

STAgenda 21

Arbeitskreis Energie und Klimaschutz

CO₂-Bilanz für die Stadt Starnberg

Bericht

Inhaltsverzeichnis

A. Einführung.....	2
B. Klimaschutzziele.....	2
C. Beschluss zur CO₂-Bilanzierung.....	2
D. Erhebung von Daten.....	3
E. CO₂-Bilanz.....	4
F. CO₂-Bilanz der städtischen Liegenschaften...	5
G. Diskussion der Ergebnisse.....	6
Anhang 1.....	8
Anhang 2.....	9
Anhang 3.....	11
Anhang 4.....	12

A. Einführung

Die Veränderungen des Klimas sind inzwischen offensichtlich geworden und sie werden voraussichtlich in diesem Jahrhundert noch deutlicher hervortreten. Die Erde hat sich in den letzten 100 Jahren bereits um 0,7 Grad aufgeheizt. Das klingt nicht viel, doch Klimaexperten sprechen bereits davon, dass eine Erderwärmung bei 2 Grad plus unabsehbare Folgen haben wird. Zunehmende Dürren, Stürme und Überschwemmungen mit verheerenden Auswirkungen werden vorausgesagt.

Betroffen davon sind alle, jeder Einzelne, jede Kommune, jedes Unternehmen, Länder, Nationen und Kontinente. Allein verantwortlich für die Veränderungen des Klimas sind die Industrienationen, die mit Beginn der Industrialisierung in steigendem Maße Treibhausgase in die Erdatmosphäre entlassen haben.

Daher ist es wichtig, sich Klarheit zu verschaffen, in welchem Umfang man selbst zur Klimaerwärmung beiträgt und wo eine Einsparung von Treibhausgasen möglich ist.

B. Klimaschutzziele

Beim Klimagipfel in Rio de Janeiro (1992) versprach der damalige Bundeskanzler Helmut Kohl, Deutschland werde bezogen auf 1990 bis 2005 bereits 25 % CO₂ eingespart haben. Im Kyoto-Protokoll (1997) vereinbarten die Industriestaaten ihre Treibhausgas-Emissionen um 5 % zu reduzieren. Deutschland übernahm im Rahmen der Lastenteilung der Europäischen Union die Verpflichtung, die Emissionen der sechs Kyoto-Gase (CO₂, CH₄, N₂O, H-FKW's, FKW's sowie SF₆) um 21 % in dem Zeitraum bis 2012 gegenüber 1990 zu verringern.

Von der Bundesregierung wurden mit Blick auf eine Nach-Kyoto-Vereinbarung bereits weitergehende Ziele benannt. Der Kohlendioxid-Ausstoß in Deutschland soll bezogen auf 1990 bis zum Jahr 2020 um 40 % und bis 2050 um 80 % sinken. Dies entspricht dem notwendigen Beitrag der Industrienationen, um die globale Temperaturzunahme möglichst auf zwei Grad zu begrenzen. Als langfristiges Ziel ist zur Stabilisierung des Klimas ein weltweit gerechter Wert von zwei bis drei Tonnen CO₂-Äquivalent pro Kopf und Jahr anzustreben.

C. Beschluss zur CO₂-Bilanzierung

Mit der Annahme des Leitbilds der lokalen Agenda 21 in Starnberg (STAgenda 21) hat der Stadtrat 2001 akzeptiert, seine Verantwortung am globalen Schutz von Erdatmosphäre und Klima wahrzunehmen, eine Bilanzierung der Klimagase und reduzierende Maßnahmen vorzunehmen, sowie die Ziele von Rio möglichst zu übertreffen.

Damit lag es nahe, eine Bilanzierung (Bestandsaufnahme, Vermeidung, Kontrolle) des Ausstoßes von Klimagasen in Starnberg vorzunehmen. Der Arbeitskreis Energie und Klimaschutz hat dies für die Energieträger Strom, Gas und Mineralöl sowie den Energieverbrauch im Straßenverkehr vorgeschlagen. Angedachtes Ziel war eine CO₂-Reduzierung von 10 Prozent im Zeitraum von 1999 bis 2005. Diesem Reduktionsziel lag folgende Überlegung zugrunde: Die in Deutschland erreichte CO₂-Minderung von 1990 bis

1999 betrug 15,3 Prozent, so dass bis 2005 noch eine weitere CO₂-Einsparung von 10 Prozent erforderlich war, um das nach Rio de Janeiro gesetzte Ziel zu erreichen. Dies entspräche dann auch dem Beitrag der Stadt Starnberg. Nach 2005 können weitere Reduktionsziele beschlossen werden.

