



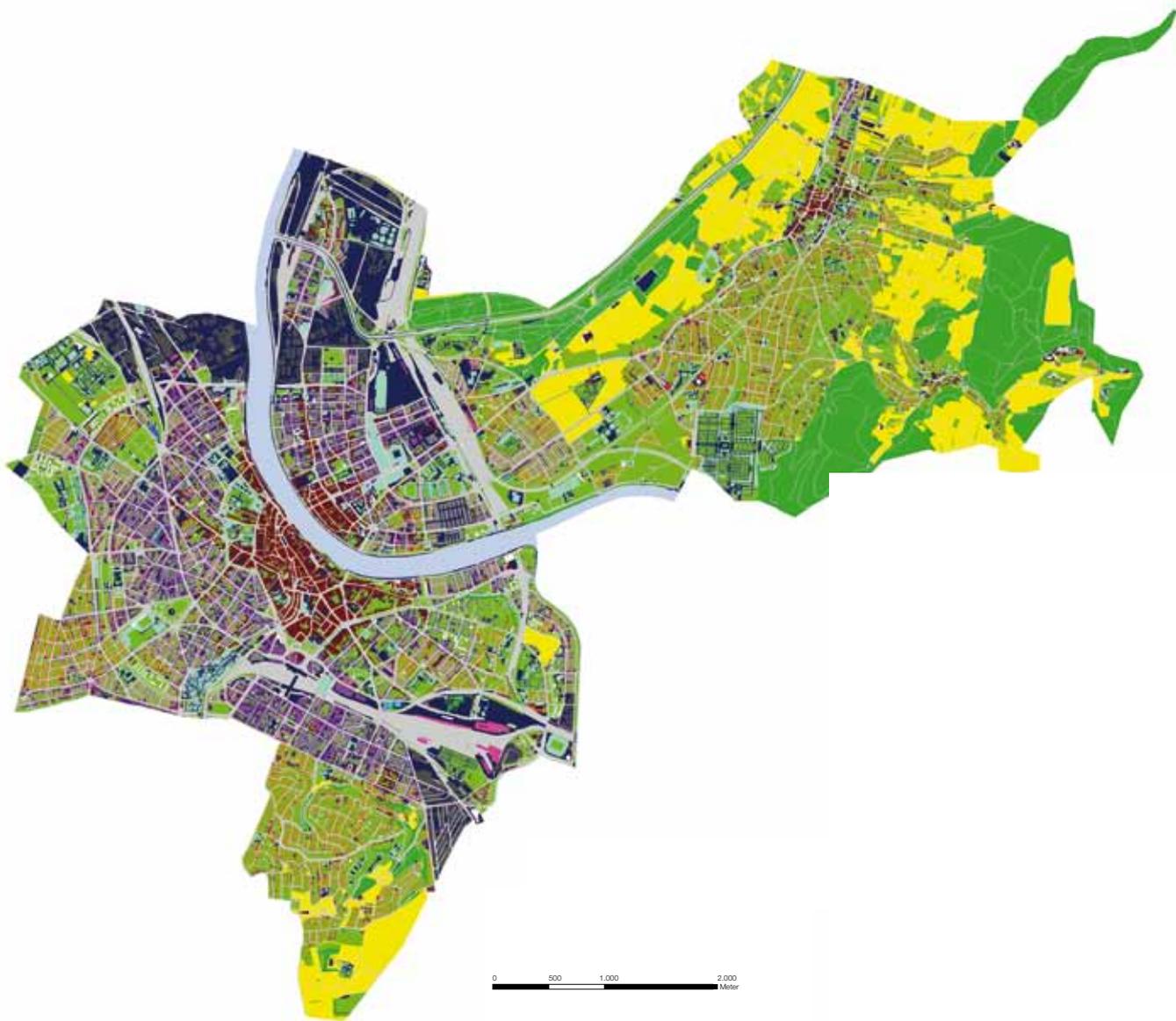
Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt

Amt für Umwelt und Energie

Basel auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft

Eine Studie zu den energetischen
Potentialen des Kantons Basel-Stadt





0 500 1.000 2.000
Meter

Stadräume

- I: Vorindustriell/Altstadt < 1840
- IIa: Baublöcke Gründerzeit < 1938
- IIc: Villen der Gründerzeit < 1938
- V: Typ Wohlfahrtssiedlung Vorkriegszeit < 1938
- VI: Typ sozialer Wohnungsbau ab 1950er
- VII: Hochhäuser
- VIIIa: Geschosswohnungsbau 1960-80er
- VIIIb: Geschosswohnungsbau seit 1990er
- IXa: Einfamilienhäuser und Zweifamilienhäuser
- Xa: Gewerbe
- Xb: Industrie
- Xc: Zweckbaukomplexe
- XI: Verkehrsflächen

Freiräume

- XIIa: Grünfläche (unbewaldet)
- XIIb: Grünfläche (Wald)
- XIII: Landwirtschaft (Acker/Weide/Rest und Brachland)
- XIVa: Wasser
- XIVc: Restflächen (sonstige)

Vorwort

Spätestens seit den Vorgängen um Kaiseraugst in den siebziger Jahren hat im Kanton Basel-Stadt das Bewusstsein für Energie und Nachhaltigkeit einen besonderen und einzigartigen Stellenwert. Es ist kein Zufall, dass die «Grenzen des Wachstums» gerade hier besonders stark wahrgenommen wurden, was zu einem der schweizweit ersten und zugleich fortschrittlichsten Energiegesetz geführt hat. Der drohende Peak Oil, die generell sich verschärfende Energieversorgungslage, das sich abzeichnende Klimaproblem, die Ereignisse in Fukushima – das alles gipfelt in der Frage: Wie geht es weiter, wie können wir gegensteuern, wie kann ein kleiner Kanton wie Basel-Stadt solch grosse Probleme angehen?

Die vorliegende Broschüre weist den Weg in eine nachhaltige Energiezukunft. Das bedeutet: Der Kanton Basel-Stadt ist in der Lage, sich noch vor Ende dieses Jahrhunderts gemäss den Zielen der 2000-Watt-Gesellschaft zu einem erheblichen Teil mit erneuerbarer Energie zu versorgen. Selbstverständlich braucht es besondere Anstrengungen, aber es ist machbar - mehr noch: es lohnt sich sogar. Ab 2050 ist der Benefit durch eingesparte Energie- und Emissionskosten grösser als der Investitionsaufwand. Wenn wir jetzt die nötigen Schritte einleiten, setzen wir ein Zeichen für die Zukunft. Denn wenn wir es in den beengten Verhältnissen unseres Stadtkantons schaffen, die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen, dann schaffen es andere erst recht. Jedoch: es braucht Mut, politischen Willen und eine langfristige Denkweise. Das sind wir uns und den kommenden Generationen schuldig.



Dr. Jürg Hofer

Leiter des Amtes für Umwelt und Energie Basel-Stadt

Der Kanton Basel-Stadt übernimmt als Pilotregion der 2000-Watt-Gesellschaft eine wichtige Rolle bei der Gestaltung einer nachhaltigen Energiezukunft. Seit 2005 entstanden zum Beispiel 16 Pilot- und Demonstrationsbauten, die dem Ziel der 2000-Watt-Gesellschaft entsprechen. Nun gilt es, weiterzudenken und die nächsten Schritte zur Realisierung dieser energiepolitischen Ziele anzugehen. Zu diesem Zweck wurde in einer Studie ermittelt, wo Basel heute steht und welcher Weg weiter verfolgt werden muss, um die Anforderungen der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen. Die Ergebnisse sind in dieser Broschüre zusammengefasst.

Der heutige Primärenergiebedarf des Kantons Basel-Stadt liegt jährlich bei 6'755 GWh; das macht pro Person 35'000 kWh. Dies entspricht einer Dauerleistung von etwa 4'000 Watt pro Person (Abbildung 1). Hinzu kommt die graue Energie, die in eingeführten Produkten enthalten ist und etwa gleich viel ausmacht (3'900 Watt pro Person).

Der Energiebedarf verteilt sich auf die Sektoren Wohnen, Arbeiten und Mobilität (Abbildung 2). Mehr als die Hälfte der Endenergie wird im Sektor Arbeiten verbraucht, etwa ein Fünftel für Wohnen und ein Fünftel für Mobilität. Fast 60% der Energie wird als Wärme verbraucht und jeweils etwa ein Fünftel als Strom bzw. in Form von Treibstoffen (Abbildung 3).

Der Primärenergiebedarf und die CO₂-äquivalenten Emissionen (CO₂eq) des Kantons Basel-Stadt liegen deutlich unter dem Schweizer Durchschnitt:

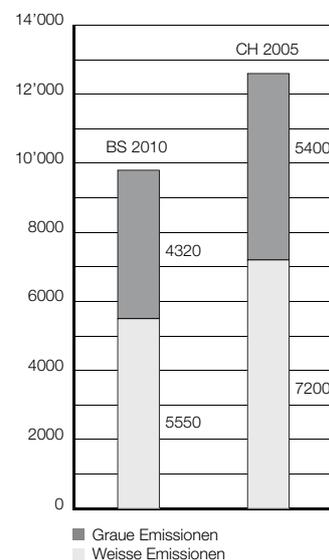
- Basel-Stadt braucht 4'000 Watt pro Person - 2'500 Watt weniger als im Schweizer Durchschnitt (6'500 Watt pro Person).
- Die graue Energie mit einberechnet, braucht Basel-Stadt 7'900 Watt pro Person – ebenfalls 2'500 Watt weniger als im Schweizer Durchschnitt (10'400 Watt pro Person).
- Die CO₂eq-Emissionen des Kantons liegen mit rund 5.6 Tonnen pro Person um mehr als 1.5 Tonnen niedriger als der Schweizer Durchschnitt (7.2 Tonnen pro Person).
- Unter Berücksichtigung der grauen Energie liegen die CO₂eq Emissionen von Basel-Stadt bei rund 10 Tonnen pro Person – 2.5 Tonnen niedriger als der Schweizer Durchschnitt (12.5 Tonnen pro Person).

Abbildung 1
Primärenergieleistung und Treibhausgasemissionen pro Person des Kantons im Jahr 2010. Zum Vergleich sind die Schweizer Durchschnittswerte angegeben.

Watt pro Person Primärenergie



THG-Emission CO₂eq kg/Person und Jahr



Trotz dieser guten Vergleichswerte besteht auch in Basel-Stadt nach wie vor eine starke Abhängigkeit von fossilen Energieträgern. Sowohl die Wärmeversorgung als auch die Mobilität basieren zum grössten Teil auf Öl und Gas. Die Stromversorgung hingegen ist dank eines hohen Anteils an Wasserkraft inzwischen vollständig erneuerbar. Auch die anderen erneuerbaren Energien kamen in den letzten Jahren vermehrt zum Einsatz. Neben der Wasserkraft werden Windkraft, Solarenergie, Abfall (50% erneuerbar), Holz und vergärbare Biomasse zur Wärme- und Stromerzeugung genutzt. Allerdings wird nur ein kleiner Teil der erneuerbaren Energien im Kanton selbst erzeugt. Den grössten Anteil davon machen Abfälle aus (Kehricht, Klärschlamm). Dezentrale Erneuerbare (Photovoltaik, Sonnenkollektoren, Umweltwärme) liegen im gesamten Energiemix noch immer unterhalb einem Prozent. Der aktuelle erneuerbare Selbstversorgungsgrad (also der Anteil der im Kanton insgesamt bereitgestellten erneuerbaren Energie) beträgt knapp 4% im Wärmebereich und gut 19% im Strombereich.

