

Klimaschutzkonzept Ulm

- Entwurfsfassung 16.10.2015 -

Prof. Dr. Martin Müller
Thomas Bläsche

Universität Ulm
Institut Nachhaltige Unternehmensführung
Fakultät Mathematik und Wirtschaftswissenschaften

Stadt Ulm

ulm



INHALTSVERZEICHNIS

1 . ZUSAMMENFASSUNG.....	4
2 . STRUKTURDATEN DER STADT.....	10
<i>Klimadaten</i>	<i>10</i>
<i>Stadtgebiet</i>	<i>13</i>
<i>Einwohnerentwicklung</i>	<i>13</i>
<i>Gebäudetypologie</i>	<i>15</i>
<i>Heizungsbestand</i>	<i>17</i>
<i>Kraftfahrzeugbestand.....</i>	<i>19</i>
<i>Wirtschaftsdaten</i>	<i>23</i>
3. ENERGIEVERSORGUNG DER STADT	24
<i>Erdgas, Steinkohle & Heizöl.....</i>	<i>25</i>
<i>Biomasse, Biogas & Deponiegas.....</i>	<i>26</i>
<i>Wasser- & Windkraft.....</i>	<i>28</i>
<i>Sonnenenergie & Geothermie</i>	<i>29</i>
4 . ENERGIE- & TREIBHAUSGASBILANZ.....	33
4.1. ENDENERGIEVERBRAUCH	35
<i>Strom</i>	<i>38</i>
<i>Nah- und Fernwärme.....</i>	<i>39</i>
<i>Erdgas.....</i>	<i>41</i>
<i>Heizöl.....</i>	<i>42</i>
<i>Biomasse, Solar- & Geothermie.....</i>	<i>45</i>
<i>Kraftstoffe.....</i>	<i>46</i>
4.2. ENDENERGIEERZEUGUNG	50
<i>Strom</i>	<i>52</i>
<i>Nah- & Fernwärme</i>	<i>55</i>
4.3. TREIBHAUSGASEMISSIONEN	57
<i>Strom</i>	<i>58</i>
<i>Wärme.....</i>	<i>60</i>
<i>Kraftstoffe (Verkehr).....</i>	<i>62</i>
5. POTENZIALANALYSE	63
5.1. POTENZIALE IM STROMSEKTOR	66
<i>Stromerzeugung (Effizienz).....</i>	<i>67</i>
<i>Stromerzeugung (Ausbau)</i>	<i>69</i>
<i>Strombezug.....</i>	<i>72</i>
<i>Stromverbrauch.....</i>	<i>74</i>
5.2. POTENZIALE IM WÄRMESEKTOR	80
<i>Wärmebedarfsdeckung</i>	<i>81</i>
<i>Gebäudesanierung</i>	<i>85</i>
<i>Nutzerverhalten.....</i>	<i>86</i>

5.3. POTENZIALE IM VERKEHRSEKTOR.....	88
<i>Mobilitätsverhalten</i>	<i>89</i>
<i>Fahrzeugtechnik</i>	<i>90</i>
<i>Verkehrsverlagerung</i>	<i>91</i>
<i>Verkehrsvermeidung.....</i>	<i>94</i>
6. MASSNAHMENBEREICHE	96
<i>Integration & Kommunikation.....</i>	<i>98</i>
<i>Stromsektor</i>	<i>100</i>
<i>Wärmesektor.....</i>	<i>103</i>
<i>Verkehrssektor.....</i>	<i>106</i>
7. KLIMASCHUTZSTRATEGIE	109
7.1. KLIMASCHUTZZIELE	110
<i>Europäischen Union.....</i>	<i>112</i>
<i>Bundesregierung.....</i>	<i>113</i>
<i>Landesregierung</i>	<i>114</i>
<i>Stadt Ulm</i>	<i>116</i>
7.2. KLIMASCHUTZCONTROLLING	119
<i>Strukturdaten</i>	<i>120</i>
<i>Energiebilanzen</i>	<i>121</i>
<i>Emissionsfaktoren.....</i>	<i>124</i>

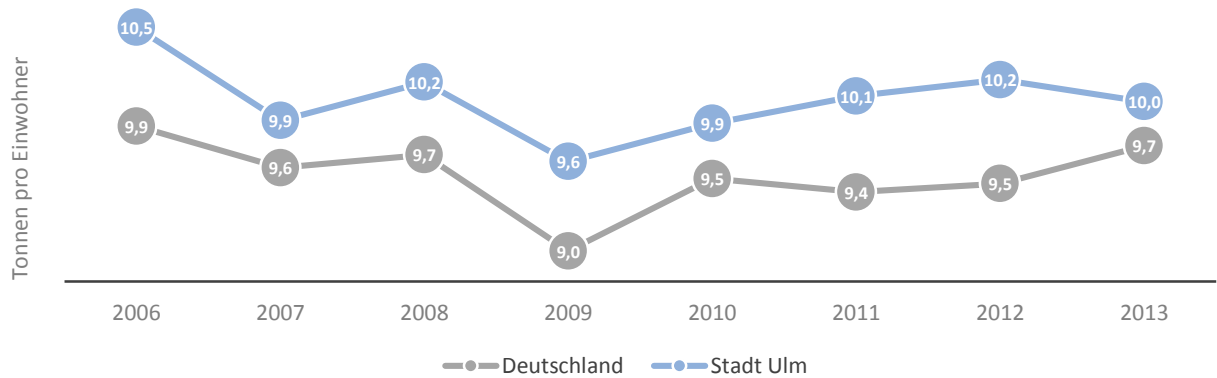
1. ZUSAMMENFASSUNG

In Artikel 2 der bereits 1992 beschlossenen Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen heißt es, dass die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau stabilisiert werden soll, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Kurze Zeit später wurde die in der Wissenschaftswelt bereits bekannte 2-Grad-Temperaturerhöhung als die Schwelle diskutiert, die zu unumkehrlichen chaotischen Zuständen im Ökosystem der Erde führen könnte. Es dauerte dann allerdings noch über ein Jahrzehnt bis zur UN-Klimakonferenz 2010, bis die Begrenzung der globalen Erwärmung auf 2 °C gegenüber dem Niveau vor der Industrialisierung (ca. 1850) auch politisch bestätigt und anerkannt wurde. Ein Jahr zuvor leitet der *Wissenschaftlichen Beirat Globale Umweltveränderungen (WBGU)* in einem Sondergutachten einen nachhaltigen weltweiten Pro-Kopf-Ausstoß von unter 2,5 Tonnen CO₂ her, das bis spätestens 2050 erreicht werden muss, um das 2-Grad-Ziel halten zu können.

Seitdem orientieren sich Klimaschutzbemühungen weltweit an der Einhaltung dieser Pro-Kopf-Emissionen. Auch die Klimaschutzziele der deutschen Bundesregierung zur Senkung der Treibhausgasemissionen sind im Wesentlichen hieran angelehnt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass Kohlenstoffdioxid (CO₂) nicht das einzige Treibhausgas ist. Zu den energiebedingten Treibhausgasen zählen darüber hinaus Methan (CH₄), das ein 21-faches Treibhauspotenzial von CO₂ aufweist, und Distickstoffoxid (N₂O), besser bekannt als Lachgas, das sogar das 310-fache Treibhauspotenzial von CO₂ aufweist. Unter Berücksichtigung der Potenz der verschiedenen Treibhausgase, lassen sich diese aufsummieren und als CO₂-Äquivalente darstellen. So wurden in Deutschland im Jahr 2013 insgesamt über 952 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente emittiert. Hiervon waren 88 % auf Kohlenstoffdioxid, 6 % auf Methan und 4 % auf Lachgas zurückzuführen während sonstige Treibhausgase nur 2 % beitrugen.

Für die kommunale Treibhausgasbilanz sind primär die energiebedingten Treibhausgasemissionen ausschlaggebend, die 2013 bundesweit für über 85 % aller Emissionen verantwortlich waren. Von diesen waren wiederum über 97 % auf Kohlenstoffdioxid zurückzuführen, während die beiden anderen energierelevanten Treibhausgase Methan und Lachgas mit 3 % eine vernachlässigbare Rolle spielen. Dennoch werden diese durch die Verwendung kombinierter spezifischer Emissionsfaktoren auch innerhalb der kommunalen Treibhausgasbilanz berücksichtigt. Die verwendeten Emissionsfaktoren stellen dabei eine Summe aus direkten und indirekten Emissionen dar. Während direkte Emissionen unmittelbar bei der Verbrennung von Energieträgern entstehen, bilanzieren indirekte Emissionen auch die mit der Vorkette verbundenen Energie- und Materialeinsätze im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse, die durch das *Globale Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS)* zur Verfügung gestellt werden. Nicht berücksichtigt werden Emissionen aus Luft-, Schienen- und Schiffsverkehr sowie sonstige energiebedingte Emissionen aus Landwirtschaft, Militär und diffusen Quellen, die bundesweit allerdings nur 3 % der gesamten energiebedingten Emissionen ausmachen. Im aktuellen Bilanzjahr 2013 wurden in der Stadt Ulm annähernd 1,2 Mio. Tonnen energiebedingte Treibhausgase emittiert, was einem Pro-Kopf-Ausstoß von 10,0 Tonnen entspricht. Dieser Wert lag nur leicht über dem bundesweiten Durchschnitt von 9,7 Tonnen und konnte im Vergleich zum Vorjahr entgegen dem bundesweiten Trend um 0,2 Tonnen gesenkt werden. Mittelfristig weist er allerdings eine Stagnation auf und lag über dem Wert von 2010, das als Basisjahr der kommunalen Klimaschutzziele ausgelegt wird (*Abb. 1*).

Abb. 1 | Vergleich energiebedingter Pro-Kopf-Emissionen in Deutschland und Ulm (seit 2006)

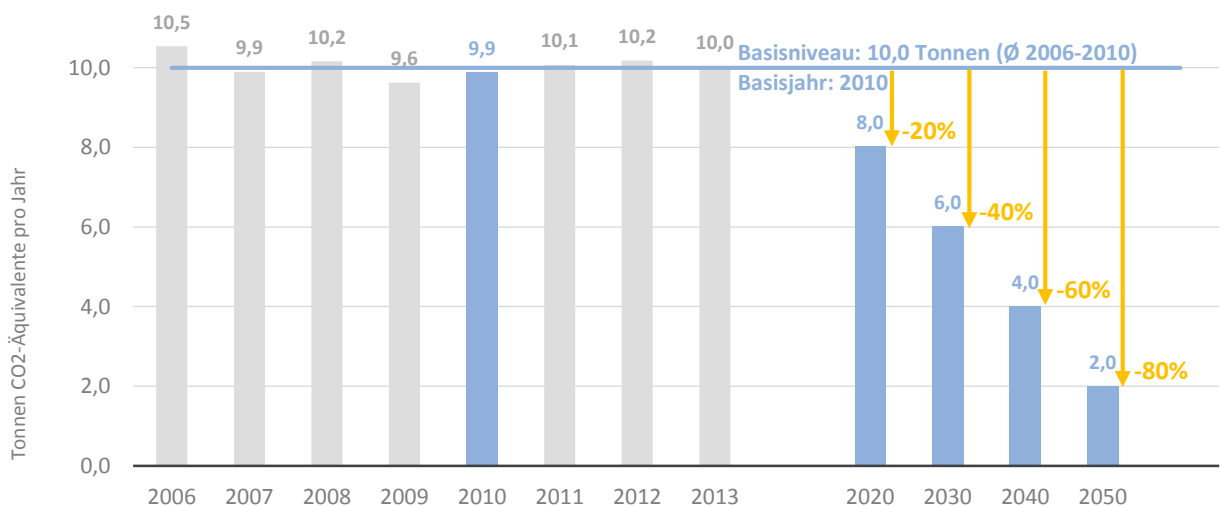


Nicht witterungsbereinigt

Eigene Darstellung (Destatis, UBA)

Die Pro-Kopf-Emissionen liegen damit über dem als nachhaltig eingestuften Pro-Kopf-Niveau von 2,5 Tonnen CO₂ jährlich. Um dieses Niveau zu erreichen, müssen die kommunalen Treibhausgasemissionen damit langfristig um mindestens 75 % sinken. Aufgrund der politischen Selbstverpflichtung zur Einhaltung des 2-Grad-Zieles, hat sich auch die deutsche Bundesregierung verbindliche Klimaschutzziele auferlegt, die im Rahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) 2007 beschlossen und mit dem Koalitionsvertrag 2013 bestätigt wurde. Darin heißt es, dass die nationalen THG-Emissionen bis 2050 schrittweise auf 80 bis 95 Prozent unter das Referenzjahr 1990 sinken sollen. Bezogen auf die aktuelle Einwohnerzahl impliziert dies einen Pro-Kopf-Ausstoß von 0,75 bis 3,0 Tonnen bis zum Jahr 2050. Werden nur die äquivalent zur kommunalen Treibhausgasbilanz erfassten energiebedingten Emissionen berücksichtigt, liegen die anvisierten Pro-Kopf-Ziele sogar bei 0,5 bis 1,9 Tonnen CO₂-Äquivalente. Für die kommunalen Klimaschutzziele der Stadt Ulm ist es daher wichtig, dass maximal 2,0 Tonnen pro Einwohner anvisiert werden. Konsequenz lassen sich aus dieser Zieldefinition auch Zwischenziele für die Jahrzehnte bis 2050 formulieren (Abb. 2).

Abb. 2 | Klimaschutzziele der Stadt Ulm bis 2050



Pro-Kopf-Emissionen (basierend auf amtlicher Einwohnerbilanz)

Als Basisniveau dient dabei nicht das eigentliche Referenzjahr 2010 sondern das 5-Jahresmittel aus den Jahren zuvor (2006 bis 2010), um Fehler in der Ausgangsbilanzierung zu reduzieren. Interessanterweise ergibt sich hierdurch ein Basisniveau von genau 10,0 Tonnen, was es ermöglicht sowohl das Endziel als auch die Zwischenziele in einer sehr einfachen Art und Weise zu kommunizieren. Demnach müssen die Treibhausgasemissionen alle zehn Jahre um 2,0 Tonnen je Einwohner reduziert werden woraus sich schrittweise prozentuale Einsparungen von 20 % bis 2020 bis 80 % bis 2050 ergeben, jeweils bezogen auf das Referenzjahr 2010. Diese „**20-40-60-80-Ziele**“ der Stadt Ulm stellen sicher, dass sowohl Bundes- und Landesziele als auch die Selbstverpflichtung der Stadt Ulm, die sie sich mit Beitritt zum Klima-Bündnis auferlegt hat, eingehalten werden können.

Abb. 3 | Energie- und klimapolitisches Leitbild der Stadt Ulm

1 KLIMASCHUTZZIELE

- Die Stadt Ulm setzt sich zum Ziel, die kommunalen **Pro-Kopf-Treibhausgasemissionen alle 10 Jahre um 20 % gegenüber dem Referenzjahr 2010 zu senken** und damit Einsparungen von 80 % bis 2050 erreicht. Dieser Absenkpfad beinhaltet sowohl die Einhaltung der Bundes- und Landesziele als auch die Selbstverpflichtung im Rahmen des Klima-Bündnis. Die Realisierung wird durch eine **kontinuierliche Verbesserung des kommunalen Emissionsfaktors und eine konsequente Absenkung des Endenergieverbrauchs** ermöglicht und unterliegt der regelmäßigen **Kontrolle und Dokumentation**.

2 INTEGRATION

- Eine richtungsweisende Klimaschutzpolitik ist notwendig, um **den Wirtschaftsstandort Ulm nachhaltig zu sichern und die Lebensqualität der Einwohner langfristig zu erhalten**. Daraus folgt, dass der Klimaschutz als integraler Bestandteil der Stadtverwaltung aufgefasst und mit entsprechenden **finanziellen und personellen Ressourcen** ausgestattet werden muss. Umgekehrt entsteht dabei die Pflicht, konkrete **Klimaschutzprogramme mit messbaren Erfolgsindikatoren** zu beschließen und ein konsequentes **Monitoring und Controlling** zu etablieren und zu kommunizieren.

3 KOMMUNIKATION

- Klimaschutz ist ein Resultat gemeinsamer Anstrengungen und lässt sich nur erfolgreich umsetzen, indem alle Akteure gleichermaßen berücksichtigt werden. Ein kontinuierlich verbessertes **Kommunikationskonzept** fördert die proaktive Akteursbeteiligung nachhaltig. Das **Internetportal "Klimastadt Ulm"** bietet eine aktuelle Informations-, Beratungs- und Austauschplattform. Ziel der Stadt ist es, als **Wegweiser** für die Vielzahl komplexer Klimaschutzthemen und als **Wegbereiter** innovativer Klimaschutzaktivitäten aufzutreten.

4 ENERGIEERZEUGUNG

- Eine **nachhaltige Energieerzeugung** stellt die erste Dimension des Zielpfades dar, auf dem die Klimaschutzziele zu erreichen sind. Aus diesem Grund soll der Anteil regenerativer Energien am kommunalen Energieerzeugungsmix kontinuierlich ausgebaut werden. Im Stromsektor wird der Ausbau von **Photovoltaik** forciert und der Umstieg möglichst vieler Verbraucher auf qualitativ hochwertigen **Ökostrombezug** erleichtert. Im Wärmesektor wird die **Modernisierung** des Anlagenbestands, der Ausbau der "**Nah- und Fernwärmestadt Ulm**" und der vollständige **Verzicht auf Heizöl** priorisiert. Ziel ist es, dass die kommunalen Emissionsfaktoren sowohl im Wärme- als auch im Stromsektor auch langfristig unter den bundesweiten Durchschnittswerten liegen.

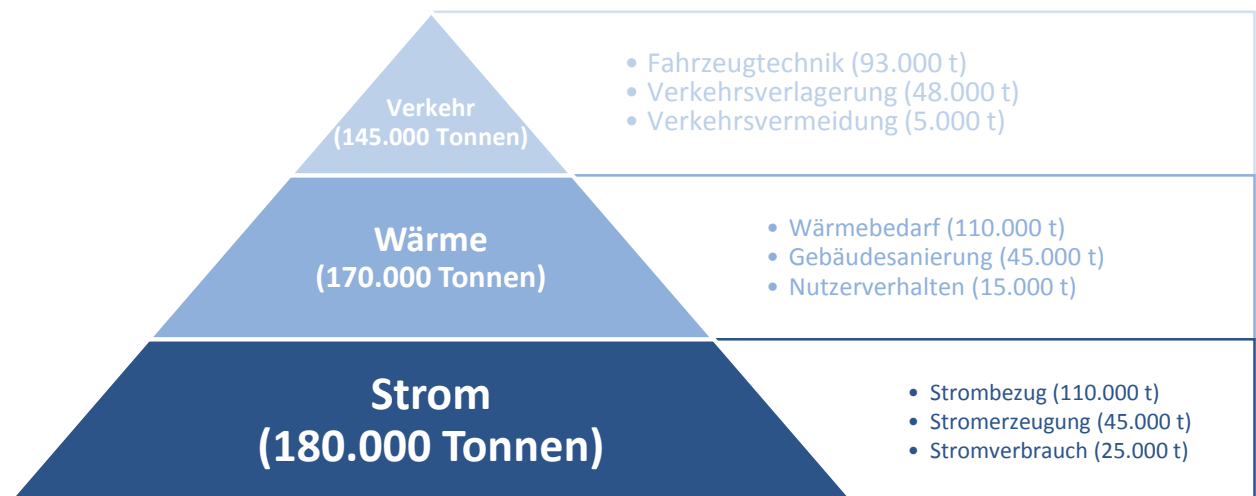
5 ENERGIEVERBRAUCH

- Eine **reduzierter Endenergieverbrauch** stellt die zweite Dimension der Klimaschutzziele dar. Aus diesem Grund soll der Energieverbrauch in allen Sektoren kontinuierlich gesenkt werden. Im Stromsektor wird dies durch ein systematisches **Umweltmanagement** der Betriebe und **ein Austausch stromfressender Altgeräte** umgesetzt. Im Wärmesektor wird die Bestandssanierung durch **flächendeckende Quartierskonzepte** voran getrieben und ein **Sanierungsfahrplan** kommunaler Liegenschaften aufgestellt. Im Verkehrssektor wird eine konsequente **Priorisierung des Umweltverbunds** durchgesetzt. In allen Sektoren sollen Hemmschwellen und Hindernisse für Energiesparpotenziale erfasst und vermieden werden. Ziel ist es, den Endenergieverbrauch innerhalb von 10 Jahren um 5 % senken.

Anmerkungen: Das energie- und klimapolitische Leitbild greift zum Teil die wichtigen Leitmotive verschiedener Klimaschutzmaßnahmenbereiche auf und fasst sie zu ein kurzes Statement zusammen.

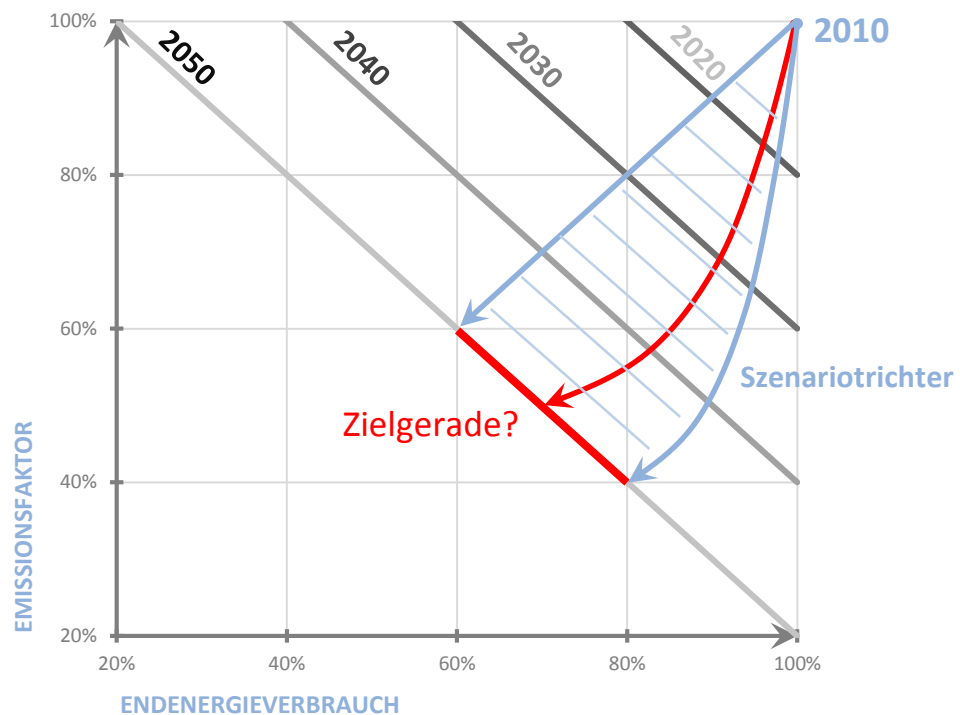
Um die Klimaschutzziele einzuhalten, ist es notwendig vorhandene Einsparpotenziale zu erschließen, die sowohl landes- und bundespolitischen als auch kommunalen Rahmenbedingungen unterliegen. Aus Sicht der Kommune ist es dabei nicht zielführend, der eigenen Verantwortung mit dem Fingerzeig auf gesetzliche Rahmen auszuweichen. Vielmehr sind die Klimaschutzziele bereits als so ambitioniert zu bezeichnen, dass die Stadtverwaltung innerhalb der Rahmenbedingungen alle in ihrer Macht stehenden Möglichkeiten ausschöpfen muss unabhängig davon, ob diese als gut oder schlecht zu bezeichnen sind. Eine Hilfestellung hierzu kann ein kommunales **Energie- und klimapolitisches Leitbild** liefern, das sich den grundsätzlichen umweltpolitischen Richtlinien widmet (Abb. 3). Dieses energiepolitische Rahmenleitbild fasst weitere spezifischere Leitbilder zusammen, die sich der Erschließung vorhandener Potenziale in den drei Energienutzungssektoren Strom, Wärme und Verkehr widmen. Jedem Sektor werden hierbei drei „**Leitsätze**“ für die Beschreibung der größten Potenzialbereiche (siehe Kap. 5) und neun „**Leitmotive**“ zur Erfassung der damit verbundenen Klimaschutzmaßnahmenbereiche (siehe Kap. 6) zugeordnet. Keines der Leitbilder ist dabei als starres Gebilde aufzufassen sondern vielmehr als lebendes Dokument, das es zu pflegen und zu ergänzen gilt. Da sich die hier erfassten Potenziale auf das Zwischenziel 2030 beziehen, müssen in Folge dessen ab dem Jahr 2030 ergänzende Leitbilder für die Klimaschutzziele bis 2040 und vor allem 2050 entwickelt werden.

Abb. 4 | Kommunale Einsparpotenziale zur Einhaltung der Klimaschutzziele bis 2030



Unter den aktuellen Randbedingungen erfordern die kommunalen Klimaschutzziele Treibhausgaseinsparungen in Höhe von 480.000 Tonnen bis zum Jahr 2030. Da diese Einsparungen zwar möglich, aber bereits mit hohen Anstrengungen verbunden sind, offenbart die Potenzialanalyse, nach der in den Sektoren Strom, Wärme und Verkehr zusammen 495.000 Tonnen Treibhausgase eingespart werden können (Abb. 4). Dabei werden bereits nur die Potenziale aufgegriffen, die im Vergleich zu anderen Potenzialen mit einem *relativ* geringen Aufwand zu realisieren wären. Dieser Sachverhalt offenbart eine inhärente Hürde zur Einhaltung der kommunalen Klimaschutzziele. Während kurz- und mittelfristig zunächst die einfachen Potenziale erschlossen werden, steigen die Grenzkosten jeder weiteren einzusparenden Tonne langfristig überproportional an und senken damit die Wahrscheinlichkeit der Realisierung. Dem entgegen, stehen steigende relative Einsparziele für die Jahrzehnte von 2020 bis 2050. So müssen die Emissionen zwischen 2040 und 2050 relativ um 50 % sinken während gleichzeitig hohe Treibhausgas-Vermeidungskosten zu erwarten sind.

Abb. 5 | Lösungsraum der kommunalen Klimaschutzziele bis 2050



Eigene Darstellung

Die kommunalen Treibhausgas-Einsparziele weisen zwei Dimensionen der Realisierbarkeit auf. Zum einen kann der kommunale Emissionsfaktor der Energieerzeugung bis 2050 um 80 % gesenkt werden, zum anderen kann der Endenergieverbrauch bis 2050 um 80 % gesenkt werden. In beiden Fällen werden die Klimaschutzziele eingehalten und die so festgesetzten Randbedingungen spannen damit den erforderlichen Lösungsraum auf (Abb. 5). Alle Punkte auf den geraden stellen dabei Lösungskombinationen aus Emissionsfaktor und Endenergieverbrauch für die jeweiligen Zwischenziele bis 2050 dar. Der tatsächliche Zielpfad wird sich dabei irgendwo zwischen den beiden Randbedingungen befinden. Tendenziell ist davon auszugehen, dass kurz und mittelfristig der Emissionsfaktor schneller gesenkt werden kann als der Energieverbrauch, was dadurch zu erklären ist, dass der Energiebedarf eine sehr unelastische Größe ist. Die Stadt Ulm ist als regelmäßiger Gewinner der Solarbundesliga,¹ der Bereitstellung eines Solarkatasters² oder durch die Beteiligung der SWU am Windpark Borkum auf einem guten Weg, den Energieträgermix zu verbessern. Langfristig werden jedoch Energieeinsparungen an Bedeutung gewinnen, sobald sich das Wachstum des Ausbaus erneuerbarer Anlagen abschwächt. Sollen die Klimaschutzziele eingehalten werden, ist es eine realistische Annahme, dass sich die „Zielgerade“ bis 2050 in einem Bereich aufhält, in dem der endenergiebezogene Emissionsfaktor um 40 % bis 60 % gesunken ist, während der Energieverbrauch um 20 % bis 40 % zurückgegangen ist. Eine Verfehlung der Klimaschutzziele äußert sich darin, dass die Zielgeraden überhaupt nicht geschnitten werden und der Zielpfad damit „zu kurz“ ausfallen würde.

¹ Siehe <http://www.solarbundesliga.de>
² Siehe <http://www.gpm-kom8.de/geoapp/solarkataster/ulm>

Projekte wie das Pumpspeicherkraftwerk Blautal erhöhen die lokale Versorgungssicherheit, ein Zusammenschluss der Fernwärmenetze Ulm und Neu-Ulm lässt Raum für eine Optimierung der Wärmebereitstellung. Allerdings verhindern ökonomische Faktoren immer wieder die optimale Auslastung vorhandener regenerativer Energieerzeugung und führen zu Entscheidungen, die auch auf lange Sicht die Emissionsbilanz der Stadt negativ beeinflussen wird. Eine „Klimastadt Ulm“ wird sich daher intensiv mit dem Optimum einer nachhaltigen Energieerzeugung unter ökonomischen Randbedingungen auseinander-setzen und dies in jährlichen Klimaberichten auch kommunizieren müssen.

2. STRUKTURDATEN DER STADT



Die Universitätsstadt Ulm ist eine erstmals 854 urkundlich erwähnte kreisfreie Stadt in Baden-Württemberg und gehört mit amtlichen 119.218 Einwohnern (Stand 31.12.2013) zu den 14 Oberzentren des Landes. Mit ihrer Lage³ an der Donau unmittelbar an der Grenze zu Bayern bildet sie zusammen mit der großen Kreisstadt Neu-Ulm auf bayerischer Seite ein länderübergreifendes wirtschaftsgeografisches Doppelzentrum mit insgesamt 174.187 Einwohnern. Das Stadtgebiet besitzt eine Fläche von 118,69 Quadratkilometer, erreicht in der größten Ausdehnung 18,0 km in Nord-Süd- und 11,7 km in West-Ost-Richtung und liegt auf einer topografischen Höhe zwischen 478 und 646 Meter über Normalnull. Aufgrund des ländlichen Charakters der Stadt Ulm, gehört die Bevölkerungsdichte mit 1.004 Einwohnern pro Quadratkilometer zu den niedrigsten im gesamten Bundesgebiet.

KLIMADATEN

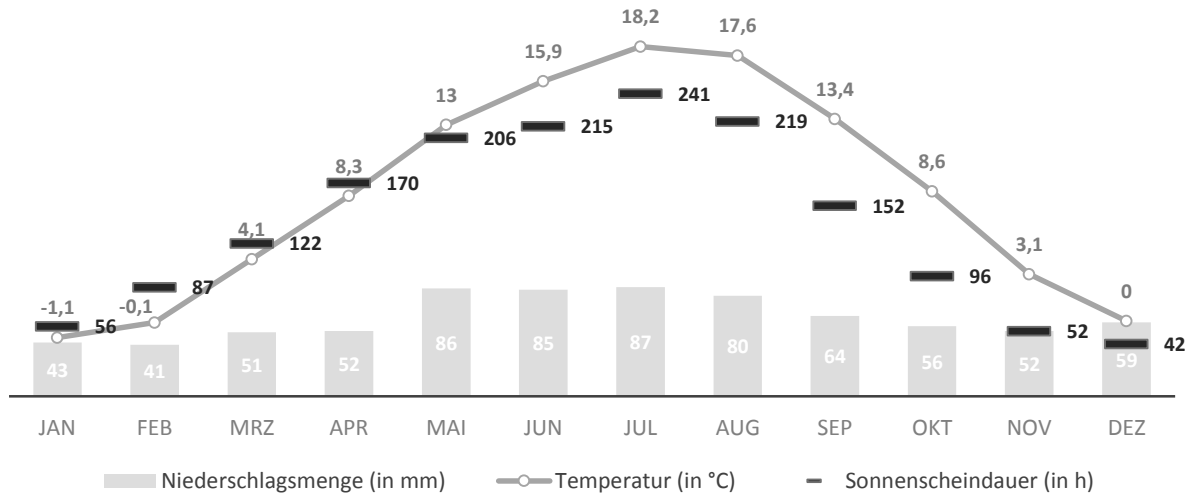
Zurückliegende Klimadaten der Stadt Ulm werden kostenfrei vom *Deutschen Wetterdienst (DWD)* bereitgestellt und werden aktuell durch eine Wetterstation in Ulm-Mähringen gemessen. Für langfristige Aussagen empfiehlt es sich, sich auf einen festgelegten Standort⁴ zu beziehen, der vom DWD auf 48°23' nördlicher Breite und 9°57' östlicher Länge festgesetzt wird und eine Höhe von 567 Meter über Normalnull aufweist. Als langfristiger Referenzwert wird der 30-jährige Mittelwert von 1981 bis 2010 zu Grunde gelegt. Danach erreicht Ulm eine langjährige mittlere Jahrestemperatur von 8,4°C, eine jährliche Niederschlagsmenge von 756 mm und 1.659 Sonnenstunden im Jahr und liegt damit zwar kälter als das langjährige bundesweite Temperaturmittel von 8,9°C, aber auch deutlich trockener im Vergleich zu einer mittleren Niederschlagsmenge von 818 mm und jährlichen 1.587 Sonnenstunden. Dieser Sachverhalt spiegelt sich auch in der für Solarenergie so wichtigen **Globalstrahlung** wider, die im langjährigen Mittel mit 1.142 kWh/m² deutlich über dem deutschlandweiten Durchschnitt von 1.055 kWh/m² liegt (Abb. 6).⁵

³ Geografische Lage: 48°24' nördliche Breite, 9°50' östliche Länge (GMS-Koordinaten Hauptbahnhof Ulm)

⁴ Stations-Identifikationsnummer 5155 (Bezugsstandort Ulm) und 15444 (Messstation Ulm-Mähringen)

⁵ Regionale monatliche und jährliche Globalstrahlungswerte werden vom Deutschen Wetterdienst nur kostenpflichtig angeboten, werden aber in der Fachzeitschrift „SONNENENERGIE“ der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) kostenfrei abgebildet.

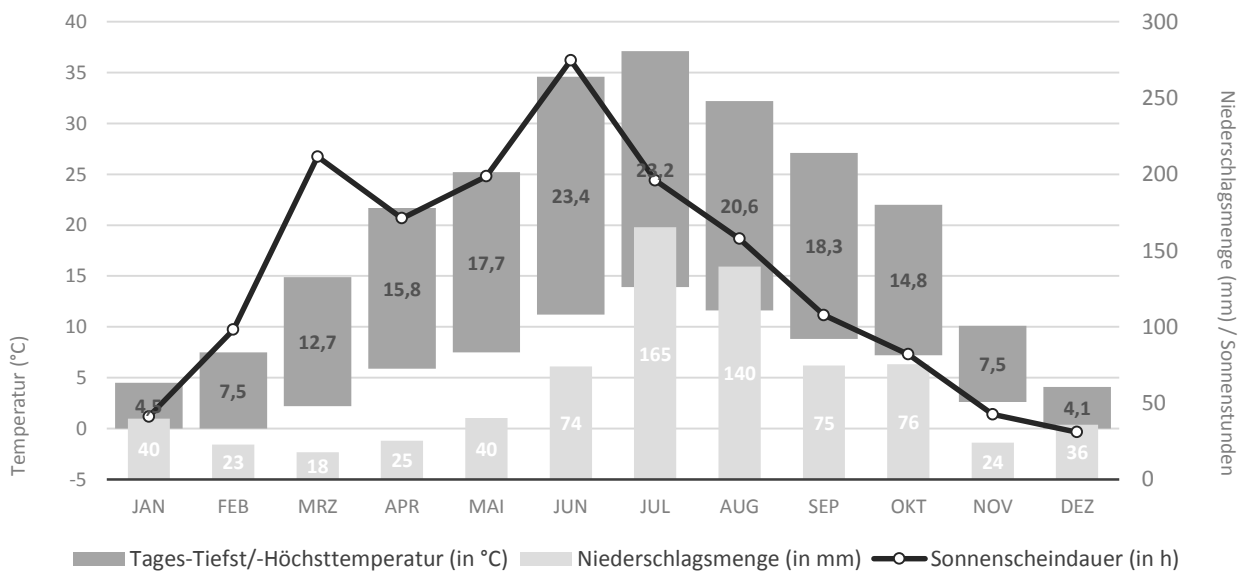
Abb. 6 | Klimadiagramm der Stadt Ulm (Langjähriges Mittel 1981 – 2010)



Quelle: Deutscher Wetterdienst

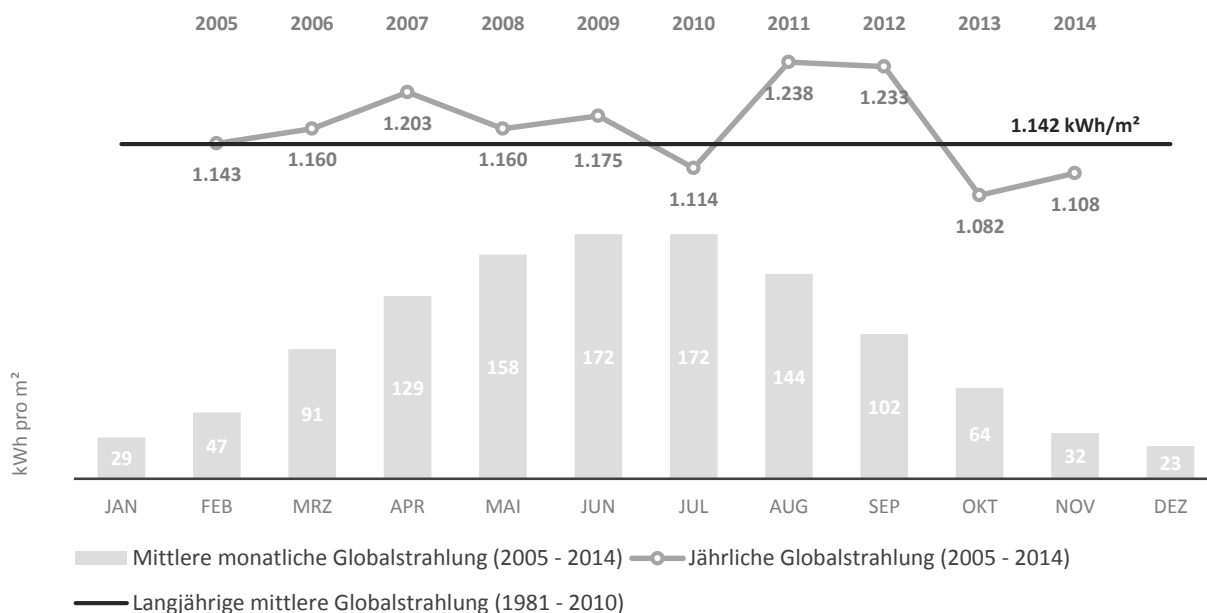
Auch Ulm kann sich dem allgemeinen Trend einer globalen Erwärmung nicht entziehen. Zwar fallen die Steigerungen deutlich geringer aus als im bundesweiten Durchschnitt, dennoch sind im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten der Jahre 1961 bis 1990, der internationalen Klimareferenzperiode, sowohl die Durchschnittstemperatur von 7,9°C auf 8,4°C als auch die mittlere Zahl der Sommertage (mit mehr als 25°C) von knapp 30 auf 34 gestiegen, während die Niederschlagsmenge, leicht zunehmend, und die Zahl der Sonnenstunden, leicht abnehmend im Wesentlichen unverändert blieben. Das Jahr 2014 stellte mit einer bundesweiten Durchschnittstemperatur von 10,3°C das bisher wärmste Jahr seit 1881 dar und lag deutliche 2,1 Kelvin über dem Referenzdurchschnitt. Auch Ulm erreichte in diesem Jahr mit einer mittleren Temperatur von 10,0°C absolutes Rekordniveau mit geringerer Sonnenscheindauer und Niederschlagsmenge.

Abb. 7 | Klimadiagramm der Stadt Ulm im Rekordjahr 2014



Quelle: Deutscher Wetterdienst

Abb. 8 | Solares Globalstrahlungsdiagramm der Stadt Ulm



Eigene Darstellung (Quelle: Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.)

Um Heizenergieverbräuche über mehrere Jahre oder verschiedene Standorte miteinander vergleichen zu können, empfiehlt es sich eine **Witterungsbereinigung** durchzuführen. Darunter wird die künstliche Absenkung bzw. Anhebung temperaturabhängiger Energieverbrauchswerte auf ein langjähriges Temperaturmittel bezeichnet. Die Bereinigung geschieht dann mit Hilfe sogenannter Gradtagzahlen (GTZ), die die Abweichung der durchschnittlichen Außentemperatur von der Raumtemperatur (20°C) angeben.⁶ Die Jahresgradtagzahl ergibt sich aus der Summe aller Messungen eines Jahres. Kalte Jahre weisen eine hohe GTZ (> 4.000 Kd) und warme Jahre eine niedrige GTZ (< 4.000 Kd) auf. Durch das Verhältnis eines langjährigen Mittels zur aktuellen Jahres-GTZ kann der Klimakorrekurfaktor (KF) bestimmt werden, mit dem der jeweilige Energieverbrauchswert nach oben oder unten korrigiert wird. Die GTZ für Ulm können über die *Fernwärme Ulm GmbH (FUG)* bezogen werden. Da sich hierbei das langjährige Mittel von 4.311 Gradtagen allerdings auf den deutlich kälteren Zeitraum von 1961 bis 1990 bezieht, empfiehlt es sich auf GTZ von Augsburg zurückzugreifen, die durch das *Institut für Wohnen und Umwelt (IWU)* kostenlos zur Verfügung gestellt werden und sich nur geringfügig von den Ulm unterscheiden (Tab. 1). Das hierbei verwendete langjährige Mittel von 4.029 Gradtagen (Stand 2014) bezieht sich auf die vergangenen Jahrzehnte und wird jährlich aktualisiert.

Tab. 1 | Gradtagzahlen für die Messstationen Augsburg und Ulm (seit 2006)

ORT	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
AUGSBURG	4.019	3.706	3.829	3.923	4.398	3.733	3.871	4.097	3.493
ULM	3.997	3.676	3.880	3.907	4.394	3.650	3.871	4.135	3.545

Quelle: Institut für Wohnen und Umwelt, Deutscher Wetterdienst

⁶ Gradtagzahlen werden nach der Richtlinie VDI 2067 bestimmt und an den Wetterstationen des Deutschen Wetterdienstes gemessen. Gemessen wird an sogenannten Gradtagen, an denen die durchschnittliche Außentemperatur unter 15°C liegt gemessen

Möchte man das Maß der absoluten Energieverbräuche und tatsächlichen Emissionen eines Jahres bestimmen, sollte keine Witterungsbereinigung durchgeführt werden, da die THG-Konzentration in der Luft unabhängig davon ist, ob es sich um ein kaltes oder warmes Jahr handelte. Soll der Trend im Zentrum einer Analyse stehen, muss eine Bereinigung durchgeführt werden, um Erfolge validieren oder Negativentwicklungen rechtzeitig erkennen zu können.

STADTGEBIET

Das Stadtgebiet Ulm umfasste eine Fläche von insgesamt 118,69 km² (16.623 Fußballfelder), die nach Stand 2013 zu 32 % als Siedlungs- und Verkehrsfläche, zu 44 % als Landwirtschaftsfläche und zu 21 % als Wald- und Wasserfläche genutzt wird (Abb. 9). Während die Gebietsfläche seit dem Jahr 2000 unverändert geblieben ist, hat sich die landwirtschaftlich genutzte Fläche um 2,8 % reduziert und die Gebäude- und Freifläche um 1,8 % auf einen Anteil von 18,5 % (21,97 km²) erhöht. Auch die Verkehrsfläche hat ihren Anteil um 0,5 % auf 10,4 % (12,38 km²) leicht erhöht. So besaß das Straßennetz im Stadtgebiet Ende 2013 eine Länge von insgesamt 475 km und wurde seit 2000 im Schnitt um ein Prozent jährlich ausgebaut. Dabei bilden Gemeindestraßen mit 320 km den längsten Teil des Straßennetzes, während nur 7 km der Bundesautobahnen dem Stadtgebiet zugerechnet werden müssen (Abb. 10). Auch das Radverkehrsnetz konnte seit 2000 um durchschnittlich ein Prozent jährlich auf eine Gesamtlänge von 267 km verlängert werden. Die Zahl der PKW-Stellplätze im Bereich der Innenstadt von Ulm hat sich seit dem Jahr 2000 aufgrund einer deutlichen Reduktion gegenüber 2012 um 106 Plätze auf 7.645 Stellplätze verringert.

Abb. 9 | Stadtgebiet Ulm (2013)

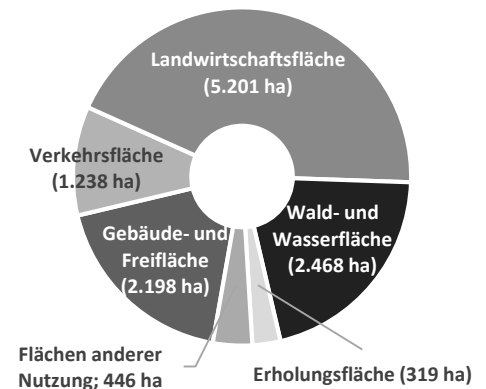
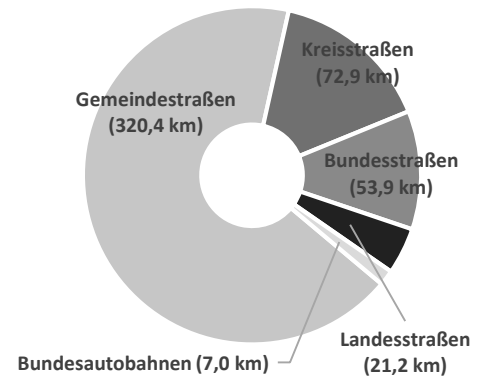


Abb. 10 | Straßennetz Ulm (2013)

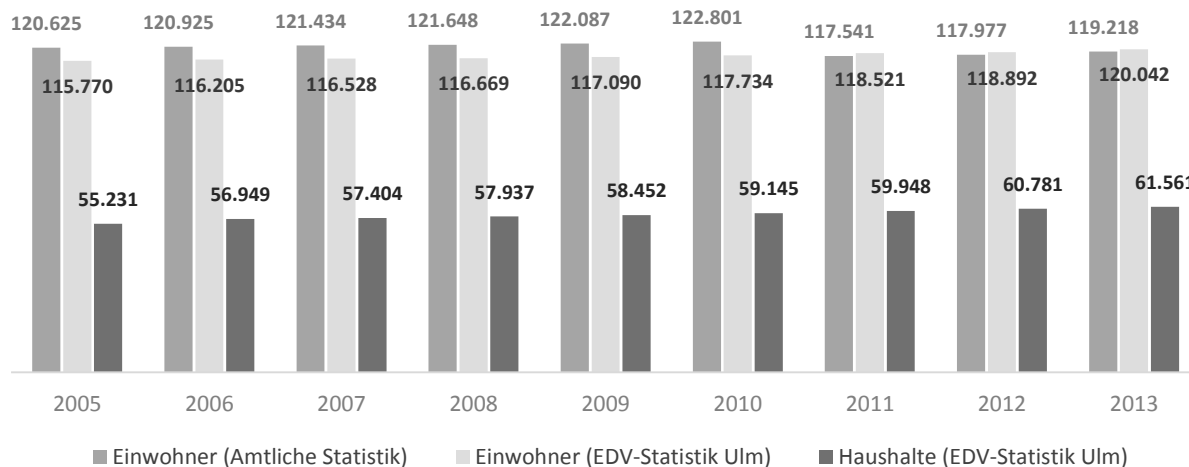


Quelle: Statistik Ulm

EINWOHNERENTWICKLUNG

Die amtliche Bevölkerungsstatistik der Stadt Ulm lag Ende 2011 bei 123.672 Einwohnern, muss nach der Volkszählung im Rahmen des Zensus 2011 aber deutlich auf 117.541 Einwohner nach unten korrigiert werden und wird seitdem auf dieser neuen Basis fortgeschrieben. Der Bruch in der langjährigen Entwicklung aufgrund dieser offensichtlich überhöhten Fortschreibung vor 2011, kann durch Verwendung der nichtamtlichen EDV-gestützten städtischen Statistik *DUVA* umgangen werden. Diese erfasst nicht nur eine detaillierte Einwohnerstatistik nach Strukturmerkmalen sondern liegt auch in kleinräumiger Gliederung vor und kann somit auch als Datenbasis zukünftiger Quartierskonzepte dienen. Ergänzt wird die elektronische Datenerfassung durch weitere wichtige Strukturdaten, u.a. auch die Anzahl der Haushalte (Abb. 11).

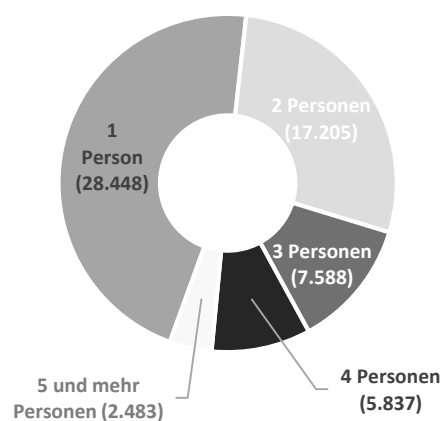
Abb. 11 | Anzahl der Einwohner und Haushalte in der Stadt Ulm (seit 2005)



Quelle: StaLaBW, Statistik Ulm

Nach EDV-Statistik hatten Ende 2013 insgesamt 120.042 Bürger ihren Wohnsitz in Ulm, davon 17,1 % Ausländer. Seit 1990 ist die Einwohnerzahl um durchschnittlich 0,4 % jährlich gewachsen und soll laut amtlicher Bevölkerungsvorausberechnungen bis zum Jahr 2030 innerhalb eines Entwicklungskorridors von 123.500 bis 130.800 Einwohner marginal steigen. Die meisten Menschen wohnen auf dem eigentlichen Stadtgebiet, insgesamt 29,3 % leben in den 12 Vororten des Stadtkreises.⁷ Nur 48,9 % der Einwohner sind männlich, annähernd 16,0 % sind unter 18 Jahre alt, mehr als 18,7 % sind älter als 65 Jahre und 65,3 % sind zwischen 18 und 65 Jahre alt. Damit liegt Ulm mit einem Durchschnittsalter von 41,9 Jahren deutlich unter dem bundesweiten Durchschnitt von 44,2 Jahren. Mit insgesamt 61.561 Haushalten kamen auf 100 Haushalten statistisch nur etwa 195 Personen und damit weniger als im bundesweiten Durchschnitt, der 2013 bei 202 Personen lag. Nach amtlicher Haushaltsvorausberechnung ist bis 2030 nur mit einem moderaten Anstieg der Ein- und Zweipersonenhaushalte zu rechnen. So ist davon auszugehen, dass die durchschnittliche Haushaltsgröße leicht unter dem aktuellen Niveau stagnieren wird und deutschlandweit maximal um 6 % auf 1,88 Personen je Haushalt fallen könnte. In Ulm waren demnach bereits 2013 vor allem Ein- und Zweipersonenhaushalte mit 46,2 % bzw. 27,9 % überdurchschnittlich häufig vertreten. Insgesamt 18,8 % aller Haushalte sind Familien mit Kindern und machen zusammen ein Viertel aller Mehrpersonenhaushalte aus.

Abb. 12 | Haushaltsgrößen in Ulm



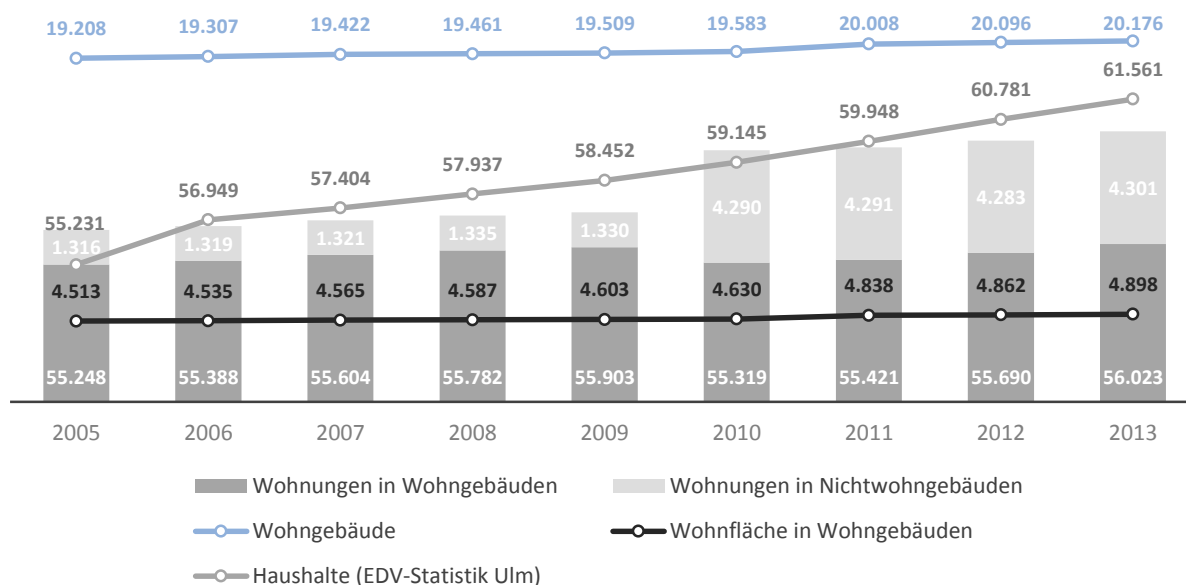
Quelle: Statistik Ulm

⁷ Einwohner nach Ortsteilen (Stand 31.12.2013) • Weststadt: 22.696 | Eselsberg: 17.353 | Wiblingen: 15.748 | Stadtmitte: 14.897 | Söflingen: 11.131 | Böfingen: 10.898 | Oststadt: 7.891 | Jungingen: 3.392 | Gögglingen: 2.749 | Einsingen: 2.607 | Lehr: 2.542 | Donaustetten: 1.506 | Eggingen: 1.419 | Unterweiler: 1.338 | Mähringen: 1.212 | Ermingen: 1.210 | Grimmelfingen: 1.157 | Donautal: 296

GEBÄUDETYPOLOGIE

Laut Fortschreibung der Gebäude- und Wohnungszählung 2011 (GWZ 2011) gab es in Ulm Ende 2013 einen Bestand von 20.176 Wohngebäuden mit 56.023 Wohnungen bei einer Gesamtwohnfläche von annähernd 4,9 Mio. m² und eine unbekannte Zahl von Nichtwohngebäuden mit insgesamt 4.301 Wohnungen (Abb. 13). Im langfristigen Trend verzeichnet Ulm eine hohe Bautätigkeit. So wurden allein zwischen 1990 und 2013 insgesamt 4.269 neue Wohngebäude mit 12.673 Wohnungen und einer Wohnfläche von 1,1 Mio. m² sowie 962 Nichtwohngebäude mit zusammen 2,0 Mio. m² Nutzfläche fertiggestellt.

Abb. 13 | Wohngebäude, Wohnungen und Wohnfläche in Ulm (seit 2005)



Anmerkungen | Ab 2010 werden „Sonstige Wohneinheiten“ zu den Wohnungen in Nichtwohngebäuden gezählt. Der Anstieg im Gebäudebestand 2011 ist auf die Gebäude- und Wohnungszählung zurückzuführen (Quelle: StaLaBW, Statistik Ulm)

Die Aufstellung einer Gebäudetypologie nach Vorbild der *IWU*-Typologie ermöglicht eine detaillierte Darstellung der Altersstruktur des Ulmer Gebäudebestandes und kann anhand der Erhebungen der GWZ 2011 durchgeführt werden (Tab. 2). Aus dieser lässt sich erkennen, dass 62 % der Gebäude noch vor 1978 und 85 % noch vor 1990 erbaut worden sind und damit bautechnisch die 1. Wärmeschutzverordnung (WSVO) von 1977 oder die 3. WSVO von 1995 erfüllen können. Mit annähernd 41 % stammt der Großteil der Bausubstanz erwartungsgemäß aus der Nachkriegszeit von 1949 bis 1978. Nach GWZ 2011 gab es in Ulm mit Stand Mai 2011 insgesamt 56.863 Wohnungen in Wohngebäuden und 2.431 Wohnungen in Nichtwohngebäuden. Zwei Drittel der Wohnungen befinden sich in Mehrfamilienhäuser, umfassen jedoch nur 56 % der gesamten Wohnfläche (Tab. 4). Erwartungsgemäß verhält es sich bei Wohngebäuden mit ein bis zwei Nutz-einheiten umgekehrt. Während diese nur 29 % aller Wohnungen ausmachen, besitzen sie doch mehr als 40 % der bewohnten Fläche. Nach Hochrechnungen auf Basis der GWZ 2011, wiesen die 59.294 Wohnungen in Ulm eine Gesamtwohnfläche von annähernd 5 Mio. Quadratmeter auf (einer Fläche von 700 Fußballfeldern). Dabei liegt die durchschnittliche Wohnfläche in Wohngebäuden (ohne Wohnheimen) bei 86,2 m² während der Durchschnitt der Gesamtwohnfläche geschätzte 84,2 m² beträgt. Über 92 % der beheizten Wohnfläche wurde vor Inkrafttreten der ersten Energieeinsparverordnung (EnEV) 2002 errichtet (Tab. 4).

Tab. 2 | Gebäudetypologie der Stadt Ulm (Mai 2011)

BAUJAHR	WOHNGBÄUDE NACH GEBÄUDETYP						NICHTWOHN- GEBÄUDE MIT WOHNRAUM	GESAMT
	EFH (1 NE)	EFH (2 NE)	DH (1-2 NE)	RH (1-2 NE)	MFH (AB 3 NE)	ANDERER GEBÄUDETYP		
VOR 1919	262	94	267	264	762	50	191	1.890
1919 - 1948	490	279	451	240	831	62	101	2.454
1949 - 1978	1.483	883	877	2.189	2.465	129	444	8.470
1979 - 1986	445	304	182	806	423	43	72	2.275
1987 - 1990	247	103	153	438	169	22	22	1.154
1991 - 1995	235	120	215	452	354	38	36	1.450
1996 - 2000	286	79	213	594	258	11	29	1.470
2001 - 2004	224	46	143	208	100	19	14	754
2005 - 2008	242	83	94	110	72	12	28	641
2009 UND SPÄTER	148	12	37	27	53	3	10	290
GESAMT	4.062	2.003	2.632	5.328	5.487	389	947	20.848

Anmerkungen | EFH: Freistehendes Einfamilienhaus, ZFH: Freistehendes Zweifamilienhaus, DH: Doppelhaushälften mit 1-2 Wohnungen, RH: Reihenhaus mit 1-2 Wohnungen, MFH: Mehrfamilienhäuser mit mehr als 3 Wohnungen (Quelle: Zensus 2011)

Tab. 3 | Wohnungstypologie der Stadt Ulm (Mai 2011)

BAUJAHR	WOHNUNGEN IN WOHNGBÄUDEN NACH NUTZEINHEITEN (NE)					NICHTWOHN- GEBÄUDE MIT WOHNRAUM	GESAMT
	1 NE	2 NE	3-6 NE	7-12 NE	> 12 NE		
VOR 1919	687	430	2.889	673	199	568	5.446
1919 - 1948	1.076	826	2.391	1.643	68	253	6.257
1949 - 1978	4.090	2.793	6.171	7.344	4.433	1.081	25.912
1979 - 1986	1.333	843	719	1.327	2.027	171	6.420
1987 - 1990	778	337	285	783	709	38	2.930
1991 - 1995	808	452	736	1.352	1.581	95	5.024
1996 - 2000	1.017	289	702	716	563	63	3.350
2001 - 2004	558	156	166	424	252	50	1.606
2005 - 2008	426	181	197	289	372	87	1.552
2009 UND SPÄTER	212	42	75	182	261	25	797
GESAMT	10.985	6.349	14.331	14.733	10.465	2.431	59.294

Quelle: Zensus 2011

Tab. 4 | Wohnflächentypologie der Stadt Ulm (Mai 2011)

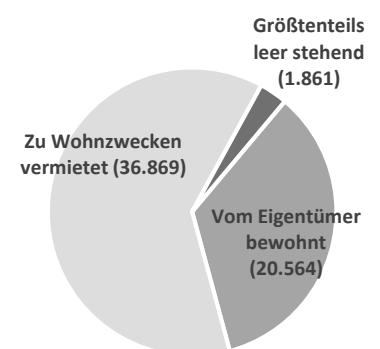
BAUJAHR	WOHNFLÄCHE IN WOHNGBÄUDEN NACH NUTZEINHEITEN (NE) in 1000 m ²					NICHTWOHN- GEBÄUDE MIT WOHNRAUM	GESAMT
	1 NE	2 NE	3-6 NE	7-12 NE	> 12 NE		
VOR 1919	74,2	38,2	242,1	48,1	11,5	43,8	457,9
1919 - 1948	124,4	78,6	190,6	105,1	3,8	21,5	523,9
1949 - 1978	509,8	258,3	458,5	485,7	284,6	85,9	2.082,8
1979 - 1986	181,1	85,9	60,0	95,9	118,5	15,2	556,5
1987 - 1990	105,1	33,3	24,4	53,3	49,2	4,5	269,9
1991 - 1995	107,1	41,8	55,3	93,6	83,7	7,3	388,8
1996 - 2000	131,3	28,7	52,4	51,3	43,5	5,9	313,0
2001 - 2004	77,0	17,0	14,8	36,8	17,4	4,7	167,5
2005 - 2008	62,2	17,9	19,4	27,8	20,9	8,2	156,4
2009 UND SPÄTER	30,0	3,7	5,8	15,6	19,7	2,3	77,2
GESAMT	1.402,0	603,4	1.123,4	1.013,1	652,8	199,1	4.993,8

Eigene Darstellung (Quelle: Zensus 2011)

Neben der Altersstruktur der Gebäude, Wohnungen und Wohnfläche, sind vor allem die Eigentumsverhältnisse sowie die Art der Wohnungsnutzung von zentraler Bedeutung. Nach GWZ 2011 sind 73 % aller Gebäude mit Wohnraum Eigentum von Privatpersonen, weitere 16 % befinden sich im Besitz einer Eigentümergemeinschaft und 5 % aller Gebäude sind kommunal oder im Besitz der *Ulmer Wohnungs- und Siedlungs-Gesellschaft mbH (UWS)* (Tab. 5). Aufgrund der hohen Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern, befinden sich jedoch nur 40 % aller Wohnungen in Besitz von Privatpersonen, während Eigentümergemeinschaften mit 34 % und die Kommune mit 12 % hierbei einen deutlich höheren Anteil aufweisen. Dabei werden nur 34 % aller Wohnungen auch tatsächlich von den Eigentümern bewohnt, der weitaus größere Anteil von 62 % wird zu Wohnzwecken vermietet.

Tab. 5 | Eigentumsform und Wohnungsnutzung des Ulmer Gebäude- & Wohnungsbestandes (Mai 2011)

EIGENTUMSFORM	WOHNGEBÄUDE		NICHTWOHNGEBÄUDE	
	GEBÄUDE	WOHNUNGEN	GEBÄUDE	WOHNUNGEN
PRIVATPERSON/-EN	14.660	22.400	550	1.207
EIGENTÜRMGEEMEINSCHAFT	3.134	19.447	222	825
KOMMUNE ODER KOMMUNALES WOHNUNGSUNTERNEHMEN	1.088	7.105	22	45
WOHNUNGSGENOSSENSCHAFT	526	3.803	0	0
PRIVATWIRTSCHAFTLICHE UNTERNEHMEN	364	2.704	72	233
BUND ODER LAND	72	439	16	25
ORGANISATION OHNE ERWERBSZWECK (Z.B. KIRCHE)	57	965	65	96
GESAMT	19.901	56.863	947	2.431



Quelle: Zensus 2011

HEIZUNGSBESTAND

Von den nach Gebäude- und Wohnungszählung 2011 insgesamt erfassten 20.848 Gebäuden mit Wohnraum besitzen 64 % eine Zentralheizung und 18 % einen Fernwärmeanschluss (Tab. 6). Dies impliziert, dass mehr als die Hälfte aller Wohnungen zentral beheizt werden und etwas weniger als ein Drittel durch Fernwärme versorgt wird. Nach wie vor besitzen 10 % aller Wohnungen eine eigene Etagenheizung und annähernd 9 % werden hauptsächlich durch Nachtspeicherheizungen sowie Holz-, Öl- oder Kohle-Kachelöfen beheizt.

Tab. 6 | Ulmer Gebäude- und Wohnungsbestand nach Heizungsart (Mai 2011)

HEIZUNGSART	WOHNGEBÄUDE		NICHTWOHNGEBÄUDE		GESAMT (RELATIV %)	
	GEBÄUDE	WOHNUNGEN	GEBÄUDE	WOHNUNGEN	GEBÄUDE	WOHNUNGEN
ZENTRALHEIZUNG	12.810	29.102	524	1.338	64,0	51,3
FERNWÄRME (FERNHEIZUNG)	3.576	16.702	219	535	18,2	29,1
ETAGENHEIZUNG (Z.B. GASTHERME)	1.239	5.412	117	337	6,5	9,7
EINZEL-/MEHRRUAUMÖFEN (AUCH NACHTSPEICHERHEIZUNG)	1.984	4.973	75	200	9,9	8,7
NAHWÄRME (BLOCKHEIZUNG)	244	614	6	12	1,2	1,1
KEINE HEIZUNG	48	60	6	9	0,3	0,1
GESAMT	19.901	56.863	947	2.431	100	100

Quelle: Zensus 2011

Der *Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks (LIV)* in Baden-Württemberg besitzt Primärdaten zum Bestand aller kleinen und mittleren Öl- und Gasfeuerungsanlagen, die nach der 1. BImSchV regelmäßig messpflichtig sind⁸ sowie zu allen Anlagen die einmalig durch den Schornsteinfeger abgenommen werden müssen, so auch Öl- und Gaskessel mit Brennwerttechnik und Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen. Demnach wurden bis Ende 2011 insgesamt 5.732 ölbefeuerte Konstant- und Niedertemperaturkessel mit einer geschätzten Gesamtleistung von 195 MW betrieben (Tab. 7). Ein Viertel dieser Anlagen wurde noch vor 1988 in Betrieb genommen und waren damit bereits älter als 25 Jahre. Neben diesen Standardkessel wurden bis Ende 2011 zusätzlich 446 Öl-Brennwertanlagen mit einer Leistung über 11 kW abgenommen. Der zahlenmäßige Anteil der Brennwerttechnik an allen erfassten Ölfeuerungsanlagen lag Ende 2011 somit nur bei 7 % während der leistungsbezogene Anteil als noch geringer einzustufen ist.

Tab. 7 | Messpflichtige Ölfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV in Um (Stand 2011)

LEISTUNG \ BAUJAHR	VOR 31.12.78	01.01.1979 - 31.12.1982	01.01.1983 - 30.09.1988	01.10.1988 - 31.12.1997	01.01.1998 - 31.12.2010	01.01.2011 - 31.12.2011	GESAMT
4 kW - 11 kW	19	12	57	117	160	7	372
11 kW - 25 kW	83	21	303	1.079	1.059	27	2.572
25 kW - 50 kW	232	119	425	868	550	3	2.197
50 kW - 100 kW	60	19	65	111	82	3	340
> 100 kW	41	22	36	100	51	1	251
GESAMT	435	193	886	2.275	1.902	41	5.732

Quelle: Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Baden-Württemberg

Die Anzahl regelmäßig messpflichtiger Gasfeuerungsanlagen lag Ende 2011 mit 10.453 betriebenen Kessel und einer geschätzten Gesamtleistung von 280 MW deutlich höher (Tab. 8). Zwar ist der Altersdurchschnitt von Gasheizungen im Vergleich zu Ölheizungen niedriger, dennoch war aber auch hier bereits jede fünfte Bestandsanlage älter als 25 Jahre. Bei 5.265 kleinen (< 50 kW) und 293 mittleren (> 50 kW) Gasbrennwertanlagen, die bis Ende 2011 in Betrieb genommen wurden, lag der relative Anteil der moderneren Brennwerttechnik mit annähernd 35 % jedoch bereits deutlich höher.