Der Lenkungskreis fasste am 18.4.2002 den Beschluss, dass der Arbeitskreis Energie- und Klimaschutz eine entsprechende CO₂-Bilanzierung durchführen solle mit Beschränkung auf die wesentlichen energiebedingten Indikatoren. Der Stadtrat hat in seiner Sitzung am 19.12.2002 den Beschluss des Lenkungskreis zur Kenntnis genommen und akzeptiert.

D. Erhebung der Daten

Untersuchungsgebiet war die Stadt Starnberg, einschließlich der zugehörigen ländlichen Ortsteile. Die Daten wurden für das Basisjahr 1999 und das Überprüfungsjahr 2005 erhoben. Um den Aufwand in Grenzen zu halten, beschränkte sich die Datenerhebung auf die wesentlichen Indikatoren: den Verbrauch von Strom, Gas und Mineralöl sowie von Treibstoffen im Verkehrssektor. Erfasst wurden auch regenerativ oder effizient erzeugter und ins Netz eingespeister Strom sowie regenerativ oder effizient erzeugte Wärme. Anderweitige Quellen für CO₂-Emissionen, wie beispielsweise „graue Energie“, die Verbrauchsgütern oder Nahrungsmitteln zuzurechnen ist, blieben unberücksichtigt. Dennoch nahm die Erhebung der Daten viel Zeit in Anspruch. Für das Überprüfungsjahr lagen die vollständigen Daten erst 2008 im Herbst vor. Die erhobenen Daten sind in Anhang 1, Tab.1 bis 7 zusammengestellt.

Daten für den Stromverbrauch

Das Energieversorgungsunternehmen E.ON stellte die Daten des jährlichen Strombezugs für alle Tarifkunden (HT und NT) in Starnberg zur Verfügung, ebenso die Daten für den eingespeisten Strom aus Photovoltaikanlagen und aus fossiler Kraft-Wärme-Kopplung (erdgasbetriebene Blockheizkraftwerke), siehe Tab.1.

E.ON muss als Netzbetreiber den nach EEG oder KWKG-Gesetz ins Netz eingespeisten Strom vorrangig abnehmen und vergüten. Ebenso muss E.ON nach einem Anbieterwechsel den Strom durch sein Netz leiten und die Netznutzungsgebühren mit dem Fremdanbieter verrechnen. Die von E.ON gelieferten Daten sind als zuverlässig anzusehen.

Daten für den Gasverbrauch

Die Verbrauchsdaten für Erdgas wurden vom Gasversorger Erdgas Südbayern (ESB) jeweils für einen Abrechnungszeitraum vom 1.7. bis 30.6. von zwei aufeinanderfolgenden Jahren geliefert. Deshalb war es nötig, eine Umrechnung auf den Jahresverbrauch durch Aufteilung und entsprechende Zuordnung vorzunehmen, siehe Tab.2.

Daten für den Heizölverbrauch

Um einigermaßen repräsentative Daten für den Heizölverbrauch zu bekommen, wurden alle Heizöllieferanten im Landkreis angeschrieben. Diese agierten allerdings nicht sehr kooperativ. Von 12 angeschriebenen Firmen lieferte nur eine verwertbare Daten. In einem zweiten erfolgreichen Anlauf wurden die fünf Kaminkehrermeister, deren Kehrbezirk auch Starnberg abdeckt, angeschrieben, mit der Bitte, für die Erstellung einer CO₂-Bilanz die Kaminkehrerprotokolle sämtlicher ölgefeuerter Heizanlagen im Stadtgebiet zu

liefern. Um daraus den Ölverbrauch berechnen zu können, wurden alle notwendigen Daten anonymisiert in Tabellen eingetragen, die Daten auf Plausibilität geprüft und bei Bedarf bereinigt. Insgesamt wurden so in wochenlanger Arbeit 3711 Protokolle ausgewertet, siehe Tab.3. Zu bemerken ist, dass die Anzahl der Ölheizungen rückläufig ist, während die Anzahl der Gaskunden merklich zugenommen hat.

