

# Revision der regionalen CO<sub>2</sub>-Bilanzen für Baden-Württemberg

Katharina Schmidt

Dipl.-Umweltwissenschaftlerin Katharina Schmidt ist Referentin im Referat „Umweltbeobachtung, Ökologie, umweltökonomische Gesamtrechnungen“ des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg.

Im Juli 2013 beschloss der Landtag von Baden-Württemberg das „Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes in Baden-Württemberg“, das kurz darauf in Kraft trat. Dieses Klimaschutzgesetz setzt verbindliche Zielvorgaben für die Reduzierung des landesweiten Ausstoßes von Treibhausgasen (§ 4): Bis 2020 sollen in Baden-Württemberg mindestens 25 % und bis 2050 sogar 90 % weniger Treibhausgase (gemessen in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) emittiert werden als im Referenzjahr 1990. Der Gesetzgeber hat also den rechtlichen Rahmen gesteckt, die konkrete Umsetzung liegt nun weitestgehend auf lokaler Ebene. Die öffentliche Verwaltung, Kommunen und Gemeindeverbände sind angehalten, durch entsprechende Aktivitäten in ihrem Organisationsbereich ihrer Vorbildfunktion für den Klimaschutz gerecht zu werden (§ 7). Aber auch jeder einzelne Bürger ist verpflichtet, im Rahmen seiner Möglichkeiten zur Verwirklichung der Klimaschutzziele beizutragen (§ 8). Als erster Schritt müssen relevante Handlungsfelder

identifiziert und geeignete Strategien zur Treibhausgasemissionen entwickelt werden. Dafür bilden die regional und zeitlich vergleichbaren Bilanzen der Treibhausgasemissionen, wie sie das Statistische Landesamt flächendeckend für alle Gemeinden Baden-Württembergs zur Verfügung stellt, eine wichtige Grundlage.

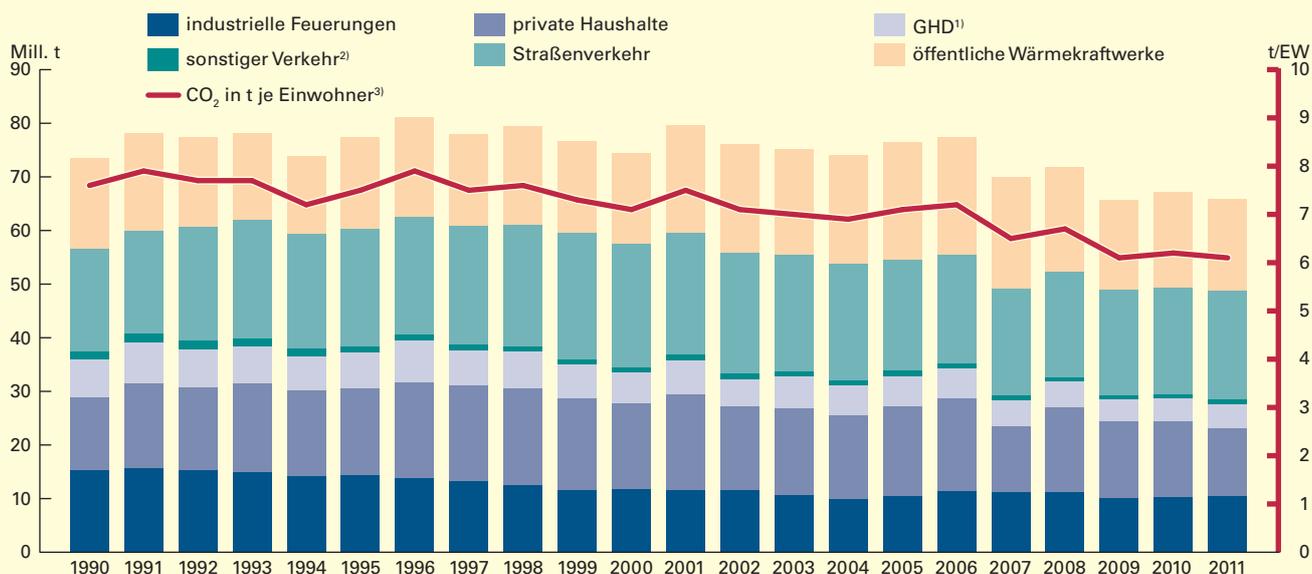
**Energiebedingter CO<sub>2</sub>-Ausstoß macht rund 86 % der baden-württembergischen Treibhausgasemissionen aus**

