

4 TECHNISCHE CO₂-REDUKTIONSPOTENTIALE AM BEISPIEL GÜTERSLOH

Das technische Reduktionspotential für die Stadt Gütersloh wird durch die Anwendung der in Kapitel 3 vorgestellten Methode herausgearbeitet. Zunächst wird die Wahl Güterslohs als Beispielkommune begründet und die Vorgehensweise an die Besonderheiten angepaßt (Kap. 4.1). Danach wird die Bestandsaufnahme (Kap. 4.2) vorgestellt. Darauf basiert die Ableitung technischer Reduktionspotentiale (Kap. 4.3). Diese werden einzeln nacheinander erläutert und abschließend vergleichend bewertet (Kap. 4.4).

4.1 Anpassung der Vorgehensweise an das Beispiel

Die Ausgangssituation in der Stadt Gütersloh wird vorgestellt und deren Eignung eingeschätzt. Daraufhin wird der Umgang mit lokalen Besonderheiten erläutert, insbesondere müssen Großunternehmen und kommunale Einrichtungen aus den analysierten Sektoren ausgeschlossen werden (Kap. 4.1.2). Die konkrete Vorgehensweise wird - zusammen mit weiteren Änderungen - daran angepaßt (Kap. 4.1.3). Abschließend wird der Umgang mit Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und die Witterungsbereinigung erläutert (Kap. 4.1.4).

4.1.1 Ausgangssituation in der Stadt Gütersloh

Gütersloh ist eine mittelgroße Stadt in Ost-Westfalen (NRW). Es liegt als kreisangehörige Stadt in einer ländlich geprägten Umgebung. Das nächste Oberzentrum ist Bielefeld in ca. 20 km Entfernung. Die Einwohnerzahl Güterslohs ist in den neunziger Jahren stark gewachsen (von 81.000 Einwohner 1990 auf 94.000 Einwohner 1998)²⁶⁶. Entsprechend hat die Zahl der Wohngebäude, vor allem der Einfamilienhäuser, zugenommen. Als Verwaltungszentrum des Kreises Gütersloh übt die Stadt zentrale Funktionen für die umliegenden Gemeinden aus. Daher ist der Dienstleistungsanteil vergleichsweise hoch.

Wirtschaftlich wird die Stadt von zwei Großunternehmen, Bertelsmann und Miele, dominiert, die etwa ein Drittel der Arbeitskräfte beschäftigen. Neben ca. 70 weiteren Industriebetrieben existieren rund 1.000 Handwerksunternehmen. Angesichts des branchentypisch hohen Energieverbrauchs in der Holzverarbeitung²⁶⁷ wird auch die Pfeleiderer AG mit rund 680 Beschäftigten als Großunternehmen behandelt.

Klimapolitisch ist die Stadtverwaltung bereits seit längerer Zeit aktiv. 1989 wurde ein Wärmeatlas erstellt, der neben der Verbrauchsstruktur im Raumwärmebereich auch Potentiale zur Biomassenutzung und zur gekoppelten Strom- und Nahwärmeerzeugung erarbeitet. Zwischen 1995 und 1997 wurde vom Umweltausschuß des Stadtrats eine Zusammenstellung von kommunalen Maßnahmen als „Klimaschutzkonzept“ beraten.²⁶⁸ Daran zeigt sich die Aufmerksamkeit, die die Politik dem Energiesektor schenkt. Gleichzeitig hat sich die Stadt 1995 durch die Mitgliedschaft im „Klima-Bündnis/ Alianza del Clima e.V.“ einem besonders anspruchsvollen Ziel verpflichtet: der Halbierung der CO₂-Emissionen bis

²⁶⁶ vgl. Deutscher Städtetag, 1999, S. 26

²⁶⁷ vgl. Gernhardt, 1996, S. 20: Etwa das Zehn- bis Zwanzigfache der meisten übrigen Industriebranchen.

²⁶⁸ vgl. Stadt Gütersloh, 1995, 1996 und 1997

2010.²⁶⁹ Ein großer Teil der 1995 beschlossenen Maßnahmen wurde direkt angegangen und ist bereits abgeschlossen.²⁷⁰ In der Umsetzung spielen die Stadtwerke Gütersloh (SWG) eine wichtige Rolle.

Die Stadtwerke Gütersloh (SWG) sind ein Querverbundunternehmen, das für das gesamte Stadtgebiet die Versorgung mit Strom und Gas betreibt. Die SWG befinden sich in einer wirtschaftlich guten Lage, da 1998 nur sehr wenige Verbraucher direkt vom übergeordneten Versorger (VEW) versorgt wurden (1 Stromkunde, 2 Gaskunden). Das örtliche Gasnetz ist flächendeckend ausgebaut und umfaßt sämtliche Siedlungsschwerpunkte. Lücken bestehen nur im Außenbereich. In Erwartung der Konkurrenz auf dem Strommarkt hat die klimaschützende Aktivität jedoch nachgelassen. Die politische Steuerbarkeit wird durch die Umwandlung in eine GmbH 1998 eingeschränkt.

Die Bebauungsstruktur Güterslohs entspricht in der Verteilung zwischen Ein- und Zweifamilienhäusern gegenüber Mehrfamilienhäusern dem NRW-Durchschnitt. (1988 haben 78% der Wohngebäude ein oder zwei Wohnungen.²⁷¹). In der Flächenaufteilung²⁷² ist vor allem der geringe Waldanteil (4,5%) auffällig (NRW: 25%). Die Siedlungsfläche hat mit 32% einen deutlich erhöhten Anteil (NRW: 20%). Die landwirtschaftliche Fläche ist mit 58% etwas höher als im Landesdurchschnitt (51%).

Eignung der Stadt

Gütersloh erfüllt die Anforderungen, die in Kapitel 3.4.3 (S. 82) für eine beispielhafte Durchführung gestellt wurden, weitgehend: die Stadt ist groß genug, kreisangehörig, und hat bereits viele Klimaschutzmaßnahmen durchgeführt. Stadtwerke versorgen die lokalen Abnehmer mit Strom und Gas. Problematisch ist die Dominanz von drei Unternehmen im Energieverbrauch des Industriesektors. Dieser Nachteil ist jedoch durch eine gezielte Einzelerhebung ausgleichbar. Nicht zuletzt das ehrgeizige Ziel der Kommunalpolitik, 50% Reduktion der CO₂-Emissionen bis 2010, läßt eine genaue Analyse der tatsächlichen Reduktionspotentiale in Gütersloh sinnvoll erscheinen.

4.1.2 Umgang mit örtlichen Besonderheiten

Zunächst werden die wichtigsten Besonderheiten vorgestellt, die berücksichtigt werden. Teilweise sind sie bereits vor Beginn der Analyse erkennbar gewesen, teilweise erst während der Datenerhebung. Es handelt sich um die gesonderte Erfassung von Großunternehmen und kommunalen Einrichtungen, die gemeinsame Erhebung des Verbrauchs von GHD und Industrie, sowie die Abschätzung des Öl- und Kohleverbrauchs. Zusätzlich wird der Energieträger Nahwärme einbezogen.

²⁶⁹ vgl. Stadt Gütersloh, 1995, S. 3 (Beschluß) / Klima-Bündnis, URL: <http://www.klimabuendnis.org/kbhome/> (Stand Oktober 2000) (Ziel)

²⁷⁰ P. Greulich (Stadt GT), mündl. Auskunft, Januar 2000

²⁷¹ vgl. EUCON, 1989 (Tabelle 10): Gütersloh 1988 / vgl. LDS, 1990, S. 402f: NRW 1989: 77%

²⁷² Gütersloh 1999: T. Fredricksen (Stadt GT), mündl. Auskunft, August 2000 / NRW-Durchschnittswerte 1998: vgl. LDS, 1999, S. 34f

Großunternehmen und kommunalen Einrichtungen

Wie bereits erwähnt, ist anzunehmen, daß die drei größten Unternehmen den Energieverbrauch der Industrie dominieren. Wenn ein Drittel der Beschäftigten in nur drei Unternehmen tätig sind, liefert die Nutzung statistischer Durchschnittswerte zur Berechnung der Verwendungszwecke nur eingeschränkt taugliche Ergebnisse, da Durchschnittsannahmen über Prozesse zugrunde liegen, die individuell ganz anders gestalten sein können. Der tatsächliche Energieverbrauch pro Beschäftigtem wird durch die Produktionsmethoden eines Unternehmens bestimmt. Ein sehr großes Unternehmen beeinflusst daher den Durchschnitt stark. Um diese Abweichungen zu vermeiden, werden die herausragend großen Unternehmen ausgeschlossen. Diese werden als Großunternehmen separat auf ihren Verbrauch hin untersucht. Ihr Verbrauch muß über eine direkte Befragung ermittelt und vom Gesamtverbrauch der Sektoren Industrie bzw. GHD abgezogen werden. Eine kennwertbasierte Ableitung ist nicht tragbar.

Auch die Stadtverwaltung einschließlich der ausgegliederten Organisationen (Städtisches Krankenhaus, SWG, u.a.) wird nicht in den Sektor GHD eingegliedert, da die Stadt in der Lage ist, die Reduktionspotentiale in ihren eigenen Einrichtungen viel genauer einzeln einzuschätzen. Der Verbrauch wird durch die Befragung der Stadt und der Stadtwerke ermittelt. Dieser Verbrauch ist bei Gas und Strom ohnehin nicht im GHD-Verbrauch enthalten, so daß kein Herausrechnen erforderlich ist.

Durch die separate Erfassung des Energieverbrauchs von Großunternehmen und kommunalen Einrichtungen müssen die dort Beschäftigten von den Gesamt-Beschäftigtenzahlen abgezogen werden. Der Gesamtverbrauch Endenergie wird um diese beiden zusätzlichen „Sektoren“ ergänzt. Die genaue Änderung der Vorgehensweise wird in Kapitel 4.1.3 (S. 86) dargestellt.

Die Ermittlung von Reduktionspotentialen bezieht sich ausschließlich auf die drei Sektoren Haushalte, GHD und Industrie. Für die Großunternehmen sind auch Potential-Kennwerte nicht sinnvoll anwendbar. Eine spezifische Potentialanalyse für einzelne Unternehmen wiederum ist nicht Inhalt der Vorbereitung eines kommunalen Konzepts.

Verbrauch von GHD und Industrie

Der Gesamtverbrauch je Energieträger der Sektoren GHD und Industrie kann nur gemeinsam erfaßt werden, da die Verbrauchsdaten für Strom und Gas bei den Stadtwerken nicht in einer geeigneten Differenzierung vorliegen (s. Tab. A-2, S. A-4). Die Aufteilung erfolgt im Rahmen der Differenzierung in Verwendungszwecke anhand der berechneten Bedarfs-werte (s. Abb. 16, S. 87).

Verbrauchserhebung für Öl und Kohle

Die Erhebung des Öl- und Kohleverbrauchs ist nur unvollständig gelungen, da insbesondere ein größerer Gütersloher Ölhändler die Weitergabe von Informationen verweigert hat. Es ist erforderlich, die entsprechenden Gesamtverbräuche abzuschätzen. Dies erfolgt nach Sektoren getrennt. Allerdings werden GHD und Industrie gemeinsam abgeschätzt, da der

übrige Endenergieverbrauch dieser Sektoren ebenfalls gemeinsam erfaßt ist. Die erhobenen Teilverbräuche fließen in die Schätzung ein, doch können nicht explizit vorgestellt werden, da die Absatzdaten von nur drei Händlern eingeflossen sind.²⁷³

Endenergieträger Nahwärme

Als zusätzlicher Endenergieträger wird in Gütersloh Nahwärme verwendet. Da diese größtenteils von Stadt und Großunternehmen erzeugt und genutzt wird, ist keine zusätzliche Erhebung erforderlich. Die Abgabe an Industrieunternehmen wird von dem Nahwärme-produzierenden Großunternehmen erfragt.

4.1.3 Konkrete Vorgehensweise zur Bestandsaufnahme

Diese Besonderheiten beeinflussen die Bestandsaufnahme. Das konkrete Vorgehen wird entlang der gegenüber Kap. 3.3.1 (S. 75) veränderten Verfahrensschritten vorgestellt. Die Ermittlung technischer Potentiale wird gegenüber Kap. 3.3.2 (S. 77) nicht verändert.

Gesamtverbrauch Endenergie

Der Verbrauch der Großunternehmen und der kommunalen Einrichtungen wird direkt von diesen Verbrauchern erhoben. Die Verbrauchsdaten sind bereits nach Endenergieträgern unterteilt. Teilweise beziehen Großunternehmen Energie zur Endenergieerzeugung in KWK-Anlagen. Dieser Verbrauch wird als Sekundärenergie behandelt und nicht erfaßt. Statt dessen wird der erzeugte Strom und die Nahwärme in den Gesamtverbrauch Endenergie einbezogen. Als Umstrukturierung (s. Abb. 15) wird die Neugliederung der Einzelwerte bezeichnet. Dabei werden Doppelerfassungen von Verbrauchsbestandteilen beseitigt (s. Kap. 4.1.2, S. 84, Großunternehmen). Um diese zu erkennen, sind von den Großunternehmen zusätzlich Informationen über ihre Energielieferanten erhoben worden.

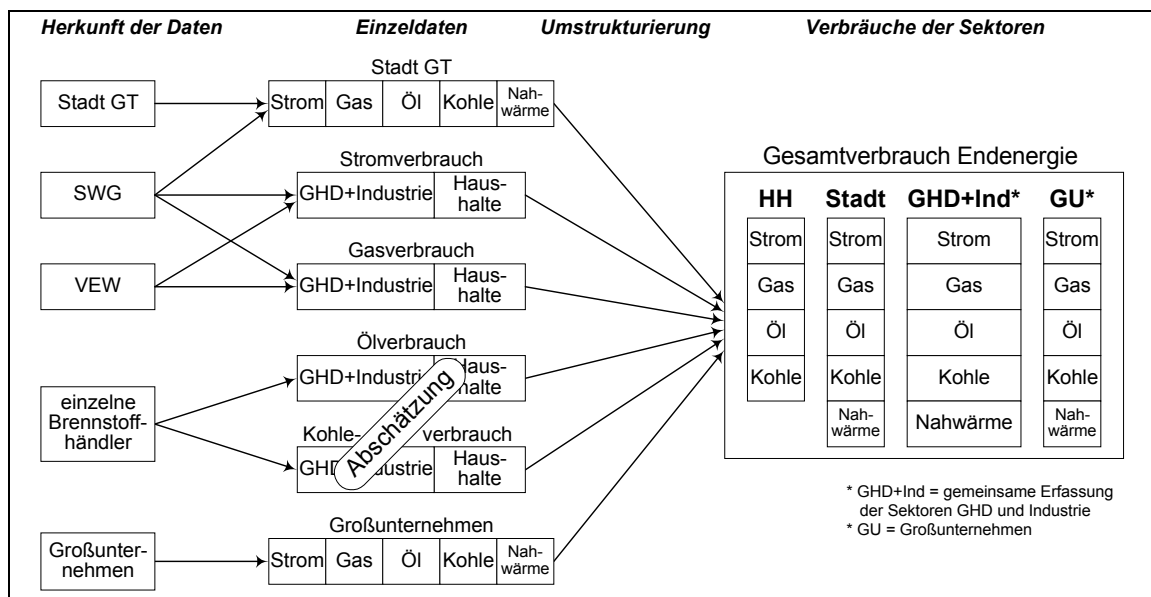


Abb. 15 Die konkrete Erfassung des Gesamtverbrauchs Endenergie in GT

Quelle: Konkretisierung von Abb. 13 (S. 76)

²⁷³ Es besteht eine Verschwiegenheitspflicht bezüglich der erhaltenen Unternehmensdaten.

