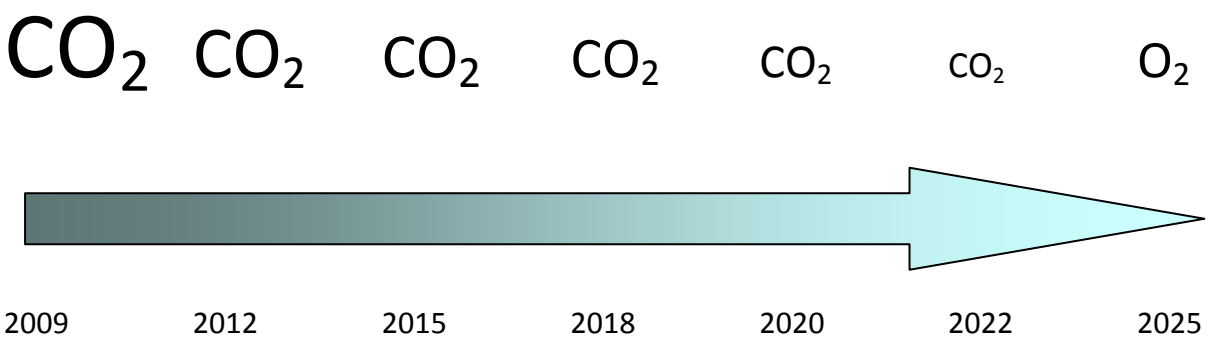
Stadt Naumburg (Saale)

MODELLVORHABEN ENERGETISCHE STADTERNEUERUNG

„Naumburg atmet auf“



Auftraggeber

Stadt Naumburg
Markt 1
06618 Naumburg

Bearbeitung

Stand März 2010

SALEG

Sachsen-Anhaltinische Landesentwicklungsgesellschaft mbH
Heiko Kaaden
Magdeburger Str. 36
06112 Halle

ARGE K+W

Killer Haustechnik
Thomas Killer
Bürgergartenstr. 18
06618 Naumburg

PBW – Planungsbüro Wahlbuhl
Thomas Wahlbuhl
Klingenberg 4
06618 Naumburg

Inhaltsverzeichnis

0. Vorwort

1. Analyse der Ausgangslage
1.1 Energiebedarf Bevölkerung/ Wohnen
1.2 Energiebedarf öffentliche Einrichtungen
1.3 Energiebedarf gewerbliche Einrichtungen
1.4 Energiebedarf Verkehr
1.5 Energiebedarf Stadtbeleuchtung
1.6 Energieströme, Energieflussbild
1.7 CO_2-Emissionen

2. Zielbestimmung - *Erneuerbare Energien, Energieeinsparung, Energieeffizienz*
2.1 langfristiger Energiebedarf Kernstadt
2.1.1 Analyse Stadtraumtypen/ langfristiger Energiebedarf
2.1.2 Analyse Potential und möglicher Deckungsgrad durch alternative Energien
2.1.3 Energetische Szenarien für die Zukunft der Stadt Naumburg/Saale
2.2 Stadtbeleuchtung
2.3 Praktische Umsetzung der Potentiale, Standortbeispiele
2.3.1 Maßnahmen der Energieeinsparung
2.3.2 Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz
2.3.3 Potentiale zur Nutzung regenerativer Energien
2.4 Verkehr
2.4.1 Kraftverkehr
2.4.2 Radverkehr
2.4.3 ÖPNV

3. Maßnahmekonzept
3.1 Prioritäten, Beteiligte
3.2 Schritte zur regenerativen Energieversorgung in Naumburg/Saale

4. Umsetzungsmöglichkeiten
4.1 Projektsteckbriefe

5. Anhang
5.1 gesetzliche Vorgaben
5.2 Bewertung der Energieträger
5.3 Grundlagen der Nutzung der Solarenergie, Potentiale in Naumburg/Saale
5.4 Maßnahmeübersicht, Förderprogramme Stand 2009
5.5 Daten nach Aufteilung der Stadt in Stadtraumtypen
5.6. Karten und Pläne

6. Quellenverzeichnis, Abbildungsverzeichnis

0. Vorwort

Der ökologische und sozial-kulturelle Stadtumbau, verbunden mit den Problemen wie Bevölkerungsrückgang, Bedarfs- und Angebotsveränderungen sowie Leerstand der Gebäude, bedeutet in nächsten Jahren eine große Herausforderung an den Stadtumbau, insbesondere in kleinen und mittleren Städten wie Naumburg. Die zaghafte Bewegung zurück in die Stadt bzw. vom Stadtrand in die Innenstadt – Beispiel Aktion „Mut zur Lücke“ - aufgrund steigender Mobilitätskosten und sich ausdünnender Infrastruktur auf dem Lande oder dem Stadtrand bietet Chancen für eine kulturelle und soziale Belebung der Innenstädte.

Durch den Bevölkerungsrückgang in Naumburg (Saale) besteht aber auch gleichzeitig die Chance, die Stadtränder zurückzubauen, die Innenstadt als vorrangiges Wohnquartier zu entwickeln und den Energieverbrauch der Stadt zu senken.

Die Gas-, Öl- und Strompreise sind in den letzten Jahren – mit Ausnahme kurzzeitig gesunkener Energiepreise aufgrund der Wirtschaftskrise - immer mehr gestiegen. Die Haushalte mussten deshalb in der Vergangenheit mit jährlichen Steigerungen der Energiekosten von 50-100 Euro oder mehr je Jahr rechnen, was für viele Haushalte mit geringerem Einkommen und/oder schlechtem energetischen Zustand des bewohnten Gebäudes und damit hohem Wärmeverbrauch eine erhebliche Belastung darstellt. Von der Bundesregierung werden sozial schwache Schichten durch Wohngeld, Anpassung von Hartz VI – Sätzen (Mindestmenge an Energie wird kostenlos oder preisgünstig zugestanden) und andere Leistungen unterstützt. Dadurch werden zwar bestimmte Symptome der „Energiearmut“ bei einigen gelindert, aber die tatsächlichen Probleme nicht gelöst.
Es ist jetzt schon Realität in Deutschland, dass 20% aller Kunden in Zahlungsverzug bei Strom und Gas sind und dass mehr als zwei Millionen Kunden jährlich Strom oder Gas abgesperrt wird (Quelle: Energiedepesche September 2008).

Dabei macht auch Naumburg keine Ausnahme. Durch viele Bürger der Stadt Naumburg werden die Energiepreise nicht mehr bezahlt – sei es aus realer finanzieller Not oder anderen Gründen. Die Technischen Werke Naumburg haben derzeit 2,2 Mio € Außenstände (Aussage TWN am 26.02.2009) nicht bezahlter Energierechnungen für Gas und Strom und es sind keine realistischen Aussichten gegeben, dass sich die Situation entscheidend bessert.
Ziel muss es sein, zum einen den Energieverbrauch der Gebäude der Stadt dauerhaft und drastisch zu senken, damit die „zweite“ Miete für die Bürger erschwinglich und die Häuser und Wohnungen attraktiv bleiben, z.B. durch Ausbau von regenerativen Energien und energieeffiziente Maßnahmen.