Gemessen an der Klimawirksamkeit hat das Gas Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) den bedeutendsten Anteil an den weltweiten Treibhausgasemissionen. In Baden-Württemberg wurden 2011 insgesamt 76,2 Mill. Tonnen (t) CO<sub>2</sub>-Äquivalente<sup>1</sup> Treibhausgase direkt emittiert. 65,8 Mill. t davon waren energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen, das heißt diese Menge an CO<sub>2</sub> wurde bei der Verbrennung fossiler Energieträger freigesetzt. Das

1 Vorläufige Werte.

S1

Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg 1990 bis 2011 nach Sektoren – Quellenbilanz



1) Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher. – 2) Schienen-, nationaler Luftverkehr, Binnenschifffahrt und Off-Road-Verkehr. – 3) Einwohner im Jahresmittel, Bevölkerungsfortschreibung auf Basis der Volkszählung 1987.

Berechnungsstand: Dezember 2013.

waren 1,3 Mill. t CO<sub>2</sub> oder 1,9 % weniger als im Vorjahr. Seit 1990 ergibt sich eine Reduktion der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Land von knapp 11 % (Schaubild 1). Die Treibhausgasemissionen insgesamt reduzierten sich im selben Zeitraum sogar um rund 15 %. Um die

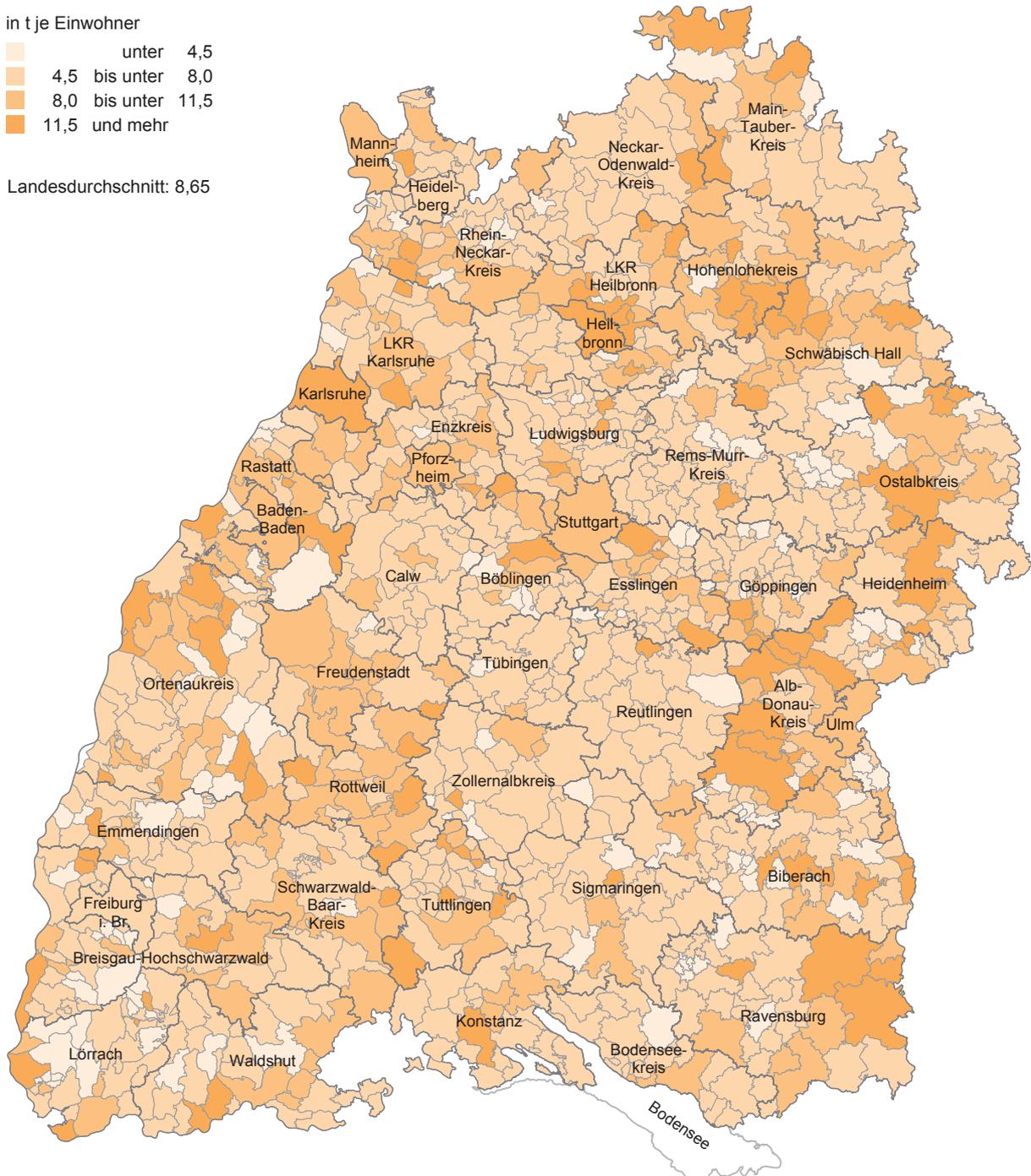
ehrgeizigen Reduktionsziele des baden-württembergischen Klimaschutzgesetzes zu erreichen, bedarf es bis 2020 bei den gesamten Treibhausgasemissionen allerdings noch weiterer Einsparungen in Höhe von 8,9 Mill. t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

**S2**

**Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen je Einwohner in den Gemeinden Baden-Württembergs 2010 – Verursacherbilanz**

- in t je Einwohner
- unter 4,5
  - 4,5 bis unter 8,0
  - 8,0 bis unter 11,5
  - 11,5 und mehr

Landesdurchschnitt: 8,65



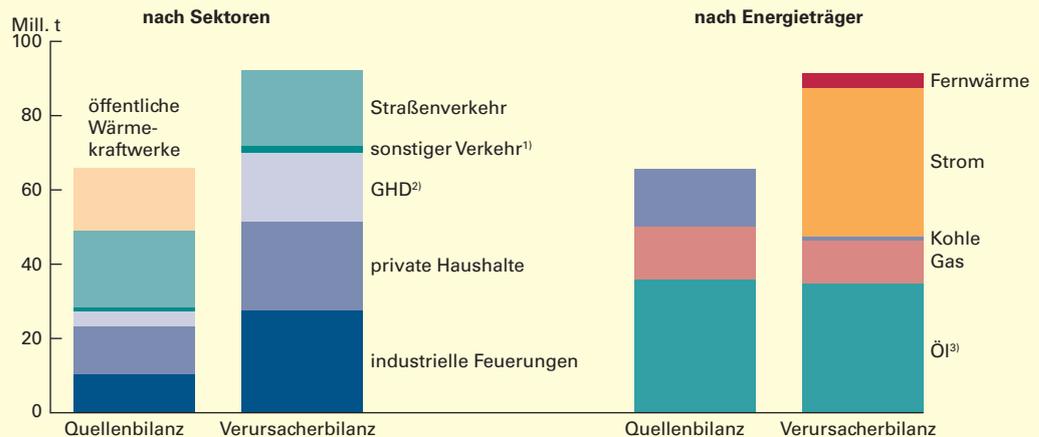
Berechnungsstand: Dezember 2013.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg  
Landesinformationssystem