Tab. 8 | Messpflichtige Gasfeuerungsanlagen nach 1. BImSchV in Um (Stand 2011)

LEISTUNG \ BAUJAHR	VOR 31.12.78	01.01.1979 - 31.12.1982	01.01.1983 - 30.09.1988	01.10.1988 - 31.12.1997	01.01.1998 - 31.12.2010	01.01.2011 - 31.12.2011	GESAMT
4 kW - 11 kW	125	90	221	510	684	23	1.653
11 kW - 25 kW	238	163	832	2.957	2.518	125	6.833
25 kW - 50 kW	59	64	169	556	265	11	1.124
50 kW - 100 kW	33	19	67	212	108	1	440
> 100 kW	31	12	50	162	142	6	403
GESAMT	486	348	1.339	4.397	3.717	166	10.453

Quelle: Landesinnungsverband des Schornsteinfegerhandwerks Baden-Württemberg

Die in Tab. 7 und Tab. 8 gewählte Darstellung messpflichtiger Feuerungsanlagen ist zwar allgemein üblich aber dennoch unzulänglich gewählt. Da gerade die jährlich veränderten Bestände an Ölfeuerungsanlagen den

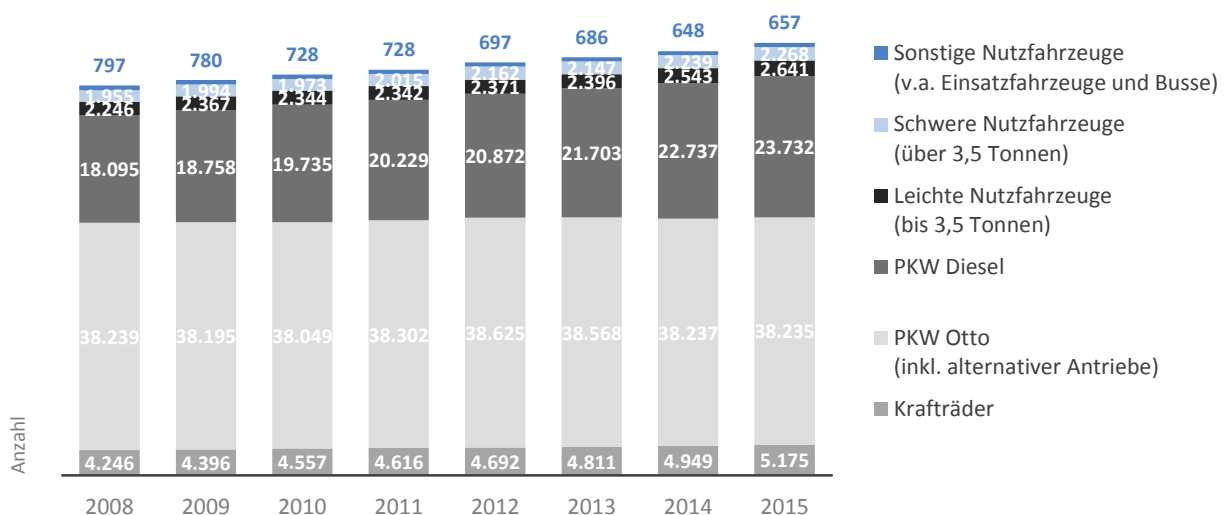
⁸ Alle Feuerungsanlagen ohne Brennwerttechnik und mit einer Leistung zwischen 4 kW und 20 MW unterliegen der 1. BImSchV.

einzigem Bezug zum kommunalen Heizölverbrauch darstellen, sollte das städtische Umweltcontrolling eine genauere Aufteilung beauftragen. So ist es u.a. sinnvoll den Zeitraum ab 1998 bis zum Inkrafttreten der EnEV 2002 zu begrenzen. Für eine solide Startbilanz, sollten die Anlagen ab 2005 und spätestens ab Einführung der EnEV 2009 jährlich erfasst werden. Darüber hinaus ist es auch empfehlenswert, die großen Leistungsklassen in 100 kW bis 200 kW und 200 kW bis 400 kW aufzuschlüsseln. Die wenigen Anlagen von 400 kW bis 20 MW sollten einzeln nach der jeweiligen Leistung aufgeführt werden, da diese einen großen Einfluss auf die Gesamtbilanz aufweisen können. Nicht zuletzt ist es auch notwendig, eine nach Leistungsklassen aufgeschlüsselte Aufstellung aller abgenommenen Brennwertanlagen zu beauftragen.

KRAFTFAHRZEUGBESTAND

Das *Kraftfahrt-Bundesamt* veröffentlicht jährlich Daten über den Fahrzeugbestand und die Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen in Deutschland unter Aufschlüsselung nach einer Vielzahl von Merkmalen.⁹ So waren zum Stichtag 01.01.2014 insgesamt 71.353 Kraftfahrzeuge (KFZ) in Ulm zugelassen, ein Bestand der seit 2008 kontinuierlich um durchschnittlich 1,4 % jährlich gewachsen ist.¹⁰ Personenkraftwagen (PKW), zu denen seit 2006 sowohl private und gewerbliche Fahrzeuge als auch Wohnmobile und Krankenwagen zählen, bilden mit insgesamt 60.974 zugelassene Fahrzeuge (darunter 575 Wohnmobile) den bedeutendsten Anteil. Auffallend ist ein starker Anstieg zugelassener Krafträder (KRAD), die als Luxusgut ein hohes Einkommensniveau verdeutlichen. Die Bestandserhöhung an Nutzfahrzeugen ist sowohl auf Lastkraftwagen (LKW) als auch auf Zugmaschinen zurückzuführen, während die Zahl der Busse insgesamt rückläufig ist (Abb. 14).

Abb. 14 | Entwicklung des Kraftfahrzeugbestands der Stadt Ulm (seit 2008)



Stichtag 01. Januar

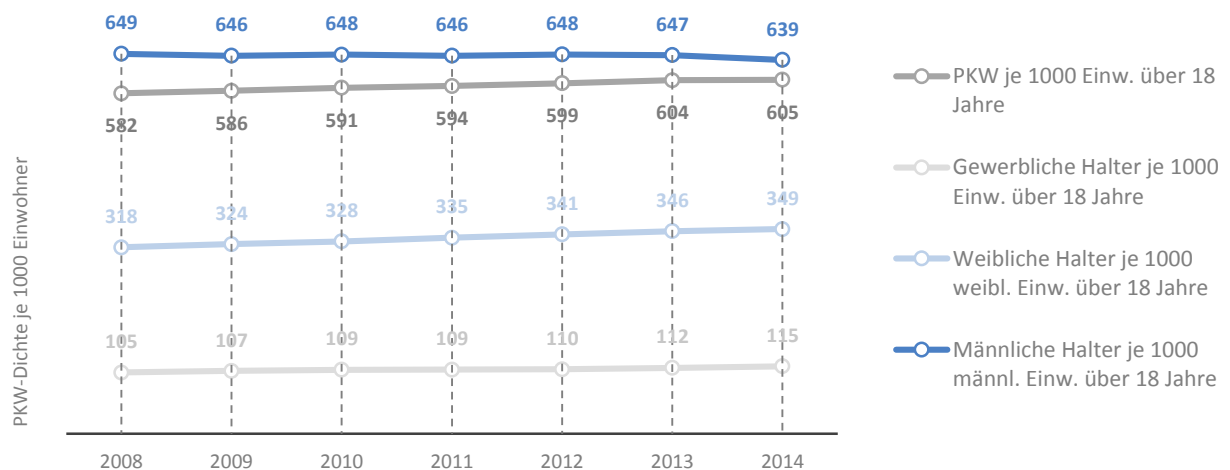
Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt

⁹ Eine Auswahl räumlich aufgeschlüsselter Daten auf Ebene der Zulassungsbezirke wird vom KBA jährlich veröffentlicht, eine erweiterte Darstellung kann allerdings nur bei Bedarf und gegen eine Aufwandsentschädigung in Auftrag gegeben werden.

¹⁰ Die Bestandsdaten sind nicht mit den Jahren vor 2008 vergleichbar, da bis zum 01.01.2007 auch vorübergehend stillgelegte Fahrzeuge in den Statistiken des KBA enthalten waren. Um langfristige Trends zu untersuchen müssen provisorische Korrekturen für Daten vor 2008 in Kauf genommen werden. So waren laut KBA zum 01.01.2007 etwa 11,9 % des PKW-Bestands in Deutschland vorübergehend stillgelegt.

Von den 60.974 PKW und Wohnmobilen, die laut *Kraftfahrt-Bundesamt (KBA)* zum 01.01.2014 zugelassen waren, werden 19 % gewerblich und 81 % privat gehalten. Unter den Privathaltern sind 36,8 % weiblich und 63,2 % männlich. Bezogen auf die Einwohnerstatistik der Stadt Ulm, lag die Fahrzeugdichte bei 594 Kraftfahrzeugen oder 508 Personenkraftwagen je 1000 Einwohner. Werden nur die eigenständig zum Fahrzeugführen legitimierten Einwohner ab 18 Jahren berücksichtigt, liegt die PKW-Dichte bei 605 Fahrzeugen je 1000 Einwohner und hat sich seit 2008 kontinuierlich gesteigert (Abb. 15). Während die Zahl der männlichen Fahrzeughalter tendenziell sinkt, gibt es immer mehr gewerbliche aber vor allem auch weibliche Fahrzeughalter. Diese Entwicklung ist sowohl auf eine erhöhte Eigenständigkeit der Frauen als auch auf ein Anstieg der Zweitfahrzeuge zurückzuführen, die in gemeinsam veranlagten Haushalten oftmals auf die Frau zugelassen werden. Insgesamt befindet sich die PKW-Dichte aber bereits heute auf einem hohen Niveau und wird in den kommenden Jahren voraussichtlich nur noch beschränkt wachsen.

Abb. 15 | Anzahl zugelassener PKW in Ulm je 1000 Einwohner über 18 Jahre (seit 2008)



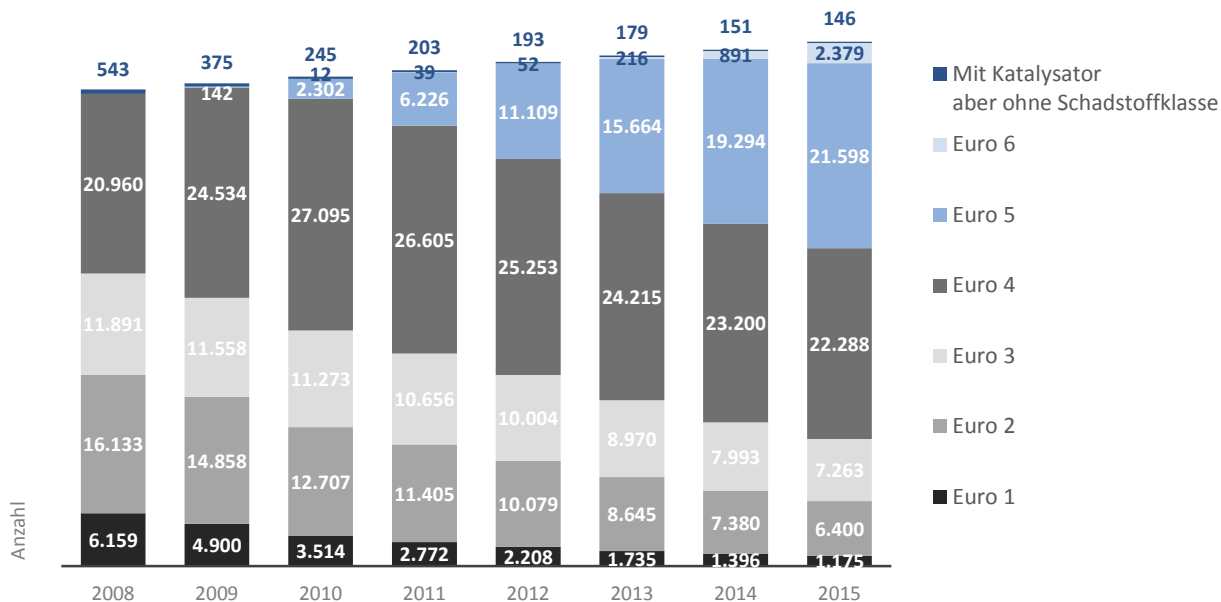
Stichtag 01. Januar

Eigene Darstellung (Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt, DUVA Einwohnerstatistik Ulm)

Nach wie vor bildeten Benzinfahrzeuge mit Ottomotoren zum Januar 2014 mit 62 % den größten Bestand aller PKW, wenn auch mit deutlich fallender Tendenz, während der Anteil an PKW mit Dieselmotoren stark auf 37 % anstieg. Nur 678 PKW waren mit alternativen Antrieben unterwegs, darunter 345 Fahrzeuge mit Flüssiggas, 202 mit Autogas, 97 mit elektrischem Hybridantrieb und 34 mit reinem Elektromotor. Von den Elektrofahrzeugen waren etwa 15 *smart fortwo electric drive* dem Betrieb von *car2go* zuzurechnen, weitere 3 *smarts* wurden für den städtischen Fuhrpark geleast und 2 *Mitsubishi MiEV* befinden sich im Bestand des e-Fuhrparks der SWU. Mit Ausnahme von Erdgasfahrzeugen stieg die Zahl der PKW mit alternativen Antrieben bis 2015 nochmals deutlich an. So waren zum 01. Januar trotz Aufgabe des *car2go*-Standorts Ulm bereits 58 reine Elektrofahrzeuge und 123 elektrische Hybridfahrzeuge in Ulm zugelassen. Ein weiteres Umweltmerkmal ist der Schadstoffausstoß der KFZ, für den die europäischen Abgasnormen Grenzwerte festlegen. Ab September 2015 müssen hierbei alle neu zugelassenen PKW die Schadstoffklasse EURO-6 erfüllen. Im Januar 2014 waren bereits 99 % aller in Ulm zugelassenen PKW schadstoffreduziert, mit 39 % besaßen die meisten Fahrzeuge die EURO-4-Norm und schon 32 % die EURO-5-Norm (Abb. 16). Trotz Umweltzone, die seit dem 01.01.2013 das Befahren der Stadt Ulm mit einer nicht grünen Plakette verbietet, besaßen dennoch knapp 28 % aller in Ulm zugelassener PKW eine schlechtere Schadstoffklasse als die EURO-4-Norm. 151

Fahrzeuge besaßen zwar einen Katalysator konnten aber keine Norm erfüllen und 669 Fahrzeuge konnten gar keine Emissionsgruppe aufweisen. Bis Januar 2015 sank der Anteil der PKW, die nicht die EURO-4-Norm erfüllen konnten, allerdings bereits auf unter 24 %.

Abb. 16 | PKW-Bestand der Stadt Ulm nach Emissionsgruppe (seit 2008)

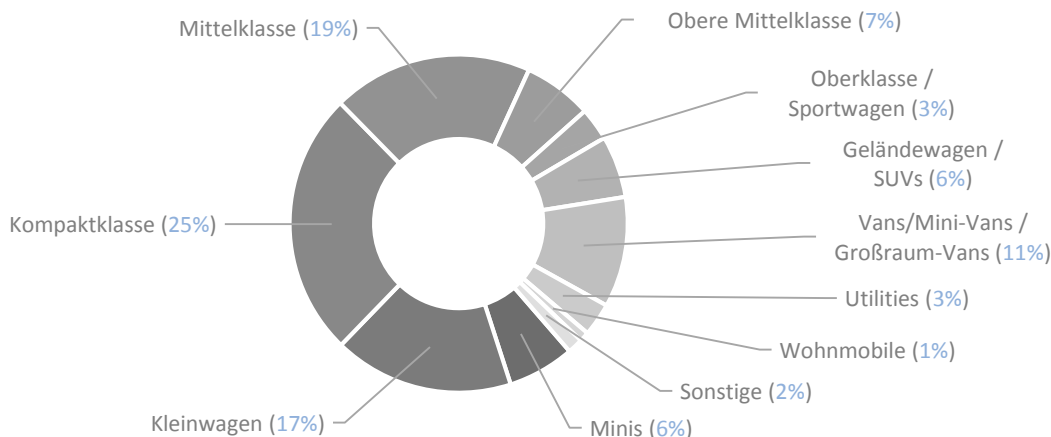


Stichtag 01. Januar

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt

Von Bedeutung ist die Darstellung des PKW-Bestands nach Fahrzeugsegmenten des *KBA*, die es ermöglicht Aussagen über Fahrleistungen, spezifische Emissionen, Kaufverhalten und Entwicklungspotenziale zu treffen. Hierzu können Bestandsdaten der gemeinsamen Zulassungsstelle Alb-Donau-Kreis/Ulm ausgewertet werden. Aus den Rohdaten einer Anfrage vom Juni 2014 lassen sich so 60.446 PKW und 570 Wohnmobile eindeutig den Kategorien „Postleitzahl“, „Fahrzeugtyp“, „Antriebsart“ sowie „Halter“ zuordnen. Anhand des Fahrzeugtyps kann der PKW-Bestand nach *KBA*-Fahrzeugsegmenten einsortiert werden (Abb. 17).

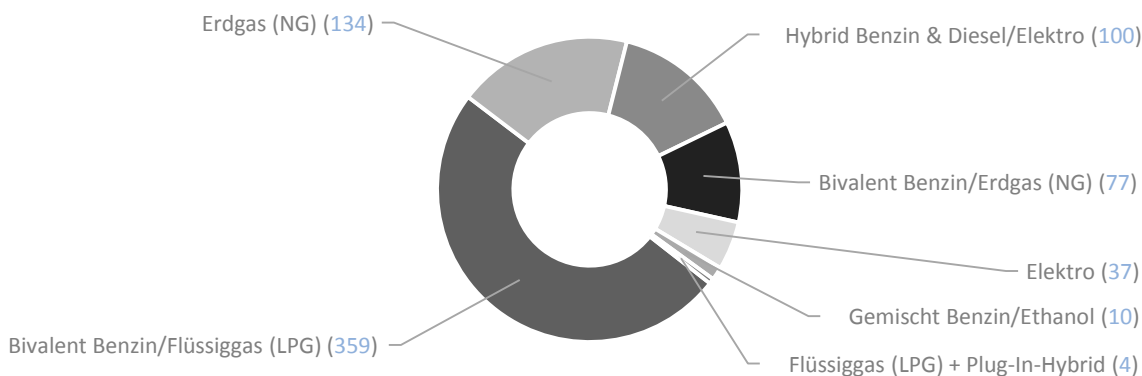
Abb. 17 | Bestand in Ulm zugelassener PKW nach KBA-Fahrzeugsegmenten (Juni 2014)



Eigene Darstellung (Quelle: Zulassungsstelle Alb-Donau-Kreis/Ulm)

Auffällig ist, dass in Ulm bereits 50 % aller zugelassenen PKW den Fahrzeugsegmenten „Minis“, „Kleinwagen“ und „Kompaktklasse“ angehören, die zugleich auch die geringsten spezifischen CO₂-Emissionen aufweisen. Naturgemäß schlechtere Emissionswerte besitzen Fahrzeuge der Oberklasse sowie Geländewagen, die zusammen mit Sportwagen und Special Utility Vehicle (SUV) etwa 9 % des Bestandes ausmachen. Mit den Daten der Zulassungsstelle lässt sich auch ein genaues Bild über die Zusammensetzung von 721 PKW gewinnen, die mit alternativen Antrieben unterwegs sind. Vor allem der bivalente Betrieb von Benzin/Flüssiggas-Motoren besitzt in Ulm einen hohen Stellenwert, gefolgt von reinen Erdgasmotoren. Auch hybride Technologien mit Benzin/Elektro-Antrieben gewinnen an Bedeutung. Vorhanden, aber vernachlässigbar, sind reine Autogasmotoren, hybride Diesel/Elektro-Antriebe sowie Plug-in-Hybridmotoren (Abb. 18).

Abb. 18 | Bestand in Ulm zugelassener PKW mit alternativen Antriebsarten (Juni 2014)



Quelle: Zulassungsstelle Alb-Donau-Kreis/Ulm

Abb. 19 stellt die beliebtesten Fahrzeugmodelle der Ulmer Bevölkerung nach *KBA*-Fahrzeugsegment dar. Die genannten Modelle sind in Ulm so häufig vertreten, dass ihr aufsummierter Bestand weit über die Hälfte des jeweiligen Segments ausmacht. Eine solche Aufstellung ermöglicht die Abschätzung eines Austauschpotenzials durch alternative Antriebsarten. So ist es denkbar, dass der Halter eines *smart fortwo* sein Fahrzeug auch gegen einen *smart fortwo electric drive* austauschen würde, jedoch unwahrscheinlicher, dass der Fahrer eines *BMW X3* in naher Zukunft auf ein Fahrzeug mit elektrischem Antrieb wechseln wird.

Abb. 19 | Die beliebtesten Fahrzeugmodelle der Ulmer (Stand Juni 2014)

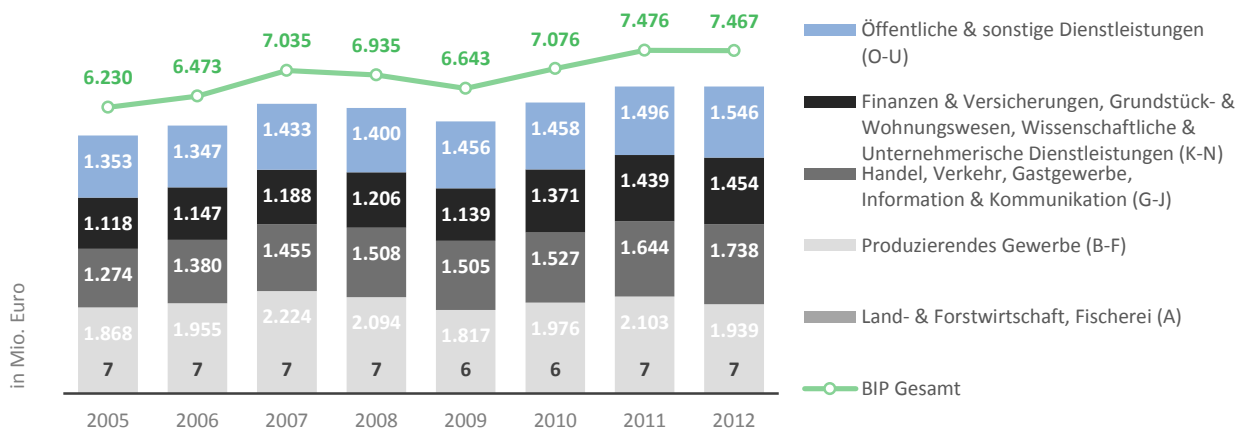


Eigene Darstellung (Quelle: Zulassungsstelle Alb-Donau-Kreis/Ulm, Juni 2014)

WIRTSCHAFTSDATEN

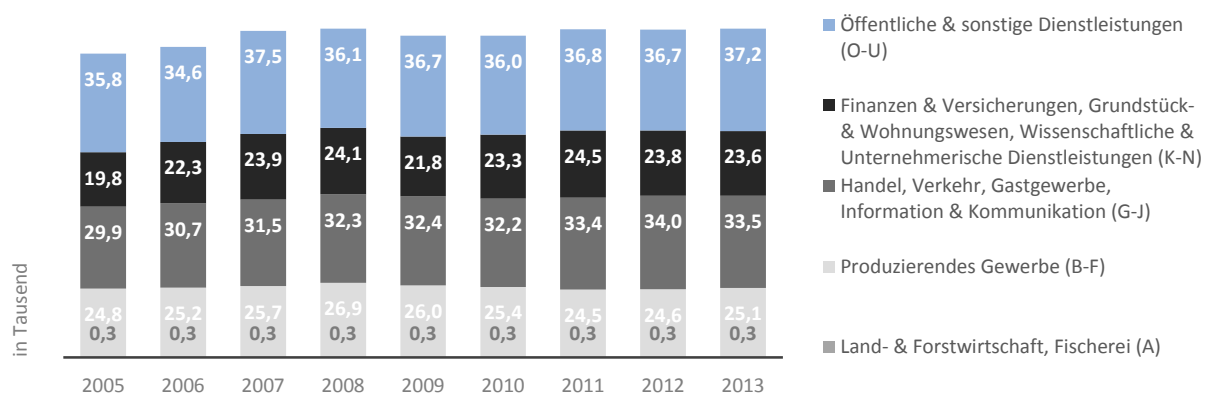
Die Stadt Ulm ist eine Wirtschaftsmetropole, was sich anhand fundamentaler Wirtschaftsdaten bestätigen lässt. So erwirtschaftete die Stadt nach Regionalergebnissen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung der Länder (VGRdL) im Jahr 2012 ein Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Höhe von 7,5 Mrd. Euro auch wenn die Generalrevision der Wirtschaftsdaten im Rahmen der Umstellung auf das Europäische System Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG) noch aussteht (Abb. 20). Nach vorläufigen Ergebnissen lag die Produktivität gemessen am BIP je Erwerbstätigen mit 63.140 Euro zwar unter dem bundesweiten Durchschnitt von 64.080 Euro, wurde durch ein sehr hohes Einkommensniveau von 60.320 Euro je Einwohner, das bei-nahe doppelt so hoch ausfiel wie der Durchschnitt mit 32.550 Euro, jedoch wieder stark relativiert. Die geringere Produktivität ist auf eine sehr hohe Zahl von Erwerbstätigen am Standort Ulm zurückzuführen, die zu einem großen Teil aus Einpendlern bestehen. So gab es 2012 im Durchschnitt 119.700 Erwerbstätige in Ulm, etwa so viele wie Einwohner im Stadtgebiet (Abb. 21). Diese hohe Zahl der Erwerbstätigen lässt darauf schließen, dass die Energieproduktivität, hier gemessen als Energieverbrauch je Erwerbstätiger, sehr gering ausfällt. Die Energieproduktivität lässt sich auch auf die Wirtschaftszeitung beziehen und bildet in der kommunalen Klimaschutzpolitik einen wichtigen Erfolgsindikator ab.

Abb. 20 | Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung der Stadt Ulm (seit 2005)



Quelle: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung (VGR) der Länder (August 2013)

Abb. 21 | Erwerbstätige am Arbeitsort Ulm im Jahresdurchschnitt nach Wirtschaftszweigen (seit 2005)



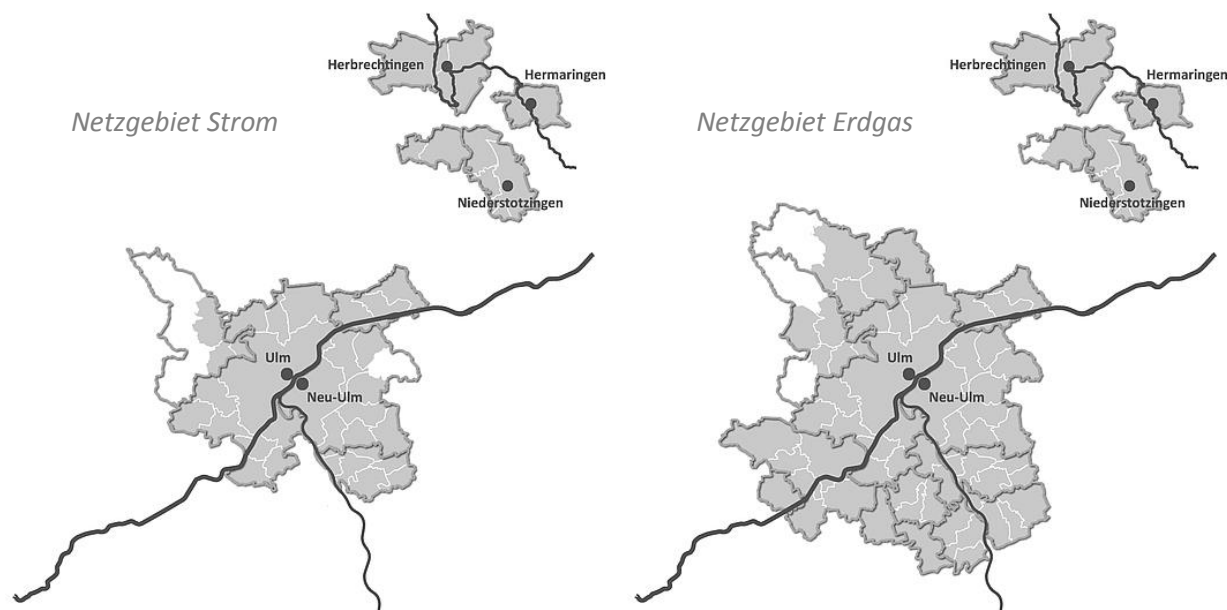
Quelle: Destatis

3. ENERGIEVERSORGUNG DER STADT



Die Stadt Ulm besitzt den Vorteil über ein eigenes kommunales Versorgungsunternehmen zu verfügen, an dem sie zudem mit einem Gesellschafteranteil von 93,68 % nahezu das alleinige Stimmrecht hält. Die *Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm GmbH (SWU)* sind eine Unternehmensgruppe, die neben der regionalen Energieversorgung durch die *SWU Energie GmbH* auch den Personennachverkehr sicherstellen und Dienstleistungen im Bereich Telekommunikation und IT anbieten. Die leitungsgebundene Energieversorgung der Stadt Ulm mit Strom, Erdgas und Fernwärme wird durch die *SWU Netze GmbH*, einer Tochter der *SWU Energie GmbH*, sichergestellt. Dabei umfasst das Stromnetz eine geographische Fläche von 409 km² und versorgt neben dem Stadtkreis Ulm auch sieben weitere Gemeinden mit insgesamt 237.948 Einwohnern (Stand 2014). Die *SWU Energie GmbH* ist hierbei in Ulm, Neu-Ulm (ohne Steinheim), Elchingen und Blaustein (hier nur die Ortsteile Ehrenstein/Klingenstein sowie Herrlingen/Weidach) auch gleichzeitig der Grundversorger.

Abb. 22 | Strom- und Erdgasnetzgebiet der Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm Netze GmbH



Quelle: SWU

Das Erdgasnetz der *SWU Netze GmbH* ist deutlich größer und versorgt neben dem Gebiet des Stromnetzes noch zehn weitere Gemeinden. In 14 der insgesamt 18 Städten und Gemeinden ist die *SWU Energie GmbH* hierbei auch der Erdgasgrundversorger. Trotz des kleineren Versorgungsgebietes weist das Stromnetz laut Geschäftsbericht 2014 eine Leitungslänge von 3.236 km auf und verbindet 54.100 Hausanschlüsse mit 143.900 Stromzählern während das Erdgasnetz mit einer Leitungslänge von 1.061 km insgesamt 28.600 Hausanschlüsse und 34.200 Zähler aufweist. Im Jahr 2014 wurden 1.438 GWh Strom und 2.119 GWh Erdgas durch die Netze der SWU an Endkunden verteilt.

Die Fernwärmerversorgung der Stadt Ulm wird bis auf einige durch die *SWU* betriebener Nahwärmenetze¹¹ durch die *Fernwärme Ulm GmbH (FUG)*, einer jeweils 50-prozentigen Tochter der *SWU* und der *EnBW AG*, sichergestellt. Die *FUG* betreibt ein Fernwärmenetz mit über 160 km Länge und 2.950 Abnahmestellen mit einer Anschlussleistung von 381,9 MW (Stand 2014). Sie agiert als Betreiber eines konventionellen und zweier Biomasse-Heizkraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) sowie zweier separater Heizwerke ohne KWK. Darüber hinaus setzt der *Zweckverband Thermische Abfallverwertung Donautal (TAD)* die *FUG* auch als Betreiber des Müllheizkraftwerks (MHKW) Donautal ein, an dem die Stadt Ulm mit einer Umlage in Höhe von etwa 20 % beteiligt ist, welche sich jeweils zur Hälfte nach der Einwohnerzahl und der angelieferten Müllmenge der Verbandsmitglieder richtet.

Es ist zu beachten, dass das Liefergebiet der *SWU Energie GmbH* deutlich über das Versorgungsgebiet der *SWU Netze GmbH* hinausreicht. So finden sich auch in weiten Teilen der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) *TransnetBW* und *Amprion* Abnehmer des *SWU*-Stroms. Auch die Kraftwerksbeteiligungen der *SWU* sind über ganz Deutschland verteilt und speisen damit nicht unmittelbar in das lokale Stromnetz ein. Im Sinne der Erfolgsmessung lokaler Klimaschutzaktivitäten ist es jedoch sinnvoll auch überregionale Beteiligungen der kommunalen Stromversorgung gutzuschreiben. Dieser Punkt ist besonders dann von Bedeutung, wenn kommunale Stadtwerke gezwungen sind überregional zu investieren, um ihren Kunden eine regenerative Stromversorgung aus Eigenerzeugung anbieten zu können.

ERDGAS, STEINKOHLE & HEIZÖL

Die Energieerzeugung auf Basis konventioneller Energieträger findet in Ulm zum Großteil in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) statt. Darunter fallen sowohl die 27 eigenen und 4 beteiligten Blockheizkraftwerke (BHKW) der Stadtwerke als auch die Beteiligungen an dem Heizkraftwerk (HKW) Magirusstraße der *FUG* und dem *Trianel* Kohlekraftwerk Lünen.¹² Einzige Ausnahmen bilden die Beteiligungen am *Trianel* Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) Hamm und den beiden Heizwerken der *FUG*, die ausschließlich der reinen Strom- bzw. Wärmeproduktion dienen. Das Heizwerk der Universität Ulm wurde in den letzten Jahren kaum angefahren und wird voraussichtlich mittelfristig vollständig außer Betrieb genommen werden. Mit Stand 2014 müssen dem kommunalen Energiemix insgesamt 33 konventionell betriebene Anlagen mit einer anteiligen Gesamtleistung von 139,9 MW elektrisch und 398,8 MW thermisch zugerechnet werden (Tab. 9).

¹¹ Die Hauptliefergebiete der SWU für Fernwärme liegen in Inselnetzen am Eselsberg, in der Stadtmitte und Weststadt sowie in Böfingen.

¹² Das Steinkohlekraftwerk Lünen betreibt bisher noch keine Wärme-Auskopplung besitzt aber eine Ausbauleistung von 35 bis 140 MW thermisch.

Tab. 9 | Konventionelle Kraftwerksbeteiligungen der Stadtwerke Ulm (Stand 2014)

ANLAGE	INBETRIEBNAHME	BETREIBER	ELEKTRISCHE NENNLEISTUNG	THERMISCHE NENNLEISTUNG	KWK	SWU BETEILIGUNG
STEINKOHLE						
KOHLKRAFTWERK LÜNNEN	2013	Trianel	750 MW <i>anteilig 39,6 MW</i>	(35 MW) (max. 160 MW)	ja	5,28 %
HKW MAGIRUSSTRASSE, KESSEL 5	1955	FUG	15 MW <i>Sammelschiene anteilig 7,5 MW</i>	72,7 MW	ja	50 %
HEIZÖL & ERDGAS						
HKW MAGIRUSSTRASSE, KESSEL 1	1969	FUG	-	61,2 MW	ja	50 %
HKW MAGIRUSSTRASSE, KESSEL 6	1978	FUG		96,5 MW	ja	50 %
HEIZWERK DAIMLERSTR. (HEIZWERK LUDWIGSFELD)	1977 - 2004	FUG	-	80,0 MW	nein	50 %
	1998	SWU	-	(max. 12 MW)	nein	100 %
HEIZÖL						
HEIZWERK UNIVERSITÄT ULM	1972 - 1977	Uni	-	58,0 MW	nein	-
HEIZWERK FORT ALBECK	2003	FUG	-	19,4 MW	nein	50 %
ERDGAS						
GUD-KRAFTWERK HAMM	2007	Trianel	850 MW <i>anteilig 79,6 MW</i>	-	nein	9,36 %
BHKW ULM (10 ANLAGEN)	1999 - 2012	SWU	0,56 MW	1,03 MW	ja	100 %
BHKW NEU-ULM (12 ANLAGEN)	1993 - 2012	SWU	10,78 MW	(12,19 MW)	ja	100 %
BHKW HERBRECHTINGEN (2 ANLAGEN)	1994/1999	TWH	0,22 MW <i>anteilig 0,11 MW</i>	(0,45 MW)	ja	50 %
BHKW BLAUBEUREN (2 ANLAGEN)	1999/2003	TWB	0,19 MW <i>anteilig 0,09 MW</i>	(0,33 MW)	ja	50 %
BHKW NIEDERSTOTZINGEN (1 ANLAGE)	2004	SWN	0,05 MW <i>anteilig 0,03 MW</i>	(0,09 MW)	ja	50 %
GESAMT (33 ANLAGEN)	-	-	138,3 MW	388,8 MW	-	-

Anmerkungen: TWH = Technische Werke Herbrechtingen | TWB = Technische Werke Blaubeuren | SWN = Stadtwerke Niederstotzingen | Die Jahresvolllaststunden sind als durchschnittliche Zielwerte der Betriebsführung zu verstehen | Werte in Klammern tragen nicht zum kommunalen Energieerzeugungsmix bei | Eigene Darstellung (Quelle: SWU, FUG, Trianel, TWH, TWB)

Nicht aufgeführt sind 266 Anlagen, die im Rahmen von Wärmedienstleistungsverträgen (Contracting) im gesamten Netzgebiet der *SWU* betrieben werden und eine thermische Gesamtleistung von 56,2 MW besitzen (Stand 2013). Prinzipiell wäre eine Integration dieser Anlagen im Rahmen eines fortgeschrittenen Umweltcontrollings möglich, muss dann aber nach dem Territorialprinzip auf das Stadtgebiet Ulm begrenzt werden. Im vorliegenden Konzept wird die Stromerzeugung dieser Anlagen bereits in der Gesamterzeugung der *SWU* nach Geschäftsberichten zusammen mit den BHKW der *SWU* bilanziert während die Wärmeezeugung indirekt über den Erdgasverbrauch erfasst wird.

BIOMASSE, BIOGAS & DEPONIEGAS

Neben den konventionellen Energieerzeugungsanlagen sind auch Biomasse und ihre Sekundärprodukte Biosowie Deponiegas ein wichtiger Energielieferant für die Stadt. Zu den bedeutendsten Anlagen zählen die beiden Biomasse-Heizkraftwerke der *FUG* in der Magirusstraße und das Holzgas-Heizkraftwerk der *SWU* in Senden, das den kommunalen Strommix der Stadt zukünftig positiv beeinflussen wird.¹³ Der *FUG* obliegt auch

¹³ Aufgrund technischer Probleme bei der Einhaltung gesetzlicher Emissionsgrenzwerte ist das Holzgas-HKW in Senden 2013 nur testweise in Betrieb genommen worden und produzierte dabei nur 3,6 GWh Strom. Mit Aufnahme des Regelbetriebes gegen Ende 2014, ist das Kraftwerk allerdings in der Lage die zehnfache Menge Strom zu erzeugen.

die Betriebsführung des Müllheizkraftwerks im Donautal, das als Biomasse- oder als konventionelles Kraftwerk bezeichnet werden kann, da Haus- und Sperrmüll statistisch zu etwa 50 % des aus biogenen Kohlenstoffen besteht, während die anderen 50 % den fossilen Energieträgern zuzurechnen sind. Durch Inbetriebnahme der Verbindungsleitung zwischen Donautal und Weststadt im Jahr 2008 muss die Fernwärmeversorgung vom Donautal und Wiblingen nicht mehr allein durch das MHKW sichergestellt werden und Wärmemengen können nach Bedarf zwischen den Versorgungsgebieten verschoben werden. Darüber hinaus speisen im Stadtgebiet Ulm mehrere privat betriebene Biogasanlagen Strom und Fernwärme in die Netze der *SWU* und *FUG* ein. Die genaue Anzahl und thermische Leistung dieser Anlagen ist unbekannt, einzig die elektrische Leistung und eine Auflistung der einzelnen Motoren kann aus den EEG-Veröffentlichungspflichten des Übertragungsnetzbetreibers *TransnetBW* bezogen werden. Nach diesen wurden Ende 2013 insgesamt 13 Anlagen mit einer elektrischen Gesamtleistung von 3,8 MW im Stadtgebiet Ulm aufgeführt (Tab. 10).

Tab. 10 | Biomasse-Blockheizkraftwerke im kommunalen Energieerzeugungsmix der Stadt Ulm (Stand 2014)

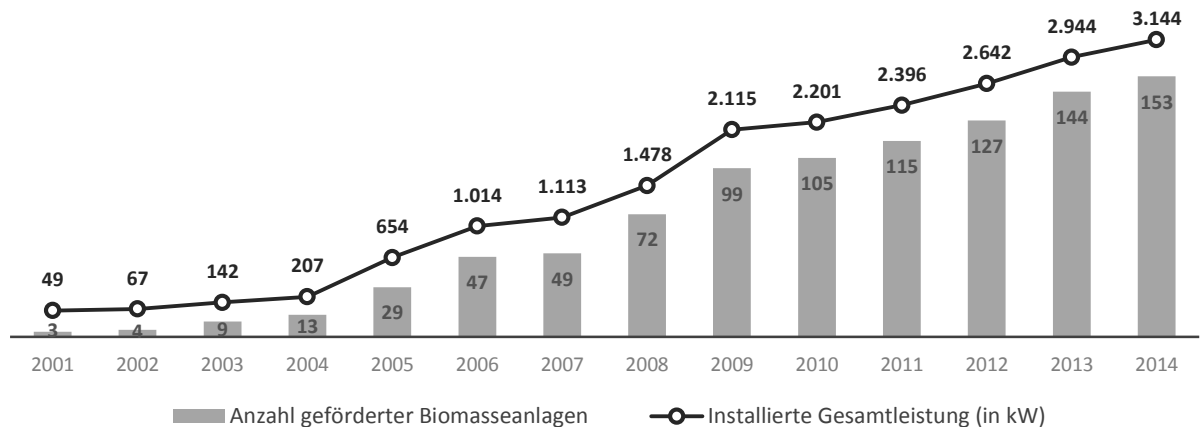
ANLAGE (EEG)	INBETRIEBNAHME	BETREIBER	ELEKTRISCHE NENNLEISTUNG	THERMISCHE NENNLEISTUNG	SWU BETEILIGUNG
BIOMASSE-HKW I	2004	FUG	9,0 MW <i>anteilig 4,5 MW</i>	58,0 MW	50%
BIOMASSE-HKW II	2013	FUG	5,0 MW <i>anteilig 2,5 MW</i>	25,0 MW	50%
HOLZGAS-HKW SENDEN	2013	SWU	4,96 MW	(6,4 MW)	100%
BHKW AULENDORF	2003	SWU	0,05 MW	(0,08 MW)	100%
13 BHKW-MOTOREN	1998 - 2010	Privat	3,75 MW	k.A.	-
DEPONIEGAS EGGINGEN	2011	Pure Power	0,20 MW	-	-
MHKW DONAUTAL	1997	FUG	10,4 MW <i>anteilig 2,1 MW</i>	27,0 MW	-
GESAMT (19 ANLAGEN)	-	-	18,1 MW	über 110 MW	-

Anmerkungen: Bei allen aufgelisteten Anlagen handelt es sich um Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) | Eigene Darstellung (Quelle: FUG, SWU, TAD, TransnetBW)

Dabei ist nicht jeder Motor als eigenständiges Kraftwerk zu verstehen, denn oftmals werden mehrere Motoren zur Strom- und Wärmeerzeugung von einer einzigen Biogasanlage angetrieben. Eine genaue Zuordnung ist bisher nicht möglich, da keine eindeutige Bestandsliste vorliegt. Zu den wichtigsten durch Privatinvestoren errichteten Biogas-Blockheizkraftwerken zählen unter anderen die Anlagen der *Pure Power GmbH & Co. KG* in der Ulmer Siemensstraße und dem Satellitenstandort Daimlerstraße, sowie zwei durch die *Ströbele-Beck GbR* landwirtschaftlich betriebene Anlagen in Ulm-Gögglingen. Beide Anlagenbetreiber speisen überschüssige Wärme in das Fernwärmenetz der *FUG* ein und werden in dessen Energiebilanz berücksichtigt. Die einzige nicht privat betriebene Biogasanlage ist das Klärgas-BHKW der *SWU* in Aulendorf, das zwar nicht auf dem Stadtgebiet Ulm liegt aber dennoch im Emissionsfaktor des kommunalen Stromabsatzes zu berücksichtigen ist. Die *Pure Power GmbH & Co. KG* betreibt zudem einen 200 kW Gasmotor auf der ehemaligen Mülldeponie in Ulm-Eggingen, wo ausströmendes Deponiegas aus zersetzter Biomasse zur Stromerzeugung verwendet werden kann. Die einzige im Fernwärmenetz der *FUG* genutzte industrielle Abwärmeeinspeisung eines Holzverarbeitenden Betriebes¹⁴ in der Blaubeurer Straße musste mit Betriebschließung im Jahr 2013 hingegen eingestellt werden.

¹⁴ Holzobelwerk „MOCO“ (J.A. Molfenter GmbH & Co. KG)

Abb. 23 | Anzahl & Leistung geförderter Biomasse-Heizanlagen in Ulm (Marktanreizprogramm BAFA)



Quelle: www.biomasseatlas.de

Auch im Privatbereich haben Heizanlagen, die mit Biomasse (Holz) befeuert werden einen deutlichen Aufschwung erlebt. Dazu gehört sowohl der Kamin im Wohnzimmer als auch die mit Holzpellets betriebene Zentralheizung im Keller. Da alle Holzheizungen eine Zu- und Ablufteinrichtung benötigen, sind sie abnahmepflichtig und müssen vom Schornsteinfeger kontrolliert werden. Demnach kann der Landesinnungsverband eine fundierte Datenbasis zum kommunalen Holzheizungsbestand bereitstellen. Unter bestimmten Bedingungen fördert das *Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungkontrolle (BAFA)* im Rahmen seines Marktanreizprogramms (MAP) mit Holz-Pellets und Holzhackschnitzeln automatisch beschickte sowie mit Scheitholz handbeschickte Feuerungsanlagen mit einer Nennwärmeleistung zwischen 5 kW und 100 kW. Zwischen Januar 2001 und Dezember 2014 wurden hierbei insgesamt 130 Holz-Pellet-, 21 Scheitholz- und 2 Holzhackschnitzel-Anlagen mit einer kumulierten Gesamtleistung von 3,1 MW im Postleitzahlenbereich Ulm bezuschusst. Bis auf wenige Ausnahmen wurden dabei alle Anlagen in privaten Wohngebäuden installiert.

WASSER- & WINDKRAFT

Die beiden Flüsse Donau und Iller bieten naturgemäß die Möglichkeit Wasserkraft im Einzugsgebiet der Stadt Ulm in die lokale Stromproduktion zu integrieren. So sind in den einhundert Jahren zwischen 1905 und 2005 insgesamt elf Wasserkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 18,9 MW entstanden, die den erzeugten Strom in das Stromnetz der *SWU* einspeisen. Der Betreiber von zehn dieser Anlagen ist die *SWU* selbst, nur eine kleine Anlage mit 5,5 kW in Ulm-Eggingen befindet sich in Privatbesitz, wird aber dennoch dem Ulmer Strommix zugerechnet, da die Anlage im unmittelbaren Verwaltungsbereich der Stadt liegt. Im Jahr 2014 wurde die Wasserkraftanlage in Söflingen ertüchtigt und durch eine zweite Anlage ergänzt. So konnte die Leistung von 6 kW auf über 38 kW ausgebaut werden. Die meisten Anlagen sind nach dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz (EEG) voll förderungsfähig und erhalten Einspeisevergütungen entsprechend der jährlich eingespeisten Strommenge. Einzig das größte Wasserkraftwerk an der Böfinger Halde kann nur 700 kW seiner 8,8 MW Leistung als EEG-förderungsfähig ansetzen. Neben dem Betreiben der eigenen Kraftwerke, ist die *SWU* auch Gesellschafter von zwei weiteren Anlagen an der Brenz in Herbrechtingen und am Main in Mainz-Kostheim. Beide Anlagen werden gemäß den Gesellschafteranteilen zum Strommix der *SWU* hinzugerechnet und erhöhen damit indirekt auch den erneuerbare Anteil der kommunalen Stromversorgung.

Tab. 11 | Wasserkraftanlagen im kommunalen Energieerzeugungsmix der Stadt Ulm (Stand 2014)

ANLAGE (EEG)	ORT	INBETRIEBNAHME	MODERNISIERUNG	NENNLEISTUNG	JAHRESVOLLLASTSTUNDEN	SWU BETEILIGUNG
Böfinger Halde (EEG-Anteil)	Ulm	1953	2010	700 kW	ca. 5.800 h	100 %
Böfinger Halde (nicht EEG)	Ulm	1953	-	8.100 kW	ca. 5.800 h	100 %
Söflingen	Ulm	1992	2014	38,5 kW	ca. 5.000 h	100 %
Donaustetten	Ulm	1926	1974	4.500 kW	ca. 5.500 h	100 %
Eggingen (Privatanlage)	Ulm	2005	-	5,5 kW	ca. 1.200 h	0 %
Wiblingen	Ulm	1907	1969	1.250 kW	ca. 7.200 h	100 %
Glaeser	Ulm	1936	2005	16 kW	ca. 3.100 h	100 % (gepachtet)
Ersingen	Erbach	2003	-	56 kW	ca. 8.000 h	100 %
Ludwigsfeld	Neu-Ulm	1906	1969	580 kW	ca. 6.900 h	100 %
Neu-Ulm	Neu-Ulm	1926	-	590 kW	ca. 6.600 h	100 %
Öpfingen	Oberdischingen	1923	1982	3.000 kW	ca. 4.500 h	100 %
Kostheim	Mainz-Kostheim	2009	-	4.960 kW anteilig 3.472 kW	ca. 5.300 h	70 %
TWH Wasserkraftanlage	Herbrechtingen	1990	2011	146 kW anteilig 73 kW	ca. 4.100 h	50 %
GESAMT	-	-	-	22.4 MW	-	-

Quelle: SWU, TransnetBW

Die *SWU* ist neben 32 anderen Stadtwerken und der Betreiberfirma *Trianel* zudem Gesellschafter des Offshore-Windparks Borkum in der Nordsee und ist mit 5 % an einer Leistungsscheibe von 10 MW beteiligt. Der Windpark liegt etwa 45 km nördlich der namensgebenden Insel und umfasst in der vollständigen Ausbauphase 80 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 400 MW. Die Anlagen der Firma *Areva* besitzen eine Gesamthöhe von 178 Metern und werden in etwa 30 Meter Wassertiefe verankert. Nach Baubeginn 2011 haben die ersten 40 Anlagen der 1. Ausbauphase den Regelbetrieb allerdings erst Anfang 2015 verspätet aufgenommen, sind nun mit 3.500 bis 4.000 Vollbenutzungsstunden aber in der Lage, eine jährliche Gutschrift zum kommunalen Energiemix in Höhe von 35 bis 40 GWh zu erzeugen.

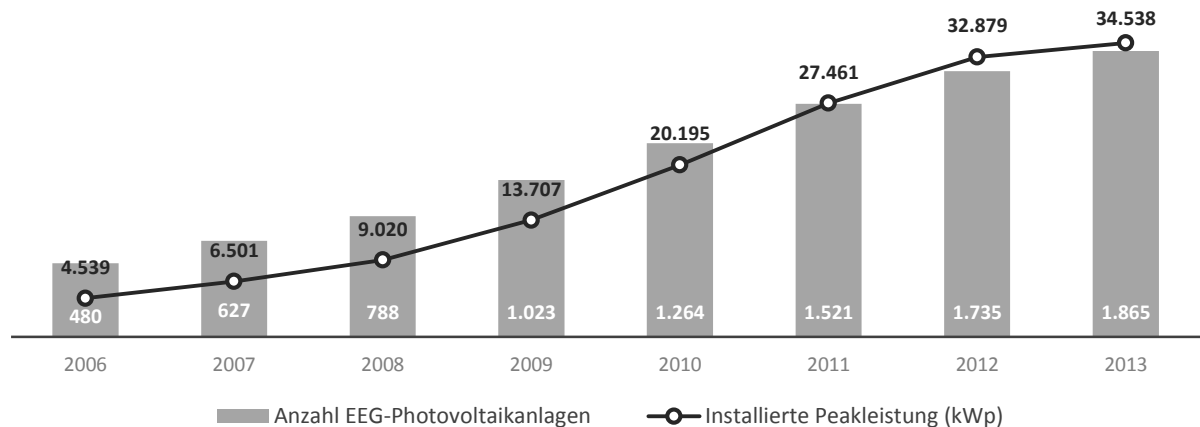
SONNENENERGIE & GEOTHERMIE

Ende 2013 speisten insgesamt 4.486 nach dem Erneuerbaren Energien-Gesetz (EEG) vergütete Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung von 93.3 MWp in das Stromnetz der *SWU* ein.¹⁵ Von diesen waren 1.865 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 34.5 MWp dem Stadtgebiet Ulm zuzuordnen (Abb. 24), wobei 8 Anlagen mit einer Leistung von 0,3 MWp von der *SWU* betrieben werden.¹⁶ Neben diesen betreibt die *SWU* schließlich noch zwei weitere Großanlagen in Neu-Ulm (auf den Gebäuden von *EvoBus* und der *Ratiopharm-Arena*) mit einer Gesamtleistung von 2.8 MWp (Tab. 2). Alle Anlagen der *SWU* befinden sich im unmittelbaren Einflussbereich der Stadt Ulm und können anteilig auf den kommunalen Strommix angerechnet werden.

¹⁵ Davon 3.170 Anlagen im Übertragungsnetz von *TransnetBW* und 1.316 im Netz von *Amprion*.

¹⁶ Daten zu den EEG-geförderten Solarstromanlagen unterliegen seit 2006 der Veröffentlichungspflicht und werden von den Übertragungsnetzbetreibern (ÜNB) zur Verfügung gestellt. Ein Vergleich zwischen den Daten zu einspeisenden Photovoltaikanlagen der *SWU* und der Auskunft des ÜNB *TransnetBW* offenbart Unterschiede, die wahrscheinlich auf die Art der Datenerfassung zurückzuführen sind.

Abb. 24 | Anzahl & Leistung installierter Photovoltaikanlagen (EEG) im Stadtgebiet Ulm seit 2006



Quelle: SWU, TransnetBW

Tab. 12 | Photovoltaikanlagen im kommunalen Energieerzeugungsmix der Stadt Ulm (Stand 2013)

PHOTOVOLTAIKANLAGE	INBETRIEBNAHME	BETREIBER	NENNLEISTUNG
EVO BUS	2008	SWU	2.300 kWp
RATIOPHARM-ARENA	2011	SWU	477 kWp
SÖFLINGERSTRASSE 120/124	2005/2009	SWU	115 kWp
SWU ENERGIE GMBH	2005	SWU	80 kWp
SWU VERKEHR, BAUHOFFERSTRASSE, DACH	2001	SWU	40 kWp
SWU VERKEHR, BAUHOFFERSTRASSE, FASSADE	2001	SWU	16 kWp
DONAUSTADION	1999	SWU	12 kWp
SWU HAUPTGEBÄUDE	2001	SWU	6 kWp
SWU WERKSTATTGEBÄUDE	2001	SWU	4 kWp
GÄNSWIESENWEG	2001	SWU	1 kWp
1.857 EEG-ANLAGEN IM STADTGEBIET ULM	1992 -2013	Privat	34.264 kWp
GESAMT (1.867 ANLAGEN)	-	-	37.315 KWP

Quelle: SWU, TransnetBW



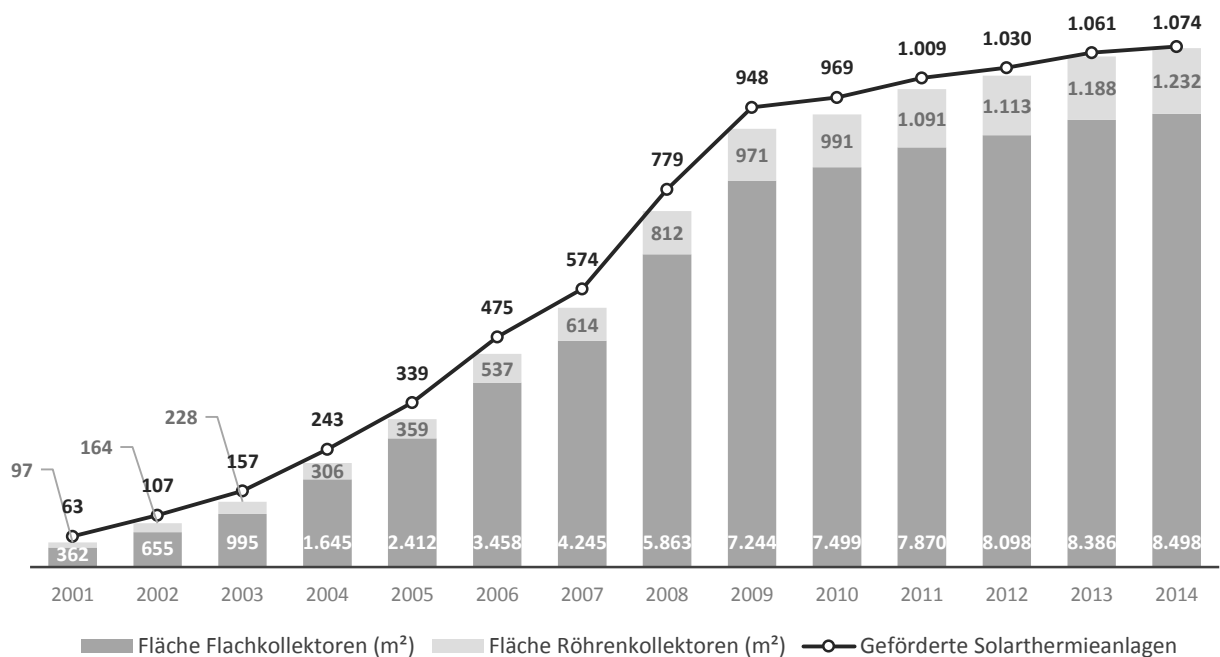
EXKURS • ENBW SOLARPARK ULM-EGGINGEN

Nach nur dreimonatiger Bauzeit wurde im Juli 2010 der bisher größte Solarpark der EnBW Energie Baden-Württemberg AG in Betrieb genommen. Auf etwa 9 ha Freifläche der ehemaligen Hausmülldeponie Ulm-Eggingen wurden dabei 28.336 Photovoltaikmodule mit einer Peakleistung von 6.517 kWp installiert. Mit einer Stromerzeugung von etwa 6,9 GWh jährlich lasen sich damit rechnerisch bis zu 2.000 Haushalte versorgen. Obwohl die Anlage bereits am 21.06.2010 bei der Bundesnetzagentur registriert wurde, ist der Solarpark bisher weder in den EEG-Anlagendaten des ÜNB TransnetBW verzeichnet noch erfasst die SWU die Anlage oder die eingespeisten Strommengen.

Die erzeugte Strommenge wird nach dem EEG vergütet und könnte prinzipiell nach dem Territorialprinzip auch zum kommunalen Strommix der Stadt Ulm beitragen. Nicht zuletzt leistete die Stadt einen bedeutenden Beitrag zur Entstehung des Solarparks, indem sie die dafür benötigte Freifläche angeboten hatte. Jedoch Der Solarpark bildet jedoch aufgrund der hohen Nennleistung einen integralen Bestandteil einer nachhaltigen überregionalen Energieerzeugung. Zusammen mit dem fehlenden Einfluss der Kommune auf den Betreiber EnBW sprechen somit zwei wichtige Gründe dagegen, die Anlage in der kommunalen Stromerzeugung zu berücksichtigen.

Die solare Strahlungsleistung kann nicht nur zur Stromerzeugung sondern auch zur Wärmegewinnung nutzbar gemacht werden. Dies geschieht in sogenannten Kollektoren, die wie Photovoltaikanlagen auf Dachflächen installiert werden und die Sonneneinstrahlung auf einen Wärmeträger übertragen. Von Bedeutung sind hierbei vor allem Flach- und Röhrenkollektoren. Während Röhrenkollektoren zwar einen höheren Wirkungsgrad aufweisen, sind Flachkollektoren deutlich günstiger und werden deshalb häufiger installiert. Nach Regionalstatistik des *BAFA* wurden im Postleitzahlengebiet Ulm zwischen Januar 2001 und Dezember 2014 insgesamt 920 solarthermische Anlagen mit Flach- und 154 Anlagen mit Röhrenkollektoren mit einer kumulierten Brutto-Kollektorfläche von mehr als 9.730 m² gefördert (Abb. 25).¹⁷ Bis auf wenige Ausnahmen sind auch hier annähernd alle Anlagen auf privaten Wohngebäuden installiert.

Abb. 25 | Anzahl & Fläche geförderter Solarthermie-Anlagen in Ulm (Marktanreizprogramm BAFA)



Quelle: www.solarthermieatlas.de

Alle solarthermischen Anlagen werden in Kombination einer konventionellen Gas-/Ölbrennwerttechnik, Pellet-Heizung oder Wärmepumpenanlage verbaut, die meist die Hauptlast der Wärmebereitstellung tragen. Sowohl das BAFA als auch die KfW fördern die Installation, auch wenn das BAFA seit 2010 nur direkte Förderungsgelder für Anlagen bewilligt, die sowohl der Warmwasserbereitung als auch der Heizungsunterstützung dienen. Zuvor waren reine Warmwasseranlagen äußerst populär und besaßen in Ulm Ende 2009 einen Anteil von 68 % aller geförderten Anlagen, der bis Ende 2014 allerdings bereits auf 60 % gesunken ist. Nach wie vor können auch reine Warmwasseranlagen über Bonussysteme Fördergelder erhalten.

¹⁷ Solarthermische Anlagen, die vor 2001 installiert wurden, können nicht dargestellt werden und werden aufgrund der fehlenden Datenbasis vernachlässigt. Aufgrund der fehlenden Belastbarkeit der Datenbasis gilt gleiches auch für die laut Solarbundesliga ausgewiesene Gesamtkollektorfläche 16.571 m² im Jahr 2013, die allerdings deutlich höher als die geförderte Fläche ausfällt.



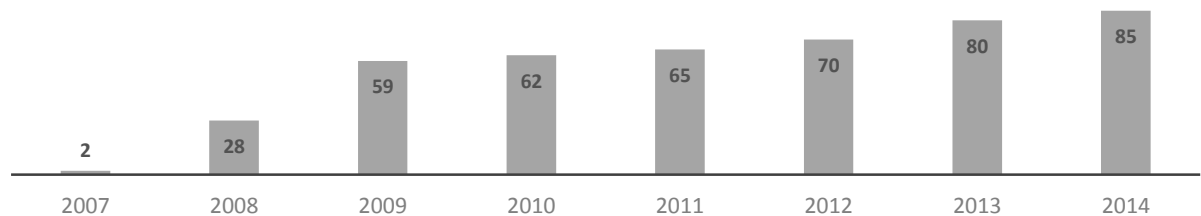
EXKURS • KENNGRÖSSEN SOLARTHERMISCHER ANLAGEN

Wirtschaftlich wird eine Warmwasseranlage so dimensioniert, dass sie einen solaren Deckungsgrad, also der Heizwärmebedarf der jährlich durch den Kollektorsertrag bereitgestellt werden kann, zwischen 40 % und 70 % aufweist. Dabei ist eine südliche Ausrichtung mit einer Dachneigung zwischen 30° und 50° optimal. Kombinationsanlagen, die sowohl der Warmwasserbereitstellung als auch der Heizungsunterstützung dienen, weisen einen deutlich niedrigeren Deckungsgrad zwischen 15 % und 30 % auf und werden am wirtschaftlichsten auf einem südlichen Dach mit einer Neigung zwischen 45° und 70° betrieben.

Die eingesetzte Technik bestimmt den Wirkungsgrad und damit die **Kollektorfläche**. Der Wirkungsgrad ist abhängig von der Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Außenluft und liegt bei **Flachkollektoren** zwischen 40 % und 80 % und bei **Röhrenkollektoren** zwischen 60 % und 75 %. Der Maximalwirkungsgrad wird durch optische Verluste beschränkt. Die Kollektorfläche bezieht sich meist auf die Bruttofläche der Anlage. Während diese entscheidend für den Förderungsantrag des BAFA ist, bezieht sich das *EEWärmeG* auf die sogenannte **Aperturfläche**, die die aktive Lichteinfallfläche beschreibt.

Nach Förderungsstatistik des *BAFA* wurden zwischen Januar 2007 und August 2014 insgesamt 82 Wärmepumpen auf Ulmer Postleitzahlengebiet installiert. Hiervon wurden 70 in Wohnhäusern, 11 in Gebäuden des Sektors GHD und eine in einer öffentlichen Einrichtung in Betrieb genommen. Im Durchschnitt weist die Jahresarbeitszahl der installierten Anlagen mit 4,1 einen sehr guten Wert auf. Wird der bundes-deutsche Strommix nach EnEV 2014 mit einem Primärenergiefaktor von 2,4 bewertet und auf die Ökobilanz des Ulmer Wärmepumpenbestandes angewendet, impliziert dies einen regenerativen Anteil von 41 %.

Abb. 26 | Anzahl geförderter Wärmepumpen-Heizanlagen in Ulm (Marktanreizprogramm BAFA)



Quelle: www.biomasseatlas.de



EXKURS • KENNGRÖSSEN SOLARTHERMISCHER ANLAGEN

Wärmepumpen arbeiten nach dem gleichen Funktionsprinzip wie Kühlschränke: Einem Wärmereservoir mit niedriger Temperatur wird Wärme entzogen und an ein Wärmereservoir mit höherer Temperatur wieder abgegeben. Hierzu wird ein Kältemittel mit relativ niedrigem Siedepunkt (meist Fluorkohlenwasserstoffe – FKWs) bei niedrigem Druck in einem **Verdampfer** durch die im Erdreich, in der Luft oder im Grundwasser vorhandene Restwärme (die „Umweltwärme“) erhitzt und anschließend in das zu beheizende Gebäude geleitet. Dort verdichtet ein **Kompressor** das Kältemittel bis es sich wieder verflüssigt und die transportierte Wärme in einem **Kondensator** an die Zentralheizung abgeben kann. Bevor das Kältemittel das Gebäude wieder verlässt um einen neuen Kreislauf zu beginnen, passiert es ein **Drosselventil**, das den Druck wieder so weit herabsetzt, dass es wieder fähig weitere Umweltwärme aufzunehmen.

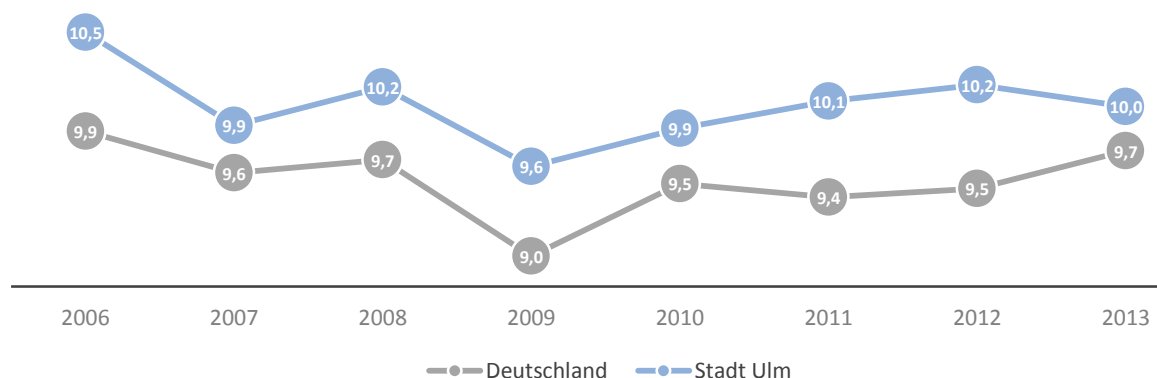
Je nach verwendeter Umweltwärme unterscheidet man **Luft-**, **Wasser-** und **Erdwärmepumpen**. Der Kompressor sowie notwendige Pumpen werden elektrisch betrieben. Die Effizienz einer Wärmepumpe wird durch die **Jahresarbeitszahl (JAZ)** beschrieben. Eine Jahresarbeitszahl von 4 bedeutet, dass viermal so viel Wärme gewonnen wird, wie Strom für den Antrieb der Anlage verbraucht wurde. Aufgrund des deutschen Strommixes, sind Wärmepumpen daher keine rein regenerativen Erzeugungsanlagen. Um den erneuerbaren Anteil zu bestimmen muss der Primärenergiefaktor für Strom von der JAZ abgezogen werden. Nach EnEV 2014 muss dieser seit Mai 2014 mit 2,4 angesetzt werden und sinkt ab Januar 2016 auf 1,8. Eine Umweltwärmeheizung mit einer JAZ von unter 2,4 ist aktuell daher unter Umständen energetisch schlechter als eine konventionelle Gas- oder Ölbrennwertheizung zu bewerten.

4. ENERGIE- & TREIBHAUSGASBILANZ



Die kommunale Treibhausgasbilanz basiert vollständig auf der Erfassung energiebedingter Emissionen, unter Vernachlässigung des Luft-, Schienen- und Schiffsverkehrs sowie sonstiger energiebedingter Verursacher aus Landwirtschaft, Militär und diffuse Emissionsquellen. Deutschlandweit entspricht dies einem Anteil von annähernd 97 % aller energiebedingten Emissionen und einem Anteil von über 82 % der Gesamtemissionen, zu denen auch die nicht-energiebedingten Emissionen aus Industrieprozessen, Landwirtschaft, Landnutzung und der Abfallwirtschaft zählen. Innerhalb dieser Abgrenzung wurden im Jahr 2013 deutschlandweit insgesamt 785,5 Mio. Tonnen Treibhausgase emittiert, was einem Pro-Kopf-Ausstoß von 9,7 Tonnen entspricht.