Umweltpolitisch gebietet es die Klimakrise, hervorgerufen durch ständig zunehmende Emission von CO_2 und anderen Treibhausgasen infolge der Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Erdöl, Erdgas oder Kohle und die Endlichkeit der fossilen Brennstoffe die energetische Stadterneuerung voranzutreiben. In den letzten Jahren ist es zu einer erheblichen Verteuerung der Primärenergierohstoffe Erdöl und Erdgas gekommen, die sich weiter fortsetzen wird, auch wenn die Energiepreise durch die momentane Wirtschaftskrise aktuell etwas gesunken sind.

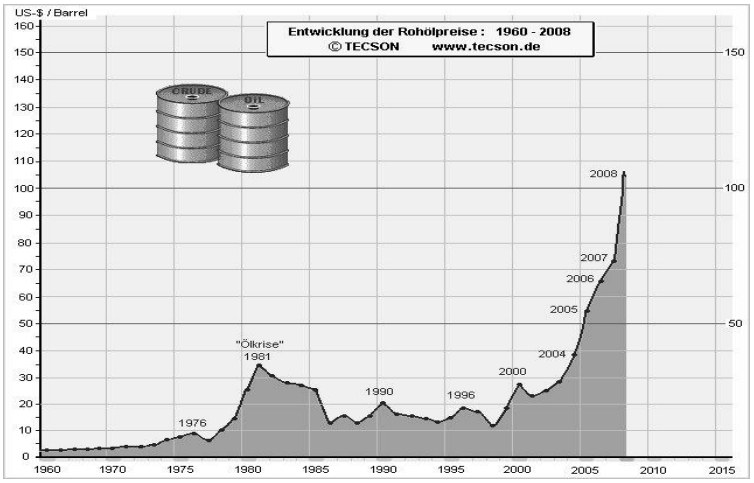


Abb.0.-2 Entwicklung Rohölpreise 1960 – 2008, Quelle Tecson

Die Reichweiten der fossilen und atomaren Energierohstoffe sind auf die nächsten Jahrzehnte begrenzt, während der weltweite Energieverbrauch noch steigend ist. Der fossile Energieträger Kohle hat zwar die größte Reichweite, gleichzeitig aber auch die größten Treibhausemmissionen.

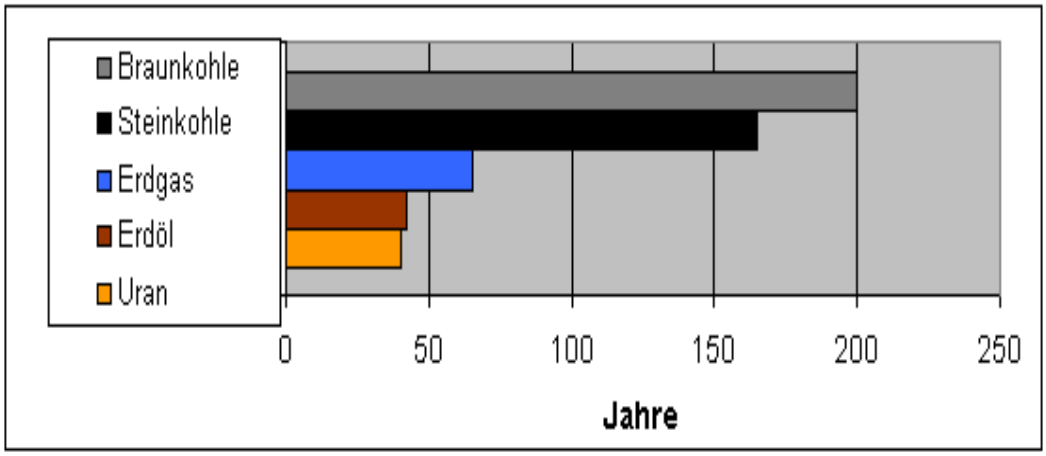


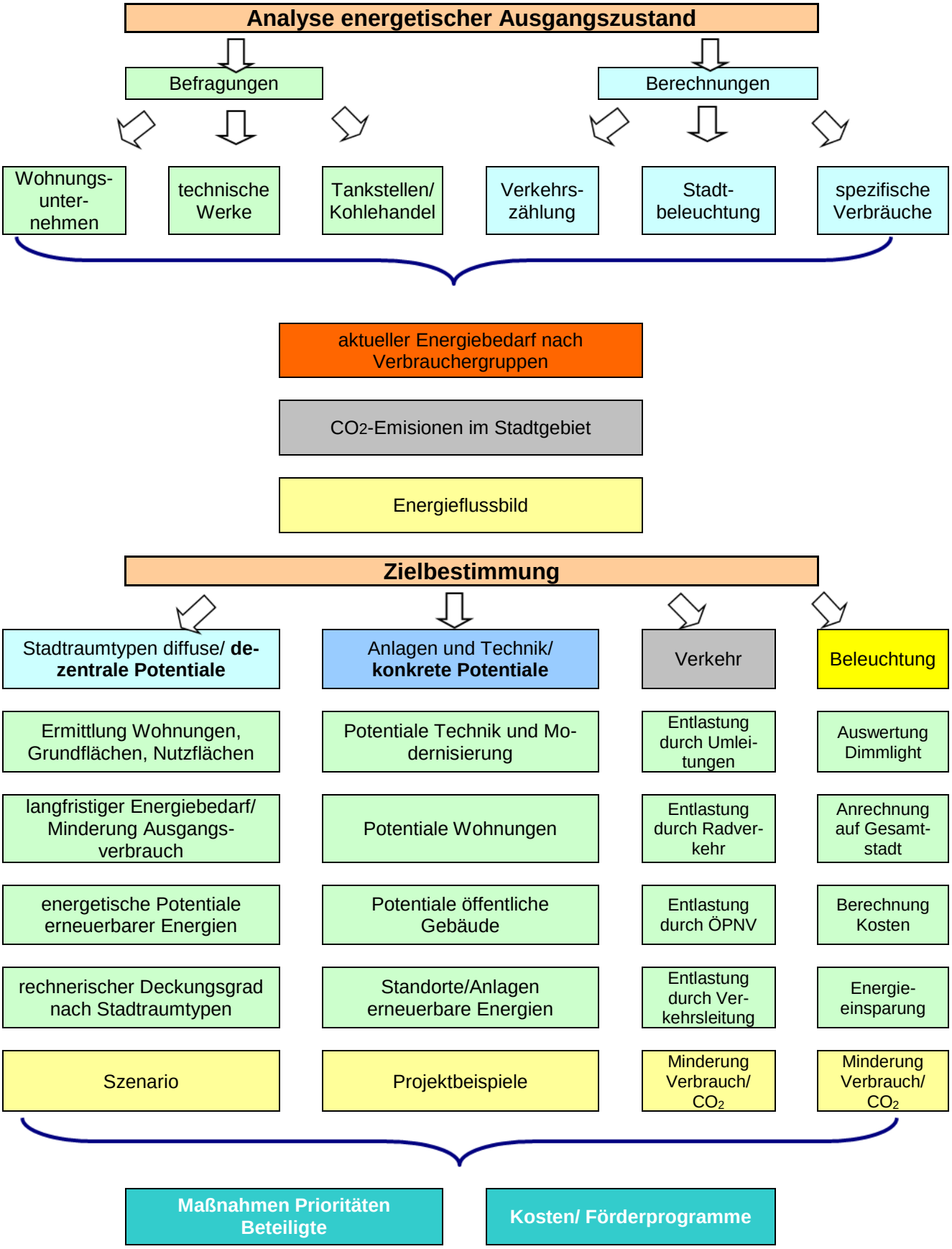
Abb. 0.-2 Reichweiten nicht erneuerbarer Energieträger (Quelle: Shell-Studie 2002)