33-33-14-01M  
© Kartengrundlage GfK GeoMarketing GmbH  
Karte erstellt mit RegioGraph

S3

### Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Baden-Württemberg 2011 nach Sektoren und nach Energieträger



1) Schienen-, nationaler Luftverkehr, Binnenschifffahrt und Off-Road-Verkehr. – 2) Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher. – 3) Einschließlich sonstige Energieträger.  
Berechnungsstand: Dezember 2013.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

81 14

Auf einen Einwohner bezogen ergaben sich im Jahr 2011 direkte energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen von durchschnittlich 6,1 t. Jedoch variiert die Höhe dieser Pro-Kopf-Emissionen unter den einzelnen Städten und Gemeinden erheblich. Sie reichte 2010 von 1,2 bis rund 378 t CO<sub>2</sub> je Einwohner. Darin sind sämtliche CO<sub>2</sub>-Emissionen verrechnet, deren Emissionsquelle (zum Beispiel Heizungsanlagen im privaten und gewerblichen Bereich, Kraftwerke zur Stromerzeugung, Straßenverkehr) im entsprechenden Stadt- bzw. Gemeindegebiet angesiedelt ist. Deshalb wird diese Darstellung auch quellenbezogene Bilanzierung oder kurz Quellenbilanz genannt.

Demgegenüber steht die sogenannte Verursacherbilanz. Die verursacherbezogene Darstellung bedeutet, dass Emissionen, die bei der Strom- und Fernwärmeerzeugung entstehen, auf den Endverbraucher (Verursacher) umverteilt werden. Hier war die Spanne der Pro-Kopf-Emissionen deutlich geringer (zwischen 2,2 und 62,4 t CO<sub>2</sub> je Einwohner im Jahr 2010; *Schaubild 2*).

Je nach Fragestellung ist entweder eine quellen- oder verursacherbezogene Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Emissionen angezeigt (*Schaubild 3*). Einer der Vorteile der Verursacherbilanz ist, dass Kraftwerke, die größere Gebiete mit Energie versorgen, die Pro-Kopf-Emissionen in den Standortgemeinden nicht verzerren. Andererseits berücksichtigt die Verursacherbilanz auch den Energieverbrauch (Strom und Wärme), der aus der Erzeugung in einer anderen als

der in der Bilanz betrachteten regionalen Einheit stammt. Deshalb wird für die Emissionsberechnung beim Energieträger Strom nicht der landesspezifische, sondern der deutlich größere CO<sub>2</sub>-Faktor des deutschlandweit durchschnittlichen Strommixes angesetzt. Die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Stromerzeugung (Quellenbilanz) weichen im Allgemeinen also von den aus dem Stromverbrauch berechneten Emissionen (Verursacherbilanz) ab. So entstanden im Jahr 2011 in Baden-Württemberg rund 18 Mill. t CO<sub>2</sub> bei der Stromerzeugung, dem landesweiten Stromverbrauch werden hingegen indirekt verursachte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 39,7 Mill. t zugeordnet.

Mit Quellen- und Verursacherbilanzen stehen jeder Kommune Baden-Württembergs jährliche Daten zu ihren energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Verfügung. Diese Daten werden in drei Emittentengruppen zusammengefasst tabelliert: Sie enthalten die Sektoren (1) Industrie/(Energieerzeugung), (2) private Haushalte/GHD<sup>2</sup> und (3) Straßen-/sonstiger Verkehr. Eine kommunale Verursacherbilanz ist in der *Tabelle* am Beispiel der Stadt Reutlingen dargestellt.

