

## Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz für Tübingen – ausführliche Darstellung (2006 - 2016)

### Methodik der Bilanzierung

Die vorgelegte Energie- und Kohlenstoffdioxid(CO<sub>2</sub>)-Bilanz setzt sich sowohl aus statistischen Angaben (bundesdeutsche Mittelwerte) als auch aus Tübinger Gegebenheiten und gemessenen Verbrauchswerten zusammen.

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung beruht auf dem Territorialprinzip, d.h. es wird der gesamte Energieverbrauch auf dem Gemeindegebiet Tübingen bilanziert. Für die CO<sub>2</sub>-Bilanz wird zudem die Vorkette für die Bereitstellung eines Energieträgers angerechnet, so dass auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die außerhalb Tübingens durch Abbau, Förderung, Verarbeitung und Transport der Energieträger (z. B. Erdgas, Heizöl, Strom) entstanden sind, in die Bilanz einfließen. Die Bilanzierung umfasst alle energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (Treibstoffe, Strom, Wärme- und Prozessenergie). Den Energieträgern sind dazu spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren (g CO<sub>2</sub> pro kWh) unterlegt.

Wie bei CO<sub>2</sub>-Bilanzierungen üblich, sind auch andere Treibhausgase in die Bilanzen integriert. Gase wie Methan oder Lachgas werden in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet und der eigentlichen CO<sub>2</sub>-Emission angerechnet. Für den Energiesektor spielen diese Gase aber nur eine untergeordnete Rolle, da sie vornehmlich in der Landwirtschaft gebildet werden. Aus Übersichtlichkeitsgründen wird hier von „CO<sub>2</sub>-Bilanz“ und „CO<sub>2</sub>-Emissionen“ gesprochen.

Für die Bilanzierung der Jahre 2006 - 2009 wurde das Bilanzierungstool „ECOSPEED Region“ und für die Jahre 2010 - 2016 das Bilanzierungstool „BICO2 BW“ angewendet. Der Umstieg erfolgte aus Kostengründen und aufgrund höherer Praktikabilität.

Da Flugverkehre für Tübingen nicht im Territorialprinzip enthalten sind, bleiben sie unberücksichtigt. Zudem sind aus dem Konsum von Lebensmitteln, Rohstoffen, Waren etc. von außerhalb Tübingens bedingte (indirekte) CO<sub>2</sub>-Emissionen auch nicht enthalten, da dazu keine verlässlichen Daten verfügbar sind. Ebenso sind auch Emissionen für Produkte, die Tübingen verlassen, nicht abgezogen.

### Datengrundlagen

Die Datengrundlage der Bilanzen besteht aus Daten unterschiedlichster Qualität (exakte Daten, extrapolierte Daten, bundesweite Mittelwerte und Annahmen). Als wesentliche Datenquellen sind zu nennen:

- Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg: Gebäudebestand nach Heizungsart; Wohnfläche nach Baujahr und Zahl der Wohnungen; Energieverbrauch kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen, Jahresfahrleistung Straßenverkehr im Gemeindegebiet
- Einwohnermelderegister der Stadt Tübingen: Einwohnerzahl (Hauptwohnsitz)
- Statistisches Landesamt: Anzahl der Beamtinnen und Beamten
- Stadtwerke Tübingen: Daten für ÖPNV, Strom, Gas und Fernwärme
- MVV Enamic Contracting GmbH: Verbrauchsdaten zum Fernheizwerk II
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Daten zur Solarthermie-Kollektorfläche

