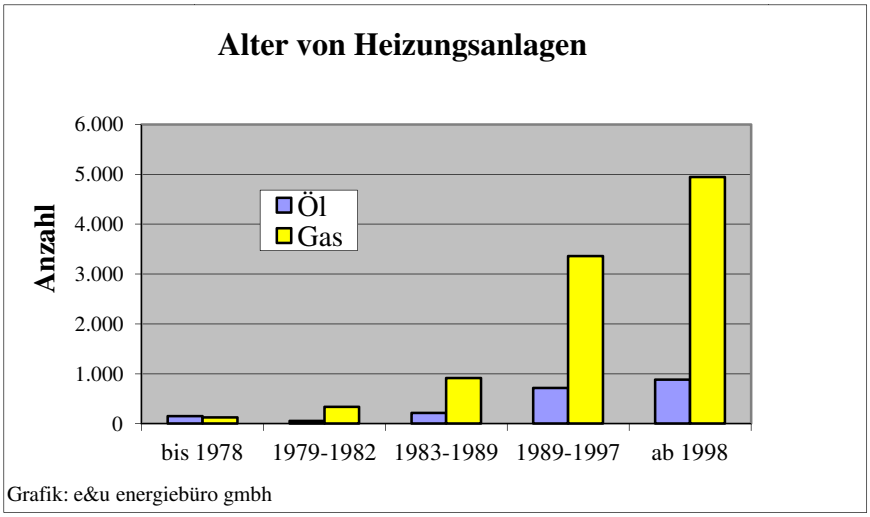

Abbildung 5: Alter von Heizungsanlagen

Ein Sanierungsbedarf ist daher eher bei Öl- als bei Gasheizungen gegeben.

In Warendorf ist der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung bereits heute sehr hoch. Ca. 56 % des derzeitigen Strombedarfs werden durch entsprechende Anlagen erzeugt.

Insgesamt werden durch die Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 42.017 Tonnen CO_2 vermieden. Dies entspricht 1,1 Tonnen pro Einwohner oder 20 % der derzeitigen Emissionen.

	MWh/a	CO_2 (t/a)	t/EW
CO_2-Emissionen 2011		203.779	5,34
PV	18.396	-8.352	-0,22
Wind	45.717	-25.053	-0,66
Klärgas	792	-460	-0,01
Biogas	20.797	-8.152	-0,21
Summe		161.762	4,24
Gutschrift	t/a	-42.017	-1,10
	%		-20,62

Tabelle 1: Vermiedenen CO_2-Emissionen durch erneuerbare Energien

Insgesamt ergeben sich verschiedene Ansatzpunkte für CO_2-Minderungsmaßnahmen. Insbesondere sind hier zu nennen:

- die Verringerung des spezifischen CO_2-Wertes bei Strom
- die Verringerung des Energiebedarfs z. B. durch die Wärmedämmung von Gebäuden, Einsparung von Strom oder die Reduzierung des motorisierten Individualverkehrs
- die Erneuerung von Heizungsanlagen, insbesondere bei Ölheizungen; hier kann auf CO_2-arme Energieträger umgestellt werden
- den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung
- den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien für Strom und Wärmeanwendungen.

Eine Bewertung verschiedener Maßnahmen erfolgt in Teil 2 des Klimaschutzkonzeptes.

Energieverbrauch bedeutet einen erheblichen Kaufkraftabfluss aus Warendorf, da die Wertschöpfung für Energieträger nicht vor Ort stattfindet. Dieser Kaufkraftabfluss beträgt ca. 53,1 Mio. € pro Jahr. Klimaschutzmaßnahmen stärken daher die Wirtschaftskraft der Stadt.

4 Ausgangsdaten

4.1 Stadtgebiet und Flächennutzung

Insgesamt hat Warendorf 38.134 Einwohner mit Hauptwohnsitz[1].

Die Gesamtfläche der Stadt Warendorf beträgt 176,8 km². Diese teilt sich wie folgt auf:

Flächennutzung	Fläche (km²)	Anteil	NRW (%)
Gebäude- und Freifläche	13,61	7,7	12,8
Verkehrsfläche	9,37	5,3	7
Wald	25,28	14,3	25,6
Gewässer	3,71	2,1	2
Landwirtschaft	122,13	69,1	49,1
sonstige	2,65	1,5	3,5
Gesamtfläche	176,75	100	100

Tabelle 2: Flächennutzung in Warendorf 2011[2]

Dominierend sind die landwirtschaftlichen Flächen. Der Anteil der Gebäude- und Freiflächen ist geringer als im Landesdurchschnitt.

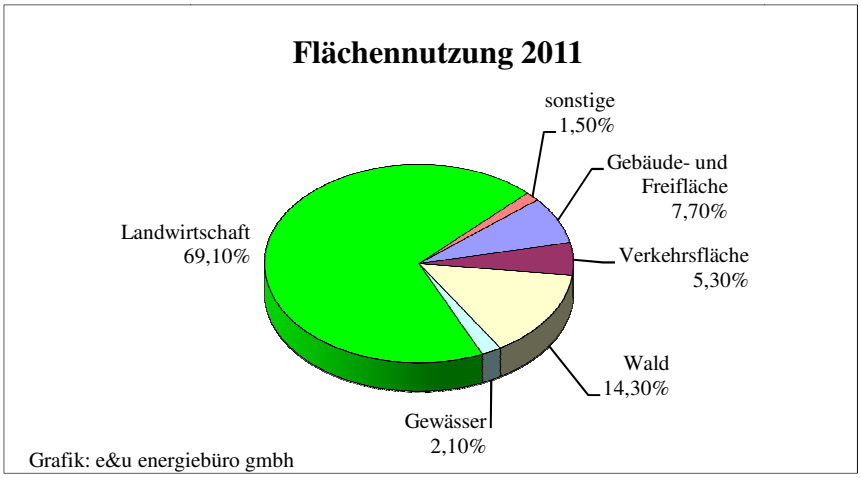

Abbildung 6: Flächennutzung in Warendorf 2011

[1] Quelle: IT.NRW

[2] Quelle: IT.NRW

4.2 Statistische Strukturdaten

Ausgangsbasis für die Berechnung sind statistische Daten der Stadt Warendorf. Die Daten sind in der unten stehenden Tabelle dargestellt. Die Quellen für die Daten sind im Anhang angegeben.

Strukturdaten Wohnen		2011
Einwohnerzahl		38.134
Spezifische Einwohnerzahl	EW/km²	216
Wohnungen gesamt		15.784
Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH)		8.509
Mehrfamilienhäuser (MFH)		994
Wohngebäude		9.503
Fläche/Person	m²/P	43,0
Heizenergieverbrauch/qm	kWh/qm	152,0
Heizenergieverbrauch bereinigt	kWh/m²	186,8
Stromverbrauch pro Haushalt	kWh/a	3.483
Wohnungen pro Wohngebäude		1,66
Personen pro Wohnung		2,42
Stromverbrauch pro Person	kWh/P	1.439

Tabelle 3: Strukturdaten Wohnen der Stadt Warendorf

Warendorf ist – im Gegensatz zum Trend in fast allen anderen Städten in der Region – eine nicht schrumpfende Stadt.

Das Jahr 2011 war gemessen am langjährigen bundesdeutschen Durchschnitt wärmer. Aus diesem Grunde wurden die Heizenergieverbräuche witterungsbereinigt auf den bundesdeutschen Durchschnittswert des langjährigen Temperaturmittels[3].

4.3 Wohngebäude

In Warendorf dominieren mit 89,5 % die Ein- und Zweifamilienhäuser am Wohngebäudebestand. In der nachfolgenden Tabelle sind die Wohngebäude nach Baualtersklassen ent-

[3] Quelle: Deutscher Wetterdienst 2011

sprechend dem Inkrafttreten der Wärmeschutzverordnung bzw. der Energieeinsparverordnung dargestellt.

Wohngebäude	2011	1995	1984	1978
alle	9.503	8.084	7.149	6.617
EZFH	8.509	7.263	k.A.	k.A.
MFH	994	821	k.A.	k.A.
Anteil EZFH	89,5	89,8	k.A.	k.A.

Tabelle 4: Wohngebäudebestand in Warendorf

Festzustellen ist zudem, dass der Anteil der Neubauten bei über 1 % pro Jahr liegt.

Man kann davon ausgehen, dass Gebäude, die 1983 oder früher errichtet wurden, energetisch sanierungsbedürftig sind. Der Anteil dieser Altersklasse beträgt ca. drei Viertel aller Wohngebäude. Damit ergibt sich in Warendorf ein hohes energetisches Sanierungspotenzial.

Anteile	Absolut	%
bis 1978	6.617	69,6
1979-1983	532	5,6
1984-1995	935	9,8
1996-2009	1.419	14,9
Summe	9.503	100,0

Tabelle 5: Wohngebäude nach Alter

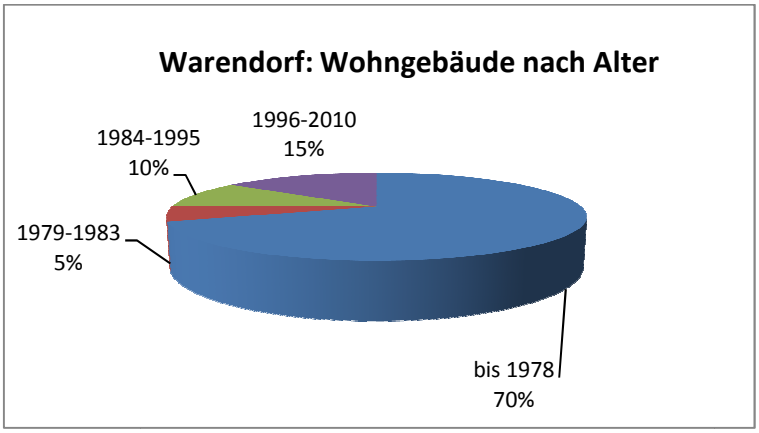

Abbildung 7: Wohngebäude nach Altersklassen

Die Wohnfläche verteilt sich wie folgt auf Ein- und Zweifamilienhäuser bzw. Mehrfamilienhäuser:

Gebäudetyp	Fläche [m²]
EZFH	1.155.522
MFH	486.014
Summe	1.641.536

Tabelle 6: Wohnfläche nach Gebäudetypen[4]

Damit zeigt sich, dass der Anteil der Mehrfamilienhäuser auch an der Wohnfläche eine untergeordnete Rolle spielt.