Politisch haben die meisten Länder der Welt auf die Notwendigkeit der Senkung der CO2-Emissionen reagiert und sich im Kyoto-Protokoll dazu verpflichtet, die Treibhausemissionen bis 2012 um mindestens 8% gegenüber dem Stand von 1990 innerhalb der EU zu senken (Verpflichtung Deutschland: Senkung um 21%, Stand 2008: 18%).

Welchen Stand an CO2-Emissionen Naumburg 1990 hatte, lässt sich im nach hinein nicht mehr feststellen, aber der ermittelte Stand von 2009 sollte für die Stadt Naumburg Ausgangsbasis für zukünftige energetische Verbesserungsmaßnahmen und den vermehrten Einsatz von regenerativen Energien sein.

Im Zusammenhang mit dem Thema „Einsatz von Regenerativen Energien“ taucht immer wieder die Frage auf, wann die Energie, welche zur Herstellung der Komponenten der verschiedenen regenerativer Energieerzeuger benötigt wird wieder zurückgewonnen wird. Das Verhältnis von Nutzenergie (Strom, Wärme) zu aufgewandter Energie während des Lebenszyklus wird im **Erntefaktor** ausgedrückt (siehe Anlage 5.2.1).

Energetisches Stadtentwicklungskonzept Naumburg (Saale)



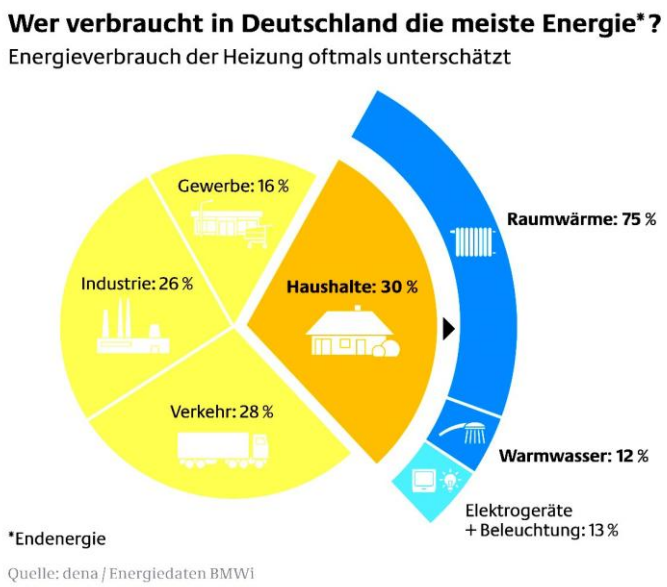
Vorgehensweise Energetisches Stadtsanierungskonzept Naumburg

1. Analyse der Ausgangslage

Der Energiebedarf der Stadt Naumburg setzt sich aus den Energieverbräuchen für die Gebäude (Wärme, Strom, Kälte, Prozesse) und dem Energieverbrauch für den Verkehr zusammen.
Durch die Technischen Werke Naumburg wurde der Energiebedarf für die Stadt als Ganzes für Gas, Strom (auch der anderen Anbieter) und Fernwärme angegeben, eine separate Aufteilung nach Wohnen, Gewerbe, öffentliche Gebäude und Industrie erfolgte aber nicht. Die Verbräuche für Heizöl, Kohle und Pellets und Holz wurden bei den umliegenden Händlern erfragt, so dass sich für den Bereich Gebäude folgende Gesamtverbräuche ergaben:

Energie	Verbrauch in MWh/a	Verbrauch in %	spezifische CO_2-Emissionen in kg/kWh	CO_2-Emisionen in kg absolut
Gebäude				
Strom TWN (1)	67.910	**21,84**	0,678	46.042.980
Strom Sonstige (2)	14.838	4,77	0,541	8.027.358
Gas	177.027	**56,94**	0,202	39.335.399
Gas für BHKW	7.716	2,48	0,050	385.800
Fernwärme	9.260	2,98	0,263	2.431.676
Heizöl	30.750	9,89	0,266	8.179.500
Kohle	2.524	0,32	0,400	1.009.536
Holzpellets (1)	350	0,11	0,050	17.500
Holz (4)	505	0,16	0,006	3.029
Gesamt Gebäude:	310.880	100,00		105.432.778

In Deutschland insgesamt stellt sich die Verteilung des Energieverbrauchs wie folgtdar:



1.1. Energiebedarf Wohnen

Da der Energieverbrauch für die Wohnungen nicht genau separat gezählt wurde, haben wir den Energieverbrauch für die Wohnungen mit statistischen durchschnittlichen Wärmeverbräuchen je Bundesländer und durchschnittlichen Wohnraumgrößen ermittelt.