|      | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| EW   | 76.289 | 76.267 | 77.505 | 80.215 | 80.775 | 81.472 | 82.633 | 83.490 | 83.917 | 85.549 | 86.518 |
| API  | 49.315 | 51.437 | 52.247 | 53.283 | 54.355 | 54.812 | 56.463 | 57.322 | 57.967 | 59.848 | 60.906 |
| PKW  | 33.339 | 32.601 | 33.657 | 34.036 | 34.415 | 35.008 | 35.362 | 35.250 | 35.879 | 36.002 | 36.317 |
| Str  | 397,04 | 392,22 | 393,24 | 388,12 | 395,01 | 392,61 | 396,03 | 393,55 | 391,06 | 393,02 | 393,82 |
| GSt. | 32,839 | 35,687 | 32,841 | 24,142 | 24,493 | 29,729 | 42,504 | 46,305 | 41,184 | 37,588 | 45,731 |
| EP   | 21.376 | 21.612 | 22.241 | 22.470 | 23.314 | 23.737 | 24.524 | 25.213 | 25.777 | 26.557 | 27.737 |
| AP   | 9.457  | 9.650  | 10.016 | 10.058 | 10.032 | 10.457 | 10.786 | 11.076 | 11.498 | 11.923 | 12.734 |

Tab. 1: Ausgewählte Daten zu Tübingen

EW: Einwohnerinnen und Einwohner mit Hauptwohnsitz

API: Arbeitsplätze (Beschäftigte, geringfügig Beschäftigte, Beamtinnen und Beamte)

PKW: zugelassene PKW und KfZ zur Personenbeförderung

Str: Privater, gewerblicher und öffentlicher Strombedarf in GWh/Jahr

GSt.: Gewerbesteuer in Mio. Euro

EP: sozialversicherungspflichtig beschäftigte Berufs-Einpendler

AP: sozialversicherungspflichtig beschäftigte Berufs-Auspendler

Wie Tabelle 1 zeigt, ist Tübingen innerhalb des Bilanzierungszeitraumes kontinuierlich in Bezug auf die Zahl der Arbeitsplätze (plus 23,5 %), Einwohnerinnen und Einwohner (plus 13,4 %) gewachsen. Wachstum gab es auch bei den Gewerbesteuereinnahmen.

#### A) Energiebilanz (Endenergiebedarf)

Der Gesamtendenergiebedarf für Wärme, Kälte, Prozessenergie, Strom und Mobilität in Tübingen lag im Jahr 2016 bei 1,82 Millionen MWh. Daraus ergibt sich ein End-Energiebedarf von 21 MWh/EW. 2006 lag der Energiebedarf noch bei 2,15 Millionen MWh bzw. bei 28,2 MWh/EW – also um 34,3 % höher. Die Verteilung für 2016 auf die einzelnen Energieträger zeigt Abbildung 1. Klar erkennbar ist, dass die Energieversorgung in Tübingen weiterhin überwiegend auf Basis fossiler Energieträger erfolgt, die bei ihrer Verwendung Treibhausgase erzeugen.