Abb. 27 | Vergleich energiebedingter Pro-Kopf-Emissionen in Deutschland und Ulm (seit 2006)



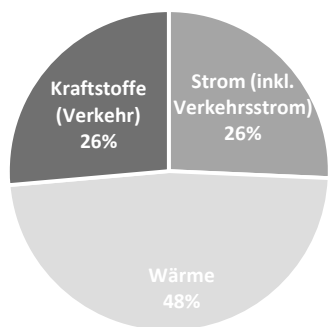
Eigene Darstellung (Destatis, UBA)

In der Stadt Ulm wurden im aktuellen Bilanzjahr 2013 annähernd 1,2 Mio. Tonnen Treibhausgase emittiert. Nach amtlicher Einwohnerstatistik entspricht dies einem Pro-Kopf-Ausstoß von 10,0 Tonnen und liegt damit nur leicht über dem bundesweiten Durchschnitt. Die Treibhausgasemissionen sind auf einen Endenergieverbrauch in Höhe von 3.509 GWh zurückzuführen, der zu 48 % durch die kommunale Wärmebedarfsdeckung und zu jeweils 26 % durch den Verbrauch von Strom und verkehrsrelevanten Kraftstoffen verursacht wird. Umgekehrt verhält es sich mit den Emissionen, da aufgrund der relativ geringen Effizienz in Stromerzeugungsanlagen, dem Stromverbrauch ein hoher Emissionsfaktor angelastet werden muss. Danach wurden im

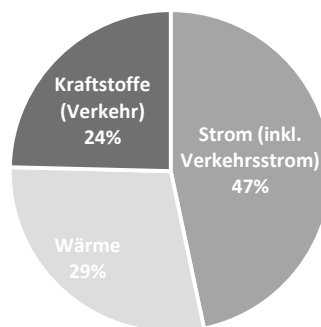
aktuellen Bilanzjahr 47 % der gesamten Treibhausgasemissionen im Stromsektor verursacht. Der Wärmebedarf war hierbei hingegen trotz des hohen Energieaufkommens „nur“ für 29 % der Emissionen verantwortlich während verkehrsrelevante Kraftstoffe mit 24 % einen ähnlichen Anteil aufweisen. Basierend auf der Verursacherbilanz, dass Haushalte aufgrund ihres hohen Wärmebedarfs mit 31 % den größten Anteil am Endenergieverbrauch aufweisen aber durch einen geringen Stromverbrauch im Vergleich zu den Sektoren GHD und Industrie nur für 25 % der Treibhausgasemissionen verantwortlich waren. Der größte Verursacher der kommunalen Treibhausgasemissionen ist der Sektor GHD mit 31 %. Zusammen mit der Industrie war der GHD Sektor 2013 für die Hälfte aller energiebedingter Emissionen verantwortlich.

Abb. 28 | Endenergie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Ulm im Bilanzjahr 2013

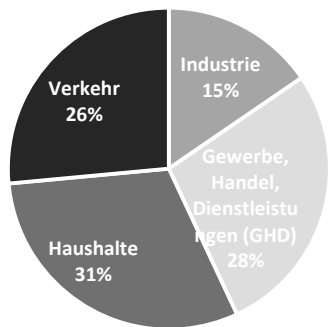
Endenergieverbrauch (Energienutzungsart)



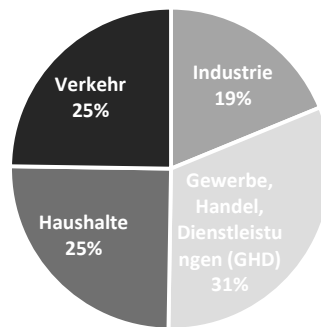
THG-Emissionen (Energienutzungsart)



Endenergieverbrauch (Verursacherbilanz)



THG-Emissionen (Verursacherbilanz)



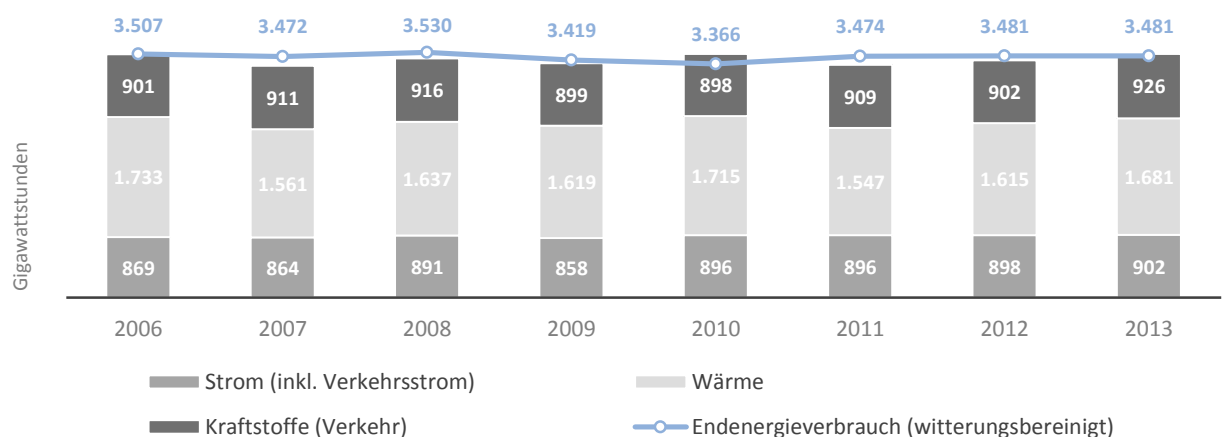
Endenergieverbrauch 2013: 3.509 GWh | Treibhausgasemissionen 2013: 1,196 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente

Eigene Darstellung

4.1. ENDEENERGIEVERBRAUCH

Der kommunale Endenergieverbrauch der Stadt Ulm lag im Jahr 2013 bei 3.509 GWh (nicht witterungsbereinigt) und damit etwa 1,9 % über dem mittleren Verbrauch der Jahre 2006 bis 2010. Vom Gesamtverbrauch sind etwa 48 % der Deckung des Wärmebedarfs sowie jeweils 26 % dem Strom- und Verkehrssektor zuzuordnen (Abb. 29). Sowohl der Verkehrs- als auch der Stromsektor zeichnen sich durch einen leichten Anstieg gegenüber dem mittleren Verbrauch der Jahre 2006 bis 2010 aus. Während sich der stagnierende Stromverbrauch wesentlich durch ein statisches Konsumentenverhalten erklären lässt, werden Effizienzsteigerungen im Verkehrssektor durch einen steigenden Kraftfahrzeugbestand überkompensiert. Im Wärmesektor erkennt man deutlich die zwei relativ warmen Jahre 2007 und 2011, die sich in einem deutlich geringeren Verbrauch widerspiegeln. Witterungsbereinigt lag der Wärmebedarf im Jahr 2008 etwa 1,5 % unter dem mittleren Bedarf der Jahre 2006 bis 2010. Insgesamt stagniert der Endenergieverbrauch witterungsbereinigt damit auf einem etwa gleichbleibenden Niveau von annähernd 3,5 TWh pro Jahr.

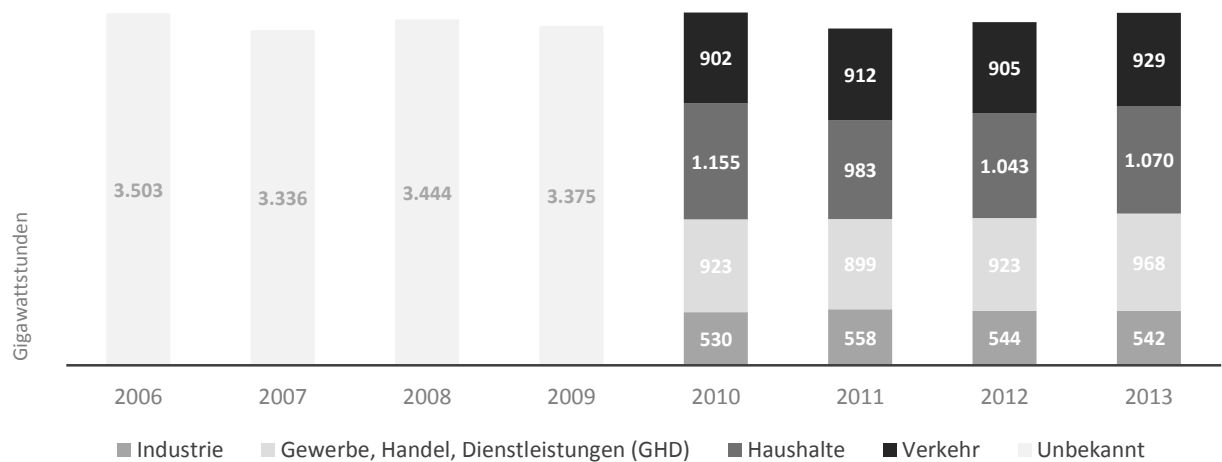
Abb. 29 | Endenergieverbrauch der Stadt Ulm nach Energienutzungsart (seit 2006)



Eigene Darstellung

Die Zuordnung des Endenergieverbrauchs auf die vier Verursachergruppen Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), Industrie und Verkehr ist nur näherungsweise möglich und mit vielen Unsicherheiten behaftet. Zu groß sind die Schnittmengen und Abgrenzungsschwierigkeiten, gerade auch zwischen den Sektoren GHD und Haushalten. Verschärft wird diese Problematik durch die Art der Datenerfassung leitungsgebundener Energieträger durch *SWU* und *FUG*. Eine Klassifizierung der Kundengruppen nach amtlichen Wirtschaftszweigen (WZ 2008) würde sowohl die Vergleichbarkeit als auch die Abbildung offizieller Statistiken und regionaler Datenerhebungen ermöglichen. Die *SWU* erfasst leitungsgebundene Energieträger jedoch nach einer eigenen Klassifizierung, die sich nur teilweise eindeutig den Sektoren zuordnen lässt. Die vorliegenden Primärdaten der *FUG* beschränken sich auf Liefergebiete. Eine Einschränkung auf den Sektor Industrie ist nur näherungsweise über das Liefergebiet Donautal möglich. Die Universität wird als Großverbraucher extra ausgewiesen. Letztendlich lässt sich aber kein Sektor eindeutig abgrenzen, vor allem im heterogenen Versorgungsgebiet der Innenstadt. Abhilfe schafft hier vorübergehend die amtliche Regionalstatistik der Energieverwendung des verarbeitenden Gewerbes, die neben Heizöl und Erdgas auch den Fernwärmeverbrauch von Industriebetrieben mit mehr als 20 Beschäftigten erhebt.

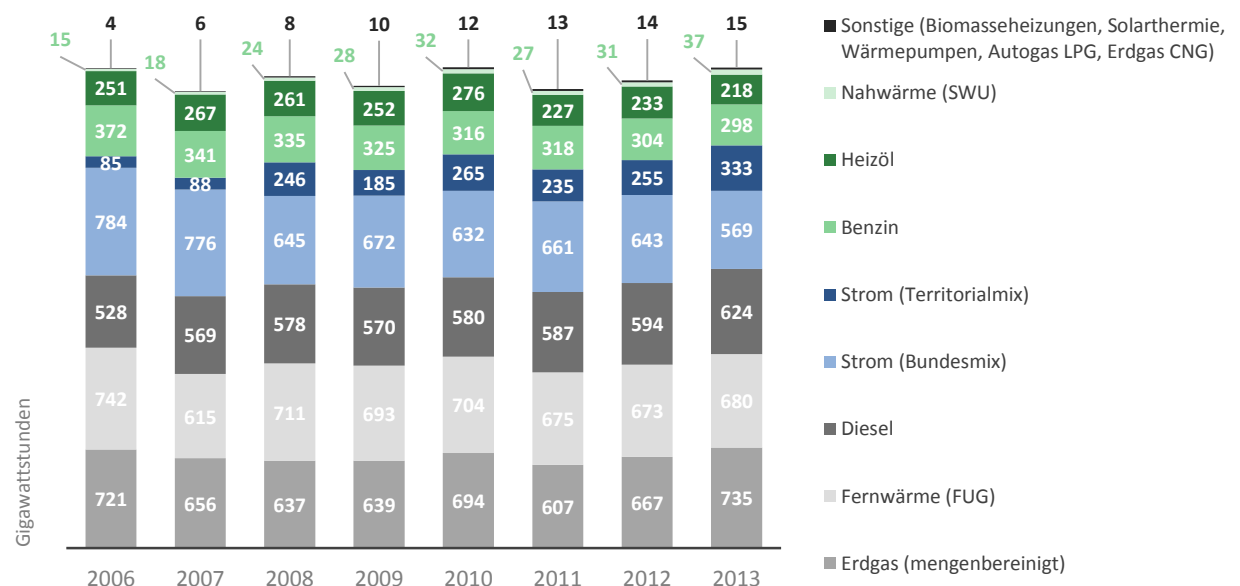
Abb. 30 | Endenergieverbrauch der Stadt Ulm nach Verursacher (seit 2006)



Anmerkungen: Die leitungsgebundenen Energieträger Strom, Erdgas und Nahwärme werden gemäß der Klassifizierung von Endabnehmern durch die SWU auf die jeweiligen Verursachergruppen abgebildet. Die Zuordnung der Fernwärme ist vorläufig. Es existieren nicht auflösbare Schnittmengen zwischen den Verursachern GHD und Haushalte. (Eigene Darstellung)

Abb. 30 stellt die ungefähre Aufteilung des Endenergieverbrauchs der Stadt Ulm auf die verursachenden Sektoren auf Basis der vorhandenen Daten seit 2010 dar. Der größte Verursacher der Gesamtbilanz sind Haushalte, gefolgt von GHD, Verkehr und Industrie. Innerhalb des reinen Stromverbrauchs weist erwartungsgemäß der GHD-Sektor mit bis zu 50 % den mit Abstand höchsten Bedarf auf, umfasst dabei aber sowohl alle im Standardlastprofil abgerechneten Kleinbetriebe als auch öffentlichen Einrichtungen. Industriebetriebe sind für weitere 30 % des Stromverbrauchs verantwortlich, Haushalte nur für 20 %. Der Wärmebedarf wird hingegen zu über 50 % durch Haushalte generiert, während der GHD-Sektor für etwa 30 % und die Industrie nur für 15 % verantwortlich sind.

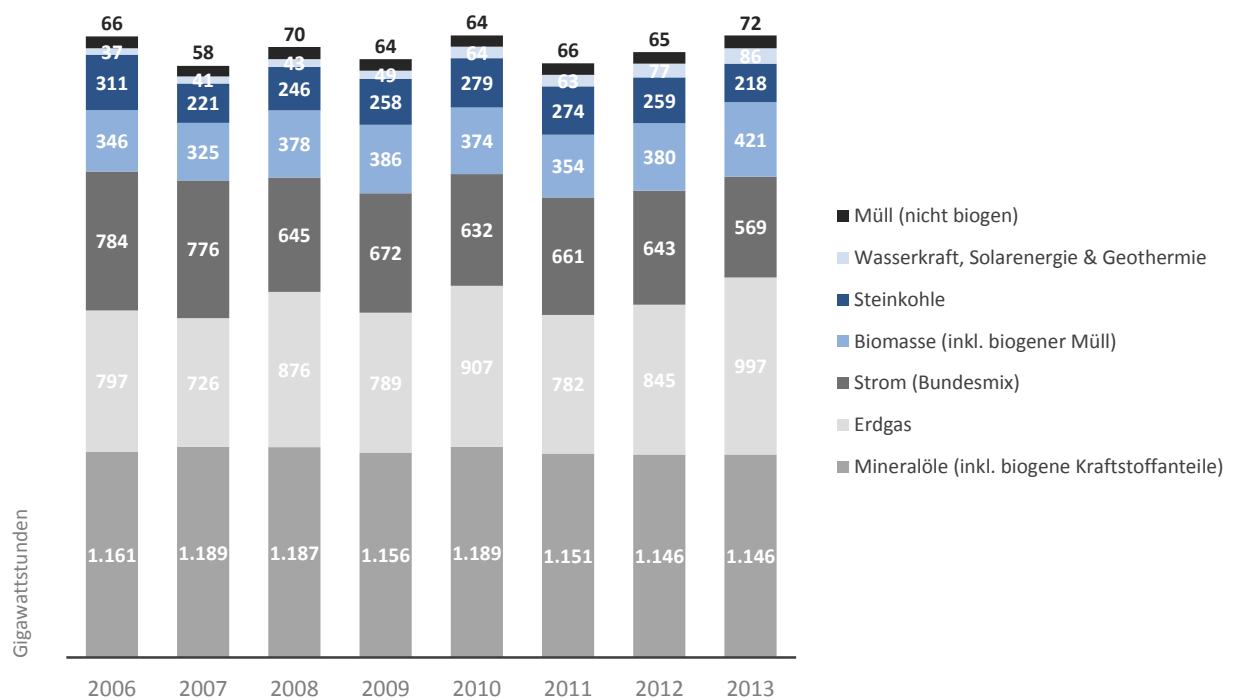
Abb. 31 | Endenergieverbrauch der Stadt Ulm nach Energiebereitstellung (seit 2006)



Eigene Darstellung

Zwei Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs der Stadt Ulm im aktuellen Bilanzjahr 2013 wurde durch Strom (26 %), Erdgas (21 %) und Fernwärme (19 %) bereitgestellt und bestimmen die kommunale Energiebilanz zusammen mit den Kraftstoffen Diesel und Benzin (26 %) fast vollständig (Abb. 31). Während der Benzinverbrauch eine rückläufige Tendenz aufweist, ist der Dieserverbrauch stark angestiegen. Erfreulich ist ein steigender Anteil der kommunalen Stromeigenerzeugung (Territorialmix) am gesamten Stromverbrauch, der zwischen 2006 und 2013 von unter 10 % auf annähernd 37 % ausgebaut werden konnte.

Abb. 32 | Endenergieverbrauch der Stadt Ulm nach Primärenergieträger (seit 2006)



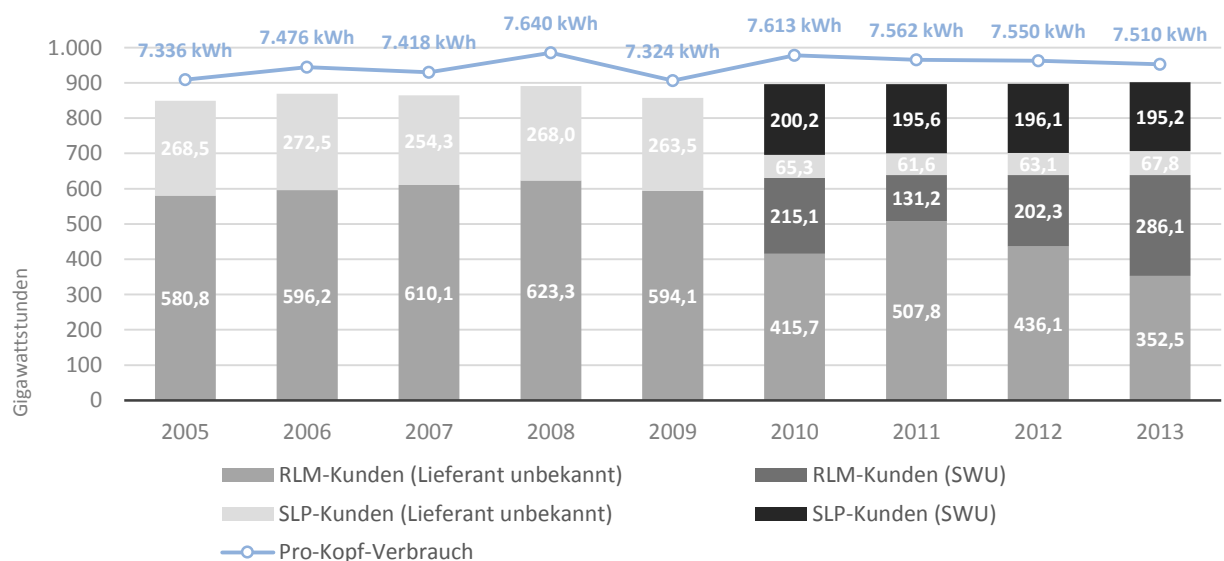
Anmerkungen: Die in Deutschland verpflichtenden biogenen Anteile in Benzin (E5) und Diesel (B7) werden nicht separat aufgeführt. Der Bezug von Strom aus dem bundesweiten Netz (Bundesmix) kann auf kommunaler Ebene als nicht beeinflussbarer Primärenergieträger aufgefasst werden (Eigene Darstellung)

Unter Berücksichtigung des Primärenergieeinsatzes zur kommunalen Energieerzeugung und dem Import sonstiger benötigter Primärenergieträger (hierbei wird nicht eigenständig erzeugter Strom als Primärenergieform aufgefasst), ist es möglich, den Primärenergiemix der Stadt Ulm zusammenzufassen (Abb. 32). Diese Darstellung ermöglicht es auf einen Blick die Ursachen der energiebedingten kommunalen Treibhausgasemissionen auszumachen. So wurden im Jahr 2013 ein Drittel des Endenergiebedarfs durch emissionsintensive Mineralölprodukte verursacht. Ebenso emissionsrelevant ist ein weiteres Viertel, das sich aus Strom (Bundesmix), Steinkohle und nicht biogene Müllanteile zusammensetzt. Der Einsatz von Erdgas spielt mit einem Anteil von über einem Viertel die bedeutendste Rolle als einzelner Energieträger in der Energiebilanz der Stadt Ulm. Insgesamt ist dennoch ein steigender Anteil erneuerbarer Primärenergien auszumachen. So konnte der Anteil von Biomasse, Wasserkraft, Solarenergie und Geothermie von 11 % im Jahr 2006 auf 14 % im Jahr 2013 ausgebaut werden, jeweils ohne Berücksichtigung der regenerativen Anteile aus dem bundesweiten Strommix und der Kraftstoffzusammensetzung.

STROM

Als leitungsgebundener Energieträger lässt sich der Stromverbrauch unmittelbar durch die Stadtwerke, die in Ulm sowohl als Lieferant als auch als Netzbetreiber auftreten, in Primärdatenqualität beziehen. Danach wurden im Netzgebiet der *Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm GmbH* im Jahr 2013 insgesamt 1.484 GWh Strom verteilt. Die Stadt Ulm stellte mit 901,6 GWh den größten Verbraucher dar und war damit für annähernd 61 % der gesamten Stromverteilung verantwortlich. Dabei wurden 481,3 GWh durch die SWU und 420,3 GWh durch netzfremde Drittlieferanten verkauft, womit die *SWU* einen hohen Marktanteil von etwa 53 % erreichte, der in den vergangenen drei Jahren noch deutlich unter 50 % lag. Die Mehrheit der Stromabnehmer sind Großverbraucher und rechnen ihren Verbrauch über eine individuelle registrierende Leistungsmessung (RLM) ab.¹⁸ Nur etwas mehr als 29 % der Endkunden sind Kleinverbraucher und erhalten Stromrechnungen die nach pauschalen Standardlastprofilen (SLP) abgerechnet und durch jährliches Ablesen der Stromzähler korrigiert werden müssen (Abb. 33). Insgesamt weist der Stromverbrauch in Ulm eine leicht steigende Tendenz auf. Während er im Jahr 2005 noch bei 849,3 GWh lag, liegt er seit 2010 relativ konstant bei etwa 900 GWh im Jahr. Auch der Pro-Kopf-Verbrauch scheint sich, mit Ausnahme eines deutlichen Einbruchs im Zuge der Finanzkrise, seit 2010 auf ein Niveau von etwa 7.500 kWh einzupendeln. Damit lag der Pro-Kopf-Verbrauch in Ulm 2013 aber nur leicht über dem bundesweiten Durchschnitt von 7.390 kWh.

Abb. 33 | Stromverbrauch der Stadt Ulm nach Abrechnungsart (seit 2005)



Quelle: SWU

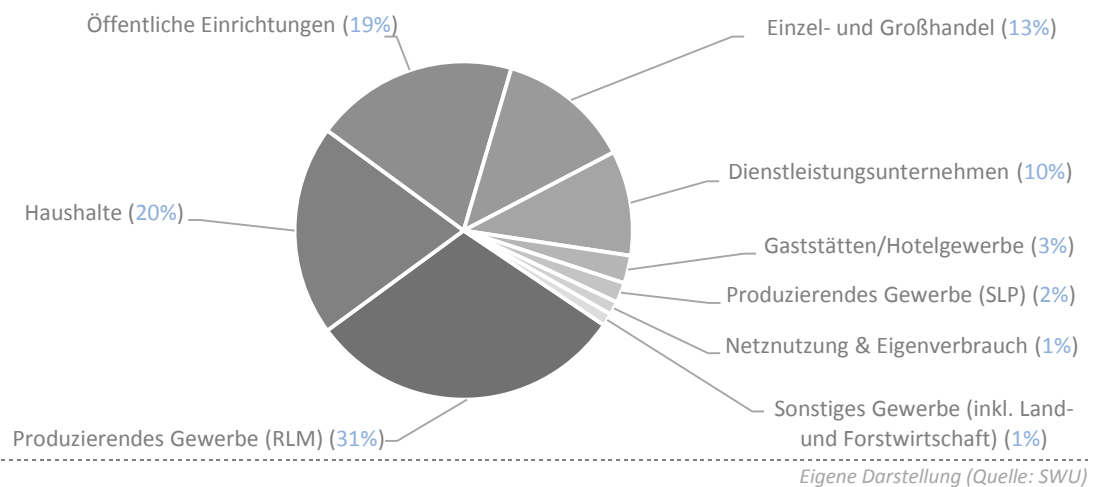
Der Stromverbrauch wurde 2013 zu etwa einem Drittel durch industrielle Großabnehmer bestimmt, ein weiteres Drittel lässt sich auf Privathaushalte¹⁹ und öffentliche Einrichtungen zurückführen. Ein Viertel der

¹⁸ Die SWU definiert Großabnehmer als Endverbraucher die einen Stromverbrauch von mehr als 100 MWh pro Jahr aufweisen und damit nach individueller Leistungsmessung abgerechnet werden.

¹⁹ Der Stromverbrauch von Privathaushalten umfasst auch den Betrieb von Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen, die streng genommen dem Wärmesektor zuzurechnen sind, sich jedoch anhand der vorliegenden Daten nicht darstellen lassen. Laut Anwendungsbilanz der AG Energiebilanzen wurden im bundesweiten Durchschnitt 2012 etwa 6,4 % des Stromverbrauchs der Haushalte für Raumwärme verwendet.

Stromlieferungen gingen an Handels- und Dienstleistungsunternehmen. Industrielle Kleinbetriebe, das Gaststätten- und Hotelgewerbe, KFZ-Betriebe sowie Land- und Forstwirtschaft verursachen zusammen nur etwa 6 % des Strombedarfs. Zusammen ist der Sektor Gewerbe Handel und Dienstleistungen (GHD) damit für 48 % des Strombedarfs verantwortlich und der größte Verursacher des kommunalen Stromverbrauchs, noch vor der Industrie und den Privathaushalten. Der Betrieb des Stromnetzes und der Eigenbedarf der Stadtwerke fallen mit einem Prozent kaum ins Gewicht. Dazu zählt auch der Stromverbrauch der Straßenbahnen und der im Stadtgebiet installierten Ladestationen für Elektrofahrzeuge (Abb. 34).²⁰

Abb. 34 | Verursacher des Stromverbrauchs der Stadt Ulm (Stand 2013)

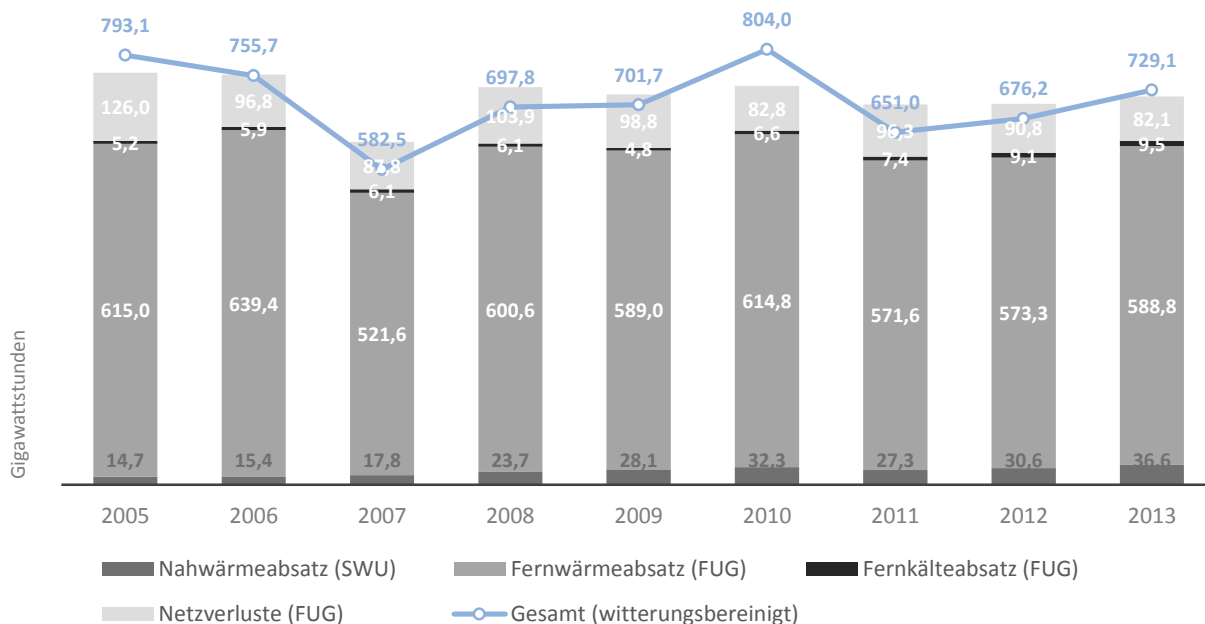


NAH- UND FERNWÄRME

Der FUG verteilte im Jahr 2013 zusammen 670,9 GWh Fernwärme und stellte 9,5 GWh Absorptions- und Kompressionskälte für den Science Park II bereit. Etwa 12 Prozent der Fernwärme und Fernkälteverteilung ging in Form von Netzverlusten verloren, insgesamt 588,8 GWh Fernwärme wurde an Endkunden verkauft (Abb. 35). Der Großteil der Lieferung (36 %) erfolgt innerhalb einer 3-bar-Ferndampfleitung in der Innenstadt und Oststadt, aber auch das Donautal und Wiblingen gehören mit jeweils 13 % bzw. 12 % zu den Großabnehmern von Fernwärme. Der größte Einzelkunde war 2013 die Universität, die mit einer Fernwärmemenge von 100,0 GWh für 17 % des gesamten Absatzes verantwortlich war, aber auch IVECO im Donautal gehört mit 4 % zu den Großkunden der FUG. Im Bereich der Nahwärme verteilte die SWU 2013 mit 36,6 GWh die höchste Menge seit 2005. Im mittelfristigen Trend stagniert der Fernwärmeabsatz während der Nahwärmeverbrauch leichte Zugewinne aufweisen kann. Die Gesamtverbrauch liegt seit 2005 bei etwa 700 GWh und scheint weder eine steigende noch fallende Tendenz aufzuweisen. Auch eine Witterungsreinigung offenbart keine Trendentwicklung, auch wenn 2010 mit dem höchsten witterungskorrigierten Verbrauch seit 2005 ein Rekordjahr darstellt.

²⁰ Der Stromverbrauch der Straßenbahn lag 2013 bei 2,9 GWh und kann dem Verkehrssektor zugeordnet werden. Die an allen Ladestationen der SWU im selben Jahr „getankten“ 25 MWh Strom werden in der Energiebilanz nicht gesondert ausgewiesen.

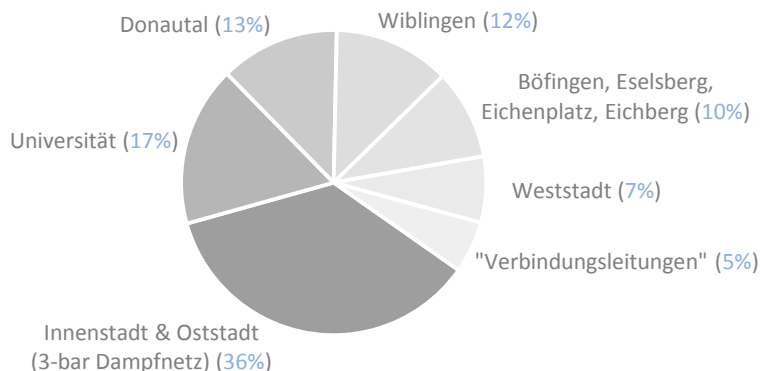
Abb. 35 | Entwicklung des Fernwärmeverbrauchs in der Stadt Ulm (seit 2005)



Eigene Darstellung (Quelle: FUG, SWU, IWU)

Aufgrund der unzureichenden Datenlage, ist es nur eingeschränkt möglich, Aussagen über die Verursacher des Wärmeverbrauchs zu treffen. So können die Versorgungsgebiete Böfingen, Wiblingen, Eichenplatz, Eichberg, und Eselsberg mehrheitlich den Privathaushalten zugeordnet werden, die Universität dem Sektor GHD und das Donautal der Industrie. Allerdings fiel der Fernwärmebezug der Industrie nach amtlicher Energieverwendungsstatistik des *Statistischen Bundesamts* mit 153,7 GWh, etwa 26 % des gesamten Fernwärmeverkaufs 2013, deutlich höher aus. Problematisch ist auch die Zuordnung von Mischgebieten, insbesondere der Innen-, Ost- und Weststadt. Einfacher fällt die Zuordnung bei der durch die *SWU* bereitgestellten Nahwärme. So wurden 2013 insgesamt 93 % der Nahwärme an Haushaltskunden geliefert, 5 % gingen an öffentliche Einrichtungen und nur 2 % an Industrie- und Dienstleistungsunternehmen.

Abb. 36 | Fernwärmeabsatz nach Liefergebieten der FUG (Stand 2013)

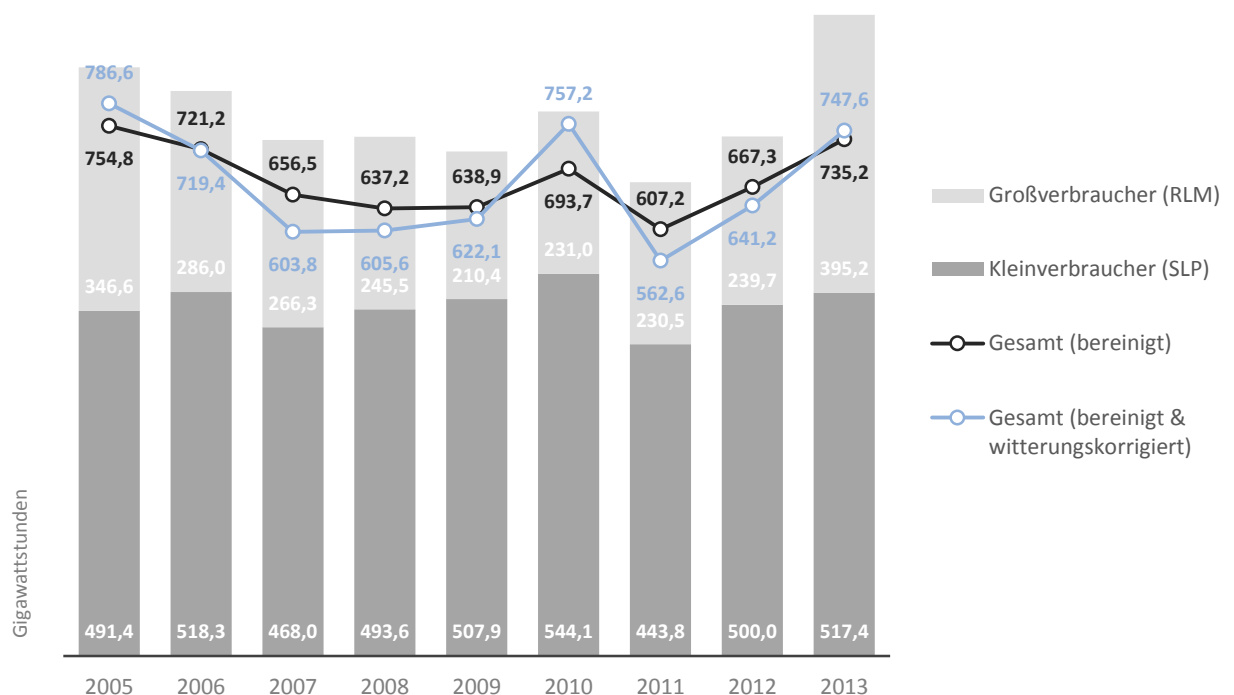


Quelle: FUG

ERDGAS

Im Bilanzjahr 2013 verteilte die SWU insgesamt 2.460 GWh Erdgas in einem Erdgasnetz mit 28.100 Hausanschlüssen und 33.900 Endkunden. Dabei wurden 912,6 GWh, etwa 37 % der gesamten Erdgasmenge, im Ulmer Stadtgebiet verteilt. Mehr als die Hälfte dieser Menge (56,7 %) wurde im Standardlastprofil (SLP) an Klein- und Normalverbraucher mit einem Anschlusswert von unter 500 kW oder einer entnommenen Jahresarbeit von weniger als 1,5 GWh geliefert. Auffallend ist ein deutlicher Anstieg des Erdgasverbrauchs im Vergleich zum Vorjahr (Abb. 37). Dieser ist zwar auch auf einen strengeren Winter im Jahr 2013 zurückzuführen, wurde aber hauptsächlich durch den verstärkten Einsatz von Erdgas als Primärenergieträger in der Fernwärmeerzeugung der FUG verursacht. Um den tatsächlichen Erdgasverbrauch unabhängig von anderen Endenergieträgern zu verdeutlichen, empfiehlt es sich, die Erdgasverteilung um den Primärenergieeinsatz in wärme- oder stromerzeugenden Anlagen auf dem Stadtgebiet zu bereinigen.²¹ Darüber hinaus kann eine Witterungskorrektur durchgeführt werden um den Einfluss schwankender Jahresmitteltemperaturen auf den Verbrauchstrend herauszufiltern.

Abb. 37 | Entwicklung des Erdgasverbrauchs der Stadt Ulm (seit 2005)

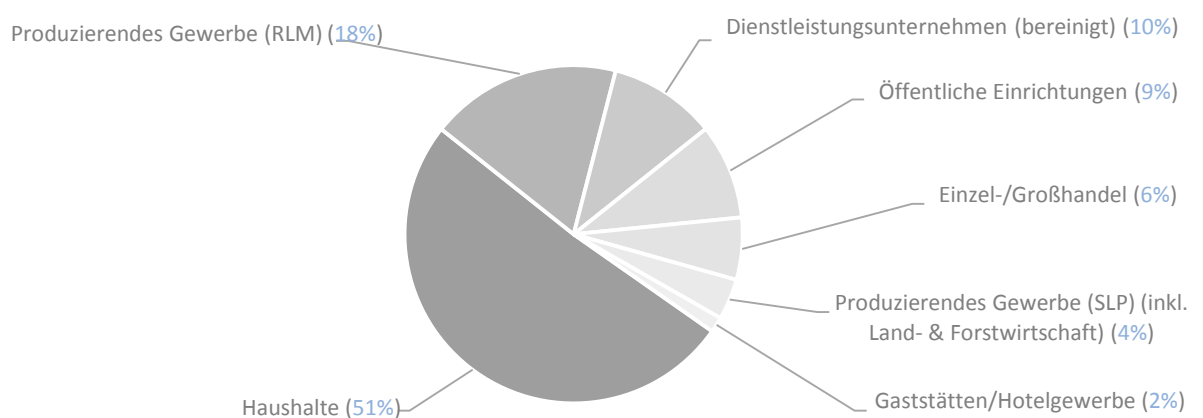


Anmerkungen: Aufgrund des Abrechnungsverfahrens im Standardlastprofil (SLP) kommt es vor, dass negative Jahressaldi bilanziert werden, wenn der Vorjahreswert zu hoch berechnet wurde. Hat der Negativwert eine Differenz von > 50 MWh zum Vorjahreswert wurden die Daten manuell korrigiert, indem der Durchschnittswert für beide Jahre angesetzt wird. Für 2010 ist der Unterschied marginal, in den Jahren 2011 und 2012 ändern sich die SLP-Daten aber um ca. 18 GWh und für 2013 um etwa 1 GWh. Diese Korrektur hat damit durchaus Einfluss auf die Vergleichbarkeit der Daten | Die Menge von SchwabenGas mobil für 2005 wurde geschätzt | Eigene Darstellung (Quelle: SWU, FUG, IWU)

²¹ Bereinigt wird um den Erdgasverbrauch durch SchwabenGas mobil an der Tankstelle am Hindenburgring sowie den Primärenergieeinsatz im HKW Magirusstraße und im Heizwerk Daimlerstraße. Zum Primärenergieeinsatz der SWU-Nahwärmeversorgung im Stadtgebiet Ulm liegen keine Daten vor. Dieser Wert wird daher vereinfacht dem Eigenverbrauch der SWU zugeschrieben. Werte bis einschließlich 2009 werden geschätzt, indem der Nahwärmebereitstellung ein thermischer Wirkungsgrad von 60 % zugrunde gelegt wird.

Haushalte verursachten 2013 mehr als die Hälfte der kommunalen Erdgasnachfrage, gefolgt vom Sektor GHD, der 31 % zur Nachfrage beitrug während industrielle Großabnehmer nur mit 18 % am Gesamtabsatz beteiligt waren (Abb. 68). Innerhalb des GHD-Sektors fallen vor allem Dienstleistungsunternehmen und öffentliche Einrichtungen ins Gewicht. Der Dienstleistungsbereich wurde hierbei um den Primärenergieeinsatz von Erdgas in *FUG*-Kraftwerken und der Höhe des Absatzes von *SchwabenGas mobil* bereinigt. Innerhalb der öffentlichen Einrichtungen werden vor allem Schulen mit Fernwärme versorgt. Auffallend ist, dass Krankenhäuser so gut wie keine Fernwärme beziehen. Um eine doppelte Bilanzierung zu vermeiden, wird der Eigenverbrauch vollständig als Energieeinsatz zur Nahwärmeerzeugung der *SWU* bereinigt und ist kein Bestandteil der aufgeführten Verursacher.

Abb. 38 | Verursacher des Erdgasverbrauchs (bereinigt) der Stadt Ulm (Stand 2013)



Eigene Darstellung (Quelle: SWU, FUG)

HEIZÖL

Extra leichtes Heizöl (HEL) ist nach Diesel- und Ottokraftstoffen das dritt wichtigste Mineralölprodukt im Endenergiebereich und trägt in Ulm etwa 14 % zur Deckung des Wärmebedarfs bei. Die wesentlichen Verbrauchssektoren sind Haushalte und andere Kleinverbraucher des GHD-Sektors während Industriebetriebe HEL nur noch selten in Anspruch nehmen. Die Anwendungsbereiche untergliedern sich dabei in Raumwärme, Warmwasser, Prozesswärme²² und mechanische Energie und unterscheiden sich in der Bedeutung für die jeweiligen Sektoren. Während Haushalte Heizöl ausschließlich für Raumwärme und Warmwasser verwenden, wird im GHD-Sektor nach der Raumwärme ein großer Teil der Energie in mechanische Arbeit und Prozesswärme umgesetzt, während die Erzeugung von Warmwasser relativ unbedeutend war. In der Industrie ist vor allem die Erzeugung von Prozesswärme der entscheidende Einsatzgrund, gefolgt von Raumwärme und mechanischer Energie. Da Heizöl ein klimarelevanter aber nicht leitungsgebundener Energieträger ist, ist die Bilanzierung vor allem auf kommunaler Ebene zwar wichtig, aber nur sehr schwer durchführbar und muss mit vielen Unsicherheiten, weitreichenden Annahmen und großen Schätzfehlern auskommen.

²² Prozesse zum Erhitzen, Trocknen, Schmelzen, u.ä.

Die Quantifizierung des Heizölbedarfs aus Industriebetrieben kann mit Hilfe von jährlich durchgeführten Erhebungen des Statistischen Bundesamts bei bis zu 60.000 Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes²³ ab 20 Beschäftigten. Diese Kategorie bildet den Großteil des produzierenden Gewerbes der Klassifikation der Wirtschaftszweige des Statistischen Bundesamtes (WZ 2008) die dem Industriesektor entspricht. Ergebnisse auf Regionalebene werden jährlich durch die Statistischen Ämter des Bundes und der Länder veröffentlicht. Eine Validierung der Daten kann über den Vergleich zwischen den erhobenen leitungsgebundenen Energieverbrauchswerten und den Primärdaten der Stadtwerke erfolgen. So wurden in Ulmer Betrieben 2013 laut Regionalstatistik 132,6 GWh Erdgas und 291,2 GWh Strom verbraucht. Ein Vergleich zu den Primärdaten mit 134,8 GWh Erdgas und 274,9 GWh Strom verdeutlicht eine gute Übereinstimmung der beiden Datenquellen, zumal die Kategorisierung der SWU-Kunden nicht der WZ 2008 folgt.

Die *Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)* berechnet jährliche Energieverbrauchsdaten auf regionaler Ebene für die Erstellung eines Emissionskatasters, das alle zwei Jahre veröffentlicht wird. Darin erfasst sie u.a. auch den Heizölverbrauch von kleinen und mittleren Feuerungsanlagen, die der 1.BImSchV unterliegen und damit regelmäßig messpflichtig sind und kategorisiert diese nach Haushalten und sonstigen Kleinverbrauchern.²⁴ Für das Jahr 2010 schätzt die *LUBW* den Anteil von Heizöl auf 24,8 % des gesamten Endenergieverbrauchs der kleinen und mittleren Feuerungsanlagen in Ulm. Mit 72,1 % sei der Großteil auf Erdgas zurückzuführen während die restlichen 3,1 % Holz, Kohle und sonstigen Festbrennstoffen zuzurechnen wären. Damit lag Ulm 2010 auf Platz 4 der erdgasabhängigsten Stadt- und Landkreise in Baden-Württemberg, hinter Heilbronn, Stuttgart und Karlsruhe. Für den Stadtkreis Ulm ging die *LUBW* dabei im Jahr 2011 von einem Heizölverbrauch von 190,1 GWh für Haushalte und 54,5 GWh für sonstige Kleinverbraucher aus, im Jahr 2011 nur noch von 153,6 GWh bzw. 44,3 GWh.

Der Heizölbedarf von Haushalten und anderen Kleinverbrauchern des GHD-Sektors wird in kommunalen Energiebilanzen üblicherweise über den Bestand an messpflichtigen Ölfeuerungsanlagen aus Statistiken des *Landesinnungsverbands des Schornsteinfegerhandwerks (LIV)* errechnet. Der Endenergiebedarf kann dabei grob durch Definition durchschnittlicher Leistungen und Vollbenutzungsstunden angenähert werden. Gibt es hierzu keine Erhebungen des LIV, lässt sich nach DIN 4701 von 1.200 bis 1.400 Stunden ausgehen.²⁵ Für 2011 würde sich damit ein Heizölbedarf der messpflichtigen Anlagen von 234 GWh bis 273 GWh ergeben, ein Wert, der für 2010 zwar sehr gut vergleichbar, aber für 2011 bereits deutlich über dem Ergebnis der *LUBW* liegt. Zudem muss dieser Wert noch um etwa 20 GWh nach oben korrigiert werden, um den, auch durch die *LUBW*, nicht beachteten Brennwertanlagen Rechnung zu tragen.

Um nicht nur den Heizungsbestand sondern auch Strukturmerkmale wie beheizte Wohnfläche und Energiebedarf der Gebäude in die Betrachtung mit einzubeziehen, muss eine Gebäudetypologie der Stadt Ulm mit Erfassung der Heizenergie vorliegen. Dabei ermöglichen die kostenpflichtigen Ergebnisse des bundesweiten Mikrozensus 2010 und 2014 Einblicke in die Zahl der beheizten Wohnungen und verwendeten Energieträger,

²³ Sowie Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden

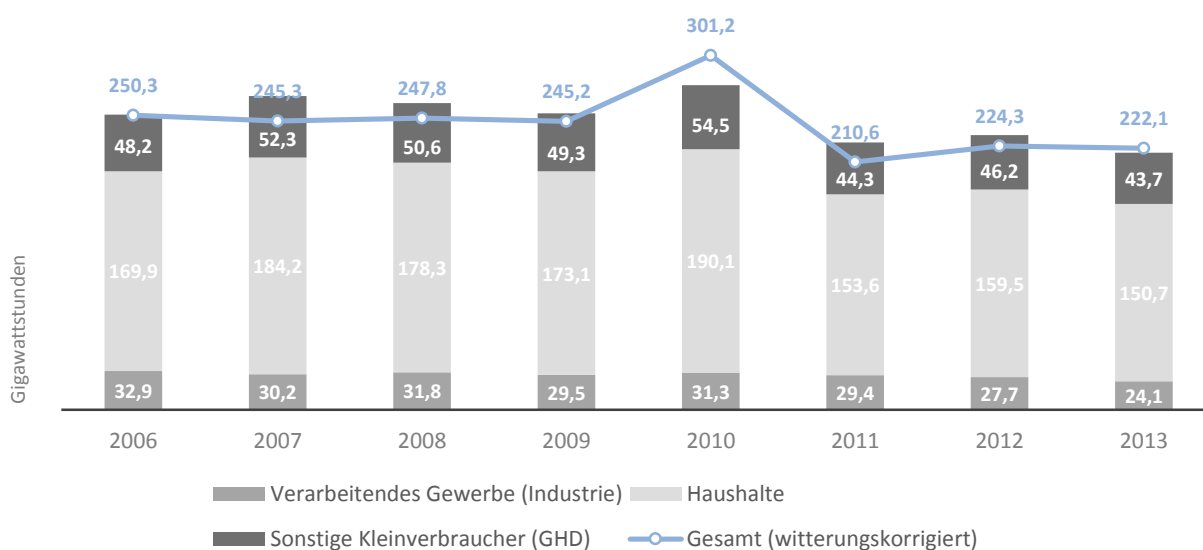
²⁴ Die „sonstigen Kleinverbraucher“ entsprechen im Wesentlichen dem GHD-Sektor

²⁵ Die Norm DIN 4701 wurde 2003 durch die DIN EN 12831 abgelöst, die der Tatsache Rechnung trägt das Altanlagen stets zu große dimensioniert wurden und deshalb die Heizlast mit einer Jahresvollbenutzung von 2.100 Stunden für ein Einfamilienhaus (Standort Düsseldorf) berechnet. Umgekehrt würde diese Vorgehensweise bei Altbeständen aber zu einem überhöhtem Heizölbedarf führen.

woraus sich wiederum Rückschlüsse auf die beheizte Wohnfläche und dem damit verbunden Energiebedarf ziehen lassen. Durch die Statistik der Ulmer Baugenehmigungen und Baufertigstellungen könnten Veränderungen des jährlichen Bestandes verfolgt werden. Allerdings zeigt sich auch hier das Problem einer unvollständigen Dokumentation, da über die Hälfte der installierten Heizsysteme im Wohnungsneubau nicht bekannt sind. Übergeordnetes Ziel muss es daher sein, im Rahmen von Quartierskonzepten Gebäudetypologien zu erstellen, die simultane Aussagen über Gebäudealter, beheizte Wohnfläche, Heizungsart und verwendeten Energieträger treffen können.

Von 1994 bis 2011 wurden auch im Rahmen der von der Stadt Ulm in Auftrag gegebenen Energiebilanzen durch einen externen Dienstleister Abschätzungen des Heizölbedarfs erstellt, die darauf basieren, dass Erhebungen für die Startbilanz von 1994 fortgeschrieben werden. Dabei wird der Übergang zu leitungsgebundenen Energieträgern, Effizienzsteigerungen und Heizungserneuerungen in die Betrachtung mit einbezogen. So wird für 1994 ein Heizölverbrauch von knapp 395 GWh berechnet, der 2005 auf 323 GWh und 2011 auf 306 GWh fortgeschrieben wurde. Damit liegt diese Schätzung etwa 80 GWh über der berechneten Summe aus Kleinverbrauchern nach *LUBW* und Großverbrauchern nach Statistischem Bundesamt. Aufgrund dieser Abweichung und der fehlenden Replizierbarkeit der Daten, wird eine Verwendung dieser Bilanzen erschwert.

Abb. 39 | Entwicklung des kommunalen Heizölverbrauchs der Stadt Ulm (seit 2006)



Eigene Darstellung (Quelle: LUBW, Destatis)

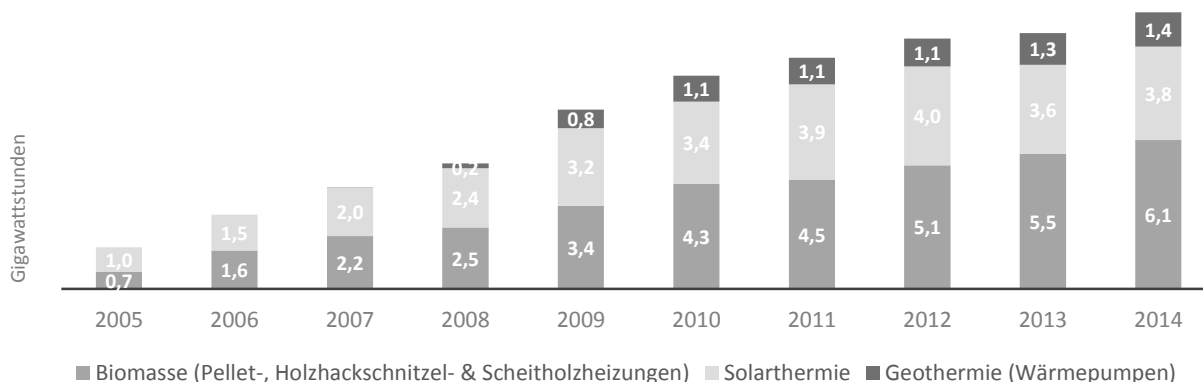
Als vorübergehende aber fortschreibbare Lösung ist es sinnvoll, die ermittelten kommunalen Energieverbrauchswerte der *LUBW* anzusetzen, die zwar als relativ niedrig, aber dennoch realistisch einzustufen sind. Hierzu liegen *LUBW*-Berechnungsdaten für die Jahre 2008 bis 2012 vor. Fehlende Werte werden mit Hilfe von Klimakorrekturen witterungsbereinigt für die Jahre 2006 und 2007 rückwirkend festgesetzt und für das Jahr 2013 fortgeschrieben. Aufgrund der unzureichenden Datenlage werden Brennwertkessel hierbei nicht berücksichtigt.

BIOMASSE, SOLAR- & GEOTHERMIE

Bis Ende 2014 wurden 153 durch das *Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)* geförderte Holzheizungen mit einer kumulierten thermische Nennleistung von 3.144 kW in Betrieb genommen. Dabei benötigt eine Pellet-Heizung pro Jahr zwischen 400 kg und 500 kg Holz-Pellets für jedes Kilowatt Heizlast und wird etwa 2.000 Volllaststunden betrieben. Übertragen auf den Bestand in Ulm errechnet sich hieraus im Jahr 2014 ein Beitrag von annähernd 6,1 GWh zum kommunalen Wärmeverbrauch der Stadt.

Für die Berechnung der Wärmebereitstellung durch solarthermische Anlagen kann auf eine Methode der *Internationalen Energieagentur* zurückgegriffen werden, die vom *Bundesverband Solarwirtschaft e.V.* unterstützt wird und auch im *Umweltministerium Baden-Württemberg* Verwendung findet²⁶. Dazu wird die Kollektorfläche für Warmwasseranlagen bzw. kombinierten Anlagen für Warmwasser und Raumwärme mit einem Wirkungsgrad von 44 % bzw. 33 % bewertet und mit der jeweiligen monatlich aufgelösten örtlichen Globalstrahlung multipliziert. Hierzu muss die Kollektorfläche zunächst über einen Korrekturfaktor (0,8 bis 0,9) in die Aperturfläche umgerechnet werden. Nach dieser Vorgehensweise haben die bis Ende 2014 kumulierten 1.072 durch das BAFA geförderten solarthermischen Anlagen auf Dächern der Stadt Ulm mit einer Kollektorfläche von über 9.700 m² eine Jahreswärmemenge von 3,8 GWh bereitgestellt.

Abb. 40 | Energiebereitstellung BAFA-geförderter Biomasse, Solar- & Geothermie in Ulm (seit 2005)



Eigene Darstellung (Quelle: BAFA)

Die Höhe der Endenergiebereitstellung der installierten Wärmepumpen, lässt sich nur durch Festsetzung der durchschnittlichen Leistung (12 kW), der Anzahl jährlicher Volllaststunden (2.000 h) und der Jahresarbeitszahl (3,5) des Bestands abschätzen und geschieht in Anlehnung an die Branchenprognose vom *Bundesverbands Wärmepumpe e.V.* durch Verwendung konservativer Durchschnittswerte. Bei 85 installierten Anlagen Ende 2014 konnten damit geschätzte 2,0 GWh Wärme bereitgestellt werden. Bei einer Jahresarbeitszahl von 3,5 wird allerdings noch annähernd ein Drittel der Energie durch Strom gedeckt und bereits indirekt im Stromverbrauch bilanziert, so dass nur 1,4 GWh tatsächlich aus Umweltwärme bezogen und damit der Bedarfsdeckung zugerechnet werden können.

²⁶ Siehe „Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2013“ (UMBW)

KRAFTSTOFFE

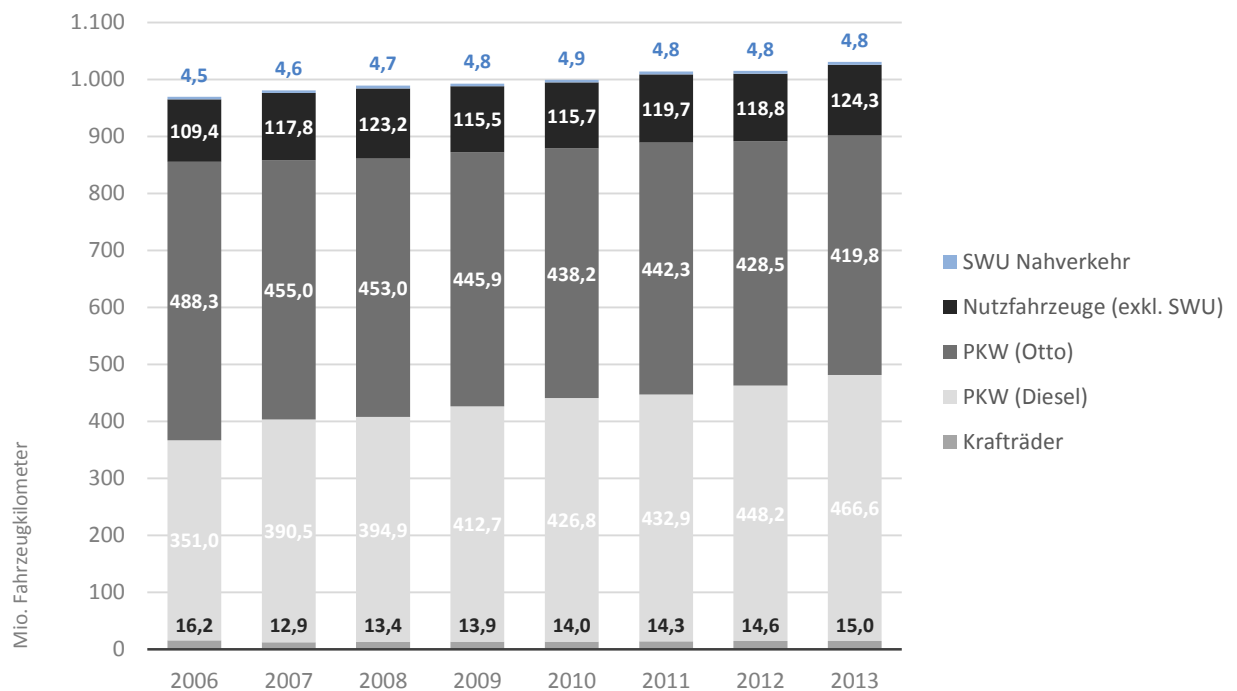
Die Berechnung des Kraftstoffverbrauchs erfolgt über die Jahresfahrleistung und Durchschnittsverbräuche des kommunalen KFZ-Bestands. Aufgrund einer fehlenden kontinuierlichen Erhebung dieser Fahrleistungen auf Gemeindeebene, müssen landes- oder bundesweite Durchschnittswerte verwendet werden. Damit ist der Kraftfahrzeugbestand allerdings die einzige Größe, die einen Einfluss auf die regionale Klimabilanz besitzt. Um diesem Missstand entgegenzuwirken, empfiehlt es sich stichprobenartig auf regionale Statistiken und Erhebungen zurückzugreifen, die in unregelmäßigen Abständen veröffentlicht werden. Im Wesentlichen beschränken sich diese auf Daten des *Statistischen Landesamts Baden-Württemberg (StaLaBW)*, das alle zwei Jahre rudimentäre Jahresfahrleistungen auf Gemeindeebene veröffentlicht und der *Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)*, die alle zwei Jahre²⁷ ein Emissionskataster mit kleinräumiger Auflösung von Fahrleistungen und Schadstoffemissionen erstellt. Darüber hinaus ermöglicht die Teilnahme der Doppelstadt Ulm/Neu-Ulm am *System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV)* der TU Dresden in den Jahren 2003, 2008 und 2013 wertvolle Einblicke in das kommunale Verkehrsverhalten. Konsistenzkontrollen auf Basis verschiedener Verkehrserhebungen können zwar nicht unmittelbar miteinander verglichen werden, ermöglichen es aber im Zeitverlauf deutliche Entwicklungsunterschiede des lokalen Verkehrsverhaltens zum bundesweiten Durchschnitt aufzudecken.

Dieses Konzept verwendet die bundesweiten durchschnittlichen Jahresfahrleistungen und Durchschnittsverbräuchen der Verkehrserhebungen des *Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW)* in Berlin, die im Rahmen des jährlichen statistischen Berichtes „Verkehr in Zahlen“ des *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)* veröffentlicht werden. Ein erweitertes Bild von PKW-Fahrleistungen lässt sich auch anhand der kontinuierlichen Erhebungen des *Deutschen Mobilitätspanels (MOP)* des *Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)* gewinnen. Hierdurch ist es möglich die Fahrleistungen nicht nur nach Benzin und Diesel zu unterteilen, sondern auch nach Hubraum sowie gewerblichen und privaten Haltern. Leider sind auch hier die Ergebnisse nicht unmittelbar mit denen des *DIW* vergleichbar. Ergänzend ist es möglich, die PKW-Fahrleistungen in Anlehnung an die Referenzstudie *Mobilität in Deutschland (MiD)* im Jahr 2008 nach Fahrzeugsegmenten aufzuschlüsseln. Eine Aktualisierung dieser Studie ist für 2015 geplant.

Die Gesamtfahrleistung aller im Stadtgebiet Ulm zugelassenen Kraftfahrzeuge ist von 969 Mio. Kilometer im Jahr 2006 auf 1.031 Mio. Kilometer im Jahr 2013 angestiegen (*Abb. 41*). Sonderfahrzeuge von Polizei Feuerwehr und Rettungsdienst werden hierbei nicht berücksichtigt. Die Steigerung der Fahrleistung ist dabei fast ausschließlich auf die kontinuierliche Erhöhung des KFZ-Bestands in Ulm zurückzuführen, da die durchschnittlichen Fahrleistungen der jeweiligen Fahrzeugarten auf konstantem Niveau stagnieren. Vor allem der motorisierte Individualverkehr (MIV) verursacht zusammen mit 901,5 Mio. Kilometern über 88 % der Gesamtfahrleistung. Weitere 11 % fielen 2013 auf den leichten und schweren Güterverkehr sowie Busverkehr, der nicht durch die SWU verursacht wird. Der öffentliche Nahverkehr der SWU trägt mit 4,8 Mio. Kilometern (davon 4,1 Mio. km durch Busse und 0,7 Mio. km durch Straßenbahnen) nur einen Bruchteil bei.

²⁷ Die letzte Aktualisierung des Emissionskatasters 2010 der LUBW im Jahr 2012 liegt bereits deutlich zurück und es ist nicht ersichtlich, wann mit einer Aufarbeitung zu rechnen ist. Die Daten der LUBW gehen unmittelbar in die des StaLaBW ein. Aufgelöste Daten auf Gemeindeebene sind nur teilweise öffentlich zugänglich.

Abb. 41 | Geschätzte Jahresfahrleistungen des KFZ-Bestands der Stadt Ulm (seit 2006)



Eigene Darstellung (Quelle: KBA, DIW, BMVI)

Die hier vorgenommenen Berechnungen lassen sich stichprobenartig validieren, indem Erhebungsdaten des *StaLaBW* für 2013 verglichen werden. So stehen den hier berechneten 1.029,9 Mio. Kilometern (ohne Straßenbahn) deutlich höhere 1.076,5 Mio. Kilometer der amtlichen Statistik gegenüber. Das *StaLaBW* rechnet dabei mit 8,5 % stark höheren PKW-Fahrleistungen während die Gesamtfahrleistung der Nutzfahrzeuge und Busse um 21,7 % niedriger eingeschätzt wird. Dieser Unterschied ist vor allem mit der Erhebungsmethodik zu erklären, die beim *StaLaBW* auf fortgeschriebenen Verkehrszählungen und nicht auf dem KFZ-Bestand basiert. So werden Fahrleistungen von externen PKW-Beständen auf Autobahn und Bundesstraße im Stadtgebiet nach dem Territorialprinzip der Stadt Ulm angelastet, während die Fahrleistungen des kommunalen LKW-Bestandes teilweise anderen Gemeinden zugeschrieben wird. Einzig die Fahrleistung der Krafträder wird in beiden Darstellungen gleich angesetzt.

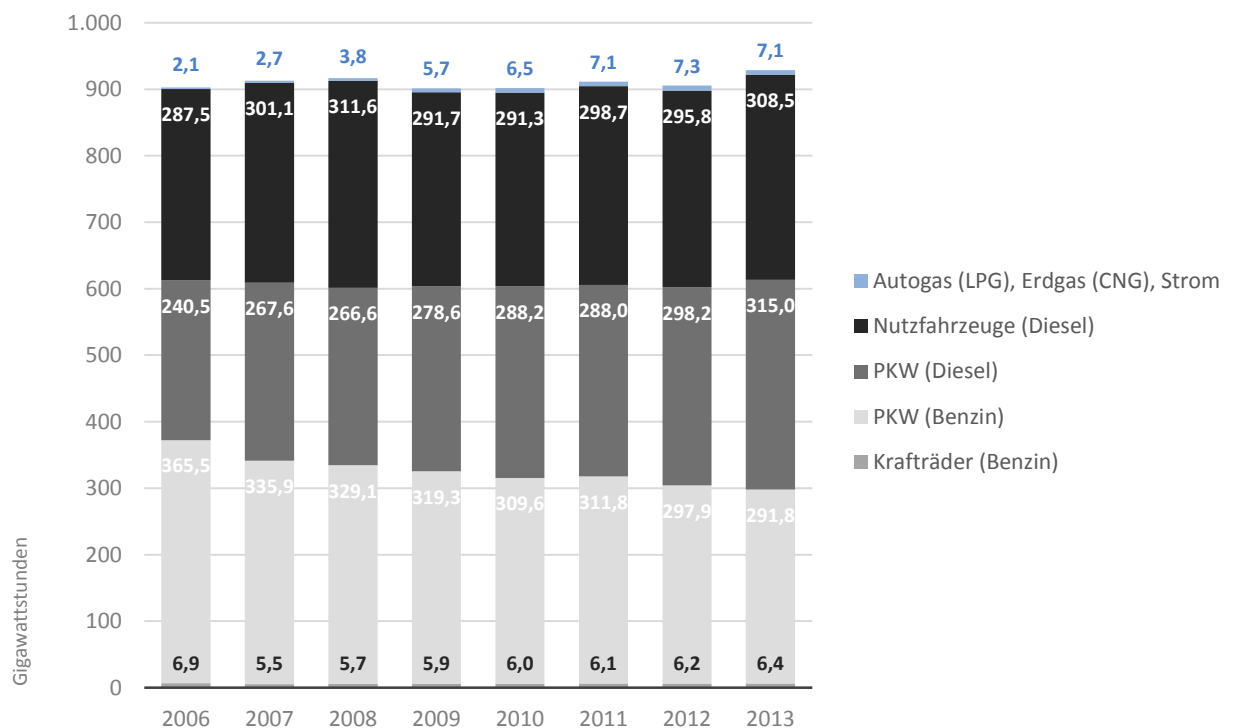
Ausgehend von den Jahresfahrleistungen und Durchschnittsverbräuchen lässt sich der Diesel-, Benzin- und Autogasverbrauch des Straßenverkehrs ableiten. Der Verbrauch von Autogas sowie Erdgas ist in Ulm bisher hauptsächlich auf bivalent umgerüstete PKW-Ottomotoren sowie eigenständige Erdgasantrieben zurückzuführen. Halter von bivalent betreibbaren Fahrzeugen werden den kostengünstigeren Treibstoff tanken, was in diesem Fall Autogas und Erdgas ist. Damit lassen sich diese Mengen über die jeweiligen Benzinäquivalente bestimmen.²⁸ Hybride Benzin/Elektrofahrzeuge tanken nach wie vor gewöhnlich, reduzieren insgesamt aber den durchschnittlichen Flottenverbrauch. Sowohl Hybrid- als auch Bio-Ethanol-Antriebe werden hier als gewöhnliche Ottofahrzeuge bilanziert. Der Stromverbrauch der Straßenbahn lässt sich den Umweltberichten

²⁸ Benzin (Super) besitzt einen Heizwert von 9,04 kWh/l, Diesel 9,93 kWh/l, Autogas (LPG) 12,78 kWh/l und Erdgas (H-Gas) in Ulm durchschnittlich 11,18 kWh/m³. Damit besitzt ein Liter Autogas das Benzinäquivalent von 0,7 Liter und ein Kubikmeter Erdgas entspricht etwa 1,2 Litern Super.

der SWU entnehmen und wird dem Verkehrssektor zugeordnet. Der Stromverbrauch von reinen Elektrofahrzeuge sowie Plug-in-Hybriden lässt sich über den Absatz der Ladeinfrastruktur abschätzen. Bis-her ist dieser Verbrauch so gering, dass er keinen messbaren Beitrag zur Klimabilanz des Verkehrs leistet und wird daher mit der gewöhnlichen Stromverteilung des Stadtgebietes bilanziert.²⁹ Mit Ausbau der Elektromobilität wird der Stromverbrauch im Verkehrssektor jedoch an Bedeutung gewinnen.