Ermittlung des Energieverbrauchs der Wohnungen in Naumburg

1. Einwohner Naumburg Stadt (Ende 2008):		25.891	(Kernstadt)
2. Fläche je Einwohner Deutschland:			
	2006	41,5	m² je EW
Prognose	2010	42,9	m² je EW
Prognose	2050	51,9	m² je EW
(Quelle: Statistisches Bundesamt)			
Annahme für Naumburg:		42	m² je EW
Gesamtwohnfläche Naumburg A_{ges}:		1.087.422	m²
3. Durchschnittlicher Wärmeverbrauch Sachsen-A. (A_{ges} x Wärmeverbrauch)		130	kWh/m²a
4. Wärmeverbrauch Stadt Naumburg		141.364.860	kWh/a
für Wohnungen:		**141.365**	MWh/a
		5.460	kWh/EW a
5. Durchschnittlicher Stromverbrauch BRD:		1.200	kWh/EW a
6. Stromverbrauch Wohnen Stadt Naumburg:		31.069.200	kWh/a
		31.069	MWh/a
7. Gesamtenergieverbrauch Wohnungen:		**172.434**	**MWh/a**
8. Gesamtenergieverbrauch Naumburg: (für Gebäude)		310.880	MWh/a
9. Prozentualer Anteil Wohnungen:		**55,5**	**%**
10. Prozentualer Anteil Gewerbe / Industrie / öffentliche Gebäude:		44,5	%

Dies zeigt, dass in Naumburg der größte Energieverbrauch bei den Haushalten liegt. Deutschlandweit liegt dieser Anteil bei ca. 30%. Da Naumburg eine Stadt mit wenig Industrie ist, lässt sich diese Verschiebung erklären.

Durchschnittlicher Wärmeverbrauch von Wohnungen
(Quelle: Studie ISTA 2008)

Mecklenburg-Vorpommern	102	kWh/m²a
Brandenburg	118	kWh/m²a
Sachsen	119	kWh/m²a
Thüringen	120	kWh/m²a
Sachsen-Anhalt	130	kWh/m²a
Bayern	134	kWh/m²a
Hessen und Baden-Württemberg	145	kWh/m²a
Bremen	150	kWh/m²a
Hamburg und Niedersachsen	150	kWh/m²a
Bundesdurchschnitt:	138	kWh/m²a

Die neuen Bundesländer haben insgesamt einen niedrigeren spezifischen Energieverbrauch als der Bundesdurchschnitt, was durch den hohen Anteil Sanierungsmaßnahmen nach 1989 zu begründen ist.

1.2. Energiebedarf öffentliche Einrichtungen

Die Ermittlung des Energiebedarfes der öffentlichen Gebäude bzw. auch der städtischen Gebäude der Stadt Naumburg ist noch nicht vollständig abgeschlossen, der Wärmeverbrauch konnte bereits zu 80% erfasst werden. Neben den städtischen Gebäuden sind auch andere öffentliche Gebäude in Verwaltung der Stadt, des Burgenlandkreises, des Landes bzw. des Bundes (z.B. Bundessprachenamt) hinsichtlich ihres Energiebedarfes untersucht worden.

Der Stromverbrauch der öffentlichen Gebäude wurde anhand von statistischen Vergleichswerten unter Berücksichtigung der Immobilienstruktur für die Stadt überschlägig ermittelt, woraus sich ein Stromverbrauch von 20.000 MWh/a ergab. Der Verbrauch für die Straßenbeleuchtung ist bekannt, er beträgt ≈ 1.500 MWh/a.

Der Durchschnittsstromverbrauch für öffentliche Gebäude liegt in Deutschland bei 50 – 90 kWh/m²a.

Stadt Naumburg (Saale)

Wärmeverbrauch öffentlicher Gebäude in Naumburg	Wärme in MWh/a
Kreiskrankenhaus	7.860
Justizvollzugsanstalt	3.523
Zwischensumme:	*11.383*
Domgymnasium	849
Georgenschule	491
Albert-Schweitzer-Schule	460
Rathaus	457
Friedrich-Fröbelstr. 44	434
Salztorschule	260
Jan-Hus-Schule	252
Uta-Schule	207
Jägerstr. 4a	176
Friedrich-Ladegast-Weg 17/18	142
Markt 12	115
Stadtarchiv	100
Hohe Lilie, Markt 18	90
Theater Naumburg (Kleine Bühne)	80
Bibliothek	77
Turnhalle+WH Moritzwiesen	70
Museum Grochlitzer Straße	60
Stadion, Saalestr. 38	30
Nietzsche-Haus	18
Schlösschen am Markt	14
öffentliche WC	11
Zwischensumme städt. Gebäude:	*4.392*
Summe:	15.775
ca. 45% nicht erfasste öff. Gebäude	7.099
Gesamtwärmeverbrauch Stadt ca.:	**22.874**
Kosten Wärme Annahme in €/kWh:	0,08
Gesamtwärmekosten öff. Gebäude:	**1.829.905 €/a**

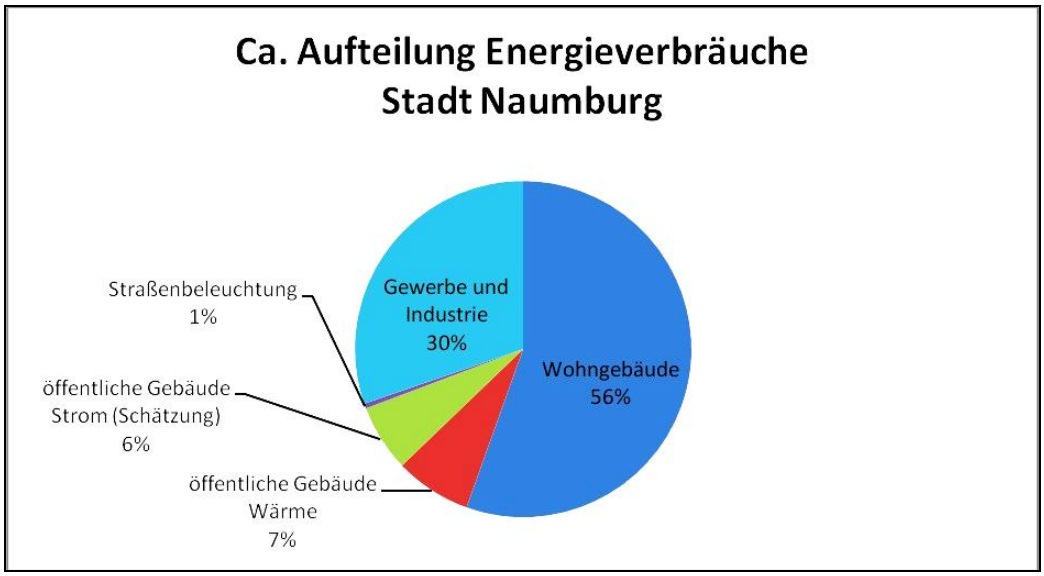
1.3. Energiebedarf gewerbliche Einrichtungen

Der Energiebedarf für gewerbliche Einrichtungen und Industrie konnte nur aus der Differenz von Gesamtverbrauch abzüglich der Energieverbräuche von Wohnungen und öffentlichen Gebäuden ermittelt werden.