Daten zu Solarthermie

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) lieferte für 2005 alle geförderten Solarkollektoranlagen zur Erwärmung von Brauchwasser, siehe Tab.4. Da in den Pionierzeiten auch Solaranlagen ohne Förderung installiert wurden, handelt es sich eher um eine Untererfassung. Die schätzungsweise geringe Anzahl der Pionier-Anlagen ist vernachlässigbar. Eine Vernachlässigung wirkt sich nicht auf das Ergebnis aus, da bei einer Bilanzierung die Zunahme der Anlagen von 1999 bis 2005 betrachtet wird.

Daten zur Wärmebereitstellung aus KWK

Bei den Kraftwärmekopplungsanlagen in Starnberg wurde davon ausgegangen, dass sie wärmegeführt gefahren werden. Aus dem eingespeisten Strom lässt sich dann die Wärmebereitstellung abschätzen. Das BAFA lieferte für 2005 alle geförderten Biomasse-Heizungen, siehe Tab.5. Dabei handelt es sich um innovative Techniken (vor allem Hackschnitzelheizungen), die 1999 noch nicht eingeführt waren.

Daten für den Kraftstoffverbrauch

Die Starnberger Tankstellenpächter wurden angeschrieben mit der Bitte, Daten über den Jahresabsatz von Otto- und Dieselmotorkraftstoff für eine CO₂-Bilanzierung zu liefern. Für 1999 lieferten vier von fünf Tankstellen ihre Absatzzahlen, so dass eine Hochrechnung auf den Gesamtabsatz möglich war, siehe Tab.6. Leider lieferten für 2005 nur zwei Tankstellen die Daten, eine Hochrechnung wäre nicht mehr vertretbar gewesen. Parallel dazu standen aber die CO₂-Emissionsdaten aus dem Verkehrsgutachten der Firma ACCON GmbH zur Verfügung, siehe Tab.7. Die Daten der Tankstellen bestätigen für 1999 größenordnungsmäßig in etwa das Ergebnis des Verkehrsgutachtens. Eine gewisse Diskrepanz war zu erwarten, da in den Kraftstoffabsatz das individuelle Tankverhalten eingeht.

E. CO₂-Bilanz

Die Grundlagen einer CO₂-Bilanzierung sind in Anhang 2 beschrieben. Für die Stadt Starnberg wurde eine Verursacherbilanz erstellt. Der Energiebedarf wird in erster Linie von überregionalen Versorgungsunternehmen gedeckt; Umwandlungsprozesse spielen keine Rolle, Energieerzeugung findet nur in beschränktem Rahmen statt.

Für die Bilanzierung wurden die amtlichen Einwohnerzahlen, die Gradtagszahlen der Wetterstation Attenkam und die Emissionsfaktoren, wie sie von Umweltbundesamt angegeben werden, herangezogen. Die verwendeten Emissionsfaktoren sind auf die Primärenergie bezogen und entsprechen den Vorgaben der ENEV, sie berücksichtigen die vorgelagerten Prozesse auf der Basis des Programm GEMIS. In Anhang 3, Tab.8 bis 13 sind die so berechneten CO₂-Emissionen für Energieverbrauch und -erzeugung zusammengestellt.

Für die Sektoren Strom, Wärme und Verkehr wurden aus den Verbrauchsdaten mit Hilfe von Emissionsfaktoren der zugehörige CO₂-Ausstoß berechnet (Tab.8 und 9). Im Bereich Wärme wurden die Verbrauchsdaten zuvor mit Hilfe von Gradtagszahlen temperaturbereinigt. Dies erfolgte in gleicher Weise für die erfasste Eigenerzeugung von Energie aus Photovoltaik, Solarthermie, Blockheizkraftwerken und Biomasseheizungen (Tab.10 und 11). Dabei ist es üblich, dass die CO₂-Emissionen von Blockheizkraftwerken (KWK), wenn sie wärmegeführt betrieben werden, in vollem Umfang der Wärmeerzeugung zugerechnet werden. Der erzeugte Strom wird dann als CO₂-freies Nebenprodukt betrachtet. Gleichzeitig ist der Erdgasverbrauch von Blockheizkraftwerken (KWK) bereits in den von der ESB gelieferten Verbrauchsdaten enthalten und darf der Wärmeerzeugung durch KWK nicht noch einmal angerechnet werden.