#### CO<sub>2</sub>-Emissionen der privaten Haushalte und im GHD-Sektor weiter rückläufig

Die direkten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Sektoren private Haushalte und GHD folgen bereits seit Ende der 1990er-Jahre einem rückläufigen Trend (*Schaubild 1*). Insgesamt verringerten sie sich seit 1990 um rund 17 %

2 GHD: Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher.

auf 17,1 Mill. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2011, obwohl sich der zugehörige Endenergieverbrauch im selben Zeitraum weniger stark verändert hat (- 12 %). Die CO<sub>2</sub>-Intensität des Energieverbrauchs in diesen beiden Sektoren hat also spürbar abgenommen. Dazu hat unter anderem der Ersatz von leichtem Heizöl (Energieverbrauch 1990 bis 2011: - 40 %) durch das CO<sub>2</sub>-ärmere Erdgas (+ 52 %) beigetragen. Darüber hinaus verwendeten private Haushalte und GHD im Jahr 2011 fünfmal mehr Energie aus erneuerbaren, CO<sub>2</sub>-neutralen Energieträgern als noch 1990.

Das Verhältnis zwischen den direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Sektoren private Haushalte und GHD war je nach Struktur der Gemeinde sehr unterschiedlich. Die Spanne reichte im Jahr 2010 von unter 2 % für den Sektor GHD und 98 % für die privaten Haushalte bis 79 % GHD und 21 % private Haushalte.

**Revision der regionalen CO<sub>2</sub>-Bilanzierung der Sektoren Haushalte und GHD**

Zum Berechnungsjahr 2010 wurde die Methodik für die regionalen energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in den drei Sektoren GHD, private Haushalte und Straßenverkehr umgestellt. Im Zuge dessen wurden auch die CO<sub>2</sub>-Bilanzen der Jahre 1995 , 2000, 2005 und 2009 nach neuer Methodik revidiert, um die zeitliche Entwicklung der regionalen Emissionen konsistent darzustellen.

Nach wie vor baut die Berechnung der kommunalen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kraftwerke und der Industriebetriebe direkt auf den jährlich bei den Betreibern erhobenen Angaben zum Energieverbrauch nach Energieträgern auf. Die regionalen CO<sub>2</sub>-Bilanzen der Sektoren private Haushalte, GHD, Straßenverkehr und sonstiger

Verkehr dagegen leiten sich aus den Energieverbrauchsdaten ab, die auf Landesebene aggregiert in der Energiebilanz für Baden-Württemberg ausgewiesen werden. Für jeden dieser Sektoren werden getrennte Berechnungen durchgeführt, die im Wesentlichen drei Schritte umfassen:

1. Der landesweite Energieverbrauch eines Sektors wird nach Energieträgern auf die einzelnen Gemeinden Baden-Württembergs verteilt.
2. Der so ermittelte Energieverbrauch einer Gemeinde wird mithilfe energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren in CO<sub>2</sub>-Emissionen umgerechnet.
3. Für jede Gemeinde werden die Emissionen aller Energieträger summiert und in den oben genannten Emittentengruppen zusammengefasst.

Bei dem oben skizzierten Rechengang werden notwendigerweise verallgemeinernde Annahmen getroffen, weil vor allem in den Sektoren private Haushalte und GHD die Datenverfügbarkeit auf kommunaler Ebene eingeschränkt ist. Der Anteil des Energieverbrauchs, der für andere Zwecke als für Raumwärme eingesetzt wird, also zum Beispiel für Beleuchtung, Telekommunikation oder (Unterhaltungs-)Elektronik, wird anhand der Einwohnerzahl (Sektor private Haushalte) bzw. der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (GHD-Sektor) auf die Gemeinden aufgeteilt. Die restlichen rund drei Viertel des landesweiten Endenergieverbrauchs der Haushalte und im GHD-Bereich werden zu Heizzwecken (Raumwärme und Warmwasser) aufgewendet,<sup>3</sup> jedoch fehlen regional hoch aufgelöste primärstatistische Angaben zum konkreten Heizverhalten.