Anteile	Gebäude	Fläche
EZFH	89,5	70,4
MFH	10,5	29,6

Tabelle 7: Gebäude- und Wohnflächenanteile von Wohngebäuden in %

Hieraus folgt, dass auch für die Energieverbräuche Ein- und Zweifamilienhäuser eine dominierende Rolle spielen.

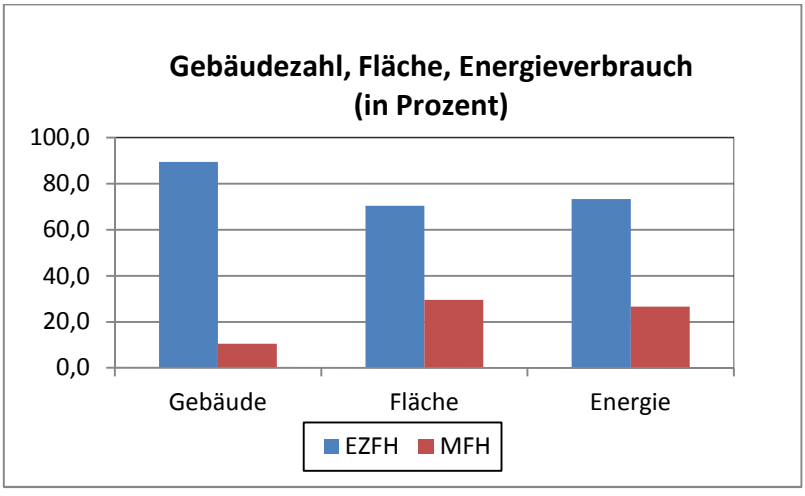

Abbildung 8: Wohngebäude, Wohnflächen, Energiebedarf

[4] Quelle: IT.NRW; eigene Berechnungen

4.4 Feuerungsanlagen

Die im Stadtgebiet Warendorf tätigen Bezirksschornsteinfegermeister stellten dankenswerterweise die Daten für die überwachungspflichtigen Heizungsanlagen des Jahres 2011 zur Verfügung. Die Angaben waren differenziert nach Energieträger, Leistung sowie Alter der Heizungsanlagen.

An der Anzahl der Kessel wird die Bedeutung von Erdgas gegenüber Heizöl deutlich. Der Anteil von Ölheizungen mit 16,8 % niedrig. Holzkessel haben einen sehr kleinen Anteil.

Altersklassen	Gas	Öl	FlGas	Holz	Summe	Anteil
bis 1978	123	148	0	5	276	2,31
1979-1982	335	54	2	27	418	3,50
1983-1989	913	215	11	3	1.142	9,56
1989-1997	3.359	712	33	22	4.126	34,55
ab 1998	4.948	880	67	86	5.981	50,08
Summe	9.678	2.009	113	143	11.943	100,00
Anteil (%)	81,03	16,82	0,95	1,20	100,00	

Tabelle 8: Anteile der Kessel nach Alter und Brennstoffen

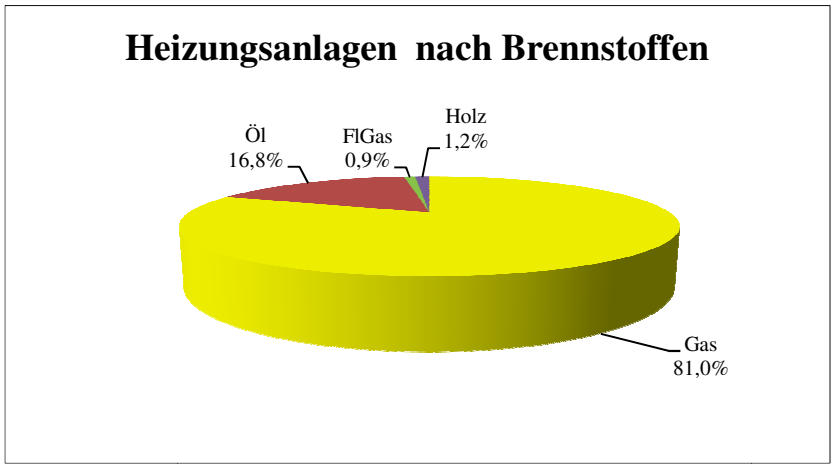

Abbildung 9: Heizungsanlagen nach Brennstoffen

Der mit Abstand größte Anteil der Gaskessel hat eine Leistung von weniger als 25 kW. Hier spiegelt sich die Dominanz der Ein- und Zweifamilienhäuser an der Gebäudestruktur wieder. In dieser Leistungsklasse dominieren die Gasheizungen, während in den größeren Leistungsklassen noch relativ viele Ölkessel anzutreffen sind.

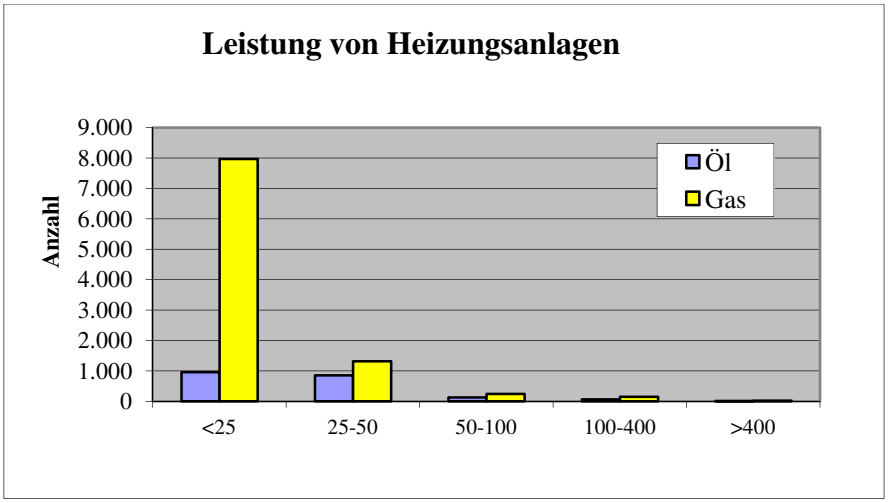

Abbildung 10: Gas- und Ölanlagen nach Leistungsklassen

Je älter die Heizungsanlagen sind, desto schlechter ist ihr Jahresnutzungsgrad. Heizungsanlagen erreichen eine technische Lebensdauer von 20 Jahren. Durch die Umrüstung veralteter Kessel ergibt sich ein nicht unerhebliches CO_2-Minderungspotenzial. Ein besonders hohes Einsparpotenzial liegt bei Kesseln, die vor 1978 errichtet wurden.

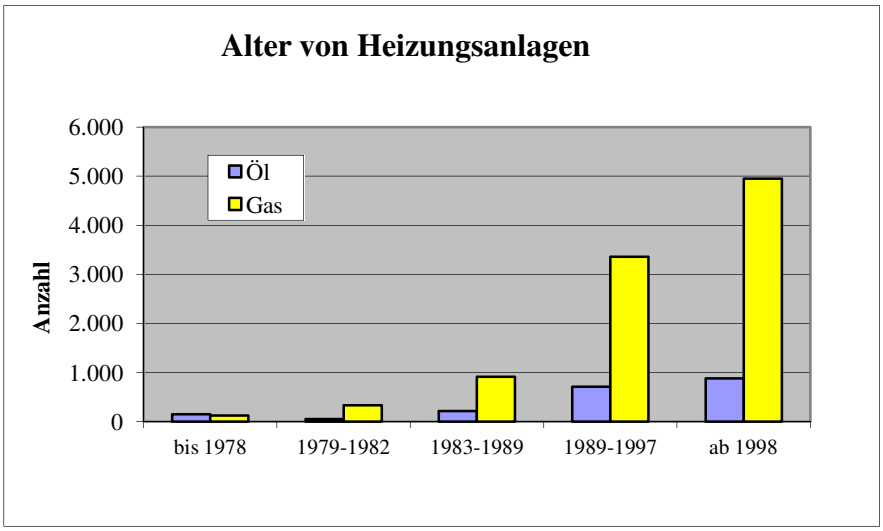

Abbildung 11: Gas- und Ölanlagen nach Alter

Das Durchschnittsalter der Gaskessel liegt bei 11,7 Jahren, das der Ölkessel bei 13,7 Jahren. Die durchschnittliche jährliche Sanierungsquote von Heizkesseln liegt bei 3 % pro Jahr.

Insgesamt wurden 276 Kessel und damit 2,3 % der Kessel vor 1978 errichtet. 15,4 % der Kessel sind mehr als 20 Jahre alt und damit sanierungswürdig.

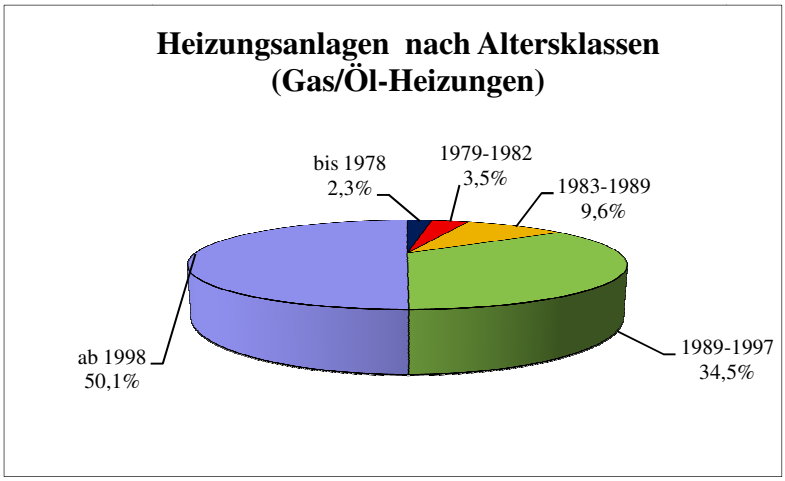

Abbildung 12: Heizungsanlagen nach Altersklassen

Neben diesen Anlagen existieren in Warendorf außerdem 143 Festbrennstoffkessel (Holz). Hier dominieren die kleinen Leistungsklassen.

Nicht enthalten sind kleine Einzelöfen, die es in Warendorf wie auch in anderen Städten zahlreich geben dürfte. Diese werden insbesondere von „Brennholzsammlern“ betrieben, die damit einen Großteil des im Wald noch vorhandenen Restholzes verarbeiten dürften.

Die Zahl der Elektroheizungen ist nicht erfasst; aus dem geringen Heizstromverbrauch in Warendorf ergibt sich aber, dass elektrische Speicherheizungen keine nennenswerte Rolle spielen. Bei den Elektroheizungen dürfte es sich überwiegend um Wärmepumpenanlagen handeln, die in den Neubaugebieten verstärkt eingesetzt werden.