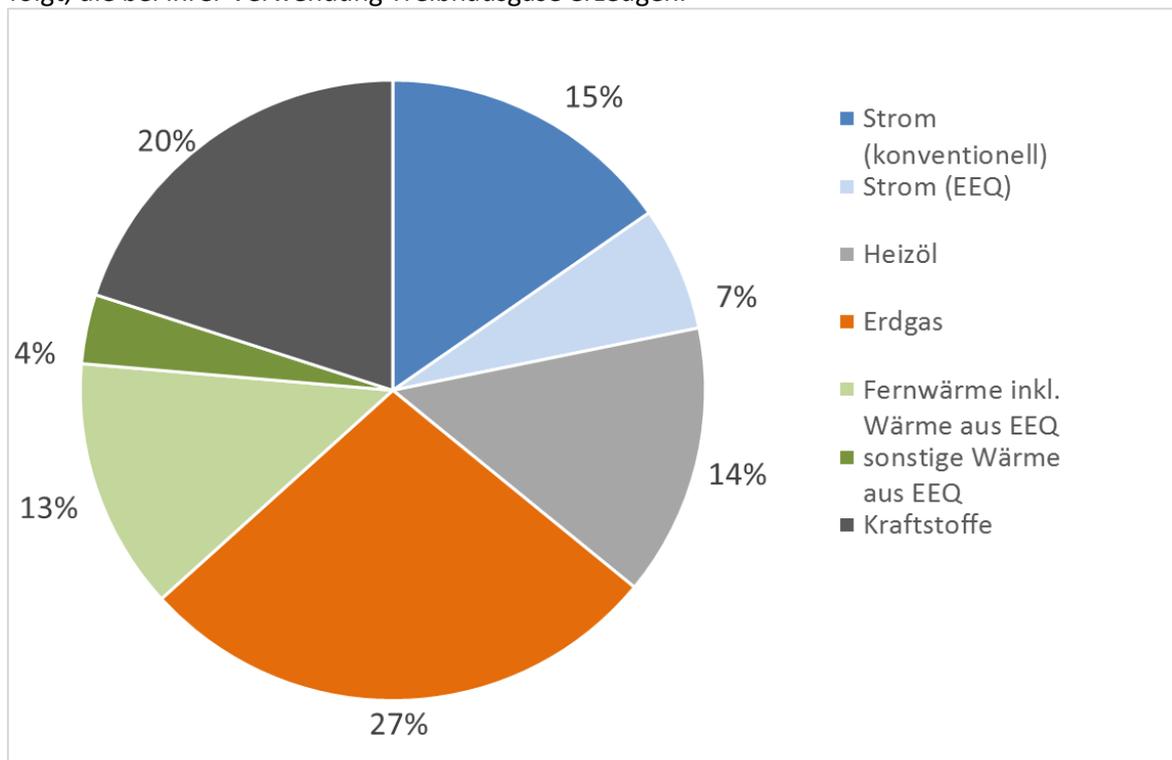


Abb. 1: Anteil der Energieträger am gesamten End-Energieverbrauch (1,82 Mio. MWh) im Jahr 2016

Wie Abbildung 1 zeigt, entfallen dabei rund 58 % des End-Energiebedarfs auf den Bereich Wärme, Prozessenergien (und ggf. Kälte). Auf die kommunalen Liegenschaften im Eigentum der Stadt entfallen dabei im Jahr 2016 rund 1,4 % des End-Energiebedarfs aus dem Nutzungsfeld Wärme. Vergleicht man die Verteilung der Energieträger in Tübingen mit den bundesdeutschen Durchschnittswerten, so zeigt sich, dass in Tübingen nach wie vor die Anteile der Fernwärme sehr deutlich über dem Bundes-schnitt liegen.