Energetische Grössen

Für die Erfassung des Energieverbrauchs werden in der Regel verschiedene energetische Grössen benutzt. Wichtige Grössen sind die Endenergie und die Primärenergie:

Die **Endenergie** ist die dem Verbraucher übergebene Energie. Dies ist beispielsweise der Treibstoff im Tank eines Fahrzeugs oder die Wärme, die durch ein Wärmenetz bei einem Gebäude abgeliefert wird. Die **Primärenergie** setzt sich aus der Endenergie und der zur Bereitstellung der Endenergie benötigten Energie zusammen. Dies beinhaltet einerseits den Energieaufwand für Gewinnung, Verarbeitung und Transport (beispielsweise bei Öl die Gewinnung aus dem Boden, die Raffinierung und der Transport durch Schiffe, Lastwagen oder Pipelines). Andererseits wird auch Verlusten Rechnung getragen, die bis zur Bereitstellung der Energie beim Verbraucher entstehen (z.B. Netzverluste bei der Stromübertragung). Die Umrechnung von Endenergie in Primärenergie erfolgt durch **Primärenergiefaktoren (PE)**. In der Regel ist ein PE grösser als 1 (Primärenergie höher als Endenergie). In gewissen Fällen kann er aber auch darunter liegen, wie z.B. bei der Kehrichtverbrennung. Hier wird argumentiert, dass die Energie für die Bereitstellung der Ausgangsstoffe bereits in der Energiebilanz der weggeworfenen Konsumgüter berücksichtigt ist. Dadurch ist die Primärenergie niedriger als die Endenergie. Der Energiebedarf kann mit verschiedenen Einheiten dargestellt werden. Üblich sind Wattstunden (Wh), Joule (J) oder Watt (W).

Die **Wattstunde** ist eine Energieeinheit. Sie zeigt, wie viel Energie benötigt bzw. erzeugt wird. Sie kann beispielsweise dazu dienen, den Energieinhalt einer Tankfüllung Benzin anzugeben. Üblicherweise wird eine Energiemenge in Kilowattstunden (kWh) angegeben. Joule ist eine alternative Einheit zu Wattstunden.

Watt ist eine Einheit für Leistung. Sie bezeichnet den Energiebedarf pro Zeiteinheit. Der menschliche Körper beispielsweise hat im Durchschnitt einen Leistungsbedarf von 100 Watt.

Basel 2010: 5902 GWh Endenergie

Basel 2010: 1'065'000t CO₂eq

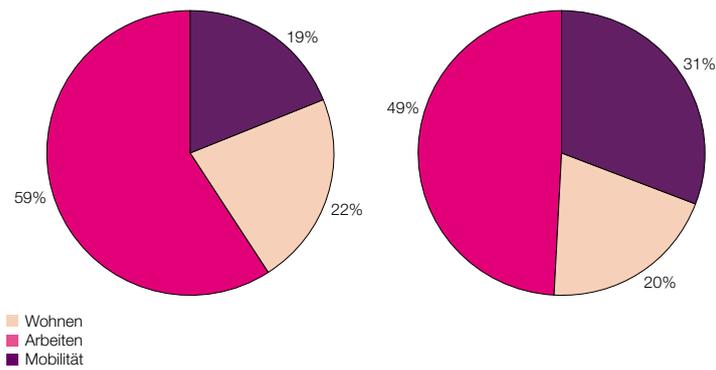


Abbildung 2

Aufteilung des Endenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen auf die Sektoren Wohnen, Arbeiten und Mobilität.

Basel 2010: 5902 GWh Endenergie

Basel 2010: 1'065'000t CO₂eq

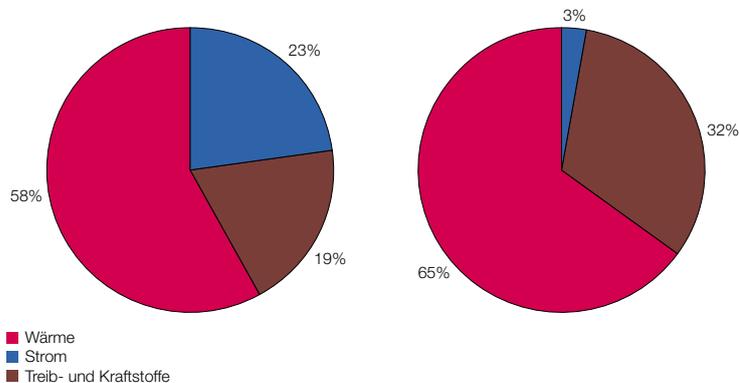


Abbildung 3

Aufteilung des Endenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen auf die Energieformen Wärme, Strom, Treib- und Kraftstoffe.

Weisse und graue Energie und Treibhausgasemissionen

Die in einem bestimmten Gebiet (z.B. der Schweiz oder dem Kanton Basel-Stadt) verbrauchte Energie wird als **weisse Energie** bezeichnet. Sie ist die Summe allen Energieverbrauchs in diesem Gebiet (Strom, Wärme, Treibstoffe).

Als **graue Energie** wird im räumlichen Kontext diejenige Energie bezeichnet, die durch Produkte und Dienstleistungen von ausserhalb der Gebietsgrenzen importiert wird. Die in den Produkten enthaltene Energie setzt sich aus Herstellung, Transport, Lagerung etc. zusammen, wobei auch alle Vorprodukte bis zur Rohstoffgewinnung berücksichtigt werden. Entsprechendes gilt für die Dienstleistungen. Die totale graue Energie entspricht dem Nettoimport von Gütern und Dienstleistungen (Import minus Export, wobei in der Schweiz die importierte Energie über Güter und Dienstleistungen den Export übersteigt). Entsprechend der weissen und grauen Energie spricht man auch von weissen und grauen Treibhausgas-Emissionen. Diese werden mit Emissionsfaktoren anhand der Menge und Art der verbrauchten Energie berechnet.

Ziele

Die Studie hatte zum Ziel, den gegenwärtigen Energieverbrauch des Kantons Basel-Stadt zu ermitteln und zu errechnen, welches Potenzial der Kanton zur Erzeugung erneuerbarer Endenergie aufweist. Sie orientierte sich an der Vision der 2000-Watt-Gesellschaft, die eine kontinuierliche Absenkung des Primärenergiebedarfs auf 2'000 Watt pro Person vorsieht (siehe Text rechts). Dabei geht es nicht nur darum, den absoluten Energiebedarf zu reduzieren, sondern auch den Anteil fossiler Energieträger auf einen Viertel des gesamten Primärenergieverbrauchs zu begrenzen. Damit einher geht auch die Reduktion des Pro-Kopf-Ausstosses von Treibhausgasen auf eine Tonne pro Jahr.

Der Fokus der Studie beschränkte sich auf das Kantonsgebiet Basel-Stadt. Um energetische Fussabdrücke ausserhalb des Kantons zu vermeiden, wurden nur Energie-Ressourcen im Kantonsgebiet berücksichtigt.

Die Studie untersuchte für den Kanton Basel-Stadt folgende Fragen:

- Wie stark kann der Energieverbrauch gesenkt werden?
- Wie viel Strom und Wärme können durch eigene Ressourcen erzeugt werden?
- Wie stark können die CO₂-Emissionen gesenkt werden?
- Ist die 2000-Watt-Gesellschaft realisierbar? Bis wann?
- Welche Kosten sind bei einer Realisierung der 2000-Watt-Gesellschaft zu erwarten?
- Welche Kosten können durch Minderverbrauch und Ersatz fossiler Energien vermieden werden?
- Wo besteht der grösste Handlungsbedarf auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft?
- Welche Massnahmen sind zusätzlich zu den bereits laufenden Aktivitäten notwendig?
- Wo steht der Kanton Basel-Stadt im internationalen Vergleich?

Die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft

Die 2000-Watt-Gesellschaft ist ein energiepolitisches Modell, das im Rahmen des Programms Novatlantis an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) entwickelt wurde. Gemäss diesem Modell soll der Primärenergiebedarf jedes Erdenbewohners einer durchschnittlichen Leistung von nicht mehr als 2'000 Watt entsprechen. In der Schweiz bedeutet dieses Ziel eine Senkung des Energieverbrauchs um etwas mehr als zwei Drittel. Die Senkung des Energiebedarfs ist das eine Ziel; das andere ist die Reduktion des Anteils an fossilen Energieträgern auf 500 Watt pro Person. Drei Viertel des Energiebedarfs sollen also mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Dadurch sollen auch die CO₂-Emissionen so weit reduziert werden, dass das Ziel von einer Tonne CO₂eq-Ausstoss pro Kopf und Jahr erreicht werden kann. Dieser Pro-Kopf-Ausstoss gilt weltweit als Grenzwert für eine CO₂eq-Belastung – nur so kann der Klimawandel in Grenzen gehalten werden (d.h. die durchschnittlichen Temperaturen steigen gegenüber dem vorindustriellen Stand um nicht mehr als 2°C an).

Grundlagen

Im Kanton Basel-Stadt teilen sich die Sektoren Wohnen, Arbeiten und Mobilität die energetischen Ressourcen. Der Sektor Arbeiten ist in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sowie Industrie unterteilt, der Sektor Mobilität in Strasse, Schiene, Wasser- und Luftwege. Die Sektoren beanspruchen unterschiedliche Formen von Energie (Wärme, Strom, Treibstoffe) zu unterschiedlichen Zeiten an unterschiedlichen Orten. In einem Energiemodell muss der räumlich und zeitlich variierende Energiebedarf mit dem Energieangebot abgestimmt werden.

In einem ersten Schritt wird daher der Modellraum in prototypische Stadt- und Landschaftsräume eingeteilt - im Folgenden als Stadttraumtypen bezeichnet. Die Verteilung dieser Räume im Kanton ist in der Ausklappseite am Anfang der Broschüre dargestellt. Auf der Ausklappseite am Ende der Broschüre finden sich Beispiele für Basels Stadttraumtypen. Diese haben einen charakteristischen Energiebedarf, aber auch ganz bestimmte Potenziale, dezentral erneuerbare Energie zu erzeugen. In Abbildung 4 sind Basels Stadttraumtypen und ihr Energiebedarf dargestellt. Abbildung 5 zeigt die Flächenanteile der Stadt- und Landschaftsräume im rund 3'700 ha grossen Kantonsgebiet.

Durch die Einteilung des Kantonsgebiets in Stadttraumtypen können der Energiebedarf und die Potenziale für erneuerbare Energien kantonsweit für die Sektoren Wohnen und Arbeiten bestimmt werden. Die Daten wurden mit Messwerten kalibriert. Für den Sektor Mobilität wurden eigene Berechnungen anhand des Gesamtverkehrsmodells der Region Basel durchgeführt.

Szenarien

Um zu untersuchen, ob und wann der Kanton Basel-Stadt die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erreichen kann, wurden Zukunftsszenarien entworfen. Dabei wurde zwischen einem Referenzszenario und einem 2000-Watt-Szenario unterschieden. Im Referenzszenario wird der aktuelle Trend fortgeschrieben; im 2000-Watt-Szenario hingegen werden verstärkte Anstrengungen unternommen, den Energiebedarf zu senken (Effizienz) und nicht regenerative Energie durch regenerative zu ersetzen (siehe Kasten rechts «Szenarien im Überblick»). Ein bewusstes Einsparen von Energie durch Verzicht (Suffizienz) wird in dieser Studie nicht betrachtet. Zeithorizont ist das Jahr 2050.