Der Endenergieverbrauch des kommunalen Verkehrssektors lag 2013 näherungsweise bei 929 GWh ohne Sonder- und Einsatzfahrzeuge (Abb. 42). Dies entspricht einem ungefähren Verbrauch von mehr als 100 Mio. Litern Benzinäquivalenten. Der MIV verursachte dabei mit 613 GWh den größten Anteil am End-energieverbrauch. Nur etwa 1% hiervon wird durch Krafträder verursacht, während PKW mit 47 % durch Benzinmotoren und 51 % durch Dieselmotoren die überdeutlichen Hauptverursacher sind. Der Endenergieverbrauch von bivalenten Autogasantrieben mit geschätzten 2,7 GWh und reinen sowie bivalenten Erdgasmotoren mit 1,6 GWh spielt bisher nur eine unbedeutende Rolle. Dabei lag der Absatz von Erdgas an der Esso-Tankstelle Hindenburgring über *SchwabenGas mobil* mit 7,9 GWh deutlich über dem geschätzten kommunalen Verbrauch. Ein bedeutender Anteil von 0,7 GWh wurde dabei vom eigenen Fuhrpark der *SWU* verbraucht. In Anbetracht der zentralen Lage der Tankstelle an der Bundesstraße 10, ist es allerdings als realistisch einzuschätzen, dass der Großteil des Erdgasverbrauchs durch Transitverkehr entsteht und nicht als kommunaler Verbrauch übertragen werden kann.

Abb. 42 | Endenergieverbrauch des kommunalen Verkehrssektors der Stadt Ulm (seit 2006)



Eigene Darstellung (Quelle: DIW Berlin)

²⁹ Die SWU betreibt in Ulm derzeit 47 Ladesäulen für Elektrofahrzeuge. 2012 wurde an diesen eine Lademenge von 19,1 MWh abgegeben, die sich 2013 auf 25,2 MWh steigerte. Hiervon fällt allerdings fast 49 Prozent dem Betrieb von *car2go* zu, der Ende 2014 eingestellt wurde.

Im öffentlichen Nahverkehr legte der Fuhrpark der SWU im Geschäftsjahr 2013 mit jedem Bus durchschnittlich 65.812 km und mit jeder Straßenbahn etwa 68.487 km zurück³⁰ und transportierte annähernd 34,6 Mio. registrierter Fahrgäste. Dabei wurden mehr als 2,5 Mio. Liter (25,5 GWh) Diesel und 2,9 GWh Strom verbraucht. Jeder der 63 Omnibusse des SWU Verkehrsnetzes bietet im Schnitt 45 Sitz- und 97 Stehplätze an. Bei einem Dieserverbrauch von etwa 40.500 Liter pro Bus bedeutet das einen Dieserverbrauch von knapp 62 Litern Diesel pro 100 Kilometer. Bei Vollbesetzung würde dies einem Verbrauch von knapp 1,4 Litern Diesel pro sitzendem Fahrgast entsprechen. Ein Bus, der mit 14 Fahrgästen unterwegs ist, fährt damit bereits klimafreundlicher als ein durchschnittlich besetzter Diesel-PKW.³¹

³⁰ Jahresfahrleistung aller Omnibusse: 4.146.151 km, Straßenbahnen: 684.870 km | Fahrzeugbestand 2013: 6 Standard- und 57 Gelenkbusse sowie 10 Straßenbahnen | Anzahl registrierter Fahrgäste: 34.555.672 (Quelle: SWU Umweltbericht 2014)

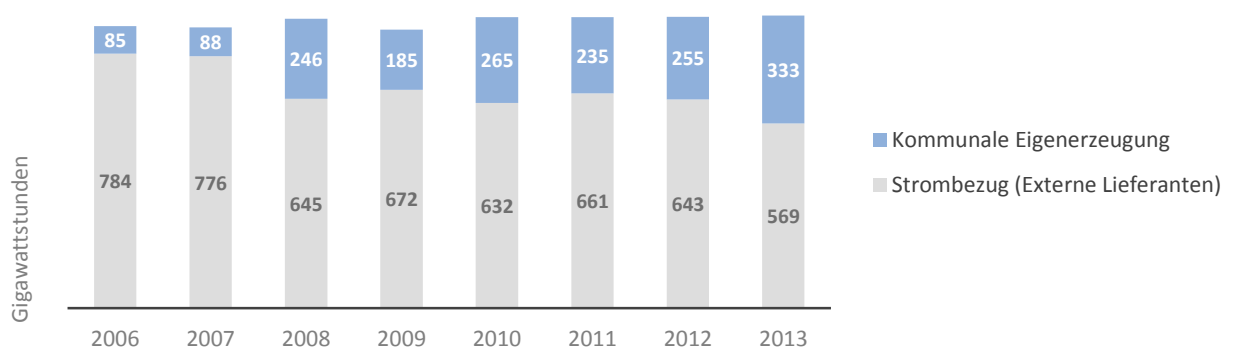
³¹ Durchschnittlicher PKW-Dieserverbrauch: 6,7 Liter pro 100 km; durchschnittliche Besetzung: 1,5 Personen pro Weg

4.2. ENDEENERGIEERZEUGUNG

Der kommunale Beitrag zur Endenergiebedarfsdeckung besteht in der Erzeugung von Strom, Fern und Nahwärme. Während Fern- und Nahwärme bedarfsgerecht vor Ort erzeugt wird, besteht für Strom ein bundes- und europaweites Netz an Erzeugungsanlagen. Die kommunale Stromerzeugung ist bereits ein sehr kleiner Bestandteil dieses Stromnetzes und eine gesonderte Bilanzierung stellt hierbei eine Grauzone dar. Als Strom wird allgemein die Bewegung von Ladungen und damit die Übertragung von elektrischer Energie vom Erzeuger zum Verbraucher bezeichnet. Jede Stromerzeugungsanlage erhöht hierbei die Energie im gesamten Stromverbund während der Verbraucher diese wieder absenkt. In diesem Sinne ist die kommunale Stromerzeugung nicht als lokale Energieerzeugung zu verstehen sondern vielmehr als Gutschrift auf die dem gesamten Stromnetz entnommene Energie in Höhe der Einspeisung.

Während sich auf der Erzeugerseite konventionelle und regenerative Energiequellen unterscheiden lassen, ist dies auf der Verbraucherseite nicht möglich, da jeder Haushalt in Deutschland den gleichen Strom aus einem zusammenhängenden Stromnetz erhält. Aus diesem Grund lassen sich die Emissionen nach dem Verursacherprinzip korrekterweise nur mit einem einheitlichen Emissionsfaktor des gesamtdeutschen Inlandsverbrauchs bestimmen. Sowohl das *Klima-Bündnis* als auch der *Covenant Of Mayors* empfehlen diese Vorgehensweise für Energiebilanzen von Kommunen. Dennoch stellt das *Klima-Bündnis* fest, dass diese Vorgehensweise als kritisch zu betrachten ist, wenn es darum geht, kommunale Potenziale zu erschließen und die Stadtwerke zu motivieren in nachhaltige Energiequellen zu investieren. Denn nur durch quantifizierbare Ergebnisse der lokalen Bemühungen lassen sich Anreize schaffen. Aus diesem Grund erlaubt das *Klima-Bündnis* auch die kommunale Bilanzierung aller beteiligten Kraftwerke mit einer Nennwertleistung unter 20 MW, die nicht unter das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz fallen.

Abb. 43 | Vergleich der kommunalen Eigenerzeugung mit dem gesamten Stromverbrauch (seit 2006)

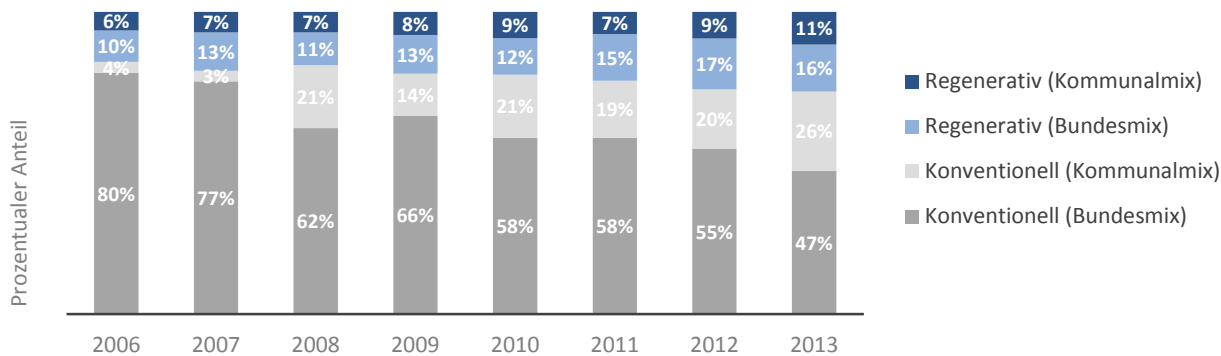


Eigene Darstellung

Dass auch diese Vorgehensweise als kritisch einzustufen ist, beweist die einfache Tatsache dass sich der Energieversorger an klimaschädlichen Braunkohlekraftwerke beteiligen könnte, ohne dass dies einen negativen Einfluss auf die lokale THG-Bilanz hätte. Umgekehrt werden positive Entwicklungen genauso wenig honoriert. Aus diesem Grund geht dieses Konzept einen Schritt weiter und bilanziert neben dem einheitlichen Emissionsfaktor des bundesweiten Strommix parallel die gesamte anteilige Eigenerzeugung der Kommune,

auf die in irgendeiner Form Einfluss genommen werden kann. Dabei werden sowohl kommunale als auch überregionale Erzeugungskapazitäten mit einbezogen und entsprechend der Beteiligung bilanziert, unabhängig von der Leistung der Anlage oder Höhe der Beteiligung.

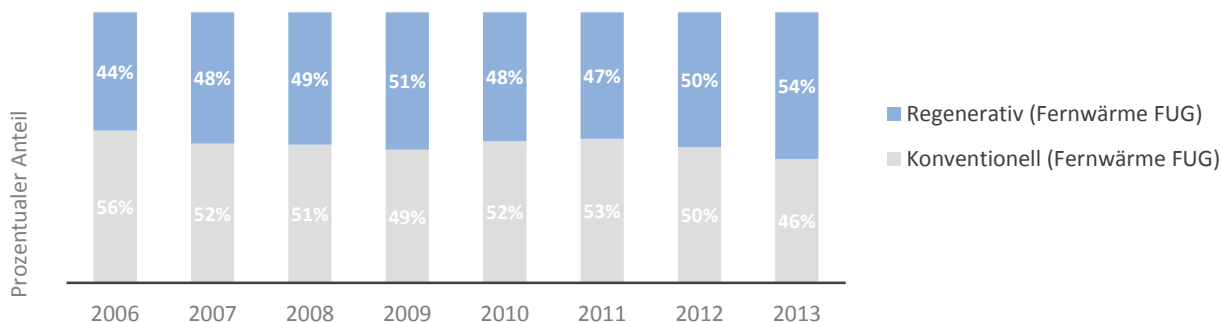
Abb. 44 | Regenerativer Anteil des Stromverbrauchs der Stadt Ulm (seit 2006)



Eigene Darstellung

Unter diesen Rahmenbedingungen lag die kommunale Stromerzeugung der Stadt Ulm im Jahr 2013 bei 333 GWh und konnte seit 2006 annähernd vervierfacht werden (Abb. 43). Insgesamt 82 % der Stromerzeugung stammt aus Erzeugungsanlagen der *SWU*, die entsprechend dem Mengenanteil am Gesamtverkauf der *SWU*, dem Kommunalmix zugerechnet werden können. 18 % stammen aus kommunalen Anlagen, vor allem den Biogasanlagen im Stadtgebiet und dem Müllheizkraftwerk Donautal, das entsprechend der Beteiligungsverhältnisse am Zweckverband *TAD* anteilig angerechnet wird. Der regenerative Anteil des Kommunalmix lag 2013 bei 29 % und übertraf den regenerativen Anteil der bundesweiten Nettostromerzeugung von unter 25 % deutlich. In Kombination lag der erneuerbare Anteil am gesamten Stromverbrauch der Stadt Ulm im Bilanzjahr 2013 bei über 26 % (Abb. 44).

Abb. 45 | Regenerativer Anteil der Fernwärmeversorgung der Stadt Ulm (seit 2006)



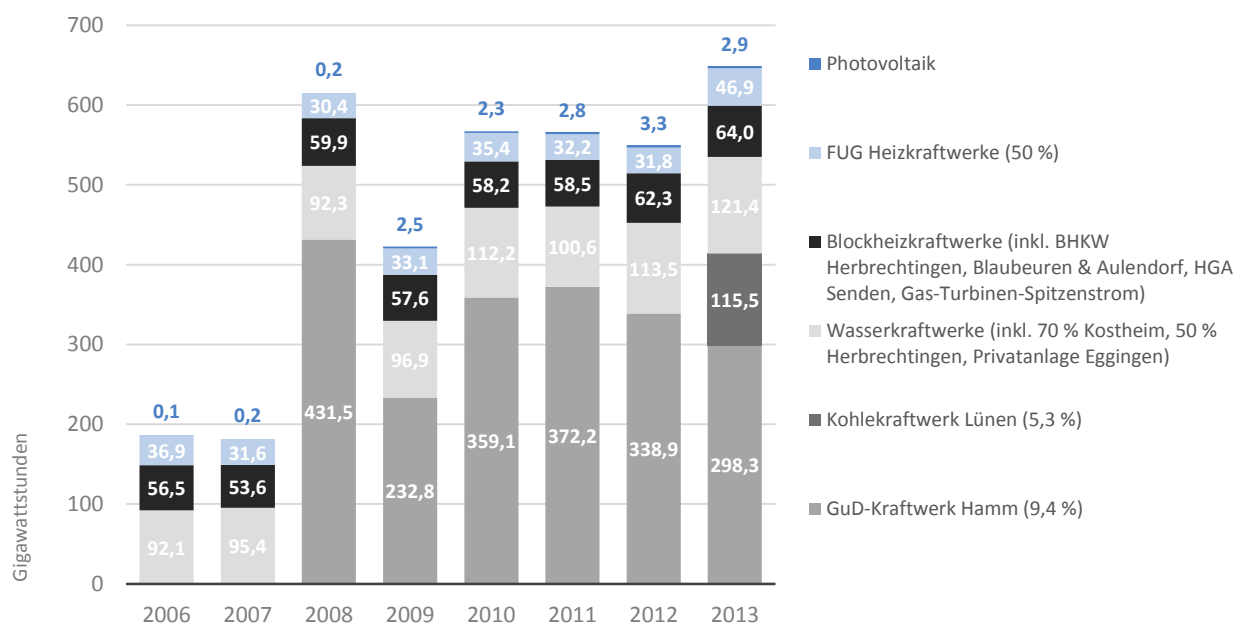
Anmerkungen: Aufgrund der eingeschränkten Datenlage, die den Wärmeoutput aus den verschiedenen Kesseln des HKW Magirusstraße, der beiden Biomasse-Kraftwerke und der Heizwerken Daimlerstraße sowie Fort Albeck als kumulierten Wert angibt, unterstellt diese Darstellung den gleichen Wirkungsgrad für alle Kraftwerke. Da dieser Sachverhalt nicht der Realität entspricht, wird der tatsächliche regenerative Anteil von dieser Bilanzierung abweichen. (Eigene Darstellung)

Die Endenergieerzeugung von Fern- und Nahwärme obliegt vollständig der FUG und der SWU. Dezentrale Nahwärmeezeugung aus Biogasanlagen, die nicht in durch die SWU betrieben werden, können aufgrund der fehlenden Datenlage nicht bilanziert werden. 2013 wurden insgesamt 671 GWh Fernwärme, 9,5 GWh Fernkälte und 36,6 GWh Nahwärme erzeugt. Dabei stellt vor allem die FUG ein Treiber der regenerativen Erzeugung dar. Während Nahwärme nach wie vor ausschließlich aus erdgasbetriebenen Blockheizkraftwerken stammt, ist der erneuerbare Anteil der Fernwärmeversorgung mit Inbetriebnahme des Biomasse-Heizkraftwerks II deutlich angestiegen. Zudem wirken regenerative Einspeiser wie Biogasanlagen und dem biogenen Anteil der Müllverbrennungsabwärme als klimawirksame Verbesserung des Fernwärmemix. So konnten 2012 erstmals die Hälfte der Fernwärme aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden. Mehr als 75 % der regenerativen Erzeugung stammt aus Biomasse, bis zu 20 % aus biogenen Müllanteilen, bis zu 10 % aus einspeisenden Biogasanlagen.

STROM

Als Strom wird allgemein die Bewegung von Ladungen und damit die Übertragung von elektrischer Energie vom Erzeuger zum Verbraucher bezeichnet. Jede Stromerzeugungsanlage erhöht hierbei die Energie im gesamtdeutschen Stromverbund während der Verbraucher diese wieder absenkt. In diesem Sinne ist die kommunale Stromerzeugung nicht als lokale Energieerzeugung zu verstehen sondern vielmehr als Gutschrift auf die dem bundesweiten Stromnetz entnommene Energie in Höhe der Einspeisung. Aus diesem Grund lassen sich auch überregionale Erzeugungskapazitäten in den kommunalen Strommix mit einbeziehen solange eine Beteiligung und damit mögliche Einflussnahme auf diese existiert.

Abb. 46 | Stromerzeugung der SWU durch eigene Anlagen und Beteiligungen (seit 2006)



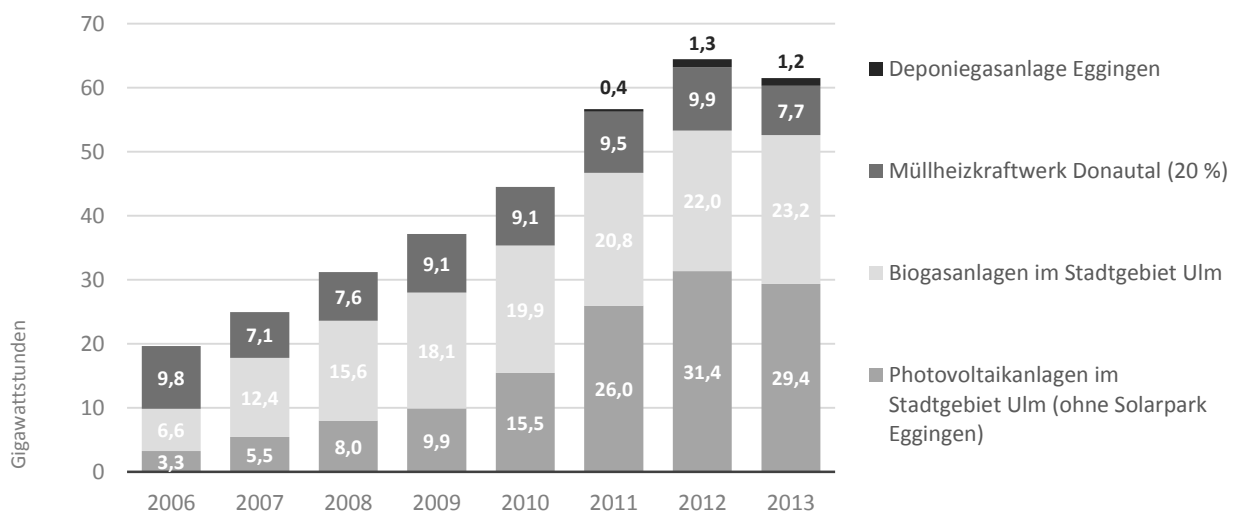
Anmerkungen: Die vorliegende Darstellung basiert im Wesentlichen auf Primärdaten der SWU und FUG sowie auf EEG-Veröffentlichungen der TransnetBW. Die Stromerzeugung des Kraftwerks Lünen und Hamm sowie Spitzenstrommengen stammen als Sekundärdaten aus SWU-Geschäftsberichten. Aus unbekanntenen Gründen weichen die Primärdaten allerdings von den lückenhaft veröffentlichten Daten in Umwelt- und Geschäftsberichten der SWU ab. Auch die Stromerzeugungsmengen von EEG-Anlagen weisen teilweise deutlich von den veröffentlichten Mengen der TransnetBW ab. Die Stromerzeugung der Heizkraftwerke Magirusstraße für 2006 basiert auf Schätzungen. Für die BHKWs Herbrechtingen und Blaubeuren können erst ab 2010 Sekundärdaten aus Geschäftsberichten verwendet werden. Ab 2014 muss das BHKW Niederstotzingen als eigenständige Beteiligung (50 %) bilanziert werden. Eigene Darstellung (Quelle: SWU, FUG, TransnetBW)

Die kommunale Stromerzeugung besteht aus zwei Beiträgen. Zum einen erzeugen die Stadtwerke Strom in eigenen Kraftwerken oder durch Beteiligungen, zum anderen wird auf dem Stadtgebiet Strom durch privat betriebene Kleinanlagen eingespeist. Während die Erzeugung der Stadtwerke allen Kunden, auch außerhalb des Stadtgebietes, gutgeschrieben werden muss und damit nur anteilig in der kommunalen Stromerzeugung berücksichtigt werden kann, werden die Einspeisemengen von privaten Kleinerzeugern nach dem Territorialprinzip vollständig eingerechnet. Auch hierbei nimmt das Müllheizkraftwerk im Donautal eine Sonderstellung ein und wird mit 20 % entsprechend dem Aufwandsanteil der Stadt Ulm im kommunalen Stromerzeugungsmix berücksichtigt.

Die SWU konnte im Jahr 2013 insgesamt 649,0 GWh Strom erzeugen, von denen 176,1 GWh aus eigenständig betriebenen Anlagen und 472,9 GWh aus Kraftwerksbeteiligungen gutgeschrieben werden. Der Großteil der Erzeugung trägt das GuD-Kraftwerk Hamm bei, mit dessen Inbetriebnahme sich die Stromerzeugung im Jahr 2008 mehr als verdreifachte. Aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für GuD-Kraftwerke in Deutschland, ist die wirtschaftliche Zukunft jedoch ungewiss ist.³² Seit 2013 leistet auch das Stein-kohlekraftwerk Lünen einen bedeutenden Anteil der Stromerzeugung und wird diesen weiter ausbauen.

Zwischen 2006 und 2013 hat sich die Stromerzeugung aus Wasserkraft von 92,1 GWh auf 121,4 GWh deutlich erhöht, was auf Effizienzsteigerungen vorhandener Anlagen, aber vor allem auf den Ausbau des Kraftwerks Böfinger Halde im Jahr 2010 und die Inbetriebnahme des Wasserkraftwerks Mainz-Kostheim im Jahr 2009 zurückzuführen ist. 2013 erzeugten die Wasserkraftwerke der SWU insgesamt 110,0 GWh Strom. Hinzu kommen die Beteiligungen in Kostheim mit 11,1 GWh und Herbrechtingen mit einer EEG-Menge von 0,3 GWh. Das private Kleinst-Wasserkraftwerk in Ulm-Eggingen erzeugte knapp 7 MWh nach EEG vergüteten Strom, der vollständig auf den Ulmer Strommix angerechnet werden kann, hier aber aufgrund der Geringfügigkeit vereinfacht der SWU-Stromerzeugung zugerechnet wird.

Abb. 47 | Entwicklung der kommunalen Stromerzeugung aus Privatanlagen im Stadtgebiet Ulm (seit 2006)



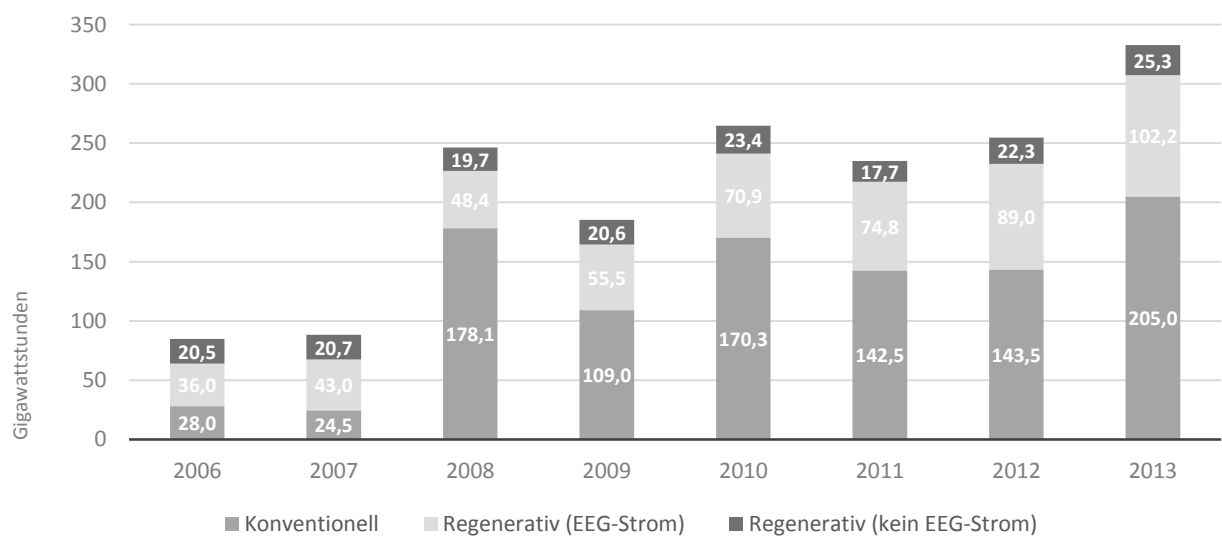
Eigene Darstellung (Quelle: TransnetBW, FUG, SWU)

³² Eine Konservierung des GuD-Kraftwerkes Hamm ist 2015 möglich, womit auch die Stromerzeugung wegfallen würde.

Zu der Stromerzeugung aus Blockheizkraftwerken werden auch die Biogasanlage in Aulendorf und die Beteiligungen an den Anlagen in Herbrechtingen und Blaubeuren sowie das Holzgas-Heizkraftwerk Senden gezählt. Auch die Stromerzeugung aus KWK-Anlagen im Contracting werden durch der *SWU* hierbei berücksichtigt. Lastspitzen in Höhe von 1,1 GWh jährlich werden mit Hilfe einer Gasturbine kurzfristig ausgeglichen. Die Stromeinspeisung aus den Heizkraftwerken der FUG wird zu über 80 % durch die beiden Biomasse-Anlagen gewährleistet, die aufgrund von EEG-Fördergeldern mit maximaler Auslastung gefahren werden.

Während die Stromerzeugung der *SWU* nur mit einem Marktanteil von 35 % auf den kommunalen Energie-Erzeugungsmix angerechnet wird (siehe auch Absatz 7.2),³³ lassen sich die Strommengen privater Erzeugungsanlagen im Stadtgebiet mit Ausnahme des MHKW im Donautal, das nur zu 20 % bewertet wird, vollständig anrechnen. 2013 wurden laut EEG-Daten insgesamt 53,8 GWh durch Biogas- und Photovoltaikanlagen sowie die Deponiegasturbine in Eggingen erzeugt (Abb. 47). Dabei sind 55 % der Strommenge auf Photovoltaik, 43 % auf Biogas und nur 2 % auf Deponiegas zurückzuführen. Zum ersten Mal seit 2006 fiel die Stromerzeugung aus Photovoltaik geringer als im Jahr zuvor aus, was neben der geringeren Globalstrahlung auch auf einen, im Rahmen von gesunkenen Fördergeldern, stark verlangsamten Ausbau zurückzuführen ist.

Abb. 48 | Konventionelle und regenerative kommunale Stromerzeugung der Stadt Ulm (seit 2006)



Eigene Darstellung

Zusammengefasst lag die kommunale Stromerzeugung der Stadt Ulm 2013 bei insgesamt 332,6 GWh mit einem regenerativen Anteil von 38 % und einem EEG-geförderten Anteil von 31 % (Abb. 48). Der wichtigste Primärenergieträger ist Erdgas, der mit 45 % an der kommunalen Stromerzeugung beteiligt ist, gefolgt von Wasserkraft mit weiteren 15 % (Tab. 13). Klimarelevant ist vor allem Steinkohle, dessen Anteil auch in den nächsten Jahren deutlich zunehmen wird, während Heizöl nur für die Stromerzeugung der FUG verwendet wird und im kommunalen Strommix vernachlässigt werden kann.

³³ Der Marktanteil der SWU lag seit 2010 zwischen 31 % und 42 % und wird unmittelbar auf die kommunale Stromerzeugung angerechnet. Da keine Daten vor 2010 vorliegen wird hier von einem pauschalen Marktanteil von 35 % ausgegangen.

Tab. 13 | Kommunale Stromerzeugung der Stadt Ulm nach Endenergieträger (seit 2006)

ENDENERGIETRÄGER	JAHRESSTROMERZEUGUNG (GWh)							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ERDGAS	19,7	18,8	172,0	101,6	162,1	135,6	138,3	150,7
WASSERKRAFT	32,2	33,4	32,3	33,9	43,6	31,7	39,3	50,7
STEINKOHLE	3,4	2,1	2,3	2,9	3,5	2,1	0,3	50,5
PHOTOVOLTAIK	3,3	5,5	8,1	10,8	16,4	26,8	32,5	30,6
BIOMASSE	9,5	8,8	8,3	8,7	9,9	7,9	10,7	16,4
BIO-/HOLZ-/DEPONIEGAS	6,7	12,4	15,7	18,2	20,0	21,2	23,8	26,0
MÜLL	9,8	7,1	7,6	9,1	9,1	9,5	9,9	7,7
HEIZÖL	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
GESAMT	84,6	88,2	246,2	185,1	264,7	235,0	254,8	332,6

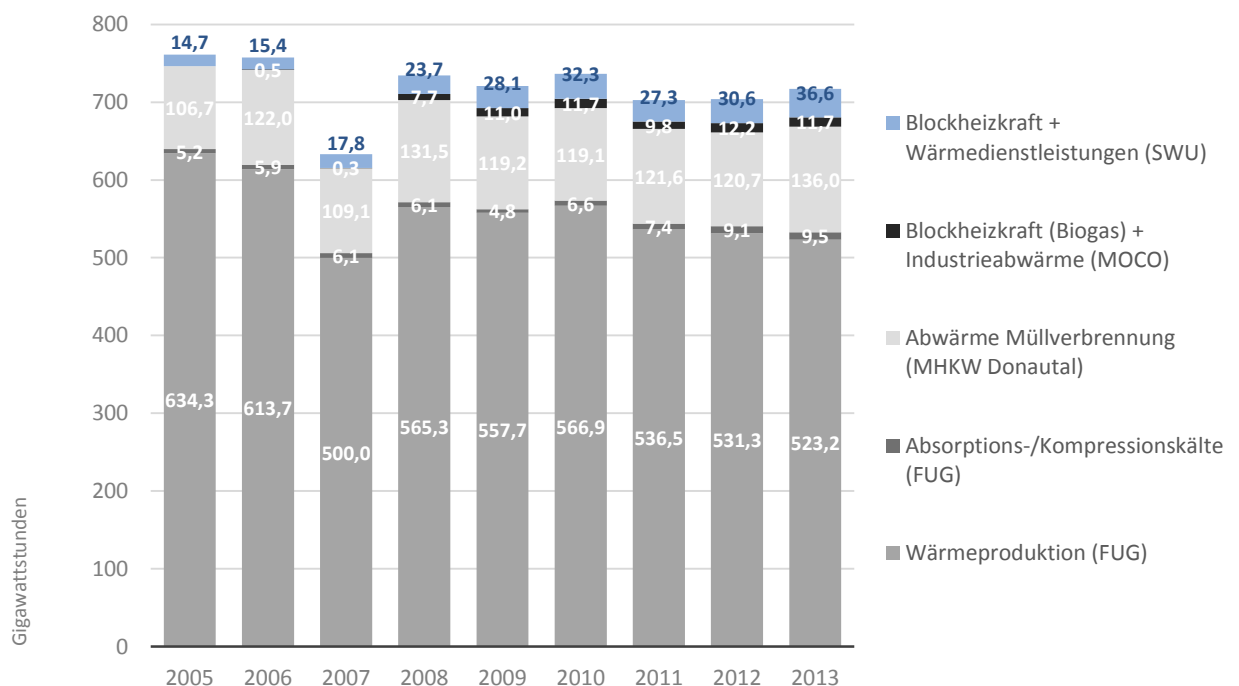
In Gigawattstunden (GWh)

Eigene Darstellung

NAH- & FERNWÄRME

Mit Ausnahme des Jahres 2007, das durch einen sehr milden Winter geprägt war, lag der aufsummierte Fernwärmeabsatz der beiden Versorger auf einem relativ konstanten Niveau, mit einer stagnierenden Fernwärmeabsatz die *FUG* und einem deutlichen Anstieg des Nahwärmeabsatzes der *SWU* (siehe Abb. 49). Die Erhöhung der Versorgungsleistung der SWU ist auf die Errichtung neuer Blockheizkraftwerke und den Ausbau der Wärmedienstleistungen im Rahmen von Contracting-Anlagen und damit auf die Erschließung neuer Versorgungsgebiete zurückzuführen. Da die Zahl der Abnahmestellen ansteigt und dadurch die kumulierte Anschlussleistung zumindest auf gleichem Niveau gehalten werden kann, ist der Wärmeabsatz der *FUG* ein unmittelbares Produkt der jeweiligen klimatischen Bedingungen im Geschäftsjahr.

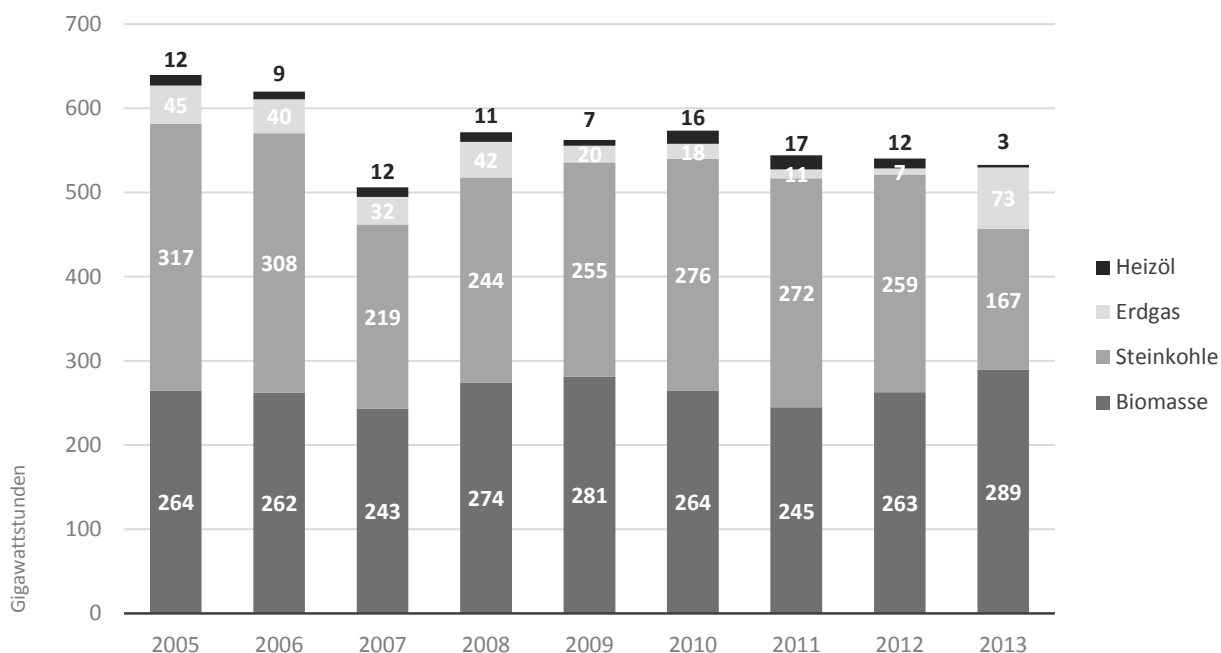
Abb. 49 | Nah- und Fernwärmeerzeugung in Ulm nach Bereitstellungsart (seit 2005)



Eigene Darstellung (Quelle: FUG, SWU)

Im Bilanzjahr³⁴ 2013 wurden insgesamt 717,0 GWh Fern- und Nahwärme durch die beiden Versorger bereitgestellt. Die Erzeugung erfolgt bedarfsgerecht und ist daher mit der Höhe des Verbrauchs identisch. 73 % der Energie wurde als Fernwärme durch die Heizkraftwerke der *FUG* erzeugt, weitere 19 % wurden durch das MHKW im Donautal eingespeist. Insgesamt 5 Biogasanlagen sowie eine industrielle Abwärmeeinrichtung lieferten zusätzlich annähernd 2 % der Endenergie. Die SWU verteilte 36,6 GWh Nahwärme in Inselnetzen auf dem Stadtgebiet, konnte aber nur 5,9 GWh durch eigene Blockheizkraftwerke bereitstellen. Demzufolge ist die Differenz den Privatanlagen zuzuordnen, die als Wärmedienstleistung durch die *SWU* betrieben werden.

Abb. 50 | Fernwärmeerzeugung der FUG nach Primärenergieträger (seit 2005)



Anmerkungen: Aufgrund der eingeschränkten Datenlage, die den Wärmeoutput aus den verschiedenen Kesseln des HKW Magirusstraße, der beiden Biomasse-Kraftwerke und der Heizwerken Daimlerstraße sowie Fort Albeck als kumulierten Wert angibt, unterstellt diese Darstellung den gleichen Wirkungsgrad für alle Kraftwerke. Da dieser Sachverhalt nicht der Realität entspricht, wird der tatsächliche regenerative Anteil von dieser Bilanzierung abweichen. (Eigene Darstellung)

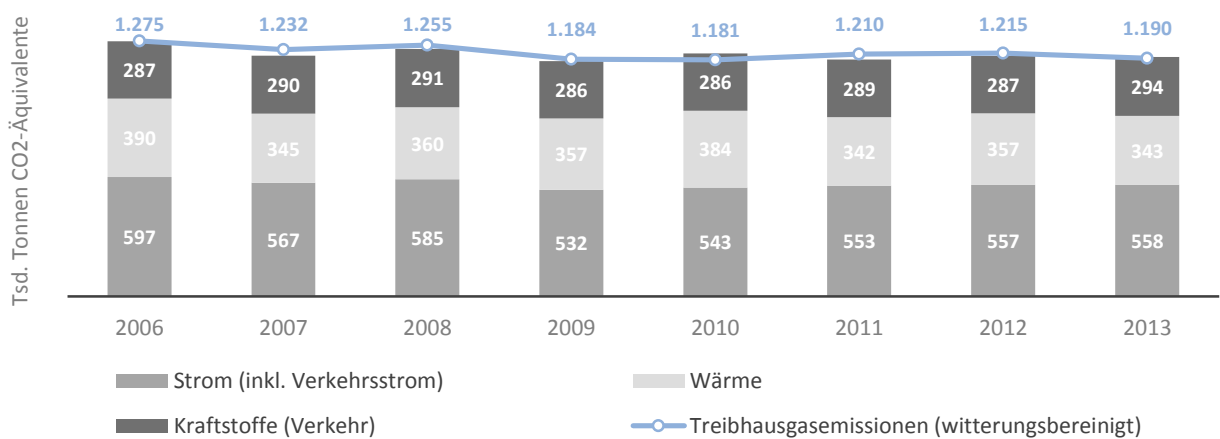
Die Fernwärmeerzeugung der *FUG* wird ohne Berücksichtigung von Fremdeinspeisungen durch das Müllheizkraftwerk oder Biogasanlagen im Wesentlichen durch Biomasse und Steinkohle bestimmt. So stammt etwa die Hälfte der Fernwärme aus Verbrennung von Waldrestholz und ein weiteres Drittel aus der Verbrennung von Steinkohle. Mit der Stilllegung eines Kohlekessels sank der Steinkohleverbrauch im Jahr 2013 jedoch stark ab und wurde sowohl durch Biomasse als auch Erdgas substituiert (Abb. 50).

³⁴ Das Geschäftsjahr der Fernwärme Ulm GmbH endet unterjährig Ende September. Dadurch kommt es zu Abgrenzungsfehlern in der witterungs-bereinigten Wärmeverteilung und der Höhe der Strom einspeisung in das SWU-Netz.

4.3. TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Die kommunalen Treibhausgasemissionen lagen im aktuellen Bilanzjahr 2013 nicht witterungsbereinigt bei über 1.195 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalenten. Mit Ausnahme des Jahres 2006, als höhere Emissionen zu verzeichnen waren, lagen diese damit absolut betrachtet auf dem gleichen Niveau der Vorjahre seit 2007 (Abb. 51). Eine Witterungsbereinigung des Wärmesektors korrigiert die aktuelle Bilanz nur marginal nach unten offenbart aber auch stagnierende Emissionen seit 2009. Gegenüber dem im Klimaschutzkonzept gewähltem Referenzjahr 2010 fällt eine geringe Steigerung in Höhe von 10 Tsd. Tonnen kaum ins Gewicht. Mit 558 Tsd. Tonnen war der Stromverbrauch für annähernd 47 % der kumulierten THG-Emissionen verantwortlich. Der Wärmebedarf verursachte 29 % der Emissionen, die restlichen 25 % fallen dem Verkehrssektor zu.

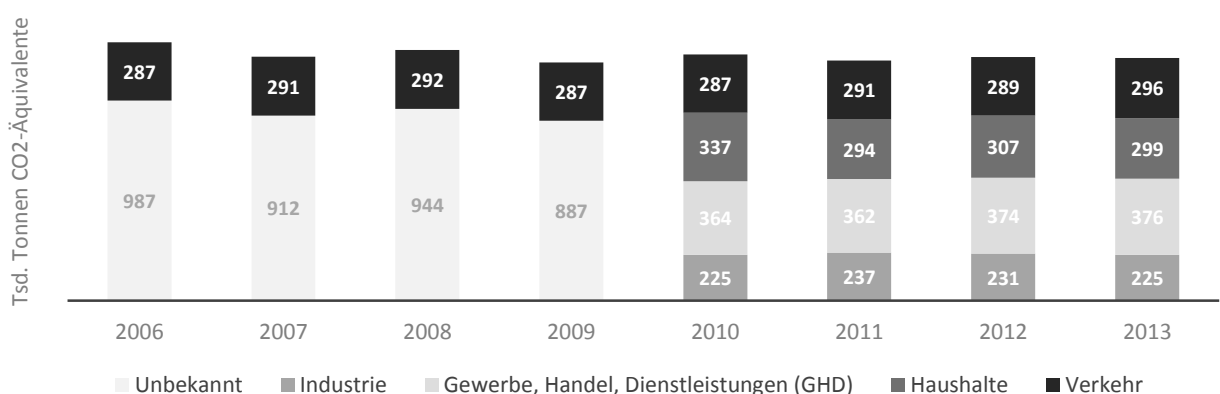
Abb. 51 | Energiebedingte THG-Emissionen der Stadt Ulm nach Energienutzungsart (seit 2006)



Eigene Darstellung

Der größte Verursacher der Emissionen ist der GHD-Sektor, der 2013 mit 376 Tsd. Tonnen für 31 % der Gesamtemissionen verantwortlich war. Die Verursachergruppen Haushalte und Verkehr lagen auf annähernd identischem Niveau und emittierten zusammen 50 % der Treibhausgase. Industriebetriebe bilden mit 19 % der Gesamtemissionen den kleinsten Verursacher.

Abb. 52 | Endenergieverbrauch der Stadt Ulm nach Verursacher (seit 2006)

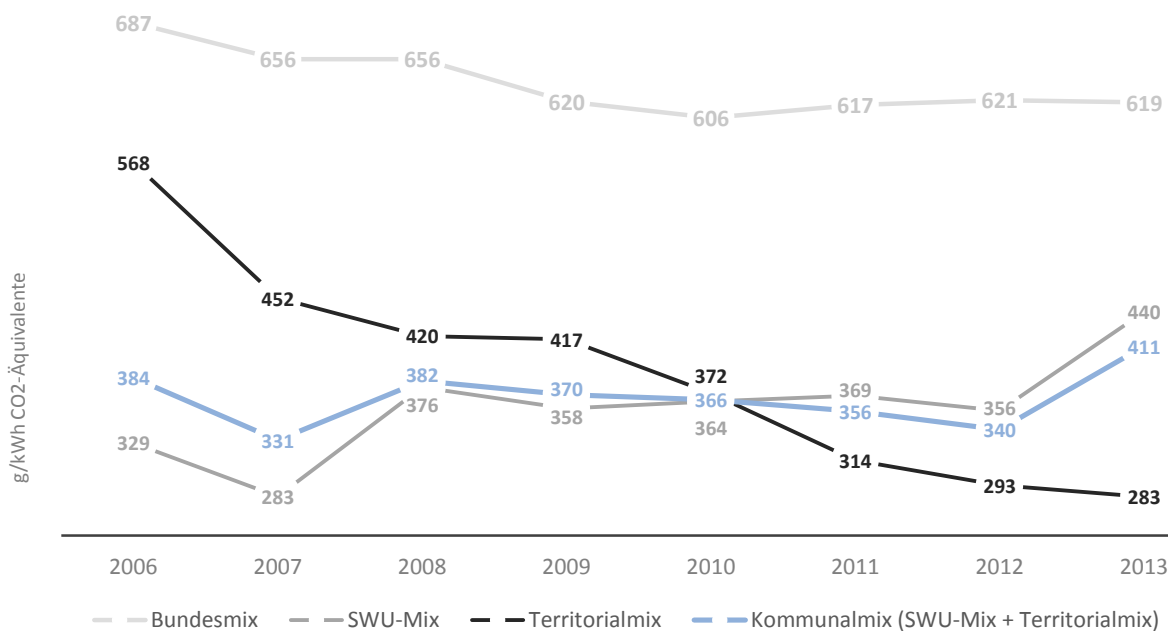


Eigene Darstellung

STROM

Für eine vergleichbare und amtliche Treibhausgasbilanzierung des Stromsektors muss der gesamte Stromverbrauch mit dem Emissionsfaktor des bundesweiten Strommix bilanziert werden. Im Rahmen eines kommunalen Klimaschutzkonzeptes ist es allerdings sinnvoll, auch die kommunale Stromerzeugung zu berücksichtigen, damit den Investitionen der Stadtwerke und Bürger in erneuerbare oder saubere Energiequellen Rechnung getragen werden kann. Für den Stadtkreis Ulm führt diese Art der Bilanzierung zu deutlich geringeren Emissionsfaktoren im Vergleich zum bundesweiten Faktor (Abb. 53). Dabei berücksichtigt der *SWU*-Strommix die gesamte Stromerzeugung aus eigenen Anlagen sowie allen Kraftwerken in Beteiligungen, abhängig von der Höhe der jeweiligen Beteiligung. Im Territorialmix Ulm werden anteilig 20 % der Nettostromeinspeisung des MHKW Donautal bilanziert sowie die volle Höhe der Stromerzeugung aus den privaten Photovoltaik- und Biogasanlagen und der Deponiegasanlage Eggingen. Aus der nach Stromerzeugung gewichteten Kombination des Strommix der *SWU* und des Territorialmix der Stadt Ulm, folgt der spezifischen Emissionsfaktor des Ulmer Kommunalmix.

Abb. 53 | Spezifische endenergiebezogene Emissionsfaktoren der kommunalen Stromversorgung

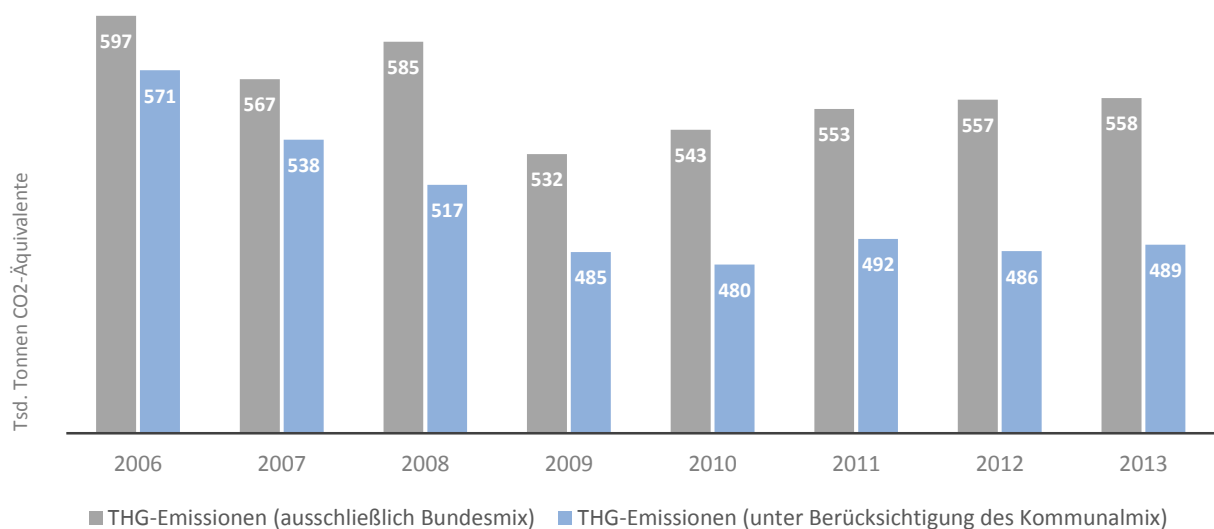


Eigene Darstellung

Während dieser 2012 noch bei 340 g/kWh CO₂-Äquivalenten lag, stieg er 2013 mit Inbetriebnahme des Kohlekraftwerks Lünen stark an und verschlechterte sich auf 411 g/kWh. Dennoch lag er immer noch deutlich unter dem Emissionsfaktor des bundesweiten Strommix, der 2013 mit 619 g/kWh taxiert werden muss. Auch der spezifische Emissionsfaktor der SWU-Stromerzeugung war mit 440 g/kWh deutlich besser als der Bundesmix und lag in seiner Gesamtheit etwa auf dem Niveau eines modernen GuD-Kraftwerks. Mit Erhöhung der anteiligen Erzeugung aus Steinkohle und dem eventuellen Rückgang der Erzeugung aus Erdgas ist allerdings mit einer Verschlechterung des kommunalen Emissionsfaktors zu rechnen.

Im Bilanzjahr 2013 wurden 558 Tsd. Tonnen Treibhausgase durch den Stromverbrauch verursacht und damit 47 % der gesamten kommunalen Emissionen. Mit insgesamt 49 % stellt der GHD-Sektor aufgrund des höchsten Stromverbrauchs auch den größten Treibhausgasverursacher dar, gefolgt von Industriebetrieben mit 30 % und Haushalten mit 20 %. Die Emissionen aus dem Verkehrssektor stellen keinen bedeutenden Anteil dar. Eine Bilanzierung des Stromverbrauchs unter Berücksichtigung der kommunalen Eigenerzeugung würde aufgrund des geringen Emissionsfaktors zu einer Treibhausgasreduktion von über 69.000 Tonnen gegenüber der Bilanzierung mit dem Emissionsfaktor des deutschen Strommix führen (Abb. 54). Unter Berücksichtigung des Kommunalmix kann absolut gesehen eine Verringerung der Emissionen gegenüber dem Jahr 2006 um über 82 Tsd. Tonnen ausgemacht werden, während im gleichen Zeitraum die mit Bundesmix bilanzierten Emissionen nur einen Rückgang von 39 Tsd. Tonnen aufweisen konnten. Gegenüber dem Referenzjahr 2010 ist sowohl im Bundesmix als auch im Kommunalmix ein leichter Anstieg der Emissionen zu verzeichnen, der zwar auch auf eine leichte Erhöhung des Strombedarfs, aber vor allem auf einen stagnierenden Emissionsfaktor sowohl im Bundesmix als auch im Kommunalmix zurückzuführen ist.

Abb. 54 | Kommunale THG-Emissionen des Stromverbrauchs mit und ohne Kommunalmix (seit 2006)



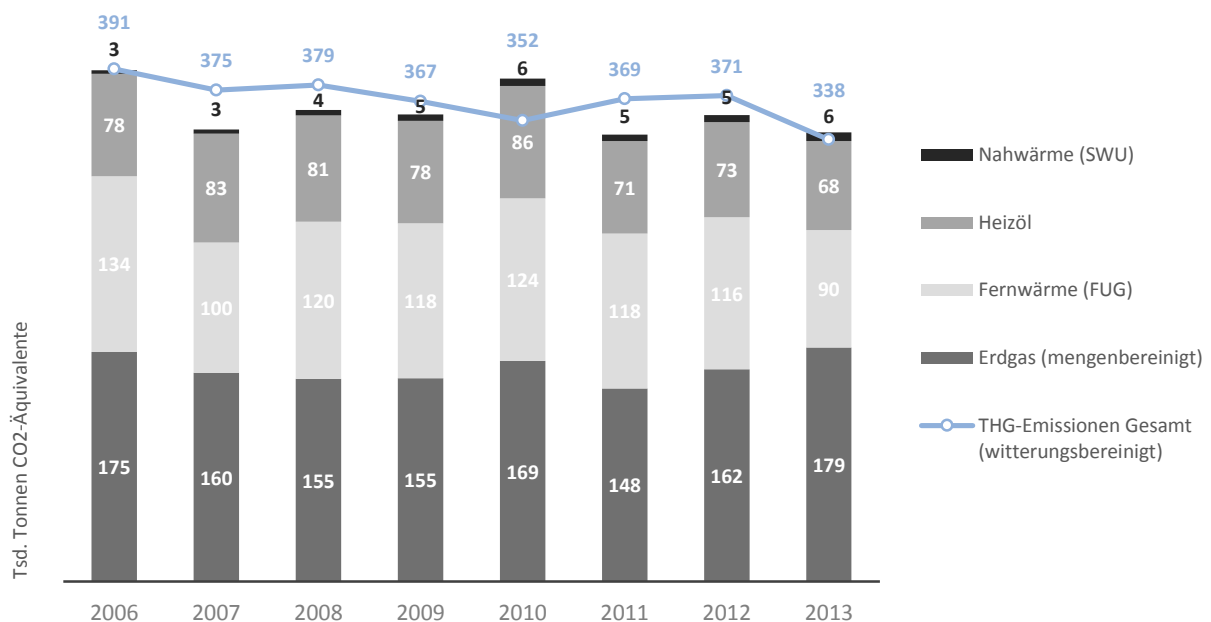
Eigene Darstellung

Die Inbetriebnahme des *Trianel*/GuD-Kraftwerks Hamm im Jahr 2008 verursacht einen abrupten Anstieg der kommunalen Stromerzeugung und geht mit einer deutlichen Reduktion der THG-Emissionen einher. Bei gleichem Stromverbrauch wurde ein großer Teil des bundesweiten Strommix durch die relativ saubere Verbrennung von Erdgas ersetzt. Seit 2008 stagniert die nachhaltige Entwicklung und hat erst wieder im Jahr 2013 mit Inbetriebnahme des *Trianel* Steinkohlekraftwerks Lünen an Fahrt gewonnen. Hier allerdings aufgrund des schlechten Emissionsfaktors in die entgegengesetzte Richtung. Dass Emissionen unter Berücksichtigung des Kommunalmix im Jahr 2013 trotz deutlich verschlechtertem Emissionsfaktor nicht angestiegen sind, lässt sich darauf zurückführen, dass mit Inbetriebnahme des Kohlekraftwerks Lünen ein Teil der Anteil der kommunalen Stromerzeugung ausgebaut werden konnte und mit einem Emissionsfaktor bilanziert wird, der nach wie vor besser als der bundesweite Strommix ausfällt.

WÄRME

Von den 343 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalenten, die durch die Wärmebereitstellung 2013 verursacht wurden, sind 52 % auf den Einsatz von Erdgas, 26 % auf Fernwärme und 20 % auf Heizöl zurückzuführen (Abb. 55). Die Gesamtemissionen werden damit beinahe vollständig durch diese drei Energieträger bestimmt während Nahwärme und Umweltwärme (Biomasse, Solarthermie und Geothermie) kaum ins Gewicht fallen. Witterungsbereinigt ist ein Rückgang der Emissionen um 53 Tsd. Tonnen seit 2006 zu verzeichnen. Die deutlichste Entwicklung kann die Fernwärmebereitstellung verzeichnen. So wurden 2013 über 44 Tsd. Tonnen weniger Treibhausgase als im Jahr 2006 emittiert. Insgesamt fällt die Reduktion an Treibhausgasen durch die Inbetriebnahme Biomasse-HKW II allerdings geringer aus als erwartet. Ein hoher Erdgaseinsatz und bis 2013 geringe Auslastung der Biomasse-Kraftwerke verhindern hier einen deutlicheren Abschlag.

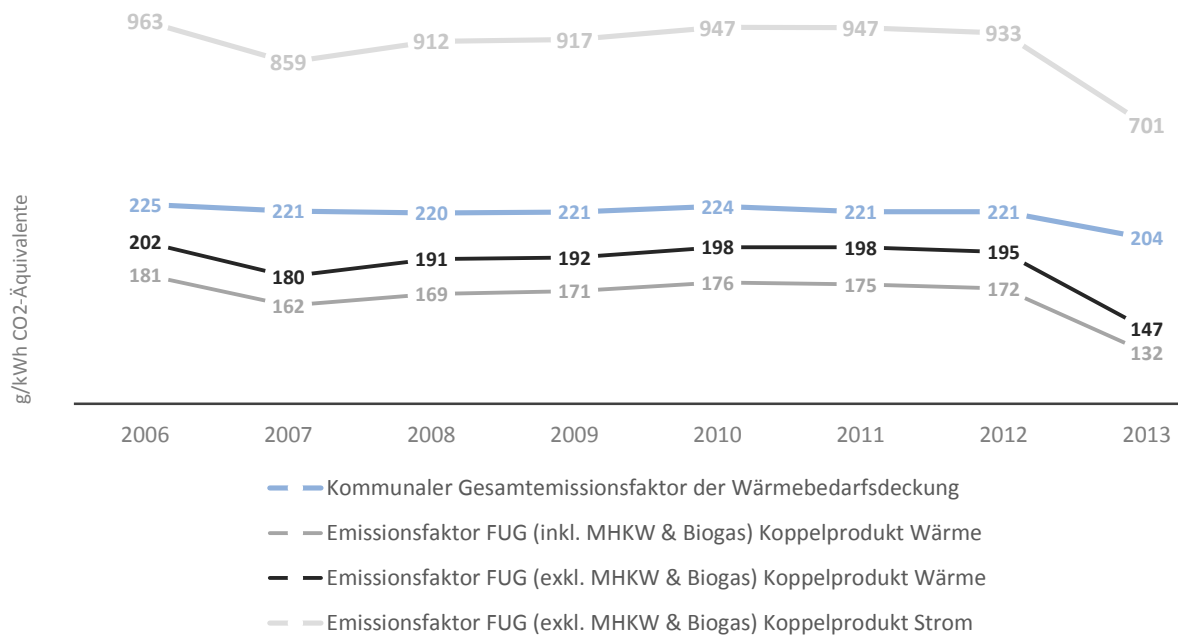
Abb. 55 | Treibhausgasemissionen des kommunalen Wärmebedarfs (seit 2006)



Eigene Darstellung

Die Emissionsfaktoren der kommunalen Wärmebereitstellung können größtenteils unmittelbar über den Einsatz von Primärenergieträgern aus Steinkohle, Erdgas, Heizöl und Holz bestimmt werden. Ausnahmen hiervon bilden die Wärmeerzeugung aus Blockheizkraftwerken (Biogas und Erdgas), aus dem MHKW Donautal und Anlagen der Umweltwärme (Biomasse, Solarthermie und Geothermie). Die Bilanzierung des Stromverbrauchs von Stromheizungen wie Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen erfolgt aufgrund der fehlenden Abgrenzbarkeit indirekt über den Stromverbrauch. Bei einer geschätzten Wärmebereitstellung von 1,8 GWh im Jahr 2013 lag der Strombedarf bei einer ungefähren Jahresarbeitszahl von 3,5 bei gerade einmal 0,5 GWh und kann innerhalb des Wärmesektors vernachlässigt werden. Deutlich höher dürfte der Endenergieverbrauch von Nachtspeicheröfen einzuschätzen sein. Dieser ist aufgrund der schlechten Datenlage allerdings nicht darstellbar.

Abb. 56 | Spezifische endenergiebezogene Emissionsfaktoren der kommunalen Wärmeversorgung



Eigene Darstellung

Die *Fernwärme Ulm GmbH* setzte im Berichtsjahr 2013 insgesamt 834,9 GWh Primärenergie (Steinkohle, Erdgas, Heizöl und Biomasse) in 532,8 GWh Fernwärme und 93,7 GWh Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung um und weist damit einen kombinierten Wirkungsgrad von 75 % auf. Unter Berücksichtigung der spezifischen Emissionen der eingesetzten Primärenergien wurden hierfür annähernd 156 Tsd. Tonnen Treibhausgase emittiert, was einem endenergiebezogenem Gesamtemissionsfaktor von 248 g/kWh entspricht. Dieser Emissionsfaktor kann mit Hilfe der exergetischen Methode (Carnot-Wirkungsgrad) auf die beiden Koppelprodukte Strom und Wärme alloziiert werden.³⁵ Dadurch wird die Stromerzeugung aufgrund des geringen Wirkungsgrades mit einem Emissionsfaktor von 701 g/kWh belastet, während Wärmeerzeugung mit 147 g/kWh bilanziert werden muss. Unter Berücksichtigung der Abwärmeeinspeisungen aus dem MHKW Donautal und aus privaten Biogasanlagen³⁶ reduziert sich der Emissionsfaktor der *FUG* weiter auf 132 g/kWh. Damit lag er auf dem bisher niedrigsten Niveau aller Zeiten, was auf die Inbetriebnahme des Biomasse-HKW II zurückzuführen ist und auf die gleichzeitige Stilllegung eines Kohlekessels, der durch den verstärkten Einsatz von Erdgas substituiert werden konnte. Unter Berücksichtigung aller wärmebedingten Treibhausgasemissionen errechnet sich ein kommunaler Gesamtemissionsfaktor von 204 g/kWh und liegt damit unter dem Emissionsfaktor für reine Erdgasheizungen (Abb. 56). Aufgrund einer geringen Verfügbarkeit der Biomasse-Kraftwerke im Berichtsjahr 2013, ist von einer weiteren Absenkung des Emissionsfaktors im Jahr 2014 auszugehen.

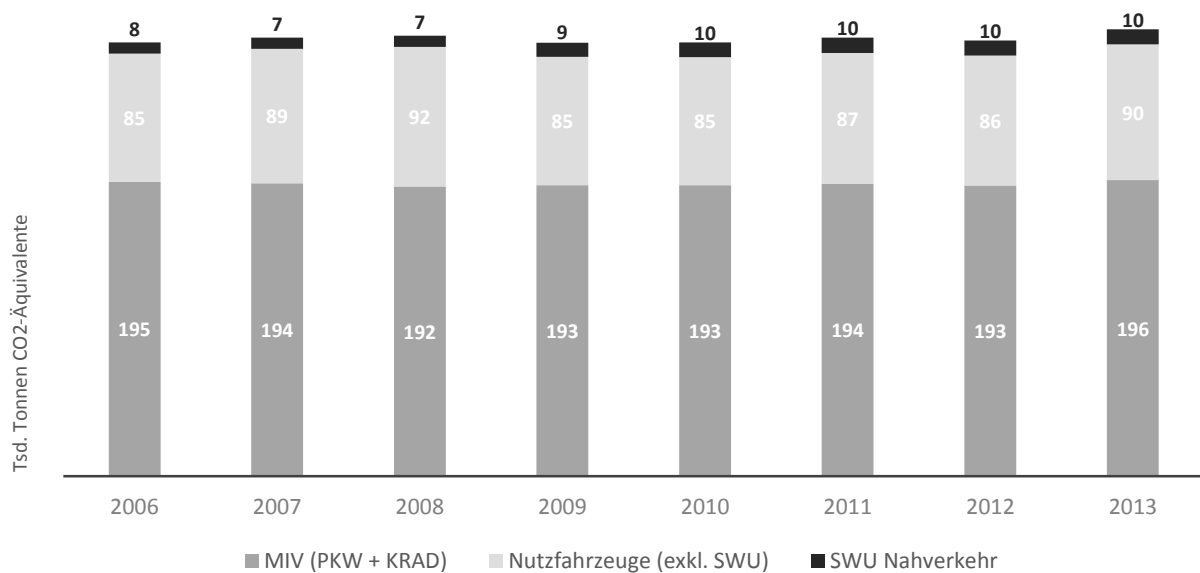
³⁵ Hierbei wird unterstellt, dass sich der Kraftwerkspark der FUG wie ein virtuelles Kraftwerk mit dem Gesamtwirkungsgrad von 75 % verhält.

³⁶ Die Abwärme des MHKW Donautal wird mit einem Emissionsfaktor von 77 g/kWh belastet, die Abwärme aus Biogasanlagen mit 109 g/kWh.

KRAFTSTOFFE (VERKEHR)

Die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors liegen seit 2006 unverändert bei etwa 290 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalenten. Dabei lässt sich erkennen, dass eine kontinuierliche Verringerung von Emissionen aus Ottokraftstoffen annähernd vollständig durch eine Erhöhung der Emissionen aus Dieselmotoren einhergeht. Der Anteil der anderen Kraftstoffe Flüssiggas, Erdgas und Strom konnte absolut betrachtet zwar stark zunehmen, ist aber nach wie vor mit einem Anteil von unter einem Prozent relativ unbedeutend für die Gesamtemissionen im Verkehrssektor. Ziemlich genau zwei Drittel der Treibhausgase werden durch die Verbrennung von Dieselmotoren emittiert, während annähernd ein Drittel durch die Verbrennung von Ottokraftstoffen entsteht.

Abb. 57 | Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors in Ulm nach Verursacher (seit 2006)



Eigene Darstellung

Erwartungsgemäß stellt der motorisierte Individualverkehr mit 66 % den Hauptverursacher der Verkehrsemissionen 2013 dar (Abb. 57). Nutzfahrzeuge erzeugten 30 % der Treibhausgase, der SWU Nahverkehr war für etwas mehr als 3 % verantwortlich. Von den insgesamt 9.900 Tonnen sind 1.800 Tonnen auf den Stromverbrauch der Straßenbahn zurückzuführen, die einen deutlich geringeren Verkehrsanteil im Vergleich zu Bussen aufweist. Dies verdeutlicht die Relevanz des Strommix für den Einsatz elektrifizierter Verkehrsmittel. Denn selbst der Stromerzeugungsmix der SWU, obgleich deutlich besser als der deutschlandweite Strommix, besitzt mit 440 g/kWh immer noch einen schlechteren Emissionsfaktor als Diesel oder Benzin.

5. POTENZIALANALYSE



Potenziale unterscheidet man im Allgemeinen nach dem Grad ihrer Realisierbarkeit. Bei der Wahl der zu untersuchenden Potenziale ist dabei vor allem wichtig auf welcher Ebene des Prozessmanagement man sich befindet (Abb. 58). Während theoretische Potenziale implizite Randbedingungen vorgeben, sind auf Konzeptebene die technischen Potenziale von größter Bedeutung. So beschreibt die auf das gesamte Stadtgebiet einfallende Globalstrahlung zwar das theoretische Solarpotenzial, für die Einhaltung langfristiger Klimaschutzziele ist aber das Dachflächenpotenzial von entscheidender Bedeutung. Welche Dachflächen sich auch wirtschaftlich für eine Solaranlage eignen und welche Flächen am Ende tatsächlich durch photovoltaische oder solarthermische Anlagen erschlossen werden können, bleibt -der Analyse auf Programm- bzw. Umsetzungsebene überlassen.