**T** Verursacherbezogene CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stadt Reutlingen 2005, 2009 und 2010 nach Emittentengruppen

Jahr	CO <sub>2</sub> -Emissionen insgesamt	Davon				
		Industrie	darunter aus		private Haushalte, GHD <sup>1)</sup> und übrige Verbraucher	Verkehr <sup>2)</sup>
			Strom- und Fernwärmeverbrauch	Strom- und Fernwärmeverbrauch		
t						
2005	881 562	216 977	181 479	522 712	296 753	141 873
2009	784 791	166 063	140 880	483 455	313 811	135 272
2010	793 927	173 128	147 470	482 621	309 141	138 178

1) Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher. – 2) Straßenverkehr und sonstiger Verkehr.  
Berechnungsstand: Dezember 2013.

3 AG Energiebilanzen e.V. (2011), Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland im Jahr 2008.



### Die Gasmarktliberalisierung

Die Novelle des Energiewirtschaftsgesetzes von 2005 leitete grundlegende Veränderungen des Erdgasmarktes ein, die den freien Wettbewerb unter den Energieversorgern zum Ziel hatten. Waren Haushalts- und Gewerbekunden bis dahin an ihren lokalen Gasversorger gebunden, besteht für sie seit dem 1. April 2006 Wahlfreiheit. Im Jahr 2011 wurden daher rund 74 % aller Gewerbekunden nicht (mehr) zu den Konditionen der Gasgrundversorgung beliefert, sondern nutzten einen günstigeren Tarif oder Anbieter.

### Wie viel Energie wird in den einzelnen Gemeinden zu Heizzwecken eingesetzt?

In erster Näherung wird zunächst aus den Daten der Energiebilanz der durchschnittliche Heizenergieverbrauch je Wohnfläche bzw. im GHD-Bereich je sozialversicherungspflichtig Beschäftigten für Baden-Württemberg berechnet. Weiterhin erfolgt eine Korrektur mithilfe regionalspezifischer Klimafaktoren<sup>4</sup>, sodass Orten mit unterdurchschnittlichen Außentemperaturen ein überdurchschnittlicher Heizenergieverbrauch je Wohnfläche bzw. Beschäftigten zugeordnet wird und umgekehrt. Nach Hochrechnung mit der Wohnfläche bzw. der Beschäftigtenzahl je Gemeinde liegt für jede Gemeinde ein rechnerischer Heizenergieverbrauch vor. Das heißt der landesweite Heizenergieverbrauch wurde mittels geeigneter Schlüsselgrößen – hier: Wohnfläche und Beschäftigte – regional aufgeteilt.

Die Schlüsselgröße „Wohnfläche“ wurde als Neuerung bei der vorliegenden Methodenrevision eingeführt und ersetzt den bisherigen Schlüssel „Anzahl der Haushalte“ (je Gemeinde). Dadurch lässt sich die unterschiedliche Wohnsituation im städtischen und ländlichen Raum besser im Rechenmodell umsetzen. Unterschiede in der Energieeffizienz des Gebäudebestandes und lokale Anstrengungen zur Energieminderung werden in der Modellrechnung jedoch nicht berücksichtigt.

### Welche Energieträger werden zum Heizen verwendet?

Ähnlich zum Vorgehen bei der insgesamt zum Heizen verwendeten Energie werden die landesweiten Verbrauchsmengen der einzelnen Energieträger (gemäß Energiebilanz) mithilfe unterschiedlicher Schlüsselgrößen auf die Gemein-

den verteilt. Ausschließlich der Verbrauch an leichtem Heizöl wird als Differenz zwischen rechnerischem und dem durch die übrigen Energieträger in der Gemeinde realisierten Heizenergieverbrauch ermittelt. So entsteht für jede Gemeinde ein individueller Energieträgermix.