Energiebedarf der Stadttraumtypen und des Verkehrs

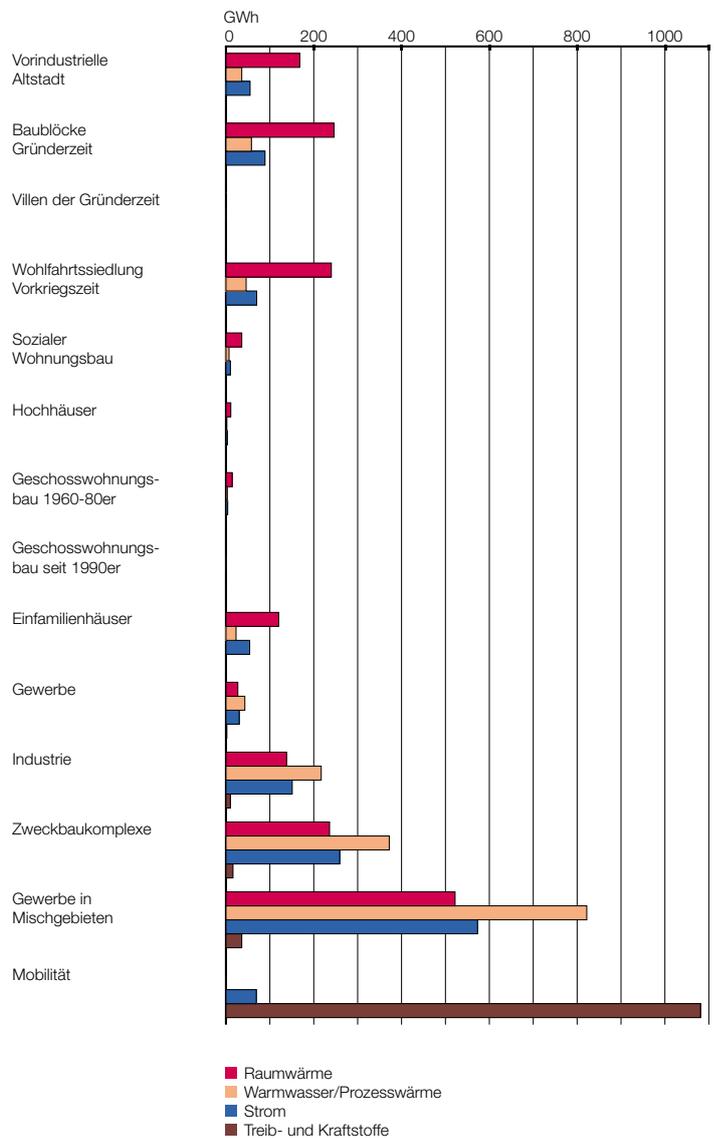


Abbildung 4

Der Endenergiebedarf der verschiedenen Stadttraumtypen und des Verkehrs. Unterschieden wurde in Wärme (Raumwärme, Warmwasser- und Prozesswärme), Strom sowie Treib- und Kraftstoffe.

Szenarien im Überblick

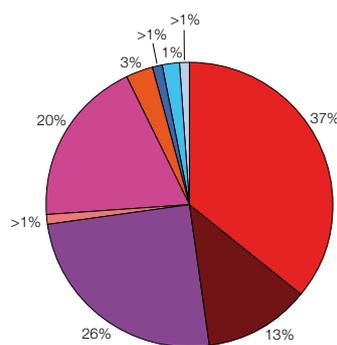
Die mögliche zukünftige energetische Entwicklung von Basel-Stadt wird in zwei Szenarien dargestellt (Zeithorizont für beide ist das Jahr 2050):

Referenzszenario: Dieses Szenario stellt die energetische Entwicklung von Basel-Stadt dar, wenn im Kanton der gegenwärtige Trend der Schweizer Energiepolitik weiter verfolgt wird. Die zugrunde liegenden Annahmen stützen sich vorwiegend auf die Energieperspektiven 2035 des Bundesamts für Energie (Szenario II – Verstärkte Zusammenarbeit) sowie auf laufende Planungen und Strategiepaper des Kantons. Die Entwicklungen im Verkehrsbereich stützen sich auf das Referenzszenario des Gesamtverkehrsmodells der Region Basel.

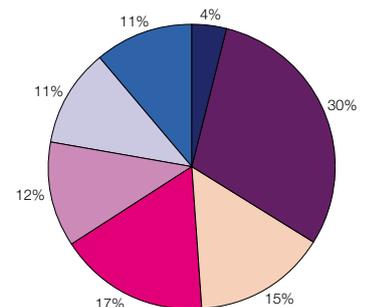
2000-Watt-Szenario: In diesem Szenario werden alle wirtschaftlich, gesellschaftlich und ökologisch tragbaren technischen Optionen zur Steigerung der Energieeffizienz und der Einführung erneuerbarer Energien ausgeschöpft. Der Zeitpunkt der Erreichung dieser Ziele wird durch die ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen bestimmt. Obwohl die rein technischen Potenziale der neuen erneuerbaren Energien im Stadtraum den Bedarf theoretisch zu einem grossen Teil decken könnten, wird der Einsatz beschränkt, um negative Auswirkungen auf Stadtbild (Photovoltaik, thermische Solaranlagen), Umwelt (Biomassennutzung, Erdsondenbohrungen) und Bevölkerung zu vermeiden.

Der Modal Split (in der Verkehrsstatistik die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel) wird gegenüber dem Referenzszenario weiter zugunsten des öffentlichen Verkehrs und Langsamverkehrs verschoben. Energieeffiziente Elektroautos erreichen bis 2050 einen Marktanteil von knapp 80%.

Flächenanteile der Stadträume im Siedlungsbereich



Verteilung Stadt- und Landschaftsräume im Kantonsgebiet



- Vorindustriell/Altstadt
- Baublöcke Gründerzeit
- Villen der Gründerzeit
- Wohlfahrtssiedlung Vorkriegszeit
- Sozialer Wohnungsbau
- Hochhäuser
- Geschosswohnungsbau 1960-80er
- Geschosswohnungsbau seit 1990er
- Einfamilienhäuser
- Wohnen (inkl. Mischnutzung)
- Arbeiten (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und Industrie)
- Mobilität (Verkehrsflächen)
- Grünfläche
- Wald
- Landwirtschaft
- Wasser

Abbildung 5

Die Flächenanteile der prototypischen Stadträume im Siedlungsbereich (links) und die Verteilung der Stadt- und Landschaftsräume im gesamten Kantonsgebiet. Den grössten Teil der bebauten Fläche nehmen Einfamilienhäuser, Baublöcke der Gründerzeit, Wohlfahrtssiedlungen der Vorkriegszeit und die vorindustrielle Altstadt ein. Betrachtet man die Gesamtfläche, beanspruchen Wohnen, Arbeiten und Verkehr zwei Drittel des Kantonsgebiets. Der Rest wird von Grünflächen, Wald, Landwirtschaft und Wasserflächen eingenommen.

Ergebnisse

Wie stark kann der Energieverbrauch im Kanton Basel-Stadt bis 2050 gesenkt werden?

Aufgrund der angenommenen Effizienzmassnahmen nimmt der Bedarf in beiden Szenarien stetig ab (Abbildung 6). Dies ist insbesondere auf die Sanierung des Gebäudebestands und die Effizienzsteigerungen im Sektor Arbeiten (der den grössten Anteil am Energieverbrauch hat) zurückzuführen. Hinzu kommt die Reduktion des Individualverkehrs zu Gunsten des öffentlichen Personennahverkehrs und die allmähliche Elektrifizierung der Mobilität. Im Referenzszenario kann der Pro-Kopf-Primärenergiebedarf bis 2050 allerdings nur wenig gesenkt werden (Reduktion von 4'000 Watt auf lediglich ca. 3'850 Watt), im 2000-Watt-Szenario reduziert er sich um ein Drittel auf ca. 2'750 Watt.

Die Abnahme des Energiebedarfs im Referenzszenario basiert hauptsächlich auf der Verringerung des Wärmebedarfs. Dem gegenüber steht eine Zunahme des Strombedarfs (Abbildung 7 und Abbildung 8). Im 2000-Watt-Szenario nimmt der Energiebedarf in allen drei Bereichen (Wohnen, Arbeiten, Mobilität) stark ab.

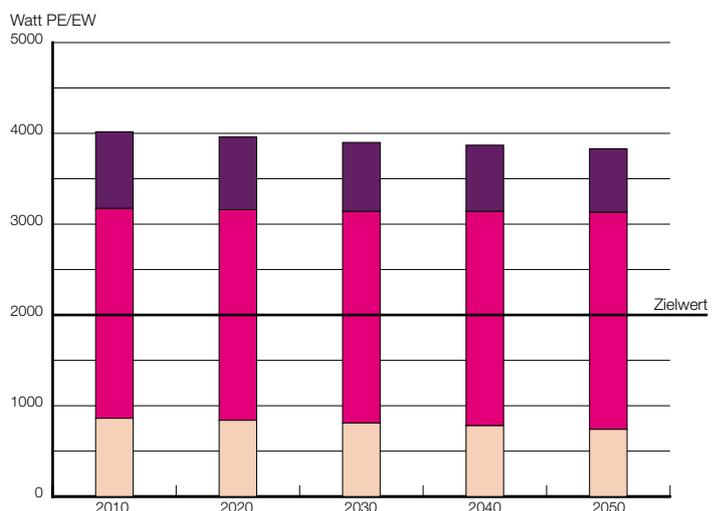
Wie viel Strom und Wärme können im Kantonsgebiet von Basel-Stadt durch eigene Ressourcen bis 2050 erzeugt werden?

Zur direkten Solarnutzung eignen sich entsprechend ausgerichtete Dächer bzw. Fassaden, deren Potenzial mittels einer Raumanalyse abgeschätzt wurde. Werden die städtebaulichen Randbedingungen und die Belange des Denkmalschutzes berücksichtigt, so ergibt sich ein Potenzial von ca. 205 ha Dach- und Fassadenfläche, die solar genutzt werden kann, also ca. 12% der bebauten Fläche. Gegenwärtig werden von diesem Potenzial lediglich 3.7 ha genutzt. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurde nachgewiesen, dass eine Aufhebung des Denkmalschutzes zugunsten photovoltaischer Nutzung die Stromausbeute kaum steigern würde. Dasselbe gilt für die Wärmeausbeute, würde man die Wasserschutzzonen für Erdwärmesonden nutzbar machen.

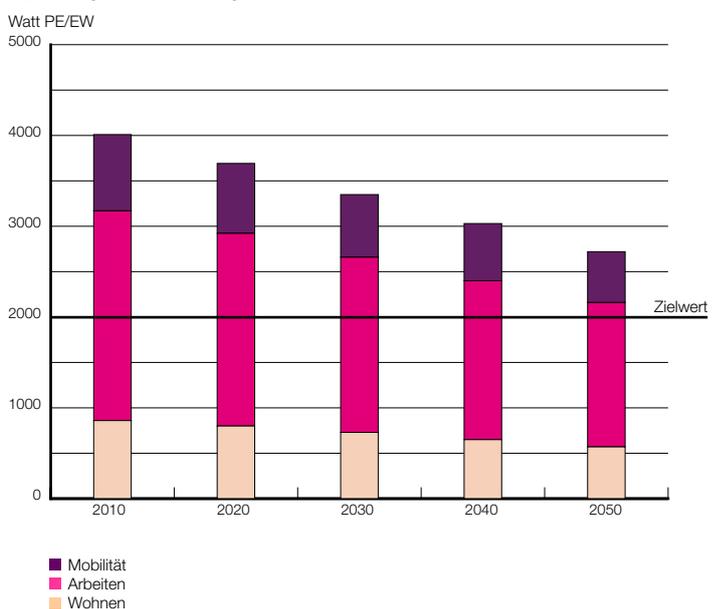
Abbildung 6

Entwicklung des Primärenergiebedarfs im Kanton Basel-Stadt bis zum Prognosehorizont, ausgedrückt in Watt pro Person:
a) Referenzszenario
b) 2000-Watt-Szenario.