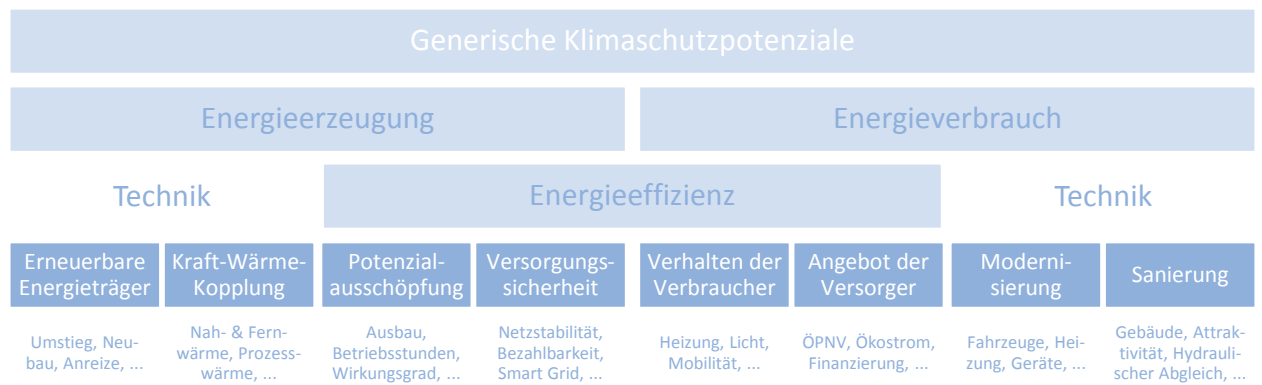
Abb. 58 | Potenzialanalysen im Prozessmanagement



Eigene Darstellung

Alle Klimaschutzpotenziale lassen sich in eine generische Struktur einbetten, die es erleichtert den Überblick über eine schier unerschöpfliche Vielfalt an Möglichkeiten zu bewahren (Abb. 59). Beschränkt man sich auf energiebedingte Emissionen und die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit, gibt es nur die zwei Handlungsfelder Energieverbrauch und Energieerzeugung, denen sich alle vorhandenen Potenziale zuordnen lassen. Die oftmals priorisierte Energieeffizienz ist als Unterkategorie einzuordnen, da eine Steigerung der Effizienz mit der Erhöhung eines Wirkungsgrades einhergeht und dieser stets auf der Erzeuger- oder Verbraucherseite umzusetzen ist. Während Energieeffizienzmaßnahmen den Einsatz vorhandener Ressourcen optimieren, versucht die gleichbedeutende technische Komponente die vorhandenen energieumsetzenden Hilfsmittel selbst durch Erneuerung oder Verbesserung zu optimieren.

Abb. 59 | Struktur und Handlungsfelder generischer Klimaschutzpotenziale



Eigene Darstellung

Genau dieser Sachverhalt ist die Ursache für eine enge Verzahnung von Energiebedarf und Energieeffizienz. So sind die Einsparpotenziale von Treibhausgasemissionen nicht unmittelbar in der Reduktion der Anzahl energiebezogener Geräte, sondern vielmehr in der Steigerung der Effizienz ebendieser durch veränderten Gebrauch oder Erneuerung zu suchen. Dabei wird Effizienz durch den spezifischen Energieeinsatz bezogen auf eine Bezugseinheit definiert. Von Bedeutung sind hier vor allem der Pro-Kopf- und Pro-Flächen-Verbrauch, aber auch der Energieverbrauch pro Wirtschaftsleistung (gemessen am Bruttoinlandsprodukt oder der Bruttowertschöpfung) sowie pro Erwerbstätigen stellen wichtige Effizienzindikatoren dar.

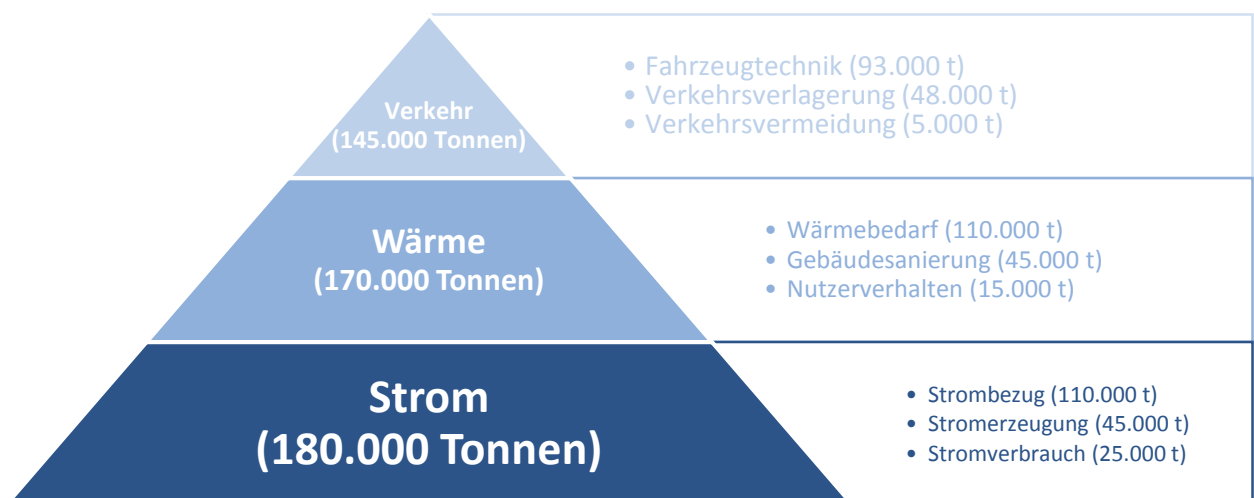
Einer unelastischen und nur eingeschränkt beeinflussbaren Nachfrage nach Strom, Wärme und Kraftstoffen wird im Rahmen des Klimaschutzes vor allem durch eine Veränderung der **Energieerzeugung** entgegengewirkt. Hierzu setzen gesetzliche Rahmenbedingungen meist finanzielle oder restriktive Anreize um regenerative Energiequellen zu stärken, mit dem langfristigen Ziel die konventionelle Energiebereitstellung zu minimieren. Aufgrund der dezentralen und fluktuierenden Natur erneuerbarer Energiequellen muss dabei ein besonderes Augenmerk auf deren Integration in das bestehende Energienetz gelegt werden. Intelligente dezentrale Stromnetze (*Smart Grids*) sollen die Versorgungssicherheit unter den schwankenden Randbedingungen gewährleisten. Damit werden aber auch Stadtwerke und regionale Energienetze und damit auch die Kommunalpolitiker verstärkt in die Verantwortung genommen. Das Ziel einer nachhaltigen Stadtentwicklung muss daher die Integration einer optimierten kommunalen Energieerzeugung mit höchstmöglichen erneuerbaren Energieträgeranteil in das bestehende Energienetz sein, ohne die Versorgungssicherheit zu gefährden.

Auch der **Energieverbrauch** lässt sich nur durch zwei grundsätzliche Handlungsfelder beeinflussen. Entweder durch die Änderung der Effizienz oder die Verbesserung der Technik. Im Wärmesektor wird dies beispielsweise durch richtiges Heizen und Lüften bzw. durch den Austausch des Heizungskessels oder die Sanierung des Gebäudes erreicht. Im Stromsektor kann Energie bei der Beleuchtung oder beim Kochen und Waschen gespart werden, oder der Kühlschrank wird durch ein sparsameres Gerät ausgetauscht. Im Verkehrssektor werden Wege vermieden bzw. durch den Umweltverbund ersetzt oder der PKW wird durch ein effizienteres Modell oder alternativen Antrieb ersetzt. Dabei ist jedoch stets zu bedenken, dass der Austausch eines Gerätes nur dann klimawirksam ist, wenn der Energie- und Rohstoffaufwand für die Herstellung des Neugerätes die erzielten Einsparungen während der Nutzungsdauer nicht wiederum vollständig egalisiert (**Lebenszyklusanalyse**).

Um Potenziale abgrenzen und gegebenenfalls erschließen zu können, ist es wichtig die Zielgruppen zu kennen. So war der GHD-Sektor im Bilanzjahr mit 49 % der größte Verursacher des Stromverbrauchs, dicht gefolgt von der Industrie mit 28 %. Erst dann folgen öffentliche Einrichtungen und Haushalte mit jeweils etwa 20 % Verbrauchsanteil. Zunächst gilt es die Einsparpotenziale innerhalb der öffentlichen Einrichtungen ausfindig zu machen, die sich in unmittelbarem Einfluss der Gemeinde und des Landes befinden. Parallel hierzu muss eine Initiative zur individuellen Mobilisierung der Dienstleistungsbranche und des verarbeitenden Gewerbes gestartet werden. Das etablierte Kooperationsprojekt *ÖKOPROFIT* kann hierbei als Plattform dienen. Aufgrund der geringeren Hürden neigt die Kommunalpolitik in Deutschland dazu, zunächst die Einsparpotenziale der Haushalte mobilisieren zu wollen. Dies ist zwar durchaus sinnvoll, sollte aber im Bereich des Stromsparens nicht als oberste Priorität angesehen werden.

Die im Rahmen dieser Analyse erfassten Einsparpotenziale richten sich nach den Klimaschutzzielen der Stadt Ulm. So werden aus der unerschöpflichen Vielzahl vorhandener Potenziale und diejenigen dargestellt, die in erster Linie für die Einhaltung des nächsten Zwischenziels bis 2030 von Relevanz sind. Danach müssen die jährlichen Treibhausgase um mindestens 480.000 Tonnen CO₂-Äquivalente gesenkt werden um eine Einsparung in Höhe von 20 % bezogen auf das Basisjahr 2010 zu erreichen. Den größten Beitrag hierzu wird voraussichtlich der Stromsektor leisten, der sich durch ein einfach zu erschließendes Potenzial des Ökostrombezugs von Ulmer Kleinverbrauchern auszeichnet. Ein gleichbedeutendes Potenzial findet sich im Wärmesektor, das durch eine konsequente Modernisierung des Heizungsbestands, den Ausbau der Solarthermie und dem Verzicht auf heizölbeheizten Wohnraum erschlossen werden kann. Das höchste Potenzial im Verkehrssektor basiert auf eine EU-weite Begrenzung der spezifischen Emission für Neufahrzeuge bis 2020. Dieses Potenzial erscheint auf den ersten Blick von rein passiver Natur zu sein, ohne Beeinflussbarkeit auf kommunaler Ebene. Jedoch deutet sich bereits heute an, dass der Kraftfahrzeugbestand in einer wirtschaftsstarken Region verstärkt aus Fahrzeugen mit hohem Verbrauch besteht und nicht dem Durchschnitt der deutschen Fahrzeugflotte entspricht. Hier gilt es passive Anreize für sparsame Fahrzeuge zu setzen und eine konsequente Aufklärungsarbeit zu leisten.

Abb. 60 | Kommunale Einsparpotenziale zur Einhaltung der Klimaschutzziele bis 2030



5.1. POTENZIALE IM STROMSEKTOR

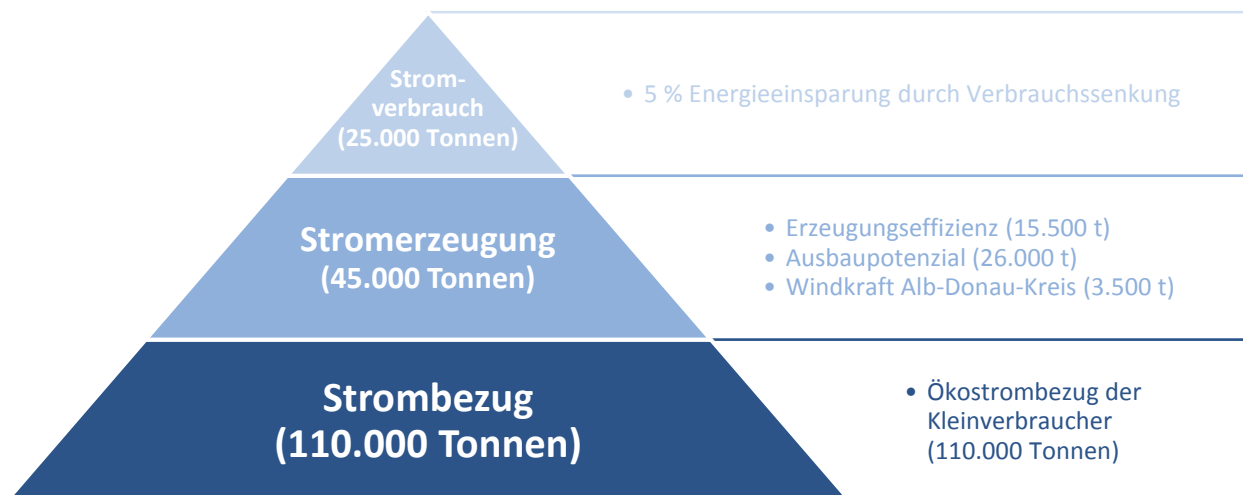
Der Stromverbrauch ist mit etwa 900 GWh für rund 26 % des Endenergieverbrauchs in Ulm verantwortlich und weist seit 2006 eine leicht steigende Tendenz auf. Aufgrund des geringen Wirkungsgrades der Elektrizitätserzeugung, weist Strom allerdings einen hohen spezifischen Emissionsfaktor von 619 g/kWh auf (ohne Berücksichtigung der kommunalen Stromerzeugung) und verursachte damit im Jahr 2013 annähernd 47 % der kommunalen Treibhausgasemissionen. Zu den wichtigsten langfristigen Einsparpotenzialen zählt daher in erster Linie die Erzeugerseite mit dem Ziel den Emissionsfaktor zu minimieren.

Abb. 61 | Kommunale Leitsätze zur Einhaltung der Klimaschutzziele im Stromsektor

STROMBEZUG	STROMERZEUGUNG	STROMVERBRAUCH
<ul style="list-style-type: none"> Alle Haushalte werden bis 2030 mit qualitativ hochwertigem Ökostrom beliefert! 	<ul style="list-style-type: none"> Die SWU erhöht ihre Eigenenerzeugung auf 100 % des Stromverkaufs. Photovoltaik wird bis 2030 von 30 GWh auf 60 GWh Stromerzeugung pro Jahr verdoppelt! 	<ul style="list-style-type: none"> Der jährliche Strombedarf sinkt bis 2030 um 5 Prozent!

Auf Erzeugerseite besteht der Anreiz die Bestandsanlagen mit möglichst hoher Auslastung zu fahren. Zudem optimieren Neuanlagen den Energiemix und sichern die Eigenenerzeugung des Strombedarfs. Das Ausbaupotenzial privater Anlagen beschränkt sich dabei im Wesentlichen auf den Neubau von Photovoltaikanlagen. Aber auch die kommunale Beteiligung an regionalen Windkraftanlagen ist eine Option. Hohe kurzfristig realisierbare Potenziale lassen sich gerade auch auf Verbraucherseite ausmachen. Zu diesen zählen der Austausch stromfressender Altgeräte und die Befolgung einfacher Stromsparmaßnahmen. Aber auch auf den langfristigen Strukturwandel im Erzeugungsmarkt haben Verbraucher einen enormen Einfluss, wenn sie konsequent Ökostrom durch ihre Lieferanten beziehen. Mit Hilfe von Herkunftsnachweisen und Qualitätssiegeln lässt sich dabei sicherstellen, dass der Strombezug auch wirklich die Energiewende vorantreibt.

Abb. 62 | Kommunale Einsparpotenziale zur Einhaltung der Klimaschutzziele im Stromsektor



STROMERZEUGUNG (EFFIZIENZ)

Zu den naheliegenden Potenzialen gehört die Erhöhung der Stromerzeugung aus bestehenden Kraftwerken, die mit direkter oder indirekter Beteiligung der Stadt Ulm zum Kommunalmix beitragen. Dazu gehören alle Anlagen, die kürzere Betriebszeiten aufweisen, als sie unter optimalen Randbedingungen erreichen sollten. Zu den großen Hebeln zählt hier vor allem die Stromerzeugung aus dem Kohlekraftwerk Lünen und dem GuD-Kraftwerk Hamm, die 2013 beide aus wirtschaftlichen Gründen unter ihrem angestrebten Nennbetrieb blieben. Aber auch die im Jahr 2014 bereits teilweise realisierte Stromerzeugung aus dem verspätet in Betrieb genommenen Windpark Borkum sowie der zu erwartende Regelbetrieb des Holzgas-Heizkraftwerks Senden werden einen positiven Einfluss auf die kommunale THG-Bilanz haben.

Bei Nennbetrieb der Erzeugungsanlagen im Bestand würde die jährliche Stromerzeugung der SWU unter Berücksichtigung aller Beteiligungen auf einen Referenzwert von 1.126 GWh ansteigen und damit 476 GWh über dem realisierten Niveau von 2013 liegen (Tab. 14). Mit Bezug auf den gesamten SWU-Stromverkauf im Jahr 2013 in Höhe von 1.152 GWh, würde dies einen Deckungsgrad von 98 % implizieren³⁷ und nur einen geringen weiteren Ausbaubedarf der Eigenerzeugung nach sich ziehen. Erklärtes Ziel der SWU ist es, die verkaufte Strommenge mittelfristig vollständig durch eigene oder anteilige Stromerzeugungskapazitäten bereitzustellen. Hierdurch könnte im Rahmen der kommunalen Treibhausgasbilanz der gesamte Stromverkauf auf dem Stadtgebiet Ulm auch mit dem Emissionsfaktor der SWU bewertet werden und müsste nicht anteilig mit dem deutlich schlechteren bundesweiten Strommix belastet werden.

Tab. 14 | Kommunale Stromerzeugungspotenziale in Bestandsanlagen

STROMERZEUGUNGSANLAGE	ELEKTRISCHE NENNLEISTUNG (anteilig)	JAHRESVOLLLASTSTUNDEN (Schätzwerte bezogen auf die Nennleistung)	JÄHRLICHES STROMERZEUGUNGSPOTENZIAL	ABWEICHUNG ZUM BILANZ-JAHR 2013
ERZEUGUNGSANLAGEN DER SWU				
GU-D-KRAFTWERK HAMM (TRIANEL)	79,6 MW	< 6.000 h	478 GWh	+ 180 GWh
STEINKOHLKRAFTWERK LÜNEN (TRIANEL)	39,6 MW	< 8.000 h	317 GWh	+ 201 GWh
WASSERKRAFTWERKE	22,4 MW	> 5.800 h	130 GWh	+ 9 GWh
BLOCKHEIZKRAFTWERKE ¹⁾	11,6 MW	> 5.800 h	68 GWh	+ 8 GWh
WINDKRAFTANLAGEN	10,0 MW	ca. 4.000 h	40 GWh	+ 40 GWh
HOLZGAS-HEIZKRAFTWERK SENDEN	5,0 MW	< 7.200 h	36 GWh	+ 32 GWh
PHOTOVOLTAIKANLAGEN	3,0 MW	ca. 1.000 h	3 GWh	0 GWh
ERZEUGUNGSANLAGEN DER FUG				
HEIZKRAFTWERK MAGIRUSSTRASSE	7,5 MW	> 1.300 h	10 GWh	+ 2 GWh
BIOMASSE-HEIZKRAFTWERK I	4,5 MW	> 5.600 h	26 GWh	+ 4 GWh
BIOMASSE-HEIZKRAFTWERK II	2,5 MW	ca. 7.200 h	18 GWh	0 GWh
KOMMUNALE PRIVATANLAGEN				
PHOTOVOLTAIKANLAGEN	34,3 MW	ca. 1.000 h	34 GWh	+ 5 GWh
BLOCKHEIZKRAFTWERKE (BIOGAS)	3,8 MW	> 6.500 h	25 GWh	+ 2 GWh
MÜLLHEIZKRAFTWERK DONAUTAL (TAD)	2,1 MW	ca. 4.800 h	10 GWh	+ 2 GWh
DEPONIEGASANLAGE (PURE POWER)	0,2 MW	ca. 6.500 h	1 GWh	0 GWh
GESAMT	226,1 MW	-	1.196 GWh	+ 485 GWh

¹⁾ Inkl. SWU Biogas-BHKW Aulendorf

Eigene Darstellung

³⁷ Die realisierte Eigenerzeugung der SWU lag 2013 bei 650 GWh und erreichte damit nur einen Deckungsgrad von 56 % der Stromverkaufsmenge.

Neben den bestehenden Stromerzeugungspotenzialen der Stadtwerke, lag auch der Nennbetrieb kommunaler Privatanlagen in der Vergangenheit leicht über dem im Jahr 2013 erreichten Niveau. Insgesamt könnte die kommunale Stromerzeugung der Stadt Ulm im Nennbetrieb aller bestehenden Anlagen von realisierten 333 GWh im Jahr 2013 um über 50 % auf etwa 520 GWh ausgebaut werden.³⁸ Bei einem Gesamtverbrauch von etwa 900 GWh wäre aktuell somit ein Deckungsgrad von 58 % realisierbar während im Bilanzjahr 2013 nur 37 % erreicht wurden. Obwohl sich der spezifische Emissionsfaktor des Kommunalmix von 368 g/kWh auf etwa 430 g/kWh verschlechtern würde, würden sich aufgrund der höheren Eigenbedarfsdeckung dennoch **Treibhausgas-Einsparpotenziale in Höhe von 15.500 Tonnen** ergeben.



EXKURS • WINDPARK BORKUM

Der *Trianel* Windpark Borkum liegt etwa 45 km nördlich der namensgebenden Insel in der Nordsee und umfasst in der vollständigen Ausbauphase 80 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 400 MW. Die Anlagen der Firma *Areva* besitzen eine Gesamthöhe von 178 Metern und werden in etwa 30 Meter Wassertiefe verankert. Nach Baubeginn 2011 wurden die ersten 40 Anlagen der 1. Ausbauphase Anfang 2015 in Betrieb genommen und liefern bei 3.500 bis 4.000 Vollnutzungsstunden im Jahr etwa 700 bis 800 GWh Strom im Jahr.

Dies *SWU* ist neben 32 anderen Stadtwerken und der Betreiberfirma *Trianel* Gesellschafter des Windparks und mit 5 % am Windpark beteiligt, was einer Leistungsscheibe von 10 MW entspricht. Damit können dem kommunalen Strommix der Stadt Ulm mit Beginn der regulären Betriebsaufnahme etwa 35 bis 40 GWh regenerativer Stromerzeugung jährlich gutgeschrieben werden. Gegenüber 2013 erhöht sich damit die kommunale Nettostromerzeugung von etwa 330 GWh auf 365 bis 370 GWh jährlich während der geringe Emissionsfaktor von 4 g/kWh für Offshore-Windenergie den Gesamtemissionsfaktor des kommunalen Strommixes von 359 g/kWh auf bis 329 g/kWh senken und damit über 20.000 Tonnen CO₂-Äquivalente einsparen könnte. Das entspricht einer Reduktion der kommunalen Gesamtemissionen um annähernd 2 %.

Dass diese Reduktion nicht höher ausfällt, liegt am Einfluss des Steinkohlekraftwerks Lünen, das mit einem spezifischen Emissionsfaktor von 888 g CO₂-Äquivalenten pro kWh die kommunale THG-Bilanz belastet. Würde die Anlage keinen Strom produzieren, würde zwar die kommunale Stromerzeugung von 520 GWh auf 394 GWh fallen, sich aber gleichzeitig auch der Emissionsfaktor auf 280 g/kWh verbessern. Die fehlende Eigenerzeugung würde durch den Bundesmix mit einem Emissionsfaktor von 617 g/kWh substituiert werden und damit die Emissionen senken. Insgesamt würden sich dadurch die THG-Emissionen um weitere 34.500 Tonnen reduzieren. Der negative Einfluss des Kraftwerks Lünen auf den kommunalen Emissionsfaktor ist damit stärker zu bewerten als der positive Beitrag zur kommunalen Stromerzeugung.

Verstärkt wird dieser negative Effekt auch durch die unsichere Zukunft des *Trianel* GuD-Kraftwerks Hamm. Während sich die anteilige Stromerzeugung der *SWU* aus Lünen im Jahr 2014 auf 247 GWh erhöhte und damit bereits 78 % der Nennleistung erreichte, fiel die Strommenge aus Hamm auf 158 GWh stark ab. Eine 2015 umgesetzte Änderung der Gesellschafterbedingungen entlässt die Ulmer Stadtwerke sogar ganz aus der Abnahmepflicht, während der Betreiber versucht durch einen optimierten Betrieb in die Gewinnzone zu fahren. Im Worst-Case-Szenario würde ein vollständiger Erzeugungsstopp des GuD-Kraftwerks Hamm bei gleichzeitiger Vollausslastung des Kohlekraftwerks Lünen die kommunale Stromerzeugung im besten Fall³⁹

³⁸ Dabei wird unterstellt, dass der *SWU*-Stromabsatz im Stadtgebiet Ulm auch mittelfristig etwa 40 % des gesamten Stromabsatzes ausmacht. Daraus folgt, dass 450 GWh der 1.126 GWh Stromerzeugung im Nennbetrieb dem Kommunalmix der Stadt Ulm zugerechnet werden können.

³⁹ Im Nennbetrieb aller anderen Erzeugungsanlagen und unter Vollausslastung des Windparks Borkum und der Holzgasanlage Senden.

gegenüber 2013 konstant halten aber gleichzeitig den Emissionsfaktor auf über 440 g/kWh verschlechtern, wodurch die Emissionen im Vergleich zu 2013 um bis zu 25.000 Tonnen steigen würden. Sollte die Stromerzeugung aus Hamm bei 150 GWh verharren und das Kohlekraftwerk Lünen mit 300 GWh in die Gewinnzone geführt werden, ist mit einer Abwertung des Emissionsfaktors auf etwa 430 g/kWh zu rechnen und mit einem Anstieg der Treibhausgas-Emissionen um über 10.000 Tonnen CO₂-Äquivalente.

STROMERZEUGUNG (AUSBAU)

Paradoxerweise sind Gas- und Dampfkraftwerken, trotz der fehlenden wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, langfristig nicht aus der deutschen Energiewende wegzudenken, weil sie unverzichtbare und flexible Regelernergie bereitstellen und nachhaltig auch mit künstlich erzeugtem Erdgas, das aus Power-To-Gas-Verfahren gewonnen wird, betrieben werden können. Aus diesem Grund sind die Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm nach wie vor an zwei Großbauvorhaben neuer GuD-Kraftwerke beteiligt, die sich unter den bisherigen gesetzlichen Rahmenbedingungen allerdings in einem „konservierten“ Zustand befinden und bis auf Weiteres nicht zur Umsetzung getrieben werden. So ist die SWU nach wie vor mit 2,5 % (30 MW Leistungsscheibe) an der Projektgesellschaft des ursprünglich für 2019 geplanten Trianel GuD-Kraftwerks Krefeld beteiligt, das bei Umsetzung eine anteilige Strommenge von 180 GWh pro Jahr bereitstellen könnte. Prestigeträchtig ist auch das aus Eigeninitiative gestartete Großprojekt eines 900 MW bis 1.200 MW GuD-Kraftwerks in Leipheim, das rechtzeitig mit Stilllegung des Kernkraftwerks Gundremmingen den Regelbetrieb aufnehmen soll. Mit einer langfristigen Beteiligung von 10 % (90 MW bis 120 MW Leistungsscheibe) könnte dadurch eine anteilige Strommenge von 540 GWh bis 720 GWh jährlich erzeugt werden.



EXKURS • GAS-UND-DAMPF-KRAFTWERK LEIPHEIM

Um einer Engpasssituation durch die Stilllegung des Kernkraftwerks Gundremmingen 2017 und 2021 entgegenzuwirken und die Eigenerzeugung zu sichern, verfolgt die SWU das Ziel, ein 18 Hektar großes Gelände bei Leipheim zur genehmigungsfertigen Baureife für ein modernes Gas- und Dampfturbinenkraftwerk weiter zu entwickeln. Im Rahmen der Energiewende und des Klimaschutzes ist zu erwarten, dass sich die politischen Rahmenbedingungen dahingegen ändern, dass sich GuD-Kraftwerke rentabel betreiben lassen.

Das GuD-Kraftwerk Leipheim wird eine Nennleistung von 900 bis 1.200 MW besitzen und einen Wirkungsgrad von 60 % erreichen. Dabei plant die SWU eine Eigenbeteiligung von nur 10 % an der bau- und betriebsführenden Gesellschaft zu halten, was einer Leistungsscheibe von 90 MW bis 120 MW und mit 6.000 Jahresvolllaststunden einer Stromerzeugung von 540 GWh bis 720 GWh jährlich entsprechen würde.



EXKURS • GAS-UND-DAMPF-KRAFTWERK KREFELD-UERDINGEN

Die Planungen für das Trianel Gas- und Dampfkraftwerk im CHEMPARK Krefeld-Uerdingen reichen bereits viele Jahre zurück. Bereits 2007 war die SWU an den Planungen beteiligt und sicherte sich eine Leistungsscheibe von 50 MW, als an diesem Standort ursprünglich noch ein weiteres Steinkohlekraftwerk entstehen sollte. Im Rahmen der energiepolitischen Entwicklungen wurde 2008 aber entschieden dem boomenden Markt der Gas-Kraftwerke zu folgen.

Das GuD-Kraftwerk soll eine elektrische Leistung von 1.200 MW besitzen und mit Kraft-Wärme-Kopplung einen kombinierten Wirkungsgrad von 90 % erreichen. Die mittlerweile gesunkene Leistungsscheibe der SWU von 30 MW würde bei 6.000 Volllaststunden eine anteilige Stromerzeugung von 180 GWh jährlich bedeuten. Die Zukunft des Projekts ist jedoch ungewiss.

Unter angepassten Rahmenbedingungen ist es wahrscheinlich, dass zumindest eines dieser Großprojekte mittelfristig umgesetzt werden könnte und damit die fehlende Eigenerzeugung zur vollständigen Deckung des Stromverkaufs der SWU bis 2025 als realistisch einzustufen ist. Der Vergleich zum Geschäftsjahr 2014, in dem einem Stromabsatz in Höhe von 1.219 GWh nur eine Eigenerzeugung von 620 GWh gegenübersteht, verdeutlicht jedoch die große Abweichung der Realität. So besitzen bereits die bestehenden Anlagen im Nennbetrieb ein Stromerzeugungspotenzial von 1.126 GWh bei einem Emissionsfaktor von etwa 460 g/kWh und die Beteiligung an einem weiteren GuD-Kraftwerk könnte die Versorgungslücke von etwa 100 GWh problemlos schließen. In diesem Fall würde sich zwar der Emissionsfaktor kaum verbessern,⁴⁰ die erhöhte Eigenerzeugung könnte aber weitere **Treibhausgas-Einsparpotenziale in Höhe von 8.500 Tonnen** realisieren. Aufgrund fallender spezifischer Emissionen moderner GuD-Kraftwerke ist sogar von höheren Einsparungen auszugehen.⁴¹

Eine weitere Aufwertung des SWU-Stromerzeugungsmix kann durch den Ausbau von Wasserkraft erreicht werden. Diese stellt bereits heute den Grundpfeiler des regenerativen Stromanteils der SWU dar. So war Wasserkraft im Geschäftsjahr 2013 mit 110 GWh nach Erdgas und Steinkohle der dritt wichtigste Energieträger der SWU-Stromerzeugung und trug annähernd 19 % zur Gesamterzeugung bei. Aus Sicht der Klimabilanz ist Wasserkraft mit 3 g CO₂-Äquivalenten pro kWh erzeugtem Strom die sauberste Energieform und zudem aufgrund ihrer langen Nutzungsdauer äußerst wirtschaftlich zu betreiben. Von den zehn Anlagen der SWU sollen drei bis 2020 ausgebaut werden und das jährliche Erzeugungspotenzial um insgesamt 7,5 GWh steigern. Gleich zwei vollständige Neubauten sollen in Blaustein und Bellenberg entstehen und die regenerative Stromeinspeisung um weitere 12,3 GWh erhöhen (siehe Tab. 15). Hierdurch würde sich der zu erwartende Emissionsfaktor des SWU Strommix von 460 g/kWh auf 450 g/kWh verbessern, woraus ein relativ geringes zusätzliches **Treibhausgas-Einsparpotenziale in Höhe von 500 Tonnen** folgt.

Tab. 15 | Erschließbare regionale Wasserkraftpotenziale der Stadtwerke Ulm

ANLAGE	ART	GEPLANTER TERMIN	ERWEITERTE NENNLEISTUNG	JÄHRLICHES STROMERZEUGUNGSPOTENZIAL
BÖFINGER HALDE	Ausbau (KW Steinhäule)	2018	2.700 kW	5,4 GWh
WIBLINGEN	Ausbau (KW Sandhaken)	2019/2020	k.A.	1,1 GWh
ÖPFINGEN	Staufenerhöhung	2019	keine	1,0 GWh
BELLENBERG	Neubau	2020	2.700 kW	11,5 GWh
BLAUSTEIN	Neubau	zurückgestellt	145 kW	0,8 GWh
GESAMT	-	-	k.A.	19,8 GWh

Quelle: SWU

Dass solche Projekte zudem nicht ganz einfach umzusetzen sind, zeigt das Beispiel des ursprünglich geplanten Wasserkraftwerks bei Berg. Aufbauend auf eine über 25-jährige Vorlaufzeit, stand die SWU 2004 kurz vor dem Planfeststellungsverfahren für eine 1 MW Anlage an der Iller, das durch strengere Naturschutzauflagen jedoch verhindert wurde, bis die Pläne Anfang 2013 sogar vollständig aufgegeben werden mussten.

⁴⁰ Der spezifische THG-Emissionsfaktor eines GuD-Kraftwerks liegt bei 406 g/kWh Strom und damit nur leicht unter dem durch Nennbetrieb aller Anlagen bereits zu erwartenden SWU-Emissionsfaktor von etwa 460 g/kWh.

⁴¹ GEMIS 4.93 rechnet mit einem THG-Emissionsfaktor in Höhe von 387 g/kWh für moderne GuD-Kraftwerke im Jahr 2020.

Auch das Genehmigungsverfahren des seit 1994 geplanten Wasserkraftwerkes bei Bellenberg wurde im März 2015 von Seiten der Stadtwerke vorerst gestoppt. Zu groß sind die mit der Investition verbundenen Unsicherheiten. Selbst bei einer erfolgreichen Durchführung dieses Projektes ist davon auszugehen, dass weitere technischen Potenzials in der Region zumindest mittelfristig nicht erschlossen werden.



EXKURS • GEOTHERMIE

Neben den aufgeführten Erzeugungspotenzialen hat die SWU 2012 auch visionäre Erzeugungskapazitäten erkannt und sprach von einer möglichen Tiefengeothermieanlage die ab dem Jahr 2025 bis zu 40 GWh Strom jährlich bereitstellen könnte. Aufgrund fehlender Bereitschaftserklärungen wird dieses Potenzial hier allerdings nicht weiter berücksichtigt.

Neben der Stromerzeugung der Stadtwerke sind zudem private Kleinanlagen im Stadtgebiet von zentraler Bedeutung für den kommunalen Stromerzeugungsmix. Mit ihrer geografischen Lage befindet sich die Stadt Ulm in einem Gebiet mit einer relativ hohen solaren Globalstrahlung, die annähernd 100 kWh über dem langjährigen (1981 bis 2010) bundesweiten Mittelwert von 1.055 kWh pro Quadratmeter und Jahr liegt. Das macht gerade die Solarenergie zu der langfristig attraktivsten regenerativen Energiequelle, bestärkt durch das fehlende bzw. annähernd ausgeschöpfte Potenzial von Wind- und Wasserkraft sowie Biomasse. Das Solarpotenzial beschränkt sich dabei im Wesentlichen auf die Aktivierung brachliegender Dachflächen und die künstliche Überdachung von versiegelten Freiflächen. Reine Freiflächenanlagen (wie der EnBW Solarpark in Ulm-Eggingen) werden aufgrund des fehlenden Flächenpotenzials Ausnahmeprojekte bleiben.



EXKURS • BIOGAS

Auf kommunaler Ebene stellen mit Biogas betriebene Blockheizkraftwerke gerade für landwirtschaftlich geprägte Gemeinden eine attraktive regenerative Energiebereitstellung dar. Allerdings verdeutlichen gerade die Anlagen im Stadtgebiet Ulm auch die damit verbundenen Probleme. So mussten sich Anlagenbetreiber in Ulm-Gögglingen beispielsweise jahrelang mit Beschwerden von Anwohnern über eine Geruchsbelästigung und ein erhöhtes Verkehrsaufkommen zur Belieferung der Anlage mit Biomasse auseinandersetzen. Zudem kann die ethische Frage nach Verwendung von landwirtschaftlichen Flächen zur Energieerzeugung nicht zufriedenstellend beantwortet werden.

Auch aus Umweltgesichtspunkten sind Biogasanlagen nicht immer sinnvoll. Mit THG-Emissionsfaktoren von 423 g/kWh für Strom und 109 g/kWh für Wärme, besitzen sie das geringste Vermeidungspotenzial aller regenerativen Energien während sie gleichzeitig hohe Schadstoffemissionen generieren. Durch sinkende Vergütungssätze aufgrund der Novellierung des EEG 2014 ist auch der Zubau im Vergleich zum Jahr 2013 um 80 % auf ein historisches Tief eingebrochen. Potenziale bestehen deshalb aktuell vor allem in der Flexibilisierung und Optimierung bestehender Anlagen und weniger im Neubau.

Im Jahr 2013 erzeugten im Stadtgebiet Ulm bereits 1.865 Photovoltaikanlagen⁴² mit einer Gesamtleistung von 34,6 MWp eine Strommenge von 32 GWh bei einer Globalstrahlung von 1.082 kWh pro Quadratmeter. Hinzu kommt die nicht in der Energiebilanz berücksichtigte Freiflächenanlage der EnBW in Ulm-Eggingen mit einer Peakleistung von 6,5 MWp und einer jährlichen Stromerzeugung von etwa 6,9 GWh. Diesen Bestandsdaten steht ein deutlich höheres theoretisches Freiflächen- sowie Dachflächenpotenzial von 17 MWp sowie

⁴² Darunter 843 Freiflächenanlagen mit einer Peakleistung von 10,1 MWp und 1.022 Dachflächenanlagen mit einer Gesamtleistung von 24,5 MWp.

400 MWp gegenüber, das die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) auf Basis automatisierter Liegenschaftskarten, Laserscandaten und digitale Orthophotos zum Bilanzjahr 2012 berechnete. Dass dieses Potenzial in Wirklichkeit noch höher liegen könnte, begründet das Projekt SUN-AREA der Hochschule Ulm im Rahmen der Erstellung eines Solardachkatasters für die Stadt. Im November 2013 kommt das Projekt zu dem Ergebnis, dass sich von 42.092 untersuchten Gebäuden insgesamt 29.674 mit einer gesamten Dachfläche von 372,3 ha für die Installation einer Photovoltaikanlage eignen. Dabei ließe sich eine Gesamtleistung von 540 MWp nur auf Dachflächen realisieren, die einen Stromertrag von 367 bis 458 GWh jährlich bereitstellen könnten. Über 45 % der Dachflächen sind „sehr gut“ geeignet und könnten über 47 % der potenziellen Stromerzeugung realisieren (174 GWh). Dabei berücksichtigt diese Darstellung noch nicht das Flächenpotenzial versiegelter Parkraumflächen in Ulmer Industriegebieten, das bei annähernd 32 ha liegt. Eine künstliche Überdachung dieser Flächen könnte ein theoretische Kapazität von bis zu 60 MW Peakleistung bereitstellen und weitere Stromerzeugungsmengen von über 42 GWh ermöglichen. Ungeachtet der Tatsache, dass eine solch hohe fluktuierende Stromerzeugung nur begrenzt in bestehende Netzkapazitäten integriert werden kann ohne die Netzstabilität und damit die Versorgungssicherheit zu gefährden, offenbaren diese Zahlen dennoch das enorme Potenzial der Photovoltaik für den Ausbau der regenerativen Stromerzeugung innerhalb des Stadtgebiets Ulm. So ist die mittel-fristige Verdoppelung der Stromerzeugungskapazitäten von heute 30 GWh auf zukünftig 60 GWh jährlich als konservatives Ziel aufzufassen. Dennoch könnte bereits dieser Ausbau bis zu **17.000 Tonnen Treibhausgasen jährlich** einsparen. Jede Gigawattstunde Strom, die durch kommunale Photovoltaikanlagen und nicht durch den deutschen Strommix geliefert wird reduziert die Emissionen um über 500 Tonnen jährlich.



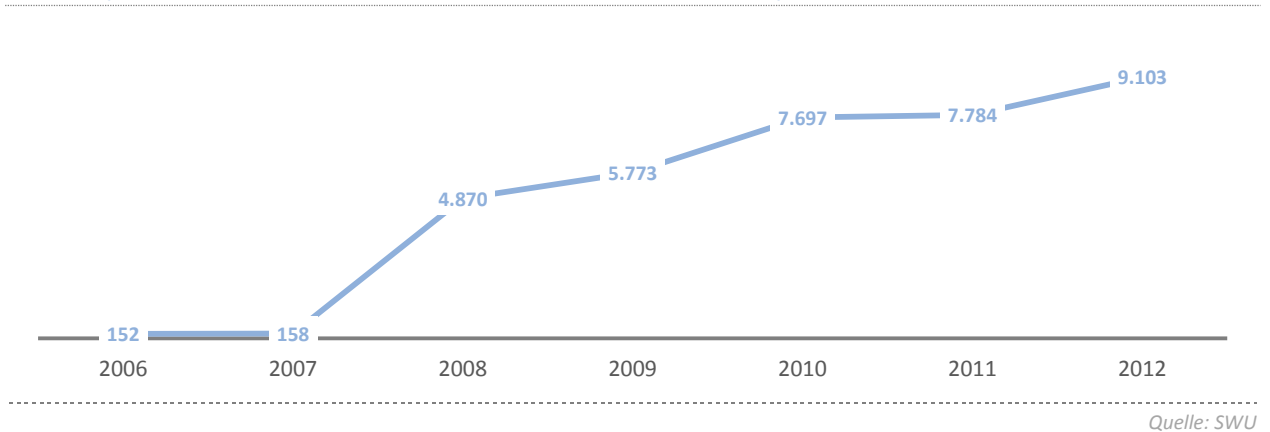
EXKURS • WINDKRAFT

Laut *Regionalverband Donau-Iller (RVDI)* werden im Alb-Donau-Kreis insgesamt 13 Vorranggebiete mit ca. 624 ha Fläche ausgezeichnet, die für die Errichtung von Windkraftanlagen geeignet wären (*Stand April 2015*). Dabei könnten zwischen 30 und 47 einzelner Windkraftanlagen mit einer Nennleistung von 90 bis 141 MW installiert werden. Bei 2.000 Vollbenutzungsstunden im Jahr könnten so zwischen 180 und 282 GWh regenerativ erzeugter Windstrom im Alb-Donau-Kreis bereitgestellt werden, was 20 bis 30 Prozent des jährlichen Strombedarfs der Stadt Ulm und 10 bis 20 Prozent des Strombedarfs des Alb-Donau-Kreises entspricht. Da kein Vorranggebiet auf dem Stadtgebiet Ulm liegt, kann eine Beteiligung nur indirekt über die Stadtwerke, Stadtverwaltung oder Bürger geschehen. Dabei könnte die Gutschrift aus der Stromerzeugung einer Anlage die kommunalen THG-Emissionen um über 3.500 Tonnen jährlich senken.

STROMBEZUG

Auch ohne den Anteil der regenerativen Stromerzeugung zu erhöhen, ist es möglich die Klimabilanz der Stadt zu stärken, indem Stromkunden aktiv auf den Bezug von „Ökostrom“ oder „Naturstrom“ setzen. Diese Vorgehensweise besitzt den Effekt einer langfristig nachfrageinduzierten Steigerung des Ökostromanteils durch die Erzeugerseite und stärkt Verantwortung und Einfluss der Endabnehmer. Denn die Energieversorger haben nach § 42 des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) dafür Sorge zu tragen, dass gelieferter Ökostrom auch im deutschen **Herkunftsnachweiseregister (HKNR)** registriert und entwertet wurde. Nach dem Monitoringbericht 2013 der Bundesnetzagentur bezogen bundesweit 16,7 % aller Haushalte Ökostrom und zahlten dafür durchschnittlich 28,4 ct/kWh (Stichtag 01.04.2014). Damit sind Ökostromtarife bereits heute günstiger als der mengengewichtete Durchschnittspreis über alle Tarifkategorien.

Abb. 63 | Anzahl der SWU-Kunden von NaturStrom im Standardlastprofil (seit 2006)



Für die Haushalte und Kleinverbraucher in Ulm ist der Anteil der Ökostromkunden unbekannt. Einzig die Anzahl der im Standardlastprofil (SLP) abgerechneten Kleinverbraucher der SWU, die *NaturStrom* beziehen, ist bekannt und weist einen deutlich positiven Entwicklungstrend auf (siehe Abb. 63). Unter annähernd 57.000 SLP-Verträgen Ende 2012 befanden sich bereits über 9.000 *NaturStrom*-Kunden und waren mit einem entsprechenden Anteil von 16,0 % bereits stärker vertreten als im bundesweite Schnitt von 14,4 % im gleichen Jahr. Insgesamt 88,9 % der *NaturStrom*-Kunden sind Privathaushalte während 11,1 % dem GHD-Sektor zuzuordnen sind. Bei einem durchschnittlichen Stromverbrauch der SLP-Kunden von 3.440 kWh entspricht dies einem ungefähren Ökostrombezug von geschätzten 31,3 GWh im Jahr 2012.⁴³



EXKURS • ÖKOSTROMLABEL

Herkunftsnachweise verhindern nicht die Möglichkeit, dass Energieversorger solche einkaufen, ohne den damit verbundenen Ökostrom auch tatsächlich zu beziehen. (*Greenwashing*). Dieser Sachverhalt kann allerdings durch Ökostromlabels verhindert werden (bspw. *Grüner Strom Label e.V.*). Darüber hinaus achten solche Zertifizierungen auch auf andere Qualitätsmerkmale der hinter den Herkunftsnachweisen stehenden Energieerzeugungsanlagen, wie dem Alter, der Effizienz und einer nachhaltigen Betriebsführung. Während Herkunftsnachweise also sicherstellen, dass der gelieferte Strom auch tatsächlich regenerativ erzeugt und nur einmalig vermarktet wurde (Quantität), stellen Ökostromlabels ein Qualitätssiegel aus.

Von dem im Rahmen der Ulmer *Energie-Effizienz-Initiative 2010* selbst auferlegtem Ziel alle Haushaltskunden bis 2020 mit *Naturstrom* zu beliefern, musste sich die SWU aktuell ein wenig distanzieren. So bezogen Ende 2012 gerade einmal 15,7 % aller Haushaltskunden auch *NaturStrom* und eine verstärkte Vermarktung des Produkts ist nicht ersichtlich.⁴⁴ Dennoch ist dieses Potenzial mittelfristig durchaus als erschließbar einzustufen zumal die Mehrkosten eines durchschnittlichen Zweipersonenhaushalts bei unter 30 Euro jährlich liegen würden. Die Bewertung des Einsparpotenzials kann kurz- bis mittelfristig über die Substitution des bisher verwendeten Strommix durch Ökostrom und langfristig über den THG-Vermeidungsfaktor regenerativ erzeugten Stroms im Vergleich mit konventionellen Stromerzeugung abgeschätzt werden. Dabei sind langfristige Einsparpotenziale durch eine Adaption der Erzeugerseite an die veränderte Nachfragesituation

⁴³ Die Menge des an SWU-Kunden gelieferten *NaturStrom* kann im Rahmen des jährlichen Klimaschutzcontrollings von der SWU bezogen werden.

⁴⁴ So ist es bspw. nicht möglich, als SWU-Kunde im Onlineportal auf einfache Art und Weise auf den *NaturStrom*-Tarif zu wechseln.

aufgrund der Verdrängung konventioneller Stromerzeugungsanlagen durch neu errichtete regenerative Anlagen höher zu bewerten als kurzfristige Potenziale, die sich durch eine rein bilanzielle Substitution auszeichnet. Nach Bilanzierung der Strommenge mit dem Emissionsfaktor des bundesweiten Strommix, waren die im SLP erfassten Kleinverbraucher in Ulm im Jahr 2013 für THG-Emissionen in Höhe von 163.500 t verantwortlich. Ein vereinfachter repräsentativer Ökostrommix⁴⁵ besitzt einen Emissionsfaktor von etwa 100 g CO₂-Äquivalenten pro kWh und würde damit nur etwa 26.500 t verursachen. Selbst wenn optimistisch geschätzt bereits 20 % der Ulmer Kleinverbraucher Ökostrom beziehen würden, impliziert dies ein **direktes Treibhausgas-Einsparpotenzial in Höhe von 110.000 Tonnen**.

Ein Problem besteht in der Dokumentation dieses Potenzials, da der Stromverbrauch einer Kommune für offizielle Treibhausgasbilanzen für gewöhnlich mit dem bundesweiten Emissionsfaktor belastet werden muss. Deshalb muss nachgewiesen werden, dass die Ulmer Kleinverbraucher tatsächlich Ökostrom beziehen und welchen Emissionsfaktor dieser aufweist. Der Vorteil besteht hier in der Tatsache, dass die Stadtwerke zugleich auch der lokale Netzbetreiber sind und aus diesem Grund Netznutzentgelte mit externen Drittlieferanten vertraglich festlegt. In Zusammenarbeit mit der SWU müsste es daher auch möglich sein, den Strommix der externen Versorger zu bestimmen und zu bewerten. Als Erfolgsindikator dient dann die im SLP gemessene Menge der Ökostromlieferungen von SWU und Drittanbietern.

STROMVERBRAUCH

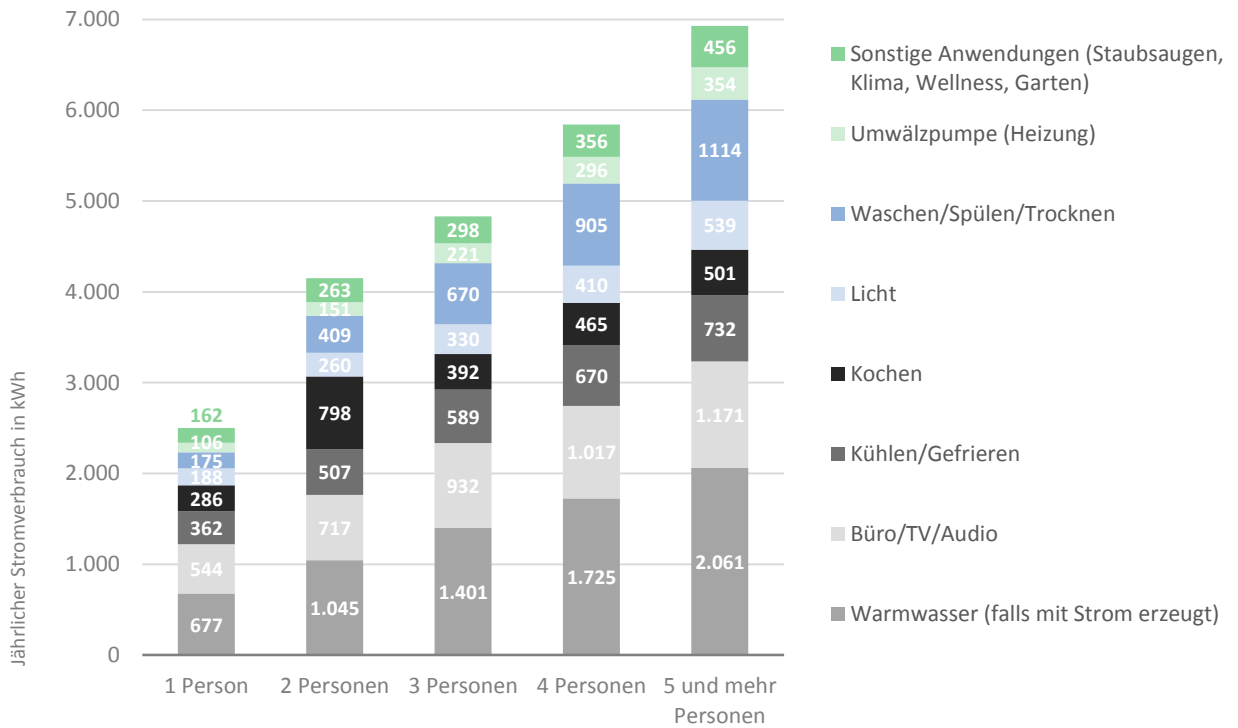
Insgesamt 61.561 Ulmer Privathaushalte verursachten 2013 mit einem Stromverbrauch von 181,6 GWh über 20 % des gesamten kommunalen Strombedarfs. Der durchschnittliche Verbrauch je Haushalt lag dabei augenscheinlich mit 2.950 kWh bereits unter dem bundesweiten Durchschnittswert von 3.450 kWh. Legt man durchschnittliche Verbrauchswerte des Stromchecks der Energieagentur NRW⁴⁶ für Ein- bis Fünf-Personenhaushalte zu Grunde (Abb. 64), ist von einem Strombedarf zwischen 167 GWh und 231 GWh ohne und mit Warmwassererzeugung auszugehen. Der tatsächliche Verbrauch lag damit in der erwarteten Spannbreite.⁴⁷ Da der Anteil des Stromverbrauchs zur Warmwassererzeugung nicht bekannt ist, muss dieser Wert vom bundesweiten Durchschnitt abgeleitet werden, der 2013 bei etwa 15 % lag. Demnach wurden annähernd 27 GWh des Stromverbrauchs zur Warmwassererzeugung eingesetzt, wodurch der Gesamtverbrauch mit 154,7 GWh sogar unter dem zu erwartenden Verbrauch lag. Der nach dieser Darstellung relativ geringe Stromverbrauch der Ulmer Haushalte unterschlägt dabei jedoch zwei wesentliche Merkmale. Zum einen lag die Haushaltsgröße im bundesweiten Schnitt bei etwa 2,02 Personen während diese Zahl in Ulm mit 1,95 deutlich niedriger ausfiel. So waren deutschlandweit knapp 41 % aller Haushalte Einpersonenhaushalte, in Ulm hingegen bereits über 46 %. Zum anderen wohnten laut Zensus 2011 bundesweit annähernd 53 % aller Einwohner in Ein- oder Zweifamilienhäuser, die einen deutlich höherer Strombedarf als Haushalte in Mehrfamilienhäuser aufweisen, während in der dichteren Bauweise der Stadt Ulm nur 36 % der Einwohner diesen Wohnstatus besitzen.

⁴⁵ Aus 15 % Wasserkraft, 35 % Windkraft (Onshore), 5 % Windkraft (Offshore), 25 % Photovoltaik und 20 % Biomasse

⁴⁶ www.energieagentur.nrw.de/stromcheck

⁴⁷ Die Auswertungen in diesem Kapitel vernachlässigen den Stromverbrauch der auf Nachtspeicherheizungen, Wärmepumpen und sonstige Stromheizungen zurückzuführen ist.

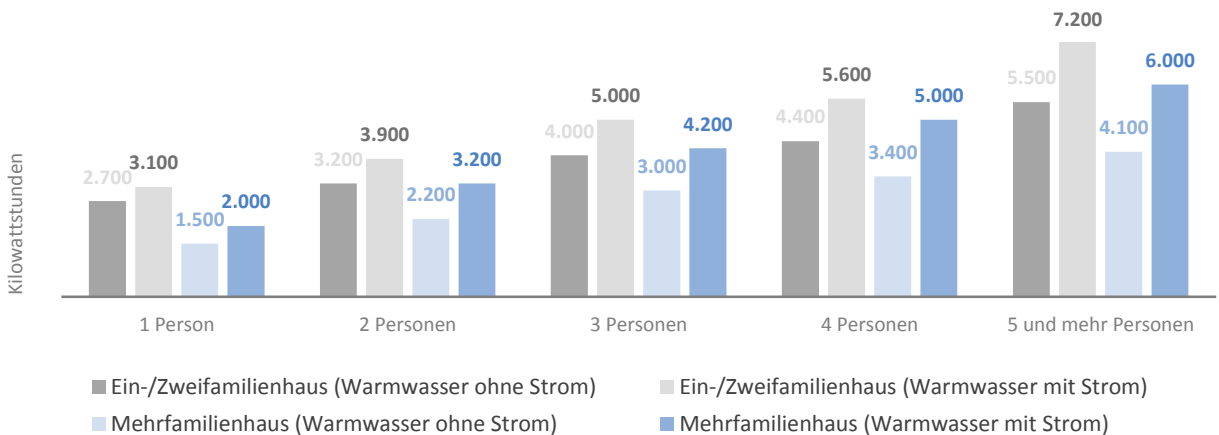
Abb. 64 | Stromverbrauch deutscher Haushalte nach Haushaltsgröße und Anwendungsbereichen



Quelle: STROM.check (Energieagentur.NRW 2014)

Der tatsächlich zu erwartende Stromverbrauch kann daher nur bestimmt werden, wenn die Anzahl der Haushalte nach Haushaltsgröße und Gebäudetyp aufgeschlüsselt vorliegen. Da dies nicht der Fall ist, muss auch hier eine Abschätzung vorgenommen werden. Nach Zensus 2011 lebten etwa 36 % der Einwohner in 14.310 Ein- und Zweifamilienhäuser, die etwa 17.630 Wohnungen umfassten. Bezogen auf eine Einwohnerzahl von 117.734 Ende 2010 impliziert dies eine durchschnittliche Haushaltsgröße von 2,4 Personen für alle Haushalte in Ein- und Zweifamilienhäusern. Entsprechend lässt sich eine durchschnittliche Haushaltsgröße von 1,8 Personen für alle Mehrfamilienhäuser und andere Gebäudetypen berechnen. Hieraus folgt, dass Ende 2010 etwa 70 % aller Ulmer Haushalte in Mehrfamilienhäusern zu finden waren.

Abb. 65 | Stromspiegel für Deutschland 2014 (Mittelwerte)

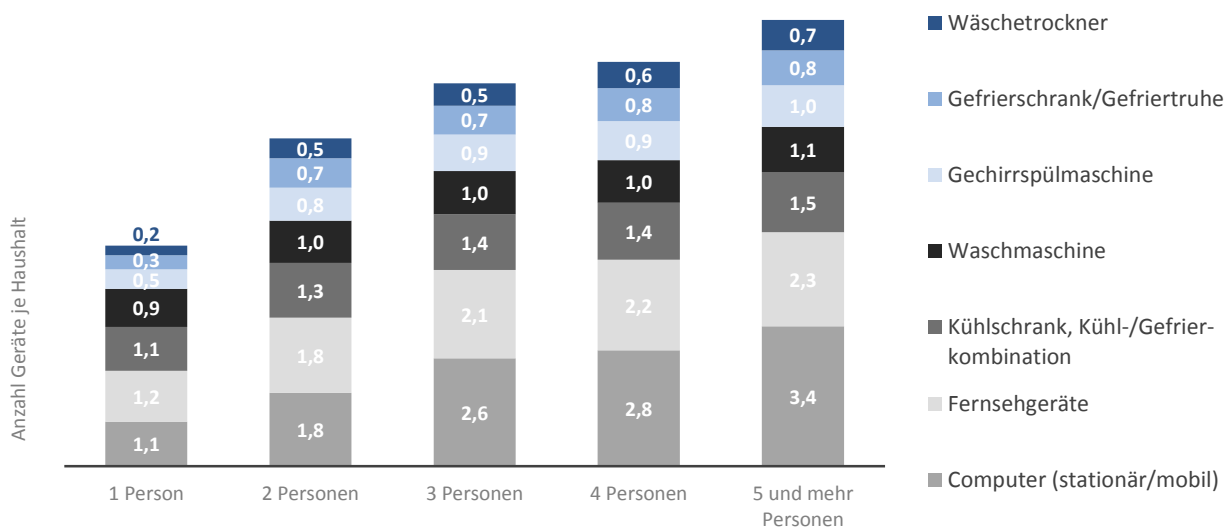


Quelle: Bundesumweltministerium

Eine vereinfachte Übertragung dieser Zahlen auf das Jahr 2013 ermöglicht auf Basis der Zahlen des deutschen Stromspiegels 2014⁴⁸ eine genauere Bedarfsabschätzung (Abb. 65). So war nach dieser Darstellung im Jahr 2013 mit einem Stromverbrauch von 153 GWh (ohne Warmwassererzeugung) zu rechnen. Unter Berücksichtigung eines Stromverbrauchs von etwa 27 GWh für die Warmwassererzeugung, lässt sich der tatsächliche Verbrauch von annähernd 182 GWh in bemerkenswerter Übereinstimmung herleiten. Daraus folgt, dass der durchschnittliche Stromverbrauch der Haushalte nicht wie zunächst angenommen unter dem bundesweiten Durchschnittswerten liegt, sondern ziemlich genau mit diesen übereinstimmt, wenn der Unterschied zwischen dem Stromverbrauch von Haushalten in Mehrfamilienhäusern und Ein- bzw. Zweifamilienhäusern berücksichtigt wird. Das bedeutet aber auch, dass es erhebliche erschließbare Stromsparerpotenziale in Höhe der Differenz zwischen Durchschnittsverbräuchen und den nach Stromspiegel als gering identifizierten Verbrauchsmengen gibt. Demnach ist ein zu erwartender Stromverbrauch der Ulmer Haushalte von etwa 125 GWh bereits heute als realistisch einzustufen, was einem Einsparpotenzial von 35 % (65 GWh) gegenüber dem Referenzjahr 2010 und 30 % (55 GWh) gegenüber dem aktuellen Bilanzjahr 2013 entsprechen würde.

Die Stromsparerpotenziale liegen dabei vor allem im Verbrauch der elektrischen Haushaltsgeräte und elektronischen Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) aus TV-, Audio- und Büroanwendungen. So kann ein Kühl-Gefrierkombigerät mit Baujahr 2000 durchaus etwa dreimal so viel Strom verbrauchen wie ein Neugerät der höchsten Effizienzklasse. Da Haushaltsgroßgeräte in Deutschland im Schnitt nur alle 13 Jahre ausgetauscht werden, setzen sich Effizienzgewinne nur langsam durch. Ein großes Problem hierbei ist auch der gestiegene Lebensstandard und ein damit einhergehender Rebound-Effekt, durch den Effizienzgewinne der Geräte durch Bestandserhöhung überkompensiert wird. So besitzen zum Teil bereits Einpersonenhaushalte mehr als ein Fernseh- oder Kühlgerät, jeder dritte Zweipersonenhaushalt hat bereits 2 Kühlgeräte und jeder Dreipersonenhaushalt im Schnitt mindestens zwei Fernsehgeräte (Abb. 66).

Abb. 66 | Ausstattung deutscher Haushalte mit wichtigen Geräten für Haushalt und IKT (Stand 01/2014)

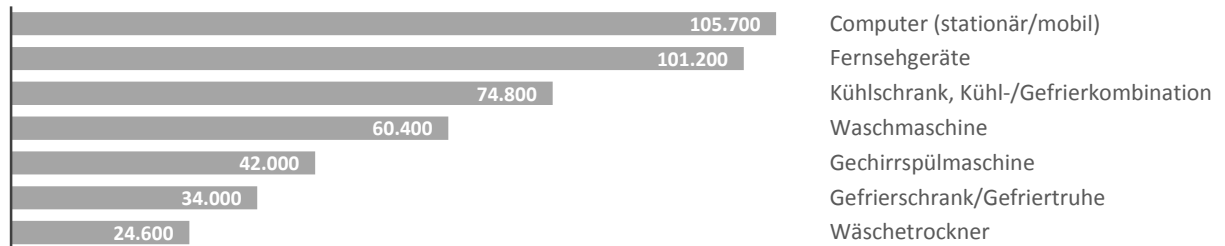


Quelle: Destatis

⁴⁸ <http://www.die-stromsparinitiative.de/stromspiegel>

Hochgerechnet auf die Anzahl der Ulmer Haushalte, ist davon auszugehen, dass es in Ulm über 101.200 Fernseh- und mindestens 74.800 Kühl- sowie 34.000 Gefriergeräte geben müsste (Abb. 67). Diese enorme Anzahl an Geräten ermöglicht entsprechende Effizienzgewinne. Läge der durchschnittliche Verbrauch der Kühl- und Gefriergeräte bei 150 kWh jährlich, wäre mit einem Gesamtverbrauch von etwa 16,3 GWh zu rechnen. Tatsächlich liegt der Verbrauch mit geschätzten 29,2 GWh aber deutlich über diesem Wert.

Abb. 67 | Anzahl wichtiger Geräte für Haushalt und IKT von Privathaushalten in Ulm (Stand 01/2014)



Eigene Darstellung auf Basis bundesweiter Durchschnittswerte (Quelle: Destatis)

Die theoretisch einfachste und kostengünstigste Möglichkeit die Klimabilanz der Stadt zu verbessern, liegt in der Vielzahl von kleinen Verhaltensanpassung die aufsummiert eine deutliche Absenkung des jährlichen Stromverbrauchs und der damit verbunden Kosten herbeiführen können. Auch wenn jede dieser Änderungen für sich betrachtet einfach umsetzbar erscheint, zeigt sich in der Praxis, dass die Bequemlichkeit der Menschen dies verhindert. Für einen Großteil der Bevölkerung ist zudem der finanzielle Anreiz zur Einsparung von Stromkosten offensichtlich zu gering um sich die Mühe zu machen Gewohnheiten zu ändern.



EXKURS • DIE 15 EINFACHSTEN STROMSPARTIPPS

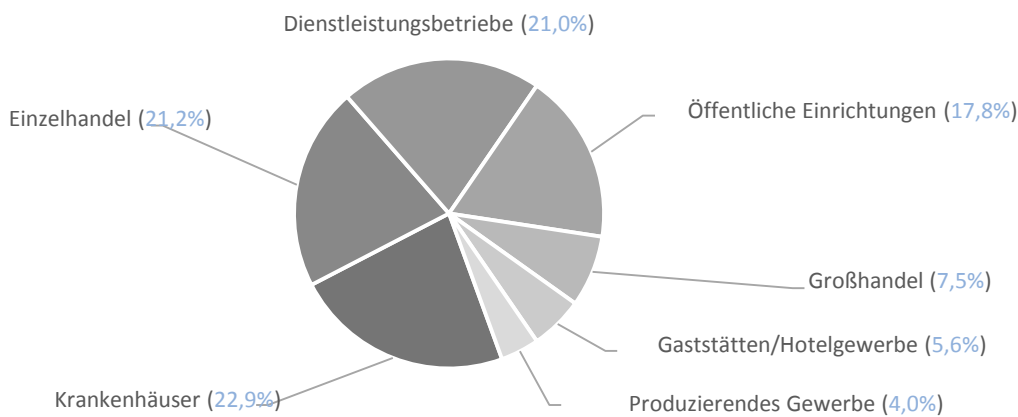
- Den eigenen Stromverbrauch verfolgen und mit einem Stromspiegel vergleichen!
- Stand-By-Geräte über Nacht ausschalten!
- Die Helligkeit von Fernseher- und Computerbildschirmen verringern!
- Energiesparoptionen des Computers benutzen!
- Eco-Programme von elektrischen Geräten benutzen!
- Die Leistung der Heizungspumpe reduzieren!
- Die Temperatur des Warmwasserspeichers auf 60°C einstellen!
- Wasserkocher verwenden!
- Kochen mit Topfdeckel!
- Backen ist beinahe immer auch ohne Vorheizen möglich!
- Waschmaschine voll beladen!
- Im Normalfall mit 40°C, im Extremfall mit 60°C waschen!
- Kein Wäschetrockner im Sommer benutzen!
- Den Kühlschrank auf 7°C, die Gefriertruhe auf -18°C einstellen!
- Nur eine Großfamilie benötigt mehrere Kühlschränke/Gefriertruhen!

Dennoch ist davon auszugehen, dass ein Teil der Einwohner durchaus affin auf vorgeschlagene Einsparmaßnahmen reagieren würden. Zum einen gehören hierzu diejenigen, für die sich auch geringe Kosteneinsparun-

gen positiv im Monatsbudget bemerkbar machen und zum anderen jene, die sich aus Unwissenheit oder Zeitmangel noch keine Gedanken über das Thema machen konnten, aber durch einen Denkanstoß mobilisiert werden könnten. Es ist es als Aufgabe der Kommunalpolitik anzusehen, die notwendigen Informationen bereitzustellen, die für einen verantwortungsvolleren Umgang mit den vorhandenen Energieträgern erforderlich sind. Das große Problem ist es, diese Aufklärung auch dem passiven Bürger bereitzustellen, der sich nicht aktiv für Energiespartipps interessiert. Zwar liegt die Umsetzung der bereitgestellten Informationen dann nach wie vor bei den Bürgern, aber solange die notwendige Aufklärung nicht systematisch mit allen der Stadt verfügbaren Mitteln zur Öffentlichkeitsarbeit durchgeführt wird, lässt sich der Kommunalverwaltung ein verantwortungsvoller Umgang mit dem Klima ausstellen.

Neben den Haushalten gehört auch der Sektor GHD zu den Kleinverbrauchern, die sich äquivalent durch ihr Verbrauchsverhalten auszeichnen. Der Sektor GHD umfasst Dienstleistungsbereiche, zu denen auch die öffentlichen Einrichtungen zählen, den Einzel- und Großhandel, industrielle Kleinverbraucher⁴⁹ sowie die Land- und Forstwirtschaft. Insgesamt war dieser Sektor 2013 für 48,1 % (433,5 GWh) des Nettostromverbrauchs der Stadt Ulm verantwortlich und ist damit der größte Verursacher von THG-Emissionen aus dem Endenergiesektor Strom. Einzel- und Großhandel weisen zusammen mit 29 % (123 GWh) den größten Verbrauch auf, gefolgt von Krankenhäusern und Dienstleistungsunternehmen mit 23 % (99 GWh) bzw. 21 % (91 GWh) während industrielle Kleinbetriebe und Land- & Forstwirtschaft nur einen geringen Bedarf verursachten (Abb. 68). Der öffentliche Sektor war 2013 für annähernd 18 % (77 GWh) des Stromverbrauchs verantwortlich. Zu diesem Sektor zählen unter anderem die kommunalen Einrichtungen, die 2013 allerdings nur 11,6 GWh verbrauchten und damit einen Anteil von unter 3 % am GHD-Sektor aufwiesen.