4.5 Verkehr

Im Bereich des örtlichen Verkehrs sind die durch motorisierten Individualverkehr zurückgelegten innerörtlichen Fahrten sowie die Fahrten des ÖPNV zu berücksichtigen.

Die CO_2-Emissionen des Individualverkehrs können über die Anzahl der angemeldeten Fahrzeuge abgeschätzt werden.

Verkehr (Anzahl der Fahrzeuge)	2011
PKW	20.691
PKW/1000 Einwohner Warendorf	543
PKW/1000 Einwohner BRD	633[5]
Fahrgäste Linie 933 (Stadtbus) (Mio. Fahrgäste)	k.A.
ÖPNV-Nutzung pro Einwohner	k.A.

Tabelle 9: Kraftfahrzeugbestand IT.NRW am 01.01.2011

Damit ist die PKW-Dichte geringer als im Bundesdurchschnitt.

Der ÖPNV wird in Warendorf durch mehrere Gesellschaften abgewickelt. Über die Anzahl der Fahrgäste gibt es keine Angaben, so dass diese nicht in die Bilanz eingeflossen sind.

Die zuletzt erhobenen Daten zum Modal-Split in Warendorf stammen aus dem Jahr 1982. 2012 wurde ein Verkehrsentwicklungsplan (VEP) für die Stadt Warendorf erstellt. Auch hier finden sich keine Daten zum Modal Split in Warendorf. Vielmehr erfolgte eine grobe Abschätzung. Eine weitere Erhebung von Verkehrsdaten ist im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes nicht vorgesehen. Vielmehr wird auf diesen VEP zurückgegriffen[6].

Aufgrund der Siedlungsstruktur und der Topographie kann dem Radverkehr in Warendorf eine größere Bedeutung beigemessen werden als bei der bundesweiten Studie „Mobilität in Deutschland“ (MiD). Auch der steigende Umsatz an E-Bikes erhöht den Anteil der Wege, die nicht mit dem PKW zurückgelegt werden.

Die folgende Abbildung stellt die Anteile der jeweiligen Verkehrsart an allen Wegen in Prozent dar. Hieran wird deutlich, dass nur etwa die Hälfte aller Wege mit dem PKW zurückgelegt wird. Allerdings beruhen diese Zahlen auf Schätzungen und spiegeln somit nur einen Trend wieder.

Verkehrsart	*Anteile an allen Wegen in %*		
	KONTIV 1982	*MID 2008*	***WAF 2011****
Zu Fuß	29,5 %	22,3 %	~ 25 %
Fahrrad	11,5 %	9,8 %	~ 20 %
ÖPNV	8,0 %	6,0 %	~ 6 %
ÖPFV		0,5 %	
MIV (Fahrer)	39,5 %	45,4 %	~ 49 %
MIV (Mitfahrer)	11,5 %	16,0 %	

Tabelle 10: Modal Split KONTIV 1982 – MID 2008 und Warendorf 2011[7]

[5] [5] Quelle: Kraftfahrtsbundesamt www.kba.de vom 05.09.2012

[6] Verkehrsentwicklungsplan (VEP 2012), Warendorf 2012

[7] Verkehrsentwicklungsplan (VEP 2102); Warendorf 2012, S. 22

Der ÖPNV wird in Warendorf von drei Verkehrsgesellschaften betrieben. Beförderungszahlen liegen aber nur vom RVM vor. Aus diesen Zahlen geht hervor, dass etwa zwei Drittel der Beförderungen auf den Schulverkehr entfallen. Detaillierte Daten zur ÖPNV-Nutzung lagen weder beim Kreis noch bei den übrigen Betreibergesellschaften vor.

In Warendorf gibt es einen leichten Einpendlerüberschuss. 11.763 Einpendlern standen 2011 11.547 Auspendler gegenüber.

Berufspendler	
Einpendler	11.763
Auspendler	11.547
Saldo	216

Tabelle 11: Ein- und Auspendler 2011[8]

4.6 Wirtschaftsstruktur

2011 gab es in Warendorf insgesamt 10.999 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte. Die Beschäftigungsstruktur in Warendorf ist geprägt von dem Dienstleistungssektor. Insgesamt arbeiteten 50,6 % der sozialversichert Beschäftigten in diesem Bereich.

Beschäftigungsstruktur	**Warendorf**		**NRW**
	abs.	**%**	**%**
Produzierendes Gewerbe	2.684	24,4	29,7
Land, Forstwirtschaft, Fischerei	121	1,1	0,5
Handel, Gastgewerbe, Verkehr	2.629	23,9	23,0
sonstige Dienstleistungen	5.565	50,6	46,8
Summe	10.999	100,0	100,0
Soz.-Vers.-Anteil		28,8	32,6

Tabelle 12: Beschäftigungsstruktur[9]

Der Anteil der sozialversichert Beschäftigten ist niedriger als im Landesdurchschnitt.

[8] Quelle: IT.NRW

[9] Quelle: IT.NRW

5 Energiebedarf in Warendorf

5.1 Versorgungsstruktur

Die Energieversorgung mit Erdgas erfolgt durch die Warendorfer Energieversorgung (WEV), an der das RWE mit 25,1 % und die Stadtwerke Warendorf mit 74,9 beteiligt sind. Die Stromversorgung erfolgt durch RWE. Derzeit findet ein Entscheidungsprozess bzgl. der Vergabe des Konzessionsvertrages Strom statt.

5.2 Energieverbrauch gesamt

Aus den Angaben der Gas- und Stromversorger ergeben sich die nachfolgend dargestellten Energieverbräuche für das Jahr 2011. Der Verbrauch an Heizöl, Kohle und Holz ist entsprechend der Datenerhebung der Bezirksschornsteinfegermeister bzgl. der Feuerungsanlagen abgeschätzt.

Energieverbrauch 2011[10]	Mio. kWh/a	
	absolut	bereinigt
Erdgas	225,36	277,64
Flüssiggas	2,65	3,27
Heizöl	86,41	106,45
Holz	10,12	12,47
Wärme	0,00	0,00
Kohle	0,00	0,00
Strom	152,16	152,30
Summe	476,70	552,13

Tabelle 13: Energiebedarf nach Energieträgern 2011 absolut und witterungsbereinigt

Dargestellt sind die Verbräuche absolut und witterungsbereinigt.

[10] Die Angaben beziehen sich auf den unteren Heizwert H_i.

Mit der Liberalisierung des Strommarktes 1998 stimmen Stromabsatz und Stadtgebiet bei örtlichen kommunalen Versorgern nicht mehr überein. Einerseits wird teilweise Strom nach außerhalb des Stadtgebietes geliefert; andererseits beziehen Kunden im Versorgungsgebiet des Netzbetreibers Strom von Drittanbietern. Bei Strom ist nur der Absatz berücksichtigt, der innerhalb des Stadtgebietes erfolgt. Gleiches gilt für Erdgas.

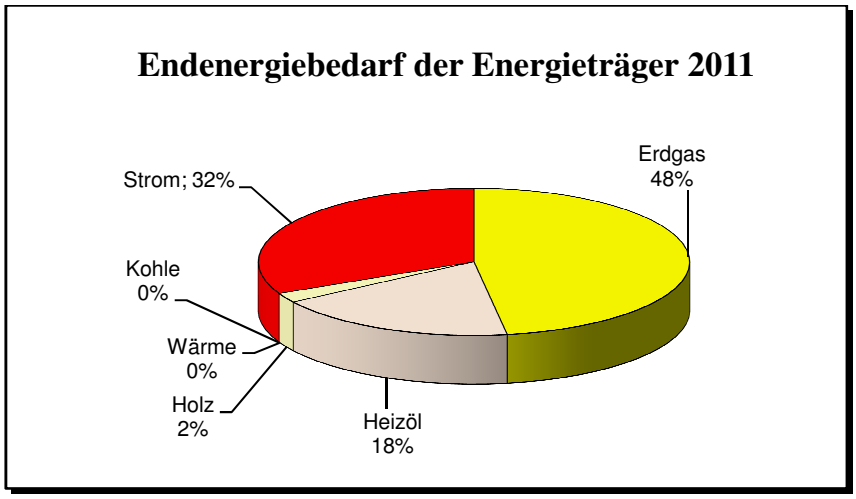

Abbildung 13: Endenergiebedarf nach Endenergieträgern 2011 (unbereinigt)

Damit ist Erdgas der wesentliche Energieträger, gefolgt von Strom. Heizöl spielt nur noch eine untergeordnete Rolle.

Betrachtet man die Energieträger, die zur Beheizung und Warmwasserbereitung eingesetzt werden, so ist Erdgas der bedeutendste Energieträger gefolgt von Heizöl. Alle übrigen Brennstoffe spielen eine untergeordnete Rolle.

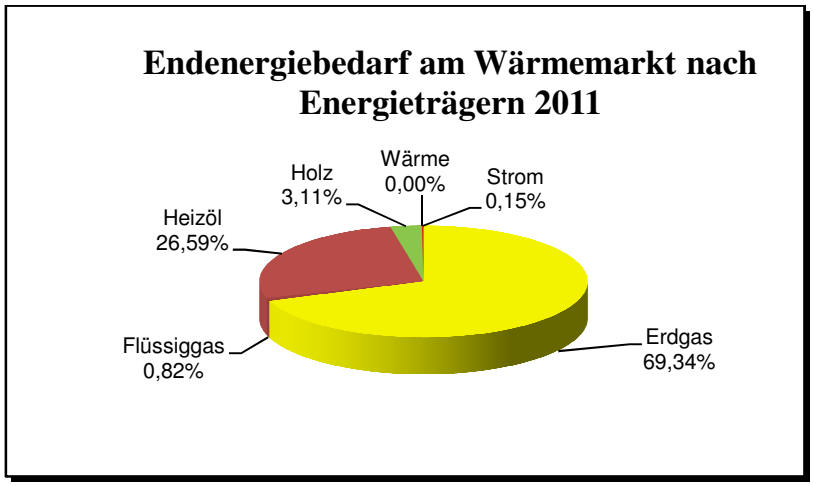

Abbildung 14: Endenergiebedarf am Wärmemarkt (GWh/a)

5.2.1 Strom

Insgesamt wurden 2011 in Warendorf 152.16 Mio. kWh Strom an Endkunden abgegeben.