6a) Leistung in Watt Primärenergie pro Person nach Aktivität und Zielwert im Referenzszenario



6b) Leistung in Watt Primärenergie pro Person nach Aktivität und Zielwerte im 2000-Watt-Szenario



Windkraftanlagen eignen sich nur an windreichen Standorten. Das Kantonsgebiet weist keine solchen Standorte aus. Das Potenzial der Wasserkraft ist dagegen erheblich höher, scheint allerdings bereits gänzlich ausgeschöpft. Allenfalls könnten noch Klein- und Mikrowasserkraftanlagen, zum Beispiel in Druckleitungen, ausgebaut werden.

Im Wärmebereich lassen sich die Umweltmedien Untergrund, Umgebungsluft, Gewässer und Abwasser nutzen. Wärmepumpengestützte Anlagen benötigen Strom, der aus regenerativen Quellen stammen muss, soll die Wärmebereitstellung nachhaltig sein. Im Kantonsgebiet eignen sich Erdwärmesonden sowie Anlagen zur Rückgewinnung der Wärme von Abwasser in gebäudenahen Abwasseranlagen. Ebenfalls der Warmwasserbereitstellung dienen Sonnenkollektoren, die allerdings in einer gewissen Konkurrenz zu Photovoltaik-Anlagen stehen, welche die gleichen Flächen beanspruchen. Neben der Nutzung der Gebäudehüllen, des Abwassers und des flachen Untergrundes stellt die tiefe Geothermie eine bereits genutzte Ressource im Modellraum dar. Das Spektrum der Möglichkeiten zur Wärmebereitstellung wird durch die Nutzung der Biomasse vervollständigt, die ebenfalls der Stromerzeugung dient.

Abbildung 7 zeigt die zu erwartende Entwicklung des Endenergiebedarfs im Vergleich zu den erneuerbaren Potenzialen im Kantonsgebiet bis 2050. Die «Lücke» zwischen Bedarf und Potenzial beginnt sich zu schliessen, insbesondere beim 2000-Watt-Szenario. Bei der erneuerbaren Stromerzeugung dominieren Wasserkraft und Photovoltaik, mit der tiefen Geothermie als dritte Komponente im 2000-Watt-Szenario.

Im Wärmebereich ist das Spektrum der erneuerbaren Optionen gleichmässiger verteilt, wobei Erdwärme, Solarwärme und Kehrichtverbrennung besonders hohe Potenziale aufweisen. Biotreibstoffe hingegen werden im Kanton so gut wie keine erzeugt.

Im Referenzszenario können erneuerbare Energien im Kantonsgebiet bis 2050 7% des Wärmebedarfs decken. Im Strombereich egalisiert der steigende Bedarf die Zunahme an erneuerbarer Produktion; diese deckt wie 2010 19% des Bedarfs. Im 2000-Watt-Szenario steigt die Selbstversorgung im Wärmebereich auf 19% und im Strombereich auf 58% (Abbildung 8).

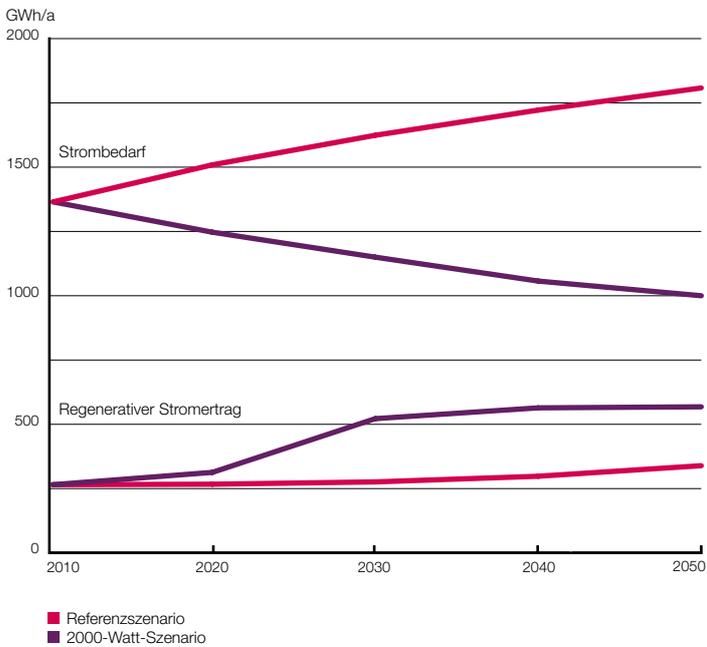
Elektromobilität

Elektroautos haben gegenüber herkömmlich motorisierten Fahrzeugen einen drei- bis vierfachen Effizienzvorteil. Im Referenzszenario wurde bis 2050 eine Marktdurchdringung von 10%, im 2000-Watt-Szenario hingegen von knapp 80% unterstellt. Stammt der benötigte Strom aus erneuerbaren Quellen, hat dies einen zusätzlichen Substitutionseffekt.

Ohne Massnahmen zur Verkehrsverlagerung (von motorisiertem Individualverkehr auf öffentlichen und Langsamverkehr) führt die Einführung von Elektroautos im 2000-Watt-Szenario zu rund 30% weniger Energieverbrauch im Sektor Mobilität (Strasse und Schiene). Reine Massnahmen für Verkehrsverlagerung und Effizienzsteigerungen (Ottomotoren sowie Elektromotoren beim Schienenverkehr) führen ebenfalls zu einer Reduktion von 30%. Kombiniert beträgt die Abnahme 50% (die Verkehrsverlagerung führt zu weniger motorisiertem Individualverkehr, weshalb der Effekt der Elektromobilität geringer ausfällt).

Entscheidend für die Einführung von Elektroautos sind die noch offenen Fragen bei der Batterietechnologie (Ressourcenverfügbarkeit, Umweltbelastung, Lebensdauer, Kosten).

7a) Strombedarf (Endenergie) und erneuerbarer Stromertrag im Referenz- und 2000-Watt-Szenario



7b) Wärmebedarf (Endenergie) und erneuerbarer Wärmeertrag im Referenz- und 2000-Watt-Szenario

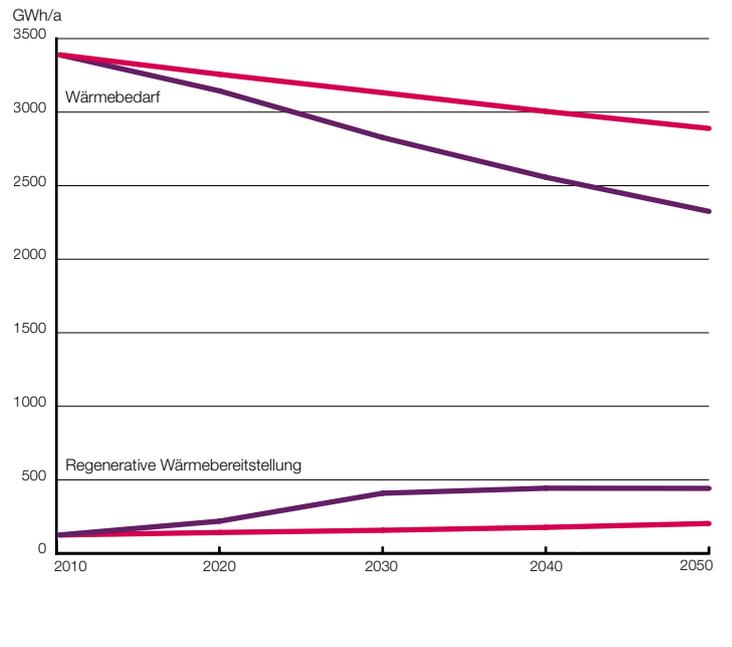
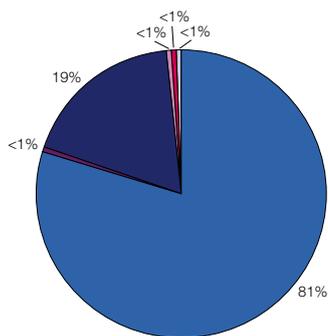


Abbildung 7

Strom- und Wärmebedarf (Endenergie) im Vergleich zu den realisierbaren Potenzialen im Referenzszenario und im 2000-Watt-Szenario:
a) Strombedarf und -ertrag
b) Wärmebedarf und -ertrag

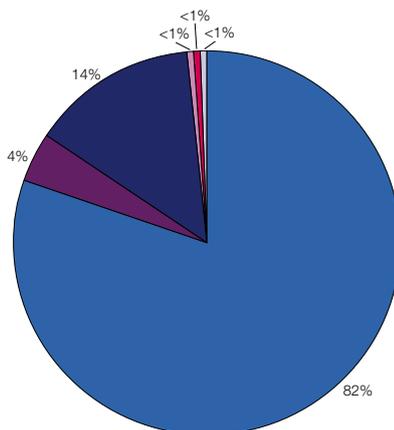
8a) Strombedarf

2010: 1362 GWhEnd



- Photovoltaik
- Wasserkraft
- Biomasse
- Kehricht
- Geothermie
- Import

2050: 1808 GWhEnd im Referenzszenario



2050: 974 GWhEnd im 2000W-Szenario

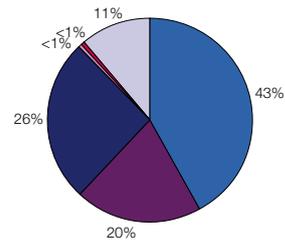
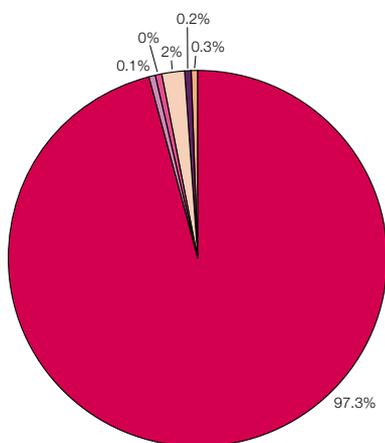


Abbildung 8

Strom- und Wärmebedarf sowie Energiemix: heute und 2050 im Referenzszenario und im 2000-Watt-Szenario:
a) Strombedarf und Strommix
b) Wärmebedarf und Wärmemix.