Abb. 68 | Stromverbrauch des Sektors GHD der Stadt Ulm im Jahr 2013



Eigene Darstellung (Quelle: SWU)

Die Einsparpotenziale im Stromverbrauch des GHD-Sektors liegen in den konkreten Anwendungsbilanzen der einzelnen Verursacher und müssen durch externe Auditverfahren und die Integration vorhandener Umweltmanagementsysteme⁵⁰ im Einzelfall erhoben werden, wobei aufgrund der vorhandenen Homogenität

⁴⁹ Betriebe des produzierenden Gewerbes mit weniger als 20 Beschäftigten.

⁵⁰ Insbesondere durch Zertifizierungen nach der Umweltmanagement-Norm ISO 14001, der Energiemanagement-Norm ISO 50001 und nach dem europäischen Eco Management and Audit Scheme (EMAS).

einzelner Sektoren mit hohen Synergieeffekten zu rechnen ist. So geht aus der aktuellen, im Auftrag des Bundeswirtschaftsministeriums erstellten, deutschlandweiten Energieverbrauchsstudie des Sektors GHD⁵¹ hervor, dass nur etwa 11 % aller Betriebe ein Energiemanagement betreiben und über 54 % nur einmal jährlich Energieverbrauchskontrollen durchführen würden. Am häufigsten würden dies öffentliche, energieintensive Einrichtungen wie Krankenhäuser, Schulen und Schwimmbäder durchführen, nur äußerst selten in Unternehmen. Ein ähnliches Bild zeigt sich unter in Anspruch genommenen externen Energieberatungen, die nur 14 % der befragten Betriebe schon einmal in Anspruch genommen haben. Gerade sehr kleine Unternehmen mit weniger als 10 Angestellten weisen hierbei einen erhöhten Nachholbedarf auf.

Über den gesamten GHD-Sektor in Deutschland wurden 2013 durchschnittlich 37 % des Stromverbrauchs für die Beleuchtung der Betriebe aufgewendet, weitere 25 % für mechanische Energie (elektrische Geräte) und 16 % für Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Dabei fallen die Ergebnisse für die einzelnen Sektoren sehr unterschiedlich aus. Während der Handel mit 49 % annähernd die Hälfte seines Strombezugs in die Beleuchtung steckt und 19 % in Prozesskälte (Kühlen und Gefrieren), liegt diese Zahl bei Krankenhäusern mit 20 % unter dem Bedarf für mechanische Energie und Prozesswärme (Kochen und Waschen), die mit jeweils 28 % beziffert werden. Auch im Dienstleistungsbereich stellt die Beleuchtung mit 45 % den größten Stromverbraucher, mit 37 % jedoch dicht gefolgt von der IKT.

Tab. 16 | Spezifischer Stromverbrauch einzelner Wirtschaftszweige des GHD-Sektors

GHD-SEKTOR	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
DIENSTLEISTUNGSBETRIEBE (BÜROÄHNLICH)	2.431	2.456	2.471	2.311	2.130	2.130	2.175	2.177
LEBENSMITTEL-EINZELHANDEL	8.041	7.579	7.191	7.239	7.268	6.809	6.336	6.337
LEBENSMITTEL-GROSSHANDEL	6.168	4.734	3.365	4.345	5.327	4.589	3.864	3.866
SONSTIGER EINZELHANDEL	3.440	3.654	3.458	3.585	3.757	3.708	3.790	3.817
SONSTIGER GROSSHANDEL	6.012	5.109	4.293	3.865	3.403	3.132	2.960	2.979
KRANKENHÄUSER	10.272	9.678	9.074	8.844	8.631	8.800	9.038	9.053
HOTELGEWERBE	5.151	7.720	7.676	8.953	10.475	8.965	7.817	7.829
GASTSTÄTTENGEWERBE	4.889	5.574	5.219	5.367	5.523	5.437	5.353	5.361
BÄCKEREIEN	7.429	6.958	6.489	6.132	5.775	5.998	6.222	6.222
FLEISCHEREIEN	9.564	9.025	8.511	7.519	6.530	5.996	5.476	5.478

Alle Angaben in kWh/Erwerbstätigen bzw. kWh/Planbett (Krankenhäuser)

Quelle: BMWi 2015

Häufig werden spezifische Stromverbrauchswerte auf die Nutzfläche des Betriebes bezogen. Diese Vorgehensweise ist nicht zu empfehlen, da die gleiche Nutzfläche durchaus auch von einer unterschiedlichen Anzahl Erwerbstätiger verwendet werden kann, die im Allgemeinen dann auch eine anderen Wirtschaftsleistung aufweisen und folgerichtig ein angepasster Stromverbrauch zugestanden werden sollte. Die optimale Vorgehensweise, die den spezifischen Stromverbrauch in Bezug zur Bruttowertschöpfung setzt ist aufgrund der fehlenden Datenaufösung nur eingeschränkt umsetzbar und kann in erster Linie nur für die übergeordneten Wirtschaftszweige verwendet werden.

⁵¹ „Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013“ (BMWi, Februar 2015)

5.2. POTENZIALE IM WÄRMESEKTOR

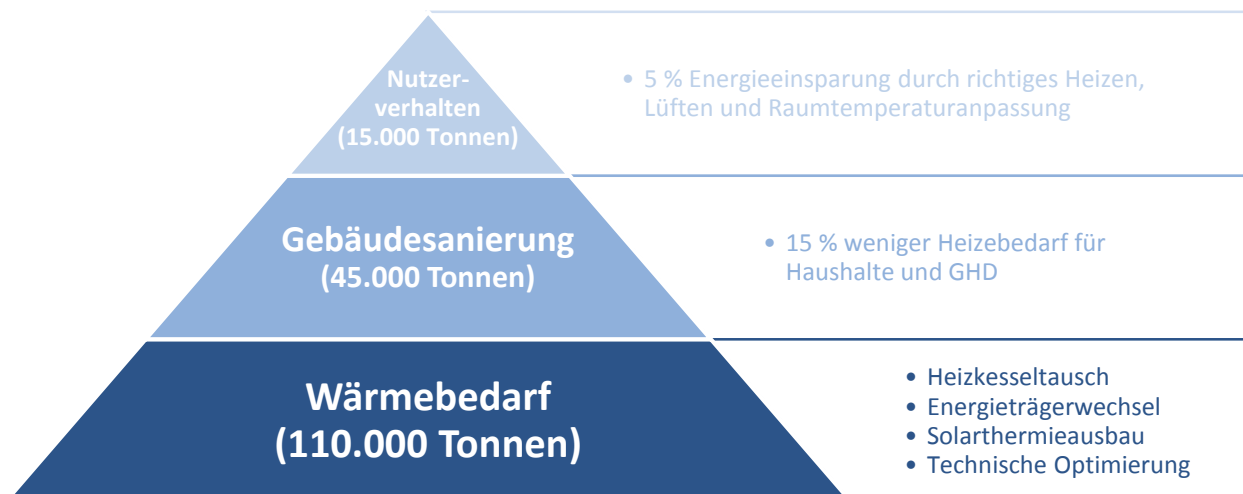
Im aktuellen Bilanzjahr 2013 war der Wärmesektor für 343.200 Tonnen Treibhausgasemissionen verantwortlich, wies mit 48 % den größten Anteil am Endenergieverbrauch und mit 29 % den zweitgrößten Anteil an der Treibhausgasbilanz auf. Innerhalb des Sektors ist Erdgas für 52 % der Emissionen verantwortlich, gefolgt von Fernwärme mit 26 % und Heizöl mit 20 %. Der Wärmesektor wird demnach fast vollständig durch diese drei Energieträger bestimmt. Auf Erzeugerseite liegen die großen Potenziale folgerichtig primär in der Forcierung der Modernisierung alter Heizanlagen im Bestand und ein damit verbundener Wechsel weg von den konventionellen Energieträgern Heizöl und Erdgas auf Fernwärme oder regenerative Alternativen.

Abb. 69 | Kommunale Leitsätze zur Einhaltung der Klimaschutzziele im Wärmesektor

WÄRMEBEDARF	GEBÄUDESANIERUNG	NUTZERVERHALTEN
<ul style="list-style-type: none"> Bis 2030 wird der Wärmebedarf der Haushalte in Ulm ohne Heizöl und zu 10 Prozent regenerativ gedeckt! 	<ul style="list-style-type: none"> Jedes Jahr sinkt der mittlere Wärmebedarf des Ulmer Gebäudebestands um mindestens 1 Prozent! 	<ul style="list-style-type: none"> Jeder Haushalt senkt die Raumtemperatur in einem beheizten Raum um wenigstens 1 Grad!

Auf Verbraucherseite finden sich die Einsparpotenziale erwartungsgemäß vor allem in der Bestandssanierung. Der Leitsatz, den mittleren Energiekennwert um 1 % jährlich zu senken impliziert bei einem durchschnittlichen Wärmebedarf von über 180 kWh/m² eine Senkung um 2 kWh pro Jahr. Um diese scheinbar kleine Reduktion zu erreichen müssen jedes Jahr etwa 2 % aller Gebäude so saniert werden, dass sie ihren Energiebedarf halbieren. Unter der Annahme einer aktuellen Sanierungsquote von etwa 1 % bedeutet dies eine Verdoppelung der Anstrengungen. Im Vergleich zu begrenzten Einsparpotenzialen bei Heizanlagen stellt die konsequente Erhöhung der Sanierungsquote jedoch bereits die Weichen, um die langfristigen Ziele bis 2050 realisieren zu können. Das Verhalten der Verbraucher besitzt auch hier den geringsten Hebeleffekt. Eine Reduktion des Wärmebedarfs von Kleinverbrauchern (Haushalte und GHD) um 5 %, realisiert relativ geringe Treibhausgaseinsparungen in Höhe von 15.000 Tonnen jährlich (Abb. 70).

Abb. 70 | Kommunale Einsparpotenziale zur Einhaltung der Klimaschutzziele im Wärmesektor



WÄRMEBEDARFSDECKUNG

Im Gegensatz zum grenzüberschreitenden Stromhandel können die Erzeugungsanlagen der *FUG* nur in Höhe des tatsächlichen Bedarfs eines abgeschlossenen regionalen Fernwärmenetzes ausgelastet werden. Die Optimierung der Fernwärmeerzeugung im Bestand besteht daher in der Zusammensetzung der eingesetzten Primärenergieträger. So wurden zwischen 2012 und 2013 etwa 100 GWh Steinkohle durch Biomasse und vor allem Erdgas substituiert und verbesserten den wärmeallokierten Emissionsfaktor schlagartig um 25 %. Vor allem die beiden Biomasse-Heizkraftwerke haben einen großen Einfluss auf die kommunale Klimabilanz. Zwar konnte das Biomasse-HKW II im Jahr 2013 mit etwa 7.200 Vollaststunden eine Verfügbarkeit von 90 % aufweisen, das Biomasse-HKW I lag aber mit einer Verfügbarkeit von 60 % deutlich unter den Erwartungen. Insgesamt hätten beide Biomasse-HKW ein Erzeugungspotenzial das etwa 150 GWh über dem Niveau von 2013 liegt. Bei einer Substitution von Steinkohle durch Holz, wäre es somit möglich, den rechnerischen Emissionsfaktor von 147 g/kWh auf unter 85 g/kWh zu senken, was die Gesamtemissionen des Fernwärmeverbrauchs um 40 % und damit über 20.000 Tonnen reduzieren würde. Prinzipiell erscheint es, als ob die Erzeugungskapazitäten der *FUG* ausreichen würden, um Steinkohle vollständig durch Biomasse und Erdgas zu ersetzen (Tab. 17). Dies könnte den Emissionsfaktor auf weniger als 70 g/kWh senken und die Gesamtemissionen des Fernwärmeverbrauchs damit um 50.000 Tonnen mehr als halbieren. Neben Steinkohle verursacht auch Heizöl eine Emissionsbelastung der Ulmer Fernwärmebereitstellung, wenn auch nur in geringfügigem Umfang. Ein vollständiger Verzicht auf Heizöl könnte dennoch weitere 1.000 Tonnen THG einsparen.

Tab. 17 | Wesentliche Wärmeerzeugungskapazitäten der Fernwärme Ulm GmbH

STROMERZEUGUNGSANLAGE	THERMISCHE NENNLEISTUNG	JAHRESVOLLASTSTUNDEN (Schätzwerte bezogen auf die Nennleistung)	JÄHRLICHES WÄRMEERZEUGUNGSPOTENZIAL	ABWEICHUNG ZUM BILANZ-JAHR 2013
HKW MAGIRUSSTRASSE, KESSEL 5	72,7 MW	> 1.300 h	95 GWh	k.A.
HKW MAGIRUSSTRASSE, KESSEL 1 & 6	157,7 MW	> 1.300 h	205 GWh	k.A.
BIOMASSE-HEIZKRAFTWERK I	58,0 MW	> 5.600 h	325 GWh	k.A.
BIOMASSE-HEIZKRAFTWERK II	25,0 MW	ca. 7.200 h	180 GWh	k.A.
HEIZWERK DAIMLERSTRASSE	80,0 MW	> 250 h	20 GWh	k.A.
GESAMT	393,4 MW	-	825 GWh	ca. 250 GWh

Eigene Darstellung

In Ulm unterlagen Ende 2011 insgesamt 10.453 messpflichtige Gas- sowie 5.732 Öl-Heizwertanlagen (Konstant- und Niedertemperaturkessel sowie Einzelöfen) der 1. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) und werden regelmäßig erfasst.⁵² Von diesen wurden 921 und damit 5,7 % vor 1979 in Betrieb genommen und dürfen seit Inkrafttreten der EnEV 2014 nicht mehr betrieben werden.⁵³ Weiterhin gilt, dass Öfen und Konstant-Temperaturkessel, die älter als 30 Jahre sind, bis auf einzelne Ausnahmen ausgetauscht werden müssen. So werden bis Oktober 2018 weitere 2.766 Anlagen und damit 17,1 % älter als 30 Jahre sein, von denen jedoch alle Niedertemperaturkessel, und damit der Großteil, wiederum nicht der Austauschpflicht unterlie-

⁵² Zusätzlich wurden bis Ende 2011 insgesamt 446 Öl-Brennwertkessel mit einer Leistung zwischen 4 kW und 11 kW sowie 5.265 Gas-Brennwertkessel mit einer Leistung unter 50 kW und 293 Gas-Brennwertkessel mit einer Leistung von über 50 kW in Betrieb genommen.

⁵³ Gilt für Anlagen, die vor dem 1. Oktober 1978 in Betrieb genommen wurden. Einzelne Ausnahmen sind hiervon ausgenommen.

gen. Von einem hohen Sanierungspotenzial kann bereits bei Kesselanlagen, die älter als 15 Jahre sind, gesprochen werden. Dies traf Ende 2011 auf 64 % aller messpflichtigen Standard-Öl- und Gasfeuerungsanlagen zu. Damit ist auch heute davon auszugehen, dass deutlich über die Hälfte aller Heizwertanlagen in Ulm sanierungsbedürftig sind.

Die Potenziale des Heizungsbestandes zur Verbesserung der kommunalen Klimabilanz liegen demnach vor allem im Austausch der Altanlagen, die bereits länger als 15 Jahre im Betrieb sind. Bei diesen lohnt sich im Allgemeinen nur ein vollständiger Umstieg auf moderne Wärmeerzeuger. So spricht der *Bundesverband der deutschen Heizungsindustrie (BDH)* von einem Rückgang im flächenspezifischen Wärmebedarf um bis zu 42 % für ein und Zweifamilienhäuser und bis zu 36 % für Mehrfamilienhäuser, wenn der alte Konstanttemperaturkessel mit einer aktuellen Brennwertanlage ersetzt wird. Selbst bei dem Austausch von Niedertemperaturkesseln mit neuer Brennwerttechnik sei von Einsparungen um die 10 % auszugehen. Auf einen Endenergieverbrauch von 198 GWh Heizöl der Sektoren Haushalte und GHD im Jahr 2011 bezogen, würde dies ein Einsparpotenzial zwischen 5.000 und 25.000 Tonnen CO₂-Äquivalenten erschließen. Beide Verbrauchssektoren haben 2011 zudem über 480 GWh Erdgas verbraucht, von denen sich geschätzte 60 % den älteren Gas-Heizwertanlagen zurechnen lassen.⁵⁴ Aus Einsparpotenzialen zwischen 10 % und 40 % folgen Emissionsreduktionen von 10.000 bis 45.000 Tonnen CO₂-Äquivalente. Obwohl der Erdgasverbrauch deutlich höher liegt, erreichen die Einsparpotenziale beider Energieträger ein ähnliches Niveau.

Allerdings würde der Austausch aller bis Ende 2011 in Betrieb genommenen 16.185 Heizwertanlagen selbst bei einer Modernisierungsrate von 5 % annähernd 20 Jahre dauern. In den letzten Jahren (vor der EnEV 2014) lag diese Rate aber vielmehr im Bereich von 3 %, wodurch damit zu rechnen ist, dass auch nach 2030 noch ein bedeutender Anteil veralteter Heizwertanlagen betrieben werden, sollten sich die gesetzlichen Rahmenbedingungen nicht verschärfen. Zudem sind über 5.700 Wohnungen, annähernd 10 % aller Wohnungen in Ulm, mit Etagenheizungen ausgestattet und werden damit im Allgemeinen durch Standard-Heizwertanlagen, zumeist Gasthermen, beheizt. Aufgrund des hohen Investitionsbedarfs einer Umstellung auf Brennwerttechnik, ist davon auszugehen, dass diese Anlagen auch langfristig nur durch neuere Gasthermen ersetzt werden, die auch weiterhin nach EnEV verbaut werden dürfen.

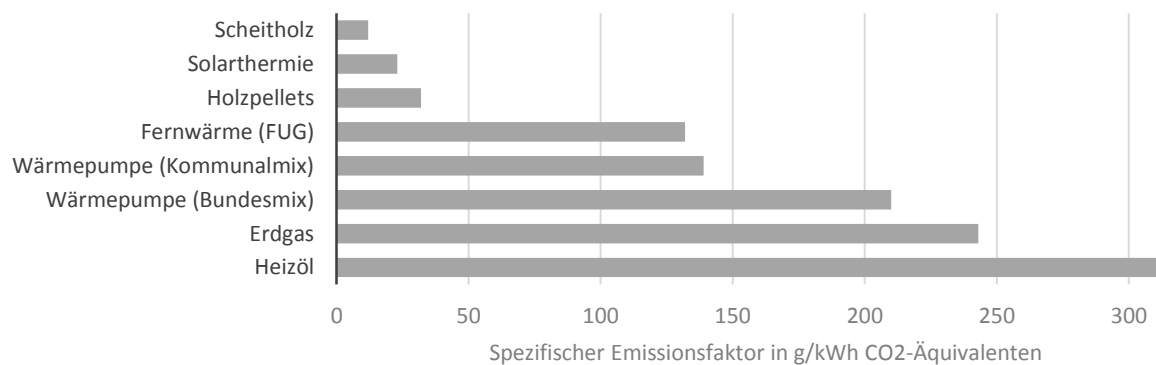
Der *BDH* geht im Trendszenario davon aus, dass der Großteil ausgetauschter Öl- und Gas-Heizkessel den Energieträger nicht wechseln, sondern lediglich auf Brennwerttechnik umstellen würden. So spricht der Verband davon, dass ausgetauschte Öl-Standardkessel zu über 80 % durch Öl-Brennwertkessel und sogar über 90 % aller Gaskessel durch Gas-Brennwerttechnik ersetzt werden würden. Nur etwa 10 % der Heizölnutzer würden auf Gas umstellen und nur etwa 5 % beider Energieträger würden durch Wärmepumpen ersetzt werden. Allerdings fällt der Austausch einer Zentralheizung seit Juli 2015 unter die Novellierung des Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) Baden-Württembergs, das einen regenerativ gedeckten Anteil des Wärmebedarfs von 15 % oder die Reduktion des Bedarfs durch bauliche Maßnahmen um den gleichen Anteil vorschreibt. In einer Zwischenbilanz im September 2011 wurde der dato gültige Vorschrift von 10 % regenerativem Anteil zu über 40 % durch eine Kombination mit solarthermischen Anlagen und zu über 20 % in Form

⁵⁴ Die durchschnittliche Leistung aller installierten Gas-Heizwertanlagen liegt bei etwa 270 MW, während die Brennwertanlagen mit 160 MW angesetzt werden können und demnach 40 % der Wärmeleistung bereitstellen. Angerechnet auf 490 GWh Jahresverbrauch, liegt die Jahresnutzung zwar bei realistischen 1.140 Stunden, jedoch tendenziell etwas zu niedrig. Die installierte Leistung aller Gasfeuerungsanlagen in Ulm lag 2011 demnach etwa bei 400 MW.

von Biomasse/Biogas gedeckt. Nur ein äußerst kleiner Teil stieg auf Mini-BHKWs oder Wärmepumpen um, für annähernd 15 % entfiel die Nutzungspflicht durch Ausnahmeregelungen vollständig. Die Kombination aus EnEV 2014 und dem EWärmeG stellt zwar keine ausreichenden gesetzlichen Rahmenbedingungen zum Austausch der Heizkessel dar, bietet jedoch mittelfristig durchaus Anreize für eine forcierte Modernisierung. Während die EnEV alle Heizkessel umfasst, Niedertemperaturkessel aber leider von den Regelungen ausnimmt, gilt das EWärmeG wiederum nur für den Austausch von Zentralheizanlagen, die jedoch über 70 % aller Ulmer Wohnungen beheizen.

Dennoch ist die Reduktion des Emissionsfaktors durch eine Umstellung der Wärmeerzeugung auf effizientere Energieträger eine naheliegende Vorgehensweise zur Verringerung der THG-Emissionen. Hierbei müssen nicht ausschließlich regenerative Energiequellen Verwendung finden. Schon der Umstieg auf andere konventionelle Quellen kann erhebliche Einsparmaßnahmen aufweisen. Die Höhe der Einsparungen richtet sich nach den aktuellen Emissionsfaktoren (Abb. 71). Die reine Emissionsreduktion verlangt daher nach einer sukzessiven Umstellung der Wärmebereitstellung auf „sauberere“ Energieträger. Durch die vollständige Umstellung der Kleinverbraucher von Heizöl- auf Erdgasfeuerungsanlagen könnten so jährlich über 14.000 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden. Ein Umstieg von Heizölanlagen auf Fernwärme würde diesen Einsparungseffekt mehr als verdoppeln. Wirtschaftlich betrachtet, macht ein Austausch oftmals nur Sinn, wenn dieser nach der EnEV ohnehin anstehen würde, wenn Erd- bzw. Fernwärmenetz ohnehin am Standort verfügbar ist oder andere Gründe, wie der Ausbau des Heizöltanks, zusätzliche Anreize schaffen.

Abb. 71 | Spezifische Emissionsfaktoren klassischer Heizanlagen



Eigene Darstellung

Das größte Potenzial einer „Klimastadt Ulm“ liegt demnach in erster Linie im Umstieg von Heizölfeuerungsanlagen auf alternative Energieträger, vor allem Holzheizungen und Wärmepumpen, falls diese mit einem entsprechenden Stromtarif gekoppelt sind. Im Jahr 2013 wurden in Ulm etwa 219 GWh Heizöl verbraucht, die vollständig dem Wärmebedarf zuzurechnen sind.⁵⁵ Damit war Heizöl für die Emission von annähernd 68.000 Tonnen CO₂-Äquivalenten, etwa 6 % der Gesamtemissionen verantwortlich. Vor allem Haushalte und sonstige Kleinverbraucherstellen mit 194 GWh den Hauptverursacher während die Fernwärmeerzeugung

⁵⁵ Diese Zahl basiert auf der klimakorrigierten Fortschreibung der Erhebungen der LUBW aus dem Jahr 2012. Laut diesen werden in Ulm zusätzlich über 1.000 Tonnen Schweröl verbraucht, die aufgrund ihrer fehlenden Zurechenbarkeit in diesem Konzept vernachlässigt werden.

Heizöl nur zur Spitzenlastdeckung einsetzt und Industriebetriebe in Ulm nur mit etwa 24 GWh am Heizölverbrauch beteiligt waren. Heizöl ist mit 311 g/kWh CO₂-Äquivalenten kein tragbarer Wärmeenergieträger und wird sich langfristig aus dem Wärmemarkt zurückziehen und dem Kraftstoffmarkt vorbehalten sein.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist zunächst der Umstieg auf Fernwärme oder zumindest Erdgas zu untersuchen, der durchaus klimawirksam ist. Falls Solarpotenzial vorhanden ist, ist die Berücksichtigung solarthermischer Anlagen in der Kalkulation empfehlenswert. Prinzipiell kommt ein Umstieg auf alternative Energieträger allerdings meist erst dann in Frage, wenn der Wirkungsgrad der Bestandsanlage deutlich unter den marktüblichen Werten liegt und nicht ausreichend durch den hydraulischen Abgleich, Austausch der Heizungspumpe oder der Thermostate sowie Heizrohrdämmmaßnahmen erhöht werden kann. Spätestens wenn die Erneuerung des Heizkessels nach Energie-Einsparverordnung ohnehin ansteht, muss es Pflicht sein, über einen Umstieg nachzudenken und vor allem der Solarthermie einen besonderen Stellenwert einzuräumen.

Denn energetisch betrachtet stellt die thermische Nutzung der Sonneneinstrahlung eine effizientere Energienutzung als deren Umwandlung in Strom dar. Dennoch wird das Thema Solarthermie oftmals erst nach der Photovoltaik aufgegriffen, was damit zu begründen ist, dass solarthermische Anlagen zum einen keine eigenständige Anlagen darstellen, sondern nur als Ergänzung zu bestehenden Heizsystemen eingesetzt werden können, und zum anderen keiner direkten Einspeisevergütung unterliegen und sich nur indirekt durch eine Reduktion der Heizkosten bemerkbar machen. Während die Amortisationszeit von Photovoltaikanlagen je nach Einspeisevergütung bereits bei unter 10 Jahren liegen kann, werfen Solarthermieanlagen trotz der Förderung durch das Marktanreizprogramm (MAP) des *Bundesamts für Wirtschaft und Ausführungkontrolle (BAFA)* oftmals erst nach 20 Jahren eine Rendite ab.

Seit 2009 gilt in Deutschland das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), das für Neubauten mit einer Nutzfläche von mehr als 50 m² eine anteilige regenerative Deckung des Wärme- bzw. Kältebedarfs fordert. Die Verwendung von Solarenergie sieht dabei eine Mindestdeckung von 15 % des Gesamtbedarfs vor, um das Gesetz zu erfüllen. Mit der Einführung des EEWärmeG wurden 2010 allerdings auch die Zuschüsse im Neubau eingestellt. Seitdem beschränkt sich das MAP des *BAFA* auf die Förderung von Anlageinstallationen auf Bestandsbauten, die durch die Einstellung von reinen solarthermischen Trinkwasseranlagen aufgrund ihrer angeblichen geringen Klimarelevanz weiter eingeschränkt wurde. So verwundert es nicht, dass nach einem anfänglichen Boom zwischen 2006 und 2009 insgesamt 5.444 Quadratmeter Kollektorfläche in Ulm gefördert wurden während im gleichen Zeitraum bis Ende 2013 nur noch 1.358 Quadratmeter Kombinationsanlagen für Raumwärme und Trinkwasser neu installiert werden konnten.

Noch im Juli 2012 stellte der Bundesverband Solarwirtschaft e.V. in seinem „Fahrplan Solarwärme“ durch die „Forcierte Expansion“ eine Verdreifachung der bundesweit jährlich zugebauten Kollektorfläche zwischen 2010 und 2020 und eine weitere Verdoppelung zwischen 2020 und 2030 in Aussicht. Diese Prognose sieht neben anderen Innovationstechnologien auch eine Kostensenkung der Anlagen von 43 % bis 2030 vor. Auch die *Deutsche Solarthermie-Technologieplattform (DSTTP)* unterstützt die Aussage, dass die Preise für Kollektoren ähnlich sinken wie die für Photovoltaik. Allerdings machen die Kosten für Kollektoren nur etwa ein Drittel der Gesamtsystemkosten aus, die zu je etwa einem weiteren Drittel aus dem Wärmespeicher und der Installation bestehen, beides Aufwendungen, die seit Jahren auf einem hohen Niveau stagnieren.

Ohne eine Novellierung des Marktanzreizprogramms ist mittelfristig nicht davon auszugehen, dass der Zubau von solarthermischen Anlagen einen deutlichen Aufschwung erleben wird. Gestützt wird diese Entwicklung aktuell auch durch niedrige Gas- und Ölpreise, die eine Investition in solarthermische Anlagen weiter demotivieren. Unter konstanten Randbedingung kann es für die Stadt Ulm demnach als Erfolg gewertet werden, wenn die durchschnittliche jährliche Zubaurate von 3 % seit 2010 mittelfristig gehalten werden kann.

GEBÄUDESANIERUNG

Nach den Ergebnissen des Zensus 2011 gibt es in Ulm 59.294 Wohnungen in 19.901 Wohn- und 947 Nicht-Wohngebäuden mit einer durchschnittlichen Wohnfläche von 86,2 m² je Nutzeinheit. Unter Vernachlässigung einer Leerstandquote von unter 3 % und der verschwindend geringen Anzahl nicht beheizter Gebäude, impliziert dies, dass in Ulm eine Fläche von über 5,1 Quadratkilometer jedes Winterhalbjahr auf komfortable Temperaturen beheizt werden möchte. Ein durchschnittliches Wohngebäude umfasste 2013 annähernd 2,8 Wohnungen mit einer Wohnfläche von näherungsweise 240 m² je Gebäude. Die durchschnittliche Wohnung hatte dabei eine Fläche von 87 m² und wies einen endenergiebezogenen Wärmebedarf von geschätzten 180 kWh/m² auf.⁵⁶ Im Vergleich zum veröffentlichten Heizspiegel 2014 des Bundesumweltministeriums liegt der mittlere Energieverbrauch damit an der unteren Grenze des immer noch „erhöhten“ Wärmebedarfs von durchschnittlichen Gebäuden in der Bundesrepublik.⁵⁷ Diese Darstellung offenbart ein deutliches Einsparpotenzial des kommunalen Gebäudebestandes. Erst bei einem Durchschnittsverbrauch von etwa 100 kWh/m² kann laut Heizspiegel von einem niedrigen Energiebedarf gesprochen werden, was eine einer Verringerung des aktuellen Verbrauchs um 44 % entsprechen würde.

Trotz aller Klimaschutzbemühungen gibt es nach wie vor keine gesetzliche Auflage zur Sanierung von Bestandsgebäuden, da dieser Aspekt mit vielen rechtlichen Hürden versehen ist. Dabei würden sich Einsparpotenziale aus einer Vielzahl energetischer Modernisierungsmaßnahmen ergeben, von denen die Wichtigsten der Austausch alter Fenster und die Dämmung des Daches, der Fassaden sowie des Fußbodens sind. Über 80 % der in Deutschland verbauten Fenster bestehen aus unbeschichtetem Isolierglas oder Zweischeiben-Wärmedämmglas, die zwischen 1978 und 2008 verbaut wurden und einen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) zwischen 1,5 und 2,7 W/m²K aufweisen. Moderne Dreischeiben-Wärmedämmverglasung wird seit 2005 zunehmend standardmäßig in Neubauten verwendet und weist hingegen U-Werte um die 1,1 W/m²K auf, die 75 % unter bis 1978 verbauten Einfachverglasungen und 60 % unter unbeschichtetem Isolierglas liegen. Auch der wichtige Energiedurchlasswert (g-Wert), der angibt welcher Anteil der Sonnenstrahlung in den Innenraum dringen kann, ist deutlich von 87 % für alte Einfachverglasungen über 76 % für Isolierverglasungen auf nunmehr 50 % gesunken und sorgt für ein verbessertes Raumklima auch bei hohen Temperaturen. Der Bundesverband Flachglas e.V. hält den Austausch von Einfachverglasungen, Verbund- und Kasten- sowie unbeschichteten Isolierfenstern für energetisch sinnvoll und rechnet mit Einsparpotenzialen von 280 kWh bis 820 kWh pro Quadratmeter Fensterfläche, was etwa 5 % bis 15 % Einsparung des jährlichen Wärmebedarfs entsprechen würde. Der Einbau eines Dreischeiben-Wärmedämmfensters in der Standardgröße 1,3m x

⁵⁶ Bezogen auf einen Wärmeververbrauch von grob geschätzten 888 GWh der Ulmer Haushalte im Jahr 2013.

⁵⁷ Siehe <http://www.heizspiegel.de>

1,3m kostet zwischen 500 € für Kunststoffrahmen und 900 € für Aluminiumrahmen, je nach Art der Modernisierung, wird die Amortisationszeit auf 15 bis 30 Jahre geschätzt.

Über die Fassade, Dachfläche und Kellerdecke eines unsanierten Bestandgebäudes können durchaus 50 % der eingesetzten Wärmeenergie direkt wieder als Verlustwärme entweichen. Die nachträgliche Dämmung dieser Bereiche wird in der Bevölkerung als problematisch, unrentabel und aufwendig angesehen. Dabei liegt die Amortisationszeit bei vertretbaren 5 bis 10 Jahren und wird noch weiter gesenkt, wenn ohnehin bauliche Maßnahmen zur Erhaltung der Gebäudesubstanz anstehen. Auch geläufige Mythen konnten mittlerweile widerlegt werden. So geht beispielsweise keine erhöhte Brandgefahr von Dämmmaterialien aus, potenzielle Schimmelbildung wird im Allgemeinen sogar reduziert und die im Produktionsprozess aufgewandte Energie kann bereits innerhalb von zwei Jahren wieder eingespart werden. Mit Ausnahme der Wärmeverbundsysteme, die aufgrund aktuell fehlender Recyclingmöglichkeiten noch der thermischen Abfallbehandlung zugeführt werden müssen, sind alle gängigen Dämmmaterialien nach Ihrer Nutzungsdauer von etwa 50 Jahren wiederverwendbar oder können einem alternativen Nutzen dienen.

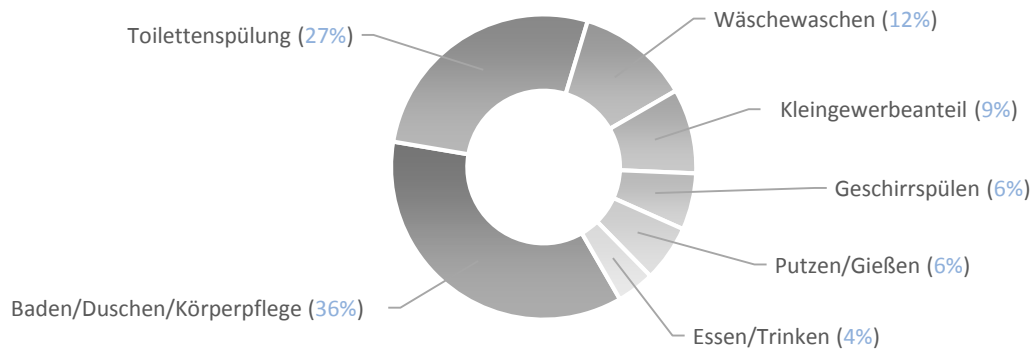
NUTZERVERHALTEN

Ein erster Schritt zur Reduktion des Wärmebedarfs der Stadt liegt in der Aktivierung der versteckten aber bereits vorhandenen Potenziale. Hierzu zählen vor allem richtiges Heizen und Lüften sondern auch die Optimierung der vorhandenen Technik. Der hohe Einfluss des Nutzerverhaltens auf den individuellen Wärmebedarf lässt sich beeindruckend an-hand von Studien zu tatsächlichen Energieverbrauchs-kennwerten belegen. So kommt die Energiekennwertstudie der *Techem Energy Services GmbH* zwar zu dem Ergebnis, dass der flächenbezogene Energieverbrauch im Allgemeinen mit dem Alter des Wohngebäudes steigt, der Unterschied aber hinter den Erwartungen zurückbleibt. Während im Altbau mit Energiebedarfswerten für Heizung und Warmwasser von über 300 kWh/m² zu rechnen ist, lag der tatsächlich gemessene Verbrauch meist unter 200 kWh/m². Im Gegensatz hierzu konnten Gebäude, die einem Energiestandard nach EnEV 2002 entsprechen

Wie hoch die Einsparpotenziale durch eine Änderung des Nutzerverhaltens sind lässt sich nicht eindeutig quantifizieren.

Neben Raumwärme spielen auch der Wasserverbrauch und die damit verbundene Warmwassererzeugung eine nicht zu vernachlässigende Rolle im Wärmesektor. So lag die öffentliche Trinkwasserabgabe der Stadt Ulm im Jahr 2010 bei 6,972 Mio. m³, von denen 19 % durch gewerbliche Abnehmer und 81 % durch Privathaushalte und Kleingewerbe ohne gesonderten Messzähler verbraucht wurden. Damit lag der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch bei täglich 126 Litern pro Einwohner und entspricht zwar dem westdeutschen Durchschnittsverbrauch von 2013, liegt aber 10 Liter über dem Verbrauch in Baden-Württemberg. Laut *Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.* werden jeweils etwa ein Drittel des Bedarfs durch persönliche Hygiene und Spülung der Toilette verursacht, während das letzte Drittel zum Waschen, Spülen, Kochen und Trinken verwendet wird (Abb. 72). Dies impliziert, dass etwa die Hälfte des Gesamtbedarfs zunächst durch Warmwassererzeuger oder eingesetzte Haushaltsgeräte erwärmt werden muss.

Abb. 72 | Trinkwasserverwendung in deutschen Haushalten (inkl. Kleingewerbe)



Quelle: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2014)

Eine Verringerung des Wasserverbrauchs ist immer auch mit einer Absenkung des Energiebedarfs für die Bereitstellung und Behandlung des Trink- und Abwassers verbunden. So werden laut *Zweckverband Bodensee-Wasserversorgung* durchschnittlich etwa 0,6 kWh die Förderung, 0,3 kWh für die Aufbereitung und 0,2 kWh für die Verteilung von einem Kubikmeter Wasser benötigt. Unter Abgrenzung der Förderung impliziert dies ein kommunales Energieeinsparpotenzial von 0,5 kWh pro Kubikmeter Trinkwasser. Dennoch würde auch eine starke Absenkung des Wasserverbrauchs auf den Durchschnitt ostdeutscher Länder, der 2013 bei 94 Liter pro Einwohner und Tag lag, zwar 1,4 Mio. m³ Wasser einsparen aber nur zu einer Stromverbrauchssenkung von 0,7 GWh führen.

Deutlich höhere Einsparpotenziale werden realisiert, wenn primär der Warmwasserbedarf gesenkt wird, der zusätzlich zum reduzierten Trinkwasserverbrauch zu einer Energie- und Kosteneinsparung der Warmwassererzeugung führt.

5.3. POTENZIALE IM VERKEHRSSSEKTOR

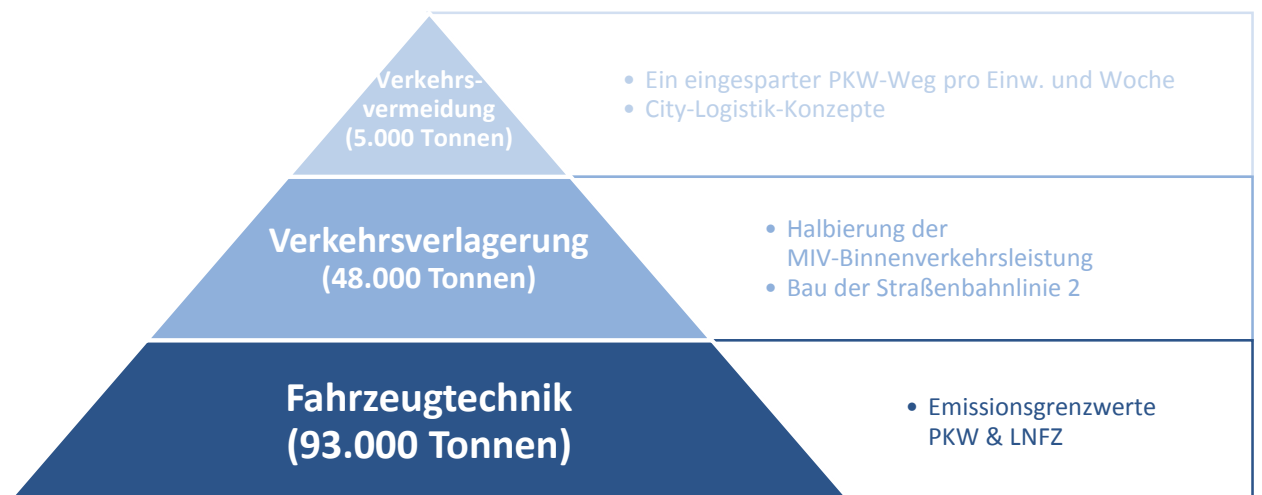
Die Einsparpotenziale im Kraftstoffverbrauch werden maßgeblich durch europa- sowie bundespolitische Entscheidungen bestimmt. Dabei begrenzen sich die Handlungsfelder im Wesentlichen auf drei Einflussmöglichkeiten, die die Zusammensetzung des Fahrzeugbestands und die Möglichkeiten zur Verkehrsverlagerung sowie Verkehrsvermeidung tangieren. Im Fahrzeugbestand besteht die Option die Zahl der Kraftfahrzeuge zu reduzieren, den Kraftstoffverbrauch zu senken oder gänzlich auf regenerative Antriebstechnologien umzu- steigen. Eine Verkehrsverlagerung beinhaltet zum einen die Substitution des motorisierten Individualver- kehrs (MIV) durch Verkehrsmittel des Umweltverbundes und zum anderen die Verlagerung des Straßengü- terverkehrs auf die Schienen. Die Verkehrsvermeidung zielt primär auf die Optimierung des bestehenden Personen- und Güterverkehrs ab und nutzt Begriffe wie „Vernetzte Mobilität“ und „Grüne City-Logistik“ um das Wegeaufkommen zu verringern oder Wegstrecken zu verkürzen.

Abb. 73 | Kommunale Leitsätze zur Einhaltung der Klimaschutzziele im Verkehrssektor

FAHRZEUGTECHNIK	VERKEHRSVERLAGERUNG	VERKEHRSVERMEIDUNG
<ul style="list-style-type: none"> Ulmer PKW-Flottengrenzwert 2030: 95 g/km CO2! 	<ul style="list-style-type: none"> Die Binnenverkehrsleistung im MIV soll bis 2030 halbiert werden! 	<ul style="list-style-type: none"> Jeder eingesparte Weg vermeidet 1 kg THG. Jeder eingesparte PKW-Kilometer spart 200 g, jeder LKW-Kilometer 800 g!

Mit Ausnahme des Elektromobilitätsgesetzes, existieren auf kommunaler Ebene jedoch kaum Einflussmög- lichkeiten auf den Fahrzeugbestand oder die Wahl des Antriebes und des Fahrzeugtyps. Dennoch lässt sich vor allem die Fahrzeugnutzung indirekt durch effizient vernetzte Verkehrsmittel, einen attraktiven Umwelt- verbund, eine optimierte City-Logistik und eine restriktive Stellplatz- sowie Verkehrswegepolitik positiv be- einflussen. Dabei zielen Klimaschutzmaßnahmen vor allem auf Potenziale der Verlagerung und Vermeidung ab. Eine Veränderung des Fahrzeugbestands ist dann meist ein Nebenprodukt der Kommunalpolitik, kann durch Informationsveranstaltungen und Abbau von Hemmnissen aber weiter gestärkt werden.

Abb. 74 | Kommunale Einsparpotenziale zur Einhaltung der Klimaschutzziele im Verkehrssektor

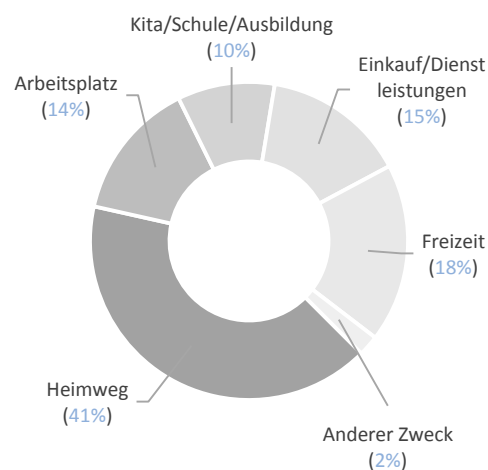


MOBILITÄTSVERHALTEN

Wie bereits im Jahr 2008 war das Doppelzentrum Ulm/Neu-Ulm auch 2013 eines von 118 Untersuchungsräumen im System repräsentierter Verkehrsverhaltensbefragungen (SrV) der Technischen Universität Dresden, ein Forschungsprojekt zur empirische Erhebung des Mobilitätsverhaltens der Einwohner in Ballungsräumen. Eine verhältnismäßig hohe Stichprobe von 3.188 Personen im Jahr 2008 und 3.070 Personen im Jahr 2013 ermöglicht recht zuverlässige Aussagen über das Verhalten der Einwohner in Ulm/Neu-Ulm. So legte 2013 jeder Einwohner im Schnitt 3,6 Wege an einem mittleren Werktag zurück und damit statistisch 0,6 Wege mehr als noch 2008.⁵⁸ Dabei war jeder Weg mit einer mittleren Länge von 5,8 km und einer benötigten Dauer von 17,7 min allerdings auch kürzer als im Jahr 2008, in dem jeder Weg durchschnittlich noch 6,2 km lang war und 18,2 min benötigte.⁵⁹ Insgesamt verbrachte jeder Einwohner an einem mittleren Werktag statistisch 64 min im Verkehr. Unter Vernachlässigung der Heimwege, müssen annähernd 40 % aller Wege zum Erreichen des eigenen Arbeitsplatzes oder einer Kindertages- bzw. Ausbildungsstätte in Kauf genommen werden, ein Drittel dient der Freizeitgestaltung und ein Viertel ist auf Einkaufsfahrten oder die Inanspruchnahme einer Dienstleistungen zurückzuführen (Abb. 75).

Mit 49 % wird ein Großteil der Wege im Gesamtverkehr erwartungsgemäß durch den MIV getätigt. Im Binnenverkehr, den Wegen, die vollständig innerhalb des Untersuchungsraumes liegen, war der Wegeanteil des MIV trotz geringerer Wegstrecken mit 44 % nur marginal kleiner (Tab. 18). Doch gerade der Binnenverkehr ist für die Kommunalpolitik von Bedeutung, weil er die größten Einflussmöglichkeiten bietet. Nach SrV 2013 wird im Raum Ulm/Neu-Ulm allerdings nur jeder zehnte Weg durch den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zurückgelegt, was im Vergleich zu anderen Zentren mit weniger als 500.000 Einwohnern und einer hügeligen Topografie unter dem Durchschnitt liegt. So werden in der Stadt Jena bereits 18 % der Binnenwege durch den ÖPNV getätigt während nur 31 % auf den MIV entfallen.

Abb. 75 | Wegezwecke mobiler Personen im Gesamtverkehr Ulm/Neu-Ulm



Quelle: SrV 2013 (TU Dresden)

Tab. 18 | Modal Split (Wegeanteil) von Ulm/Neu-Ulm nach Hauptverkehrsmittel

VERKEHRSMITTEL	ABSOLUT (Anzahl Wege)				RELATIV			
	GESAMTVERKEHR		BINNENVERKEHR		GESAMTVERKEHR		BINNENVERKEHR	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
FUSS	0,7	1,0	0,7	0,9	23 %	29 %	26 %	33 %
FAHRRAD	0,3	0,4	0,3	0,3	11 %	11 %	12 %	12 %
ÖPNV	0,5	0,4	0,4	0,3	16 %	12 %	16 %	11 %
MIV	1,5	1,8	1,2	1,2	50 %	49 %	45 %	44 %
GESAMT	3,0	3,6	2,6	2,7	100 %	100 %	100 %	100 %

Für alle Wege unter 100 km an einem mittleren Werktag

Quelle: SrV 2008/2013 (TU Dresden)

⁵⁸ Jede tatsächlich mobile Person verlässt mit 3,9 Wegen damit durchschnittlich zweimal pro Tag die Wohnung (Hin- und Rückweg).

⁵⁹ Es werden hierbei nur Wege unter 100 km Länge berücksichtigt

Dennoch ist weniger der Wegeanteil von zentraler Bedeutung als vielmehr die spezifische Verkehrsleistung der einzelnen Verkehrsmittel. Danach lag der Anteil des MIV an den insgesamt zurückgelegten Kilometer eines mittleren Werktags bei 70 % im Gesamtverkehr und 63 % im Binnenverkehr (Tab. 19). Auch hierbei liegt Ulm unter dem Durchschnitt anderer hügeliger Oberzentren, die mit einen ÖPNV-Anteil von knapp 21 % im Binnenverkehr und einem MIV-Anteil von 62 % den Umweltverbund aber nur geringfügig stärker einsetzen. Auch hier kann die Stadt Jena als Positivbeispiel herangezogen werden, deren ÖPNV-Anteil im Binnenverkehr bei annähernd 28 % liegen soll und den MIV auf unter 50 % drücken kann.

Tab. 19 | Modal Split (Spezifische Verkehrsleistung) von Ulm/Neu-Ulm nach Hauptverkehrsmittel

VERKEHRSMITTEL	ABSOLUT (Kilometer)				RELATIV			
	GESAMTVERKEHR		BINNENVERKEHR		GESAMTVERKEHR		BINNENVERKEHR	
	2008	2013	2008	2013	2008	2013	2008	2013
FUSS	0,8	1,0	0,8	0,9	4 %	5 %	7 %	9 %
FAHRRAD	1,0	1,1	1,0	0,9	5 %	5 %	9 %	9 %
ÖPNV	3,6	4,0	2,5	1,8	20 %	19 %	23 %	19 %
MIV	12,9	14,4	6,6	6,1	70 %	70 %	60 %	63 %
GESAMT	18,3	20,5	10,9	9,7	100 %	100 %	100 %	100 %

Für alle Wege unter 100 km an einem mittleren Werktag

Quelle: SrV 2008/2013 (TU Dresden)

Ursache für den hohen Anteil des MIV ist neben dem offensichtlichen Vorteil der bequemeren Fortbewegungsart auch die Tatsache, dass die mittlere Geschwindigkeit sowohl im Gesamtverkehr mit über 30 km/h als auch im Binnenverkehr mit 22 km/h noch fast doppelt so hoch ist wie im ÖPNV, wo Durchschnittsgeschwindigkeiten von 18 km/h bzw. 12 km/h nicht überschritten werden konnten, auch wenn die mittleren Wegstrecken des ÖPNV bereits größer sind als des MIV. Eine interessante Beobachtung ist auch, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit im Radverkehr mit 11 km/h zumindest im Stadtgebiet annähernd so hoch ist wie im ÖPNV und damit das Verkehrsmittel Fahrrad im Allgemeinen in Konkurrenz zum ÖPNV treten lässt und nicht wie klimapolitisch favorisiert zum MIV.

FAHRZEUGTECHNIK

Gestützt auf bundesweite Jahreskilometerleistungen und Durchschnittsverbräuche, verbrauchten die in Ulm zugelassenen Kraftfahrzeuge im Bilanzjahr 2013 hochgerechnete 63 Mio. Liter Diesel- und 33 Mio. Liter Benzinkraftstoffe. Diese gigantische Menge an Mineralölprodukten gilt es zu reduzieren, indem entweder der Verbrauch gesenkt oder substituiert wird, was zum einen durch effizientere Motorentechnik und zum anderen durch alternative Antriebsarten erreicht werden kann.

Das Durchschnittsalter des Bestands in Baden-Württemberg zugelassener PKW lag zum Jahresbeginn 2014 laut Kraftfahrt-Bundesamt bei 8,8 Jahren. In linearer Näherung kann demnach davon ausgegangen werden, dass die kommunale PKW-Flotte näherungsweise die spezifischen CO₂-Emissionen aus dem Jahr 2004 aufweist, die offiziell mit 174,9 g/km lagen (ohne Wohnmobile).⁶⁰ Würde die Fahrzeugflotte heute vollständig erneuert werden und damit die spezifischen CO₂-Emissionen der 2013 neu zugelassenen PKW aufweisen,

⁶⁰ „Monitoring CO₂ emissions from passenger cars and vans in 2013“ (European Energy Agency 2014)

wäre bereits mit 25 % (50.000 Tonnen) weniger durch PKW verursachte THG-Emissionen zu rechnen.⁶¹ Tatsächlich wird sich diese Einsparung aber erst bis zum Jahr 2022 durchsetzen, sollte sich das Durchschnittsalter der Fahrzeuge nicht gravierend ändern. In diesem Jahr setzen die gesetzlichen Rahmenbedingungen bereits einen CO₂-Flottengrenzwert für Neuzulassungen von 95 g/km voraus. Sollte dieser eingehalten werden, ist in Ulm bis 2030 mit weiteren Einsparungen in Höhe von 20 % (40.000 Tonnen) zu rechnen. Mit Bezug auf das Referenzjahr 2010 der kommunalen Klimaschutzziele ist mit 53.000 Tonnen THG-Einsparungen (-27 %) bis 2022 und 93.000 Tonnen (-47 %) bis 2030 zu rechnen. Dieses Potenzial unterliegt allerdings den Einschränkungen, dass sich die kommunale Flottenzusammensetzung zum einen äquivalent zum PKW-Fuhrpark der Fahrzeughersteller entwickelt und zum anderen die Effizienzgewinne nicht durch einen Rebound-Effekt mit Steigerung der PKW-Dichte bei gleich bleibenden durchschnittlichen Fahrleistungen kompensiert werden.

VERKEHRSVERLAGERUNG

Zu den kommunal beeinflussbaren Klimaschutzpotenzialen zählt vor allem die Verlagerung von Verkehrsleistungen des motorisierten Individualverkehrs auf Verkehrsmittel des Umweltverbundes. Dabei sind nicht nur Rad- und Fußverkehr sowie der öffentliche Nah- und Fernverkehr von Bedeutung, sondern auch Carsharing-Angebote und im weiteren Sinne auch die Verkehrsverlagerung auf jegliche Form regenerativer Antriebstechnologien. Überregional ist auch die Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf effizientere oder umweltfreundlichere Transportmittel ein wichtiges Einsparpotenzial, entzieht sich aber meist dem Einflussbereich der Kommunalpolitik. Das Augenmerk kommunaler Klimaschutzmaßnahmen im Bereich der Verkehrsverlagerung sollte daher auf die Substitution des MIV gerichtet werden. Dabei tritt das Problem auf, dass sich solche Maßnahmen oftmals nicht messen lassen und Erfolgsindikatoren fehlen. Deshalb ist es empfehlenswert sich auf die regelmäßigen Fahrleistungserhebungen des Statistischen Landesamts zu beziehen und sich nachhaltig an bundesweit durchgeführten Verkehrsbefragungen zu beteiligen, vor allem dem SrV der Technischen Universität Dresden. So äußert sich eine erhöhte Verlagerung des MIV auf den Umweltverbund in einer Reduktion der PKW-Jahresfahrleistungen und einer Verbesserung des Modal Splits im Verkehrsraum Ulm/Neu-Ulm.

Gerade der Binnenverkehr auf den Gemeindestraßen innerorts bietet große Potenziale zur Reduktion der kommunalen Treibhausgase. So wird laut statistischem Landesamt annähernd 50 % der Jahresgesamtfahrleistung des PKW-Verkehrs auf Innerortstraßen geleistet und impliziert einen hohen Anteil des MIV am Modal Split der Verkehrsleistung im Binnenverkehr, der im SrV 2013 auf 63 % geschätzt wird. Dabei ist jeder Weg im Mittel nur 5 km lang und wird mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 20 km/h zurückgelegt, was prinzipiell eine vollständige Substitution durch den Umweltverbund ermöglichen würde. Ein vollständiger Verzicht auf den MIV mit PKW im Binnenverkehr könnte die kommunale Treibhausgasbilanz dabei um

⁶¹ Dem Kraftfahrt-Bundesamt liegen die nach Herstellervorgaben berechneten spezifischen CO₂-Emissionen aller neu zugelassenen Fahrzeugmodelle vor und werden nach Fahrzeugsegmenten unterteilt veröffentlicht. In Anlehnung an die Segmentierung der in Ulm zugelassenen PKW (ohne Wohnmobile) lassen sich mittlere spezifische CO₂-Emissionen von 131,7 g/km ableiten (Stand 01/2014). Damit besitzt der PKW-Bestand in Ulm eine umweltfreundlichere Zusammensetzung als die deutschlandweit neu zugelassenen Fahrzeuge mit 132,5 g/km, was im Wesentlichen auf den hohen Anteil verkaufter SUV und Geländefahrzeuge zurückzuführen ist, während Mittelklassefahrzeuge bei Neuzulassungen deutlich schwächer vertreten sind als im Bestand.

bis zu 100.000 Tonnen senken.⁶² In der Realität ist dieser Schritt aufgrund einer Vielzahl politischer und gesellschaftlicher Gründe jedoch nicht machbar. Aus diesem Grund orientiert sich die Stadt Ulm an Entwicklungszielen, die bereits heute von vergleichbaren Städten realisiert werden konnten.



EXKURS • CARSHARING IN ULM

Carsharing bezeichnet ein organisiertes gemeinschaftliches Nutzen eines PKWs, das sowohl privat als auch kommerziell ausgelegt sein kann. Letzteres ermöglicht die bedarfsgerechte kurzfristige und kurzzeitige Anmietung eines Fahrzeuges. Dabei unterscheidet man zwischen **stationsgebundenen Systemen**, die mit festen Standorten des Fahrzeuges verbunden sind, und die **Free-Floating-Systeme**, die ein freies Abstellen der Fahrzeuge auf einem öffentlichen Parkplatz erlauben. Nach ersten Erfahrungen von car2go, soll sich ein Free-Floating-System aktuell nur in Ballungsräumen mit mindestens 500.000 Einwohnern und einer Bevölkerungsdichte von 3.000 Einwohnern pro Quadratkilometern wirtschaftlich betreiben lassen. Stationsgebundene Systeme gelten hingegen bereits heute als wirtschaftlich.

Car2Go ▪ Der Carsharing-Anbieter *car2go* ist ein gemeinsames Tochterunternehmen des Automobilherstellers Daimler und des Mietwagenunternehmens Europcar und wurde in Ulm im März 2009 als Pilotprojekt mit einer Flotte von 200 *smart Fortwo* und einem Minutenpreis von 19 ct/min. initiiert. Zur zwischenzeitlichen Hochphase des Projektes konnten 20.000 registrierte Nutzer auf 300 Benzin- und 25 Elektrofahrzeugen zugreifen. Diese Flotte musste aber bereits Anfang 2014 aus rentabilitätsgründen um 125 Fahrzeuge reduziert werden, während der Preis auf 31 ct/min. hochgesetzt wurde. Ende Oktober 2014 teilte das Unternehmen mit, den Standort Ulm zum Ende des Jahres ganz aufzugeben. 25 Elektrofahrzeuge wurden an einen anderen Standort verlegt, 175 Benzinfahrzeuge gingen in den Gebrauchtverkauf über. (www.car2go.com)

Confishare ▪ Im Gegensatz zu car2go stellt die Dienstleistungsgesellschaft *confitech* mit *confishare* ein standortgebundenes Carsharing-Angebot mit derzeit 16 Fahrzeugen in Ulm zur Verfügung. Mit einer Anmeldegebühr je nach Angebot zwischen 25 und 50 Euro können diese Fahrzeuge für 0,50 und 4,00 Euro die Stunde flexibel angemietet werden. Mit Streckentarifen fallen je nach Fahrzeugkategorie zwischen 0,16 und 0,42 Euro pro Kilometer an. Dabei stehen Fahrzeuge mit spezifischen CO₂-Ausstößen zwischen 102 und 202 g/km zur Verfügung. Durch eine intensive Zusammenarbeit mit dem Verbundnetz *DING* können vielfach auch Kombinationsangebote wahrgenommen werden. (www.confishare.de)

Flinkster ▪ Am Hauptbahnhof befindet sich der Standort des Carsharing-Anbieters *Flinkster* der *Deutschen Bahn AG*. Hier lassen sich je nach Verfügbarkeit sechs verschiedene Fahrzeugkategorien buchen, die im Bundestarif eine Verbrauchspauschale von 18 bis 20 Cent pro Kilometer und zusätzlich einen Stundentarif zwischen 1,50 und 8,00 Euro in Rechnung stellen. Als Kunde fallen ohne *BahnCard* im Lokaltarif 10 Euro monatlich und bundesweit einmalig 50 Euro an. (www.flinkster.de)

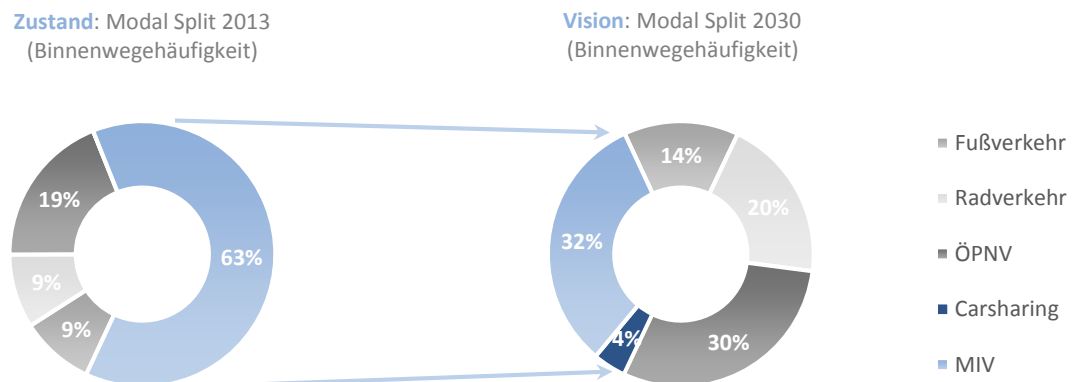
Autonetzer ▪ Die Plattform der *Autonetzer GmbH* bietet die Möglichkeit das eigene Privatfahrzeug zu vermieten und andere zu mieten. Dabei ergibt eine Suche für Ulm ein Angebot von mehr als 20 Fahrzeugen verschiedenster Klassen, die mit einem Mindestpreis von 15 bis 45 Euro für 50 km zu Buche schlagen. Eine höhere Fahrleistung sowie der erforderliche Kraftstoffverbrauch werden jeweils mit 5 bis 15 ct/km berechnet. Die Registrierung ist kostenlos, das Unternehmen erhebt aber eine Vermittlungsprovision von 15 %. (www.autonetzer.de)

Ulm hat sich hierbei bereits selbst zum Ziel gesetzt als fahrradfreundliche Stadt aufzutreten und den Anteil des Radverkehrs auf 20 % auszubauen. Dieses Ziel wird im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes am Modal Split der Binnenwegehäufigkeit ausgerichtet, in dem der Anteil nach SrV 2013 bereits bei 12 % liegt. Soll der Radverkehrsanteil bis zum Jahr 2030 auf 20 % erhöht werden, muss jeder fünfte Weg innerhalb des Stadtgebiets mit dem Fahrrad zurückgelegt werden. Dass dieser Anteil möglich ist, beweist die Stadt Osnabrück mit ähnlicher Einwohnerzahl und Topografie bereits heute. Aber auch der öffentliche Nahverkehr kann einen größeren Beitrag zum Binnenverkehr leisten, wie die Städte Jena und Augsburg verdeutlichen, in denen mehr als 15 % aller Binnenwege durch den ÖPNV getragen werden. Bis 2030 könnte auch Ulm diesem Beispiel

⁶² Dabei wird vereinfacht vorausgesetzt, dass sich mit dem Umstieg auf den Umweltverbund zwar die Transport-, nicht aber die Verkehrsleistung des ÖPNV erhöht und somit keine zusätzlichen Emissionen verursacht, die die Einsparungen verringern könnten.

folgen und versuchen den Anteil von 11 % im Jahr 2013 auf 20 % zu erhöhen. Aufgrund einer relativ geringen Einwohnerdichte bei ausgedehnter Siedlungsfläche, ist es fraglich inwieweit der Fußverkehr erhöht werden kann. Dass ein Anteil von 40 % prinzipiell möglich ist, zeigen dabei Städte wie Augsburg und Kaiserslautern. Ein progressives Verkehrsmanagement und eine attraktive Verkehrsgestaltung werden als Voraussetzung angesehen, um auch in Ulm einen Fußwegeanteil von 40 % im Jahr 2030 zu erreichen.

Abb. 76 | Modal Split (Binnenverkehrsleistung) der Stadt Ulm bis 2030



Eigene Darstellung in Anlehnung an SrV 2013 (TU Dresden)

Das übergeordnete Ziel kommunaler Verkehrsverlagerungsmaßnahmen soll die langfristige Absenkung der Wegehäufigkeit des MIV im Binnenverkehr auf 20 % sein. Das bedeutet, dass nur jeder fünfte Weg im Stadtgebiet durch den MIV zurückgelegt werden soll. Da sich die mittlere Anzahl der Wege je Einwohner mit hoher Wahrscheinlichkeit auch langfristig nur marginal ändern wird, folgt daraus auch, dass im Durchschnitt nur jeder vierte Einwohner einen Hin- und einen Rückweg pro Werktag durchführen sollte. Dies gilt allerdings nicht für Begleitfahrten. Bereits heute ist statistisch gesehen jedes dritte Fahrzeug mit zwei Personen besetzt, wodurch bereits jeder dritte Einwohner zwei PKW-Fahrten pro Werktag in Anspruch nehmen kann ohne die Klimaschutzziele zu verfehlen. Durch eine Erhöhung der Besetzung kann diese Zahl entsprechen weiter gesenkt werden. So benutzt auch heute nur etwa jeder zweite Einwohner sein Fahrzeug für einen Hin- und Rückweg im Binnenverkehr, so dass die Ziele durchaus realistisch erscheinen, zumal Fahrten mit einem Ziel außerhalb des Raumes Ulm/Neu-Ulm von dieser Darstellung ausgenommen sind.

Da in erster Linie kurze Wege des MIV auf den Umweltverbund verlagert werden können, folgt aus einer Halbierung der Wege nicht die Halbierung der klimarelevanten Verkehrsleistung. Demnach müsste der Wegeanteil des MIV auf weniger als 50 % gesenkt werden, um auch eine Einsparung von 50 % der THG-Emissionen im Binnenverkehr durch PKW zu erreichen, obwohl bereits die Halbierung der Wegehäufigkeit ein ambitioniertes Ziel darstellt. Aus diesem Grund ist es von besonderer Bedeutung, Carsharing-Angebote langfristig in Ulm zu etablieren, indem sowohl die Zusammenarbeit mit vorhandenen Betreibern gestärkt als auch eine neue Angebotsvielfalt geschaffen wird. Carsharing besitzt die Vorteile des MIV, wird heute schon durch sparsame Fahrzeuge umgesetzt und kann langfristig auf Basis der bereits vorhandenen Ladeinfrastruktur vollständig elektrifiziert werden. Zwar treten diese Angebote oftmals in Konkurrenz zu anderen

Verkehrsmitteln des Umweltverbundes, können durch Verkehrs- und Parkraummanagement sowie zweckgebundene Wege für Einkauf und Transport jedoch genügend Potenziale bieten, um auch den konventionellen MIV zu substituieren. Wird jeder fünfte mit dem Privatfahrzeug im Stadtverkehr zurückgelegte Weg auf Car-sharing-Angebote verlagert, kann der Anteil des MIV um weitere vier Prozentpunkte auf 16 % des gesamten Wegeaufkommens gesenkt werden (Abb. 76). Ziel ist es, die Hälfte aller mit dem PKW im Binnenverkehr (auf Innerortsstraßen) zurückgelegten Kilometer auf den Umweltverbund zu verlagern. Auf diese Weise können gegenüber dem Basisjahr 2010 insgesamt bis zu 48.000 Tonnen Treibhausgase eingespart werden.⁶³



EXKURS • DIE STRASSENBAHNLINIE 2

Als „Linie 2“ wird der völlige Neubau einer 9,3 Kilometer langen Straßenbahn-Gleisstrecke zwischen dem Science Park II und dem Schulzentrum Kuhberg in Ulm beschrieben. Das 122 Mio. Euro Projekt soll Ende 2017 abgeschlossen werden und wurde in zwei Teilstücke aufgeteilt, die jeweils 2016 und 2018 in Betrieb gehen sollen. Die Streckenlänge von insgesamt 10,5 km wird 21 Haltestellen bedienen, von denen 18 vollständig neu gebaut werden. Dabei wird die Straßenbahn mit Ökostrom aus Wasserkraft betrieben.