### Energieversorgung im steten Wandel

War es früher möglich, die regionalen Emissionen aus der Gas- und Fernwärmeabgabe der Energieversorger (in ihren Versorgungsgebieten) abzuleiten, erfordert der liberalisierte Gasmarkt bzw. die zunehmende Verbreitung von Nahwärmenetzen einen anderen methodischen Zugang.

Im Jahr 2010 trug die Verbrennung von Erdgas landesweit zu rund 42 % zu den direkten energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Haushalte und GHD bei, mehr als 800 der 1 102 baden-württembergischen Gemeinden waren an ein Erdgasnetz angeschlossen. Daher kommt der Modellierung des regionalen Erdgasverbrauchs eine zentrale Bedeutung für die kommunalen CO<sub>2</sub>-Bilanzen zu. Infolge der Gasmarktliberalisierung (*i-Punkt: Die Gasmarktliberalisierung*) konnte das „alte“ Verteilungsmodell, das auf den Versorgungsgebieten der Gasgrundversorger basierte, nicht länger fortgeschrieben werden. Stattdessen wird nun auf Daten der Baustatistik (Baufertigstellungen von Wohngebäuden mit Zentralheizung durch Gas) zurückgegriffen, um die Verbreitung und die Nutzungsintensität von Erdgas als Heizenergie zu modellieren.

Etwa 7 % aller Wohnungen in Baden-Württemberg nutzen Fernheizung, lokal kann ihr Anteil aber deutlich darüber oder darunter liegen. So sind zum Beispiel in Mannheim 52 % der Wohnungen an ein Wärmenetz angeschlossen, im benachbarten Rhein-Neckar-Kreis hingegen nur knapp 4 %. Der allgemeine Begriff „Fernheizung“ bezeichnet die zentrale Erzeugung von Wärme, die über ein Leitungsnetz an mehrere Verbraucher verteilt wird. Solche Wärmenetze können für die Versorgung einzelner Straßenzüge (Nahwärme) bis hin zu ganzen Stadtteilen oder Städten ausgelegt sein. Bisher konnte mithilfe der Energiestatistik nur die Nutzung von Wärme aus großen Heizwerken (Heizleistung  $\geq 1$  MW) regional, das heißt in den Standortgemeinden dieser Heizwerke, dargestellt werden. Aus der Gebäude- und Wohnungszählung, die im Rahmen des Zensus 2011 durchgeführt wurde, steht nun flächendeckend die Anzahl aller mit Fernwärme beheizten Wohnungen (je Gemeinde) zur Verfügung. Wegen seiner Ak-

<sup>4</sup> Deutscher Wetterdienst, www.dwd.de.

tualität und der hohen räumlichen Auflösung („gemeindefein“) fließt dieser Zensus-Datensatz in die Modellierung ab Berechnungsjahr 2009 ein (*i-Punkt: Korrektur der Emissionen aus Fernwärmenutzung ...*).

Im Gegensatz zum Vorgehen beim Energieträger Strom werden für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Fernwärmeerzeugung in großen Heizwerken regionale Umrechnungsfaktoren berechnet. Denn anders als bei der Stromerzeugung ist hier davon auszugehen, dass Wärme nicht über größere Entfernungen transportiert wird und somit Wärmeerzeugung und -verbrauch regional eindeutig zugeordnet werden können.

### Straßenverkehr

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs berechnen sich aus dem spezifischen Kraftstoffverbrauch sowie der Anzahl der gefahrenen Kilometer je Fahrzeugart. Die auf den Straßen Baden-Württembergs erbrachten Fahrleistungen wurden aus den Ergebnissen der Straßenverkehrszählungen 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 und 2010 ermittelt. Die Fortschreibung für die Jahre zwischen den ausführlichen Straßenverkehrszählungen erfolgt auf Basis der Zählergebnisse automatischer Zählstellen. Sobald die nächste aktuelle Straßenverkehrszählung vorliegt, werden die fortgeschriebenen Fahrleis-

tungen der zurückliegenden 4 Jahre aufgrund mangelnder Vergleichbarkeit nicht länger durch das Statistische Landesamt zur Verfügung gestellt. Wegen einer Umstellung der Erhebungsmethodik bei der ausführlichen Straßenverkehrszählung 2010 wurden rückwirkend auch die Jahresfahrleistungen des Jahres 2005 und deren Fortschreibungen revidiert.