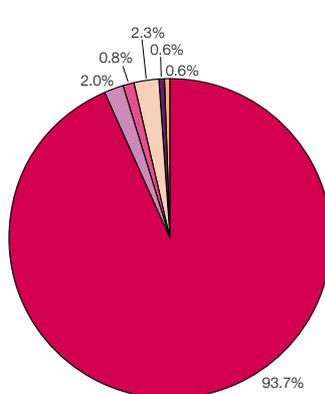
8b) Wärmebedarf

2010: 3394 GWhEnd

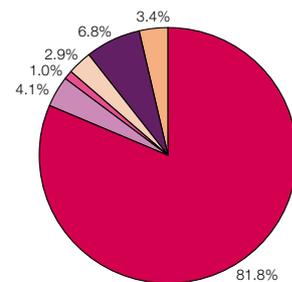


- Sonnenerkollektoren
- Biomasse
- Kehricht
- Wärmepumpen
- Geothermie
- Importierte Energieträger

2050: 2889 GWhEnd im Referenzszenario

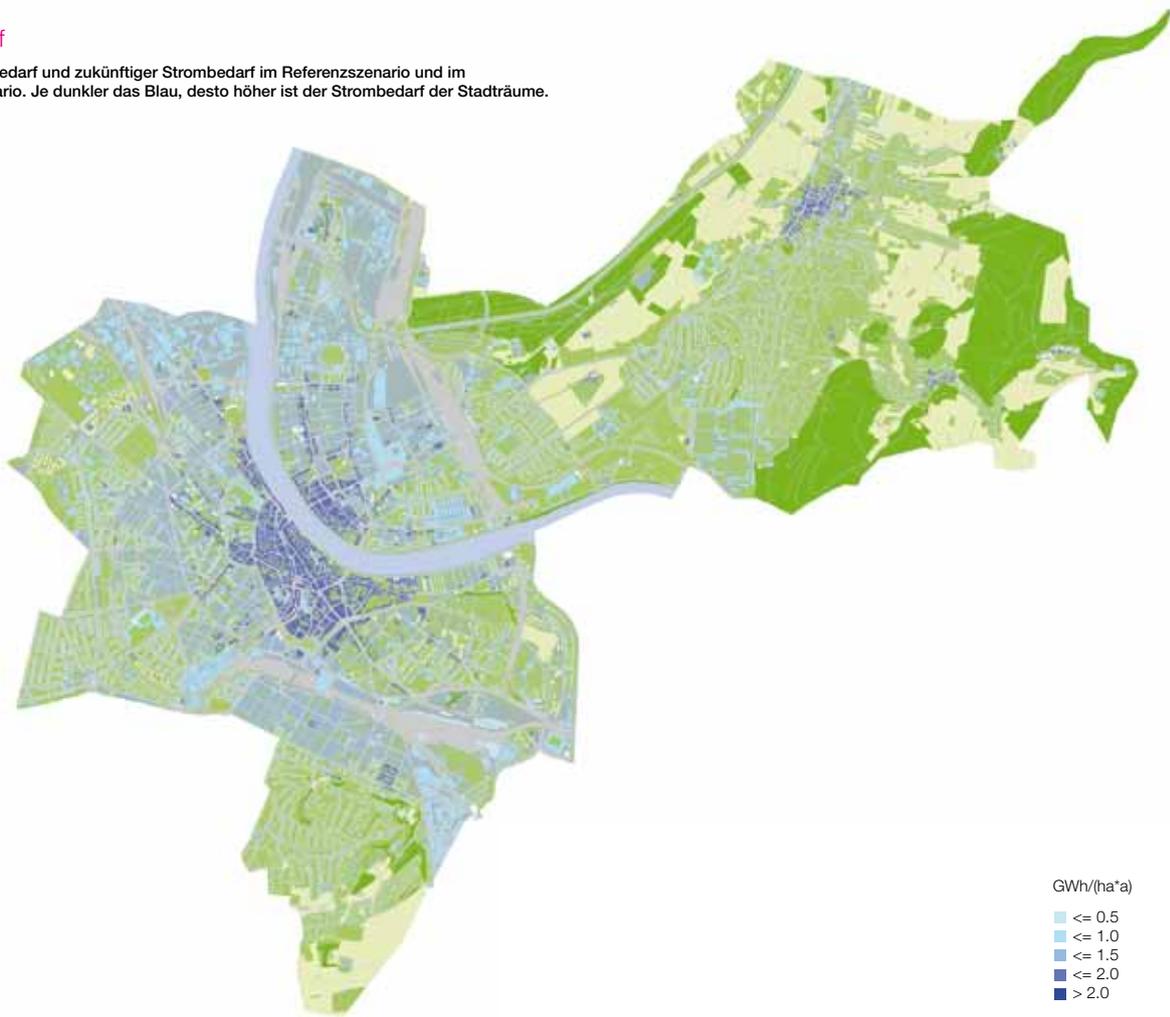


2050: 2325 GWhEnd im 2000W-Szenario



Strombedarf

Aktueller Strombedarf und zukünftiger Strombedarf im Referenzszenario und im 2000-Watt-Szenario. Je dunkler das Blau, desto höher ist der Strombedarf der Stadträume.



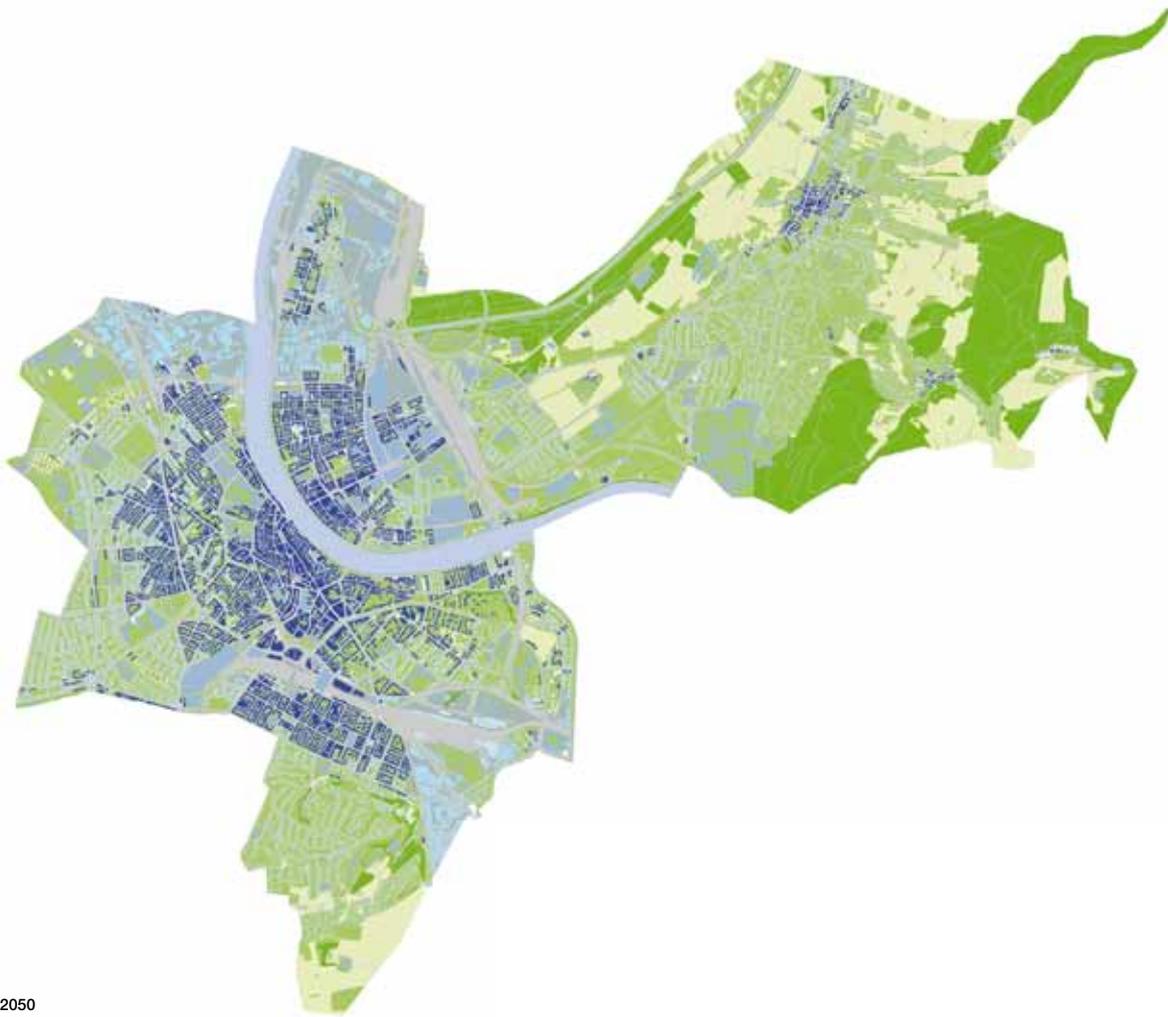
Status quo 2010

Regenerative Stromerzeugung

Aktuelle erneuerbare Stromerzeugung und zukünftige erneuerbare Stromerzeugung im (Referenzszenario und 2000-Watt-Szenario). Je dunkler das Blau, desto mehr Strom können die Stadträume bereitstellen. Die Kreise stellen punktuelle erneuerbare Strominputs dar (Beispiel Wasserkraft). Je grösser die Kreise sind, desto mehr Strom wird bereitgestellt.