Damit ergab sich folgendes Bild:

Gesamtenergieverbrauch Gebäude Kernstadt Naumburg	
Wohngebäude	172.434 MWh/a
öffentliche Gebäude Wärme	22.874 MWh/a
öffentliche Gebäude Strom (Schätzung)	20.000 MWh/a
Straßenbeleuchtung	1.500 MWh/a
Gewerbe und Industrie	94.072 MWh/a
Gesamt:	**310.880 MWh/a**

Prozentual stellt sich die Situation Energie Gebäude (Strom+Wärme) ohne Verkehr folgendermaßen dar:



Bei einer Einwohnerzahl der Kernstadt von 25.891 EW und einem Gesamtenergieverbrauch in den Gebäuden der Stadt (Wärme, Strom, Prozesse) von 310.880 MWh/a bedeutet dies einen Verbrauch je Einwohner von 12.000 kWh/a ohne den Energieverbrauch für den Verkehr.

1.4 Energiebedarf Verkehr

Für die Energiebedarfsermittlung im Bereich Verkehr wurde der Bericht der „ptv Planung Transport Verkehr AG“ zur Verkehrsuntersuchung „Ortsumgehung Naumburg-Bad Kösen“ vom 4.2.2005 analysiert.

Der Bericht enthält Angaben über die Verkehrsbelegung an einer Vielzahl von Zählpunkten in der Stadt, Angaben über die Verkehrsdichte auf Straßen zwischen den Zählpunkten, Befragungsergebnisse der Verkehrsteilnehmer über die Häufigkeit und Streckenbelegung hinsichtlich des Durchgangs- und Quell-Ziel-Verkehrs sowie Zählungsergebnisse an wichtigen Knoten außerhalb der Stadt.

Die nachfolgenden Zahlen geben - schon aus Gründen des relativ kurzfristigen Zeitraumes der Zählung - Näherungswerte wieder. Hinzu kommen mögliche Schwankungsbereiche in den Befragungen.
Die erreichten Näherungen sind aber hinreichend genau für die Analyse der Verkehrsströme und der daraus zu ziehenden Schlussfolgerungen.

Aus dem Bericht zur Verkehrsuntersuchung wurden die Daten über den innerstädtischen Verkehr, den Quell-Ziel-Verkehr und den Durchgangsverkehr ermittelt. Angaben zum öffentlichen Personennahverkehr wurden durch die Personenverkehrsgesellschaft geliefert.

Um der nach dieser Auswertung vorliegenden Anzahl der Verkehrsbewegungen, (eingeteilt in Schwer-, Pkw- und öffentlichen Verkehr) gefahrene Kilometer zuordnen zu können, wurden für den Quell-Ziel- und den Durchgangsverkehr anhand von Routenplanern Entfernungen ermittelt und mit der Zahl der Fahrten multipliziert.
Für den Binnenverkehr wurde eine Entfernung pro Fahrt (hin und zurück) von 5 km angesetzt. Das entspricht einer Entfernung von der Stadtmitte zum Friedhof oder Einkaufszentrum am Stadtrand und zurück oder in etwa einer Fahrt um den Ring.

Aus Statistiken des Kraftfahrtbundesamtes sind der Anteil der Personenkraftwagen und des Schwerverkehrs nach Kraftstoffart sowie der durchschnittliche Flottenverbrauch von Pkw und Nutzfahrzeugen ersichtlich.
Mit diesen Daten konnten aus den jährlich in Naumburg von Kraftfahrzeugen zurückgelegten Kilometer die dabei verbrauchten Mengen Benzin, Diesel und Gas berechnet werden. Zusätzlich kann daraus auf Grundlage der spezifischen CO_2-Emissionszahlen der verschiedenen Treibstoffe der jährliche CO_2-Ausstoß berechnet werden.

Die Tabelle „Ermittlung Kfz-Verbrauch“ auf der folgenden Seite stellt dies dar:

ESEK Naumburg, Ermittlung KFZ-Verbrauch

Durchgangsverkehr	Entfernung km *)	Fahrten	Zahl PKW	Zahl Schwer-verkehr **)	Verbrauch Liter PKW	davon Diesel	davon Gas	Verbrauch Liter SV	CO_2 in kg pro Tag
Roßbacher Str. – Weißenfelser Straße	5	1.150	1.058	92	388,82	94,09	4,51	219,42	1.512,67
Kösener Straße – Hallesche Straße	5	1.900	1.748	152	642,39	155,46	7,45	362,52	2.499,19
Kösener Straße – Roßbacher Straße	3,5	100	92	8	23,67	5,73	0,27	13,36	92,08
Kösener Straße – Weißenfelser Straße	5,5	800	736	64	297,53	72,00	3,45	167,90	1.157,52
Jenaer Straße – Hallesche Straße	3,5	700	644	56	165,67	40,09	1,92	93,49	644,53
Linsenberg – Roßbacher Straße	4	300	276	24	81,14	19,64	0,94	45,79	315,69
Jenaer Straße - Roßbacher Straße	3	400	368	32	81,14	19,64	0,94	45,79	315,69
Jenaer Straße - Linsenberg	3,5	275	253	22	65,08	15,75	0,75	36,73	253,21
Kösener Straße - Gerberstein	5	700	644	56	236,67	57,27	2,75	133,56	920,76
Summe		6.325	5.819	506	1.982,11	479,67	22,99	1.118,57	7.711,33
*) lt. Routenplaner **) durchschn. Anteil von 8 %									
Hochrechnung auf 1 Jahr (x 360)		2.277.000	2.094.840	182.160	713.560	172.682	8.277	402.683	2.776.079

Quell-Ziel-Verkehr zwischen	Entfernung km *)	Fahrten	Zahl PKW	Zahl Schwer-verkehr	Verbrauch Liter PKW	davon Diesel	davon Gas	Verbrauch Liter SV	CO_2 in kg pro Tag
Roßbacher Straße - Stadtmitte	2	10.000	9.490	510	1.395,03	337,60	16,18	486,54	4.630,41
Kösener Straße - Stadtmitte	2,5	11.500	10.778	722	1.980,42	479,26	22,97	861,22	7.025,33
Jenaer Straße - Stadtmitte	1,5	10.500	9.401	1.099	1.036,42	250,81	12,02	786,58	4.566,67
Weißenfelser Straße - Stadtmitte	3	16.000	14.666	1.334	3.233,76	782,57	37,51	1.909,53	12.805,07
Linsenberg - Stadtmitte	2,5	3.500	3.220	280	591,68	143,19	6,86	333,90	2.301,89
Hallesche Straße - Stadtmitte	2,5	10.000	9.300	700	1.708,88	413,55	19,82	834,75	6.304,82
Summe		61.500	56.854	4.646	9.946,19	2.406,98	115,38	5.212,52	37.634,19
*) lt. Routenplaner									
Hochrechnung auf 1 Jahr (x 360)		22.140.000	20.467.458	1.672.542	3.580.627	866.512	41.535	1.876.509	13.548.308

innerörtlicher Verkehr	Entfernung	Fahrten	Zahl PKW	Zahl Schwer-verkehr **)	Verbrauch Liter PKW	davon Diesel	davon Gas	Verbrauch Diesel SV	CO_2 in kg pro Tag
**) durchschn. Anteil von 8 %	5	26.910	24.757	2.153	9.098,27	2.201,78	105,54	5.134,43	35.396,48
Hochrechnung auf 1 Jahr (x 360)		9.687.600	8.912.592	775.008	3.275.378	792.641	37.994	1.848.394	12.742.734
Summe im Jahr		**34.104.600**	**31.474.890**	**2.629.710**	**7.569.565**	**1.831.835**	**87.807**	**4.127.586**	**29.067.121**