Um das Klimapotenzial der zweiten Straßenbahnlinie abzuschätzen, kann in einfacher Näherung angenommen werden, dass jede Strecke die elektrisch gefahren wird, die Fahrleistung des Busverkehrs in gleicher Höhe reduziert. In progressiver Vorgehensweise kann auch angenommen werden, dass die Strecke im Jahresschnitt alle 10 Minuten bedient wird. Daraus ergibt sich eine Gesamtfahrleistung von geschätzten 550.000 Kilometern, eine annähernde Verdopplung der bisherigen Gesamtfahrleistung aller Straßenbahnen. Bei einem Bus-Dieserverbrauch von 62 Litern auf 100 Kilometer wären das im Optimalfall 340 Tsd. eingesparte Liter, was einem Energiegehalt von etwa 3 GWh entspräche. Das Treibhausgas-Einsparpotenzial durch die Inbetriebnahme der Straßenbahnlinie 2 kann demnach auf maximal 1.000 Tonnen oder 0,3 % der Gesamtemissionen des Verkehrssektors abgeschätzt werden.

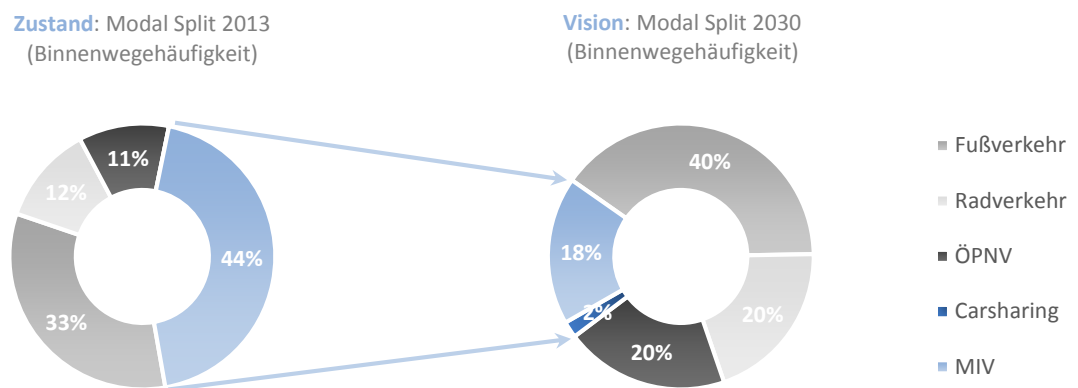
VERKEHRSVERMEIDUNG

Eine Senkung des Verkehrsaufkommens geht nicht unmittelbar mit einer Einschränkung der Mobilität einher. So haben sich die Wegstrecken in den vergangenen Jahrzehnten kontinuierlich erhöht während sich weder die Zahl der Wege noch die Wegezwecke gravierend verändert haben. Die Gründe hierfür finden sich unter anderem in längeren Anfahrtswegen zu Arbeits- und Ausbildungsplatz, in der Ausbreitung der Siedlungsfläche, in ineffizienten öffentlichen Nahverkehrsmitteln und fehlgeplanten städtebaulichen Strukturen. Klimaschutzmaßnahmen, die der Verkehrsvermeidung dienen, können damit sogar zu einer Steigerung der Mobilität beitragen, indem sie effiziente Verkehrsstrukturen schaffen und Wegstrecken sowie Reisezeiten verkürzen. Übergeordnetes Ziel der Kommunalpolitik ist Personen und Güter mit umweltverträglichen Verkehrsmitteln schnell, zuverlässig und sicher an ihr Ziel zu befördern. Dazu ist eine effizient „Vernetzte Mobilität“, eine koordinierte „City-Logistik“ sowie ein progressives „Verkehrs- und Parkraummanagement“ erforderlich. Maßnahmen im Rahmen einer propagierten „Stadt der kurzen Wege“ bieten nur begrenzte Vermeidungspotenziale und zielen meist auf eine Aufwertung der Attraktivität vorhandener Siedlungsgebiete ab, wodurch wiederum vielmehr eine Verkehrsverlagerung induziert wird.

⁶³ Hierbei werden Emissionen aus dem Ökostromverbrauch der elektrischen Car-Sharing-Fahrzeuge sowie aus einer eventuellen Steigerung der Verkehrsleistung des ÖPNV vernachlässigt.

Auf kommunaler Ebene bedeutet eine Politik der Verkehrsvermeidung primär die Reduktion des Binnenverkehrs auf Innerortsstraßen, der zu über 92 % durch den PKW-Verkehr verursacht wird. Damit überschneiden sich Einsparpotenziale aus Verkehrsverlagerung und -vermeidung, denn jeder eingesparte PKW-Kilometer muss nicht auf ein Verkehrsmittel des Umweltverbundes verlagert werden. Eine Verkehrsvermeidungsstrategie trägt somit zur Realisierung des ambitionierten Zieles bei, die anteilige Verkehrsleistung des MIV um die Hälfte zu reduzieren.

Abb. 77 | Modal Split (Binnenwegehäufigkeit) der Stadt Ulm bis 2030



Eigene Darstellung in Anlehnung an SrV 2013 (TU Dresden)

Allerdings tritt hierbei die Situation auf, dass zunächst vor allem die kurzen MIV-Wege durch den Umweltverbund substituiert werden und die längeren Wege auch weiterhin mit im MIV zurückgelegt werden. Das impliziert aber auch, dass das übergeordnete Ziel, die Hälfte der MIV-Verkehrsleistung einzusparen nur erreicht werden kann, wenn mehr als die Hälfte aller MIV-Wege substituiert werden. Unterstützend kann hierbei die Carsharing-Nutzung wirken. Denn diese sind prinzipiell dem MIV zuzurechnen bieten aber die umweltrelevanten Aspekte des Umweltverbundes, zumal kleine effiziente Fahrzeuge eingesetzt werden, die zudem teilweise oder vollständig elektrifiziert sein können. Würden nur 5 % aller MIV-Binnenwege durch ein Carsharing-Fahrzeug zurückgelegt werden, würde der MIV-Anteil am Modal Split um 2 % sinken (Abb. 77).

6. MASSNAHMENBEREICHE



Im Folgenden werden Handlungsfelder zusammengefasst, die in einer Vielzahl sowohl geschlossener als auch öffentlicher Sitzungen in Zusammenarbeit mit dem Gemeinderat, der Stadtverwaltung, den Stadtwerken, Industrievertretern, Energieagentur, Hochschulen, Sanierungstreuhand, Umweltverbänden und sonstigen Interessenvertretungen diskutiert und analysiert wurden. Die Maßnahmenbereiche bestehen aus einem Leitmotiv, einer Kurzbeschreibung, einer Auswahl der wichtigsten Akteure und einem Priorisierungsgrad. Besonders wichtige Leitmotive aus den Maßnahmenfeldern wurden zusätzlich in das energie- und klimapolitische Leitbild der Stadt Ulm übernommen. Aufgrund fehlender Absichtserklärungen, können keine Zeitrahmen für die Umsetzung der Handlungsfelder aufgeführt werden. Auch fehlen Quantifizierung der Wirkung und Kosten, die aufgrund des hohen Abstraktionsgrades der Maßnahmenbereiche nicht dargestellt werden können. Ziel war es, die wesentlichen Handlungsfelder auf Konzeptebene zusammenzufassen, um hierauf aufbauend detaillierte Programme zu entwerfen, die in das Rahmenwerk der übergeordneten Handlungsfelder eingebettet werden können. Hierzu bedarf es zunächst der Zustimmung des Gemeinderats, um finanzielle und personelle Mittel freizustellen, die für die detaillierte Planung von Klimaschutzprogramme unverzichtbar sind. Dieser Sachverhalt wird daher auch als erstes Maßnahmenfeld (I.1) aufgeführt. [Abb. 78](#) bis [Abb. 81](#) geben einen Überblick über die folgenden Maßnahmenbereiche. Jedem der drei Energienutzungssektoren Strom, Wärme und Verkehr, werden dabei neun Maßnahmenbereiche mit je einem Leitmotiv zugeordnet.

Abb. 78 | Maßnahmenbereiche der Handlungsfelder „Integration“ und „Kommunikation“

INTEGRATION

I.1) Klimaschutzprogramme

I.2) Klimaschutzmanagement

I.3) Klimaschutzcontrolling

KOMMUNIKATION

I.4) Kommunikationskonzept

I.5) Internetauftritt „Klimastadt Ulm“

I.6) Wegweiser & Wegbereiter im „Förderdschunzel“

Abb. 79 | Maßnahmenbereiche der Energienutzungsart „Strom“

VORBILDFUNKTION	S.1) Energie-Fitnesskur (E-Fit) für kommunale Liegenschaften
	S.2) Energiesparende Strassenbeleuchtung
	S.3) „Innovationsregion Ulm“ (KWK, Smart Meter, Smart Grids)
STROMVERBRAUCH	S.4) ÖKOPROFIT®, Energie-Tische, Umwelt-Zertifizierungen
	S.5) Stromspar-Check
	S.6) Austauschprogramm Stromfresser, Bewusstseinsbildung Stromsparen
STROMERZEUGUNG	S.7) Erhöhung kommunaler und erneuerbarer Stromerzeugung
	S.8) „Stadt des grünen Haushaltsstroms“
	S.9) Dachflächenpotenzial kommunaler Liegenschaften

Abb. 80 | Maßnahmenbereiche der Energienutzungsart „Wärme“

VERBRAUCHS- VERHALTEN	W.1) Kampagne „Energieeffizienz im Alltag“
	W.2) Kommunaler Heizspiegel
	W.3) Energiepass-Datenbank
HEIZUNGS- MODERNISIERUNG	W.4) Technische Optimierung des Heizungsbestandes
	W.5) Anreize zum Heizkesseltausch
	W.6) Energieträgerwechsel & „Fernwärmestadt Ulm“
GEBÄUDE- SANIERUNG	W.7) Flächendeckende Quartierskonzepten
	W.8) Beratungskonzept Bauen & Sanieren
	W.9) Sanierungsfahrplan kommunaler Gebäude

Abb. 81 | Maßnahmenbereiche der Energienutzungsart „Verkehr“

KOMMUNIKATION	V.1) Nachhaltiger kommunaler Fuhrpark
	V.2) Aktionsplan „Alternative Antriebe“
	V.3) Mobilitätskultur & Eco-Drive
VERKEHRS- VERLAGERUNG	V.4) Förderung des Fuß- und Radverkehrs
	V.5) Stärkung des ÖPNV
	V.6) Priorisierung von Umweltverbund & alternativen Antrieben
VERKEHRS- VERMEIDUNG	V.7) Vernetzte Mobilität
	V.8) Grüne-City-Logistik
	V.9) „Stadt der kurzen Wege“.

INTEGRATION & KOMMUNIKATION



1.1) KLIMASCHUTZPROGRAMME

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm entwirft **verbindliche Programme** für jeden Maßnahmenbereich des Klimaschutzkonzeptes. Dies beinhaltet messbaren **Erfolgsindikatoren, Zielgrößen** und einen **Zeithorizont**. Der Zielerreichungsgrad wird regelmäßig geprüft und veröffentlicht.

Kurzbeschreibung ▪ Für alle im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes identifizierten Maßnahmenbereiche werden Klimaschutzprogramme mit quantifizierbare Zielgrößen definiert und verabschiedet. Dadurch werden die Maßnahmen verbindlich und erzwingen eine regelmäßige Zielerreichungskontrolle. Die Zielindikatoren sollten realistisch sein und müssen aus kommunaler Eigenkraft erreichbar sein. „Weichen“ Maßnahmen lassen sich Indikatoren entsprechend der etablierten Öffentlichkeitsarbeit zuordnen. Dabei muss ggfs. auf mittelbare nicht-klimarelevante Indikatoren zurückgegriffen werden um die Zielerreichung zu kontrollieren (bspw. Anzahl angesprochener Personen/Beratungsgespräche, etc.). Es ist darauf zu achten, dass jeder Teilnehmer der Arbeitsgruppe, die für die Umsetzung des jeweiligen Programms verantwortlich ist, Arbeitszeit investiert (kein „Zusatzaufwand“) und für den Projektausgang eine Teilverantwortung übernehmen muss. Externe Berater/Experten auf Basis von Beiräten, Projekt- oder Zeitverträgen sowie Tagessätzen können bei Bedarf hinzugezogen werden.

Akteure ▪ Klimaschutzmanagement, Stadt, Bürger, Gemeinderat, Expertengremien (u.a.)

Priorität ▪ **Sehr hoch**



1.2) KLIMASCHUTZMANAGEMENT

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm ist bewusst, dass erfolgreiche Klimaschutzmaßnahmen ein Management und eine soliden Datenbasis erfordert und mit den erforderlichen **personellen und finanziellen Ressourcen** ausgestattet werden muss.

Kurzbeschreibung ▪ Der kommunale Klimaschutz ist eine interdisziplinäre Aufgabe, die unmittelbar der Führungsebene unterstellt werden kann, um mit eigenen Befugnissen Resort übergreifend agieren zu können. Dabei konkurriert Klimaschutz immer um Finanzmittel und Ressourcen. Um dieses Problem zu umgehen, können jährliche Budgets zugeordnet sowie projektbezogene Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten bereitgestellt werden. Ein Klimaschutzmanager ist für die Ausarbeitung, Umsetzung und Kontrolle der Maßnahmenpakete zuständig, ein Assistent (Klimabeauftragter) kümmert sich um Koordination, Netzwerkpflege, Projektanträge und -begleitung. Der Klimaschutz als eigene „Institution“ ermöglicht den erforderlichen Stellenwert innerhalb der Kommunalpolitik.

Akteure ▪ Stadt, Gemeinderat

Priorität ▪ **Sehr hoch**



1.3) KLIMASCHUTZCONTROLLING

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm betreibt ein **kontinuierliches Klimaschutzcontrolling** aller für den Klimaschutz relevanten Daten, Maßnahmen sowie Ergebnisse und informiert die Öffentlichkeit regelmäßig durch Monitoring-Berichten.

Kurzbeschreibung ▪ Um den Klimaschutz nachhaltig in der Kommune zu verankern, muss dieser den Stellenwert der selbstverständlichen Berichterstattungen und Rechenschaftspflichten erlangen. Dies ist nur möglich mit einer langfristigen, fortlaufenden und kontinuierlichen Datenerfassung, -verbesserung, -aufbereitung und Darstellung in transparenten Monitoring-Berichten. Eine kontinuierliche Erfassung und Verbesserung der Datenbasis ermöglicht eine fundierte Entscheidungsgrundlage und stellt Erfolgsindikatoren bereit. Der Klimaschutz muss als integrierter „Betriebsablauf“ aufgefasst werden und unterliegt damit einem Projektmanagement mit regelmäßigen Kosten-Nutzen-Analysen und Fortschrittsberichten.

Akteure ▪ Klimaschutzmanagement

Priorität ▪ **Sehr hoch**



1.4) KOMMUNIKATIONSKONZEPT

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm erstellt ein integriertes **Kommunikationskonzept** für den Klimaschutz, um einer Vielzahl von motivierten und engagierten Akteuren ein einfach zugängliches Netzwerk zu bieten und eine langfristige **proaktive Beteiligung** etabliert.

Kurzbeschreibung ▪ Ein Kommunikationskonzept (KK) ist ein wesentlicher Bestandteil der kommunalen Klimaschutzstrategie. Ein KK ist zielgebunden und sollte jeweils endenergiebezogen aufgestellt werden. Die Vorgehensweise entspricht dem folgenden Schema: Situation analysieren → Akteure ermitteln → Ziele vereinbaren → Strategien erarbeiten → Projekte umsetzen → Erfolge darstellen → Kontrolle. Die Arbeitsgruppe, die für die Umsetzung der jeweiligen Maßnahmen verantwortlich ist, ist als die Teilmenge der Kommunikationsgruppe aufzufassen, die eine Verantwortung für die Zielerreichung übernimmt. Die aktive Beteiligung von Bürgern, Einrichtungen, Vereinen und Unternehmen ist ausdrücklich erwünscht und unabdingbar für die sozialverträgliche Umsetzung ausgewählter Maßnahmen. Je stärker sich ein Akteur mit dem jeweiligen Ziel identifizieren kann, desto eher führt die Maßnahme zum Erfolg. Ein proaktives Engagement ist daher zu fördern und zu pflegen und ermöglicht die Realisierung hoher Synergieeffekte.

Akteure ▪ Klimaschutzmanagement (u.a.)

Priorität ▪ **Sehr hoch**



1.5) INTERNETAUFTRITT „KLIMASTADT ULM“

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm möchte Maßstäbe bei der Erstellung eines neuen **Internetportals „Klimastadt Ulm“** setzen. Dieses ist zugleich eine **Informations- & Austauschplattform**, ein **Sanierungs-, Modernisierungs- & Einkaufsberater** sowie ein persönliches **Bilanzierungstool**.

Kurzbeschreibung ▪ Ein wichtiges Medium der heutigen Informationsübertragung stellt das Internet dar. Ein ansprechender Internetauftritt der *Klimastadt Ulm* ermöglicht eine transparente Berichterstattung und dient als Informationsplattform für Klimaschutzmaßnahmen, aktuelle Projektveröffentlichungen und Bekanntmachungen von Terminen und Veranstaltungen. Gleichzeitig dient es als Partizipationstool (Forum) für eine Vielzahl möglicher Akteure. Darüber hinaus stellt es einen „Klimaschutzberater“ für Bürger und Unternehmen dar und ermöglicht die individuelle CO₂-Bilanzierung. Die wichtigsten Merkmale eines erfolgreichen Internetauftritts sind ein klares und attraktives Design sowie eine kontinuierliche Aktualisierung und Pflege der Inhalte.

Akteure ▪ Stadt, Externes Webdesign, Akteure der Öffentlichkeitsarbeit (Lokale Agenda, u.a.)

Priorität ▪ **Sehr hoch**



1.6) DIE STADT ALS WEGWEISER & WEGBEREITER

Leitmotiv ▪ Die Stadt möchte Maßstäbe bei der Erstellung eines neuen **Internetportals „Klimastadt Ulm“** setzen. Dieses ist zugleich eine **Informations- & Austauschplattform**, ein **Sanierungs-, Modernisierungs- & Einkaufsberater** sowie ein persönliches **Bilanzierungstool**.

Kurzbeschreibung ▪ Klimaschutz tangiert alle Lebensbereiche und eine schier unerschöpfliche Themenvielfalt. Jeder Akteur sieht sich einer Informationsflut ausgesetzt, die er in einer stark limitierten Freizeit nicht bewältigen kann. Hier kann die Stadt eine Vermittlerrolle einnehmen und gefilterte Informationen und die notwendige Infrastruktur bereitstellen, um im Klimaschutz aktiv zu werden. Zur Informationsflut gehört auch die Vielzahl der Fördersysteme in Deutschland, die einem undurchdringlichen Dschungel gleichen. Oftmals werden notwendige Maßnahmen aus finanziellen Gründen nicht durchgeführt weil die Kenntnis einer bestimmten Förderung nicht vorhanden ist. Die Stadt kann hier als Informationssammelstelle und kombinierter Fördertopf dienen, indem sie zielgerichtete Förderungen an einer Anlaufstelle passiv anbietet, aber auch aktiv vermarktet. Dazu eignen sich in unter anderem Aktionswochen und Werbekampagnen.

Akteure ▪ Bürgerzentrum, Energieagentur, IHK, Stadtwerke, Lokale Agenda, Administrator Homepage (u.a.)

Priorität ▪ **Hoch**

STROMSEKTOR



S.1) ENERGIE-FITNESSKUR (E-FIT) FÜR KOMMUNALE LIEGENSCHAFTEN

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm verordnet allen kommunalen Gebäuden eine **Energie-Fitnesskur (E-Fit)**. Diese findet in Form von Aktionswochen für alle Mitarbeiter und Angestellte statt. Einsparziele werden definiert und gemessen, Erfolge gewürdigt.

Kurzbeschreibung ▪ Standby- und Leerlaufverluste sind große Energieverschwender unserer Gesellschaft. Im Bewusstsein ihrer Vorbildfunktion setzt die Stadt hierbei auf eine individuelle Trainings- und Motivationsprogramm für die Mitarbeiter ihrer verschiedenen Verwaltungseinrichtungen um diese Verschwender zu lokalisieren und abzustellen. Eine fünftägige Aktionswoche führt durch die Erstanalyse, Leistungsmessung, Arbeitsgruppen, Informationsbereitstellung und Abschluss-analyse der jeweiligen Einrichtung. Die Resultate wirken als Multiplikatoren in anderen Lebensbereichen. Konservative und gewohnte Verhaltensweisen bilden die größten Hemmnisse. Energieeinsparungen von bis zu 7 % gegenüber dem bisherigen Verbrauch sind möglich.

Akteure ▪ Stadt, Gebäudemanagement, Energieagentur

Priorität ▪ **Mittel**



S.2) ENERGIESPARENDE STRASSENBELEUCHTUNG

Leitmotiv ▪ Die Stadt verfolgt auch weiterhin eine zügige Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf **Energiesparlampen**. Auch eine bedarfsgerechte Teilbeleuchtung wird in Betracht gezogen.

Kurzbeschreibung ▪ Der Stromverbrauch der Straßenbeleuchtung in Ulm liegt bei etwa 6 GWh jährlich. Ein Großteil der eingesetzten Leuchtmittel sind Quecksilberdampf lampen (HQL), die seit 2005 nach und nach auf LED- und Kompaktleuchtstofflampen umgerüstet werden. Ziel muss es sein diese Umrüstung kontinuierlich fortzuführen. Dabei muss der Zeit-horizont möglichst gering gehalten werden. Auch eine bedarfsgerechte Straßenbeleuchtung durch Teilabschaltungen und Dimmungen in den späten Nachtstunden muss in Betracht gezogen werden. Energieeinsparungen liegen bei durchschnittlich 50 % gegenüber dem bisherigen Verbrauch.

Akteure ▪ Stadt

Priorität ▪ **Hoch**



S.3) „INNOVATIONSREGION ULM“

Leitmotiv ▪ Als „**Innovationsregion**“ beteiligt sich die Stadt Ulm aktiv an Projekten zukunftsorientierter Technologien wie **Smart Meter** und **Smart Grids**. Fortschrittliche Technologien wie **Kraft-Wärme-Kopplung** genießen einen bevorzugten Stellenwert und werden verstärkt eingesetzt.

Kurzbeschreibung ▪ Durch intelligente Strommesser (*Smart Meter*) lässt sich ein individuelles Verbraucherverhalten mit unterschiedlichen Preisstrukturen effizient abbilden. Privathaushalte können hierdurch langfristig optimal in dezentrale und intelligente Stromerzeugungs- und Speichernetze (*Smart Grids*) einbezogen werden. Bis zur langfristigen Realisierung einer vollständig regenerativen Energieerzeugung müssen Übergangstechnologien zur effizienteren Nutzung konventioneller Primärenergien verstärkt eingesetzt werden. Hierzu zählt vor allem die Berücksichtigung von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bei bestehenden und neu errichteten Energieerzeugungsanlagen.

Akteure ▪ Stadt, Bürger, Forschungsinstitute, Unternehmen, Stadtwerke, Energieagentur (u.a.)

Priorität ▪ **Mittel**



S.4) ÖKOPROFIT®, ENERGIETISCHE, UMWELTZERTIFIZIERUNGEN

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm verstärkt das erfolgreiche Modell des **ÖKOPROFIT®** für lokale Unternehmen und bietet eine Beratungsplattform, regelmäßige „**Energie-Tische**“ und die Unterstützung bei **Umwelt-Zertifizierungen**.

Kurzbeschreibung ▪ ÖKOPROFIT® ist ein integriertes Beratungskonzept für betrieblichen Umweltschutz in lokalen Unternehmen und schult diese im ressourcen- und energieeffizienten Umgang mit Produktionsgütern. Oftmals geht ein ÖKOPROFIT®-Audit nahtlos in die Zertifizierung als „Energieeffizientes Unternehmen“ mit Energiemanagement- (ISO 50001) und Umweltmanagementsystem (ISO 14001) sowie das *Eco- Management and Audit Scheme* (EMAS) über. Einflussbereiche sind Klimaschutz & Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz & Beschaffungswesen sowie Transparenz & Glaubwürdigkeit. Der größte Hebel ist hierbei nicht unmittelbar die Energieeffizienz, sondern vielmehr die kostenrelevantere Ressourceneffizienz. Erweiterte Maßnahmen durch ÖKOPROFIT® ENERGIE sowie die Aufstellung einer *Kompetenzstelle für Energieeffizienz* (KEFF) für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) runden das diversifizierte Angebot ab.

Akteure ▪ Unternehmen, IHK, Handwerkskammer, Energieagentur, Stadtwerke, TÜV (u.a.)

Priorität ▪ **Sehr hoch**



S.5) STROMSPAREN IN HAUSHALT & GHD

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm sichert langfristig das Angebot eines kostenlosen **Stromspar-Checks** für Haushalte mit geringem Einkommen. Der Ausbau auf ein flächendeckendes Beratungsangebot für Haushalte und GHD ist möglich. Eine gezielte **Bewusstseinsbildung** reduziert unnötigen Stromverbrauch (bspw. Trockner im Sommer, Stand-By-Geräte, ...)

Kurzbeschreibung ▪ Die Gemeinschaftsaktion *Stromspar-Check* der Caritas und dem Bundesverband der Energie- und Klimaschutzagenturen Deutschland e.V. hat auch in Ulm Ende 2008 erfolgreiche Beratungsangebot aufgenommen. Die Aktion richtet sich vor allem an einkommensschwache Haushalte, hätte aber auch das Potenzial weitere Akteure zu aktivieren. Denn gerade einkommensstarke Haushalte tendieren dazu, sich keine Gedanken über den Stromverbrauch zu machen. Großes Hemmnis ist neben Unwissen damit vor allem Bequemlichkeit aufgrund fehlender Anreize wie geringen anteiligen Stromkosten für Haushalte mit mittleren und hohen Einkommen. Während Unwissenheit durch Workshops, Aktionstage und intensive Beratung bzw. Werbung aufgeklärt werden kann, kann falschen Anreizen nur durch konsequente und gezielte Aufklärungsarbeit in allen Haushalten sowie kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) entgegengewirkt werden.

Akteure ▪ Haushalte, Stadt, Bildungs- & Beratungszentren, Bürgerzentrum, St. Elisabeth-Stiftung, IHK, BUND (u.a.)

Priorität ▪ **Hoch**



S.6) AUSTAUSCHPROGRAMME STROMFRESSER

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm setzt weiterhin Anreize, um den **Austausch von stromfressenden Altgeräten** gegen moderne Neugeräte zu beschleunigen (Austausch von Heizungspumpen, veralteten Kühlgeräten, Nachtspeicherheizungen, etc.).

Kurzbeschreibung ▪ Selbst wenn Nachtspeicherheizungen mit Ökostrom betrieben werden, sind sie sowohl ökonomisch als auch ökologisch unwirtschaftlich. Ein Austausch von Nachtspeicheröfen muss hohe Priorität haben. Heizungspumpen sorgen für die Zirkulation des Wassers in den Heizkörpern und sind auch in heizfreien Perioden in Betrieb. Mit einer Betriebszeit von bis zu 6.000 h und einem Stromverbrauch zwischen 500 und 800 kWh ist eine veraltete Pumpentechnik der größte Stromverbraucher im Haushalt. Neben Heizungspumpen sind v.a. TV & PC, Kühlen & Gefrieren, Waschen & Trocknen sowie Kochen & Spülen für den Stromverbrauch privater Haushalte verantwortlich. Die Großverbraucher des GHD-Sektors finden sich in Dienstleistungs- und Handelsbetrieben. Dessen Verbrauch ist vor allem auf Bürogeräte, Kühlen & Gefrieren sowie Beleuchtung zurückzuführen. Der Austausch einer Heizungspumpe senkt deren Stromverbrauch um etwa 80 %, effiziente Elektrogeräte erreichen Energieeinsparungen bis zu 50 %, Energiesparlampen bis zu 70 % und LED-Lampen bis zu 90 %. Nachtspeicherheizungen verursachen doppelt so hohe Emissionen wie ein konventionelles Pendant.

Akteure ▪ Haushalte, Beratungszentren, Stadtwerke, Einzelhandel, Energieagentur, BUND (u.a.)

Priorität ▪ **Sehr hoch**



S.7) AUSBAU DER KOMMUNALEN STROMERZEUGUNG

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm und die SWU setzen sich zum Ziel, die kommunalen Potenziale zur **Erhöhung der Eigenerzeugung und erneuerbaren Stromerzeugung** auszuschöpfen. Der Photovoltaik wird hierbei eine besonders hohe Priorität eingestanden. Bürgerbeteiligungen in Form von Energiegenossenschaften werden auf ihre Durchführbarkeit untersucht.

Kurzbeschreibung ▪ Der Stromverbrauch ist mit 40 % der größte THG-Verursacher der Stadt Ulm. Aufgrund eines relativ unelastischen Verbrauches liegen die Einsparpotenziale vor allem auf der Erzeugerseite. In Ulm gilt es primär das Dachflächenpotenzial für Photovoltaik zu erschließen. Hierzu werden sowohl immaterielle als auch materielle Anreize gesetzt. Für die effiziente Nutzung dieser fluktuierenden Energiequelle ist auch die integrative Betrachtung des Einflusses auf die lokalen Stromnetze unabdingbar. 2013 konnte die Stadt auf 44 % (481 GWh) der Strombereitstellung in Ulm als Gesellschafter der SWU unmittelbar Einfluss ausüben, während die tatsächliche Eigenerzeugung allerdings nur bei 69 % (332 GWh) lag. Schon jetzt liegt der Emissionsfaktor der Eigenerzeugung deutlich unter dem bundesweiten Strommix. Ein Ausbau der Eigen-erzeugung auf 100 % des Absatzes ermöglicht daher eine unmittelbaren Einfluss auf die volle Höhe der Emissionen aus der anteiligen Strombereitstellung. Dieser Ausbau muss möglichst regenerativ geschehen.

Akteure ▪ Stadt, Stadtwerke, Regionalverband Donau-Iller

Priorität ▪ **Sehr hoch**



S.8) ENERGIEERZEUGUNGSPOTENZIALE KOMMUNALER LIEGENSCHAFTEN

Leitmotiv ▪ Die Stadt Ulm untersucht das **Dachflächenpotenzial** kommunaler Liegenschaften und Parkflächen auf Stromerzeugung durch Photovoltaik. Kommunale Heizanlagen im Bestand werden auf die Nutzbarkeit von Kraft-Wärme-Kopplung untersucht. Ergebnisse und Erfolgsindikatoren werden gemessen und veröffentlicht.

Kurzbeschreibung ▪ Die Stadt übernimmt eine Vorreiterrolle durch Ausnutzung vorhandener Dachflächenpotenziale der kommunalen Liegenschaften. Hierzu werden alle Dachflächen systematisch hinsichtlich ihrer ökonomischen und ökologischen Wirtschaftlichkeit untersucht und vorhandene Potenziale mittelfristig realisiert. Eine besondere Herausforderung stellt der optimale Mix aus Solarthermie und Photovoltaik dar. Der zukünftige Austausch konventioneller Heizanlagen in kommunalen Liegenschaften wird primär auf regenerative Alternativen untersucht, sekundär jedoch auch auf die Nutzung von KWK-Technologien. Eine Aufrüstung bestehender Anlagen wird im Falle einer mittelfristig zu erwartenden Amortisation

Akteure ▪ Haushalte, Beratungszentren, Stadtwerke, Einzelhandel, Energieagentur, BUND (u.a.)

Priorität ▪ **Sehr hoch**



S.9) „STADT DES GRÜNEN HAUSHALTSSTROMS“

Leitmotiv ▪ Unter dem Motto „**Stadt des grünen Haushaltsstroms**“ versucht Ulm zusammen mit der SWU ihre Bürger zu motivieren, eigenständig Ökostrom durch ihre Stromlieferanten zu beziehen. Aufklärungsarbeit zu Herkunftsnachweisen ist erforderlich („Greenwashing“).

Kurzbeschreibung ▪ Ende 2012 bezogen 16% der knapp 57.000 SLP-Kunden der SWU Naturstrom, was bei einem SLP-Verkauf von 196 GWh nur etwa geschätzte 31 GWh bedeutete. Insgesamt bezogen Ulmer Verbraucher 259 GWh im SLP. Damit könnten etwa 160 GWh der SWU-Versorgung durch Natur-Strom gedeckt werden und weitere 60 GWh durch Ökostromangebote von Drittanbietern (Realisierungsstand unbekannt). Die Stadt setzt sich zum Ziel dieses Potenzial sozialverträglich durch Aktionstage, Werbung, Wechselanreize und v.a. Barriereabbau zu nutzen.

Akteure ▪ Haushalte, Beratungszentren, Stadtwerke, Einzelhandel, Energieagentur, BUND (u.a.)

Priorität ▪ **Sehr hoch**

WÄRMESEKTOR



W.1) KAMPAGNE „ENERGIEEFFIZIENZ IM ALLTAG“

Leitmotiv ▪ Die **Kampagne „Energieeffizienz im Alltag“** vermittelt jedem Bürger das richtige Heizen und Lüften sowie die Wahl der optimalen Raumtemperaturen. Die Reduktion um ein Grad spart 6 % Energie.

Kurzbeschreibung ▪ Die großen Hindernisse der einfachen Einsparmaßnahmen sind neben Unwissen vor allem Bequemlichkeit und fehlende Anreize. Während Unwissen durch Workshops und Aktionstage und intensive Beratung bzw. Werbung aufgeklärt werden kann, sorgen zu niedrige Energiepreise für geringe Energiesparanreize in Haushalten mit mittleren und hohen Einkommen. Hier muss konsequente Aufklärungsarbeit geleistet werden. Gerade für Mieter werden Heiznebenkosten als integraler Bestandteil der Mietkosten aufgefasst und verhindern flexible finanzielle Sparanreize, die durchaus ein finanzielles Gewicht aufweisen können.

Akteure ▪ Stadt, Bürger, SWU/FUG, Energieagentur, Stromspar-Check, BUND

Priorität ▪ **Mittel**



W.2) KOMMUNALER HEIZSPIEGEL

Leitmotiv ▪ Ein **kommunaler Heizspiegel** trägt dazu bei, dass jeder Bürger ein Gefühl dafür bekommt wie energie- und kosteneffizient er im Vergleich heizt. Dies setzt Anreize und bietet Wettbewerbsmöglichkeiten.

Kurzbeschreibung ▪ Während der Energiepass die energetischen Eigenschaften des Gebäudebestandes widerspiegelt, macht trifft Heizspiegel empirische Aussagen zum tatsächlichen Heizenergieverbrauch und der damit verbundenen Kosten der Einwohner einer Region oder einer Stadt. Damit stellt ein Heizspiegel einen ökonomischen Vergleichsindikator dar und setzt wirtschaftliche Anreize auf praktikabler Grundlage. Besonders effizient sind quartiersbezogenen Heizspiegel innerhalb von Stadtteilen mit ähnlichen Gebäudebestand und gleicher Beheizungsstruktur zu bewerten, da hierbei unmittelbar das Nutzerverhalten ins Gewicht fällt und schonungslos zum verantwortungsvolleren Handeln auffordert.

Akteure ▪ Stadt, co2online gGmbH, SWU/FUG

Priorität ▪ **Hoch**



W.3) ENERGIEPASS-DATENBANK

Leitmotiv ▪ Der **Energiepass** ist seit der EnEV 2014 zur Pflicht geworden. Eine systematische Unterstützung bei der Ausstellung ermöglicht die Abbildung von Gebäudestandards und Einsparpotenzialen.

Kurzbeschreibung ▪ Die verpflichtende Ausstellung eines Energiepasses nach EnEV 2014 bei Neubau, Modernisierung, Verkauf und Neuvermietung eines Gebäudes oder einer Wohnung ermöglicht die einmalige Gelegenheit, ein flächendeckendes Energiekataster zu erstellen. Dazu nimmt die Baubehörde ihr Recht wahr, Energiepässe einzusehen, öffentliche Aushangpflichten werden erfasst und Wohnungseigentümer aktiv bei der anstehenden Erstellung eines Energieausweises gefördert. Energiesenken werden aufgedeckt und können lokal und systematisch verbessert werden. Zwar werden hierdurch keine unmittelbaren Einsparungen realisiert, jedoch ermöglicht dies Bedarfsberechnungen und Sanierungspotenzialabschätzung mit höchster Datengüte. Diese Daten können sowohl in Quartierskonzepten als auch alle städtebaulichen Maßnahmen einfließen. Sie ermöglichen damit zielgerichtete und individualisierte Werbe- und Beratungskampagnen zu notwendigen Sanierungs- oder Modernisierungsmaßnahmen auf Quartiersebene.

Akteure ▪ Haushalte, Bauamt, SWU, Gebäudemanagement, Energieagentur

Priorität ▪ **Sehr hoch**



W.4) TECHNISCHE OPTIMIERUNG DES HEIZUNGSBESTANDES

Leitmotiv ▪ Die **technische Optimierung des Heizungsbestandes** durch Austausch von Heizungspumpen und Thermostaten, den hydraulischen Abgleich und Rohrdämmung sorgt für einen kostengünstigen Effizienzgewinn.

Kurzbeschreibung ▪ Heizungspumpen sorgen für die Zirkulation des Wassers in den Heizkörpern und sind auch in heizfreien Perioden in Betrieb. Mit einer Betriebszeit von bis zu 6.000 h und einem Stromverbrauch zwischen 500 und 800 kWh ist eine veraltete Pumpentechnik der größte Verbraucher im Haushalt. Ein gleichzeitige Kampagne zum hydraulischen Abgleich bestehender Heizanlagen sorgt für eine Minimierung der thermodynamischen Verluste und resultiert in einer Energieeinsparung von 10 bis 15 Prozent. Der Austausch einer Heizungspumpe senkt deren Stromverbrauch um etwa 80%. Die Einsparungen der Wärmebereitstellung kann bei Kombination einer neuen Pumpe und dem hydraulischen Abgleich mit 15% veranschlagt werden. Die Einsparungen für ein 100 m² Haus mit 200 kWh/m² Wärmebedarf liegen bei ca. 2 t CO₂ p.a.

Akteure ▪ Haushalte, Innung Ulm, Gewerbe, Energieagentur, SWU/FUG

Priorität ▪ **Sehr hoch**



W.5) ANREIZE ZUM HEIZKESSELTAUSCH

Leitmotiv ▪ Anreize zum **Heizkesseltausch** in Haushalten und Kleingewerbe unterstützen die Modernisierung des Bestands an Konstant- und Niedertemperaturkessel und aktiviert die wichtigsten mittelfristigen Einsparpotenziale.

Kurzbeschreibung ▪ In Ulm gibt es mehr als 5.900 Öl und 15.600 Gasheizungsanlagen (Leistung < 100kW, Stand 2011). Hiervon sind weniger als 8% (Öl) bzw. 36% (Gas) Brennwertkessel. Darüber hinaus wurden etwa 24% aller Öl- und 13% aller Gasfeuerungen vor Oktober 1988 in Betrieb genommen. Damit besteht ein extrem großes Austausch- und Umstiegspotenzial auf modernen Brennwert- oder alternative Wärmeerzeugungsanlagen. Die Stadt berät und unterstützt ihre Bürger hierbei aktiv auch über die gesetzlichen Bestimmungen hinaus.

Akteure ▪ Stadt, Innung Ulm, SWU/FUG, Energieagentur, Gewerbe, Handwerkskammer

Priorität ▪ **Sehr hoch**



W.6) ENERGIETRÄGERWECHSEL & „FERNWÄRMESTADT ULM“

Leitmotiv ▪ Ein **Energieträgerwechsel** vor allem weg vom Heizöl ist unumgänglich. Die „**Fernwärmestadt Ulm**“ wird aktiv verdichtet. Als Erdgaszentralheizung in MFH sollen **Mikro-BHKW** bevorzugt werden. **Fachberatung** für Wärmepumpen und Biomasse ist kostenlos und einfach zu erhalten.

Kurzbeschreibung ▪ Seit dem 01. Januar 2010 greift das EWärmeG Baden-Württembergs für den Austausch oder erstmalige Einbau von Zentralheizungen. Dabei müssen 10% des Wärmebedarfs (oder 0,04 m² Kollektorfläche pro m² Wohnfläche, min. 25% Deckung durch Holzöfen, Wärmepumpen mit einer JAZ > 3,5) durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Die Stadt Ulm gibt sich hiermit nicht zufrieden und fördert, unterstützt und berät Umsteiger dabei die nachhaltigste und dennoch wirtschaftliche Lösung zu finden. Dabei sollen die Anforderungen des EWärmeG BW übertroffen werden. Bereits heute werden 40% des kommunalen Wärmebedarfs durch die Fernwärmeversorgung gedeckt, der weitere Ausbau wird priorisiert. Der Bauplan kann keinen Anschluss- und Benutzungszwang für Nah- oder Fernwärmenetze festsetzen, sondern nur Voraussetzungen hierzu schaffen (§9 Abs.1 Nr.21 BauG). Nach Bundesgesetz (§16 EEWärmeG) und Gemeindeordnung BW (§11 GemO BW) kann dies jedoch durch Anordnungen geschehen. Potenzialstudien zur Anschlussmöglichkeit von Neubau-, Umbau und Sanierungsgebieten werden obligatorisch.

Akteure ▪ Haushalte, Bürgerzentrum, FUG/SWU, Energieagentur, Innung Ulm

Priorität ▪ **Sehr hoch**



W.7) FLÄCHENDECKENDE QUARTIERSKONZEPTEN

Leitmotiv ▪ Die Aufstellung flächendeckender **Quartierskonzepte** für kleinräumige nach relevanten Merkmalen aufgeteilte Stadtbereiche, ermöglicht optimale Sanierungs- und Energiekonzepte (Bsp. Wengenviertel).

Kurzbeschreibung ▪ Die großen Einsparpotenziale der Stadt liegen nicht nur in Neubaugebieten sondern v.a. in Bestandsgebieten. Diese gilt es zunächst in kleine abgrenzbare Quartiere zu unterteilen. Durch stichprobenartige Begehungen, Befragungen und Erhebungen können detaillierte Bestandsdaten erfasst werden, die Grundlage für eine Energiebilanz und ein Gebäudedekataster sind. Ein anschließendes Sanierungskonzept mit Wirtschaftlichkeitsanalyse und integriertem Mobilitätskonzept ermöglicht es Stadt und Bürgern vorhandene Potenziale auszuschöpfen. Dies erfordert eine individuelle Beratung und proaktive Unterstützung. Die Potenziale sind dabei abhängig vom Quartier. Aufgrund der Kleinräumigkeit und engen Anwohnerbindung wird der Komplexitätsgrad deutlich reduziert und der Erfolgsgrad stark erhöht. Nachteil ist eine hohe Personalintensität dieser Vorgehensweise, die es zu finanzieren gilt. Wichtig sind die regelmäßigen Monitoringberichte nach Abschluss der Konzepte („Learning by Doing“)

Akteure ▪ Haushalte, Fachbereich SBU, Sanierungs-treuhand, IWU, Uni/Hochschule

Priorität ▪ **Sehr hoch**



W.8) BERATUNGSKONZEPT BAUEN & SANIEREN

Leitmotiv ▪ Ein **Beratungskonzept Bauen & Sanieren** bietet eine kompetente Anlaufstelle online, per Telefon sowie vor Ort und verknüpft eine kostenlose technisch-wirtschaftliche Beratung mit Finanzierung und Förderung.

Kurzbeschreibung ▪ Auf der Verbraucherseite bietet die Sanierung und Modernisierung des Bestandes nach wie vor das höchste Einsparpotenzial. Dennoch wird es nur ungenügend aktiviert. Dazu ist zunächst das Eigentümer-Mieter-Verhältnis zu überwinden. Oftmals wohnen die Eigentümer nicht in Ulm und haben nur geringes Interesse an Modernisierungsmaßnahmen. Mieter wiederum schieben die Verantwortung zum Vermieter. Darüber hinaus ist oftmals Unwissen und Unglaube über Sinn und Einsparpotenziale Ursache für ausbleibende Entwicklungen. Hier hilft ein intensives Beratungsangebot, dass offensiv vermarktet werden muss, dabei diese Hemmnisse zu überwinden. Bereits vorhandene Angebote werden verstärkt vermarktet und die Hemmschwellen zur Kontaktaufnahme herabgesetzt. Spezielle Mitteilungsblätter sowie ein gesonderter Unterseite im Internetportal der „Klimastadt Ulm“ runden das Angebot ab.

Akteure ▪ Bürgerzentren, Energieagentur, SWU

Priorität ▪ **Hoch**



W.9) SANIERUNGSFAHRPLAN KOMMUNALER GEBÄUDE

Leitmotiv ▪ Ein konsequenter **Sanierungsfahrplan** und **optimierter Wärmeanschluss** kommunaler Gebäude ergänzt durch stetige Erfolgskontrollen, steht für transparente Glaubwürdigkeit und Vorbildfunktion der Stadt.

Kurzbeschreibung ▪ Der kommunale Gebäudebestand hatte 2013 einen Energieverbrauch von 51,8 GWh Wärme und 11,6 GWh Strom, repräsentiert damit aber weniger als die Hälfte des Verbrauchs aller öffentlicher Einrichtungen. Auch wenn primär ein klares Zeichen für den kommunalen Bestand gesetzt werden muss, endet die Verantwortung nicht bei diesem. Die Stadt setzt sich darüber hinaus aktiv für eine Reduktion des Energiebedarfs in Landeseinrichtungen bzw. öffentlichen Großverbrauchern wie Uni/Hochschule, Krankenhäuser, Polizei, VHS, Alten-/Pflegeheimen ein. 2013 wurden 57% des Wärmebedarfs der kommunalen Gebäude durch Fernwärme gedeckt, weitere 41% durch Erdgas, nur 1,5% durch Heizöl und der Rest durch Holz. Die nachhaltigste Optimierung durch eine vollständige Umstellung auf Fernwärme lässt sich nur mit dem gleichzeitigen Ausbau des Fernwärmenetzes verwirklichen. Dennoch werden vorhandene Wechsellpotenziale erschlossen. Der Heizölverbrauch wird vollständig verhindert, der Erdgasbezug auf Naturgas umgestellt.

Akteure ▪ Zentrales Gebäudemanagement

Priorität ▪ **Hoch**

VERKEHRSEKTOR



V.1) NACHHALTIGER KOMMUNALER FUHRPARK

Leitmotiv ▪ **Verstärkung des nachhaltigen kommunalen Fuhrparks** als Vorbild und Innovationsmultiplikator für den langfristigen Ausbau alternativer Antriebstechnologien.

Kurzbeschreibung ▪ Im städtischen Fuhrpark befinden sich aktuell 3 geleaste *smart fortwo electric drive*. Insgesamt besteht der städtische Fuhrpark aber aus 102 Fahrzeugen der Verwaltung und 63 Fahrzeuge der EBU. Darunter befinden 48 PKW und 62 Transporter. Eine innovative Stadtverwaltung kann langfristig den Großteil des PKW- und Transporter-Bestandes durch Hybrid-/Plugin-Hybrid- oder reine Elektrofahrzeuge austauschen. Gleichzeitige Maßnahmen zur Benutzung des Umweltverbundes durch städtische Mitarbeiter vervollständigen die Vorbildfunktion.

Akteure ▪ EBU

Priorität ▪ **Mittel**



V.2) AKTIONSPLAN „ALTERNATIVE ANTRIEBE“

Leitmotiv ▪ **Aktionsplan „Alternative Antriebe“** zur Aufklärung, Abbau von Hemmnissen und Schaffung von Anreizen, um den Umstieg auf Elektromobilität und Hybridantriebe zu erleichtern.

Kurzbeschreibung ▪ Der motorisierte Individualverkehr (MIV) wird auch langfristig der tragende Pfeiler des Verkehrssektors bleiben. Umso wichtiger ist es für eine Kommune die Potenziale innerhalb der gesetzlichen Rahmenbedingungen voll auszuschöpfen und durch lokale Wettbewerbe, Fördermöglichkeiten und Aktionsangebote den effizienten alternativen Antriebsarten den lokalen Markteintritt zu erleichtern. Das erklärte Ziel ist es, dass jeder Bürger den anstehenden Fahrzeugwechsel zum Umstieg auf alternative Antriebsarten zumindest in Betracht zieht und evtl. umsetzt.

Akteure ▪ Stadt, WBZU, Uni/Hochschule

Priorität ▪ **Mittel**



V.3) MOBILITÄTSKULTUR & ECO-DRIVE

Leitmotiv ▪ **Mobilitätskultur & Eco-Drive** sind unumgänglichen Aufklärungsarbeiten auf kommunaler Ebene, um das Verkehrsverhalten der Bürger zu sensibilisieren.

Kurzbeschreibung ▪ Der Großteil aller zurückgelegten Strecken des MIV ist entweder so kurz, dass er auch alternativ zurückgelegt hätte werden können, oder so vermeidbar, dass er gar nicht hätte zustande kommen müssen. Meist erst mit diesem Bewusstsein ist der Autofahrer auch empfänglich, sich auf die richtige Fahrweise einzulassen. Die Stadt muss hier ihre Vorbildfunktion wahrnehmen und Fehlverhalten der eigenen Mitarbeiter bekämpfen. Die Öffentlichkeitsarbeit richtet ihren Blick auf Bewusstseinsbildung für die individuellen Verhaltensweisen des Bürgers. Dazu werden Schulungen, autofreie Aktionstage und sensibilisierende Projekte durchgeführt.

Akteure ▪ EBU, SWU, IHK, Lokale Agenda

Priorität ▪ **Niedrig**



V.4) FÖRDERUNG DES FUSS- UND RADVERKEHRS

Leitmotiv ▪ **Förderung des Fuß- und Radverkehrs** durch konsequente Umsetzung der Maßnahmen des VEP 2013 und Aktionsbündnis *FahrRad*, Entwicklung „lebender“ Fuß- und Radverkehrskonzepte, regelmäßige Erfolgskontrollen und stetige Erweiterungen.

Kurzbeschreibung ▪ Eine Stadt ist nur so gesund wie ihre Bürger. Dem tagtäglichen Bewegungsmangel wird durch ein ansprechendes Fußverkehrskonzept entgegengewirkt. Dieses beherzigt die barrierefreie Vorfahrt des Fußgängers, stellt dafür Umgehungen der Hauptverkehrsachsen bereit, baut Erholungsflächen aus, begrünt Verkehrsflächen ansprechend, sorgt für Sitz- und Bewegungsmöglichkeiten entlang der Pfade (Bewegungskoordination) und erweitert Fußgängerzonen. Gleichzeitig stärkt dies den wichtigsten und natürlichsten Verkehrsteilnehmer des Umweltverbundes. Neben dem Fußverkehr, ist v.a. der Radverkehr als elementarer und gesundheitsfördernder Bestandteil des Umweltverbundes zu fördern. Ein Radverkehrskonzept richtet sich nach den Handlungsfeldern des „Nationalen Radverkehrsplan 2020“ (BMVI): Verkehrsplanung → Infrastruktur → Sicherheit → Kommunikation → Elektromobilität → Verknüpfung → Erziehung → Qualität. Dabei stellt es durch Erhebung und Kooperation zunächst die Ausgangslage, Potenziale und Ziele dar und aktiviert die Organisation, Finanzierung und Erfolgskontrolle.

Akteure ▪ Stadt (Verkehrsplanung), Bürger, FahrRad, TU Dresden (SrV), Lokale Agenda

Priorität ▪ **Sehr hoch**



V.5) STÄRKUNG DES ÖPNV

Leitmotiv ▪ **Stärkung des ÖPNV** durch konsequente Priorisierung, Reduktion der Reisezeiten (bspw. Expressbusse), Erhöhung des Komforts, vergünstigte Jobtickets, obligatorische Semestertickets, elektronische Tickets, ...

Kurzbeschreibung ▪ Zu den Basisanforderungen an einen effizienten öffentlichen Personen-Nahverkehr zählen die Minimierung der Benutzungshemmschwelle sowie die Bereitstellung einer nachhaltigen Finanzierungsform. Erst wenn die im Leitbild aufgezählten Eigenschaften bis auf ein Optimum ausgeschöpft sind, kann die Ausweitung des ÖPNV nur durch Restriktionen des MIV erreicht werden. Gleichzeitig muss Ulm auch die langfristige Finanzierung dieses qualitativ hochwertigen ÖPNVs sicherstellen können. Hierzu ist die gesamte Bandbreite von kostengünstigen Bürgertickets bis hin zu Gemeinschaftsbeiträgen in Betracht zu ziehen. Oftmals ergibt sich aus unerwarteten Kombinationen die effizienteste Finanzierungsform.

Akteure ▪ Stadt, SWU, Uni/Hochschule, Industrie, GHD

Priorität ▪ **Hoch**



V.6) PRIORISIERUNG VON UMWELTVERBUND & ALTERNATIVEN ANTRIEBEN

Leitmotiv ▪ Die **Priorisierung von Umweltverbund und alternativen Antrieben** wird konsequent erhöht und unterstützende Maßnahmen wie verkehrsberuhigte Bereiche, Parkraummanagement und Sonderprivilegien sinnvoll eingesetzt.

Kurzbeschreibung ▪ Der Umweltverbund soll als privilegiertes Verkehrsmittel aufgefasst werden und Sonderrechte vor dem MIV erhalten. Gerade im Bereich der Innenstadt kann der Umweltverbund deutlich gestärkt werden, indem der MIV durch ein restriktiveres Verkehrsmanagement beschränkt wird. Diese Vorgehensweise stößt oftmals auf Widerstand, lässt sich aber langfristig zu Gunsten einer unausweichlichen Reduktion des MIV im Innenstadtbereich nicht vermeiden. Diese Maßnahme stärkt dabei nicht nur den Umweltverbund, sondern ermöglicht auch Privilegien für besonders effiziente E-Fahrzeuge oder innovative Verkehrskonzepte. Verkehrsberuhigte Bereiche (Tempo-30-Zonen) sind im Allgemeinen nicht klimawirksam und schädlich auf den Hauptverkehrsachsen. Dennoch lassen sich durch diese Verkehrsachsen verlegen oder verdrängen und die Lärmemissionen auf Nebenachsen verringern. Zudem wirken verkehrsberuhigte Zonen als natürliche Restriktion des MIV. Ein augenscheinliches Problem stellt die Verkehrsregulierung/-überlastung auf verringerten Hauptverkehrsachsen dar. Dies ist allerdings ein Henne-Ei-Problem: Denn freie Verkehrsachsen fördern den MIV und erhöhen damit die Verkehrsleistung.

Akteure ▪ Stadt, SWU, Bürger, FahrRad

Priorität ▪ **Hoch**



V.7) VERNETZTE MOBILITÄT

Leitmotiv ▪ **Vernetzte Mobilität** durch Einrichtung von Mobilitäts-inseln mit flexibler Verkehrsmittelwahl, einem integrierten Informations- und Buchungssystem, Kombitickets, Car- & Bike-Sharing, Park & Ride, Stellplätzen, ...

Kurzbeschreibung ▪ Eine vernetzte Mobilität zeichnet sich dadurch aus, dass Verkehrsträger nicht mehr konkurrieren sondern in flexibler Kooperation den Verkehrsverbund stärken und ergänzen. Kombinierte Informations- und Buchungssysteme vereinfachen die freie Wahl zwischen Straßenbahn, Bussen, Bahnen, Taxen, E-Fahrrädern und Car-Sharing-Angeboten. Dazu ist ein vollständiges „Mobilitätspaket“ eines einzelnen Dienstleisters notwendig. Mobilitätsinseln, Bike- und Car-Sharing-Stellplätze, Park & Ride-Angebote und kostengünstige Kombitickets verringern die Hemmschwelle.

Akteure ▪ Stadtplanung, Verkehrsplanung, SWU, Ding, Deutsche Bahn, Car-Sharing-Anbieter

Priorität ▪ **Hoch**



V.8) GRÜNE-CITY-LOGISTIK

Leitmotiv ▪ Eine **Grüne-City-Logistik** versucht Unternehmen des Sektors GHD und Industriebetriebe durch eine gemeinsame Plattform zu einem effizienten, kooperierenden und nachhaltigen Güterverkehr zusammenzuführen.

Kurzbeschreibung ▪ Als „Grüne City-Logistik“ wird eine Organisationsform des lokalen Warenumschlages bezeichnet, die möglichst effizient und umweltgerecht ausgelegt wird. Primär wird vor allem die Koordinierung der Logistikbedarfs verschiedener Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes sowie Einzel- und Großhandel berücksichtigt. Interessierten Akteuren werden kostengünstige Logistikhubs außerhalb des Stadtgebiets zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig wird die Einfuhr in das Stadtgebiet durch Lieferzeiten und Gebühren reguliert. Sekundär wird auch die Umstellung auf einen alternativen Verkehrsträger in Betracht gezogen sowie Materialflüsse und Lagersysteme optimiert.

Akteure ▪ Stadt, Unternehmen, GHD, IHK, Handwerkskammer

Priorität ▪ **Niedrig**



V.9) „STADT DER KURZEN WEGE“

Leitmotiv ▪ Ein nachhaltiges Stadtentwicklungskonzept mit Augenmerk auf den **Mobilitätsbedarf** der Einwohner vor allem für Neu-/Umbaugebiete sowie Sanierungsquartiere stärkt das Prinzip **„Stadt der kurzen Wege“**.

Kurzbeschreibung ▪ Das Prinzip „Stadt der kurzen Wege“ zeichnet sich dadurch aus, dass die Planung von Neu- und Umbaugebieten in hoher Priorität an die Mobilitätsbedürfnisse der Einwohner angelehnt ist. Hierzu zählen zum einen individuelle Verkehrskonzepte, wie kurze Fußwege zu den nächsten öffentlichen Nahverkehrs-Knotenpunkten, gesonderte Fahrspuren für Verkehrsmittel des Umweltverbundes und ähnliche förderliche Maßnahmen für den Umweltverbund. Dabei werden nicht nur Anreize gesetzt, sondern auch restriktive Konzepte verfolgt, zu denen beispielsweise eine bewusste Knappheit von Parkplätzen für MIV gehören. Darüber hinaus zeichnet sich eine Stadt der kurzen Wege dadurch aus, dass sie nach Möglichkeit die Binnenweghäufigkeit verringert, indem bewusste Nebenzentren für die Bedürfnisse des alltäglichen Lebens geschaffen werden, ohne lange Wege in Kauf nehmen zu müssen. Hierdurch ist das Prinzip ein integraler Bestandteil der quartiersbezogenen Vorgehensweise mit dem Augenmerk auf die Innenentwicklung von Bestandsquartieren vor der Außenentwicklung in Randgebieten, die das Verkehrsaufkommen weiter erhöhen.

Akteure ▪ Stadtplanung, Verkehrsplanung, Bürger, SWU

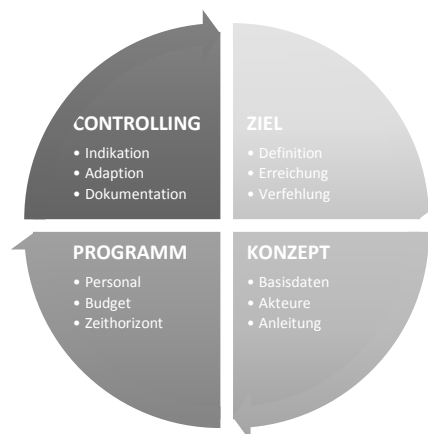
Priorität ▪ **Hoch**

7. KLIMASCHUTZSTRATEGIE



Die Frage, was nun konkret zu tun sei, um die Stadt Ulm erfolgreich in eine „Klimastadt“ zu verwandeln, kann leider nicht pauschal beantwortet werden. Zu groß sind die Unsicherheiten, zu weitreichend die Implikationen, zu vielfältig die Themenbereiche und zu komplex deren Inhalte und Zusammenhänge. Dennoch gibt es einige Leitregeln, an die man sich halten kann. Als oberste Priorität der Stadt Ulm wird zunächst die Zuteilung von Ressourcen an Klimaschutzmaßnahmen angesehen. Für eine Stadt der Größe Ulm, sollten hierbei zwei Stellen vorgesehen werden, die oftmals mit den Titeln „**Klimaschutzmanager**“ sowie „**Klimaschutzbeauftragter**“ bezeichnet werden, prinzipiell aber jede Form der Bezeichnung annehmen können. Wichtig ist hingegen die Aufgabenzuteilung. Während sich der Klimaschutzmanager um die Entwicklung und Umsetzung von Klimaschutzprogrammen kümmert, ist der Klimaschutzbeauftragte für die Netzwerkpflge, Öffentlichkeitsarbeit und Controllingaufgaben verantwortlich. Die Stelle des Klimaschutzmanagers sollte hierbei einer Vollzeitstelle entsprechen, während die Stelle des Klimaschutzbeauftragten unter Umständen auch durch eine Teilzeitstelle erfolgreich ausgefüllt werden kann. Sind die Ressourcen einmal etabliert, lassen sich Klimaschutzprogramme stets nach dem gleichen Schema abarbeiten (Abb. 82). Von besonderer Bedeutung innerhalb der Klimaschutzprozesse sind dabei vor allem die stetige Kontrolle der Zieldefinition und eine nachhaltige Erfassung und Dokumentation der Erfolgsindikatoren.

Abb. 82 | Prozessmanagement generischer Klimaschutzprogramme

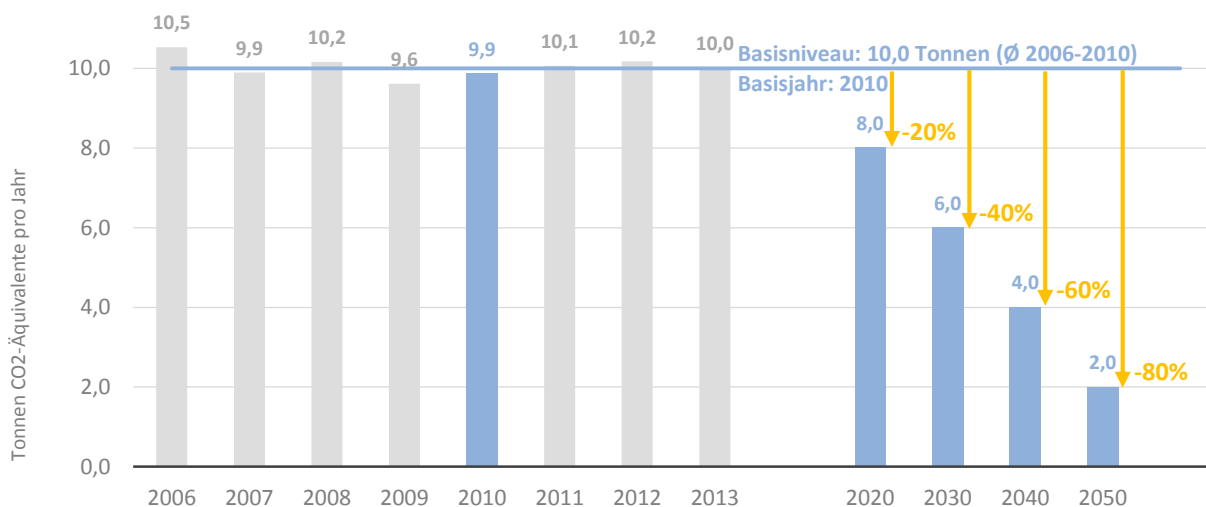


Eigene Darstellung

7.1. KLIMASCHUTZZIELE

Klimaschutzziele beinhalten ein verbindlich beschlossenes Leitbild, das konsequent verfolgt und regelmäßig auf den Grad der Zielerreichung untersucht wird. Dabei gilt, dass sowohl die Ziele der Bundesregierung als auch der Landesregierung eingehalten werden sollen. Aufgrund der fehlenden Datenbasis rückwirkend bis zum offiziellen Basisjahr 1990, auf das sich sowohl die Landes- als auch Bundesziele beziehen, ist eine Fortschreibung auf das für Ulm gewählte Referenzjahr 2010 erforderlich. Die Wahl dieses Jahres ermöglicht es, einfach zu kommunizierende Zwischenziele für die Jahrzehnte bis 2050 festzusetzen. Zudem ist es ab 2010 möglich auf einer belastbaren Datenlage ein Basisniveau zu definieren, das sich auf den Fünf-Jahresdurchschnitt der Jahre 2006 bis einschließlich 2010 bezieht. Als Ausgangsgröße dienen die mittleren Pro-Kopf-Emissionen bezogen auf die amtliche Einwohnerstatistik der Stadt Ulm, die genau bei 10,0 Tonnen lagen und damit gleichzeitig auf dem Niveau des Basisjahres 2010. Um sowohl die Landesziele als auch die Bundesziele einzuhalten, müssen die Pro-Kopf-Emissionen bis 2050 um 80 % auf 2,0 Tonnen jährlich sinken. Für die Zwischenziele gilt entsprechend, dass die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 20 %, bis 2030 um 40 % und bis 2040 um 60 % sinken müssen, jeweils bezogen auf das Basisjahr 2010. Auf diese Weise wird zudem sichergestellt, dass neben den Bundes- und Landeszielen auch die Ziele des *Klima-Bündnis* eingehalten werden, denen sich die Stadt Ulm mit ihrem Beitritt verpflichtet hat.

Abb. 83 | Klimaschutzziele der Stadt Ulm bis 2050



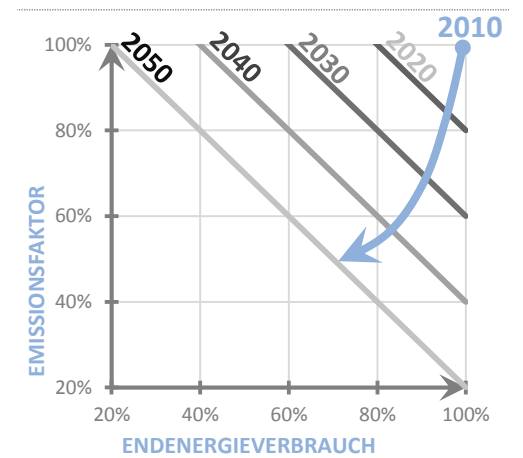
Pro-Kopf-Emissionen (basierend auf amtlicher Einwohnerbilanz)

Dass die Ziele so „einfach formulierbar“ ausfallen, ist dem glücklichen Umstand zu verdanken, dass sich die energiebedingten Treibhausgasemissionen genau auf dem Niveau von 10 Tonnen pro Kopf einfinden, das gleichmäßige Zwischenziele sind dem gewünschten nachhaltigen Endniveau von 2,0 Tonnen anzurechnen. Der gleichmäßige Absenkpfad täuscht jedoch über die Tatsache hinweg, dass die relativen Einsparziele steigen. Während die Emissionen zwischen 2010 und 2020 noch um 20 % gesenkt werden müssen, liegt die relative Einsparhöhe im Jahr 2040 bereits bei 50 % bis zum Jahr 2050. In Kombination mit steigenden Grenzkosten jeder eingesparten Tonne Treibhausgase, potenzieren sich die langfristigen Anstrengungen und jede kurzfristige Zielverfehlung wird exponentiell fortgeschrieben.

Im Rahmen von Klimaschutzkonzepten werden gerne Szenarien entwickelt, die die zukünftige Entwicklung der kommunalen Treibhausgasemissionen projizieren, um anhand zweier parallel aufgezeigter Wege zu verdeutlichen, wie weit die Klimaschutzziele verfehlt werden, wenn keine Anstrengungen unternommen werden, um diese zu erreichen. Dazu werden für gewöhnlich zwei Szenarien entwickelt, ein **Referenzszenario**, das den Entwicklungspfad unter konstanten Randbedingungen aufzeigen soll und ein **Klimaschutzszenario**, das Klimaschutzaktivitäten dahingegen quantifiziert und darstellt, dass die zuvor gesetzten Ziele erreicht werden können. Dieses Konzept rät hingegen davon ab, solche Szenarien zu entwerfen, da sie nicht annähernd die Wirklichkeit abbilden können.

Vielmehr sollten versucht werden verbindliche Ziele zu verfolgen, die so formuliert sind, dass sie einen **Lösungsraum** besitzen. Die Randbedingungen des Lösungsraumes spannen damit automatisch den **Szenariotrichter** eines **Zielszenarios** auf. Eine hohe Anzahl von Freiheitsgraden ermöglicht dabei verschiedene Lösungspfade auszutesten und bei Bedarf anzupassen. Für energiebedingte Treibhausgasziele existieren dabei zwei Freiheitsgrade, deren Bedeutung bereits mehrfach genannt wurde. Die Energieerzeugung, repräsentiert durch den kombinierten kommunalen Emissionsfaktor und der Energieverbrauch. Das Produkt der beiden ergibt die Treibhausgasemissionen, kann langfristig bis 2050 entweder der Emissionsfaktor oder der Energieverbrauch um 80 % gesenkt werden um die Ziele zu erreichen. Diese beiden Randbedingungen spannen den Lösungsraum der kommunalen Klimaschutzziele auf (Abb. 84). Der tatsächliche Lösungspfad wird sich zwischen den Randbedingungen entwickeln. Aufgrund einer hohen Unelastizität des Energiebedarfs auf Verbraucherseite, ist davon auszugehen, dass kurz- bis mittelfristig der Emissionsfaktor stärker sinken wird als der Energieverbrauch. Langfristig werden sich die Reduktionspotenziale des Emissionsfaktors jedoch aufbrauchen und eine verstärkte Absenkung des Energieverbrauchs erzwingen. Bis 2050 ist davon auszugehen, dass der Endenergieverbrauch um 20 bis 30 % und der Emissionsfaktor um 50 % bis 60 % sinken wird, wenn die Klimaschutzziele gehalten werden sollen.