Status quo 2010



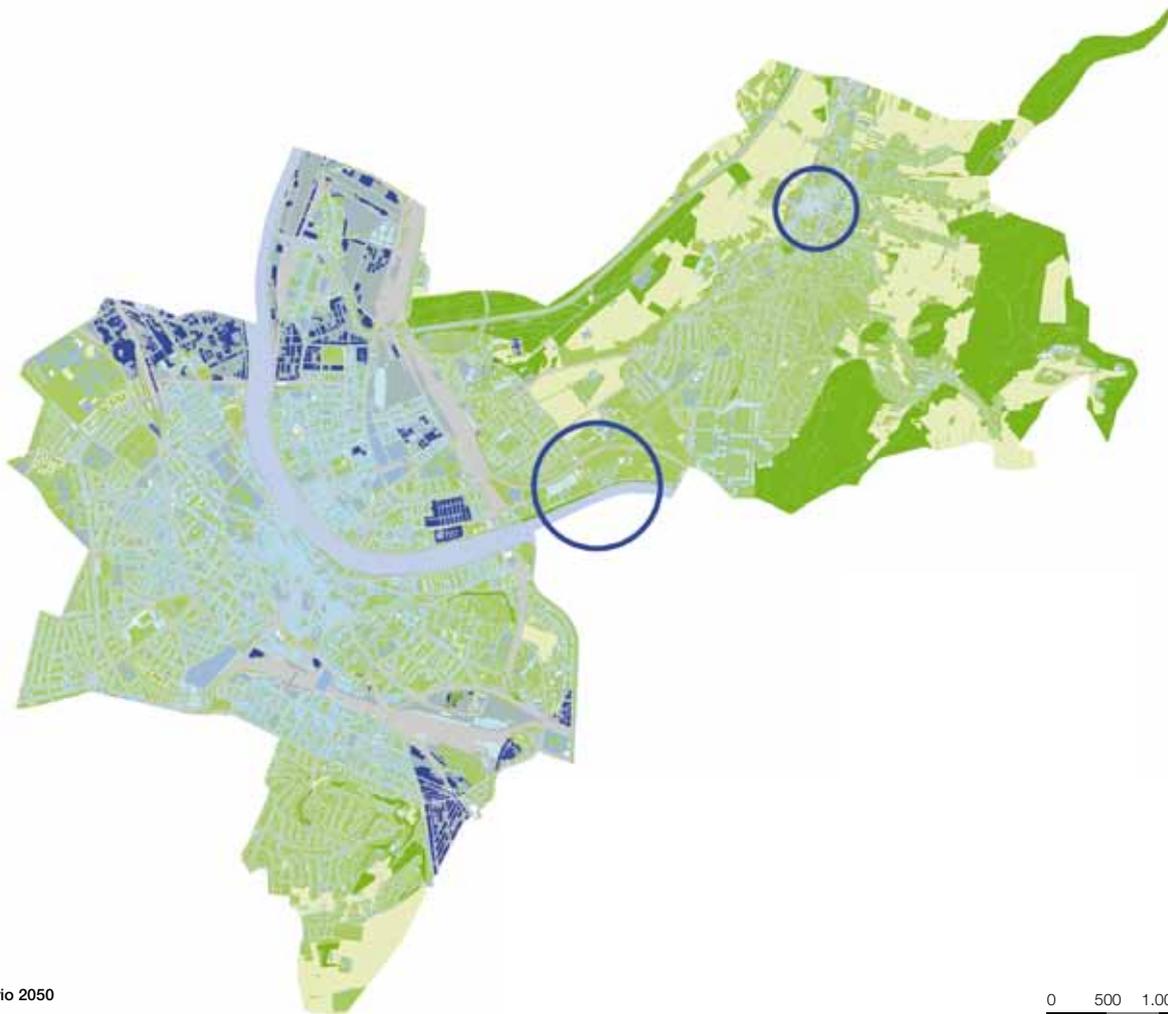
Referenzszenario 2050



Referenzszenario 2050



2000-Watt-Szenario 2050

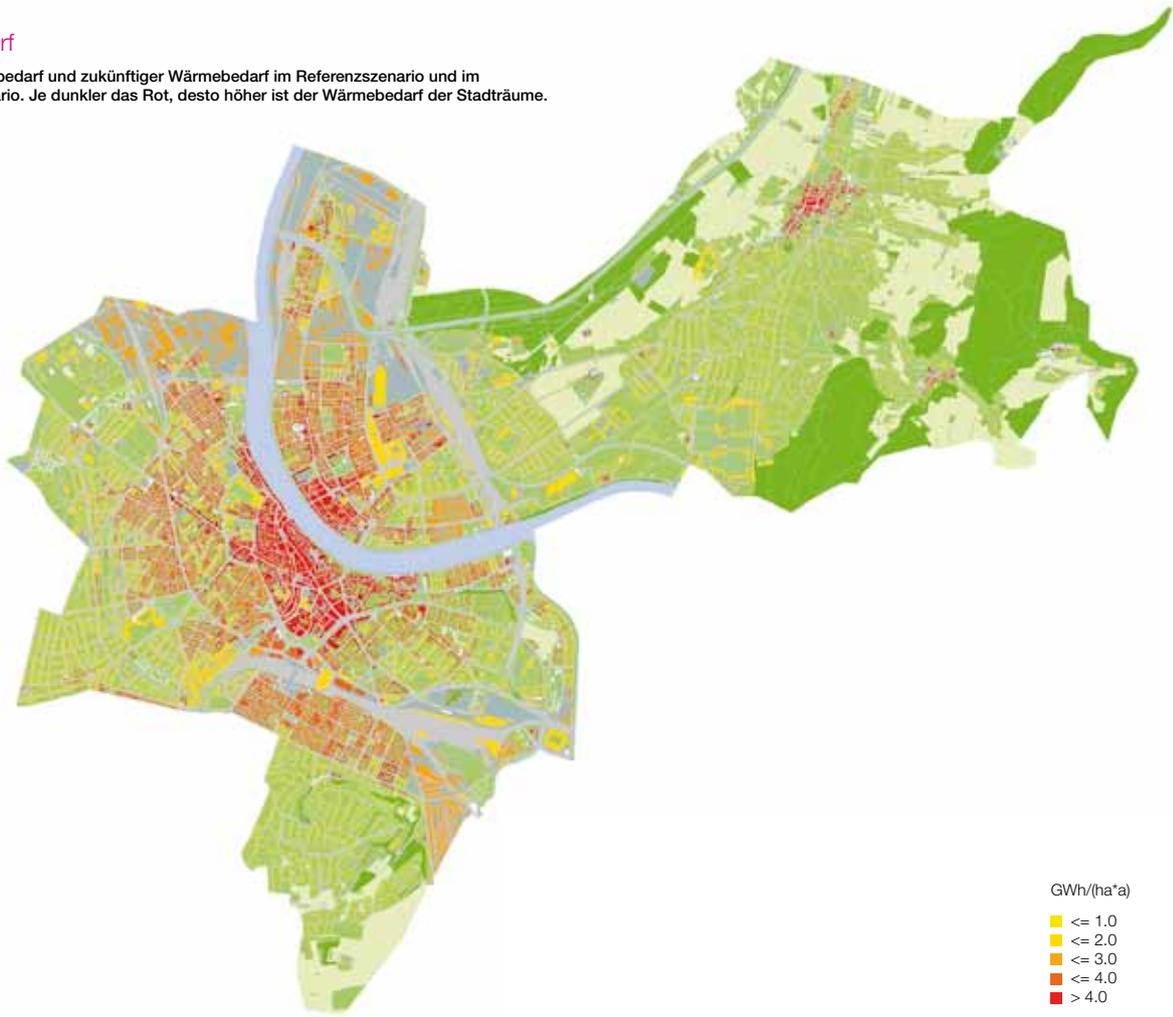


2000-Watt-Szenario 2050



Wärmebedarf

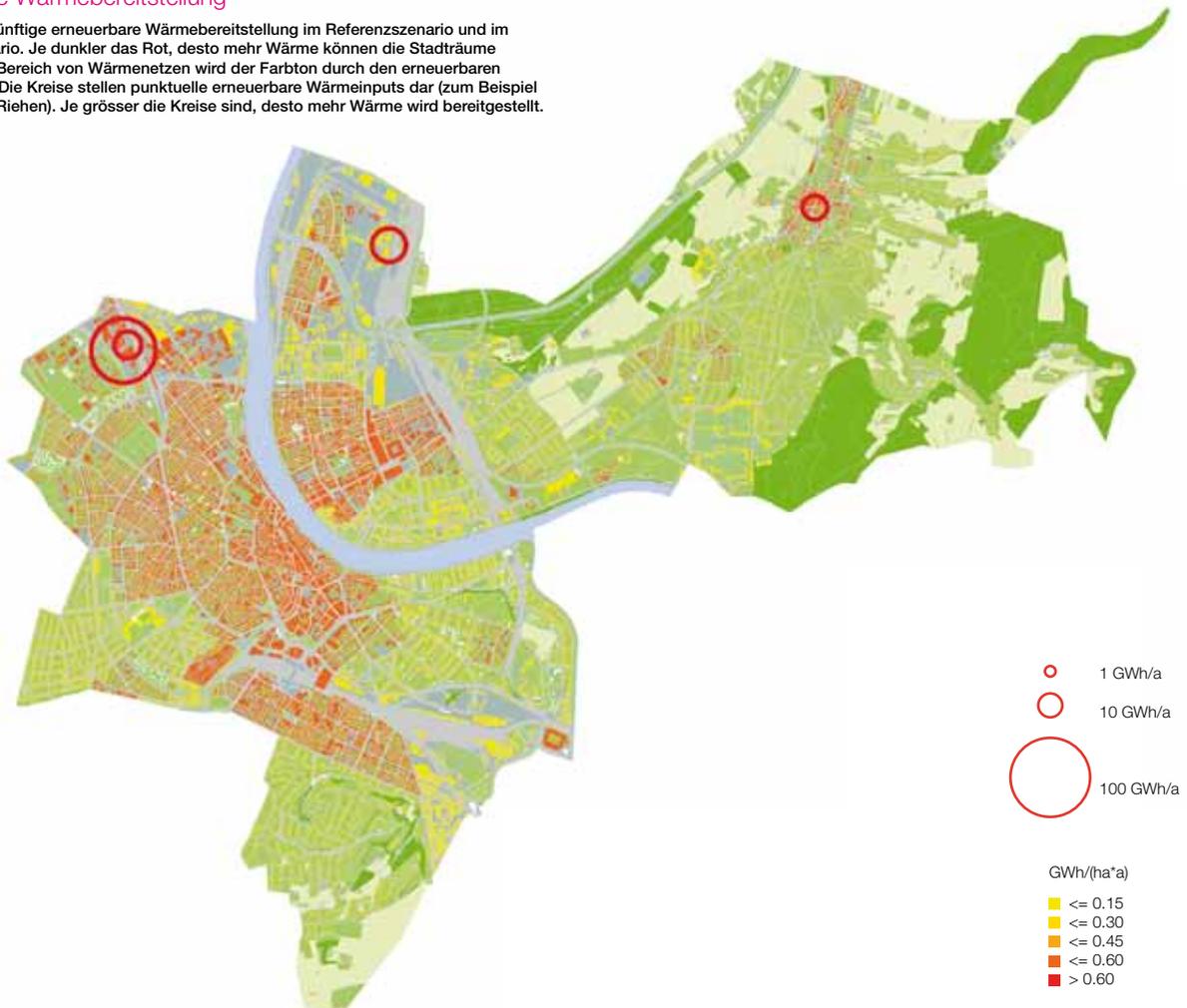
Aktueller Wärmebedarf und zukünftiger Wärmebedarf im Referenzszenario und im 2000-Watt-Szenario. Je dunkler das Rot, desto höher ist der Wärmebedarf der Stadträume.



Status quo 2010

Regenerative Wärmebereitstellung

Aktuelle und zukünftige erneuerbare Wärmebereitstellung im Referenzszenario und im 2000-Watt-Szenario. Je dunkler das Rot, desto mehr Wärme können die Stadträume bereitstellen. Im Bereich von Wärmenetzen wird der Farbton durch den erneuerbaren Anteil bestimmt. Die Kreise stellen punktuelle erneuerbare Wärmeinputs dar (zum Beispiel die Heizzentrale Riehen). Je grösser die Kreise sind, desto mehr Wärme wird bereitgestellt.



Status quo 2010



Referenzszenario 2050



Referenzszenario 2050



2000-Watt-Szenario 2050



2000-Watt-Szenario 2050

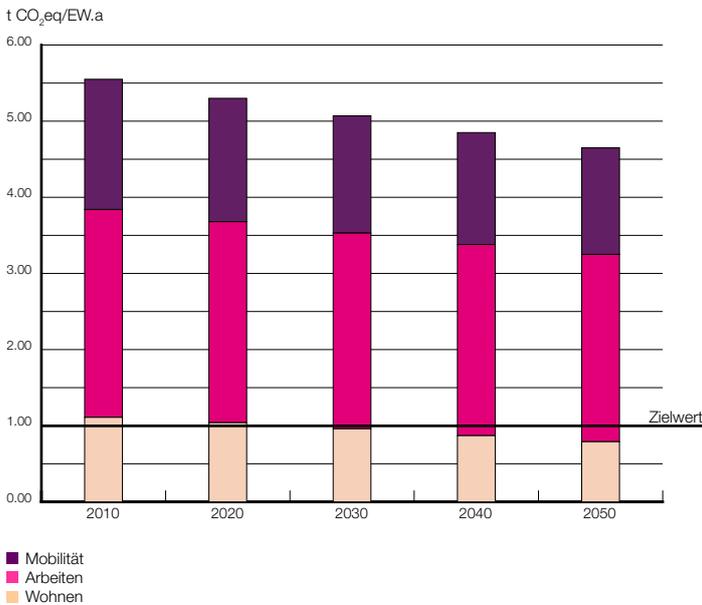


Wie stark können die CO₂-Emissionen im Kanton Basel-Stadt gesenkt werden?

Die berechneten Treibhausgasemissionen betrachten den gesamten Lebenszyklus der Anlagen. Deshalb werden auch bei der erneuerbaren Energieerzeugung Treibhausgase emittiert.

Im Referenzszenario reduzieren sich die Pro-Kopf-Treibhausgasemissionen um etwa 15%, im 2000-Watt-Szenario dagegen um etwa 40%. Damit lässt sich im 2000-Watt-Szenario bis 2050 der Treibhausgasausstoss auf 3.4 Tonnen pro Person reduzieren. Im Referenzszenario sind dies 4.7 Tonnen pro Person (Abbildung 9).

9a) CO₂-äquivalente Jahresemissionen per capita (ohne graue Energie) im Referenzszenario



9b) CO₂-äquivalente Jahresemissionen per capita (ohne graue Energie) im 2000-Watt-Szenario



Abbildung 9
Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Kanton Basel-Stadt bis zum Prognosehorizont, ausgedrückt in Tonnen CO₂eq pro Person.

Sind die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft im Kanton Basel-Stadt erreichbar? Bis wann?

Im Referenzszenario (d.h. bei Fortschreitung des aktuellen Trends) ist die Absenkung des Energiebedarfs auf 2000 Watt pro Person nicht erreichbar. Dagegen ist dies im 2000-Watt-Szenario bis ca. 2075 möglich (Abbildung 10).