Der eingespeiste Strom wurde außerdem noch mit dem Stromverbrauch verrechnet und in Bezug auf den CO₂-Ausstoß entsprechend bilanziert (Tab.12). Die CO₂-Bilanz im Wärmesektor ergibt sich aus der Addition der Anteile aus dem Erdgasverbrauch, dem Heizölverbrauch und der regenerativ erzeugten Wärme (Tab.13).

Die drei Sektoren, Strom, Wärme und Verkehr, liefern zusammengefasst die CO₂-Bilanz für die Stadt Starnberg (Tab.14). In dem betrachteten Zeitrahmen ist ein Rückgang der energiebedingten Treibhausgasemissionen pro Kopf von 10,7 auf 9,7 Tonnen CO₂ zu verzeichnen. Das entspricht einer Reduktion von 9,25 Prozent bzw. von 1,5 Prozent pro Jahr.

Tab.14 CO₂-Bilanz für die Stadt Starnberg

	Strom		Wärme		Verkehr		Gesamt	
	Mg* CO ₂	Mg CO ₂ /Kopf	Mg CO ₂	Mg CO ₂ /Kopf	Mg CO ₂	Mg CO ₂ /Kopf	Mg CO ₂	Mg CO ₂ /Kopf
1999	59.089	2,76	118.744	5,54	51.465	2,40	229.297	10,70
2005	62.188	2,71	110.967	4,83	49.896	2,17	223.051	9,71

*Megagramm (Mg) = Tonne

F. CO₂-Bilanz der städtischen Liegenschaften

Zusätzlich wurde überprüft, wie viel CO₂ die Stadt Starnberg bei ihren eigenen Liegenschaften durch Sanierung und Engagement eingespart hat und ob sie ihrer Vorreiterrolle gerecht geworden ist. Es konnten nur Objekte berücksichtigt werden, für die genügend Daten vorliegen. So konnten beispielsweise die städtischen Wohnungen nicht mitberücksichtigt werden, da für das Basisjahr 1999 keine und für die weiteren Jahre nur stückweise Verbrauchsdaten vorliegen. Für den verbrauchten Treibstoff der städtischen Fahrzeuge oder für eventuelle Ölheizungen stehen ebenfalls keine Daten zur Verfügung. Betrachtet wurden der Strom- und Gasverbrauch, die selbst erzeugte sowie durch Bereitstellung von Dächern erzeugte Solarenergie und die effiziente Erzeugung von Strom und Wärme durch Kraftwärmekopplung. Die Daten lieferte die Stadtverwaltung (Agendabüro). Die Daten für Energieverbrauch und -erzeugung sind in Anhang 4, Tab.15 und 16, zusammengestellt. Für die Sektoren Strom und Wärme wurde der zugehörige CO₂-Ausstoß berechnet (Tab.17 und 18) und für die CO₂-Bilanz der städtischen Liegenschaften zusammengefasst (Tab.19). Durch die Nichtberücksichtigung einiger Objekte, in denen ebenfalls in einem gewissen Rahmen energetische Sanierungen vorgenommen worden sind,

wird die erreichte CO₂-Reduzierung eher unterschätzt. Insgesamt wurden von 1999 bis 2005 etwa 28,5 Prozent CO₂ eingespart, allein im Bereich Strom bemerkenswerte 54 Prozent.

Tab.19 CO₂-Bilanz für die städtischen Liegenschaften

CO ₂ -Emissionen durch	Gesamtmenge 1999 Mg CO ₂	Gesamtmenge 2005 Mg CO ₂	Einsparung %
Stromverbrauch	1393	641	53,98
Gasverbrauch	2860	2401	16,05
Gesamt	4253	3042	28,48

** Megagramm (Mg) = Tonne

G. Diskussion der Ergebnisse

Die durchgeführte CO₂-Bilanzierung ergab, dass im gesamten Stadtbereich Starnbergs 1,5 Prozent CO₂ pro Jahr und Einwohner und insgesamt über den Untersuchungszeitraum 9,25 Prozent CO₂ eingespart wurden. Das angestrebte Ziel einer CO₂-Reduktion von 10 Prozent bis 2005 wurde damit nur knapp verfehlt.