Strom	Mio kWh
Tarif	82,17
Heizstrom	0,48
Sondervertrag	68,79
Beleuchtung	0,61
Eigenverbrauch	0,12
Summe Abgabe	152,16

Tabelle 14: Stromabgabe gesamt

Auffällig ist der geringe Anteil des Heizstroms in Warendorf. Vom Heizstrom dürfte der größte Teil auf Wärmepumpen entfallen, da diese verstärkt in den Neubaugebieten eingesetzt werden und dort das überwiegende Heizsystem darstellen. Genaue Daten zum Stromverbrauch durch Wärmepumpen lagen allerdings nicht vor.

Der Anteil der Tarifkunden beträgt 54 %. Dies macht die Bedeutung der Haushalte beim Stromverbrauch deutlich.

Unter Sondervertragskunden sind alle Kunden enthalten, die keine Tarifkunden sind und keinen Heizstrom beziehen. Es handelt sich somit um Industriekunden sowie größeres Gewerbe, Handel und Dienstleistung. Dieser Anteil liegt bei ca. 45 %.

Auffällig ist der hohe Stromanteil am gesamten Endenergiebedarf, der höher ist als im Bundesdurchschnitt. Ein Grund dürfte im sehr geringen Ausbaustand der Kraft-Wärme-Kopplung liegen, da durch diese Anlagen üblicherweise zunächst der Eigenstrombedarf der Betreiber abgedeckt wird.

Anteile am Energieverbrauch	Warendorf	Deutschland
Wärmemarkt	68,10	71,83
Strom	31,90	28,17

Tabelle 15: Anteile am Endenergiebedarf (in %)

Über die Zusammensetzung der Stromlieferanten in Warendorf lagen keine Angaben vor.

5.2.2 Erdgas

Insgesamt wurden 2011 in Warendorf 226,97 Mio. kWh Erdgas an Endkunden abgegeben.

Erdgas	**Mio. kWh**
Heizgas/Tarif	160,71
Sondervertrag	64,65
sonstiges	1,61
Summe	226,97

Tabelle 16: Erdgasabgabe gesamt (Angaben in H_i)[11]

Der Gaseinsatz für Wärme ist hier enthalten.

5.2.3 Fernwärme

Es gibt in Warendorf insbesondere in kommunalen Gebäuden Wärmelieferung im Contractingverfahren auf Basis von Kesseln. Als Energieträger dient Erdgas. Daher ist die Wärmelieferung bei Erdgas mit bilanziert.

5.2.4 Heizöl

Über Heizölverbräuche gibt es keine Statistiken. Die Abschätzung der Verbräuche der einzelnen Sektoren erfolgt daher über die Feuerungsanlagen gemäß der Aufstellung der Bezirksschornsteinfegermeister sowie den sich daraus ergebenden Vollbetriebsstunden.

5.3 Erneuerbare Energien

Bereits heute werden in größerem Umfang erneuerbare Energien in Warendorf genutzt.

[11] Die Angaben der Gasversorger zum Gasabsatz sind grundsätzlich als Brennwert H_s angegeben. Um einen Vergleich unterschiedlicher Energieträger zu ermöglichen erfolgt eine vereinheitliche Umrechnung auf den Heizwert H_i. Auch die Berechnung der CO_2-Emissionsfaktoren erfolgt auf Basss des Heizwertes H_i.

5.3.1 Wind

Im Stadtgebiet gibt es 20 Windanlagen mit einer Gesamtleistung von 28,91 MW. Die Stromerzeugung betrug 2011 45.717 MWh Strom. Dies entspricht 1.581 Vollbenutzungsstunden und ist für einen Binnenlandstandort normal.

5.3.2 Wasser

Im Stadtgebiet gibt es keine Wasserkraftanlagen. Allerdings gibt es konkrete Überlegungen, an der Ems ein Wasserkraftwerk zu errichten. Entsprechende Untersuchungen liegen vor. Hierdurch könnten ca. 1,2 Mio. kWh Strom pro Jahr produziert werden.

5.3.3 Solare Strahlungsenergie (Stromerzeugung)

Im Stadtgebiet wurden 2011 insgesamt 18.396 MWh Strom aus Photovoltaikanlagen erzeugt. Die Gesamtleistung der 1037 Anlagen betrug 2011 22.263 kW_p. Die durchschnittliche Anlagengröße betrug demnach 21,5 kW_p. Damit lag die spezifische Leistung bei 583,8 W/m². Dies bedeutet einen Spitzenplatz in NRW. Warendorf ist in der Solarbundesliga vertreten und lag 2011 dort auf Platz 16 der Städte in NRW.

5.3.4 Solarthermie

2011 waren in Warendorf ca. 100 solarthermische Anlagen mit einer Gesamtfläche von 766 m² in Betrieb. Dies bedeutet eine spezifische Fläche von 0,014 m²/Einwohner und ist eher unterdurchschnittlich und liegt auf Platz 80 der Solarbundesliga der Städte in NRW.

5.3.5 Biomasse (Stromerzeugung)

Es existieren 17 Biogasanlagen auf landwirtschaftlichen Betrieben mit einer Gesamtleistung von 2,773 MW; dies entspricht einer durchschnittlichen Leistung von 163 kW pro Anlage. Daten zur Stromerzeugung lagen nicht vor, lediglich die ins Netzt eingespeiste Strommenge ist mit 10. 116 MWh/a bekannt. Geht man von einer Vollbenutzungsstundenzahl von 7.500 h/a aus, so ergibt sich eine Stromerzeugung von 20.797 MWh/a.

5.3.6 Klärgas

Die Stadt Warendorf betreibt in der Kläranlage eine Gasturbinenanlage mit 2 Modulen und einer Gesamtleistung von 130 kW elektrischer und 260 kW thermischer Leistung.

Strom und Wärme werden vollständig in der Kläranlage selbst verbraucht. 2011 wurden 792,3 MWh Strom und 1.584,7 MWh Wärme erzeugt, von der 1.254,0 MWh Wärme genutzt wurden.

Seitens der Stadt wurde die Nutzung der Abwasserwärmenutzung geprüft.

5.3.7 Umweltwärme

Die Nutzung von Umweltwärme erfolgt im Wesentlichen durch Luft- oder Erdwärmepumpen. Die Hilfsenergie zum Betrieb der Kompressoren ist in der Regel Strom.

Angaben über die Zahl von Wärmepumpen bzw. den hierfür benötigten Strombedarf liegen nicht vor.

5.3.8 Biomasse

Die Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung kann in Biogasanlagen erfolgen oder durch die Nutzung von Restholz.

Über die Wärmenutzung der Biogasanlagen liegen keine Angaben vor. Nach Angaben der Landwirtschaftskammer erfolgt in der Regel eine Nutzung der Wärme in den landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden, wobei nicht die gesamte Wärme genutzt wird.

Die Mengen an Holzeinsatz zur Wärmeerzeugung wurden oben bereits dargestellt (vgl. Kap. 4.4.). Aus dem Bestand der Holzfeuerungen auf Basis von Stückholz errechnet sich ein jährlicher Holzeinsatz von 10,12 GWh; dies entspricht ca. 2.530 fm Holz[12]. Zu diesen Mengen sind noch die Kleinmengen hinzuzurechnen, die als Brennholz dem Wald von Privatpersonen entnommen und in Einzelöfen verfeuert werden. Legt man die allgemeinen Erfahrungen mit „Brennholzsammlern“ zu Grunde, so dürfte das Potenzial zur Restholznutzung aus dem Wald in Warendorf weitestgehend ausgeschöpft sein.

5.3.9 Gesamtsumme erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung

Bereits heute wird in Warendorf Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt. Dabei spielt insbesondere Windkraft eine bedeutende Rolle.

[12] Grundlage dieser Abschätzung ist ein Jahresnutzungsgrad von 75 %.

Stromquelle	Mio. kWh	Anteil (%)
Photovoltaik (1037Anlagen; 22,26 MW)	18,40	12,0
Wind (20 Anlagen, 28,91 MW)	45,72	29,8
Biomasse (17 Anlagen, 2,7 MW)	20,80	13,6
Klärgas (1 Anlage, 130 kW)	0,79	0,5
Summe	**85,71**	**55,9**

Tabelle 17: Strombereitstellung durch erneuerbare Energien

Damit wurde 2011 mehr 55 % des Strombedarfs aus erneuerbaren Energien erzeugt, die in Warendorf stehen. Dieser Anteil dürfte mittlerweile höher liegen.

Auf Grund der Vergütung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2009 ist davon auszugehen, dass der in den Windkraftanlagen und durch Photovoltaik erzeugte Strom komplett ins Netz eingespeist wurde. Bei Biogasanlagen wird der Strom teilweise selbst genutzt.

5.3.10 Kraft-Wärme-Kopplung (Erdgas/Heizöl)

Über Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung liegen nur Daten bzgl. der Anlagen vor, die eine Förderung gemäß des Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetzes (KWKG) erhalten. Als Energieträger werden Erdgas und Heizöl eingesetzt.

Insgesamt gab es in Warendorf geförderte KWK-Anlagen mit einer Leistung von 351,5 kW Leistung. Mit Ausnahme einer Anlage mit 42 kW und einer Anlage mit 27 kW elektrischer Leistung lag die elektrische Leistung unter 20 kW_{el}, n der Regel unter 10 kW. Insgesamt gab es 34 KWK-Anlagen in Warendorf.

Über Anlagen, die keine Vergütung aus dem KWKG mehr erhalten, liegen keine Angaben vor. Bekannt sind lediglich eine Anlage der WEV im Hallenbad sowie eine Anlage im Krankenhaus.

5.4 Energieverbrauch nach Sektoren

Der Energieverbrauch kann mit Hilfe der oben genannten statistischen Daten auf die einzelnen Sektoren aufgeteilt werden. Unterschieden werden die Sektoren

- Haushalte
- Industrie/Gewerbe/Handel/Dienstleistung
- Verkehr.

Unter Industrie wird das verarbeitende Gewerbe verstanden. Zu Gewerbe, Handel und Dienstleistung zählen alle Verbraucher, die nicht zu den Haushalten oder der Industrie zu zählen sind. Hierzu zählen somit neben dem Handwerk auch Handel, Verwaltung oder Einrichtungen des Gesundheitswesens.