Auf der Versorgungsseite ist selbst im 2000-Watt-Szenario ein Anteil von 75% erneuerbarer Energie nur bedingt möglich. Innerhalb des Kantonsgebiets erzeugte erneuerbare Energie kann bis 2050 nur gut ein Viertel des Bedarfs decken. Im Strombereich ist aber davon auszugehen, dass auch in Zukunft zusammen mit importiertem Strom 100% des Bedarfs erneuerbar gedeckt werden kann. Schwieriger wird es im Wärmebereich: hier wird Basel-Stadt auf regionale erneuerbare Ressourcen ausserhalb des Kantonsgebiets angewiesen sein.

Trend beider Szenarien in Bezug auf die Leistung pro Einwohner

Watt PE/EW

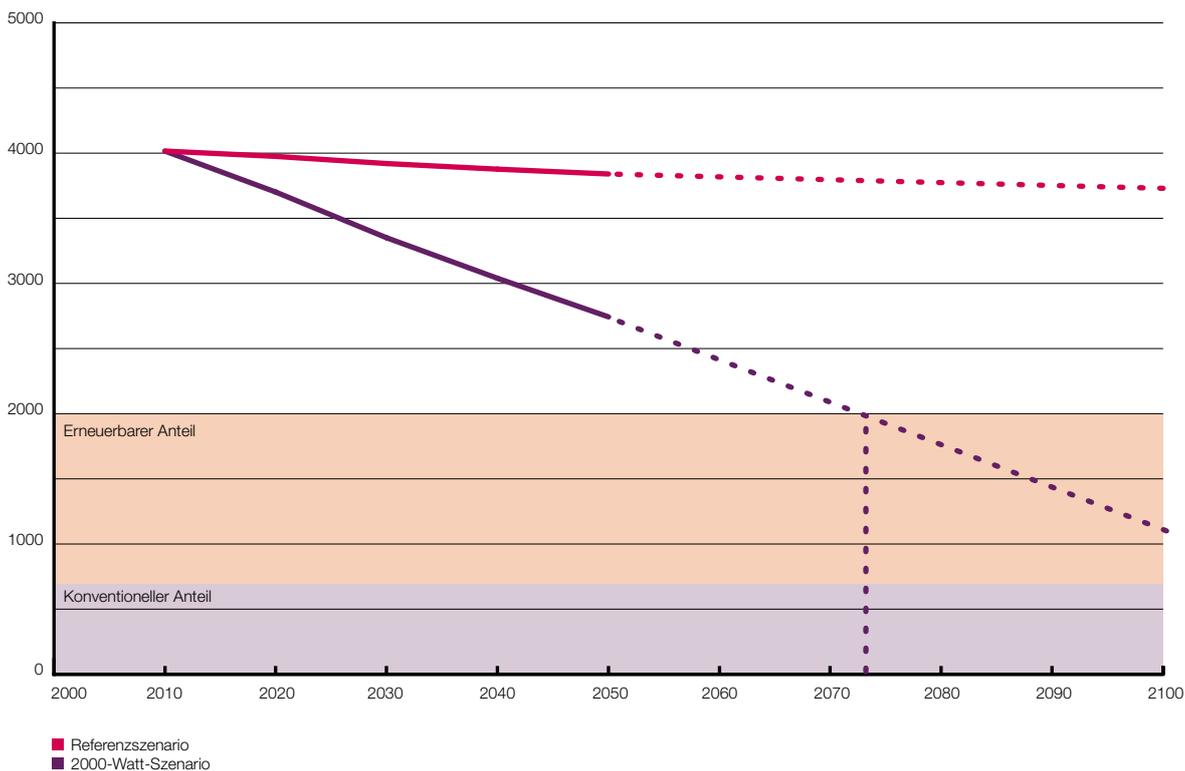


Abbildung 10
Prognose des pro-Kopf-Energiebedarfs bis zur Erreichung der 2000-Watt-Gesellschaft für das Referenzszenario und das 2000-Watt-Szenario.

Welche Kosten sind bei einer Realisierung der 2000-Watt-Gesellschaft im Kanton Basel-Stadt zu erwarten? Welche Kosten können durch Energieeinsparungen und den Ersatz fossiler Energien vermieden respektive eingespart werden?

Der energetische Stadtumbau und die Einführung der 2000-Watt-Gesellschaft werden mit erheblichen Kosten verbunden sein. Allerdings werden auch Kosten vermieden, etwa durch die Einsparung des Einkaufs konventioneller Energien und vermiedene Treibhausgas-Emissionsabgaben.

Eine Prognose der Kosten ist abhängig von einer Vielzahl von Einflussfaktoren, deren zukünftige Entwicklung nur zum Teil vorausgesagt werden kann. Fest steht jedoch, dass die fossilen Energieträger teurer und die erneuerbaren Energien billiger werden. Vor diesem Hintergrund lassen sich die Kosten (Ausgaben für erneuerbare Energien) und der Nutzen (vermiedene Kosten für konventionelle Energien und Treibhausgase) über die Zeitachse darstellen (Abbildung 11). Erwartungsgemäss sind die Kosten der erneuerbaren Energien im Referenzszenario gering und im 2000-Watt-Szenario hoch. Allerdings überwiegt der Nutzen im 2000-Watt-Szenario ab etwa 2050 (Abbildung 12).

	Ausgaben für regenerative Energien		Ausgaben gesamt	THG Einsparungen ³	Einsparungen von konventionellen Energien		Einsparungen gesamt	Delta ⁶
	Wärme ¹	Strom ²			Wärme ⁴	Strom ⁵		
Referenzszenario (Mio CHF/a)								
2010	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	-2	-1	-3	1	2	0	3	0
2030	-4	-6	-10	2	4	1	7	-3
2040	-6	-10	-16	3	9	3	14	-2
2050	-9	-13	-22	4	17	8	29	7
2000-Watt-Szenario (Mio CHF/a)								
2010	0	0	0	0	0	0	0	0
2020	-17	-26	-42	2	9	4	15	-27
2030	-36	-63	-100	5	28	13	46	-54
2040	-37	-53	-91	7	43	18	68	-23
2050	-33	-29	-62	9	57	20	86	24

¹ für (zusätzliche Sonnenkollektoren), Erdwärme, Abwasserwärme, Geothermie, Kehrichtverbrennung und Biomasse;

² für (zusätzliche) Photovoltaik, Wasserkraft, Geothermie, Kehrichtverbrennung und Biomasse; ³ CO₂-Spot-Preise (EUA) von 21 CHF/t (2010); ⁴ Einsparung nicht regenerativer Energien; ⁵ Ersatz des aktuellen Strom-Mixes durch erneuerbare Energien; ⁶ Differenz Einsparungen-Ausgaben.

Abbildung 11

Ausgaben und Einsparungen im Referenz- und 2000-Watt-Szenario.

Fazit

Die Zielerreichung der 2000-Watt-Gesellschaft bedingt gegenüber heute deutlich verstärkte Anstrengungen. Alle wirtschaftlich, gesellschaftlich und ökologisch tragbaren technischen Optionen müssen zur Steigerung der Energieeffizienz und der Einführung erneuerbarer Energien ausgeschöpft werden. Eine frühere Zielerreichung ist ebenfalls denkbar, erfordert jedoch zusätzliche – und wohl eher unpopuläre – Anstrengungen im Bereich der Suffizienz (Senkung des Energieverbrauchs durch Verhaltensänderungen resp. Einschränkungen).

Im 2000-Watt-Szenario fallen bis zum Jahr 2050 jährliche Investitionen von rund 23 Mio. Franken an. Pro Person entspricht dies einer jährlichen Belastung von etwa 120 Franken. Diese (vereinfachte) Kostenschätzung zeigt, dass es um eine durchaus tragbare Zukunftsinvestition geht, von der die folgenden Generationen profitieren werden (Abbildung 13). Zudem stehen diesen Ausgaben Einsparungen durch vermiedenen Energieverbrauch und vermiedene THG-Emissionsabgaben gegenüber, die sich bis ca. 2050 egalalisieren. Ab diesem Zeitpunkt sind die Einsparungen höher als die Investitionen (Abbildung 12).

Ebenso wichtig wie die im Kanton Basel-Stadt verbrauchte End- oder Primärenergie ist die graue Energie, die durch Produkte und Dienstleistungen importiert wird. Der hohe Anteil am Gesamtverbrauch verdeutlicht die Relevanz der grauen Energie für die Erreichung einer nachhaltigeren Entwicklung. Ziele und Strategien müssen gefunden werden, wie die Stoff- und Energieströme, die durch unsere Nachfrage im Ausland ausgelöst werden, reduziert und effizienter gestaltet werden können.

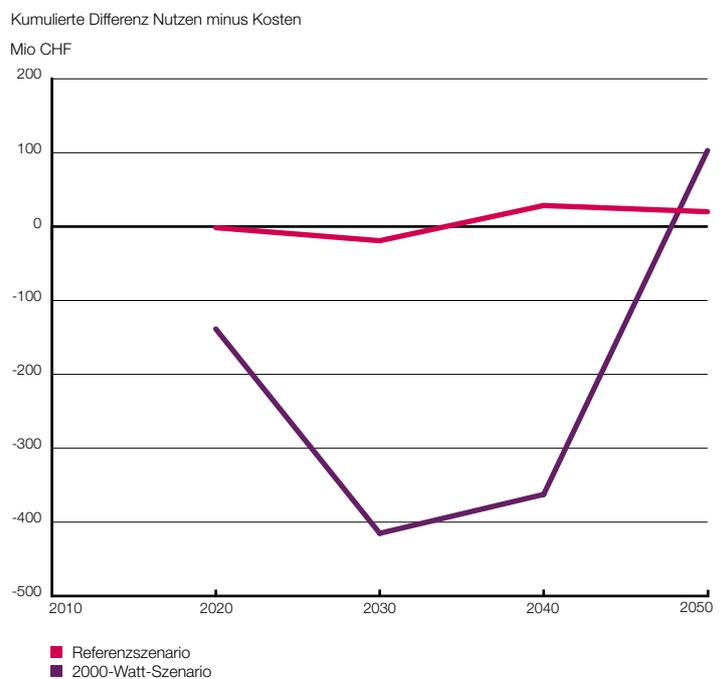


Abbildung 12
Kumulierte Differenz aus Kosten für erneuerbare Energien und Nutzen aus vermiedenen Kosten für konventionelle Energie und Treibhausgasemissionen.

Wo besteht der grösste Handlungsbedarf im Kanton Basel-Stadt auf dem Weg zur 2000-Watt-Gesellschaft?

In Haushalten liegen die grössten Einsparpotenziale bei der Raumwärme. Im Sektor Arbeiten (Gewerbe-Handel-Dienstleistung und Industrie) liegen die höchsten Einsparmöglichkeiten bei Raumwärme und Strom. Durch die Veränderungen des Modal Splits und der Einführung der Elektromobilität kann im Sektor Mobilität ähnlich viel Energie wie bei den Haushalten eingespart werden. Insgesamt liegen die höchsten Einsparpotenziale jedoch im Sektor Arbeiten - konkret beim Prozesswärme- und Strombedarf der Industrie (Abbildung 14).