Differenzierung in Verwendungszwecke

Ausgehend von dem ermittelten „Gesamtverbrauch Endenergie“ werden die Verbräuche nun zusätzlich nach ihren Verwendungszwecken differenziert, um später konkrete Handlungspotentiale abschätzen zu können. Abb. 16 stellt das gegenüber Abb. 14 (S. 76) veränderte Vorgehen dar. Darunter sind die Änderungen erläutert.

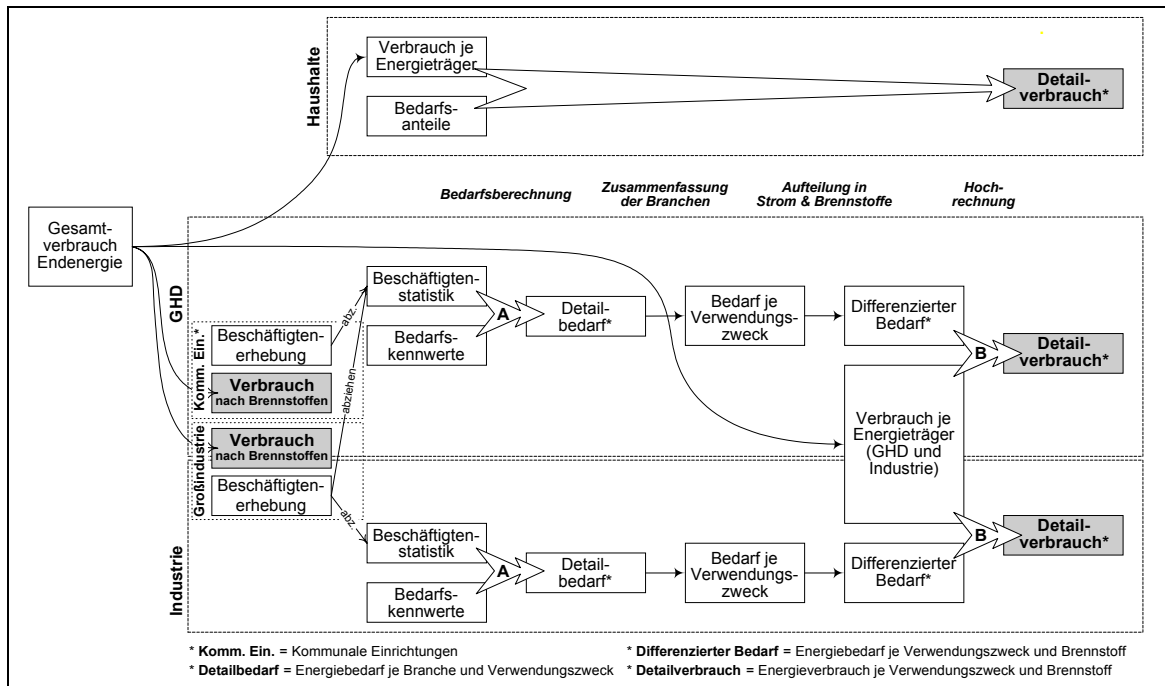


Abb. 16 Die konkrete Differenzierung des Gesamtverbrauchs Endenergie in GT

Quelle: Konkretisierung von Abb. 14 (S. 76)

Großindustrie/ kommunale Einrichtungen

Die Ausgliederung von Großindustrie und kommunalen Einrichtungen bedeutet die Bildung zweier zusätzlicher „Sektoren“ (s. Abb. 16, gepunktete Kästen), die sich innerhalb der Sektoren Industrie und GHD befinden. Die Großunternehmen werden teilweise der Industrie und teilweise dem Sektor GHD zugeordnet, da es sich bei einem Unternehmen um einen Konzern handelt, in dem die Energieversorgung größtenteils zentral geregelt wird. Rechtlich handelt es sich jedoch um eine Vielzahl von Unternehmen, die statistisch teilweise dem Sektor GHD zugeschlagen werden. Die kommunalen Einrichtungen sind vollständig im Sektor GHD enthalten. Entsprechend der Zuordnung zu den ursprünglichen Sektoren werden die Beschäftigten der Stadt und der Großindustrie aus den Beschäftigtenstatistiken herausgerechnet (s. Abb. 16, beschriftete Pfeile).

Trennung der Verbräuche von GHD und Industrie

Aufgrund der gemeinsamen Erfassung des Endenergieverbrauchs von GHD und Industrie erfolgt die Hochrechnung der „differenzierten Bedarfe“ (s. Abb. 16, S. 87) anhand gemeinsamer Faktoren. Der gemeinsame Brennstoffverbrauch wird durch die Summe der Brennstoffbedarfe der beiden Sektoren geteilt. Der daraus resultierende „Brennstoff-Faktor“

dient in jedem der beiden Sektoren zur Hochrechnung der Brennstoff-Bedarfswerte je Verwendungszweck zum Verbrauch (je Verwendungszweck). Ebenso wird aus dem gesamten Stromverbrauch von GHD und Industrie und der Summe der beiden Strombedarfe ein „Strom-Faktor“ gebildet, anhand dessen die Strombedarfe zu -verbräuchen hochgerechnet werden.

Prozeßwärme

Dieser Verwendungszweck weist einige Besonderheiten auf. Bei Haushalten werden drei Teilgruppen unterschieden: Prozeßwärme zum Kochen, Prozeßwärme in Elektrogeräten mit Wassererwärmung und Prozeßwärme in sonstigen Elektrogeräten.²⁷⁴ Im Sektor GHD ist der Warmwasserbedarf im Verwendungszweck Prozeßwärme enthalten. In der Industrie wird die Prozeßwärme in verschiedene Temperaturniveaus unterteilt. Die zusätzlichen Differenzierungen werden nur innerhalb von Berechnungen genutzt, aber nicht dargestellt.

Verwendbare Ergebnisse

Die erhobenen Verbrauchswerte der Großunternehmen und der kommunalen Einrichtungen sind nicht in Verwendungszwecke unterteilt, da eine derartige Gliederung nicht verfügbar ist. Entsprechend wird der Verbrauch nur für den witterungsbereinigten Gesamtverbrauch Güterslohs herangezogen (s. S. 89). Dazu werden die fünf grau unterlegten Kästen in Abb. 16 (S. 87) verwendet. Abschließend werden diese Energieverbrauchswerte in CO₂-Emissionen umgerechnet. Die weitere Analyse bezieht sich ausschließlich auf die drei (in Emissionsmengen umgerechneten) Detailverbräuche der Sektoren Haushalte, GHD und Industrie (Abb. 16, S. 87, rechten Rand). Die Reduktionspotentiale umfassen somit nicht die Großunternehmen und den kommunalen Verbrauch.

4.1.4 Untergeordnete Entscheidungen zur Berechnung der Emissionen

Im folgenden werden zwei untergeordnete Elemente der Verbrauchsberechnung vorgestellt, die weder die generelle Methode beeinflussen, noch Gütersloh-spezifisch sind. Jedoch sind die Klärung zur Berechnung der Verbräuche und Emissionen erforderlich.

Umgang mit KWK-Anlagen/ Zuweisung der Emissionen

In KWK-Anlagen wird Strom und Nahwärme erzeugt. Da die Aufteilung in Verwendungszwecke auch auf der Art des Endenergieträgers beruht, ist es erforderlich, den verwendeten Endenergieträger zu kennen. Soweit die Anlagen von den Stadtwerken betrieben werden, ist der Umgang damit problemlos: die Stadtwerke als örtliches EVU verkaufen die selbst erzeugten Endenergien Strom und Nahwärme. Sofern jedoch Endverbraucher KWK-Anlagen zur Eigennutzung betreiben, handelt es sich theoretisch bei dem Brennstoff zum Betrieb der Anlage bereits um Endenergie. Diese wird in der Anlage in eine „Endenergie zweiter Ordnung“ (Strom und Nahwärme) umgewandelt, bevor sie genutzt wird. Diese Energieformen sind schwierig zu klassifizieren.

²⁷⁴ vgl. Ziolk et al, 1996, S. 6 - 9

Zur Vereinfachung wird der Eingangsbrennstoff für sämtliche KWK-Anlagen als Primärenergie behandelt, selbst wenn er sich bereits im Besitz eines Endverbrauchers befindet. Die zur KWK genutzten Brennstoffe werden entsprechend aus der Endenergiebilanz ausgeschlossen. Als Endenergie wird der Output einer KWK-Anlage einbezogen, also Strom und Nahwärme. Der Emissionsfaktor der erzeugten Endenergie wird aus dem Brennstoffinput der Anlage errechnet. Es wird eine Zuordnungsmethode gewählt, die ebenfalls zur Abschätzung von Reduktionspotentialen verwendet werden kann. Zur Verteilung der Emissionen auf Strom und Wärme sind mehrere Methoden üblich.²⁷⁵

- Die Gutschriftenmethode rechnet die Emissionen der Anlage gegen die eingesparten Emissionen der Stromproduktion im Verbundnetz auf. Die Restemissionen (teilweise negativ) werden der Wärme zugerechnet. Dies ist ungeeignet, da die Ergebnisse stark von der Erzeugungsweise im Verbundnetz abhängen. Ein direkter Vergleich mit anderen Technologien ist nicht möglich.
- Ein Vorgehen gemäß dem Brennstoffmehraufwand für die Strom- oder Wärmeauskopplung definiert eine Energieform als Haupterzeugnis, der die Emissionen einer alleinigen Produktion zugewiesen werden, während der anderen die Emissionen zugerechnet werden, die bei gemeinsamer Erzeugung durch den Brennstoffmehraufwand entstehen. Bei einem festem Strom-Wärme-Verhältnis ist diese Berechnungsweise ungeeignet, da es keinen „Mehr“-Aufwand gibt, wenn keine einzelne Erzeugung einer Energieform möglich ist. Weiterhin sind die erforderlichen Daten für die bestehenden Anlagen nicht verfügbar.
- Die Aufteilung der Emissionen gemäß dem Exergiegehalt²⁷⁶ bedeutet, daß als Basis einer gleichmäßigen Aufteilung der Emissionen der Exergiegehalt der Energieform verwendet wird. Da die erzeugte Wärme jedoch genau als Wärme benötigt wird, spielt der Exergiegehalt keine Rolle. Er ist somit kein geeignetes Maß zur Gewichtung der Emissionen.

Da die genannten Methoden für diese Arbeit ungeeignet sind, wird folgende, einfache Zuordnung verwendet. Für die gesamte, erzeugte Energiemenge wird ein Emissionsfaktor gebildet, ohne zwischen Elektrizität und Wärme zu unterscheiden. Dadurch entstehen überdurchschnittliche hohe Emissionen für die erzeugte Wärme bei sehr niedrigen Emissionen für die Elektrizität. Dies erscheint nicht unplausibel, da die Wärmeerzeugung aus KWK an sich kein erstrebenswertes Ziel ist, sondern in Kauf genommen wird, um die Emissionen der Stromerzeugung drastisch zu reduzieren.

Witterungsbereinigung

Der Verbrauch zur Raumwärmeerzeugung ist stark von den Temperaturen abhängig, die in einem Jahr herrschen. Dieser Einfluß wird durch einen Witterungsfaktor ausgeglichen, der aus den Gradtagszahlen errechnet wird. Es handelt sich um eine Aggregation der täglichen

²⁷⁵ vgl. Fischer/Kallen, 1997, S. 120f

²⁷⁶ Das ist der Anteil der Energie, der in jede andere Energieform umgewandelt werden könnte. Für Nahwärme ist etwa ein Exergiegehalt von 10 bis 15% anzunehmen, für Strom 100%.

Durchschnittstemperaturen eines Jahres, die auf den Heizbedarf ausgerichtet ist. Je höher der Wert, desto kälter war das betreffende Jahr. Die Relation zum langjährigen Mittelwert für die Gemeinde ist als Korrekturfaktor für den Energieverbrauch zur Raumwärmeerzeugung geeignet.²⁷⁷

Für Gütersloh ermitteln die Stadtwerke die Gradtagszahlen. 1998 war mit einer Gradtagszahl von 3406,2 ein relativ warmes Jahr. Das langjährige Mittel beträgt 3719,98 in Gütersloh.²⁷⁸ Aus der Division der Werte folgt ein Korrekturfaktor von 1,0921, um den Raumwärmeverbrauch von 1998 an durchschnittliche Verhältnisse anzupassen.

4.2 Bestandsaufnahme der CO₂-Emissionen in Gütersloh

Dieses Kapitel stellt die konkrete Aufnahme des Gesamtverbrauchs in Gütersloh und die Differenzierung in Verwendungszwecke vor. Darauf folgt die Umrechnung der Energieverbräuche in Emissionen und abschließend eine Übersicht über den Verbrauch. Die Gliederung orientiert sich an der Vorgehensweise nach Kapitel 4.1.3 (S. 86). Details der Erhebungen und die Erläuterung von Abschätzungen werden im Anhang (S. A-4) genauer dargestellt.

Als Basisjahr der Analyse wird 1998 gewählt. Es handelt sich um das letzte Jahr, für das bereits zu Beginn der Diplomarbeit alle Daten zur Verfügung stehen. Weiterhin hat sich die Neuordnung der Energiemärkte noch nicht auf die Kunden ausgewirkt, so daß die lokalen Versorger noch den gesamten Verbrauch umfassen.

4.2.1 Erhebung des „Gesamtverbrauchs Endenergie“

Die Erhebung der Einzeldaten wird in die Gruppen Strom und Gas sowie Öl und Kohle geteilt, da die Informationen zu diesen Energieträgern jeweils aus den gleichen Quellen stammen. Weiterhin werden die Verbrauchsdaten von den Großunternehmen und kommunalen Einrichtungen erfaßt. Die Darstellung des „Gesamtverbrauchs Endenergie“ schließt das Kapitel ab.

Strom und Gas

Die Stadtwerke Gütersloh (SWG) beliefern genau das Gebiet der Stadt Gütersloh und haben dort 1998 fast sämtliche Kunden versorgt. Durch die jährlichen Geschäftsberichte sind die Abgabedaten für Strom und Gas öffentlich zugänglich. Die Aufteilung der Tarifstruktur von Strom und Gas auf die Sektoren ist jedoch nur durch zusätzliche Auskünfte auf Basis der internen Verkaufsberichte und der Kundendateien möglich gewesen (s. S. A-4).²⁷⁹ Dabei ist eine Differenzierung zwischen GHD und Industrie nicht möglich, da diese Zuordnung für die SWG keine Rolle spielt und daher nicht erfaßt wird. Die direkte Strom- und Gasabgabe des vorgelagerten Versorgers, der Vereinigten Elektrizitätswerke Westfalen

²⁷⁷ vgl. Fischer/Kallen, 1997, S. 385

²⁷⁸ E. Roettger (Stadt GT), schriftl. Auskunft, April 2000

²⁷⁹ SWG, 1999 B

(VEW), erfolgt ausschließlich an Unternehmen, also eindeutig an die Sektoren GHD und Industrie. Die Aufteilung der erhobenen Daten ist in Tab. 4 (S. 92) dargestellt.

Öl und Kohle

Der Öl- und Kohleverbrauch muß abgeschätzt werden, da die Erhebung der Daten vom Brennstoffhandel (s. Kap. 4.1.2, S. 85) gescheitert ist. Dies geschieht für Haushalte und GHD/ Industrie auf unterschiedlichen Wegen. Bereits erhobene Daten werden zur Abschätzung der Plausibilität des abgeschätzten Verbrauchs genutzt.