Grundsätzlich ist die Trennung zwischen den Sektoren – insbesondere zwischen Industrie und Gewerbe/Handel/Dienstleistung - mit Unsicherheiten behaftet, da eine exakte Verbrauchsermittlung nicht vorliegt. So sind oft im selben Gebäude Wohnungen und Gewerbe untergebracht, die über eine Heizungsanlage versorgt werden. Auch die Trennung der von den Versorgern angegebenen Verbräuche der Sondervertragskunden in Industrie und Gewerbe/Handel/Dienstleistung ist nicht eindeutig. Daher wurden folgende Annahmen getroffen:

- Der Wärmeverbrauch der Haushalte ergibt sich aus den spezifischen Verbräuchen je m² Wohnfläche. Von den Gas-Tarifkunden wurden diese abgezogen, der Rest wurde dem Sektor Industrie/Gewerbe/Handel/Dienstleistung zugeschlagen. Analog wurde beim Tarifstrom verfahren. Durch dieses Verfahren kann der Energieverbrauch der Haushalte gut abgeschätzt werden.
- Der Gas- und Stromverbrauch der Industrie bzw. des Bereichs Gewerbe/Handel/Dienstleistung wurde zusammengefasst.
- Die Holzfeuerungen wurden bei Anlagen bis zu 50 kW den Haushalten zugeordnet, größere Anlagen dem Bereich Gewerbe.

5.4.1 Verbrauch gesamt nach Sektoren

Die Anteile der einzelnen Energieträger in den Verbrauchssektoren sind unterschiedlich.

Energieverbrauch nach Sektoren (GWh)	Haushalte	Ind/GHD	Summe
Erdgas	128,57	96,79	225,36
Flüssiggas	2,65	0,00	2,65
Heizöl	62,64	23,77	86,41
Holz	6,64	3,48	10,12
Wärme	0,00	0,00	0,00
Strom	55,46	96,59	152,04
Summe	255,96	220,62	476,58

Tabelle 18: Energieverbrauch 2011 nach Sektoren (in Mio. kWh = GWh)

Bei den Brennstoffen dominieren die Haushalte. Dagegen überwiegt beim Stromverbrauch die Bedeutung von Handel, Gewerbe, Dienstleistung sowie der Industrie.

5.4.2 Haushalte

Die Beheizung der Haushalte erfolgt überwiegend mit Erdgas, aber auch Heizöl spielt mit ca. einem Drittel des Energiebedarfs eine wichtige Rolle. Der Anteil von Holz ist im Vergleich zu anderen Städten hoch. Heizstrom spielt in Warendorf keine nennenswerte Rolle.

Haushalte Heizung[13]	**Energieverbrauch**	
	Mio. kWh/a	**%**
Erdgas	128,57	63,97
Flüssiggas	2,65	1,32
Heizöl	62,64	31,17
Fernwärme	0,00	0,00
Heizstrom	0,48	0,24
Holz	6,64	3,30
Summe	**200,98**	**100,00**

Tabelle 19: Heizenergieverbrauch Haushalt

Haushalte Strom	**Mio kWh/a**
Haushaltsstrom	54,98

Tabelle 20: Stromverbrauch Haushalte (ohne Heizstrom)

Legt man die oben dargestellten Gebäudeflächen für Ein- und Zweifamilienhäuser zu Grunde, so ist ermittelbar, wie hoch der Energieverbrauch für Beheizung in welchem Gebäudetyp ist.

[13] Die Angaben beziehen sich auf den unteren Heizwert H_i.

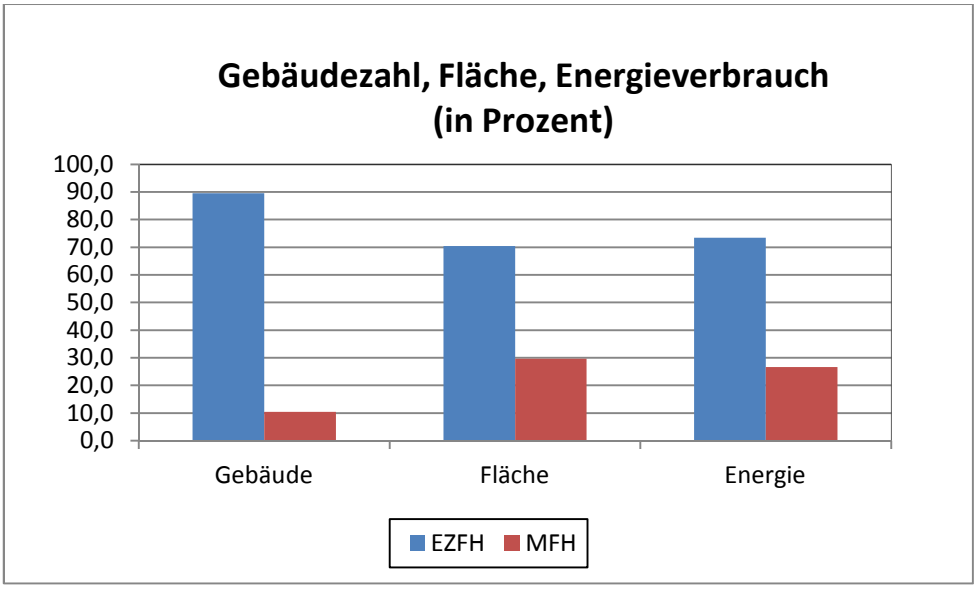

Abbildung 15: Gebäude, Wohnfläche und Energieverbrauch für Heizung von Wohngebäuden

Betrachtet man die Ein- und Zweifamilienhäuser sowie die Mehrfamilienhäuser getrennt, so ergibt sich, dass der weit überwiegende Energieverbrauch der Wohngebäude für Heizung und Warmwasserversorgung auf die Ein- und Zweifamilienhäuser entfällt.

5.4.3 Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen

Die Sektoren Industrie, Handel, Gewerbe, Dienstleistung sind zusammengefasst dargestellt, da eine Differenzierung nicht sinnvoll ist. Damit ergeben sich die nachfolgenden Anteile am Endenergiebedarf.

Industrie, Gewerbe, Handel Dienstleistung[14]	**Energieverbrauch**	
	Mio. kWh/a	**%**
Erdgas	96,79	43,87
Flüssiggas	0,00	0,00
Heizöl	23,77	10,77
Holz	3,48	1,58
Wärme	0,00	0,00
Strom	96,59	43,78
Summe	**220,62**	**100,00**

Tabelle 21: Endenergiebedarf Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistung

[14] Die Angaben beziehen sich auf den unteren Heizwert H_i.

In diesem Sektor fällt ein nicht erheblicher Anteil des Energiebedarfs für Prozessenergie an. Der Anteil von Strom liegt oberhalb des bundesdeutschen Durchschnitts (33 %) in diesem Verbrauchssektor.

5.4.4 Verkehr

Im Bereich des Verkehrs wurde nur der örtliche Verkehr und hier der motorisierte Individualverkehr berücksichtigt. Dieser kann über die Anzahl der vorhandenen PKW abgeschätzt werden. Bei überörtlichem Verkehr gibt es für die Stadt Warendorf keine Handlungsoptionen, so dass eine Mitbilanzierung nicht sachgerecht ist. Über die LKW-Fahrten liegen keine gesicherten Erkenntnisse vor; diese wurden im Rahmen des Verkehrsentwicklungsplans nicht erfasst.

Da keine Angaben über die Nutzung des ÖPNV in Warendorf vorliegen konnte dieser ebenfalls nicht bilanziert werden.

5.4.5 Städtischer Energieverbrauch

Die Stadt Warendorf selbst betreibt verschiedene Gebäude wie z. B. Schulen, das Rathaus, Kindergärten, Betriebsgebäude, Sportheime und Wohngebäude. Hinzu kommt die Straßenbeleuchtung. Auch die Bereiche Abwasser und Abfall müssen berücksichtigt werden.

5.4.5.1 Energieverbrauch öffentlicher Gebäude

Als Konsequenz aus dem Klimaschutzteilkonzept für die öffentlichen Gebäude, dass 2011 erstellt wurde, wurden einerseits Gebäudesanierungen in Angriff genommen; andererseits wurde beschlossen, ein Energiemanagement aufzubauen.

Für die städtischen Gebäude ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Verbräuche.

Stadt Warendorf	Wärme	Strom
Gebäude	6.740.826	1.245.931
Straßenbeleuchtung		610.000
Summe	6.740.826	1.855.931

Tabelle 22: Energieverbräuche städtische Liegenschaften (in kWh) 2011

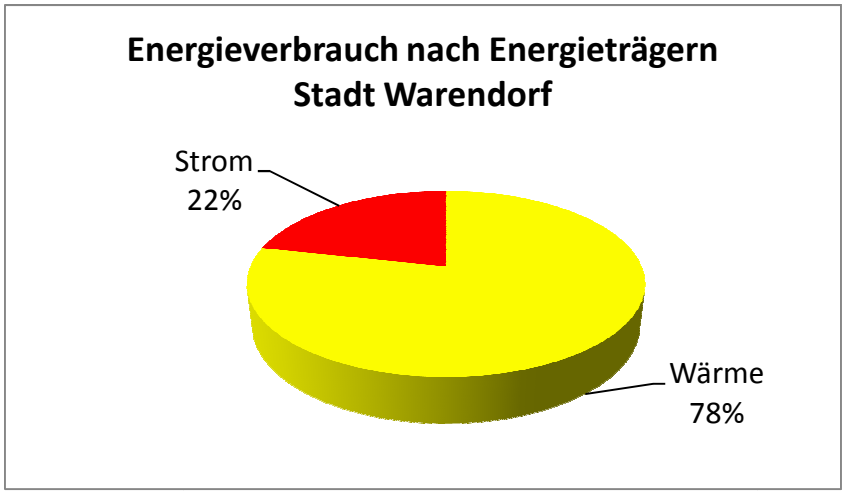

Abbildung 16: Anteile am Endenergieverbrauch städtischer Gebäude und Straßenbeleuchtung

Die Stadt setzt bereits heute im Bereich der Wärmeerzeugung fast ausschließlich Erdgas ein.

Der Anteil der Stadt am Energieverbrauch in Warendorf liegt bei Wärmeanwendungen bei 2,08 % und bei Strom bei 1,22 %. Dies liegt in der üblichen Größenordnung, ist aber gemessen am gesamten Energieverbrauch in Warendorf gering.

Die Stadt beabsichtigt, die im Klimaschutzteilkonzept erarbeiteten Maßnahmen schrittweise umzusetzen. Zudem gibt es einen Beschluss, bis zum Jahr 2030 CO_2-eine neutrale Stadtverwaltung zu werden.

5.4.5.2 Abfall

Die Abfallentsorgung erfolgt über den Kreis Warendorf. Daher ergeben sich auf städtischer Ebene keine Handlungsoptionen.

5.4.5.3 Abwasser

Zu den Aktivitäten im Bereich Abwasser vgl. Kap. 5.3.6

5.5 Wirtschaftliche Effekte des Energieverbrauchs

Der Energieverbrauch verursacht einen Abfluss von Geldern aus Warendorf, da die Erzeugung der Energieträger bis auf Ausnahmen nicht in Warendorf stattfindet. Legt man einen mittleren Wärmepreis von 7 ct/kWh zu Grunde sowie einen Strompreis von 20 ct/kWh, so beträgt der Kaufkraftabfluss durch Energieverbrauch aus Warendorf 53,13 Mio. € pro Jahr.