Literverbrauch bei Einrechnung Gas PVG; Verbrauch in Summen	**Fahrten**	**PKW**	**SV**	**Benzin**	**Diesel**	**Gas**	**CO_2**
	34.104.600	**31.474.890**	**2.629.710**	**5.649.923**	**5.471.456**	**1.119.622**	**29.791.997**

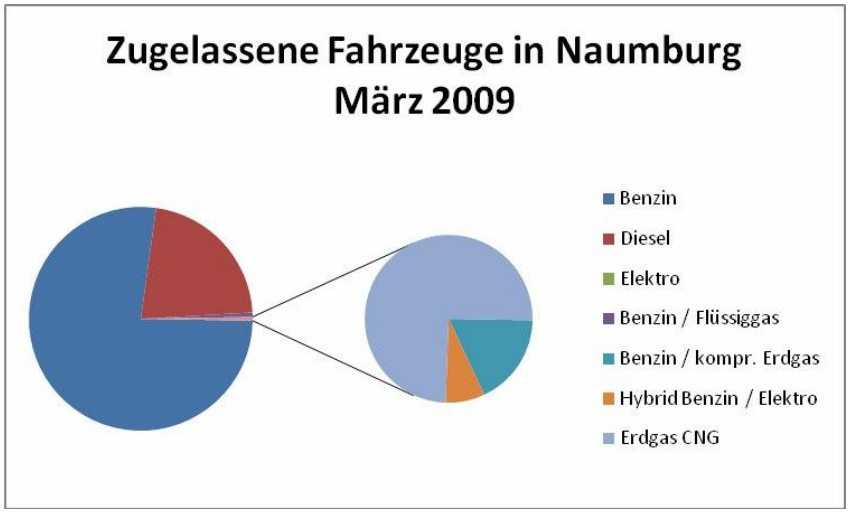
Tabelle Fahrten nach Fahrzeugarten, Kraftstoffart, Ermittlung Verbrauch und CO2-Ausstoß, SV = Schwerverkehr
Quelle Stammdaten: Bericht/ Verkehrszählung B87 Ortsumgehung Bad-Kösen Naumburg; PTV Planung Transport Verkehr AG, Dresden 2005

Parallel dazu wurde der Energieverbrauch für den Verkehr anhand des verkauften Treibstoffes an den vier Naumburger Tankstellen ermittelt, sowie die in Naumburg zugelassenen Fahrzeuge bei der Polizei erfragt. Dabei wurden folgende Werte ermittelt:

Energie	Verbrauch in MWh/a	Verbrauch in %	spezifische CO_2-Emissionen in kg/kWh	CO_2-Emisionen in kg Absolut
Verkehr				
Diesel	73.087	44,99	3,132 kg/l	23.192.503
Benzin	82.268	50,64	2,915 kg/l	28.246.201
Erdgas (CNG)	3.953	2,43	0,202	798.439
Flüssiggas (LPG)	3.142	1,93	0,234	735.134
Gesamt Tankstellen:	**162.449**			**52.972.278**
Gesamt	**162.449**	**100**		**52.972.278**

Zugelassene Fahrzeuge in Naumburg März 2009

Fahrzeugtyp	**Anzahl**	**Prozent**
Benzin	10.942	76,92
Diesel	3.115	21,90
Elektro	2	0,01
Benzin / Flüssiggas	88	0,62
Benzin / kompr. Erdgas	14	0,10
Hybrid Benzin / Elektro	6	0,04
Erdgas CNG	59	0,41
Summe	14.226	100,00



Der Gesamtenergieverbrauch für den Verkehr beträgt:

- Gemäß Verkehrszählung: 136.817 MWh/a
- Gemäß verkauften Kraftstoff: 162.500 MWh/a (18,8% mehr)

Da das Verhältnis von zugelassenen Dieselfahrzeugen und verkauftem Diesel nicht zusammen passt, wurden die Zahlen der Verkehrsanalyse als realistischere Größe für den Energieverbrauch Verkehr der Stadt Naumburg angesetzt.

Die Analyse der Zahlen zeigt folgendes:

- Nach Anzahl der Fahrten haben die Personenkraftwagen mit 92 % den absolut größten Anteil.
- Der Quell-Ziel-Verkehr (Pendlerverkehr) hat mit ca. 65 % den größten Anteil, der Durchgangsverkehr macht nur knapp 7 % des Gesamtverkehrs aus.
- Betrachtet man jedoch den CO_2-Ausstoß pro Jahr, hat der Schwerverkehr trotz seines geringen Anteils von nur 8 % der Fahrten einen Anteil von 39 % Energieverbrauch und CO_2-Ausstoß. Das rührt daher, dass insbesondere Lkw mit durchschnittlich 48 l/100km im Stadtverkehr einen bis zu 3 x so hohen Dieselverbrauch wie auf der Landstraße erreichen und einen 6,5 x so hohen Kraftstoffverbrauch wie ein Pkw im Stadtverkehr aufweisen. Zudem entsteht bei der Verbrennung von 1 l Diesel 13 % mehr CO_2 als bei einem Liter Benzin.