Abb. 84 | Lösungsraum der kommunalen Klimaschutzziele bis 2050



Eigene Darstellung



EXKURS • SZENARIOTHEORIE

Bereits die Erstellung eines Referenzszenarios beinhaltet eine unerschöpfliche Anzahl von Problemen und Unsicherheiten. Weder ist bekannt wie sich der Bedarf eines einzelnen Energieträgers über viele Jahre entwickeln wird noch ist bekannt wie sich der bundesweite Strommix verändert. Auch lassen sich keine Vorhersagen zu gesetzlichen Rahmenbedingungen treffen. Wissenschaftlich fundiert, würde ein Referenzszenario einen sehr großen Szenariotrichter aufweisen, so dass die kommunalen Klimaschutzziele prinzipiell bereits in diesem abgebildet werden müssten. Noch deutlicher wird diese Problematik in der Aufstellung eines Klimaschutzszenarios. Dieses widerspricht der Konzeptebene, auf dem ein Klimaschutzkonzept angesiedelt ist, da es konkrete Programme voraussetzen würde, um einem Zielpfad zu folgen, der bereits eine beschlussfassende Mehrheit findet. Ohne eine solche Grundlage besteht der Zielpfad aus einer Vielzahl verschiedener Möglichkeiten, woraus sich ein Zielszenariotrichter ergeben würde, der wiederum das Referenzszenario beinhalten würde und damit obsolet wäre.

EUROPÄISCHEN UNION

Im Rahmen der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls (2013 bis 2020) hat die Europäische Union ein verbindliches Klima- und Energiepaket 2020 verabschiedet, und sich den sogenannten 20-20-20-Zielen verpflichtet. Danach sollen die THG-Emissionen der Mitgliedsländer um 20 % gegenüber dem Referenzjahr 1990 fallen, 20 % des Endenergieverbrauchs soll durch erneuerbare Energieträger gedeckt und Energieeinsparungen in Höhe von 20 % in Relation zum projizierten Verbrauch erreicht werden. Zu-dem soll der Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor auf 10 % steigen. Das EU Klima- und Energie-Rahmenwerk 2030 bezieht sich weitestgehend auf die 2020-Ziele und erhöht dabei die angestrebten Ziel-größen. So sollen gegenüber dem Referenzjahr 40 % weniger THG emittiert werden und der Anteil der erneuerbaren Energieträger sowie die Höhe der Energieeinsparungen auf 27 % steigen. Bis 2050 strebt die EU eine „Low-Carbon-Economy“ an, die mit 60 % geringeren THG-Emissionen bis 2040 und mit 80 % geringeren bis 2050 auskommen soll.



EXKURS • DIE PKW-FLOTTENGRENZWERTE DER EU

Bei den Grenzwerten von 130 g bzw. 95 g Kohlenstoffdioxid pro Kilometer handelt es sich nur um Durchschnittswerte für den Fahrzeugpool eines Herstellers. Für besonders effiziente Fahrzeuge (mit CO₂-Emissionen von weniger als 50 g/km) oder klimarelevante Innovationen werden sogenannte „Supercredits“ vergeben, die es ermöglichen solche Fahrzeuge mehrfach auf den Pool anzurechnen. Dies soll aus Sicht der Politik die Anreize erhöhen möglichst schnell effiziente Elektro-Fahrzeuge auf den Markt zu bringen. Allerdings wird dies auch zur Folge haben, dass viele Hersteller nur sparsame Kleinfahrzeuge anbieten werden, um nicht auf Luxus- und Statusfahrzeuge verzichten zu müssen, die dann deutlich höhere CO₂-Emissions-faktoren als dem Grenzwert aufweisen können. Um das Marktgleichgewicht zu erhalten werden kleinen Fahrzeugherstellern erleichterte Kriterien zur Erfüllung der Standards angeboten.

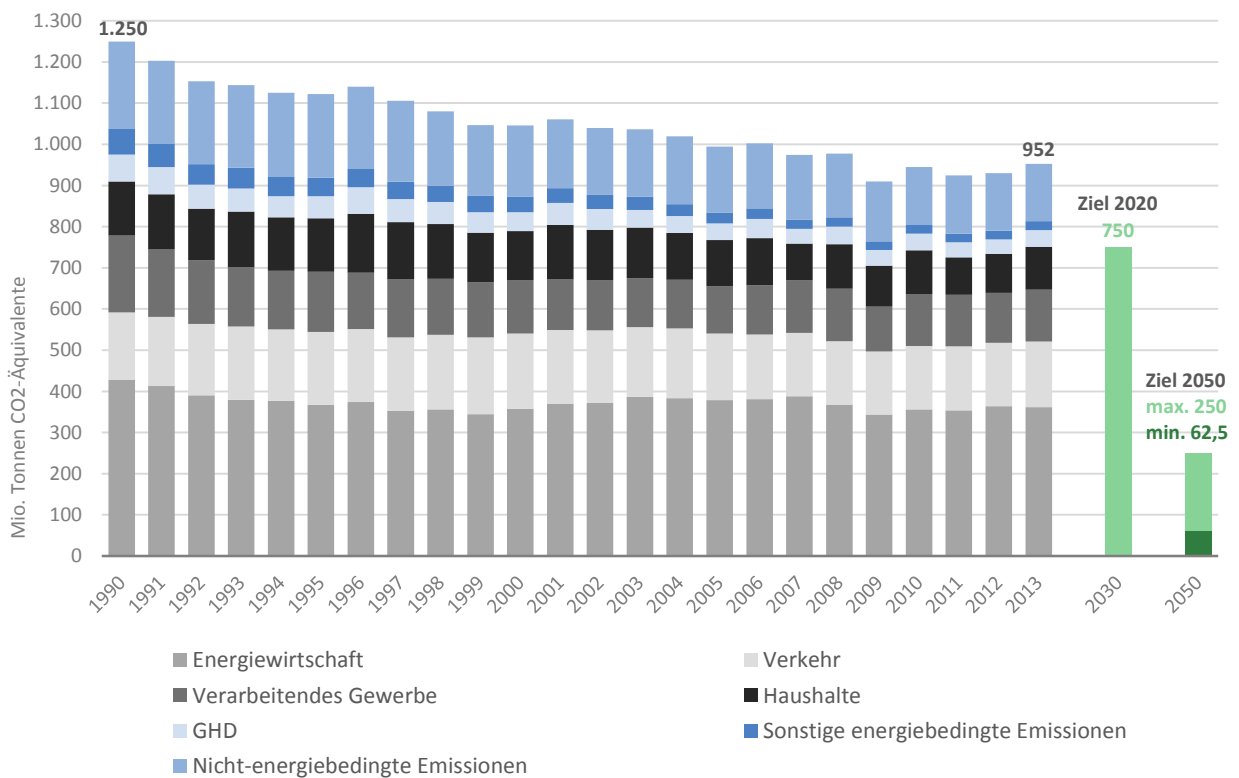
Ein großes Problem ist die Messung der Emissionswerte, die durch viele legale Ausnahmeregelungen deutlich an der Realität vorbeiführt. Ein Vorstoß der EU hier einheitliche und restriktive Standards zu definieren, wird durch europäische Lobbyarbeit der European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) systematisch unterwandert. Vor allem die deutsche Regierung unterstützt die Forderungen des ACEA hierbei größtenteils und widerspricht ihren eigenen Klimaschutzbemühungen.

Wesentliche Handlungsfelder der EU sind die Umsetzung des Europäischen Emissionshandels (EU-ETS) und die Einführung von Grenzwerten für durchschnittliche spezifische CO₂-Emissionen der PKW-Flotte von Fahrzeugherstellern. Das EU-ETS erfasst hierbei etwa 45 % aller THG-Emittenten und soll durch eine kontinuierliche Verringerung ausgegebener Zertifikate eine Reduktion der Emissionen aller ETS-Teilnehmer von 21 % bis 2020 und 43 % bis 2030 bezogen auf das Basisjahr 2005 ermöglichen. Spätestens Ende 2015 soll der Durchschnitt erstmals zugelassener PKWs den Grenzwert von 130 g/km nicht mehr überschreiten und bis 2021 den Wert von 95 g/km erreichen. Der europäische Durchschnitt lag 2014 bereits bei 123 g/km und unterbot damit das vorgegebene Ziel, was die deutschen Hersteller mit 132 g/km allerdings noch verfehlten. Auch für leichte Nutzfahrzeuge (unter 3,5 t) sieht die EU-Gesetzgebung Grenzwerte vor. So muss der Fahrzeugpool von Neuzulassungen eines Herstellers den schrittweise angehobenen Grenzwert von 175 g/km bis 2017 und 147 g/km bis 2020 einhalten. Auch hierbei können besonders sparsame Modelle oder innovative Technologien zu Bonuspunkten führen. Im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge stagniert die EU mit einer passiven Politik zur regulierten Erfassung klimarelevanter Emissionen von Lastkraftwagen als Basis zukünftig zu beschließender Grenzwerte.

BUNDESREGIERUNG

Die deutschen Klimaschutzziele basieren auf einer Selbstverpflichtung der Bundesregierung, die im Rahmen des Kyoto-Protokolls durch das Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) 2007 beschlossen und mit dem Koalitionsvertrag 2013 bestätigt wurde. Darin setzt sich die Bundesregierung das verbindliche Ziel, die nationalen THG-Emissionen bis 2050 schrittweise auf 80 bis 95 Prozent unter das Referenzjahr 1990 zu senken. Dieses Ziel soll erreicht werden, indem der Anteil regenerativer Energieerzeugung bis 2050 auf 60 % des Gesamtenergiebedarfs und 80 % des Bruttostromverbrauchs ausgebaut und der Primärenergieverbrauch um 50 %, der Stromverbrauch um 25 % und der Energieverbrauch im Verkehrssektor um 40 % gesenkt werden soll (Tab. 20). Klimaverträglichkeit, Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit besitzen dabei den gleichen Stellenwert und müssen stets simultan erfüllt werden.

Abb. 85 | Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland seit 1990



Quelle: Umweltbundesamt (Mai 2015)

Nach ersten Schätzungen wurden 2014 etwa 912 Mio. Tonnen Treibhausgase in Deutschland emittiert. Nach einer mehrjährigen Stagnation, lag dieser Wert erstmals wieder auf dem Niveau von 2009 (siehe Abb. 85). Zwischen 1990 und 2013 konnten die Emissionen um durchschnittlich 1,1 % jährlich gesenkt werden, um das Zwischenziel 2020 noch zu erreichen, müssten die Emissionen in den nächsten sechs Jahren allerdings um 3,2 % jährlich sinken. Aktuelle Projektionen der Bundesregierung sind optimistischer und gehen davon aus, dass das THG-Minderungsziel 2020 nur um 5 bis 8 Prozent verfehlt wird (40 bis 60 Mio. Tonnen). Um diese Lücke zu schließen, beschloss die Bundesregierung Ende 2014 das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020, das mit neun Bausteinen zusätzliche 62 bis 78 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente einsparen möchte.

Tab. 20 | Klimaschutzziele der Bundesregierung (Energiekonzept 2010)

	KLIMA-POLITIK	ERNEUERBARE ENERGIEN		ENERGIEEFFIZIENZ				VERKEHR	
	THG-Emissionen (ggü. 1990)	Anteil Strom	Anteil Gesamt	Primärenergie (ggü. 2008)	Strom (ggü. 2008)	Energieproduktivität	Gebäudesanierung (ggü. 2008)	Energiebedarf (ggü. 2005)	Elektrofahrzeuge
2020	-40 %	35 %	18 %	-20 %	-10 %		Heizwärmebedarf -20 % bis 2020	-10 %	1 Mio. bis 2020
2030	-55 %	50 %	30 %			Anstieg um 2,1 % p.a.	Verdoppelung der Sanierungsrate von 1 % auf 2 %		
2040	-70 %	65 %	45 %						
2050	-80 % bis -95 %	80 %	60 %	-50 %	-25 %		Primärenergiebedarf -80 % bis 2050	-40 %	

Quelle: BMUB (Juni 2014)

Neben dem infrastrukturellen Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) zählen vor allem das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG), das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sowie das Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG) und die Energieeinsparverordnung (EnEV) zu den wesentlichen Klimaschutzwerkzeu-gen der Bundesregierung, aber auch das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und das Elektromobilitäts-gesetz (EmoG) sollen zusätzliche Anreize setzen. Während der Zweck des EEG und EEWärmeG ist, dazu bei-zutragen den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch auf einen Mindestanteil von 80 % bis 2050 und am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte auf 14 % bis 2020 zu steigern, soll das KWKG den Anteil der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung auf 25 % bis 2020 erhöhen.⁶⁴ Die EnEV definiert Vorgaben zur Energieeinsparung von Gebäudehüllen und Anlagen für Heizen, Kühlen, Lüften, Beleuchten und Warmwassererzeugung im Bestand und Neubau, das EmoG legitimiert eine Bevorrechtigung von Elektro-fahrzeugen gegenüber konventionellen Verkehrsmitteln. Ergänzt werden die Gesetze durch nationale Ent-wicklungsstrategien der Bundesregierung, wie dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität (NEP) und dem Nationalen Aktionsplan Energieeffizienz (NAPE), die den politischen Handlungsbedarf und erweiterte Klimaschutzmaßnahmen festsetzen, sowie den Marktanreizprogrammen (MAP) des BAFA und Förderpro-grammen der KfW Bankengruppe, die die Finanzierung unterstützen.

LANDESREGIERUNG

Die Klimapolitik des Landes Baden-Württemberg basiert auf den im Klimaschutzgesetz 2013 verbindlich fest-gelegten Treibhausgasminderungszielen von mindestens 25 % bis 2020 und 90 % bis 2050 jeweils im Ver-gleich zum Referenzjahr 1990. Mit der Beschlussfassung des Integrierten Energie- und Klimakonzeptes (IEKK) wurden diese Verpflichtungen im Juli 2014 konkretisiert. Die im IEKK formulierten Ziele richten sich im Wesentlichen nach den Bundeszielen, wurden aber auf Grundlage eines vorbereitenden Gutachtens des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW) 2012 an die Randbedingungen in Baden-Württemberg angepasst und spezifiziert. Neben konkreten Zielen für einen Ausbau erneuerbarer Energien, Einsparungen im Endenergieverbrauch und der Reduktion von Treibhausgasen nach Nutzungsform der End-

⁶⁴ Das EEG bezweckt zudem einen Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch von 40 % bis 45 % bis 2025 und 55 % bis 65 % bis 2035.

energie (Strom, Wärme, Kraftstoffe) (Tab. 21), formuliert die Landesregierung auch Ziele nach Verbrauchssektor (Industrie, Haushalte, GHD und Verkehr) (Tab. 22). Die höchsten Einsparpotenziale im Endenergieverbrauch werden demnach vor allem bei Haushalten sowie Kleinverbrauchern des GHD-Sektors gesehen und größtenteils durch eine Reduktion des Wärmebedarfs erreicht. Während der projizierte Stromverbrauch bis 2050 nur um 14 % gegenüber 2010 sinkt, sollen die durch die Stromerzeugung verursachten THG-Emissionen um 96 % gegenüber 1990 fallen, was nur durch einen konsequenten Ausbau des Anteils erneuerbarer Stromerzeugung auf 89 % zu erreichen ist. Insgesamt 108 im IEKK formulierte Einzelmaßnahmen sollen die Einhaltung der Klimaschutzziele sicherstellen.

Tab. 21 | Klimaschutzziele der Landesregierung (IEKK Baden-Württemberg 2014)

	KLIMA-POLITIK	ERNEUERBARE ENERGIEN		ENDENERGIEVERBRAUCH (BASISJAHR 2010)				TREIBHAUSGASEMISSIONEN (BASISJAHR 1990)			
	THG-Emissionen (ggü. 1990)	Anteil Strom	Anteil Wärme	Gesamt	Strom	Wärme	Kraftstoffe	Gesamt	Strom	Wärme	Kraftstoffe
2020	-25 %	36 %	21 %	-16 %	-6 %	-22 %	-15 %	-25 %	-18 %	-28 %	-27 %
2030	-	62 %	36 %	-30 %	-9 %	-40 %	-31 %	-45 %	-44 %	-46 %	-46 %
2040	-	78 %	55 %	-39 %	-12 %	-52 %	-42 %	-69 %	-72 %	-73 %	-59 %
2050	-90 %	89 %	88 %	-47 %	-14 %	-64 %	-49 %	-85 %	-96 %	-95 %	-68 %

Quelle: IEKK Baden-Württemberg (Juli 2014)

Zusätzlich zum EEWärmeG der Bundesregierung, das nur Neubauten betrifft, hat die Landesregierung Baden-Württemberg ein Erneuerbare-Wärmen-Gesetz (EWärmeG) für Bestandsgebäude verabschiedet und in einer Novellierung am 1. Juli 2015 verschärft. Zweck ist, den Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmebereitstellung zu erhöhen. Ob die Klimaschutzziele allerdings eingehalten werden können, bleibt fraglich. Bis Ende 2013 konnten die energiebedingten THG-Emissionen in Baden-Württemberg gegenüber 1990 nur um 9 % auf 67,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente reduziert werden. Bis 2020 müssten die energiebedingten Emissionen um weitere 12 % auf 59,5 Mio. Tonnen fallen, um das Klimaschutzgesetz einzuhalten.

Tab. 22 | Klimaschutzziele der Landesregierung nach Verbrauchssektor (IEKK Baden-Württemberg 2014)

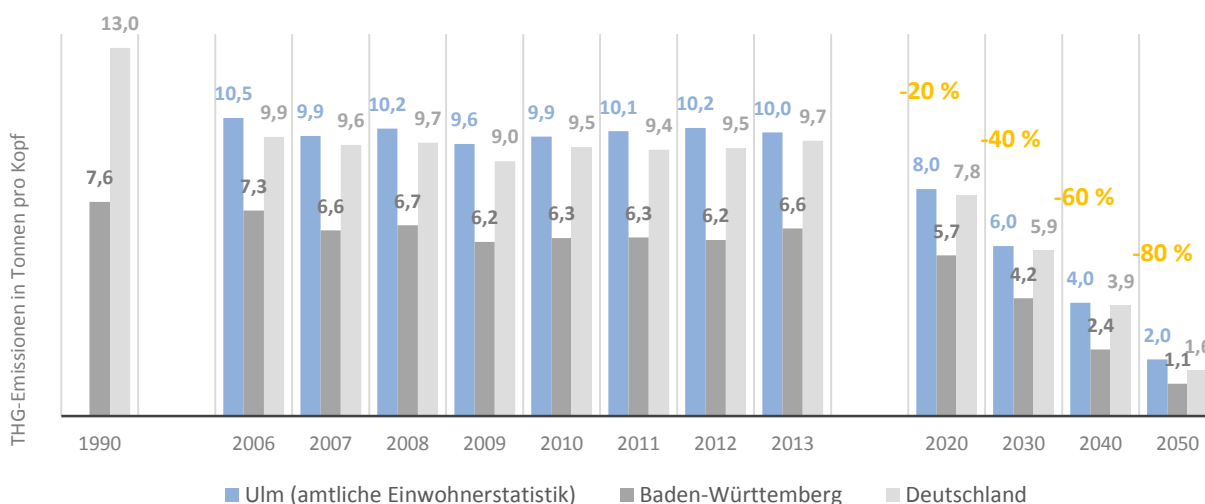
	ENDENERGIEVERBRAUCH (BASISJAHR 2010)					TREIBHAUSGASEMISSIONEN (BASISJAHR 1990)				
	Gesamt	Industrie	Haushalte	GHD	Verkehr	Gesamt	Industrie	Haushalte	GHD	Verkehr
2020	-16 %	-14 %	-15 %	-21 %	-15 %	-25 %	-34 %	-19 %	-22 %	-26 %
2030	-30 %	-22 %	-28 %	-41 %	-28 %	-45 %	-50 %	-39 %	-50 %	-44 %
2040	-39 %	-29 %	-41 %	-49 %	-38 %	-69 %	-74 %	-71 %	-76 %	-57 %
2050	-47 %	-33 %	-57 %	-58 %	-42 %	-85 %	-91 %	-95 %	-93 %	-67 %

Quelle: IEKK Baden-Württemberg (Juli 2014)

STADT ULM

Die kommunalen Klimaschutzziele werden im Gegensatz zu Landes- und Bundeszielen nicht als Absolutziele dargestellt, sondern relativ zu einer Bezugsgröße wie der Einwohnerzahl oder der Wirtschaftsleistung formuliert. Dieses Vorgehen ist notwendig, da der Stadtkreis Ulm innerhalb von Deutschland und Baden-Württemberg als offenes System aufgefasst werden muss, das für Einwohner, Wirtschaftsleistung und andere energetische Strukturgrößen beliebig durchlässig ist während diese überregional mit Landes- und vor allem Bundesgrenzen auf natürliche Bilanzierungsgrenzen stoßen. Unter konstanten Randbedingungen, wie einer konstanten Einwohnerzahl, unterscheiden sich spezifische Ziele nicht von den absoluten. Die Stadt Ulm verpflichtet sich deshalb den „20-40-60-80-Zielen“, die die prozentualen Pro-Kopf-Emissionseinsparungen der Jahrzehnte von 2020 bis 2050 beschreiben, jeweils bezogen auf das Basisjahr 2010. Mit Festlegung dieser Ziele geht die Umweltpolitik der Stadt Ulm sicher, dass sowohl die Selbstverpflichtung im Rahmen des Klima-Bündnisses als auch die Klimaschutzziele der Bundes- und Landesregierung eingehalten werden.

Abb. 86 | Energiebedingte Pro-Kopf-Emissionsziele in Deutschland, Baden-Württemberg und Ulm



Anmerkungen: Die dargestellten Ziele basieren auf der amtlichen Einwohnerstatistik. Nach Einwohnerstatistik der Stadt Ulm (DUVA) fallen die Pro-Kopf-Emissionen tendenziell etwas höher aus. (Eigene Darstellung)

Als Basisjahr wird aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht das allgemein üblichen Referenzjahr 1990 nach Kyoto-Protokoll, sondern das Jahr 2010 festgesetzt, das in etwa den 5-Jahres-Durchschnitt der Pro-Kopf-Emissionen von 2006 bis einschließlich 2010 widerspiegelt und bereits als Referenzjahr einzelner Energieeffizienzziele der Bundes- und Landesregierung dient. Auf diese Weise wird nicht nur eine belastbare und fortschreibbare Datenbasis sondern auch eine einfache Kommunikation der Klimaschutzziele sowie ein unkompliziertes Monitoring gewährleistet. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, beziehen sich die Minderungsziele auf die mit dem Emissionsfaktor des deutschen Stromerzeugungsmix berechneten THG-Emissionen. Da diese bereits heute höher liegen, als mit Berücksichtigung des Kommunalmix, fallen die tatsächlich zu erreichenden relativen Einsparungen entsprechend geringer aus.⁶⁵ Als gegenläufige Tendenz erweist sich aber die eigene Einwohnerstatistik der Stadt Ulm (DUVA). Mit Volkszählung nach Zensus 2011

⁶⁵ Die Pro-Kopf-Emissionen im Jahr 2010 unter Berücksichtigung des kommunalen Stromerzeugungsmix lagen bei 10,1 t CO₂-Äquivalenten.

wurde die amtliche Einwohnerzahl von Ulm deutlich nach unten korrigiert, ein Sachverhalt, den die kommunale Einwohnerstatistik bereits zuvor durch geringere Einwohnerzahlen verdeutlichte. Eine geringere Einwohnerzahl bis 2010 impliziert jedoch ein höheres Basisniveau der Klimaschutzziele. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhalts bedeuten die Minderungsziele bezogen auf die Treibhausgasemissionen des Jahres 2010 unter Vernachlässigung einer relativ konstanten Einwohnerentwicklung absolute Einsparmengen von 240 bis 250 Tsd. Tonnen CO₂-Äquivalenten bis 2020 und bis zu eine Mio. Tonnen bis 2050. Hieraus lässt sich ein schlichtes Leitbild für die kommunale Nachhaltigkeitsstrategie der Stadt Ulm ableiten:

„Alle 10 Jahre müssen sich die jährlichen Treibhausgasemissionen um 250 Tsd. Tonnen reduzieren!“

Betrachtet man die Treibhausgas-Einsparziele der Landesregierung für die einzelnen Verbrauchssektoren, wird klar, dass für Haushalte, GHD und Industrie die gleichen langfristige Klimaschutzziele bis 2050 auf hohem Niveau von über 90 % gelten. Einzig dem Verkehrssektor wird ein geringeres Einsparpotenzial unterstellt, dass gleichmäßig durch die anderen Sektoren aufgefangen werden muss, um das übergeordnete Gesamtziel zu erreichen. Auch wenn die Zwischenziele bis 2050 geringfügig voneinander abweichen, wird es nicht als sinnvoll erachtet, diese im Rahmen von kommunalen Klimaschutzzielen zu übernehmen. Zum einen deshalb, weil große Anteile der Verbrauchssektoren durch landes- und bundespolitische Entscheidungen bestimmt und nicht auf kommunaler Ebene beeinflusst werden können und zum anderen weil bereits heute klar ist, dass alle Möglichkeiten in allen Sektoren ausgeschöpft werden müssen, um die langfristigen Klimaschutzziele überhaupt einhalten zu können. Und da diese bis auf den Verkehrssektor, der aber gerade im Wesentlichen durch bundespolitische Entscheidungen bestimmt wird, auf gleichem Niveau liegen, sind weitere Unterteilungen irrelevant und fördern nur die Kultur zu vieler Konzepte vor eigentlichen Programmen.

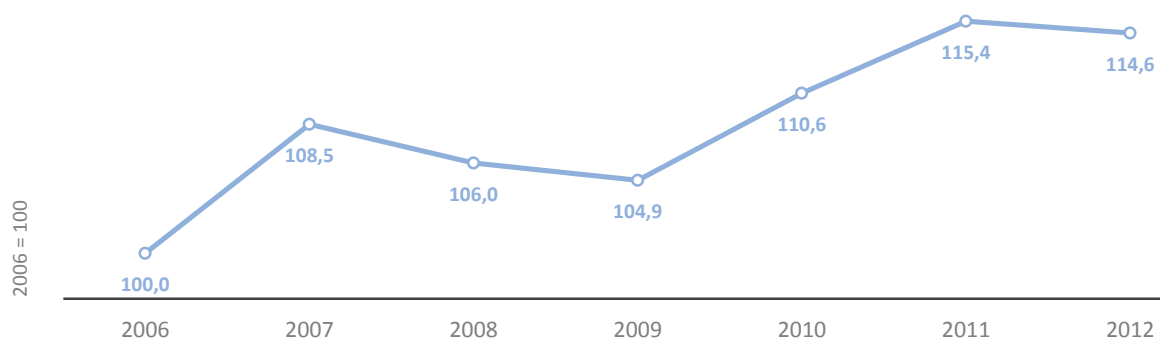
Tab. 23 | Umrechnung von Endenergieverbrauch (witterungsbereinigt) in Primärenergiebedarf

ENERGIETRÄGER	ENDENERGIEVERBRAUCH (GWh)		PRIMÄRENERGIEFAKTOR	PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH (GWh)	
	BASISJAHR 2010	BILANZJAHR 2013		BASISJAHR 2010	BILANZJAHR 2013
STROM (BUNDESMIX)	896	902	2,67	2.393	2.407
ERDGAS	635	723	1,13	718	817
FERNWÄRME (FUG)	645	669	0,41	265	274
HEIZÖL	253	215	1,16	293	249
NAHWÄRME (SWU)	30	36	0,70	21	25
BIOMASSE-HEIZUNG	4	5	1,08	4	6
SOLARTHERMIE	3	4	1,04	3	4
WÄRMEPUMPEN	1	1	0,00	0	0
DIESEL	580	624	1,20	695	748
BENZIN	316	298	1,26	398	376
AUTOGAS (LPG)	2	3	1,14	2	3
ERDGAS (CNG)	1	2	1,14	1	2
GESAMT	3.366	3.481	-	4.794	4.911

Anmerkungen: Primärenergiefaktoren nach FUG, IWU und esu-services

Ein ähnliches Problem ergibt sich aus einer schlichten Übernahme der Energieeinsparziele von Bundes- oder Landesregierung. Eine reine Reduktion des Energieverbrauchs als Klimaschutzziel würde keinen Sinn machen, wenn nicht zugleich die Ziele zum regenerativen Anteil der Energieerzeugung übernommen werden. Die Verantwortung zur Einhaltung der Ziele auf Erzeugerseite liegt aber vor allem bei Bundes- und Landesregierungen und besitzt nur eine geringe kommunale Beeinflussbarkeit. Aus diesem Grund würde eine Übernahme der Ziele zur Senkung des Energieverbrauchs die Möglichkeit eröffnen, bei Nichteinhaltung die Verantwortung auf Bereiche außerhalb des kommunalen Einflussbereichs zu schieben, ein Problem, das ohnehin bereits bei den eigentlichen Treibhausgas-Einsparzielen besteht. Ein Klimaschutzziel, mit dem sich die Kommunalpolitik nicht identifizieren muss, kann jedoch nicht als sinnvoll erachtet werden. Zumal die Forderung nach einer Verbesserung des Emissionsfaktors und einer Absenkung des Energieverbrauchs bereits implizit in den Emissionszielen enthalten ist. Hier sollte sich die Stadt Ulm nicht unnötig einschränken und sich die Möglichkeit einer individuell wählbaren Kombination aus Emissionsfaktor und Energieverbrauch wahren.

Abb. 87 | Primärenergieproduktivität der Stadt Ulm (2006 = 100)

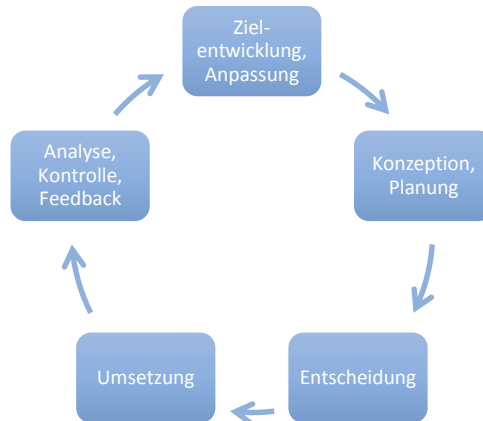


Eigene Darstellung

Anders verhält es sich hingegen mit der Darstellung der kommunalen Energieeffizienz, zu denen die beiden Effizienzindikatoren **Energieintensität** und **Energieproduktivität** zählen. Während die Energieproduktivität das Verhältnis von Wirtschaftsleistung zu Energieverbrauch darstellt, entspricht die Energieintensität genau dem Umkehrwert, als dem Verhältnis von Energieaufwand pro Wertschöpfungseinheit. Von Bedeutung ist dabei vor allem die **Primärenergieintensität**, das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt (BIP) zum eingesetzten Primärenergieverbrauch, das laut Bundeszielen um durchschnittlich 2,1 % jährlich wachsen soll. Um diesen Indikator für die Stadt Ulm darzustellen, muss der Endenergieverbrauch zunächst in den Primärenergiebedarf umgerechnet werden. Dies geschieht über Primärenergiefaktoren, die die eingesetzten Endenergieträger entsprechend ihrer Effizienz gewichtet. Tab. 23 stellt ein solches Vorgehen für den kommunalen Energieverbrauch für das Basisjahr 2010 und das aktuellen Bilanzjahr 2014 dar. Große Unterschiede in den eingesetzten Endenergieträgern können hierbei zu stark abweichenden Primärenergiebedarf führen. Abb. 87 stellt die Primärenergieproduktivität der Stadt Ulm für die Jahre 2006 bis 2012 witterungsbereinigt dar. Im Mittel konnte die Energieproduktivität um 2,4 % gesteigert werden und liegt damit über den Bundeszielen von durchschnittlich 2,1 % jährlich. Gut ist auch der Einfluss der Finanzkrise im Jahr 2008 und 2009 zu erkennen. Über die Nachhaltigkeit dieser Steigerung, lässt sich allerdings erst durch eine langfristige Trendbeobachtung eine sichere Aussage treffen.

7.2. KLIMASCHUTZCONTROLLING

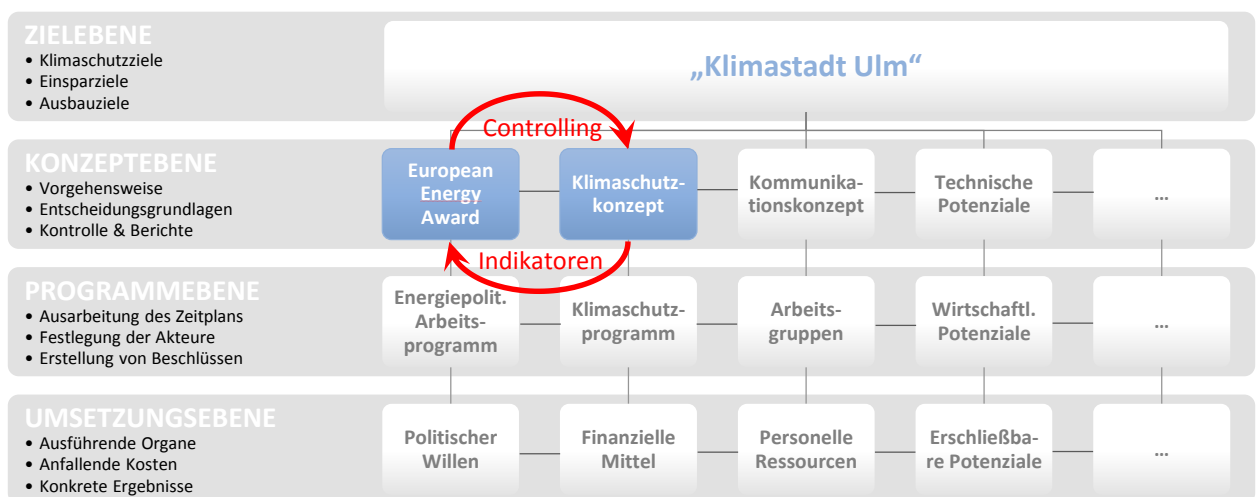
Abb. 88 | Controlling und Klimaschutzmanagement



Quelle: ifeu

Als ideales Instrument kann ein integriertes Controlling im Rahmen der bereits existierenden Teilnahme am *European Energy Award* (EEA) dienen. Die Stadt Ulm ist bereits seit vielen Jahren an diesem internationalen Qualitätsmanagement und Zertifizierungsverfahren beteiligt und hat auf mittelfristige Sicht das Ziel den Gold-Award zu erreichen. Hierzu werden Punkte an verschiedene Kategorien eines Energiepolitischen Arbeitsprogrammes vergeben, dass sich im Wesentlichen mit den klassischen Handlungsfeldern für Klimaschutzprogramme decken und darüber hinausgehend ein besonderes Augenmerk auf den Beitrag der Kommunalverwaltung legt. Die hierzu erforderlichen Erfolgsindikatoren werden bereits auf Basis des Klimaschutzkonzeptes benötigt und dienen damit als ideales Medium, um Klimaschutzprogramme und das Energiepolitische Arbeitsprogramm als symbiotische Bestandteile einer übergeordneten gemeinsamen Controllingstrategie aufzufassen.

Abb. 89 | Systematik klimapolitischer Arbeitsebenen



Eigene Darstellung

STRUKTURDATEN

Strukturdaten zeichnen sich dadurch aus, dass sie als Basis bundespolitischer Entscheidung dienen und damit in hoher Datengüte durch öffentliche und neutrale Einrichtungen erhoben werden. Im Allgemeinen sind sie leicht zugänglich und verifizierbar und werden aufgrund ihrer Wichtigkeit jährlich erhoben und in Ulm durch das *Sachgebiet Statistik und Wahlen* an zentraler Stelle verwaltet. Für das kommunale Klimaschutzcontrolling sind allerdings nur ein Teil dieser Daten von Interesse und liegt dann oftmals nur in ungenügendem Detaillierungsgrad vor.

Deshalb muss es Aufgabe des zukünftigen kommunalen Klimaschutzmanagement sein, die klimarelevanten Strukturdaten jährlich an zentraler Stelle leicht zugänglich zu sammeln und zu verwalten. Eine Auswahl dieser Strukturdaten lässt sich der folgenden Aufstellung entnehmen (Tab. 24).

Tab. 24 | Auswahl relevanter Strukturdaten im nachhaltigen Klimaschutzcontrolling

SACHVERHALT	INDIKATOREN	DATENQUELLE
KLIMADATEN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchschnittstemperatur (°C) ▪ Niederschlagsmenge (mm) ▪ Sonnenscheindauer (h) ▪ Globalstrahlung (kWh/m²) ▪ Gradtagzahlen (°C) ▪ Klimakorrekturfaktor ▪ Extremwettertage 	Deutscher Wetterdienst Fernwärme Ulm GmbH
STADTGEBIET	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Flächennutzung (ha) ▪ Straßen-, Rad- & Nahverkehrsnetz (km) ▪ Verkehrsberuhigte Bereiche (km) ▪ Fußgängerzonen (km) ▪ Haltestellen ▪ PKW-/Carsharing-Stellplätze 	Statistisches Landesamt Abteilung Verkehrsplanung und Straßenbau Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm
EINWOHNERENTWICKLUNG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einwohnerstatistik, amtlich & kommunal <i>nach Geschlecht & Altersklassen</i> ▪ Haushalte ▪ Haushaltsgrößen 	Statistisches Landesamt Kommunalstatistik Ulm (DUVA)
GEBÄUDE-, WOHNUNGS-, HEIZUNGSBESTAND	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wohn- & Nichtwohngebäude ▪ Gebäude- & Wohnungstypologie ▪ Wohnungen (in Wohn-/Nichtwohngebäuden) ▪ Wohnfläche (in Wohn-/Nichtwohngebäuden) ▪ Feuerungsanlagen nach BImSchV <i>messpflichtige & einmalig abgenommene</i> 	Statistisches Landes-/Bundesamt Mikrozensus (alle 4 Jahre) Bauamt Landesinnungsverband des Schornsteinfeger- handwerks
KRAFTFAHRZEUGBESTAND	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Krafträder ▪ Personenkraftwagen (darunter Wohnmobile) <i>nach Fahrzeugsegment, Antriebsart, Emissions- gruppe, Haltergruppe, Alter</i> ▪ Lastkraftwagen (darunter Zugmaschinen) <i>nach Gewicht</i> ▪ Omnibusse (darunter ÖPNV) ▪ Sonstige Nutzfahrzeuge ▪ Car-Sharing-Fahrzeuge 	Kraftfahrtbundesamt Zulassungsstelle Alb-Donau-Kreis/Ulm Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm Car-Sharing-Anbieter
WIRTSCHAFTSDATEN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bruttoinlandsprodukt ▪ Bruttowertschöpfung <i>nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008)</i> ▪ Erwerbstätige am Arbeitsort <i>nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008)</i> ▪ Betriebe (nach Wirtschaftszweigen) <i>nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008), darunter produzierende Gewerbe mit unter 20 Beschäftig- ten (= Kleingewerbe, Sektor GHD)</i> 	Statistische Ämter des Bundes und der Länder Bundesagentur für Arbeit Unternehmensregister
ENERGIEERZEUGUNGSANLAGEN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anzahl ▪ Anlagenbezeichnung ▪ Energieträger ▪ Betreiber ▪ Inbetriebnahme ▪ Elektrische & Thermische Nennleistung (MW) ▪ Installierte Fläche (Solarthermie) ▪ Beteiligungshöhe der Kommune/Stadtwerke (%) 	Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm Fernwärme Ulm GmbH Übertragungsnetzbetreiber Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Eigene Darstellung

ENERGIEBILANZEN

Der Energiebedarf der Gesellschaft ist die Hauptursache der anthropogenen Treibhausgasemissionen und stellt damit sowohl die wichtigste Entscheidungsgrundlage als auch den fundamentalsten Erfolgsindikator dar, um die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit einer Kommune abzubilden. Eine Energiebilanz ist sowohl Ausgangspunkt der kommunalen Treibhausgasbilanz als auch Messgröße für die Wirksamkeit einer einzelnen Klimaschutzmaßnahme und unterscheidet sich dabei nur durch die definierte Systemgrenze. Dementsprechend müssen Primärdaten eine hohe Qualität bzw. Datengüte aufweisen. Als großes Problem erweist sich hierbei die **Konsistenz von Primärdaten**.⁶⁶ Gerade aufeinanderfolgende Datenerhebungen desgleichen Sachverhalts unterscheiden sich oftmals durch Systemgrenzen oder Abgrenzungsposten und sind nur eingeschränkt mit den vorherigen Daten vergleichbar.

Tab. 25 | Struktur klimarelevanter Datenlieferungen durch die Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm GmbH

SACHVERHALT	DATEN	ANMERKUNGEN
STROMERZEUGUNG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromerzeugung Netto (Eigene Anlagen) Wasserkraft Erdgas Photovoltaik Biomasse (HGA Senden) ▪ Stromerzeugung Netto (Beteiligungen) Heizkraftwerke FUG (50 %) GuD-Kraftwerk Hamm (9,4 %) Kohlekraftwerk Lünen (5,3 %) Stautufe Kostheim (70 %) Windpark Borkum (5 %) Erdgas-BHKW Herbrechtingen (50 %) Erdgas-BHKW Blaubeuren (50 %) Biogas-BHKW Aulendorf (100 %) ▪ Stromeinspeisung Netto (Stadtgebiet) Photovoltaik (ex SWU, ex Solarpark Eggingen) Biogasanlagen MHKW Donautal (vollständig) Deponiegasanlage Eggingen Sonstige Einspeiser? 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wasserkraft nach EEG und Nicht-EEG aufsplitten! ▪ Erdgas nach Blockheizkraftwerke der SWU und im Contracting, sowie nach Spitzenstrom (Gasturbine) aufsplitten! ▪ Auf Vollständigkeit achten! ▪ Auf Bilanzen achten! (Unterteilungen müssen kumuliert der übergeordneten Summe entsprechen) ▪ Auf Konsistenz mit Geschäftsberichten achten! ▪ Auf Konsistenz mit EEG-Veröffentlichungsdaten achten! (<i>TransnetBW, Amprion</i>) ▪ Inkonsistenzen beheben oder erklären! ▪ Heizkraftwerke der FUG von MHKW Donautal und Biogasanlagen trennen!
STROMVERTEILUNG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stromverkauf Gesamt/Netzgebiet ▪ Stromverteilung Gesamt/SWU im Netzgebiet mit SLP/RLM ▪ Stromverteilung Gesamt/SWU im Stadtgebiet mit SLP/RLM ▪ Stromverteilung SLP/RLM im Stadtgebiet nach Stadtteilen & Wirtschaftszweigen (WZ 2008) ▪ Stromverbrauch im Stadtgebiet Verkehrstrom (SWU), Strom-Ladesäulen ▪ NaturStrom im Stadtgebiet Anzahl Verträge & verkaufte Menge SLP/RLM 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auf Netto/Brutto-Angaben achten! (Inkl. Netzverluste/Eigenverbrauch?) ▪ Auf Konsistenz mit Geschäftsberichten achten! ▪ Auf periodenübergreifende Korrekturen im SLP achten! (Einzelne Abgrenzungsposten kumulieren sich zu mehreren GWh Fehlbeiträgen!) ▪ Korrekturvorschlag: Mittelwert periodenübergreifender Konten mit starken Abweichungen und Negativ-Beträgen bilden!
ERDGASVERTEILUNG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erdgasverteilung SLP/RLM im Stadtgebiet nach Stadtteilen & Wirtschaftszweigen (WZ 2008) ▪ Erdgasverteilung im Stadtgebiet an Blockheizkraftwerke (SWU/Contracting) an Erzeugungsanlagen der FUG an SchwabenGas mobil ▪ NaturGas im Stadtgebiet Anzahl Verträge SLP/RLM verkaufte Menge SLP/RLM 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Erdgasverteilung im Stadtgebiet ist um die eingesetzte Primärenergie in den Anlagen der FUG, den Blockheizkraftwerken der SWU (im Stadtgebiet) und den Verbrauch von <i>SchwabenGas mobil</i> zu bereinigen!
NAHWÄRMEVERTEILUNG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nahwärmeverteilung SLP/RLM im Stadtgebiet nach Stadtteilen & Wirtschaftszweigen (WZ 2008) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auf Unterteilung nach eigenen Anlagen der SWU und im Contracting geführte Anlagen achten!

Eigene Darstellung

⁶⁶ So gibt es bspw. nicht nur Abweichungen der Energiebilanzdaten der Stadtwerke zwischen Angaben in Geschäftsberichten und direkten Datenauskünften sondern auch zu Veröffentlichungen der Übertragungsnetzbetreiber. Geschäftsberichte enthalten teilweise Brutto- und teilweise Nettowerte, Umweltberichte Energiebilanzen mit ungleichem Input und Output. Sowohl die SWU als auch die FUG müssen als Primärdatenlieferant ein konsequentes Datenmanagement verfolgen, Kennziffern definieren und Inkonsistenzen beseitigen oder kommunizieren.

Energie wird stets in den Nutzungsarten Strom, Wärme und Kraftstoffe⁶⁷ übertragen. Die Übertragung selbst kann leitungsgebunden (Strom, Erdgas und Fernwärme) sowie nicht-leitungsgebunden (Heizöl, Benzin, Diesel, Flüssiggas und Biomasse) stattfinden. Während leitungsgebundene übertragene Energiemenge in hoher Datengüte durch die lokalen Energieversorgungsunternehmen bereitgestellt werden können (Tab. 25 und Tab. 26), basiert die Erhebung nicht leitungsgebundener Energiebereitstellung stets auf Hochrechnungen und ist daher anfällig für systematische Fehler (Tab. 27). Auch hierbei ist auf die Konsistenz einer kontinuierlichen Datenerfassung zu achten, um eine periodenübergreifende Vergleichbarkeit zu sichern.

Tab. 26 | Struktur klimarelevanter Datenlieferungen durch die Fernwärme Ulm GmbH

SACHVERHALT	DATEN	ANMERKUNGEN
PRIMÄRENERGIEEINSATZ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Steinkohle HKW Magirusstraße ▪ Erdgas EL HKW Magirusstraße, HW Daimlerstraße, HW Universität TVZ ▪ Heizöl HKW Magirusstraße, HW Daimlerstraße, HW Universität TVZ, HW Fort Albeck ▪ Biomasse (Holz) Biomasse HKW I & II 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Heizwerte verwenden! ▪ Auf Vollständigkeit achten! ▪ Der Heizöleinsatz im MHKW Donautal wird indirekt über den endenergiebezogenen Emissionsfaktor berücksichtigt. ▪ Die THG-Bilanz der Fernwärme wird aus dem Einsatz der Primärenergie und der Einspeisung aus dem MHKW und den Biogasanlagen berechnet!
ENERGIEERZEUGUNG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fernwärmeerzeugung Netto (FUG) HKW Magirusstraße, HW Daimlerstraße, HW Universität TVZ, HW Fort Albeck, Biomasse HKW I & II ▪ Fernkälteerzeugung Netto (FUG) ▪ Fernwärmeeinspeisung Netto (Sonstige) MHKW Donautal, Biogasanlagen ▪ Stromerzeugung Netto (FUG) HKW Magirusstraße, Biomasse HKW I & II ▪ Stromeinspeisung Netto (Sonstige) MHKW Donautal, Biogasanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Eigenbedarf an Strom wird über die SWU bezogen und damit im kommunalen Stromverbrauch bilanziert. ▪ Wird der Eigenbedarf selbstständig gedeckt, sinkt die Netto-Stromerzeugung und erhöht damit den Emissionsfaktor. Dadurch wird der Eigenverbrauch indirekt bilanziert. ▪ Auf Konsistenz der Stromeinspeisung mit Bilanzdaten der SWU achten
ENERGIEVERTEILUNG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durchschnittliche Vorlauf-/Rücklauf Temperatur ▪ Netzverluste ▪ Fernwärme-/kälteverteilung nach Wirtschaftszweigen (WZ 2008) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auf Konsistenz achten! (Erzeugung = Verbrauch) ▪ Die Allokation der Emissionen auf die Koppelprodukte Strom/Wärme geschieht über die exergetische Methode (Carnot-Wirkungsgrad)

Eigene Darstellung

Tab. 27 | Regelmäßige Datenerhebungen zu nicht-leitungsgebundenen Energieträgern (Auswahl)

SACHVERHALT	DATEN	ANMERKUNGEN
KLEINE UND MITTLERE FEUERUNGSANLAGEN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Statistisches Bundesamt (Destatis): Heizölverbrauch Industrie Beheizungsart im Gebäudebestand (Mikrozensus) ▪ Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW): Heizöl Haushalte/Kleinverbraucher Festbrennstoffe Haushalte/Kleinverbraucher ▪ LIV Schornsteinfegerhandwerk: Öl-/Gasfeuerungsanlagen (nach 1.BImSchV) Sonstige Feuerungsanlagen (nach 1.BImSchV) Volllaststunden verschiedener Feuerungsanlagen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ „Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes“ (Destatis) ▪ Mikrozensusdaten sind i.A. kostenpflichtig ▪ Im Rahmen des zweijährlichen Luftschadstoff-Emissionskatasters der LUBW ▪ „Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes“ (Destatis) ▪ Datenbereitstellung des Landesinnungsverbandes sind i.A. kostenpflichtig
MOBILITÄTSDATEN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bundesverkehrsministerium: Verkehr in Zahlen ▪ Statistisches Landesamt: Regionale Jahresfahrleistungen ▪ TU Dresden: System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV) ▪ Nahverkehrsdaten: SWU, Ding, DB Regio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der KFZ-Bestand ist der einzige regionale Indikator des Verkehrssektors. Zusammen mit dem Statistischen Landesamt, ist es evtl. möglich kontinuierliche regionale Jahresfahrleistungen zu erheben. ▪ Nahverkehrsdaten sind immer überregional! Deshalb empfiehlt es sich die verursachten Emissionen auf die Einwohnerzahlen umzulegen.

Eigene Darstellung

⁶⁷ Kraftstoffe sind Brennstoffe, deren chemische Energie durch Verbrennungsmotoren in mechanische Energie umgewandelt wird. Sie dienen hauptsächlich der Mobilität aber auch dem Antrieb mechanischer Maschinen (bspw. Stromerzeuger, Motorsägen, Rasenmäher, ...)

Zur Bilanzierung des kommunalen Stromerzeugungsmix wird die Stromerzeugung der *SWU* aus eigenen Anlagen und Beteiligungen gesondert erfasst, ebenso wie die Stromeinspeisung aus Privatanlagen im Stadtgebiet. Zu diesen zählen alle private und kommerziell betriebenen Anlagen, die weder durch die *SWU* noch durch die *FUG* betrieben werden, sondern nur in deren Netze einspeisen. Einen Sonderstatus besitzt hierbei das Müllheizkraftwerk Donautal, das zwar durch die *FUG* betrieben wird, aber als kommunale Beteiligung der Stadt Ulm am Zweckverband *TAD* in Höhe von etwa 20 % wie eine Privatanlage bilanziert wird. Zu beachten ist, dass die Stromerzeugung aus Kraftwerken der *SWU* nur anteilig in Höhe vom Verhältnis der im Stadtgebiet Ulm verkauften Strommenge zur gesamten verkauften Strommenge nach Geschäftsbericht gutgeschrieben werden kann, da prinzipiell jeder Endkunde unabhängig der geografischen Lage gleichberechtigt behandelt werden sollte (Tab. 28). Die Stromeinspeisung aus Privatanlagen im Stadtgebiet, kann hingegen vollständig auf den Territorialmix angerechnet werden.

Tab. 28 | Anteil der Stadt Ulm am Stromverkauf der SWU Energie GmbH (seit 2006)

STROMVERKAUF (in GWh)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
GESAMT (IN ALLEN NETZEN)	1.435	1.333	1.026	957	1.070	1.038	1.151	1.152
STADTGEBIET ULM	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	415	327	398	481
UMSATZANTEIL STADT ULM	35 %	35 %	35 %	35 %	39 %	31 %	35 %	42 %

Anmerkungen: Für die Jahre 2006 bis 2009 wird pauschal von einem Umsatzanteil von 35 % ausgegangen.

Quelle: SWU

Ein großes Problem bei der Erstellung der Energiebilanzen besteht in der Vermeidung von Doppelbilanzierungen, die auftreten können wenn ein Energieträger sowohl als Primär- wie auch als Endenergieträger verwendet wird. Wichtig ist dieser Aspekt vor allem bei Heizöl und Erdgas, die in dezentralen Feuerungsanlagen, zur Strom- sowie Nah- und Fernwärmerzeugung, aber im Falle von Erdgas auch als Kraftstoff eingesetzt werden können. Aus diesem Grund wird gerade die durch die SWU bilanzierte Erdgasverteilung um die eingesetzte Primärenergie in den Heizanlagen der FUG und den Blockheizkraftwerken der SWU sowie der verbrauchten Menge an Erdgastankstellen bereinigt werden. Dabei sind stets die Systemgrenzen zu beachten. Die verteilte Menge kann nur um Verbräuche bereinigt werden, die im selben Netzabschnitt zur Bereitstellung einer anderen Endenergieform angefallen sind. Dies impliziert unter anderem auch, dass sich **Quartierskonzepte** nicht nur für effiziente Klimaschutzaktivitäten an vorhandenen oder zukünftigen Nah- und Fernwärmenetzen oder an der Beheizungsstruktur orientieren sollten, sondern auch, um ein langfristiges Controlling zu vereinfachen. Trotz aller Bemühungen lassen sich Doppelbilanzierungen jedoch nie ganz vermeiden.

Abb. 90 | Verfahren zur Mengenbereinigung der Erdgasverteilung in Ulm



Eigene Darstellung

Zur Endenergiebilanz gehört die Darstellung des Endenergieverbrauchs nach **Nutzungsart** (Strom, Wärme, Kraftstoffe),⁶⁸ nach **Verursacher** (Haushalte, GHD, Industrie, Verkehr), nach **Energiebereitstellung** (Strom, Erdgas, Nah-/Fernwärme, Heizöl, Benzin, Diesel, ...) und nach **Energieträger** (Mineralöle, Steinkohle, Erdgas, Biomasse, Wasserkraft, Solarenergie, Geothermie, Müll). Zu den Energieträgern zählt im weitesten Sinne auch der bundesweite Strommix, der im Rahmen einer Kommunalbilanz nicht in seine Bestandteile zerlegt werden muss. Einzig für die Darstellung des erneuerbaren Anteils der kommunalen Energieversorgung, muss auch der regenerative Anteil der bundesweiten Nettostromerzeugung explizit bestimmt werden.⁶⁹

Die Unterscheidung der Verursacher nach Haushalten, GHD und Industrie bereitet auf kommunaler Ebene erhebliche Schwierigkeiten. Häufig lassen sich aufgrund gemischter Nutzungsstrukturen Haushalte nicht von Gewerbebetrieben unterscheiden und besitzen zudem gemeinsame Anschlüsse. Auch die Unterscheidung von GHD und Industrie ist in vielen Fällen nicht eindeutig. Laut der *Arbeitsgruppe Energiebilanzen (AGEB)* werden dem Sektor GHD, aufbauend auf der Klassifikation der deutschen Wirtschaftszweige (WZ 2008), alle Dienstleistungsbereiche, Landwirtschaftsbetriebe sowie Betriebe des produzierenden Gewerbes mit weniger als 20 Mitarbeitern zugerechnet. Diese Aufteilung liegt auf kommunaler Ebene nur selten vor und unterliegt zudem starken Fluktuationen. Erschwerend kommt hinzu, dass auch die lokalen Netzbetreiber ihre Endabnehmer nicht nach Betriebsgröße einordnen können. Entsprechend ist zu empfehlen, dass zukünftige Verursacherbilanzen nur in **Klein- und Großverbraucher** unterteilt werden, die mit Standardlastprofil (SLP) bzw. registrierender Leistungsmessung (RLM) vom Energieversorger erfasst werden. Innerhalb dieser übergeordneten Verbrauchergruppen sollten Endabnehmer wiederum nach Wirtschaftszweigen kategorisiert werden.

EMISSIONSFAKTOREN

Bei Festlegung der Emissionsfaktoren gibt es eine Vielzahl von Stolpersteinen. Zunächst muss definiert werden, ob die Bilanz über den Einsatz von Primärenergie oder Endenergie erstellt wird. Grundsätzlich ist die Bilanzierung der Primärenergie zu bevorzugen und findet Verwendung in der Erstellung der Emissionsbilanzen für Länder und Bundesrepublik. Auf kommunaler Ebene kann der Verbrauch von Primärenergie allerdings nur in der lokalen Wärmerzeugung erfasst und im Kraftstoffeinsatz des kommunalen Kraftfahrzeugbestandes abgeschätzt werden. Sowohl die Stromversorgung als auch Strom- und Wärmeeinspeisungen von Privatanlagen können nur als Netto-Endenergie bilanziert werden. Entsprechend besitzen die Emissionsfaktoren einen unterschiedlichen Bezugspunkt. Gerade im Primärenergieverbrauch ist es wichtig, dass sich sowohl Emissionsfaktoren als auch Energieeinsatz auf den Heizwert beziehen. Allerdings ist es hierbei dann nicht ausreichend sich auf spezifische CO₂-Emissionsfaktoren zu beziehen, die als Grundlage der nationalen Treibhausgasinventare dienen oder durch die *AG Energiebilanzen* veröffentlicht werden. Diesen fehlt sowohl die Bilanzierung von Methan und Lachgas als auch die Berücksichtigung der Vorkette.

⁶⁸ Streng genommen überschneiden sich die Energiebilanzen der Nutzungsarten Wärme und Kraftstoffe, da der Verbrauch von Heizöl und Erdgas pauschal dem Wärmesektor zugerechnet wird, obwohl dieser auch durch den Betrieb mechanischer Maschinen in GHD- und Industriebetrieben eingesetzt verursacht werden könnte. Zudem werden nur Fahrzeuge bilanziert, nicht aber der Betrieb stationärer Maschinen mit Benzin oder Diesel. Aus diesem Grund entspricht die Nutzungsart „Kraftstoffe“ dem Verursacher „Verkehr“, abzüglich des Verbrauchs von Verkehrsstrom.

⁶⁹ Öffentlich wird meist der regenerative Anteil der bundesweiten Bruttostromerzeugung kommuniziert. Der regenerative Anteil der Nettostromerzeugung wird jedoch jährlich u.a. vom *Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)* berechnet.

Das vorliegende Konzept übernimmt veröffentlichte Emissionsfaktoren des *Umweltbundesamtes (UBA)* und des Emissionsmodells *GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme)*. *GEMIS* wird seit 1989 laufend aktualisiert, basiert auf belastbaren Quellen und wird unter anderem auch vom Umweltbundesamt bei der Berechnung der Emissionen für erneuerbare Energien verwendet, die wiederum in dieser Energiebilanz Verwendung finden. Das *GEMIS* ist vor allem ein Resultat gemeinsamer Bemühungen des *Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS)* sowie des *Öko-Instituts*.

Tab. 29 | Spezifische Emissionsfaktoren von Primärenergieträgern im Wärmesektor

ENERGIETRÄGER	VORKETTE (GEMIS 4.94)	DIREKT in g/kWh	INDIREKT in g/kWh	KOMBINIERT in g/kWh	QUELLE
ERDGAS (KLEINVERBRAUCHER)	Pipeline\Gas-DE-2010-mix-lokal	202	41	243	Öko-Institut
ERDGAS (GROSSVERBRAUCHER)	Pipeline\Gas-DE-2010-mix	202	33	235	Öko-Institut
HEIZÖL, LEICHT (ALLE)	Umschlag-DE\Öl-leicht (Lkw)-2010	268	43	311	Öko-Institut
STEINKOHLE (FERNWÄRME)	Umschlag-PL->DE\Steinkohle-PL-2010	385	40	425	Öko-Institut
BIOMASSE (FERNWÄRME)	Umschlag-DE\Holz-HS-Wald-2010	0	9	9	IINAS

Alle Emissionsfaktoren in CO₂-Äquivalenten

Für die Bilanzierung direkter Emissionen von Primärenergieträgern werden brennstoffbezogene Emissionsfaktoren verwendet und mit der direkt vorgelagerten Vorkette belastet. Relevante Primärenergieträger für Ulm stellen Erdgas und Heizöl für die Wärmebedarfsdeckung sowie der Primärenergieeinsatz zur Fernwärmeerzeugung der *FUG* dar (Tab. 29). Aber auch Kraftstoffe werden als Primärenergie bilanziert. Die hierbei verwendeten Emissionsfaktoren basieren auf der genormten Emissionsberechnung von Transport- und Logistikunternehmen (DIN EN 16258) und beinhalten sowohl direkte Emissionen („Tank-to-Whell“) als auch indirekte Vorkettenemissionen („Well-to-Wheel“) (Tab. 30).

Tab. 30 | Spezifische Emissionsfaktoren von Primärenergieträgern im Verkehrssektor

BRENNSTOFF	ENERGIEVERBRAUCH (Tank-To-Wheel)	DIREKT in kg/l	INDIREKT in kg/l	KOMBINIERT in kg/l	KOMBINIERT in g/kWh	QUELLE
BENZIN	8,9 kWh/l	2,42	0,46	2,88	324	EN 16258
BENZIN E5	8,8 kWh/l	2,30	0,50	2,80	318	EN 16258
DIESEL	10,0 kWh/l	2,67	0,57	3,24	324	EN 16258
DIESEL B7	9,9 kWh/l	2,48	0,67	3,15	318	EN 16258
AUTOGAS (LPG)	7,0 kWh/l	1,70	0,20	1,90	271	EN 16258
ERDGAS (CNG) je kg	12,5 kWh/kg	2,68 je kg	0,39 je kg	3,07 je kg	246	EN 16258

Alle Emissionsfaktoren in CO₂-Äquivalenten

Alle weiteren Emissionsfaktoren sind Endenergiebezogen und basieren ausschließlich auf den frei zugänglichen Ergebnissen der neusten *GEMIS*-Version (4.94) sowie der jährlichen Veröffentlichung bundesweiten Emissionsfaktoren für erneuerbare Energieträger durch das *UBA*⁷⁰ Unter Umständen weichen die Emissionsfaktoren aus der *GEMIS*-Datenbank und *UBA*-Veröffentlichungen voneinander ab. Dies kann sowohl daran liegen, dass unterschiedliche Versionen der *GEMIS*-Datenbank verwendet werden als auch daran, dass

⁷⁰ Siehe „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“ (UBA, November 2014)

erneuerbare Energieträger fast ausschließlich indirekte Emissionsquellen darstellen, und die spezifischen Emissionen der Vorketten sensibel auf die Höhe und Art der Erzeugung reagieren. Als aktueller erweisen sich dabei die durch das UBA veröffentlichten Emissionsfaktoren, die sich auf die jeweils zurückliegende Art und Höhe der tatsächlichen Erzeugung in Deutschland beziehen.

Tab. 31 | Spezifische Emissionsfaktoren von Endenergieträgern im Stromsektor

ENERGIETRÄGER	BEZEICHNUNG (GEMIS 4.94)	DIREKT in g/kWh	INDIREKT in g/kWh	KOMBINIERT in g/kWh	QUELLE
ERDGAS (GUD-KRAFTWERK)	Gas-KW-GuD-DE-2010	351	58	409	IINAS
ERDGAS (BLOCKHEIZKRAFT)	Gas-BHKW-050-DE-2010/en	606	-166	440	IINAS
ERDGAS (SPITZENSTROM)	Gas-KW-GT-DE-2010	555	96	651	IINAS
STEINKOEHLE (DAMPFTURBINE)	Kohle-KW-DT-DE-Import-2010	775	120	895	IINAS
WINDKRAFT (OFFSHORE)	---	0	4	4	UBA
WASSERKRAFT	---	0	3	3	UBA
PHOTOVOLTAIK	---	0	55	55	UBA
BIOGAS (BLOCKHEIZKRAFT)	Biogas-Mais-OLUC-BHKW-500kW 2010 (IST)	472		395 (70% + 30%)	UBA
	Biogas-Gülle-BHKW-500kW 2010 (IST)	216			
DEPONIEGAS	Deponiegas-BHKW-GM 1 MW-2010/brutto		26	26	UBA
HOLZGAS (HEIZKRAFTWERK)	Holzgas-Holz-Wald-HKW-GT-30/en	17	61	78	Öko-Institut
MÜLL (SIEDLUNGSABFALL)	Müll-HKW-DT-EK-DE-2010/en (IST)	1.698	-842	856	IINAS

Alle Emissionsfaktoren in CO₂-Äquivalenten

Zu unterscheiden sind dabei Emissionsfaktoren, die sich auf die Stromerzeugung beziehen (Tab. 31) und Faktoren, die sich auf die Wärmeerzeugung beziehen (Tab. 32). Gerade Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung besitzen eine unterschiedliche Allokation der durch die Verbrennung des Primärenergieträgers entstandenen Treibhausgase auf die Koppelprodukte Strom und Wärme. Dabei werden die jeweiligen Koppelprodukte als „Bonus“ berücksichtigt und machen sich als negativer Vorketten-Emissionsfaktor bemerkbar. Ein höherer Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung impliziert hierbei einen geringeren Emissionsfaktor. Aufgrund verschiedener Emissionsfaktoren für die Art der Biogasanlagen und Solarthermieanlagen, wird der Gesamtemissionsfaktor als ungefähres gewichtetes Mittel der im Bestand befindlichen Anlagen betrachtet. Vor allem bei Biogasanlagen ist es von Bedeutung ob diese mit Gülle oder Mais betrieben wird, da sich die beiden Emissionsfaktoren um mehr als 100 % unterscheiden.

Tab. 32 | Spezifische Emissionsfaktoren von Endenergieträgern im Wärmesektor

ENERGIETRÄGER	BEZEICHNUNG (GEMIS 4.94)	DIREKT in g/kWh	INDIREKT in g/kWh	KOMBINIERT in g/kWh	QUELLE
ERDGAS (BLOCKHEIZKRAFT)	Gas-BHKW-050-DE-2010-th/en	367	-191	176	IINAS
BIOGAS (BLOCKHEIZKRAFT)	Biogas-Mais-OLUC-BHKW-500kW 2010 (IST)	0	122	102 (70% + 30%)	UBA
	Biogas-Gülle-BHKW-500kW 2010 (IST)		56		
BIOMASSE (HOLZ-PELLETS)	---	0	32	32	UBA
SOLARTHERMIE	Solarkollektor-Flach-DE-2010	0	22	23 (85% + 15%)	UBA
	Solarkollektor-Vakuum-Röhre-DE-2010		31		
MÜLL (SIEDLUNGSABFALL)	---	138	-61	77	Öko-Institut

Alle Emissionsfaktoren in CO₂-Äquivalenten

Ein besonderes Augenmerk gilt der Emissionsbilanzierung der Fernwärme Ulm GmbH. Hier stellt sich die Energiebilanz so dar, dass einem detailliert aufgeteilten Primärenergieeinsatz von Biomasse, Steinkohle, Erdgas und Heizöl in den verschiedenen Erzeugungsanlagen der FUG nur eine gemeinsame Strom und Wärmeerzeugung gegenübersteht. Vereinfacht lässt sich hieraus ein virtuelles Kraftwerk darstellen, das aus einem eingesetzten Primärenergieträgermix die beiden Koppelprodukte Strom und Wärme erzeugt.⁷¹ Die durch den Primärenergieeinsatz entstehenden Gesamtemissionen werden mit Hilfe des **Carnot-Wirkungsgrades** nach der sogenannten **Exergie-Methode** auf die beiden Koppelprodukte alloziiert. Hierzu wird die Annahme getroffen, dass die Vorlauftemperatur der Kraftwerke bei 110°C und die Rücklauftemperatur bei 60°C liegen und damit eine mittlere Arbeitstemperatur von 85°C (358 K) besitzen. Unter Berücksichtigung einer Umgebungstemperatur von 10°C (283 K) lässt sich hieraus ein Carnot-Wirkungsgrad von $\eta_C = 1 - 283/358 = 0,21$ berechnen, der oftmals auch als **Exerriefaktor** beschrieben wird. Der prozentuale Anteil der Emissionen, der der Stromerzeugung zuzurechnen ist, kann dann durch

$$a_{el} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{el} + \eta_C \eta_{th}}$$

bestimmt werden. Entsprechend ist der Anteil der Wärmeerzeugung das Komplementär der Stromerzeugung und kann durch $a_{th} = 100\% - a_{el}$ berechnet werden. Dabei stellen die Werte η_{el} und η_{th} den jeweiligen elektrischen bzw. thermischen Wirkungsgrad dar, also das Verhältnis aus erzeugter Strom- bzw. Wärmemenge zur eingesetzten Primärenergie. Die eigentlichen Emissionsfaktoren lassen sich hieraufhin dadurch bestimmen, dass die anteiligen Gesamtemissionen durch die Strom- bzw. Wärmeerzeugung dividiert werden.

⁷¹ Der einzige Nachteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass dem virtuellen Kraftwerk hierbei ein gemeinsamer Wirkungsgrad unterstellt wird. Hierbei kann es vor allem passieren, dass die neueren Biomasse-HKW unterbewertet und ältere Anlagen überwertet werden, wodurch sich der Emissionsfaktor voraussichtlich schlechter darstellt, als er in Wirklichkeit wäre.