Energieart	Mio. kWh/a	Mio. €/a
Strom (20 ct/kWh)	152,04	30,41
Wärmeenergie (7 ct/kWh)	324,54	22,72
Summe	**476,58**	**53,13**

Tabelle 23: Kaufkraftabfluss durch Energieverbrauch

Dieses Geld kann zum großen Teil in Warendorf verbleiben, denn viele Maßnahmen zum Klimaschutz sind wirtschaftlich. Zudem werden durch Klimaschutzmaßnahmen Arbeitsplätze vor Ort geschaffen.

6 CO_2-Bilanz

Aus den in Kapitel 5 dargestellten Energieverbräuchen für das Jahr 2011 können die CO_2-Emissionen berechnet werden. Dabei werden die jeweiligen Verbräuche mit spezifischen CO_2-Emissionsfaktoren je kWh Energieträger bewertet[15]. Basis hierfür bildet das Programm GEMIS 4.6.

In die CO_2-Emissionsfaktoren gehen nicht nur die bei der Verbrennung der Energieträger direkt freigesetzten CO_2-Emissionen ein, sondern auch Emissionen durch vorgelagerte Prozessketten. Hierzu zählen z. B.

- Umwandlungsverluste
- Transportverluste durch Druckerhöhungsstationen oder LKW
- Verluste bei der Gewinnung der Energieträger.

Zudem werden nicht nur die reinen CO_2-Emissionen berücksichtigt, sondern die äquivalenten Emissionen. Hierunter werden auch klimarelevante Emissionen von anderen Gasen verstanden wie z. B. Methan oder Lachgas, die in Zusammenhang mit Energieverbrauch freigesetzt werden. Damit werden alle klimarelevanten Emissionen berücksichtigt.

Mit Hilfe der in Kapitel 5 dargestellten Daten errechnet sich die CO_2-Bilanz für das Stadtgebiet Warendorf.

Die absoluten CO_2-Emissionen lagen im Jahr 2011 bei 203.751 Tonnen. Dies entspricht einem spezifischen Wert von 5,34 t/Einwohner.

CO_2 Emissionen	**2011**	**bereinigt**
absolut (t/a)	203.751	223.724
spezifisch (t/EW*a)	5,34	5,87

Tabelle 24: CO_2-Emissionen in Warendorf 2011

Das Jahr 2011 war wärmer als das langjährige Durchschnittsjahr. Berücksichtigt man dies und normiert die CO_2-Emissionen auf die langjährige Durchschnittstemperatur in Deutschland, so ergeben sich CO_2-Emissionen von 223.724 Tonnen sowie ein spezifischer Wert von 5,87 t/Einwohner.

[15] Zu den einzelnen Emissionsfaktoren vgl. Anhang

Bundesweit lagen die spezifischen äquivalenten CO_2-Emissionen 2011 ohne Land- und Forstwirtschaft bei insgesamt 10,2 t/EW.[16] Berücksichtigt werden muss hierbei, dass die überörtlichen CO_2-Emissionen wie z. B. überörtlicher Verkehr, landwirtschaftliche Prozesse oder Industrieproduktion außerhalb des Stadtgebiets in der vorliegenden Bilanz für Warendorf nicht enthalten sind.

6.1 CO_2-Bilanz nach Energieträgern

Von den Energieträgern hatte 2011 Strom mit 43 % der CO_2-Emissionen den größten Anteil an den Emissionen in Warendorf, gefolgt von Erdgas mit 28 %. Der hohe Anteil von Erdgas, das geringere spezifische CO_2-Emissionen verursacht als Heizöl, beruht auf dem vergleichsweise hohen Anteil von Erdgas am Wärmemarkt.

Der hohe Anteil von Strom ist darin zu sehen, dass der Anteil des Stromverbrauchs am Gesamtenergiebedarf in Warendorf relativ hoch ist.

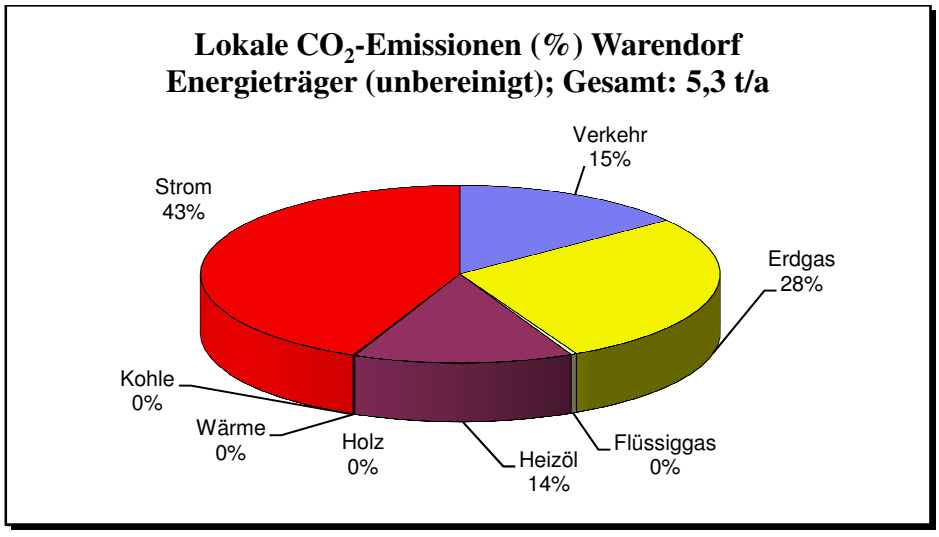

Abbildung 17: CO_2-Emissionen 2011 nach Energieträgern (Anteile)

[16] Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie; Energiedaten; Berlin, 02.11.2012

Energieträger		CO_2 unbereinigt			CO_2 witterungsbereinigt		
	CO_2	absolut	pro EW	%	absolut	pro EW	%
Verkehr	t/a	29.826	0,78	14,6	29.826	0,78	13,3
Erdgas	t/a	57.016	1,50	28,0	70.244	1,84	31,4
Flüssiggas		737	0,02	0,4	908	0,02	0,4
Heizöl	t/a	27.737	0,73	13,6	34.172	0,90	15,3
Holz	t/a	253	0,01	0,1	312	0,01	0,1
Strom	t/a	88.182	2,31	43,3	88.262	2,31	39,5
Summe		**203.751**	**5,34**	**100,0**	**223.724**	**5,87**	**100,0**

Tabelle 25: CO_2-Emissionen 2011 nach Energieträgern

Durch die Witterungsbereinigung verschieben sich die Anteile geringfügig. Witterungsbereinigt erhöhen sich die auf die Beheizung entfallenden Anteile am Energieverbrauch.

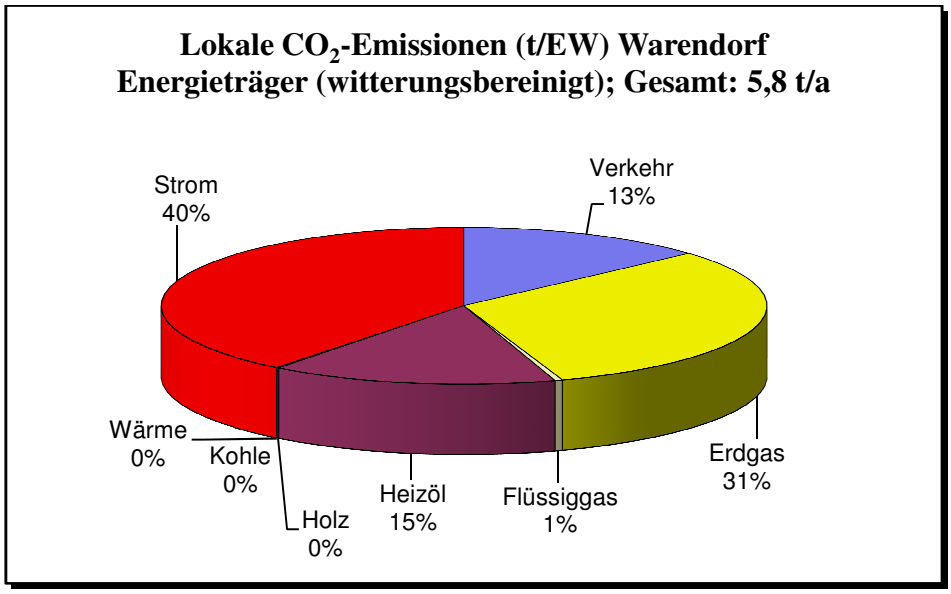

Abbildung 18: CO_2-Emissionen 2011 nach Energieträgern (witterungsbereinigt)

6.2 Bilanz nach Sektoren

Die Daten für die CO_2-Emissionen in Warendorf im Jahr 2011 sind in der Tabelle 26 enthalten. Haushalte und Industrie/Gewerbe liegen mit ihren Anteil an den örtlichen CO_2-Emissionen in etwa auf einer gleichen Größenordnung. Zu beachten sind die oben genannten Rahmenbedingungen zur Abgrenzung der Sektoren.

Gesamtergebnis nach Sektoren	CO_2	unbereinigt			witterungsbereinigt		
		Absolut	pro EW	%	absolut	pro EW	%
Haushalte	t/a	85.677	2,25	42,1	98.162	2,57	43,9
Industrie/GHD	t/a	88.178	2,31	43,3	95.650	2,51	42,8
Verkehr	t/a	29.826	0,78	14,6	29.826	0,78	13,3
Gesamtsumme	t/a	203.681	5,34	100,0	223.638	5,86	100,0

Tabelle 26: CO2-Emissionen 2011 nach Sektoren

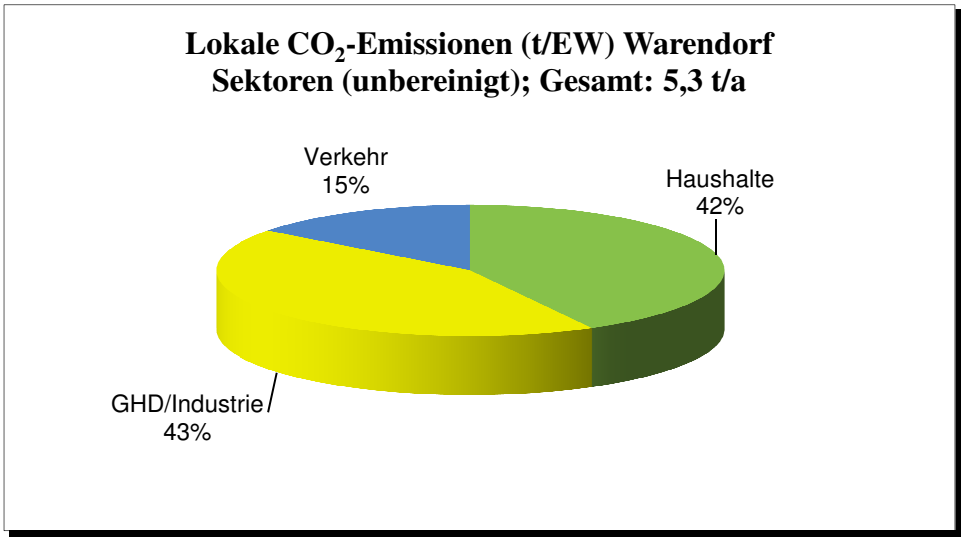

Abbildung 19: CO_2-Emissionen 2011 nach Sektoren (unbereinigt)

Witterungsbereinigt ergibt sich nur eine geringfügige Verschiebung der Anteile.