Haushalte

Die Abschätzung des Brennstoffverbrauchs (außer Erdgas) der Haushalte basiert auf der Annahme, daß dieser vollständig zur Raumwärmeerzeugung (Öl auch zur Warmwassererzeugung) verwendet wird. Weiterhin wird vorausgesetzt, daß der Gebäudeenergieverbrauch weitgehend unabhängig vom zur Beheizung verwendeten Energieträger ist. Unter diesen Annahmen wird der Verbrauch der Brennstoffe (außer Erdgas) aus dem Erdgasverbrauch hochgerechnet.²⁸⁰ Dazu werden der Gütersloher Raumwärme-Energiesplit²⁸¹ für 1998 und die durchschnittlichen energieträgerspezifischen Wirkungsgrade von Heizungsanlagen verwendet. Der Heizölverbrauch wird zusätzlich um den Bedarf für die Warmwasserbereitung ergänzt. Die genaue Berechnung ist im Anhang (S. A-4), die Ergebnisse sind in Tab. 4 (S. 92), dargestellt.

GHD/ Industrie

Der Öl- und Kohleverbrauch der Unternehmen läßt sich nicht aus dem Raumwärmeverbrauch berechnen, da die Brennstoffe in diesen Sektoren großteils zur Prozeßwärmegestaltung eingesetzt werden. Der Verbrauch wird daher anhand mehrerer Anhaltspunkte geschätzt. Wie in Kapitel 4.1.3 erläutert, bezieht sich auch die Abschätzung nicht auf Großunternehmen und kommunale Einrichtungen.

Als Anhaltspunkte werden herangezogen: der Wärmetlas Gütersloh²⁸², der für die wesentlichen Einzelverbraucher 1989 den Brennstoffbedarf differenziert erhoben hat, das Emissionskataster Luft NRW²⁸³, das alle genehmigungspflichtigen größeren Anlagen für 1996/97 auflistet, und der Brennstoffbedarf aus den Berechnungen zur Verbrauchsdifferenzierung. Die Anhaltspunkte werden im Anhang erläutert (S. A-7), die Schlußfolgerung ist in Tab. 4 (S. 92) enthalten.

Großunternehmen

Die Verbrauchsdaten der Großunternehmen werden durch die Befragung von Ansprechpartnern in diesen Unternehmen gewonnen.²⁸⁴ Miele hat die benötigten Informationen im

²⁸⁰ vgl. Fischer/ Kallen, 1997, S. 102f

²⁸¹ d.h. die prozentualen Anteile der Energieträger an der Beheizung der Gebäude.

²⁸² vgl. EUCON, 1989

²⁸³ vgl. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA), 1999

²⁸⁴ Herr Niedick (Bertelsmann AG), mündl. Auskunft, Mai 2000 / Bertelsmann AG, 2000 / O. Maasjost (Pfleiderer AG), schriftl. Auskunft, Mai 2000

Rahmen eines Umweltberichts im Internet veröffentlicht.²⁸⁵ Es sind keine Abschätzungen erforderlich. Die Erhebung hat die ursprüngliche Vermutung über die Höhe der Energieverbräuche bestätigt. Dies kann aus der Relation zum Verbrauch von GHD/ Industrie in Tab. 4 (S. 92) entnommen werden. Die Einzelverbräuche der Unternehmen werden auf deren Wunsch nicht dargestellt. Eine Witterungsbereinigung der Verbräuche erfolgt nicht, da die Raumwärmeanteile unbekannt sind.

Kommunale Einrichtungen

Der Verbrauch der kommunalen Einrichtungen wird ebenfalls über die direkte Erhebung ermittelt. Gas-, Nahwärme und Stromverbrauch werden durch die SWG separat erfaßt,²⁸⁶ und der übrige Brennstoffverbrauch der kommunalen Gebäude wurde in der Stadtverwaltung erfragt.²⁸⁷ Es sind keine Abschätzungen erforderlich.

Die Verteilungsverluste des städtischen Stromnetzes werden vom Verbrauch der Stadtwerke selbst getrennt und die zugehörigen Emissionen auf die von der SWG verteilte Strommenge umgelegt. Für das Gasnetz sind keine Daten zu Verteilungsverlusten erhältlich. Durch zwei KWK-Anlagen beliefert die SWG die Stadt teilweise mit Nahwärme. Der übrige Verbrauch der SWG wird als Endverbrauch behandelt. Nicht im Verbrauch enthalten ist die Klärgasnutzung in den beiden Gütersloher Klärwerken. Dort wird das anfallende Klärgas in KWK zur Endenergieerzeugung für den Eigenbedarf eingesetzt. Da Klärgas als emissionsneutraler Reststoff behandelt wird, beeinflußt dies die Emissionsbilanz nicht. Eine Witterungsbereinigung des Verbrauchs erfolgt nicht, da die Raumwärmeanteile teilweise unbekannt sind. Der erfaßte Verbrauch ist im Folgeabschnitt dargestellt.

Gesamtverbrauch Endenergie

Der Gesamtverbrauch Endenergie wird in Tab. 4 dargestellt:

	Haushalte	Kommunale Einrichtungen	GHD/ Industrie	Großunternehmen
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Strom	141.001	26.406	229.763	260.807
Erdgas	567.542	45.309	816.635	187.087
Heizöl (EL bzw. L)	306.362	2.499	100.000	45.024
Kohle	3.295	0	0	12.410
Nahwärme	0	8.522	2.605	136.325
Sonstige Energieträger	773	0	0	161.005

Tab. 4 Gesamtverbrauch Endenergie (GT, 1998)

Datenbasis: Anhang (S. A-4 - A-9)

Die sonstigen Energieträger ist im Sektor Haushalte die Summe der nicht aufgeführten Energieträger (z.B. Flüssiggas, Holz, Solarthermie und Wärmepumpen).²⁸⁸ Bei Großunternehmen handelt es sich ausschließlich um industrielles Restholz.

²⁸⁵ vgl. Miele & cie., 2000, S. 24

²⁸⁶ SWG, 1999 B / M. Schnitker (SWG), schriftl. Auskunft, April 2000

²⁸⁷ E. Roettger (Stadt GT), schriftl. Auskunft, April und Mai 2000

²⁸⁸ vgl. LDS, 1999 A, S. 375f

4.2.2 Differenzierung in Verwendungszwecke

Nachdem der Gesamtverbrauch Endenergie je Sektor ermittelt wurde, werden die Verbräuche der Sektoren Haushalte, GHD und Industrie nun zusätzlich nach ihrem Verwendungszweck differenziert. Gleichzeitig wird der Verbrauch der Sektoren GHD und Industrie voneinander getrennt. Diese Aufspaltung in Verwendungszwecke ist erforderlich, um die Reduktionspotentiale abschätzen zu können (s. Kap. 3.3.1, S. 75, Verwendungszwecke). Die Vorgehensweise ist in Abb. 16 (S. 87) dargestellt. Zusätzlich erfolgt die Witterungsbereinigung der Raumwärmeverbräuche.

Detailverbrauch im Sektor „Haushalte“

Die Aufteilung des Gesamtverbrauchs in Verwendungszwecke erfolgt anhand von Kennwerten je Energieträger. Diese werden einzeln vorgestellt. Die Abschätzung des Verbrauchs für den Verwendungszweck Warmwasser wird gesondert erläutert, da sie mehrere Energieträger betrifft.

Warmwasser

Die Nutzung des absoluten Verbrauchskennwerts ist erforderlich, da mehrere Brennstoffe mit ähnlich hohen Anteilen zur Deckung des Warmwasserbedarfs beitragen. Das Verhältnis der Energieträger untereinander bleibt dadurch gewahrt. Da es sich um einen sehr homogenen Verbrauch handelt, erscheint die Verwendung eines bundesweiten absoluten Kennwerts zusammen mit den relativen Kennwerten insbesondere bei der Differenzierung des Stromverbrauchs möglich. Dies ist in Abb. 16 (S. 87) vernachlässigt.

Der Warmwasserbedarf wird aus dem Nutzenergiebedarf (680 kWh pro Jahr und Einwohner)²⁸⁹ und der Bevölkerungszahl (s. Kap. 4.1.1, S. 83) errechnet. Der gesamte Nutzenergiebedarf Warmwasser beträgt demnach knapp 64.000 MWh/a.

Der Stromanteil wird gemäß dem Endbericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ aus Einzelwerten für Küche und Bad auf 30% geschätzt.²⁹⁰ Der verbleibende Brennstoffanteil von 70% wird auf Erdgas und Heizöl als den wesentlichen Brennstoffen aufgeteilt. Auf der Grundlage des Raumwärme-Endenergiesplits der Haushalte (s. Tab. A-3, S. A-5) wird der Rest zu 65% aus Erdgas und zu 35% aus Heizöl gedeckt. Für jeden Energieträger wird aus der Nutzenergiemenge anhand seines spezifischen Nutzungsgrades der Endenergiebedarf berechnet.

			Strom	Erdgas	Heizöl
1	Relativer Anteil am Nutzenergiebedarf	[%]	30	45,5	24,5
2	Absoluter Anteil am Nutzenergiebedarf	[MWh/a]	19.200	29.100	15.700
3	Nutzungsgrad	[%]	90	64	58
4	Endenergiebedarf	[MWh/a]	21.300	45.500	27.000

Tab. 5 Berechnung des Endenergiebedarfs Warmwasser (GT, 1998)

Quelle: Enquete-Kommission, 1994, S. 133 (Zeile 1) / Prognos AG, 2000, S. 250 (Zeile 3)

²⁸⁹ vgl. Ziolk et al, 1996, S. 10

²⁹⁰ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 133

Elektrizität

Elektrizität wird von den Haushalten zu allen Verwendungszwecken eingesetzt. Teilweise sind die Verbräuche anderweitig bereits ermittelt worden: Warmwasser (s. Tab. 5). Der Heizstromverbrauch für Speicherheizungen wird der Tarifstruktur der SWG entnommen: Schwachlasttarif und Nachtstrom (Tab. A-2, S. A-4). Diese Verbräuche werden nicht in die kennwertbezogene Aufteilung einbezogen.

Der übrige Verbrauch wird anhand von Kennwerten zugeordnet (s. Tab. 6). Diese basieren auf der Zuordnung der Haushaltsgeräte zu einzelnen Verwendungszwecken (s. Anhang, S. A-9). Die zusätzliche Untergliederung in drei Prozeßwärmetypen basiert auf der Vorgehensweise von Ziolk²⁹¹ und erleichtert später die Zuordnung von Reduktionspotentialen. Die Differenzierung wird durchweg verwendet, aber größtenteils zur Verbesserung der Übersichtlichkeit auf die Darstellung verzichtet.

		Raum- wärme	Prozeß- wärme 1	Prozeß- wärme 2	Prozeß- wärme 3	Kraft	Beleuch- tung	Kommu- nikation
Anteil	[%]	4,4	15,2	13,7	7,6	35,5	12,0	11,7
Verbrauch	[MWh/a]	4.829	16.901	15.183	8.429	39.337	13.262	13.008

Prozeßwärme 1 = Prozeßwärme (Kochen)
 Prozeßwärme 2 = Prozeßwärme (Geräte mit Wassererwärmung)
 Prozeßwärme 3 = Prozeßwärme (sonstige Elektrogeräte)

Tab. 6 Kennwerte zur Differenzierung des Stromverbrauchs der Haushalte (Stand 1990)

Datenbasis: Enquete-Kommission, 1994, S. 133, 140 / Tab. A-5 (S. A-10) (Anteil)

Der Raumwärmeverbrauch einschließlich Speicherheizungen wird daraufhin witterungsbereinigt, der Prozeßwärmeverbrauch zusammengefaßt. Die Ergebnisse sind in Tab. 7 (S. 95) dargestellt.

Erdgas

Erdgas wird vor allem zur Raumwärmebereitstellung eingesetzt. Zusätzlich erfolgt die Verwendung zur Warmwasserbereitung und in geringem Umfang zur Prozeßwärmegewinnung (Kochen). Die Nicht-Raumwärme-Anteile werden aus absoluten Kennwerten berechnet und vom Gesamtverbrauch Erdgas abgezogen. Der verbleibende Gasverbrauch dient zur Raumwärmeerzeugung.

Der Warmwasserbedarf wurde gesondert ermittelt (s. Tab. 5, S. 93). Der Prozeßwärmebedarf wird aus dem entsprechenden Stromverbrauch hochgerechnet. Laut Ziolk liegt in Privathaushalten das Verhältnis zwischen Gas- und Stromnutzung für die Prozeßwärmegewinnung (Kochen) bei 14% Gas zu 86% Strom.²⁹² Weiterhin ist der Endenergieverbrauch von Gasherden durchschnittlich 25% höher als der von Elektroherden.²⁹³ Unter Berücksichtigung dieser Faktoren ergibt sich ein Endenergieverbrauch von 3.440 MWh/a Erdgas für Prozeßwärme.

²⁹¹ vgl. Ziolk et al, 1996, S. 6 - 9

²⁹² vgl. Ziolk et al, 1996, S. 7

²⁹³ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 135

Nach Abzug von Warmwasserbedarf und Prozeßwärmeverbrauch wird der restliche Gasverbrauch als Raumwärmeverbrauch witterungsbereinigt (s. Kap. 4.1.4, S. 89). Das Ergebnis ist in Tab. 7 (S. 95) dargestellt.

Heizöl, Kohle und sonstige Brennstoffe

Diese Energieträger werden vornehmlich zur Raumwärmeerzeugung eingesetzt. Der Raumwärmeverbrauch (s. Anhang, Tab. A-4, S. A-6) wird wie in Kapitel 4.1.4 (S. 89) beschrieben witterungsbereinigt. Heizöl wird zusätzlich zur Warmwassererzeugung genutzt (s. Tab. 5, S. 93). Die Ergebnisse werden im folgenden Abschnitt dargestellt.

Ergebnis

Die Differenzierung des Gesamtverbrauchs der Haushalte (s. Tab. 4, S. 92) ergibt folgenden Detailverbrauch für den Sektor Haushalte: Tab. 7.