Der methodische Zugang über die Verkehrszählungen liefert Emissionsdaten nach dem Prinzip der Quellenbilanz. Die Höhe regionaler CO<sub>2</sub>-Emissionen hängt von Vorhandensein und Auslastung des Straßennetzes ab. Auch lassen sich damit überregionale Entwicklungen wie ein allgemein sinkender Kraftstoffverbrauch der Fahrzeugflotte abbilden. Eine Darstellung nach dem Verursacherprinzip ist hingegen nicht möglich, da über das individuelle Mobilitätsverhalten der Anwohner keine Informationen vorliegen. Deshalb werden – abweichend vom Vorgehen in allen übrigen Sektoren – in der Verursacherbilanz für den Straßenverkehr die Werte der Quellenbilanz übernommen.

### Fazit

Die Bilanzierung regionaler energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen beruht auf einer breiten Datengrundlage, unter anderem Informationen zur Wohnsituation, Wirtschaftsstruktur oder zum Straßenverkehrsnetz in einer Gemeinde. Aktuelle Entwicklungen – beispielsweise Änderungen bei der Datenverfügbarkeit oder strukturelle Veränderungen in der Energieversorgung – erfordern fortlaufend Anpassungen der Bilanzierungsmethodik, um die reale Situation bestmöglich abbilden zu können.

Insbesondere der Dynamik in den Energiemärkten für Gas und Fernwärme wurde mit der vorliegenden Methodenrevision Rechnung getragen. Für die Sektoren private Haushalte und GHD wurden neue, geeignetere Schlüsselgrößen entwickelt, um den Heizenergieverbrauch von Erdgas und Fernwärme zu regionalisieren.

Der Effekt individueller Klimaschutzmaßnahmen in einer Kommune kann aus den CO<sub>2</sub>-Bilanzen nicht abgelesen werden. Gleichwohl bietet die einheitliche Bilanzierungsmethodik den Vorteil, dass sie die Relevanz einzelner Sektoren für die Gesamtemissionen einer Kommune oder einer anderen regionalen Einheit landesweit vergleichbar darstellt. Sie eignet sich dazu, Auswirkungen landesweiter Trends auf die kommunale Ebene herunterzubrechen und liefert so wichtige Hinweise für die Entwicklung wirksamer Klimaschutzstrategien im Sinne des Klimaschutzgesetzes. ■



### Korrektur der Emissionen aus Fernwärmenutzung mithilfe der Ergebnisse des Zensus 2011

Aus der Wohnungszählung des Zensus 2011 ist für jede Gemeinde die Anzahl der mit Nah- und Fernwärme beheizten Wohnungen bekannt. Mithilfe eines durchschnittlichen Heizenergieverbrauchs je Wohnung wird der zu erwartende Wärmebedarf dieser Wohnungen ermittelt. Deckt die Fernwärmeabgabe der ansässigen großen Heizwerke nicht den erwarteten Bedarf, wird angenommen, dass (1) die fehlende Heizenergie durch ein Nahwärmenetz bereitgestellt wird und (2) die Nahwärmeerzeugung im Sektor GHD stattfindet.

Entsprechend werden in der kommunalen Verursacherbilanz die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Nahwärmeerzeugung nicht mehr dem GHD-Bereich, sondern den privaten Haushalten zugeordnet und bei den „Emissionen aus dem Strom- und Fernwärmeverbrauch“ (Tabelle) ausgewiesen.