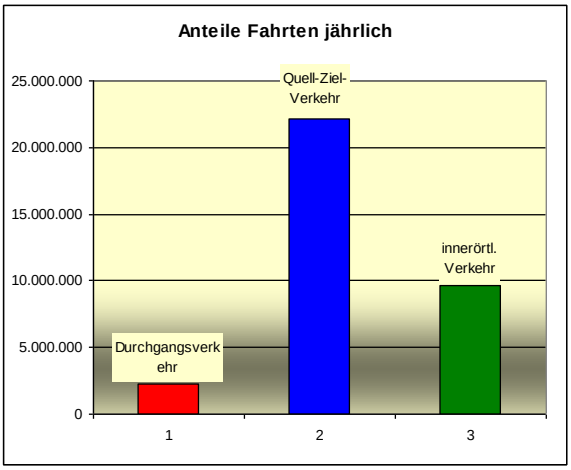


Diagramm Anteile Verkehrsarten an den Fahrten

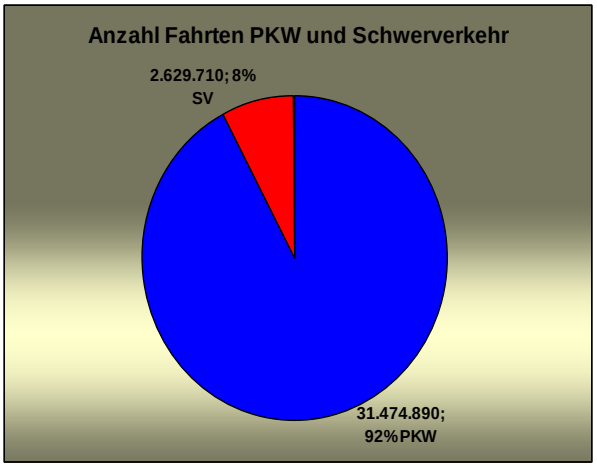


Diagramm Anteile Fahrzeugarten an den Fahrten

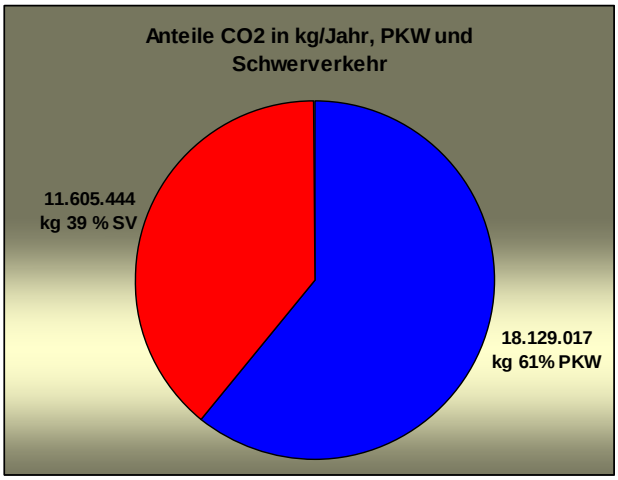


Diagramm Anteil CO2-Ausstoß PKW- und Schwerverkehr

1.5 Energiebedarf Stadtbeleuchtung

In der Stadt Naumburg wird die gesamte Stadtbeleuchtung durch den Bereich Kommunale Dienstleistungen als städtische Anlage verwaltet, betreut und betrieben. Dies bedeutet für diese Studie, dass für diesen Bereich umfassende Datensammlungen vorliegen.
Zudem ist die Stadt Naumburg bereits seit zwei Jahren bemüht, die günstigsten und effektivsten technischen Möglichkeiten der Minderung des Energieverbrauchs in diesem Bereich auszuloten und hat bereits in zwei Probegebieten entsprechende Testläufe durchgeführt.

Nach der Statistik des Sachgebietes Kommunale Dienstleistung vom Mai 2008 wurden für die zur Kernstadt gehörenden Straßen (ohne Ortsteile) die jährlichen Energieverbräuche im Hochtarif und Niedrigtarif mit folgendem Ergebnis ermittelt:

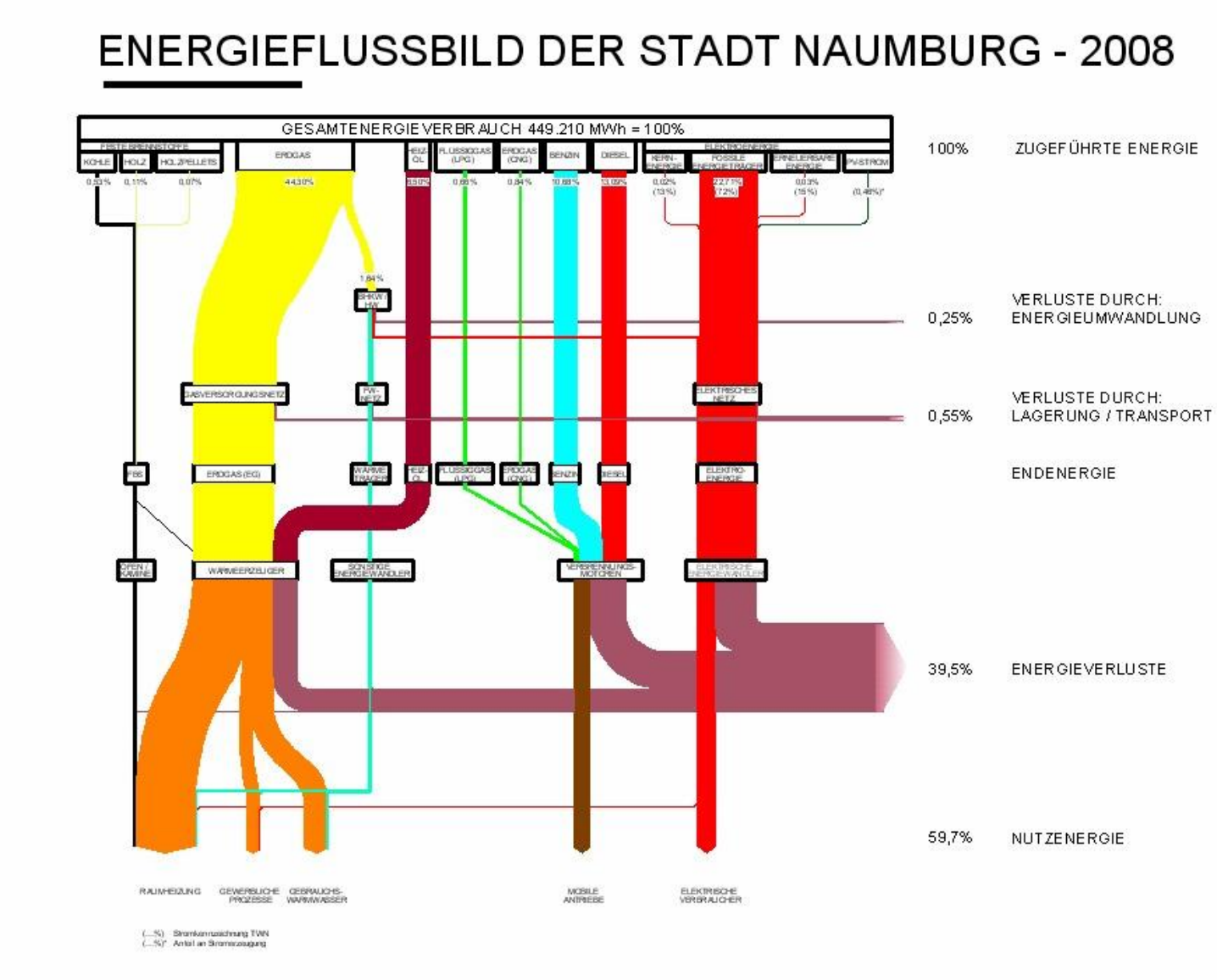
	Hochtarif	Niedrigtarif
Verbrauch kWh/a	748.919	763.830
Summe kWh/a	1.512.749.	
Kosten pro Jahr	171.802 €	92.882 €
Summe Kosten	264.684€	
CO_2 kg/a	438.118	446.841
Summe CO_2-Ausstoß kg/a	884.958	

Tabelle Energieverbrauch Kosten und CO2-Ausstoß pro Jahr
CO_2-Berechnung mit spezif. CO_2-Emissionsfaktor für den deutschen Strommix 2008 (0,58-0,59)
lt. Veröffentlichung des Umweltbundesamtes

Der jährliche Energiebedarf für die Straßenbeleuchtung der Stadt Naumburg ohne Ortsteile beläuft sich auf ca. 1.513 MWh. Dafür werden pro Jahr ohne Grundgebühren 264.700,00 € aufgewendet.