Zusätzlich wurde eine vergleichende Berechnung mit Emissionsfaktoren, bezogen auf die Endenergie, durchgeführt. Diese sollte, da eine Differenz ermittelt wird, im wesentlichen das gleiche Ergebnis liefern. Es wurden zwar niedrigere CO₂-Emissionen, sowohl absolut wie auch pro Kopf, ermittelt aber die erzielte Einsparung wurde bestätigt: Die CO₂-Reduktion beträgt ebenfalls 1,5 Prozent pro Jahr bzw. insgesamt über den untersuchten Zeitraum 9,15 Prozent. Die gute Übereinstimmung war zu erwarten, da sich bei einem Vergleich von zwei in gleicher Weise erhobenen Datensätzen systematische Fehler praktisch nicht auswirken.

Die CO₂-Emissionen pro Kopf tragen einer wachsenden Einwohnerzahl Rechnung und sind in allen betrachteten Sektoren rückläufig, am stärksten im Sektor Wärme und am geringsten im Sektor Strom. Der Stromverbrauch insgesamt hat sogar zugenommen. Demnach muss der Schwerpunkt zukünftig mehr auf Stromsparen oder Erzeugung von Ökostrom gelegt werden. Zwar wurde in 2005 im Vergleich zu 1999 etwa 100 mal mehr Strom erzeugt und ins Netz eingespeist, aber auf niedrigem Niveau. Die Stromerzeugung entsprach 2005 lediglich 15 kWh pro Einwohner gegenüber einem Stromverbrauch von 3981 kWh pro Einwohner. Überrascht hat, dass die CO₂-Emissionen im Sektor Verkehr rückläufig sind. Dieser Trend wird auch bezogen auf den gesamtdeutschen Straßenverkehr seit dem Jahr 2000 beobachtet. Der Rückgang, der in Deutschland (- 13 %) stärker ausgeprägt ist als in Starnberg (- 3 %), wird auf die Ökosteuerreform und die erhöhten Spritpreise zurückgeführt.

Der CO₂-Ausstoß in Deutschland wird für den betrachteten Zeitraum mit etwa 11 Tonnen pro Kopf angegeben. Für Starnberg wurden für 1999 ebenfalls etwa 11 Tonnen pro Kopf und für 2005 etwa 10 Tonnen pro Kopf bestimmt. Die Übereinstimmung ist recht gut, wenn man bedenkt, dass für Starnberg nicht alle Indikatoren berücksichtigt werden konnten und es sich deshalb eher um eine Untererfassung handelt. Beispielsweise war es nicht möglich, das gesamte Mobilitätsverhalten der Starnberger Bürger oder den Beitrag aus der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen in Starnberg zu erfassen.

Die CO₂-Bilanzierung für die städtischen Liegenschaften ergab eine jährliche Einsparung von 4,7 Prozent und insgesamt über den Untersuchungszeitraum eine Einsparung von 28,5 Prozent

für die Bereiche Strom und Wärme. Damit wurde das angestrebte Ziel einer CO₂-Reduktion von 10 Prozent in diesen Bereichen deutlich übererfüllt. Bemerkenswert ist die CO₂-Reduzierung im Bereich Strom um 54 Prozent. Der Stadt ist es gelungen den Strombezug für ihre Liegenschaften von 1999 bis 2005 in etwa zu halbieren. Die Eigenstromversorgung im Wasserpark trägt ein gutes Stück dazu bei. Die CO₂-Einsparungen im Wärmebereich betragen 16 Prozent. Die effizienten Blockheizkraftwerke im Wasserpark und Gymnasium schlagen hierbei – auch unter Entlastung des Strombereichs - voll zu Buche.

Die CO₂-Bilanz der städtischen Liegenschaften bestätigt, dass es die Stadt Starnberg verstanden hat, ihre Vorbildfunktion wahrzunehmen. Auch die STAgenda 21 hat ihren Teil dazu beigetragen. Eine Reihe von Maßnahmen zur Energieeinsparung wurde von ihr über die Jahre vorgeschlagen und eingefordert.