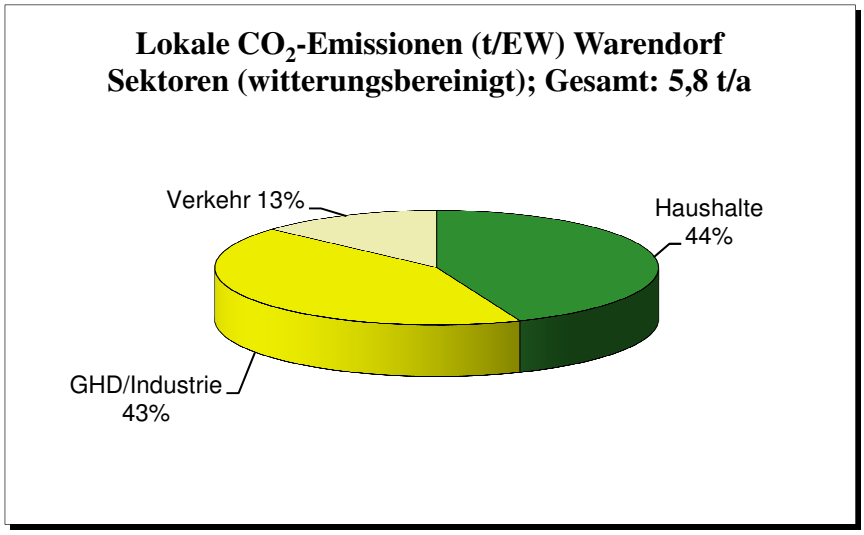

Abbildung 20: CO_2-Emissionen 2011 nach Sektoren (witterungsbereinigt)

Die Liegenschaften der Stadt selbst verursachen nur einen kleinen Teil der CO_2-Emissionen in Warendorf. 2011 wurden insgesamt 2.775 Tonnen CO_2 verursacht.

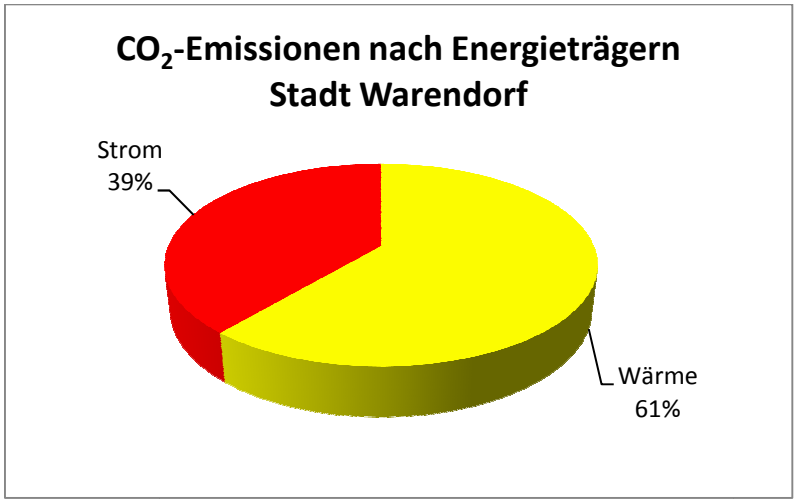

Abbildung 21: CO_2-Emissionen städtischer Gebäude sowie Straßenbeleuchtung

Der Anteil der städtischen Einrichtungen an den gesamten CO_2-Emissionen in Warendorf beträgt damit 1,36 %. Dies ist im Vergleich zu anderen Städten ein unterdurchschnittlicher Wert.

6.3 Reduktion durch erneuerbare Energien

Durch die in Warendorf vorhandene Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien werden bereits heute nennenswerte Mengen an CO_2 vermieden.

Insgesamt werden durch die Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 42.017 Tonnen CO_2 vermieden. Dies entspricht 1,1 Tonnen pro Einwohner oder 20 % der derzeitigen Emissionen.

	MWh/a	CO_2 (t/a)	t/EW
CO_2-Emissionen 2011		203.779	5,34
PV	18.396	-8.352	-0,22
Wind	45.717	-25.053	-0,66
Klärgas	792	-460	-0,01
Biogas	20.797	-8.152	-0,21
Summe	85.702	161.762	4,24
Gutschrift	t/a	-42.017	-1,10
	%		-20,62

Tabelle 27: Vermiedenen CO_2-Emissionen durch erneuerbare Energien zur Stromerzeugung

6.4 Bilanzierung ECO/Region

Seitens des Kreises Warendorf liegt eine Bilanzierung für die einzelnen kreisangehörigen Städte mit dem vom Land zur Verfügung gestellten Programms ECO/Region light vor. Dieses weicht erheblich von dieser hier erstellten detaillierten Bilanz ab.

Hierfür gibt es mehrere Gründe. Der wesentliche ist, das ECO/Region light mit vereinfachten Annahmen arbeitet, die in der Regeln von den örtlichen Daten abweichen, da sie aus bundesweiten Durchschnittswerten ermittelt werden. Hierzu zählen z. B.

- *Energieträger:* Daten über Öl-, Flüssiggas- und Holzheizungen lagen beim Kreis nicht vor, sie wurden für die Stadt im vorliegenden Konzept konkret ermittel und entsprechend berücksichtigt;
- *Witterungsbereinigung:* eine Witterungsbereinigung ist mit dem Programm ECO/Region light nicht möglich;
- *Verkehr:* ECO/Region legt für den Verkehr alle Verkehrsbewegungen in Deutschland zu Grunde wie z.B. Flugverkehr oder Fernverkehr; diese sind aber für ein örtliches Klimaschutzkonzept nicht von Bedeutung;

- *Gewerbe:* Der Energieverbrauch von Gewerbe wird nicht auf Basis der realen Verbräuche sondern auf Basis der Beschäftigten und bundestypischen Verbräuchen ermittelt;
- *spez. Heizenergieverbrauch:* Gebäude: hierfür liegen regionaltypische Daten vor, während ECO/Region light mit Bundesdaten arbeitet.

Um effiziente CO_2-Minderungsmaßnahmen zu entwickeln, ist eine möglichst genaue Ermittlung und Bilanzierung der örtlichen CO_2-Emissionen erforderlich.

6.5 Bewertung

Aus der vorliegenden Analyse können erste Hinweise für Ansatzpunkte zur Minderung der CO_2-Emissionen abgeleitet werden. Eine ausführliche Entwicklung von Maßnahmen erfolgt im Teil 2 dieser Untersuchung.

- Die örtlichen CO_2-Emissionen lagen 2011 mit 5,3 t/Einwohner niedrig.
- Haushalte verursachen witterungsbereinigt mit 43,9 % den größten Teil der CO_2-Emissionen. An zweiter Stelle kommen mit 42,8 % Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Sollen die anvisierten CO_2-Minderungsziele erreicht werden, so sind in beiden Sektoren signifikante Einsparungen erforderlich.
- Örtlicher Verkehr hat nur einen untergeordneten Anteil an den CO_2-Emissionen. Trotzdem sind hier Verbesserungen möglich. Dies gilt insbesondere für den Umstieg vom Auto auf das Fahrrad. Hinweise können dem VEP entnommen werden.
- Von den eingesetzten Energieträgern verursacht Strom den größten Teil der CO_2-Emissionen. Die Ursache ist der vergleichsweise hohe Stromanteil am Endenergiebedarf in Warendorf. Letzteres korrespondiert mit einem geringen Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung.
- Eine Reduzierung der CO_2-Emissionen durch Strom ist – neben einer Verbrauchsreduktion vor allem im Sektor Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistung –durch eine Verringerung der spezifischen CO_2-Emissionen möglich. Ansatzpunkte sind hier der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien.
- Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Strombereitstellung in Warendorf ist sehr gering. Möglichkeiten sind der Aufbau von Wärmeinseln sowie der Einsatz von objektbezogenen Blockheizkraftwerken in Gebäuden mit mittlerem und höherem Wärmebedarf.

- Der Anteil erneuerbarer Energien an der Strom- und Wärmeerzeugung ist in Warendorf mit 55 % bereits hoch. Ein weiterer Ausbau ist in Planung (Wind, Emskraftwerk). Durch die vorhandenen Anlagen werden bereits ca. 20 % der örtlichen CO_2-Emissionen vermieden.
- Die Wohngebäude sind wesentlich vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung 1978 gebaut worden. Daher ergibt sich hier ein nicht zu unterschätzender Sanierungsbedarf.
- Neben der Verbrauchsminderung ist eine Veränderung des Energieträgermixes im Wärmemarkt erforderlich. Es sollte eine Umstellung auf CO_2-arme und erneuerbare Energieträger erfolgen.
- Die Effizienz von Heizungsanlagen kann durch Sanierungen mit der besten Kesseltechnik, angepasste Heizleistungen und den Umstieg auf CO_2-arme Energieträger erreicht werden.
- Die CO_2-Emissionen der stadteigenen Liegenschaften sind mit 1,8 % gering.

7 Anhang

7.1 Grundlagen der Berechnung

7.1.1 Wirkungsgrad von Heizungsanlagen (zu Kap. 4.4)

Die Bezirksschornsteinfegermeister haben die ihnen vorliegenden Daten der überwachungspflichtigen Heizungsanlagen für diese Untersuchung zur Verfügung gestellt. Die Angaben sind differenziert nach

- Energieträger (Gas, Heizöl, Festbrennstoffe)
- Alter der Anlagen
- Leistungsklassen der Anlagen.