	Raumwärme	Warmwasser	Prozeßwärme	Kraft	Beleuchtung	Kommunikation
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Strom	14.812	21.320	40.513	39.337	13.262	13.008
Erdgas	566.408	45.471	3.439	-	-	-
Heizöl	305.078	27.017	-	-	-	-
Kohle	3.599	-	-	-	-	-
Sonstige	844	-	-	-	-	-

Tab. 7 Detailverbrauch Haushalte (GT, 1998)

Datenbasis: Tab. 5 (S. 93) / Tab. 6 (S. 94) / Tab. A-4 (S. A-6)

Detailverbrauch im Sektor „GHD“

Die generelle Vorgehensweise wird in Kapitel 3.3.1 (S. 75) beschrieben. Die konkrete Gliederung des Verbrauchs des Sektors GHD in Verwendungszwecke ist in Abb. 16 (S. 87) dargestellt. Den hier wesentlichen Bestandteil zeigt Abb. 17:

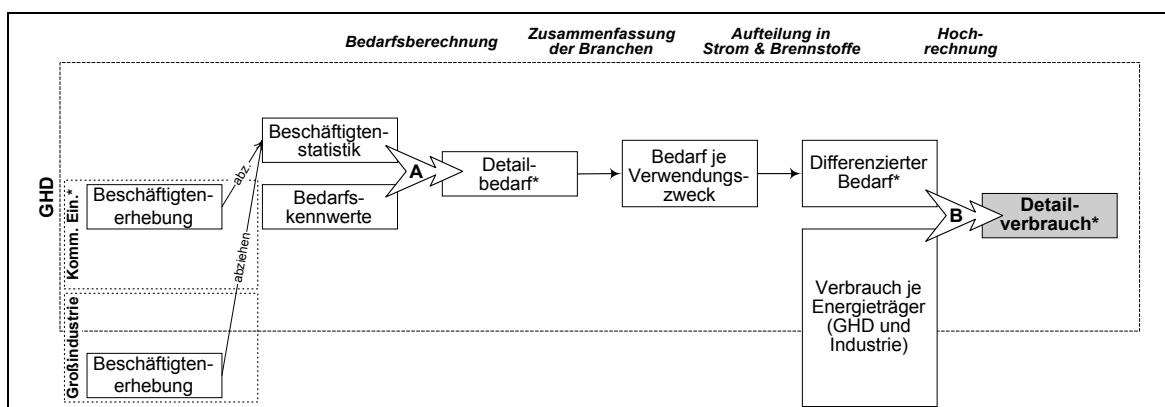


Abb. 17 Differenzierung des Verbrauchs im Sektor GHD in Verwendungszwecke

Quelle: Ausschnitt aus Abb. 16 (S. 87)

Zunächst wird eine geeignete Beschäftigtenstatistik zusammengestellt und von dieser die erhobenen Beschäftigten aus kommunalen Einrichtungen und den entsprechenden Bestandteilen der Großunternehmen abgezogen (s. Anhang, S. A-10). Die resultierenden Beschäftigtenzahlen werden mit den Bedarfskennwerten nach Geiger/ Gruber/ Megele multi-

pliziert.²⁹⁴ Dies ergibt den Detailbedarf. Die Kennwerte sind bis 1999 in einem Forschungsprojekt am Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) erarbeitet worden (s. Anhang, S. A-15). Der Verbrauch der „Branche“ Krankenhäuser wird nicht mit Hilfe der Beschäftigten, sondern durch Planbetten abgeschätzt. Diese sind für Krankenhäuser ein deutlich zuverlässigerer Indikator.²⁹⁵ Der Indikator wird genauso behandelt wie die Beschäftigten. Daher erfolgt im weiteren keine besondere Hervorhebung.

Die Summe der Einzelverbräuche je Branche (s. Abb. 17, S. 95, „Detailbedarf“) ergibt den Energiebedarf des Sektors GHD je Verwendungszweck - differenziert in Strom und Brennstoffe (s. Tab. 8).

	Raumwärme	Prozeßwärme	Kraft	Beleuchtung	Kommunikation
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Strom	2.116	24.778	29.124	30.954	7.458
Brennstoffe	256.413	55.762	-	-	-

Tab. 8 Energiebedarf je Verwendungszweck - Sektor GHD (GT, 1998)

Datenbasis: Tab. A-8 (S. A-14) / Tab. A-10 (S. A-16)

Der berechnete Raumwärmebedarf ist witterungsunabhängig. Vor einer Hochrechnung auf den Verbrauch werden die einbezogenen Verbrauchsmengen witterungsbereinigt (s. Anhang, S. A-18).

Die Aufteilung des Brennstoffbedarfs erfolgt sowohl für Raumwärme als auch für Prozeßwärme mangels weiterer Hinweise entsprechend dem Verhältnis von Gas zu Heizöl (bereinigter Endenergieverbrauch von GHD/Industrie): 8,56 zu 1.

Abschließend werden die differenzierten Bedarfswerte mit einem Korrekturfaktor (jeweils für Brennstoffe und Strom) multipliziert (s. Abb. 17, S. 95, Pfeil B). Dies ergibt den Detailverbrauch. Der Korrekturfaktor wird im Abschnitt „Trennung der Verbräuche von GHD und Industrie“ (S. 87) beschrieben. Die konkrete Ermittlung ist im Anhang dargestellt (S. A-18). Das Ergebnis - den Detailverbrauch - zeigt Tab. 9.

	Raumwärme	Prozeßwärme	Kraft	Beleuchtung	Kommunikation
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Strom	4.523	25.960	33.699	35.303	8.619
Erdgas	368.659	82.773	-	-	-
Heizöl	43.083	9.673	-	-	-

Tab. 9 Detailverbrauch GHD (GT, 1998)

Datenbasis: Tab. 8 (S. 96) / Tab. A-12 (S. A-18)

Detailverbrauch im Sektor Industrie

Die generelle Vorgehensweise ähnelt dem Vorgehen im Sektor GHD. Die konkrete Differenzierung in Verwendungszwecke stellt Abb. 16 (S. 87) dar. Den Ausschnitt Industrie zeigt Abb. 18.

²⁹⁴ vgl. Geiger/Gruber/Megele, 1999, S. 68f

²⁹⁵ vgl. Geiger/Gruber/Megele, 1999, S. 265ff

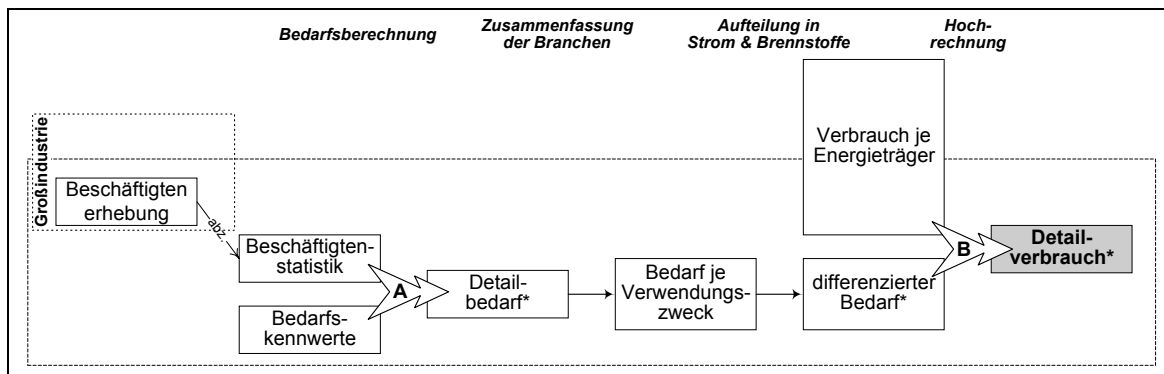


Abb. 18 Differenzierung des Verbrauchs im Sektor Industrie in Verwendungszwecke

Quelle: Ausschnitt aus Abb. 16 (S. 87)

Zunächst wird die Beschäftigtenstatistik aufbereitet und um die Beschäftigten der Großunternehmen korrigiert (s. Anhang, S. A-10). Als Endenergie-Bedarfskennwerte werden die differenzierten Bedarfskennwerte je Branche von Gernhardt und Ziolk übernommen.²⁹⁶ Die Kennwerte wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „Entwicklung eines wissensbasierten Systems zur Erstellung rationell und regenerativ orientierter Umstrukturierungsmaßnahmen für die kommunale Energieversorgung“ an der Ruhr-Universität Bochum erstellt. Sie basieren auf Durchschnittswerten für NRW von 1992. Die relative Aufteilung in Verwendungszwecke wird übernommen, doch der Gesamtverbrauch je Beschäftigtem je Branche auf 1998 aktualisiert (s. Anhang, S. A-16). Wie bereits im Sektor GHD werden anschließend die Beschäftigtenzahlen mit den Bedarfskennwerten (je Branche) multipliziert und zum Bedarf des Sektors zusammengefaßt (s. Tab. 10).

	Raumwärme	Warmwasser	Prozeß-wärme	Kraft	Beleuchtung	Kommunikation
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Strom	-	-	-	98.739	6.506	3.341
Brennstoffe	63.511	5.397	223.206	-	-	-

Tab. 10 Energiebedarf je Verwendungszweck - Sektor Industrie (GT, 1998)

Datenbasis: Tab. A-9 (S. A-15) / Tab. A-11 (S. A-17)

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die Zuordnung zu den Energieträgern an die Verwendungszwecke gekoppelt ist. Grundsätzlich nimmt Ziolk diese Aufteilung vor.²⁹⁷ Allerdings ist etwa ein Fünftel der Prozeßwärme nicht zuzuordnen und wird vereinfacht ebenfalls den Brennstoffen zugeschlagen (s. Anhang, S. A-16, Hochtemperatur-Prozeßwärme).

Die folgenden Schritte bestehen - wie bereits für den Sektor GHD erläutert - aus der Witterungsreinigung (s. Anhang, S. A-18), der Aufteilung des Brennstoffbedarfs in Gas und Öl (s. Abschnitt GHD, S. 95), sowie der Berechnung des Verbrauchs mit Hilfe der Korrekturfaktoren (s. Anhang, S. A-18). Das Ergebnis ist der Detailverbrauch (s. Tab. 11).

	Raumwärme	Warmwasser	Prozeß-wärme	Kraft	Beleuchtung	Kommunikation
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Strom	-	-	-	110.973	7.312	3.755

²⁹⁶ vgl. Gernhardt, 1996 / Ziolk et al, 1996

²⁹⁷ vgl. Ziolk et al., 1996, S. 3, 68f

Erdgas	85.899	7.516	310.841	-	-	-
Heizöl	10.039	878	36.326	-	-	-
Nahwärme	2.845	-	-	-	-	-

Tab. 11 Detailverbrauch Industrie (GT, 1998)

Datenbasis: Tab. 10 (S. 97) / Tab. A-12 (S. A-18)

4.2.3 Berechnung der Emissionen aus dem Energieverbrauch

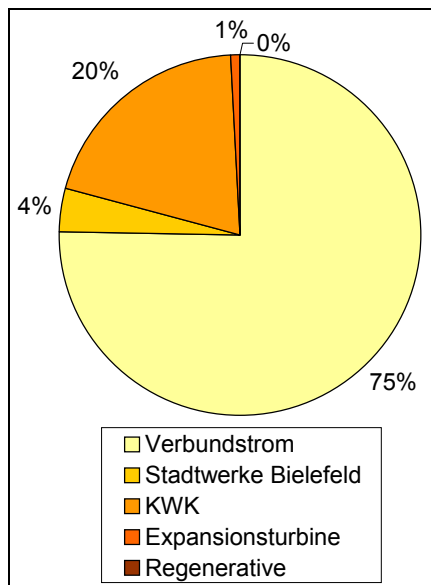
Die Umrechnung der Energiemengen in Kohlendioxid-Emissionen erfolgt durch die Multiplikation des energieträgerspezifischen Emissionskennwerts mit der jeweiligen Energiemenge. Es werden nur fossile CO₂-Emissionen eingerechnet (s. Kap. 3.2.5, S. 73).

Brennstoffe

Die verwendeten Emissionskennwerte samt den entsprechenden Vorprozessen werden den „Mini-Szenarien“ des Computerprogramms GEMIS²⁹⁸ entnommen, da diese Vorprozesse nicht ortsspezifisch sind (s. S. A-19).

Elektrizität und Nahwärme

Die Ermittlung der Emissionskennwerte für Elektrizität ist aufwendiger. Zwar entstehen durch die Nutzung keine Emissionen, doch die Vorprozesse (also die Stromerzeugung) und deren Emissionen sind teilweise ortsspezifisch. Gleiches gilt für Nahwärme.

**Abb. 19 Stromerzeugung und -bezug in Gütersloh**

Quelle: Tab. A-14 (S. A-20)

Für Strom wird die Erzeugungsstruktur erhoben, um den Emissionsfaktor bestimmen zu können. Dazu sind die Stadtwerke der zentrale Ansprechpartner. Der wesentliche Anteil des Gütersloher Stroms wird aus dem Verbundnetz importiert. Der Zukauf vom benachbarten Stadtwerk Bielefeld wird gesondert behandelt, da ein spezifischer Emissionsfaktor bekannt ist. Zusätzlich wird eine sehr geringe Menge Strom aus regenerativen Energieträgern bezogen (s. Abb. 19), in einer Gas-Expansionsturbine und in mehreren KWK-Anlagen erzeugt. Die nebenstehende Übersicht (s. Abb. 19) bezieht auch Strom ein, der in Unternehmen zum Eigenverbrauch erzeugt wird.

Der Emissionsfaktor wird für jede Erzeugungsanlage und Bezugsquelle einzeln erfasst. Für den von der VEW bezogenen Strom („Verbundstrom“) wird der Emissionskennwert aus dem westdeutschen Verbundnetz herangezogen, da auf dieser Ebene regelmäßig Strom ausgetauscht wird.²⁹⁹ Für die Stadtwerke Bielefeld sowie die regenerativen Erzeugungsanlagen sind Emissionskennwerte verfügbar (s. Tab. A-15, S. A-20).

²⁹⁸ vgl. Rausch/Fritsche, 1999 und 2000: (Prozesse: Mini-Szenarien)²⁹⁹ vgl. Fischer/Kallen, 1997, S. 119

Für Stromerzeugungsanlagen, die in Gütersloh fossil betrieben werden, wird der Emissionsfaktor aus dem Brennstoffverbrauch der Anlage in 1998 errechnet. Dazu wird der Brennstoffverbrauch mit dem entsprechenden Emissionsfaktor multipliziert und die errechnete Emissionsmenge auf die erzeugte Energiemenge umgelegt.³⁰⁰ Diese Berechnungsweise wird auch für KWK-Anlagen genutzt. Wie in Kapitel 4.1.4 (S. 88) erläutert, werden die Emissionen gleichrangig auf Nahwärme und Strom verteilt. Die „erzeugte Energiemenge“ besteht dann aus Strom und Nahwärme. Die Berechnung und die Ergebnisse sind im Anhang (S. A-20) dargestellt.

Aus den vorgelagerten Emissionen sämtlicher Elektrizität, die ins Stromnetz der SWG eingespeist wird, wird ein Emissionsfaktor pro abgegebener Strommenge aus dem Gütersloher Netz berechnet (s. Anhang, S. A-21). Dieser bildet die Grundlage für die Umrechnung des Stromverbrauchs in Emissionen. Für Unternehmen mit Stromproduktion zum Eigengebrauch wird ein eigener Emissionsfaktor für Strom gebildet. Dieser setzt sich aus den Emissionen des eigenerzeugten Stromanteils und des Bezugs aus dem Stromnetz zusammen. Dies betrifft nur Großunternehmen. Der dargestellte Emissionsfaktor wird für alle Großunternehmen aggregiert, um die vertraulichen Verbrauchsdaten zu schützen. Die Emissionskennwerte und die errechneten Emissionen werden im Anhang (Tab. A-17, S. A-21) tabellarisch dargestellt und im folgenden Abschnitt visualisiert.

4.2.4 Zusammenfassung und Bewertung der Bestandsaufnahme

Insgesamt verursacht der Energieverbrauch in Gütersloh jährlich rund 880.000 Tonnen CO₂-Emissionen (s. Tab. A-17, S. A-21). Dabei ist der Verkehr nicht berücksichtigt, durch den zusätzlich rund 260.000 Tonnen CO₂ pro Jahr³⁰¹ emittiert werden.

Die Aufteilung auf die Verbraucher ist in Abb. 20 erkennbar. Trotz sehr unterschiedlicher Brennstoffnutzung und Stromerzeugung entspricht die Aufteilung der Energiemenge fast genau den Anteilen der Emissionsmenge (s. Tab. A-17, S. A-21). Im Vergleich zu bundesweiten Durchschnittswerten des Energieverbrauchs³⁰² ist vor allem der Anteil der Haushalte in Gütersloh gering.