Das positive Gesamtergebnis, sowohl für den gesamten Stadtbereich als auch für die städtischen Liegenschaften, war so nicht zu voraussagen. Die CO₂-Bilanz gibt einen guten Anhaltspunkt, wo Starnberg steht. Um Klimaneutralität zu erreichen, müssen in Zukunft aber noch mehr Einsparpotenziale erschlossen werden. Eine jährliche CO₂-Reduktion von 1,5 % pro Kopf wird den Anforderungen nicht genügen.

Der Arbeitskreis Energie und Klimaschutz der STAgenda 21 empfiehlt, weitere ehrgeizige Einsparziele zu formulieren und die CO₂-Bilanzierung zur Überprüfung der Ziele fortzuführen. Dabei müssen die Starnberger Bürger durch Information, Anreiz und Aufruf mitgenommen werden.

Danksagung

Der Arbeitskreis Energie und Klimaschutz der Agenda 21 in Starnberg (STAgenda) bedankt sich für die intensive Unterstützung bei der Datenerhebung und Durchführung der CO₂-Bilanz für die Stadt Starnberg, insbesondere bei Thomas Bachmann, Agendabüro der Stadt Starnberg, bei den Kaminkehrermeistern der Kehrbezirke in Starnberg, bei den Starnberger Tankstellenpächtern, sowie bei den Regionalversorgern E.ON und ESB.

Anhang 1

Daten zu Energieverbrauch und -erzeugung

Tab.1 Stromverbrauch und Stromeinspeisung in Starnberg

Jahr	Stromverbrauch		Stromeinspeisung	
	Konv. Strom MWh***	Konv. Strom** MWh	Solarstrom MWh	Strom aus KWK* MWh
1999	86.486	86.516	3,3	
2005	91.410	91.410	250	149

* fossil betrieben

** anteilig temperaturbereinigt

*** MWh = Megawattstunden

Tab.2 Gasverbrauch in Starnberg

Jahr	Anzahl der Kunden	Gasverbrauch MWh	Gasverbrauch* MWh
1999	3.704	210.659	217.969
2005	4.147	247.229	247.229

* temperaturbereinigt

Tab.3 Heizölverbrauch in Starnberg

Jahr	Anzahl der Anlagen	Heizölverbrauch Ltr.	Heizölverbr.* Ltr.
1999	1933	19.559.974	20.238.665
2005	1686	15.539.927	15.539.927

* temperaturbereinigt

Tab.4 Wärmebereitstellung durch Solarthermie

Jahr	Kollektorfläche m ²	Wärmeerzeugung kWh
2005	1.136	451.161

Tab.5 Wärmebereitstellung durch KWK

Jahr	KWK fossil kWh	Biomasse-HK kW	Biomasse-HK kWh
2005	298.878	388	1.163.100

Tab.6 Kraftstoffabsatz der Tankstellen

Jahr	Ottokraftstoff m ³	Diesekraftstoff m ³
1999	22.470	6.726

Tab.7 Ergebnisse des Verkehrsgutachtens

Jahr	Tageskilometer Mio km/Tag	CO ₂ -Emission Mg*/Tag
1999	0,87	141
2005	0,74	137

* 1 Megagramm (Mg) = 1 Tonne

Anhang 2

Grundlagen einer CO₂-Bilanzierung

Zu dem von Menschen verursachten Treibhauseffekt trägt Kohlendioxid (CO₂) mit ca. 60 Prozent bei. Es entsteht vorrangig durch Verbrennung fossiler Energieträger. Methan (CH₄) entsteht hauptsächlich in der Landwirtschaft, in Klärwerken und Mülldeponien. Zum Treibhauseffekt trägt es 15 Prozent bei. Fluorkohlenwasserstoffe, deren Anteil 11 Prozent beträgt, werden primär in der Kältemittel-Industrie eingesetzt. Schwefelhexafluorid (SF₆) trägt 8 Prozent bei und entsteht in der Industrie. Und schließlich Lachgas (N₂O) entweicht mit einem Anteil von 4 Prozent in der Landwirtschaft durch Viehhaltung und Düngemittel. Die einzelnen Gase unterscheiden sich ganz erheblich in ihrer Treibhauswirkung. Diese wird dann, bezogen auf das am häufigsten vorkommende Treibhausgas, zur besseren Vergleichbarkeit in CO₂-Äquivalenten ausgedrückt.