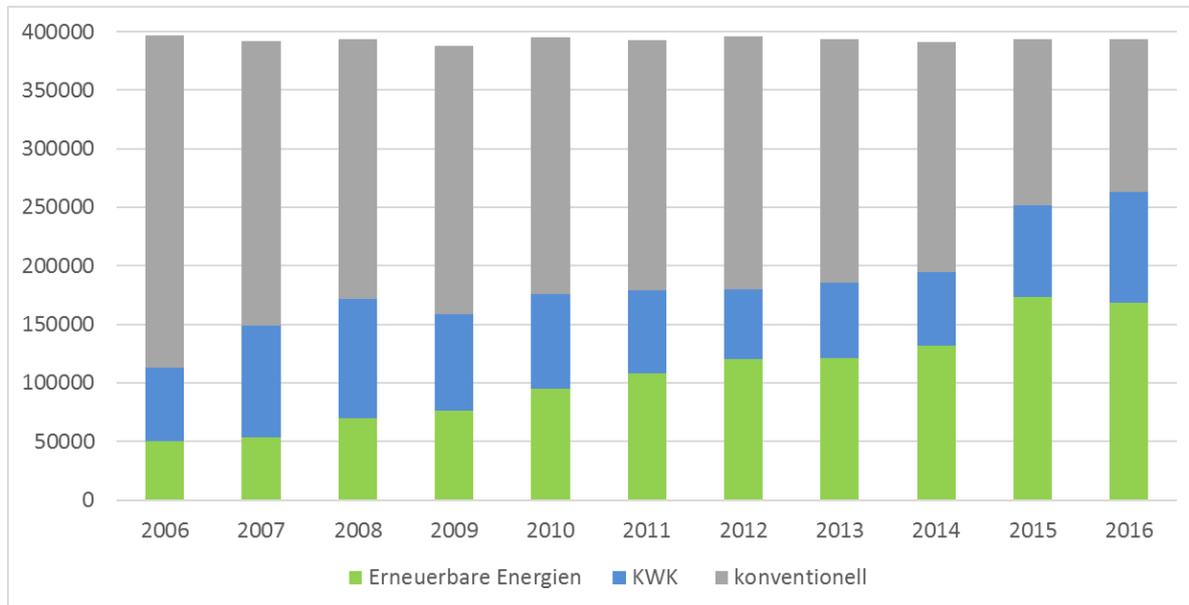


Abb. 2: Stromherkunft für Tübingen 2006 – 2016, in MWh

Wie Abbildung 2 zeigt, ist der Strombedarf auf dem Gemeindegebiet Tübingen innerhalb des Berichtszeitraumes relativ konstant im Bereich unterhalb von 400.000.000 kWh pro Jahr (= 400 GWh/a) geblieben. Dies obwohl Einwohnerzahlen und Arbeitsplätze deutlich angestiegen sind. Auf die kommunalen Liegenschaften im Eigentum der Stadt entfallen jährlich stets rund 4 GWh – also 1 Prozent des Gesamtstrombedarfs.

Die Herkunft des in Tübingen verbrauchten Stroms hat sich dagegen deutlich zum Positiven verändert. Er wird zu 67 % aus Erneuerbaren Energien (EE) und aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) der SWT gewonnen. 2006 lag dieser Wert bei 28%. Der EE-Strom setzt sich aus lokalen Stromquellen, dem Zukauf von Wasserkraftstrom aus Österreich und dem EE-Anteil im deutschen Strom-Mix zusammen.

Der Gesamtstromverbrauch in Tübingen bewegt sich seit Jahren auf einem relativ konstanten Niveau – trotz steigender Zahl der Einwohnerinnen und Einwohner, Beschäftigten, Beamtinnen und Beamten (siehe Tabelle 1). Diese Tatsache reduziert den spezifischen Stromverbrauch deutlich. Er sank von 2006 bis 2016 um 12,5 % respektive von 5,2 auf 4,55 MWh/EW.

## B) energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen (inkl. Vorketten)

Um aus den Energieverbräuchen eine CO<sub>2</sub>-Bilanz zu erstellen, wurden allen Energieträgern spezifische CO<sub>2</sub>-Faktoren (CO<sub>2</sub>-Äquivalente) unterlegt, die auch die Vorketten einbeziehen. Diese werden jährlich vom Herausgeber BICO<sub>2</sub> BW, ggf. auch für zurückliegende Jahre, aktualisiert, sodass Werte für frühere Bilanzierungsjahre ebenfalls stetig aktualisiert werden müssen.

Aus dieser Berechnung ergeben sich energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen für Tübingen von 0,516 Mio. Tonnen beziehungsweise von 5,97 t/EW. 2006 wurden noch 0,636 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> insgesamt bzw. 8,33 t CO<sub>2</sub> pro Einwohner emittiert. Somit konnten innerhalb von 11 Jahren die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 18,7 % und die Pro-Kopf-Emissionen um 28,4 % gesenkt werden. Bundesweit ergibt sich eine Reduzierung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen (ohne nationalen Flugverkehr) je EW im Berichtszeitraum von 9,8 %.

Die anteilige Verteilung auf die drei Nutzungsfelder Verkehr, Wärme (inkl. Prozessenergie und Kälte) und Strom in Tübingen zeigt Abbildung 3.