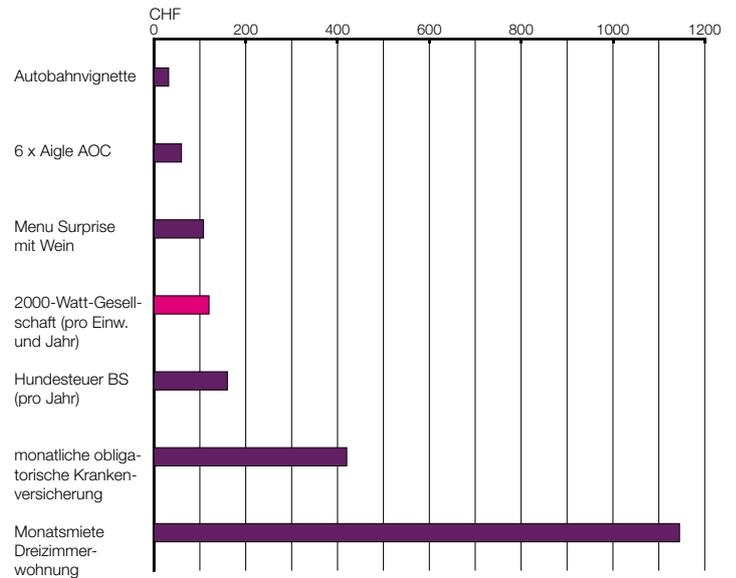


Abbildung 13

Typische Ausgaben im Kanton Basel-Stadt im Vergleich zu den Pro-Kopf-Ausgaben zur Erreichung der 2000-Watt-Gesellschaft.

Welche wichtigsten Massnahmen sind zu den bereits laufenden Aktivitäten im Kanton Basel-Stadt notwendig?

Ergänzend zu den gegenwärtigen Aktivitäten des Kantons sollten folgende Massnahmen prioritär verfolgt werden:

- Erstellen eines Masterplans Energie des Regierungsrates Basel-Stadt (Festlegung einer Energiestrategie mit definierten Zielen auf definierte Zeitpunkte hin).
- Gebäudebestand: Erhöhung der Sanierungsrate auf mind. 2% durch Push und Pull-Massnahmen (Förderung, aber auch Einführung einer Sanierungspflicht).
- Neubau: keine verstärkten Massnahmen notwendig (in 20 Jahren müssten Plusenergiehäuser ohne gesetzliche Vorgaben Stand der Technik sein).
- Effizienz von Geräten und Prozessen: verstärkte Förderung von Effizienzverbesserungen, aber auch Verbote für ineffiziente Geräte. Grossverbrauchermodell durchsetzen.
- Nutzung von erneuerbarer Energie und Abwärme durch erweiterte Förderung forcieren, aber auch durch Pflichten (Bsp: Gebühr für solar ungenutzte Dachflächen, einzahlbar in Förderfonds).
- Stärkung der regionalen Zusammenarbeit in Energiefragen.
- Fernwärmenetz: Moderate Erweiterung, aber intensivierte Verdichtung. Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energieträgern zur Wärmebereitstellung. Senkung Temperaturniveau.
- Mobilität: Minimierung der bewegten und stehenden Masse pro Kopf (Förderung von Fuss- und Veloverkehr, Elektrifizierung des Individualverkehrs, Parkplatzregime).

	2010	2050	Abnahme absolut	Abnahme relativ
Sektor/Nutzungsart	GWh/a	GWh/a	GWh/a	%
Wohnen				
Raumwärme	837	458	379	45
Prozesswärme	175	126	49	28
Strom	286	225	61	21
Kraft	0	0	0	0
Total	1298	810	488	38
Arbeiten				
Raumwärme	924	503	422	46
Prozesswärme	1455	1221	234	16
Strom	1006	575	431	43
Kraft	64	35	29	46
Total	3449	2333	1116	32
Mobilität				
Raumwärme	0	0	0	0
Prozesswärme	0	0	0	0
Strom	69	160	-91	-131
Kraft	1081	617	464	43
Total	1150	776	374	32

Abbildung 14

Einsparpotenziale bei Wohnen, Arbeiten und Mobilität bis 2050 im 2000-Watt-Szenario (in GWh/a Endenergie).

Selbstversorgungsgrade von Modellstädten

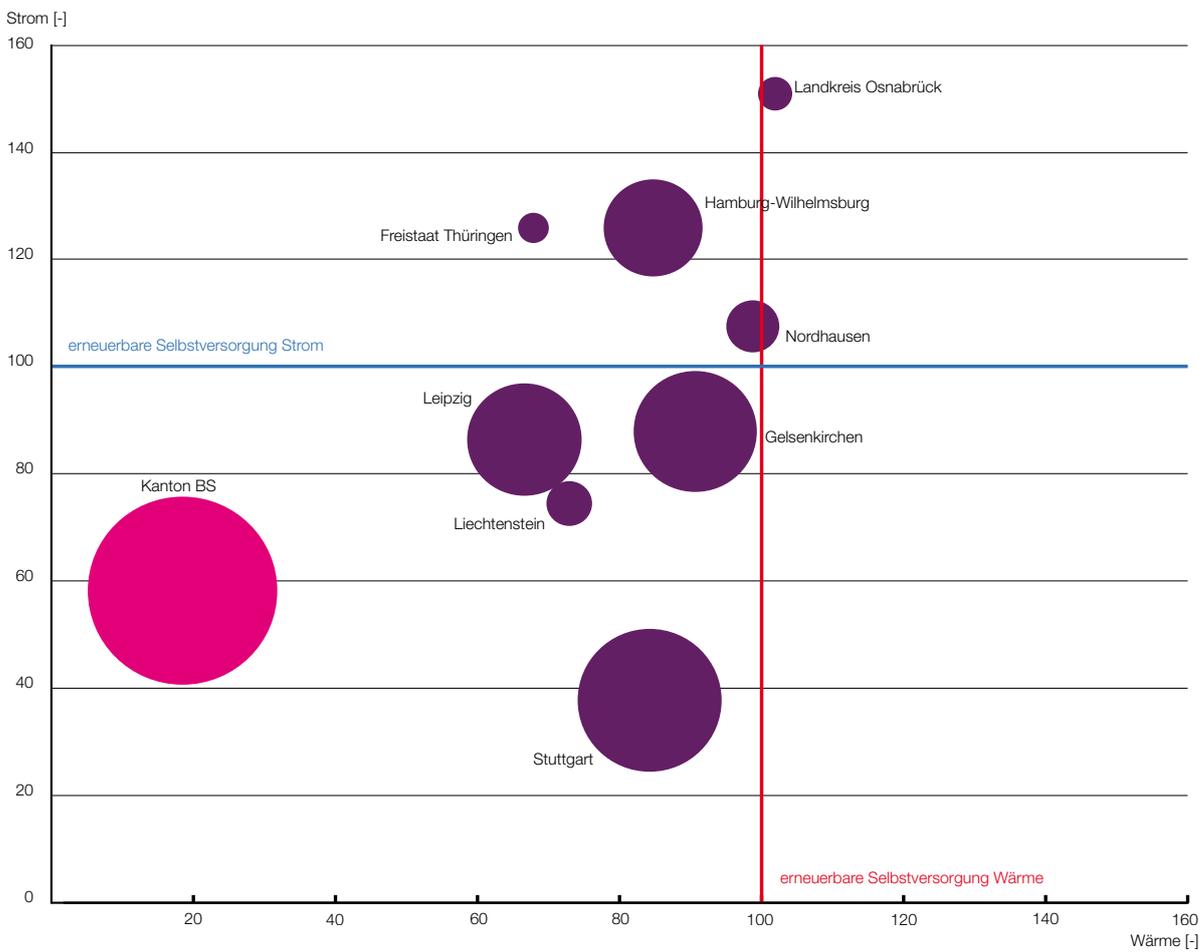


Abbildung 15

Basel im Vergleich zu anderen Modellräumen. Für alle Modellräume ist das praktisch machbare Potenzial dargestellt (2000-Watt-Szenario im Kanton Basel-Stadt). Die Größe der Kreise entspricht der Bevölkerungsdichte (Einwohner pro Quadratkilometer). Je größer der Kreis, desto höher ist die Bevölkerungsdichte.

Wo steht der Kanton Basel-Stadt im internationalen Vergleich?

Abbildung 15 zeigt den Selbstversorgungsgrad von Strom und Wärme verschiedener untersuchter Regionen im Vergleich. Alle untersuchten Räume wurden nach der gleichen Methodik analysiert. Die Effizienzpotenziale wurden an die Modellräume angepasst und basieren auf regionalen und nationalen Prognosen. Suffizienzpotenziale wurden nicht betrachtet. Bestimmt wurde das maximale, ökologisch vertretbare und städtebaulich kompatible erneuerbare Endenergiepotenzial. Es wurden somit dem 2000-Watt-Szenario entsprechende Szenarien gewählt.

Der Kanton Basel-Stadt liegt im Vergleich mit anderen untersuchten Räumen im unteren Bereich der Selbstversorgung. Dies liegt vor allem an der hohen Bevölkerungsdichte mit entsprechend geringen Flächenpotenzialen. Regionen mit (im Mittel) geringer Bevölkerungsdichte erreichen die Selbstversorgung eher, werden in einigen Fällen sogar zu Exporteuren von «grünem» Strom.

Dieses Bild zeigt, dass der Kanton Basel-Stadt nebst intensiven Anstrengungen im eigenen Gebiet auch auf eine Vernetzung mit den umliegenden Regionen angewiesen ist. Dies gilt insbesondere für die Lieferung von Wärme aus erneuerbaren Energien: Sie ist für die meisten Energieträger nur über kurze Distanzen nachhaltig (Energieverbrauch und Verluste durch den Transport).

Impressum:

Auftraggeber:

Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt
Amt für Umwelt und Energie (AUE)

Auftragnehmer:

EKP Energie-Klima-Plan GmbH
Fachhochschule Nordhausen
Universität Liechtenstein
seecon gmbh

Autoren:

Till Berger
Dieter D. Genske
Luca Hüsler
Thomas Jödecke
Arne Menn
Ariane Ruff

Begleitgruppe:

Yvonne Balduin (Industrielle Werke Basel), Armin Binz (Fachhochschule Nordwestschweiz/Institut Energie am Bau), Thomas Blanckarts (Hochbauamt Basel-Stadt), Rolf Borner (Immobilien Basel-Stadt), Marcus Diacon (Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt), Catherine Heinzer (Kantons- und Stadtentwicklung Basel-Stadt), Patrick Goetsch (Gemeinde Bettingen), Richard Grass (Gemeinde Riehen), Dominik Keller (Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt), Simon Kettner (Amt für Mobilität Basel-Stadt), Thomas Kühne (Fachhochschule Nordwestschweiz/Institut Energie am Bau), Christian Mathys (Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt), Nicole Morellini (Kantons- und Stadtentwicklung Basel-Stadt), Katharina Näf (Gemeinde Bettingen), Christoph Plattner (Amt für Umweltschutz und Energie Basel-Landschaft), Erik Schmausser (Eidgenössische Hochschule Zürich/Novatlantis), Franziska Schwager (Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt), Cosimo Todaro (Lufthygieneamt beider Basel), Nicole Wirz (Planungsamt Basel-Stadt).

Titelbild: Dominik Plüss, Basel

Fotos: Dieter Genske, Berlin

Grafik: Sarah Martin, Hemmiken

Druck: Werner Druck, Basel

Auflage: 1'500 Ex.

Kontakt & Bestellung: +41 61 639 22 22, aue@bs.ch

© Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt, 2011



- Vorindustriell/Altstadt < 1840
- Baublöcke Gründerzeit < 1938
- Villen der Gründerzeit < 1938
- Typ Wohlfahrtssiedlung Vorkriegszeit < 1938
- Typ sozialer Wohnungsbau ab 1950er
- Hochhäuser
- Geschosswohnungsbau
- Einfamilienhäuser und Zweifamilienhäuser



Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt
des Kantons Basel-Stadt
Amt für Umwelt und Energie

Hochbergstrasse 158
Postfach, CH-4019 Basel

Telefon + 41 (0)61 639 22 22
Telefax + 41 (0)61 639 23 23

aue@bs.ch
www.bs.ch/aue