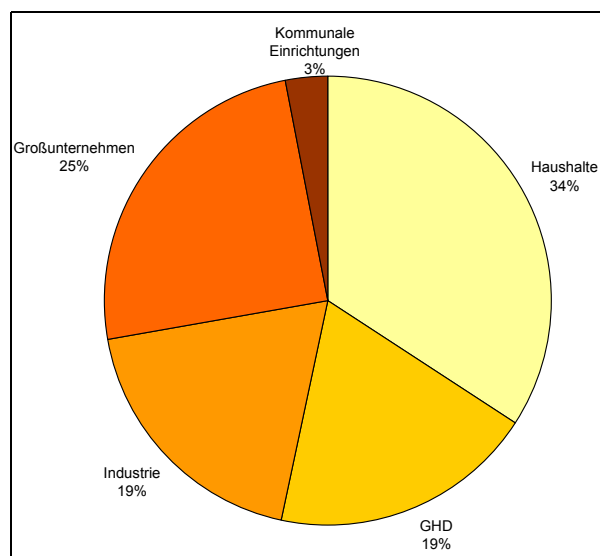


Abb. 20 Emissionen aus dem Energieverbrauch nach Sektoren (GT, 1998)

Datenquelle: Tab. A-17 (S. A-21)

Die Emissionen stammen aus der Nutzung folgender Endenergieträger (s. Abb. 21).

³⁰⁰ Damit gehen hier - im Gegensatz zu den übrigen Emissionskennwerten - keine Emissionen aus der Herstellung der Umwandlungsanlagen ein. Diese sind jedoch üblicherweise vernachlässigbar klein.

³⁰¹ vgl. Stadt Gütersloh, 1999, S. B.7-1

³⁰² vgl. Prognos AG, 2000, S. 215: Haushalte: 42%, Industrie: 35%, GHD 22%

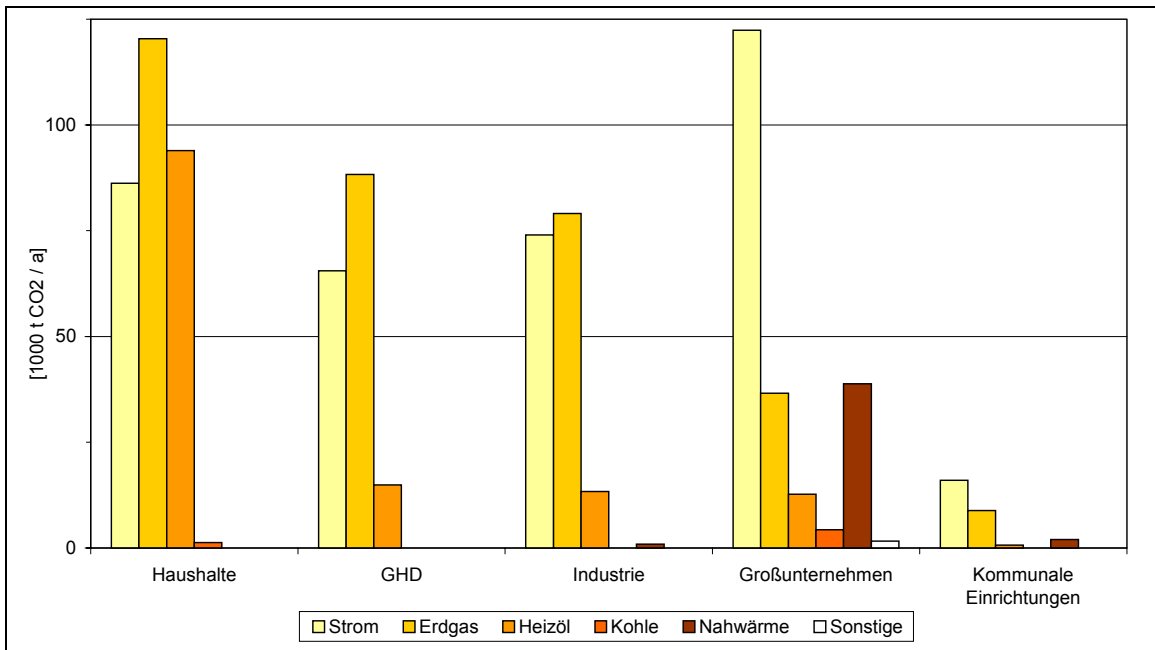


Abb. 21 Emissionen aus dem Endenergieeinsatz nach Energieträgern und Sektoren (GT, 1998)

Quelle: Tab. A-18 (S. A-22)

Die Darstellung visualisiert, daß die Emissionen aus dem Stromverbrauch einen wichtigen Anteil an den Gesamtemissionen haben, obwohl der Anteil an der Endenergiemenge eher gering ist. Der rund dreimal höhere Emissionsfaktor im Vergleich zu Erdgas ist die Ursache. Gleichzeitig zeigt sich bei den Großunternehmen der Vorteil von KWK-Anlagen: obwohl der Stromverbrauch über 10% größer ist als der der Summe von GHD und Industrie (s. Tab. 4, S. 92), sind die Emissionen aus dem Stromverbrauch etwa 10% geringer als in der Summe beider Sektoren (s. Tab. A-18, S. A-22).

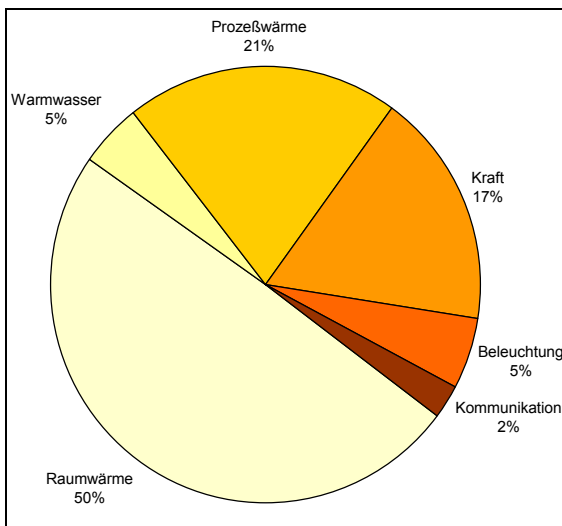


Abb. 22 Emissionen von Haushalten, GHD und Industrie nach Verwendungszweck (GT, 1998)

Quelle: Tab. A-18 (S. A-22)

Die folgenden Schritte der Bestandsanalyse beziehen nur die Sektoren Haushalte, GHD und Industrie ein. Daher wird der Verbrauch nur für diese Sektoren in Verwendungszwecke unterteilt (s. Abb. 22). Es wird deutlich, daß die Wärmeerzeugung mit insgesamt 75% der Emissionen einen Schwerpunkt des Verbrauchs bildet. Innerhalb dieser Gruppe ist der Verwendungszweck Raumwärme besonders wichtig. Jedoch trägt auch der Verwendungszweck Kraft beachtlich zu den Emissionen bei, da der emissionsreiche Endenergieträger Strom verwendet wird. Kommunikationsanwendungen haben einen sehr geringen Anteil.

Qualität der Verbrauchsdifferenzierung

Die zusammengefaßten Verbrauchsdaten sind sehr zuverlässig, da es sich größtenteils um „Meßwerte“ handelt, also tatsächlich angefallene Verbräuche. Die Differenzierung nach Verwendungszweck ist weniger zuverlässig. Es ist nicht möglich, die Fehler zu quantifizieren. Als Anhaltspunkt für die Qualität der Differenzierung in Verwendungszwecke wird der Korrekturfaktor zur Hochrechnung der Bedarfswerte herangezogen (s. Anhang, S. A-18). Der Brennstoffverbrauch wird um gut ein Drittel unterschätzt, während der Stromverbrauch etwa 11% zu niedrig liegt. Auch die vernachlässigte geringfügige Eigenstromproduktion ändert die Relation nicht.³⁰³ Grundsätzlich ist daher zu berücksichtigen, daß die Differenzierung in Verwendungszwecke nur beschränkt verläßlich ist.

4.3 Abschätzung der technischen Reduktionspotentiale

Als erster Schritt der Analyse des Energieverbrauchs auf Reduktionspotentiale wird für die Handlungsfelder (s. Abb. 23) das technische Reduktionspotential untersucht. Dazu wird auf die Konkretisierung der Handlungsfelder zurückgegriffen, die in Kapitel 2.1 (S. 28) vorgestellt wird. Das technische Reduktionspotential beschreibt die Reduktion der CO₂-Emission, die mit bereits verfügbarer Technologie erreicht werden kann.³⁰⁴ Da Energie stets die gesamte Umwandlungskette durchläuft, berührt jedes Handlungsfeld im Prinzip die gesamte Energiemenge. Grundsätzlich ist die Basis der Potentialabschätzung also überall der „differenzierte Verbrauch“ wie in Kapitel 4.2.4 (S. 99) dargestellt. Die Konkretisierungen beschränken teilweise den behandelten Verbrauch.

Es wird nicht der Anspruch erhoben, sämtliche Potentiale nach Kapitel 2.1 (S. 28) zu untersuchen. Um den Rahmen einer Diplomarbeit nicht zu sprengen, werden nur die Potentiale untersucht, die nicht von vorne herein als sehr gering oder kaum abschätzbar eingestuft werden. Kapitel 4.3.1 erläutert, welche Handlungsfelder nicht analysiert werden. Die Umsetzbarkeit der Methode läßt sich auch anhand der Analyse der verbleibenden Handlungsfelder zeigen. Die Kapitel 4.3.2 bis 4.3.8 stellen die Ermittlung des technischen Potentials für jedes Handlungsfeld einzeln vor. Meist werden dazu Potential-Kennwerte ermittelt, die für die einzelnen Teilverbräuche das technische Potential bestimmen. Soweit keine Kennwerte verfügbar oder sinnvoll anwendbar sind, wird

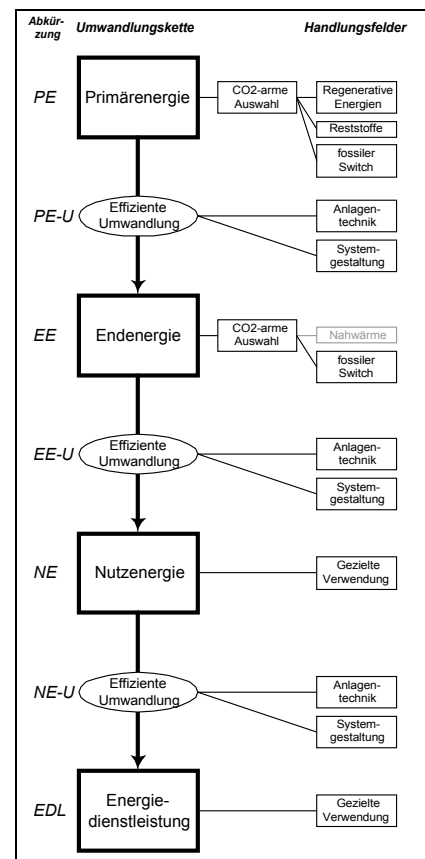


Abb. 23 Handlungsfelder an der vereinfachten Energie-Umwandlungskette

Quelle: Abb. 4 (S. 32)

³⁰³ Die Vernachlässigung erhöht den Brennstoffverbrauch und reduziert den Stromverbrauch.

³⁰⁴ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 130f

eine typische Maßnahme zur Quantifizierung des Potentials herangezogen und auf deren allgemeine Anwendung hochgerechnet. Gegebenenfalls werden Teilpotentiale errechnet und zusammengefaßt. Die Darstellung der Berechnungsgrundlagen wird zur Verbesserung der Lesbarkeit in den Anhang verlagert. Abschließend werden die technischen Potentiale zusammengestellt und verglichen (Kap. 4.3.9). Insbesondere wird die Eignung der Ergebnisse als Grundlage für die Auswahl geeigneter Handlungsfelder für die Folgeschritte bewertet.

4.3.1 Eingrenzung der Potentialermittlung

Für folgende Handlungsfelder ergeben sich bereits aus dem ersten Überblick deutliche Anhaltspunkte, die eine weitere Betrachtung wenig sinnvoll erscheinen lassen. Teilweise sind Potentiale vollständig im Potential eines anderen Handlungsfeldes enthalten, weil die Konkretisierungen anhand der gleichen typische Maßnahme quantifiziert wird. Teilweise können Potentiale aus praktischen Gründen nicht von Potentialen in anderen Handlungsfeldern getrennt werden und teilweise ist davon auszugehen, daß kein technisches Potential vorhanden oder ermittelbar ist. Daher werden die folgenden Handlungsfelder nicht auf technische Potentiale untersucht.

PE - Reststoffe

In diesem Handlungsfeld ist die Stadt Gütersloh bereits Ende der achtziger Jahre aktiv geworden. Anfallendes Klärgas wird in den beiden Kläranlagen in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt. Deponiegase sind bis 1998 zur Raumwärmeerzeugung genutzt worden, doch ist die Deponie inzwischen nahezu ausgegast, so daß die weitere Nutzung nicht möglich ist.³⁰⁵

Die Verbrennung von Hausmüll und ähnlichen Abfällen erreicht aufgrund des hohen Emissionsfaktors keine Reduktion von Emissionen. Die CO₂-Emissionsfaktoren schwanken zwischen 475 kg/MWh und 1.600 kg/MWh erzeugten Stroms,³⁰⁶ während für den derzeitigen Strommix rund 600 kg CO₂/MWh Strom errechnet wurden. Von einer Analyse kann somit abgesehen werden. Der Einsatz aus anderen Gründen (z.B. Volumenreduktion des Mülls) spielt hier keine Rolle.

Die Nutzung organischer Reststoffe wurde bereits 1989 untersucht. Laut P. Greulich ist die weitere Planung mangels Potential eingestellt worden.³⁰⁷ Die damalige Studie liegt nicht vor, doch ist anzunehmen, daß sich das Potential seitdem nicht wesentlich geändert hat.

Somit ist absehbar, daß die drei Konkretisierungen dieses Handlungsfeldes kaum zusätzliche Reduktionspotentiale bieten. Eine Analyse erübrigt sich.

PE-U - Anlagentechnik

Die Konkretisierung auf Heiz- und Kraftwerke beschränkt den reduzierbaren Verbrauch auf die Strom- und Nahwärmeerzeugung. Der größte Teil des Stroms wird aus dem Ver-

³⁰⁵ K. Hannappel (SWG), schriftl. Auskunft, März 2000: Abfackelung des Restgases einmal monatlich

³⁰⁶ vgl. Rausch/Fritsche, 2000 (Prozesse „Müll-KW-DT-D“, „Müll-HKW-DT-D/mix“)

³⁰⁷ P. Greulich (Stadt GT), mündl. Auskunft, Februar 2000

bundnetz bezogen (s. Abb. A-1, S. A-20). Auf den Wirkungsgrad der Kraftwerke im Verbundnetz besteht keinerlei kommunaler Einfluß. Der Strombezug aus lokalen Anlagen beschränkt sich auf wenige Heizkraftwerke, die als Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bereits einen hohen Wirkungsgrad haben. Potentiale zur Erhöhung desselben sind vernachlässigbar klein. Als Grundlage für ein technisches Potential ist somit eine höhere Eigenstromerzeugung anzunehmen. Die dazu sinnvollste mögliche Anlage wird jedoch bereits im Handlungsfeld „PE - fossiler Switch“ berechnet. Die Differenzierung der Bestandteile beider Handlungsfelder am Potential ist kaum möglich. Daher wird dieses Handlungsfeld nicht behandelt.