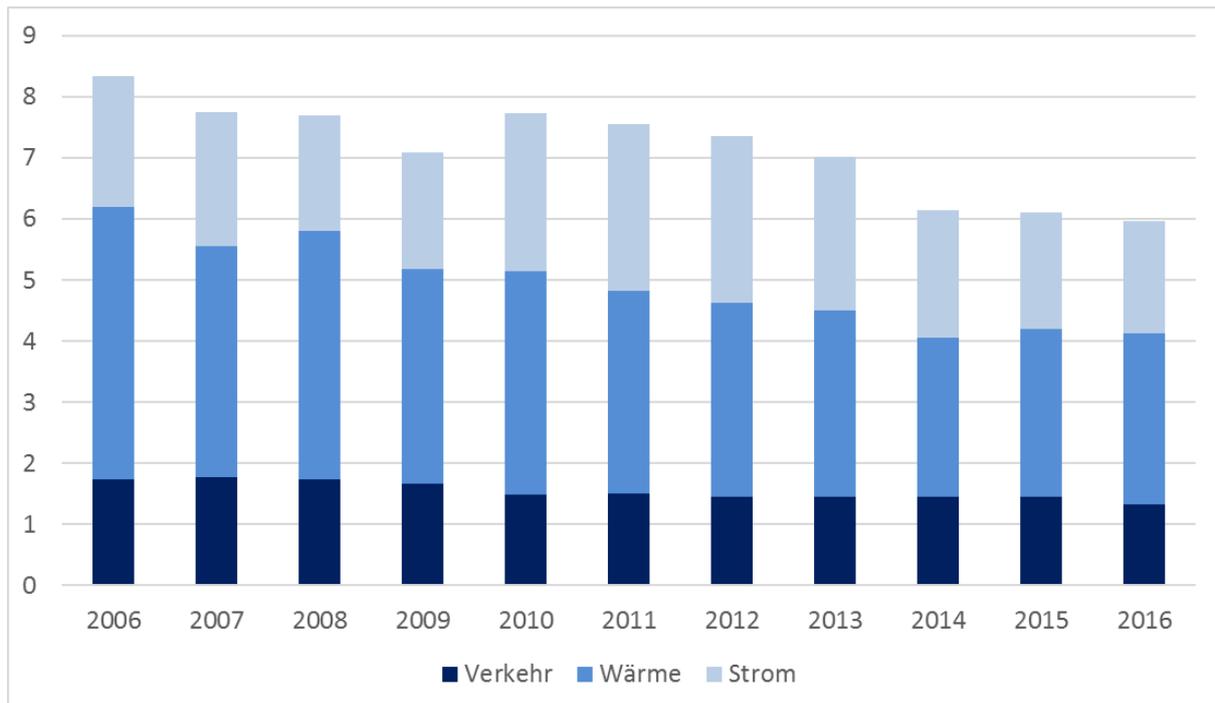


Abb. 3: Energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen (inkl. Vorketten) pro Einwohner von 2006 - 2016 in t/EW; Bilanzierungstools: 2006 - 2009 ECOSPEED Region; 2010 - 2016 BICO2 BW

Sowohl die absoluten, als auch die relativen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der **Wärmeenergieerzeugung** sind über den Berichtszeitraum rückläufig. Ein direkter Vergleich dieser Werte über den gesamten Betrachtungszeitraum 2006 – 2016 ist aber mit Vorbehalt zu ziehen, da beiden Tools unterschiedliche Berechnungsgrundlagen und Emissionszuordnungen zu Grunde liegen. Insbesondere der Brennstoffeinsatz und Output (Wirkungsgrad) für KWK-Anlagen wird bei BICO2 BW besser erfasst als bei ECOSPEED Region. Grundsätzlich lässt sich dennoch ein deutlicher Trend zur CO<sub>2</sub>-Reduktion der Wärmeenergie in absoluten und relativen Zahlen feststellen.

Allein innerhalb von den sechs Jahren 2010 - 2016 kam es zur pro-Kopf Reduktion um 22,8 % (im absoluten Bereich um 17,3 %). Der deutlich gestiegene Einsatz von Erneuerbaren Energien zur Wärmeenergieerzeugung (insbesondere seit Wieder-Inbetriebnahme des Heizwerks auf der Morgenstelle), Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und der Ausbau der Erdgasnutzung tragen zu dieser Reduktion bei.