Durch die Nutzung der fossilen Energieträger, Gas, Kohle und Öl, entstehen drei Viertel der weltweiten Treibhausgas-Emissionen. Allein durch die Energieerzeugung werden 45 Prozent aller Treibhausgase verursacht. Mit 20 Prozent der Emissionen heizt die Industrie weltweit das Klima an. Mindestens 15 Prozent aller Treibhausgase werden durch die Landwirtschaft freigesetzt. Und 20 Prozent aller Klimakiller bläst der global zunehmende Verkehr in die Luft.

Energiebedingte CO₂-Emissionen

Die Bilanzierung von energiebedingten CO₂-Emissionen erfolgt mit einer bestimmten Methodik. In die Berechnung werden ausschließlich die Emissionen der fossilen Energieträger Kohle, Gas, Mineralöl und von deren kohlenstoffhaltigen Produkten einbezogen. Betrachtet werden die emissionswirksamen Bereiche, wie Anlagen der Strom- und Wärmeerzeugung, der Energieumwandlung und -gewinnung und der Endenergieverbrauch. Relevant sind folglich die Sektoren Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden, Verarbeitendes Gewerbe, Verkehr sowie Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher. Nicht einbezogen wird der nichtenergetische Verbrauch von Energieträgern.

CO₂-Emissionen aus dem Primärenergieverbrauch (Quellenbilanz)

Bei der Quellenbilanz handelt es sich um eine auf den Primärenergieverbrauch bezogene Darstellung der Emissionen, unterteilt nach den Emissionsquellen Umwandlungsbereich und Endenergieverbrauch. Die Quellenbilanz ermöglicht Aussagen über die Gesamtmenge des in einer Region emittierten Kohlendioxids. Es sind keine direkten Rückschlüsse auf das Verbrauchsverhalten der Endenergieverbraucher und den dadurch verursachten Beitrag zu den CO₂-Emissionen in einer Region möglich (Beispiel Tanktourismus).

CO₂-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz)

Bei der Verursacherbilanz handelt es sich um eine auf den Endenergieverbrauch einer Region bezogene Darstellung der Emissionen. Im Unterschied zur Quellenbilanz werden hierbei die Emissionen nicht auf den Umwandlungsbereich bezogen, sondern nach dem Verursacherprinzip den sie verursachenden Endverbrauchersektoren zugeordnet. Beispiel: Beim Energieträger Strom erfolgt die Anrechnung der dem Endverbrauch zuzurechnenden Emissionsmenge auf Grundlage des Brennstoffverbrauchs aller Stromerzeugungsanlagen in Deutschland. Beim Tanktourismus muss dann modellhaft so gerechnet werden, als hätten Tanken und Verursachung von Emissionen in der Region stattgefunden.

Prozessbedingte CO₂-Emissionen

Neben den energiebedingten Emissionen werden zur Darstellung der Gesamtemissionen von Kohlendioxid auch die vorgelagerten prozessbedingten CO₂-Emissionen, bezogen auf den fossilen Komplex, nachgewiesen. Prozessbedingte, klimawirksame CO₂-Emissionen werden bei bestimmten Produktionsprozessen direkt freigesetzt. Relevant sind z.B. Industrieprozesse des Sektors Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe. Solche vorgelagerten Prozessketten sind z.B. in den Emissionsfaktoren von konventionellem und regenerativem Strom berücksichtigt.

Emissionsfaktoren

Für die Berechnung der CO₂-Emissionen werden sogenannte Emissionsfaktoren herangezogen. Diese sind in der Literatur nicht einheitlich angegeben. Einerseits können sich die spezifischen CO₂-Emissionen eines Energieträgers über die Jahre verändern. Beim Strom beispielsweise entwickeln sie sich gemäß dem aktuellen Strommix. Andererseits sind sie nicht immer auf den Endenergieverbrauch bezogen oder die vorgelagerten Prozessketten finden keine ausreichende Berücksichtigung.