EE-U - Systemgestaltung

Die Konkretisierung „Abwärmenutzung“ beschränkt dieses Handlungsfeld auf Prozesse, bei denen Abwärme anfällt. Dies ist nur in größeren Erzeugungsanlagen für Prozeßwärme und eventuell Kraft der Fall (s. Kap. 2.1.5, S. 41). Diese Verwendungszwecke bei GHD und Industrie machen etwa ein Drittel des Energieverbrauchs aus.

Die Nutzung von Abwärme erfordert zum einen einen Prozeß, bei dem Abwärme anfällt, und zum anderen eine konkrete Einsatzmöglichkeit für genau diese Wärme. Entscheidend ist sowohl die Dimension der Abwärmemenge als auch der Lastgang der Hauptnutzung. Diese müssen grundsätzlich mit den Anforderungen des potentiellen Abnehmers übereinstimmen. Dadurch ist klar, daß die Abwärmenutzung nur konkret untersucht werden kann. Es sind potentielle Lieferanten und Abnehmer zu untersuchen und räumlich einander zuzuordnen. Dies ist im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht leistbar. Das Handlungsfeld entfällt somit aus dem Analyseprogramm.

Eine ähnliche Untersuchung wurde bereits 1989 bei der Erstellung des Wärmeatlasses durchgeführt.³⁰⁸ Die Ergebnisse sind nicht mehr nutzbar, da in den vergangenen elf Jahren vermutlich viele Energieumwandlungssysteme und Bedarfsstrukturen verändert wurden. Zur Einordnung der Größenordnung wird das damalige Ergebnis genannt: Es wird mit der Einsparung von knapp 100.000 MWh_{th}/a gerechnet,³⁰⁹ was bei dem durchschnittlichen Emissionsfaktor für die Wärmeerzeugung (s. Anhang, S. A-24) etwa 29.000 t CO₂/a entspricht.

NE-U - Anlagentechnik

Wie bereits in Kapitel 2.1.7 (S. 45) erwähnt, ist die Unterscheidung des Potentials vom Potential im Handlungsfeld „EE-U - Anlagentechnik“ (s. Kap. 4.3.6, S. 112) schwierig. Bei der Sammlung der Potential-Kennwerte hat sich erwiesen, daß die betreffenden Kennwerte nur in Ausnahmefällen zwischen den Umwandlungsstufen Endenergie und Nutzenergie aufgeteilt werden können. Daher ist eine getrennte Ausweisung der Potentiale nicht möglich. Anhand der Konkretisierungen beider Handlungsfelder ist erkennbar, daß die Endenergie-Umwandlung deutlich dominiert. Gemeinsame Potentiale werden somit in

³⁰⁸ vgl. EUCON, 1989, S. 57ff

³⁰⁹ vgl. EUCON, 1989, S. 69

jenem Handlungsfeld abgeschätzt. Wahrscheinlich wäre eine Unterscheidung auch öffentlich schwer vermittelbar.

EDL - gezielte Verwendung

Für dieses Handlungsfeld sind prinzipiell keine technischen Potentiale abschätzbar. Verhaltensänderungen und Bedürfnisverzicht sind freiwillige Reduktionsmaßnahmen, deren Intensität und Reichweite vollständig von den Prioritäten der Verbraucher abhängen. „Technisch“ könnte auf nahezu jede Energiedienstleistung verzichtet werden, doch ist diese Aussage zur Begrenzung des Potentials nicht hilfreich. Eine Ausschöpfung ist nur zu erwarten, wenn die zugrunde liegende Klimaproblematik im Bewußtsein der Bevölkerung eine wesentliche Rolle spielt und die Menschen jeweils ihre eigenen Bedürfnisse überprüfen. Eine Abschätzung der Dimensionen ist dementsprechend höchstens im Rahmen des mobilisierbaren Potentials möglich. Hier wird von der weiteren Bearbeitung abgesehen.

4.3.2 PE - Regenerative Energien

Es gibt mehrere unterschiedliche Arten von regenerativen Energieträgern. Allen ist gemeinsam, daß ihre Nutzung selbst kein zusätzliches Kohlendioxid emittiert - entweder weil sie direkt natürlich vorkommende Strahlung, Bewegung oder Wärme als Energiequelle nutzen oder weil das emittierte CO₂ aus Kreislaufprozessen stammt. Das Handlungsfeld wird in Kapitel 2.1.2 (S. 33) genauer erläutert. Der Abschlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ bietet trotz seines Alters einen hinreichenden Überblick über das Entwicklungsstadium erneuerbarer Energieträger.³¹⁰ Die einzelnen Nutzungstechnologien sind seitdem deutlich verbessert worden. Für folgende Energiequellen sind technisch marktreife Umwandlungsanlagen verfügbar:

- Strahlungsenergie der Sonne,
- Bewegungsenergie des Windes,
- Wasserkraft,
- Biomasse,
- Umgebungswärme (Luft, Grundwasser, Erdreich).

Das Reduktionspotential aus der Nutzung dieser Energiequellen wird zunächst einzeln eingeschätzt und abschließend zu einem Gesamtpotential aggregiert. Auf die Untersuchung des Energieträgers Wasser wird verzichtet, da es in Gütersloh keine größeren Fließgewässer (abgesehen von der Ems) gibt.

Die Nutzung dieser erneuerbaren Energiequellen wird aus zwei Richtungen eingeschränkt: einerseits benötigt die Energiebereitstellung häufig eine große Fläche, andererseits ist die Aufnahme der Energie teilweise auf einen gleichzeitigen Verbrauch (unterschiedlich je nach Energiequelle) angewiesen. Daraus ergeben sich jeweils zwei örtliche Begrenzungen für die regenerative Energienutzung. Das Flächenpotential wird für jeden Energieträger

³¹⁰ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 213

separat behandelt, während die Grenzen der Energieabnahme gemeinsam durch den Energiebedarf bestimmt sind (s. Anhang, S. A-22).

Sonnenenergie

Sonnenenergie wird einerseits zur Gewinnung von Wärme (Solarthermie) genutzt, und andererseits zur Stromerzeugung (Photovoltaik). Es handelt sich um CO₂-freie Umwandlungen, so daß als Emissionen nur der Aufwand der Vorprozesse (also für die Herstellung der Anlagen und Hilfsenergie im Betrieb) zu berechnen ist. Dies erfolgt über einen Emissionsfaktor pro erzeugter Energie wie auch bei fossilen Energieträgern (s. Tab. A-22, S. A-25). Grundlage dieser Faktoren ist der gesamte Ertrag in der Lebensdauer einer durchschnittlichen Anlage in Deutschland im Verhältnis zum gesamten Aufwand.

Solarthermie

Solarthermische Anlagen nutzen die Sonnenstrahlung zur Wassererwärmung. Es wird Niedertemperatur-Wärme (NT-Wärme, s. S. A-23) erzeugt. Die Nutzung erfolgt in unabhängigen Hausanlagen oder in größeren Einheiten, z.B. als Nahwärme für eine Hausgruppe oder ein Quartier. In Einzelanlagen ist der Einsatz zusätzlich durch den Jahresgang der Strahlungsintensität der Sonne beschränkt. Der Tagesgang wird in der Regel über Speicher abgefedert. Größere Anlagen können auch den Jahresgang durch Speicher ausgleichen. Da die Ausschöpfung des technischen Potentials vor allem die Nutzung in größeren Anlagen (bzw. gekoppelte Anlagen) voraussetzt, wird keine zusätzliche Einschränkung der Nutzbarkeit durch den Jahresgang angenommen.

Die Grundlage des Potentials - die verfügbaren Flächen - wird einem Datensatz für die Stadt Gütersloh entnommen, der im Rahmen des Forschungsprojekts „Entwicklung eines wissenschaftlichen Systems zur Erstellung rationell und regenerativ orientierter Umstrukturierungsmaßnahmen für die kommunale Energieversorgung“ der Ruhr-Universität Bochum erstellt worden ist.³¹¹ Darin werden mit einem kennwertorientierten Gebäudestrukturmodell spezifische Flächenpotentiale für den Siedlungsbereich in Gütersloh errechnet (v.a. südorientierte Dach- und Fassadenflächen). Auf dieser Basis ist die potentiell erzeugbare Endenergiemenge ermittelt worden. Da die zugrundeliegenden Daten bereits von 1990 stammen, wird die Energiemenge anhand des Wohngebäudezubaus bis 1998 hochgerechnet (s. Anhang, S. A-25).

Der Vergleich der durchschnittlichen Emissionsfaktoren von erzeugter Solarwärme und ersetzter durchschnittlicher NT-Wärme erfolgt auf der Nutzenenergieebene, da sich die typischen Umwandlungsgeräte deutlich unterscheiden. Das Reduktionspotential wird durch die Multiplikation der erzeugten Energiemenge mit der Differenz der Emissionsfaktoren von Solarwärme und Bestandsdurchschnitt errechnet. Das Ergebnis wird am Ende des Handlungsfeldes vorgestellt (s. Tab. 12, S. 109). Die maximale Abnahmemenge (s. Anhang, S. A-23) wird deutlich unterschritten und bleibt daher wirkungslos.

³¹¹ vgl. Unger/Mohr/Gernhardt, 1995

Photovoltaik

Eine zweite Strategie nutzt die Sonnenstrahlung durch den photovoltaischen Effekt. Dabei entsteht Elektrizität. Auch diese Anlagen werden in zwei Dimensionen eingesetzt: einerseits als Dachanlagen im Siedlungsbereich, und andererseits in größerem Maßstab im Außenbereich. Beide Anlagentypen können gleichermaßen Strome aus dem Gütersloher Stromnetz ersetzen. Ein Ausgleich des Jahres- und Tagesgangs der Sonnenstrahlung ist nicht möglich, so daß die integrierbare Strommenge begrenzt ist (s. Anhang, S. A-23).

Aus der nutzbaren Fläche wird berechnet, wieviel Energie erzeugt werden könnte. Die nutzbare Fläche besteht einerseits aus den gleichen Dachflächen, die für solarthermische Anlagen geeignet sind, andererseits - bei Großanlagen - aus verschiedenen anderen Flächen, insbesondere der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Ebenso wie bei der Solarthermie wird die erzeugbare Energiemenge für einzelne Flächen aus dem Datensatz der Ruhr-Universität Bochum³¹² übernommen und teilweise hochgerechnet (s. Anhang, S. A-25).

Da die Fläche eine höhere photovoltaische Stromerzeugung zuläßt, als als maximale Abnahmemenge definiert wurde, ist die Abnahmemenge der begrenzende Faktor. Das Reduktionspotential wird somit aus der maximal aufnehmbaren Strommenge berechnet. Die Emissionsfaktoren (s. Tab. A-21, S. A-24 und Tab. A-22, S. A-25) werden auf der Endenergieebene verglichen, wobei das Reduktionspotential wiederum durch die Multiplikation der erzeugbaren Energiemenge mit der Differenz der Emissionsfaktoren errechnet wird. Es wird am Schluß des Handlungsfeldes in Tab. 12 (S. 109) dargestellt.

Windenergie

Die Bewegungsenergie des Windes wird mit Rotoren direkt in Strom umgewandelt. Für die Höchstmenge erzeugbaren Stroms gilt die reduzierte Obergrenze aus Tab. A-20 (S. A-24).

Das Windstrompotential wird aus der Dissertation von Mohr³¹³ übernommen. Dessen Potentialanalyse ermittelt ein Erzeugungspotential aus der räumlichen Besiedlungsstruktur, mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten und der spezifischen Installationsdichte von 500 kW-Windenergiekonvertern. Die Analyse bezieht sich auf ganz NRW, wobei die Ergebnisse gemeindescharf in Größenklassen dargestellt werden.³¹⁴ Diese beziehen sich auf den Anteil am Gesamtenergieverbrauch der Gemeinde. Die Umrechnung auf einen absoluten Wert für Gütersloh (s. Anhang, S. A-26) ergibt das verwendete Erzeugungspotential. Die abgeleitete Strommenge ist weit von der Obergrenze entfernt, so daß diese keine Bedeutung hat. Die Umrechnung auf ein Emissionsreduktionspotential erfolgt wie zuvor beschrieben durch die Multiplikation der Energiemenge mit der Differenz der Emissionsfaktoren von Bestand und Windenergie. Es wird in Tab. 12 (S. 109) dargestellt.

³¹² vgl. Unger/Mohr/Gernhardt, 1995

³¹³ Mohr, 1995

³¹⁴ vgl. Mohr, 1995, S. 48, 105f

Biomasse

Die Biomassenutzung besteht einerseits aus der Nutzung von ohnehin vorhandenem Waldrestholz und Reststroh, andererseits aus dem gezielten Anbau von schnellwachsenden Pflanzen. Die Nutzung von organischen Abfällen (einschließlich landwirtschaftlicher organischer Reststoffe wie z.B. Gülle) fällt in das Handlungsfeld „PE - Reststoffe“.

Biomasse eignet sich im Prinzip zur direkten Substitution von Brennstoffen. Allerdings besteht eine direkte Vergleichbarkeit nur mit Kohle, deren Einsatz in Gütersloh sehr gering ist. Daher wird das Reduktionspotential aus der erzeugten Endenergie nach der Umsetzung in einem typischen Kraftwerk abgeleitet. Für Elektrizität wird es durch die Multiplikation der Energiemenge mit der Differenz der Emissionsfaktoren aus Bestand und neuer Anlage berechnet. Ebenso wird mit der Nutzenergie NT-Wärme verfahren, wobei die Nahwärme wie im Anhang (S. A-24) beschrieben auf Nutzenergie umgerechnet wird.

Anbau von Energiepflanzen

Der Hauptaspekt der Biomassenutzung ist der Anbau von Pflanzen, die als Primärenergieträger nutzbar sind. Die Analyse von Kaltschmitt/Reinhardt hat Chinaschilf (*Miscanthus*) und Pappeln in Kurzumtriebsplantagen als energetisch beste Pflanzenarten ermittelt.³¹⁵ Diese Abschätzung beschränkt sich auf die Untersuchung von Kurzumtriebsplantagen, die „unter Berücksichtigung aller Parameter“³¹⁶ am günstigsten eingeschätzt werden. Für Chinaschilf wären ähnliche Ergebnisse zu erwarten.

Für den Anbau von Energiepflanzen bildet die gesamte Ackerfläche die Grundlage der Berechnung.³¹⁷ Erst die Filterung zum mobilisierbaren Potential nimmt vorhandene Restriktionen (z.B. Anbau anderer Pflanzen) auf. Da die bereitgestellte Endenergie lagerfähig ist, kann der Bedarf unabhängig von der Erntezeit gedeckt werden.

Aus der Ackerfläche und einem Ertragskennwert pro Flächeneinheit nach Hartmann/Strehler wird die verfügbare Primärenergiemenge berechnet.³¹⁸ Diese wird anhand der Kennwerte einer beispielhaften Kraftwerkstechnologie nach Gernhardt in Endenergie umgerechnet.³¹⁹ Die erzeugte Endenergie besteht aus Nahwärme und Elektrizität. Diese wird wie bereits mehrfach dargestellt mit Hilfe der Emissionsfaktoren der bestehenden und der alternativen Erzeugung in ein Reduktionspotential umgerechnet (Berechnungen: s. Anhang, S. A-27), das im letzten Abschnitt dargestellt wird (S. 108). Die maximale Abnahmemenge (s. Anhang, S. A-23) wird weder für Strom noch für Wärme erreicht, so daß der Verbrauch die Erzeugung nicht einschränkt.