Aus diesen Daten lassen sich mit Hilfe von überschlägigen Jahresnutzungsgraden Energieverbräuche der jeweiligen Leistungs- und Altersklassen ermitteln. Die Grunddaten sind enthalten im Recknagel/Sprenger, S. 911ff.

7.1.2 Heizenergieverbrauch von Wohngebäuden (zu Kap. 5.4)

Über den Energieverbrauch von Wohngebäuden veröffentlicht die Techem AG jährlich eine ausführliche Dokumentation (vgl. Quellenhinweis). Hier sind die spezifischen Energieverbräuche von Wohngebäuden nach Größenklassen für verschiedene Städte bzgl. Postleitzahlbereichen aufgeführt. Allerdings liegen keine Werte speziell für Warendorf vor. Daher wurden die Werte für Gütersloh zu Grunde gelegt.

Die Techem AG wertet die Gebäude aus, in denen sie eine Heizkostenabrechnung erstellt. Dieses sind aber wesentlich größere Gebäude. Kleinere Gebäude, wie sie wesentlich in Warendorf vorkommen, haben einen höheren spezifischen Energieverbrauch als größere. Aus der Studie der Techem AG ergibt sich eine Gewichtung nach Gebäudegröße. Der spezifische Energieverbrauch wurde daher an die Gebäudestruktur in Warendorf angepasst.

7.1.3 Witterungsbereinigung

Die Witterungsbereinigung erfolgt entsprechend dem Verfahren der Energieeinsparverordnung, wie es in den zughörigen „ Regeln für Energieverbrauchskennwerte im Wohngebäudebestand“ bzw. „ Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand“ ausgeführt ist.

7.1.4 CO_2-Emissionsfaktoren (zu Kap. 6)

Kohlendioxid ist ein Gas, welches bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Energieträger entsteht, indem der Kohlenstoff des Energieträgers sich mit dem Sauerstoff der Verbrennungsluft verbindet. Damit ist die Höhe der CO_2-Emissionen direkt abhängig von der eingesetzten Brennstoffmenge.

Klimarelevant sind aber nicht nur die unmittelbar verursachten CO_2-Emissionen, die bei der Verbrennung in der Feuerungsanlage entstehen. Diese umfassen lediglich die örtlichen Emissionen. Zusätzlich müssen weitere klimarelevante Aspekte berücksichtigt werden.

- *Vorgelagerten Emissionen*: Hierunter fallen etwa die Emissionen, die durch den Energieaufwand an fossilen Energieträgern bei Transport (z. B. Tankwagen, Druckerhöhungsstationen, Übertragungsleitungen), Energieumwandlungen (Kraftwerke, Raffinerien) oder Energiegewinnung (Bergbau, Holzrücken, Holzpelletproduktion) verursacht werden.
- *Materialaufwand*: Um Energie bereit zu stellen, muss auch der Aufwand berücksichtigt werden, der zur Herstellung von Energieumwandlungssystemen erforderlich ist. Hierzu zählen z.B. die Siliziumproduktion für Solarzellen, die Stahlerzeugung für Windanlagen oder der Energieaufwand zur Herstellung eines Kraftwerks.
- *CO_2-äquivalente Emissionen*: Im Rahmen der Energienutzung werden auch weitere Spurengase freigesetzt, die ebenfalls in die Atmosphäre entweichen und dort zum Treibhauseffekt beitragen. Hierzu zählen z. B. Methan oder Lachgas. Die Klimarelevanz dieser Gase ist teilweise höher als die von CO_2. Im Rahmen der CO_2-Bilanz für Warendorf wurden die äquivalenten CO_2-Emissionen zu Grunde gelegt.

Die in Warendorf verursachten CO_2-Emissionen ergeben sich rechnerisch, indem der örtliche Energieverbrauch verschiedener Energieträger (kWh) mit einem Emissionsfaktor (g/kWh) multipliziert wird. In diesem Emissionsfaktor sind sowohl die Emissionen der vorgelagerten Prozessketten als auch die äquivalenten Emissionen berücksichtigt. Zu beachten ist, dass die Emissionsfaktoren auf den unteren Heizwert H_i bezogen sind. Die vom Gasversorger angegebenen Gasverbräuche müssen daher auf den unteren Heizwert umgerechnet werden.

Die Ermittlung der CO_2-Emissionsfaktoren erfolgt mit dem EDV-Programm GEMIS 4.7. Folgende Faktoren werden dabei berücksichtigt.

Treibhausgase [g/kWh]	CO_2- Äquivalent
Stromnetz-lokal BRD	580
Import-Steinkohle-Kraftwerk	1.086
Erdgas-BHKW 50 kW	404
Erdgas-BHKW 500 kW	377
Atomkraftwerk (AKW)	29
Wasser-Kraftwerk > 10 MW	40
Wind Park onshore	23
Wind Park offshore	22
Solar-PV (monokristallin)	134
Solar-PV (polykristallin)	126
Geothermie (ORC)	104
Deponiegas-GM	3
Klärgas-BHKW	4
Biogas-Gülle-BHKW	153
Biogas-Mais-BHKW	188
Rapsöl-BHKW	217
(Alt)Holz-Kraftwerk	15

Tabelle 28: CO_2-Emissionsfaktoren Strom

Als Emissionsfaktor für Strom wurde der bundesdeutsche Durchschnittswert angenommen, da keine Daten über die Stromlieferanten vorlagen.

Treibhausgase [g/kWh]	CO_2- Äquivalent
Erdgas HH/Kleinverbraucher	253
Öl-leicht HH/Kleinverbraucher	321
Benzin	330
Diesel	321

Tabelle 29: CO_2-Emissionsfaktoren fossile Energieträger (endenergiebezogen)

Für erneuerbare Energien können folgende Emissionsfaktoren angesetzt werden:

Treibhausgase [g/kWh]	CO_2- Äquivalent
Holz-Stücke-Hzg 100%	17
Holz-Hackschnitzel-Hzg 10 kW 100%	26
Holz- Hackschnitzel -Hzg 50 kW 100%	26
Holz-Pellet-Hzg 10 kW 100%	29
Holz-Pellet-Hzg 50 kW 100%	29
Stroh-Vergaser-Hzg 145 kW 100%	9
Biogas-Aufbereitung Endenergie	150
Holz-HS-HW 1 MW 100%	22
Holz-HS-HW 5 MW 100%	21
Stroh-Ballen-HW 5 MW 100%	20
Miscanthus-HW 5 MW 100%	31
Solar-Kollektor Cu Warmwasser 100%	45
Solar-Kollektor Vakuum Warmwasser 100%	26
Geothermie-HW 100%	20

Tabelle 30: CO_2-Emissionsfaktoren, erneuerbare Energieträger (endenergiebezogen)

Treibhausgase [g/1000 P*km]	CO_2- Äquivalent
Pkw-Diesel-klein	159.836
Pkw-Diesel-mittel-	216.199
Pkw-Diesel-groß	276.520
Pkw-Otto-klein	211.487
Pkw-Otto-mittel	269.924
Pkw-Otto-groß	346.440
Bus-Linie	65.586
Bus-Reise	51.089
Straßen/U-Bahn	62.780
Zug-Nahverkehr-elektrisch	80.706
Zug-Nahverkehr-Diesel	96.558
Zug-Fernverkehr-elektrisch	14.133
Flugzeug-Inland	205.879
Flugzeug-international	140.589

Tabelle 31: CO_2-Emissionsfaktoren, Personenverkehr

7.2 Quellen

Die für diese Untersuchung verwandten Daten stammen aus folgenden Quellen:

Inhalt	**Quelle**
Örtliche Strukturdaten	Stadt Warendorf; IT.NRW
Energieverbrauch Daten zu KWK-Anlagen und Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien	WEV RWE AG
Spezifischer Heizenergieverbrauch	Techem AG
Überwachungspflichtige Heizungsanlagen 2011	Erhebung der Warendorfer Bezirksschornsteinfegermeister
Zulassungszahlen MIV allgemeine statistische Daten	IT.NRW
Daten zu bundesweiten Energieverbräuchen und CO_2-Emissionen	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

1. Techem AG; Energiekennwerte; Eschborn 2012
2. Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.7; Darmstadt 2011
3. Deutscher Wetterdienst 2012; www.dwd.de
4. IT.NRW; Die Gemeinden Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf 2012
5. Recknagel/Sprenger; Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 09/10; München 2009
6. DIW; Mobilität in Deutschland; Berlin 2008
7. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; Energiedaten; 19.4.2012
8. Verkehrsentwicklungsplan; Warendorf 2012
9. Regeln für Energieverbrauchskennwerte im Wohngebäudebestand; Berlin, 30.7.2009
10. Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand
11. www.solarbundesliga.de

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: CO_2-Emissionen nach Energieträgern 7
Abbildung 2: Endenergiebedarf nach Energieträgern (%) 8
Abbildung 3: CO_2-Emissionen 2011 nach Anwendungen (in Prozent)..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
Abbildung 4: CO_2-Emissionen nach Sektoren (witterungsbereinigt) 8
Abbildung 5: Wohngebäude nach Altersklassen..... 9
Abbildung 6: Alter von Heizungsanlagen 9
Abbildung 7: Flächennutzung in Warendorf 2011 11
Abbildung 8: Wohngebäude nach Altersklassen..... 13
Abbildung 9: Wohngebäude, Wohnflächen, Energiebedarf 14
Abbildung 10: Heizungsanlagen nach Brennstoffen 15
Abbildung 11: Gas- und Ölanlagen nach Leistungsklassen 16
Abbildung 12: Gas- und Ölanlagen nach Alter 16
Abbildung 13: Heizungsanlagen nach Altersklassen 17
Abbildung 14: Endenergiebedarf nach Endenergieträgern 2011 (unbereinigt) 21
Abbildung 15: Endenergiebedarf am Wärmemarkt (GWh/a)..... 21
Abbildung 16: Gebäude, Wohnfläche und Energieverbrauch für Heizung von Wohngebäuden..... 29
Abbildung 17: Anteile am Endenergieverbrauch städtischer Gebäude und Straßenbeleuchtung..... 31
Abbildung 18: CO_2-Emissionen 2011 nach Energieträgern (Anteile) 34
Abbildung 19: CO_2-Emissionen 2011 nach Energieträgern (witterungsbereinigt)..... 35
Abbildung 20: CO_2-Emissionen 2011 nach Sektoren (unbereinigt)..... 36
Abbildung 21: CO_2-Emissionen 2011 nach Sektoren (witterungsbereinigt) 37
Abbildung 22: CO_2-Emissionen städtischer Gebäude sowie Straßenbeleuchtung 37