Beim **Strombedarf** ist der absolute CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Berichtszeitraum um 2,5 % gesunken. Hier stehen sich 0,162 Mio. t CO<sub>2</sub> im Jahr 2006 und 0,158 Mio. t CO<sub>2</sub> für 2016 gegenüber. Auch der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro EW sank im Strombereich um 14,1 %.

Im **Verkehrssektor** ist die Datengrundlage sehr ungenau für die Bilanz, so dass nur eine qualitative Einschätzung erfolgt: Zu verzeichnen ist seit einigen Jahren in Tübingen eine Zunahme der Kfz-

Besitzstandsquote und ein Anstieg der Berufs-Ein- und Auspendler (siehe Tabelle 1). Auch der Einfluss der Elektromobilität macht sich in Tübingen noch nicht bemerkbar, aktuell sind 90 rein elektrisch betriebene Pkw in Tübingen zugelassen (Stand 31.12.2018). Dennoch ergibt das Tool BICO2 BW für 2016 erstmals einen Rückgang bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehrsbereich (auf 1,33 Tonnen je EW). Ursache dafür ist insbesondere, dass sich im Vergleich zu den Vorjahren die Fahrzeugkilometer bei PKW, Zweiräder und leichten Nutzfahrzeugen reduziert haben.

### **C) Anrechenbare Klimaschutzleistungen**

Bei der territorialen Bilanzierungsmethode wird die Stromproduktion von Anlagen der Stadtwerke Tübingen (SWT) außerhalb des Gemeindegebietes Tübingen nicht mit einbezogen. Für die Zielsetzung der „nettonull“ für das Ziel „Tübingen klimaneutral 2030“ sind als Kompensationsmaßnahmen diese SWT-Anlagen sowie die Klimaschutzleistung der Waldwirtschaft anrechenbar.

2016 haben die exterritorialen **SWT-Stromerzeugungsanlagen** 0,991 GWh aus Wasserkraft, 80,84 GWh aus Windenergie und 33,41 GWh aus Photovoltaik erzeugt. Legt man diesen Strommengen die spezifischen Emissionsfaktoren (inkl. Vorkette) aus BICO2 BW und die Annahme zugrunde, dass diese Strommengen konventionellen Strom verdrängen, ergibt sich für 2016 eine Klimaschutzleistung von 90.995 Tonnen CO<sub>2</sub>.

Um eine Abschätzung der **Klimaschutzleistung der Waldwirtschaft** vorzunehmen, wurden vom Landesbetrieb Forst Baden-Württemberg (ForstBW) die Erkenntnisse einer Untersuchung zur Bilanzierung des Forsts in Freiburg herangezogen. Die grobe Abschätzung ergibt für den Tübinger Stadtwald für das Jahr 2006 einen CO<sub>2</sub>-Vorrat von ca. 0,640 Mio. CO<sub>2</sub>, und für 2019 (Zahlen für 2016 liegen nicht vor) von 0,761 Mio. Tonnen. (Anstieg des CO<sub>2</sub>-Vorrates pro Hektar von 390 auf 430 t/ha). Die Klimaschutzleistung liegt somit für 2016 bei ca. 9.300 Tonnen. Daten für die Waldwirtschaft Dritter auf dem Gemeindegebiet liegen nicht vor.

Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die Klimaschutzleistung des Waldes nicht nur in der lokalen CO<sub>2</sub>-Bindung im Wald besteht. Holz, das für dauerhafte Anwendungen (z. B. Holzbauweise) genutzt wird, bindet CO<sub>2</sub> dauerhaft im Baustoff und substituiert häufig den sehr CO<sub>2</sub>-intensiven Baustoff Beton.

### **D) Bilanzierung**

Somit stehen in der Bilanz für das Jahr 2016 energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von 0,516 Mio. Tonnen Klimaschutzleistungen von 90.995 und 9.300 Tonnen gegenüber. Daraus ergibt sich ein Saldo von 0,416 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>.