Waldrestholz und Reststroh

Beide Stoffe sind landwirtschaftliche Nebenprodukte, die gewöhnlich nicht aktiv genutzt werden. Daher ist die anfallende Menge über das „Hauptprodukt“ abschätzbar: Waldflä-

³¹⁵ vgl. Kaltschmitt/Reinhardt, 1997, S. 411, 421f

³¹⁶ Kaltschmitt/ Reinhardt, 1997, S. 421

³¹⁷ vgl. Gernhardt, 1996, S. 118f

³¹⁸ vgl. Hartmann/Strehler, 1995, S. 186

³¹⁹ vgl. Gernhardt, 1996, S. 66 - 68

chen und Getreideanbau. Die vorhandene Waldflächen und der differenzierte Getreideanbau bildet die Berechnungsgrundlage, aus der die erwähnte Bochumer Studie³²⁰ die einzelnen Brennstoffmenge als Primärenergie errechnet.³²¹ Diese werden als Basis der Potentialabschätzung übernommen.

Die Restholzmenge wird anhand der absoluten Änderung der Waldflächen von 1990 bis 1998 hochgerechnet, während die Strohmenge unverändert übernommen wird, da sich die Landwirtschaftsfläche seitdem nicht verändert hat (s. Anhang, S. A-25). Die Umrechnung in Endenergie erfolgt jeweils mit Hilfe der Kennwerte einer geeigneten Umwandlungstechnologie aus dem Computerprogramm GEMIS 4.0³²² und von Gernhardt³²³ (Berechnungen: s. Anhang, S. A-27). Die errechnete Nahwärmemenge wird - wie im einleitende Absatz erläutert (s. S. 107) - in ein Reduktionspotential umgerechnet, welches am Schluß dargestellt wird (s. Tab. 12, S. 109).

Umgebungswärme

Umgebungswärme aus Luft, Wasser und oberflächennaher Erdwärme ist zur Gewinnung von Warmwasser und Raumwärme geeignet. Die Nutzung von Umgebungswärme insbesondere mit elektrischen Wärmepumpen wird aufgrund der geringen spezifischen Reduktion (nur rund 20% bis 25% höhere Ertrag als Primärenergieaufwand) nicht betrachtet. Weiterhin erfordert der effiziente Einsatz von Wärmepumpen eine Neuauslegung der Heizkörper auf sehr niedrige Temperaturen (35°C), also erheblich größere Heizkörper. Dies erschwert den Einsatz im Altbau erheblich. Daher wird für die Nutzung von Umgebungswärme kein Reduktionspotential abgeschätzt.³²⁴

Das Potential an Tiefenwärme kann nicht abgeschätzt werden, da es von spezifischen geologischen Bedingungen abhängt,³²⁵ für die keine Daten für Gütersloh vorliegen. Eine quartiersgenaue Potentialstudie für das gesamte Land Nordrhein-Westfalen wird erst im Jahr 2002 vom Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen (GLA) fertiggestellt.³²⁶

Regeneratives Gesamtpotential

Für den Vergleich mit den übrigen Handlungsfeldern ist die Bildung eines Gesamtpotentials für dieses Handlungsfeld erforderlich. Die vorgestellten, einzelnen Potentiale sind nicht einfach addierbar, da teilweise die gleichen Flächen genutzt werden und die gleiche Primärenergie ersetzt wird. Die Zusammenfassung erfolgt mit dem Schwerpunkt maximaler Emissionsreduktion. Sie wird im Anhang erläutert (S. A-28). Die Einzelpotentiale und die Bestandteile des Gesamtpotentials stellt Tab. 12 vor.

³²⁰ vgl. Unger/Mohr/Gernhardt, 1995

³²¹ Die Berechnungsdetails werden von Gernhardt (1996, S. 122) vorgestellt.

³²² Rausch/Fritsche, 2000

³²³ vgl. Gernhardt, 1996, S. 67 - 69

³²⁴ vgl. Eicke-Henning/Schulz, 2000 / Kaltschmitt/Huenges/Wolff, 1999, S. 80, 187

³²⁵ vgl. Kaltschmitt/Huenges/Wolff, 1999, S. 190f, 197f

³²⁶ vgl. GLA, ULR: http://www.gla.nrw.de/gt_2.htm (Stand September 2000)

	Einzelne Reduktionspotentiale	Anteile am Gesamtreduktionspotential
	[t CO ₂]	[t CO ₂]
Solarthermie	38.580	38.580
Photovoltaik	47.503	39.582
Windenergie	9.301	9.301
Waldrestholz	218	218
Reststroh	1.915	-
Anbau von Energiepflanzen	64.210	64.210

Tab. 12 Technisches Reduktionspotential durch die Nutzung regenerativer Energien (GT, 1998)

Quelle: eigene Berechnung (s. Anhang, S. A-28)

Insgesamt besteht somit ein technisches Reduktionspotential von rund 152.000 t CO₂/a. Allerdings beansprucht dies die Nutzung sämtlicher geeigneter Dachflächen und den größten Teil der landwirtschaftlichen Fläche.

4.3.3 PE - Fossiler Switch

Der fossile Switch behandelt die Substitution CO₂-reicher Primärenergieträger durch CO₂-arme. Bei der Primärenergie betrifft dies nur die Stromerzeugung (s. Kap. 2.1.2, S. 33). Der behandelte Verbrauch ist daher die Einspeisung ins Gütersloher Stromnetz - die maximale Abnahmemenge (s. Anhang, S. A-22). Der konkrete Ersatz von einzelnen Energieträgern ist nicht möglich, da Verbundstrom entweder bezogen wird oder nicht. Die Auswahl einzelner Bestandteile daraus ist nicht ohne weiteres möglich. Der Primärenergieeinsatz für die Nahwärmeerzeugung ist in Gütersloh nicht zu verbessern, da bereits nur Erdgas eingesetzt wird.

Emissionsminimal ist die Stromerzeugung aus Erdgas mittels Gas-und-Dampf-Technologie.³²⁷ Als Vergleichswert für den Einsatz CO₂-armer Primärenergie in der Stromerzeugung wird die Emission eines erdgasgefeuerten Gas-und-Dampf-Kraftwerks als reiner Stromerzeuger aus dem Computerprogramm GEMIS 4.0 herangezogen.³²⁸ Dadurch ist gleichzeitig der Anlagenwirkungsgrad deutlich höher als im Verbundnetz. Dieser Bestandteil des Handlungsfeldes „PE-U - Anlagen“ wird integriert, da er nicht unabhängig umsetzbar ist (s. S. 102).

Die Anlagentechnik ist von der maximalen Abnahmemenge unabhängig, da es sich bei dieser Erzeugungsmethode um eine übliche Anlage zur großtechnischen Stromerzeugung handelt, die anderswo auch aus rein kommerziellen Erwägungen geplant wird.³²⁹ Die überschüssige Stromerzeugung ist somit ohne besonderen Aufwand ins Verbundnetz einzuspeisen. Weiterhin bestünde die Möglichkeit, einen derartigen Erzeuger als Stromlieferanten zu wählen. Daher wird davon ausgegangen, daß der gesamte Strombezug ersetzt wird.

Das Reduktionspotential dieses Handlungsfeldes wird daher aus der Multiplikation des Strombezugs der Stadtwerke mit der Differenz der Emissionsfaktoren zwischen Gaskraft-

³²⁷ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 160 (Abb. 6.2-11)

³²⁸ vgl. Rausch/ Fritsche, 2000 (Prozesse: „Gas-KW-GuD-D“)

³²⁹ vgl. Schwägerl, Berliner Zeitung, 5.4.2000

werk und dem Emissionsfaktor des Strombezugs (s. Tab. A-20, S. A-24) errechnet. Es beträgt rund 113.000 t CO₂/a.

4.3.4 PE-U - Systemgestaltung

Die Reduktionspotentiale werden für beide Konkretisierungen des Handlungsfeldes (s. Kap. 2.1.3, S. 37) einzeln abgeschätzt. Unter „Gesamtpotential“ wird abschließend die Überlagerung dargestellt.

Kraft-Wärme-Kopplung

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bedeutet die gekoppelte Herstellung von Elektrizität und Wärme. In Gütersloh setzen vor allem Großunternehmen dieses Prinzip in erheblichem Umfang ein (s. Abb. 20, S. 99). Die Emissionsminderung entsteht gemäß Kapitel 4.1.4 (S. 88) durch die erheblich geringere Emission des Stromanteils gegenüber dem Verbundstrom, während die erzeugte Wärme kaum emissionsärmer hergestellt wird als separat im Bestand.

Um das Reduktionspotential zu erfassen, wird eine KWK-Anlage beispielhaft herangezogen. Aus mehreren Anlagen, die Gernhardt vorstellt, wird dazu ein Kraftwerkstyp ausgewählt, der einen möglichst hohen Stromanteil hat und eine passende Nennleistung aufweist, da mehrere Kraftwerke in Gütersloh verteilt eingesetzt werden müssten: ein 10 MW Gas-Motorblockheizkraftwerk (M-BHKW) erfüllt diese Anforderungen.³³⁰

Der Ausgangswert der Dimensionierung ist die maximale Stromabnahme (s. S. A-23). Der Wärmeabnahme bildet eine zusätzliche Begrenzung (s. S. A-23), die jedoch beim gewählten Anlagentyp nicht erreicht wird. Anhand des elektrischen Nutzungsgrads wird aus der potentiell zu ersetzenden Strommenge die parallel erzeugte Wärmemenge und der Brennstoffverbrauch errechnet (Berechnungen: s. Anhang, S. A-29). Aus letzterem wird die Emission der KWK-Variante errechnet. Aus der ersetzten Strom- und Wärmemenge wird die eingesparte Emission berechnet. Die Differenz der Emissionsmengen stellt das Reduktionspotential dar: 192.642 t CO₂/a. Dazu werden neun M-BHKW der genannten Leistung benötigt.

Kleinräumige Elektrizitätserzeugungsstruktur

Für die Umstrukturierung der Erzeugungsstruktur kann mangels geeigneter Berechnungsgrundlage kein konkretes Potential angegeben werden. Gemessen an Netzverlusten von rund 4,7% (1993)³³¹, ist die theoretisch mögliche Emissionsminderung sehr gering. Für Hochspannungs- und Mittelspannungsübertragung zusammen werden 2% Übertragungsverluste angegeben. Dies stellt das theoretisch maximale Einsparpotential dar (1998 in Gütersloh: rund 5.400 t CO₂/a³³²). Allerdings ist bei konventioneller Stromerzeugung der Wirkungsgrad größerer Kraftwerke gewöhnlich deutlich höher als in kleinen Kraftwer-

³³⁰ vgl. Gernhardt, 1996, S. 53 - 76

³³¹ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 181

³³² 2% der Emissionen des Strombezugs aus dem Verbundnetz (VEW-Lieferung * Emissionsfaktor)

ken.³³³ Daher besteht tatsächlich kaum ein Reduktionspotential in der kleinräumigen Struktur selbst.

Gesamtpotential

Die Energieerzeugung in KWK ist kleinräumig. Da die Übertragungsverluste der Hochspannungsnetze bereits in den Emissionsfaktor für das Verbundnetz eingehen, ist dieser Minderungsaspekt im KWK-Potential bereits enthalten. Das technische Gesamtpotential dieses Handlungsfelds beträgt somit - wie das KWK-Potential - rund 193.000 t CO₂/a.

4.3.5 EE - Fossiler Switch

Die Auswahl des Endenergieträgers ist eine private Entscheidung des Verbrauchers. Sie wird gewöhnlich mit dem Erwerb jedes auf Energiezufuhr angewiesenen Geräts (bzw. Anlage)³³⁴ getroffen. Das technische Potential besteht in der Emissionsreduktion durch den Einsatz des emissionsärmsten fossilen Energieträgers gegenüber der derzeitigen Situation. Dies ist normalerweise an den Austausch der entsprechenden Geräte/ Anlagen gebunden. Der Emissionsfaktor ist ein geeigneter Vergleichsmaßstab für die Emission von Energieträgern. Erdgas hat den geringsten Emissionsfaktor unter den fossilen Brennstoffen und ist regelmäßig für einen Einsatz geeignet (s. Tab. A-13, S. A-19; zu Ausnahmen s. S. A-29).³³⁵ Zusätzlich werden im Einzelfall unterschiedliche Nutzungsgrade berücksichtigt, soweit diese typisch für bestimmte Energieträger sind.

Die Austauschbarkeit von Energieträgern, also das Reduktionspotential, wird für jeden Verwendungszweck und jeden Energieträger auf der Basis des differenzierten Verbrauchs (s. Tab. A-19, S. A-22) einzeln ermittelt. Informationen über technische Austauschmöglichkeiten werden der Zusammenstellung von Geräten und Anlagen im Schlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ entnommen.³³⁶ Da es sich um weitgehend konventionelle Prozesse handelt, ist eine Übertragung auf Gütersloh durchweg möglich.

Für die Verwendungszwecke Raumwärme und Warmwasser ist generell Erdgas einsetzbar. Der Wirkungsgradunterschied zu Heizöl ist gering, so daß keine Einbeziehung erfolgt. Kohle wird nur in sehr geringem Maßstab ersetzt, so daß die Korrektur des Wirkungsgradunterschieds vernachlässigbar ist. Bei Stromheizungen wird der deutliche Wirkungsgradunterschied zu Erdgas einbezogen.

Prozeßwärme aus Öl wird typischerweise zur Wärmegewinnung genutzt. Auch hier ist der Ersatz durch Erdgas möglich. Prozeßwärme aus Strom wird von GHD und Industrie teilweise zur direkten Erwärmung von Produkten eingesetzt, so daß die Substituierbarkeit beschränkt ist. Da kein Anteil dafür abgeschätzt werden kann, wird keine Substitution einge-

³³³ vgl. Rausch/Fritsche, 2000 (Prozesse: verschiedene GuD-Kraftwerkstypen)

³³⁴ d.h. alle Anlagen und Geräte, die Endenergie aufnehmen (umgangssprachlich: „verbrauchen“).

³³⁵ Vorrangig ist der Einsatz von Endenergie aus regenerativen Energieträgern und Nahwärme, doch dies wurden bereits in anderen Handlungsfeldern erörtert (s. Kap. 4.3.2 und 4.3.4).

³³⁶ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 132 - 209

rechnet. Die Stromnutzung der Haushalte zur Prozeßwärmeerzeugung kann im Teilbereich „Kochen“ durch Gas ersetzt werden. Zu berücksichtigen ist laut Enquete-Kommission³³⁷ der höhere Endenergieverbrauch von Gasherden. Daher wird hier nicht auf die Emissionsfaktoren der Brennstoffe zurückgegriffen, sondern das Reduktionspotential aus den Emissionsfaktoren der Nutzenergie errechnet (Berechnungen: s. Anhang, S. A-30).

In den Verwendungszwecken Kraft, Beleuchtung und Kommunikation besteht in der Regel keine Alternative zur Stromnutzung. Einzelne, mögliche Potentiale (z.B. Erzeugung von Bewegung durch Dampfmaschinen, also durch Brennstoffeinsatz) werden vernachlässigt.

Die konkrete Berechnung des Potentials erfolgt durch die Multiplikation der Emission je Verwendungszweck, Energieträger und Sektor mit einem Faktor, der aus der Mehrmission des Energieträgers gegenüber dem günstigsten Energieträger für diesen Teilbereich gebildet wird. Tab. A-29 im Anhang (S. A-31) stellt die einzelnen berechneten Potentiale dar. Das gesamte Reduktionspotential beträgt 44.000 t CO₂.