Temperaturbereinigung

Um die Entwicklung der CO₂-Emissionen unabhängig vom Einfluss der Temperaturschwankungen darstellen zu können, wird die CO₂-Bilanz einer Temperaturbereinigung unterzogen. Im Ergebnis werden fiktive CO₂-Emissionen ermittelt, die sich ergeben hätten, wenn die jährlichen Durchschnittstemperaturen unverändert geblieben wären. Dazu werden Korrekturfaktoren auf der Basis der Gradtagszahlen regionaler Wetterstationen verwendet. Korrigiert wird der Raumwärmeanteil am Endenergieverbrauch der verschiedenen Energieverbrauchsgruppen. Da im Mittel in Deutschland 10 Prozent des Stroms für Raumwärme verbraucht werden, wird anteilig auch der Stromverbrauch korrigiert.

Anhang 3

Berechnete CO₂-Emissionen für Energieverbrauch und -erzeugung

Tab.8 CO₂-Emissionen durch Energieverbrauch im Basisjahr 1999

CO ₂ -Emissionen durch	Gesamtmenge Mg** CO ₂	Mg CO ₂ /Kopf
Stromverbrauch	51.892	2,42
Gasverbrauch	43.594	2,03
Heizölverbrauch	54.644	2,55
Verkehr	51.465	2,40
Gesamt	201.5954	9,41

* Megagramm (Mg) = Tonne

Tab.9 CO₂-Emissionen durch Energieverbrauch im Überprüfungsjahr 2005

CO ₂ -Emissionen durch	Gesamtmenge Mg CO ₂	Mg CO ₂ /Kopf
Stromverbrauch	54.846	2,39
Gasverbrauch	49.446	2,15
Heizölverbrauch	41.958	1,83
Verkehr	49.896	2,17
Gesamt	196.145	8,54

Tab.10 CO₂-Emissionen aus eingespeistem Strom

	PV Gesamtmenge in Mg CO ₂	KWK Gesamtmenge in Mg CO ₂
1999	0,33	-
2005	25,2	0

Tab.11 CO₂-Emissionen aus regenerativer oder effizienter Wärmeerzeugung

	Solarthermie Gesamtmenge in Mg CO ₂	KWK Gesamtmenge in Mg CO ₂	Biomasse-HK Gesamtmenge in Mg CO ₂
1999	-	-	-
2005	21,7	0	50,0

Tab.12 Gesamtbilanz Strom

	Verbrauch MWh	Einspeisung			effektiver Strombezug		Bilanz Mg CO ₂
		PV/MWh	KWK/MWh	Mg CO ₂	MWh	Mg CO ₂	
1999	86.486	3,3	-	0,33	86.483	51.890	51.890
2005	91.410	250	149	25,2	91011	54606	54.632

Tab.13 Gesamtbilanz Wärme

	Reg. Anteil Mg CO ₂	KWK Mg CO ₂	Heizöl Mg CO ₂	Erdgas Mg CO ₂	Bilanz Mg CO ₂
1999	-	-	54.644	43.594	98.238
2005	71,7	0	41.958	49.446	91.475

Anhang 4

Liegenschaften der Stadt Starnberg

Daten zu Energieverbrauch und -einspeisung

Tab.15 Stromverbrauch und Stromeinspeisung

Jahr	Stromverbrauch		Stromeinspeisung	
	Konv. Strom MWh***	Konv. Strom** MWh	Solarstrom MWh	Strom aus KWK* MWh
1999	2033	2040	0,93	
2005	1052	1052	25,57	91,87

* fossil betrieben

** anteilig temperaturbereinigt

*** MWh = Megawattstunden

Tab.16 Gasverbrauch und Wärmelieferung

Jahr	Gasverbrauch MWh	Gasverbrauch* MWh	Wärmeabgabe MWh
1999	11189	11577	
2005	10764	10764	1045

* temperaturbereinigt

Berechnete CO₂-Emissionen für Energieverbrauch und -erzeugung

Tab.17 Gesamtbilanz Strom

	Verbrauch MWh	Einspeisung			effektiver Strombezug		Bilanz Mg CO ₂
		PV/MWh	KWK/MWh	Mg* CO ₂	MWh	Mg CO ₂	
1999	2040	0,93	-	0,1	2039	1393	1393
2005	1052	25,57	91,87	2,81	934	638	641

* Megagramm (Mg) = Tonne

Tab.18 Gesamtbilanz Wärme

	Erdgas Mg CO ₂	Wärmelieferung Mg CO ₂	Bilanz Mg CO ₂
1999	2860	-	2860
2005	2659	258	2401