4.3.6 EE-U - Anlagentechnik

Der Bestandteil Anlagentechnik enthält den klassischen Bereich „Effizienzsteigerung von Geräten“. Wie in Kapitel 2.1.5 (S. 41) und Kap. 4.3.1 (S. 102) beschrieben, umfaßt dieses Handlungsfeld auch einzelne Bestandteile des Handlungsfeldes „NE-U - Anlagentechnik“, soweit keine klare Trennung möglich ist. Damit ist hier das gesamte Effizienzpotential in der Umwandlung innerhalb von Anlagen/Geräten enthalten. Die Potentiale werden aus dem differenzierten Verbrauch (s. Tab. A-19, S. A-22) für jeden Bestandteil einzeln abgeleitet. Dazu werden bundesdurchschnittliche Verbrauchsfaktoren gebildet.

Die Anlagen in den Verwendungszwecken „Raumwärme“ sowie „Warmwasser“ unterscheiden sich zwischen den Sektoren nicht, so daß jeweils einheitliche Reduktionsfaktoren verwendet werden können. Aus den Unterschieden der Nutzungsgrade zwischen Bestand (1997)³³⁸ und technischem Potential von Einzelanlagen³³⁹ wird je Energieträger ein Reduktionsfaktor errechnet. Die übrigen Verwendungszwecke werden sektorspezifisch behandelt. Die Potentialkennwerte für die Haushalte werden aus dem technischen Potential zur Effizienzsteigerung bei den einzelnen Gerätetypen, die bereits zur Differenzierung der Verwendungszwecke herangezogen wurden (s. Kap. 4.2.2, S. 93), abgeleitet. Für die Sektoren GHD und Industrie stellt Ziolk nach Verwendungszweck differenzierte Kennwerte für Reduktionspotentiale bereit. Diese beruhen teilweise auf Angaben der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ und sind für den Sektor Industrie zusätzlich in Industriehauptgruppen differenziert (Berechnungen: s. Anhang, S. 39).³⁴⁰

Die Berechnung des Reduktionspotentials für Gütersloh erfolgt durch die Multiplikation der Emission des Teilverbrauchs mit dem entsprechenden Potentialkennwert (s. Tab. A-30,

³³⁷ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 201

³³⁸ vgl. Prognos AG, 2000, S. 244

³³⁹ vgl. Prognos AG, 2000, S. 242 / Schaumann/Pohl, 1996, S. 354

³⁴⁰ vgl. Ziolk et al, 1996, S. 69 / Enquete-Kommission, 1994, S. 145

S. A-31). Das Ergebnis wird summiert und bildet das Gesamtpotential des Handlungsfelder: 137.000 t CO₂/a.

4.3.7 NE - Gezielte Verwendung

Der gezielte Einsatz von Nutzenergie birgt Reduktionspotentiale in der Entscheidung der Verbraucher, diese nur einzusetzen, wenn eine Energiedienstleistung gewünscht wird (s. Kap. 2.1.6, S. 43). Das Reduktionspotential besteht somit in der Möglichkeit, Geräte abzuschalten, solange sie nicht eingesetzt werden. Dies bezieht sich insbesondere auf den Verzicht von Standby-Schaltungen, da die ungenutzte Laufzeit von Geräten bislang nicht quantifiziert worden ist. Die Abschätzung von Reduktionspotentialen erfolgt in Verwendungszwecke differenziert.

Im Verwendungszweck Raumwärme besteht kein Potential, da üblicherweise die erzeugte Dienstleistung kontinuierlich nachgefragt wird, wobei der Nutzenergieeinsatz technisch gesteuert wird (Handlungsfeld „NE-U Anlagentechnik“). Ein Potential durch „Abschalten“ besteht bei längerer Abwesenheit aus einer Wohnung. Dazu sind keine Zahlen verfügbar. Die Warmwasserbereitstellung erfolgt teilweise ohne Abruf, wenn die benötigte Menge nicht genau kalkuliert wurde oder nicht einstellbar ist (z.B. beim Elektroboiler). Der Anteil für dieses Reduktionspotential wird vom Deutschen Institut für Urbanistik (difu) aus einer Studie des Ingenieurbüros für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte GbR (ebök) abgeleitet.³⁴¹ Das Potential für die Verwendungszwecke Kraft und Kommunikation wird nach der gleichen Studie aufgeschlüsselt (s. Anhang, S. A-31). Das Minderungspotential für Licht wird vom difu nicht betrachtet, da es bei Licht kein „Standby“ gibt. Potentiale zum „Abschalten“ im Verwendungszweck Beleuchtung werden zwar teilweise in Kampagnen zur Mobilisierung des Reduktionspotentials thematisiert („Licht aus beim Verlassen des Raums.“), aber nicht quantifiziert. In der Prozeßwärmenutzung wurde noch kein entsprechendes Reduktionspotential untersucht.

Die Potentialkennwerte als Anteile am Verbrauch werden mit der Emission des entsprechenden Verbrauchsbestandteils multipliziert und insgesamt summiert. Das gesamte Reduktionspotential beträgt 7.000 t CO₂/a (s. Tab. A-31, S. A-32).

4.3.8 NE-U - Systemgestaltung

Wie in Kapitel 2.1.7 (S. 45) vorgestellt, beschränken sich die Konkretisierungen auf zwei Verwendungszwecke: Raumwärme und Beleuchtung. Die passive Nutzung regenerativer Energieträger wird als zusätzliche Nutzenergiezufuhr in diesem Potential teilweise mit erfaßt. Eine explizite Aufnahme erfolgt nicht.

Raumwärme

Für die Haushalte nennt der Schlußbericht der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ zwei Reduktionsmechanismen, deren Effekte sich überlagern: Wärmedämmung

³⁴¹ vgl. ebök, 1997, zitiert nach difu/ifok, 1999, S. 52

von Gebäuden und Betriebsführung von Heizungssystemen. Für Elektroheizungen wird ein drittes (aber nicht genauer bezeichnetes)³⁴² Systempotential genannt, daß ausdrücklich von den vorhergehenden unterschieden ist.³⁴³ Da sich diese Potentiale auf die gleiche Ausgangsbasis beziehen, werden sie multiplikativ überlagert (s. Anhang, S. A-32). Laut Energiereport 3 sind die Potentiale in allen Sektoren vergleichbar.³⁴⁴ Daher werden die für Haushalte berechneten Werte für alle Sektoren angewendet. Die Reduktionskennwerte werden im Anhang dargestellt (s. Tab. A-32, S. A-32).

Beleuchtung

Die Potentiale unterscheiden sich nach Sektoren, da die konkreten Nutzungsansprüche eine wesentliche Rolle spielen. Der Aspekt der Nutzung der natürlichen Beleuchtung als regenerative „Nutzenergiezufuhr“ spielt insbesondere im Neubau eine wichtige Rolle. In einer statischen Analyse kann kein Potential quantifiziert werden. In Haushalten kann „durch geeignete Leuchten mit optimierter Lichtleittechnik und sinnvoller Gestaltung der Einrichtung“³⁴⁵ der Verbrauch um 10 bis 20 Prozent gesenkt werden. Hier werden 15% als Durchschnitt angenommen. Für GHD gilt ein ähnliches Reduktionspotential.³⁴⁶ Für die Industrie werden „weitere Einsparungen durch tageslichtabhängige Steuerung“³⁴⁷ nicht quantifiziert.

Das Reduktionspotential für Raumwärme und Beleuchtung wird im Anhang (Tab. A-33, S. A-33) einzeln dargestellt. Insgesamt beträgt es 183.000 t CO₂/a.

4.3.9 Qualität der Potentialabschätzung

Die meisten technischen Potentiale wurden anhand von Kennwerten und Hinweisen aus der Literatur eingeschätzt. Teilweise konnten einzelne Bestandteile nicht quantifiziert werden. Insgesamt ist das technische Potential daher eher zu niedrig geschätzt worden.

Die berechneten Potentiale sind nur insofern ortstypisch als das der örtliche Verbrauch eingegangen ist. Beispielsweise ist das geringe Reduktionspotential durch einen fossilen Switch auf der Endenergie-Stufe eher ungewöhnlich. Es wird deutlich, daß in Gütersloh nur noch wenig Öl eingesetzt wird. Die Reduktionskennwerte beziehen sich auf allgemeine Durchschnitte und Übertragungen. Örtlich können die tatsächlichen Potentiale deutlich von den berechneten Potentialen abweichen. Die Aktivitäten in der Sanierung von Altbauten können sich beispielsweise nicht in den Potentialen niederschlagen, da die allgemeinen Kennwerte ein eventuell lokal geringeres Reduktionspotential nicht berücksichtigen.

Die Berechnungen selbst sind deutlich weniger zuverlässig als die Quantifizierung der Verbrauchsdaten. Teilweise sind Schätzungen erforderlich gewesen, teilweise beruhen

³⁴² Eventuell handelt es sich um die gezielte Platzierung von Heizkörpern oder ähnliches.

³⁴³ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 200

³⁴⁴ vgl. Prognos AG, 2000, S. 287

³⁴⁵ Enquete-Kommission, 1994, S. 139

³⁴⁶ vgl. Enquete-Kommission, 1994, S. 152

³⁴⁷ Enquete-Kommission, 1994, S. 144

auch die Daten aus der Literatur auf Schätzwerten. Insgesamt wurde jedoch für die untersuchten Handlungsfelder eine Grundlage gelegt, die eine grobe Vorauswahl erlaubt.

4.4 Vergleichende Bewertung der technischen Potentiale

Die Abschätzung der technischen Potentiale ergibt eine umfassende Übersicht über mögliche Ansatzpunkte einer örtliche Energiepolitik. In Abb. 24 sind die technischen Potentiale im Vergleich dargestellt.

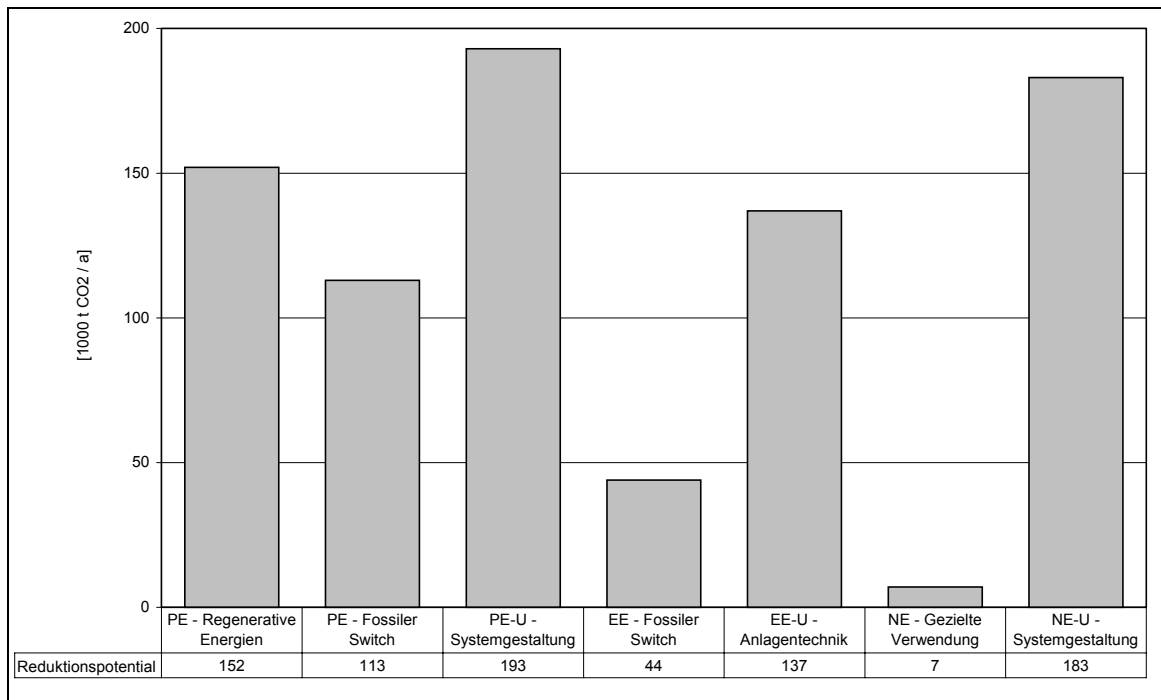


Abb. 24 Vergleichende Darstellung der technischen Reduktionspotentiale

Datenbasis: Kapitel 4.3.2 bis 4.3.8

Die gesamten Emissionen der untersuchten Sektoren Haushalte, GHD und Industrie sind zum Vergleich in Abb. 25 dargestellt. Ein weiterer wichtiger Vergleichswert ist die gesamte Emission aus dem Energieverbrauch in Gütersloh: 880.000 t CO₂/a (s. Kap. 4.2.4, S. 99). Aus den Vergleichswerten wird deutlich, welche enormen technischen Potentiale bestehen. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß die Potentiale keinesfalls addierbar sind, da sie sich größtenteils auf den gleichen Verbrauch beziehen. Zusätzlich ist anzumerken, daß sich die drei Potentiale mit PE-Bezug auf einen andere Ausgangsbasis stützen als die übrigen. Es wird die komplette Einspeisung in das Netz der Stadtwerke Gütersloh zugrundegelegt, während in die übrigen Handlungsfelder nur etwa 75% dieser Strommenge eingehen.

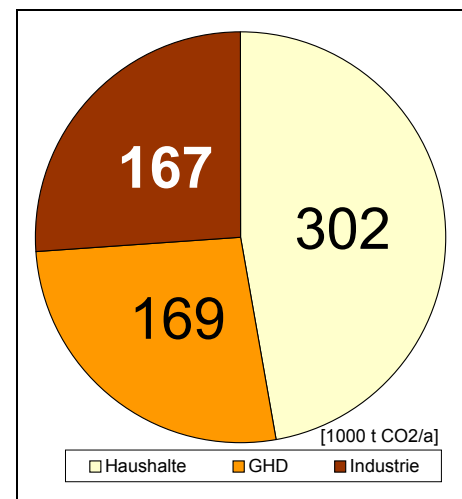


Abb. 25 Verbrauch von Haushalten, GHD und Industrie

Quelle: Tab. A-19 (S. A-22)

Als Ausgangsbasis für die Auswahl großer Handlungsfelder, für die ein mobilisierbares Potential ermittelt wird, ist die Berechnung geeignet. Die unterschiedlichen Dimensionen der Handlungsfelder sind deutlich erkennbar: so läßt sich eine Gruppe von Handlungsfeldern mit deutlich über 100.000 t/a Reduktionspotential klar von den kleinen Potentialen (unter 50.000 t CO₂/a) unterscheiden. Die berechneten Handlungsfelder sind eher groß, da vor allem kleinere Handlungsfelder bereits im Vorfeld ausgeschieden wurden. Dadurch sind folgende Handlungsfelder gar nicht bearbeitet worden: „PE - Reststoffe“, „PE-U - Anlagentechnik“, „EE-U - Systemgestaltung“, „NE-U - Anlagentechnik“ und „EDL - gezielter Einsatz“ (s. Kap. 4.3.1, S. 102).

Weiterhin werden die technischen Potentiale von der Neuordnung der Energiemärkte kaum beeinflusst, da die technischen Möglichkeiten von Rechtsänderungen unabhängig sind. Daher wird die Wirkung der Neuordnung erst in der Ermittlung des mobilisierbaren Potentials sichtbar.

Schließlich ist das technische Potential als solches noch weit von der Mobilisierung entfernt. Beispielsweise beinhaltet das Potential „PE - Regenerative Energien“ die Nutzung der kompletten Landwirtschaftsfläche und aller geeigneter Dächer zu Energieerzeugung. Erst auf der Basis des mobilisierbaren Potentials kann ein Handlungsfeld als Schwerpunkt für ein Energiekonzept gewählt werden.