Der CO_2-Ausstoß für die in der Stadtbeleuchtung verbrauchte Strommenge liegt bei Ansatz von 0,585 kg Kohlendioxid je erzeugter KWh im Jahr bei knapp 885.000 Kilogramm.

1.6 Energieflussbild (siehe auch Anlage Plan 1)



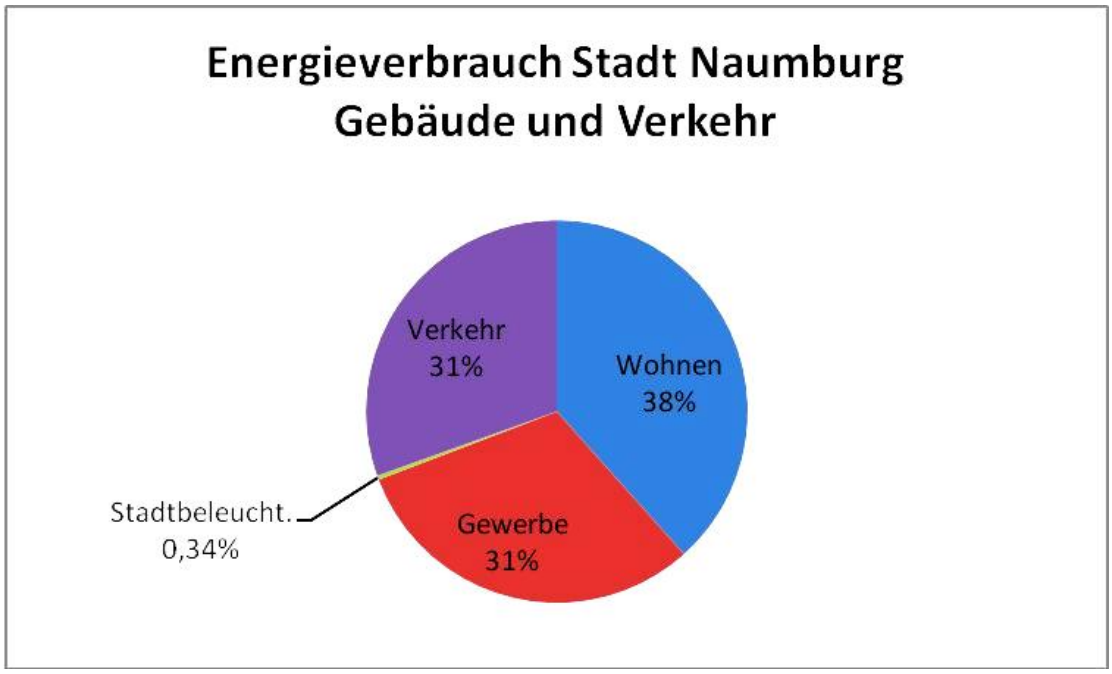
1.7 CO_2-Emission

Aus dem ermittelten Energieverbrauch in Naumburg lässt sich die entsprechende Kohlendioxydemission ermitteln.

Diese setzt sich folgendermaßen zusammen:

Gesamtenergieverbrauch Gebäude und Verkehr Stadt Naumburg

Bereich	Energieverbrauch		CO_2-Emissionen	
Wohnen	172.434	MWh/a	88.706.831	kg/a
Gewerbe	138.446	MWh/a	69.698.225	kg/a
Stadtbeleuchtung	1.513	MWh/a	884.958	kg/a
Verkehr	136.817	MWh/a	29.791.997	kg/a
Gesamt:	**449.210**	**MWh/a**	**189.082.011**	**kg/a**



2. Zielbestimmung

Erneuerbare Energien, Energieeinsparung, Energieeffizienz (EEE)

Vorwort

Nachdem der energetische Ist-Zustand der Stadt Naumburg ermittelt worden war, stand zur Aufgabe, das energetische Einsparpotential in den verschiedenen Verbrauchergruppen zu ermitteln.
Für den Bereich Wohnen/Gebäude wurde dazu eine im Mai 2009 veröffentlichte Studie der Fachhochschule Nordhausen im Rahmen des Forschungsprogramms ExWoSt des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ausgewertet und deren Methodik zugrunde gelegt.

Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen: Das Stadtgebiet wurde nach ***Stadtraumtypen*** kartiert. Zu den Stadtraumtypen wurden Gebietsflächen, Nutzflächen, Einwohnerzahl etc. ermittelt.
Auf Grundlage dieser Daten und der in der Studie bzw. in vorhergehenden Forschungen ermittelten Richtwerten war es möglich, den langfristig erwarteten Energiebedarf des Stadtraumes Naumburg zu ermitteln.
Der langfristige Energiebedarf (für das Jahr 2020 und darüber hinaus) berücksichtigt die bis dahin erwarteten und in den verschiedenen Stadtraumtypen mit unterschiedlicher Intensität und Qualität möglichen baulichen Verbesserungen zur Energieeinsparung.
Dieser langfristige Bedarf im Verhältnis zum aktuellen Energiestatus stellt das pauschal erwartete Energiesparpotential aufgrund baulicher Veränderungen dar.

Zusätzlich wurde - der Methodik der Studie folgend - ermittelt, wie in den unterschiedlichen Stadtraumtypen eine Abdeckung des Energiebedarfes mit erneuerbaren Energien langfristig rechnerisch möglich ist. Dabei wurde unterschieden zwischen den „diffusen“ und konkreten Potentialen.
Für die „diffusen Potentiale“ scheint aus Sicht der Autoren der Ausdruck „dezentrale“ Potentiale positiver belegt und geeigneter. Dabei handelt es sich um die in den Stadtraumtypen aufgrund ihrer baulichen Qualitäten unterschiedlich ausgeprägten Eignung für diverse erneuerbare Energieformen ohne objektgetreue Zuordnung.

Als nächste Kategorie wurden die ***konkreten Potentiale*** analysiert und ermittelt. Bei diesen handelt es sich um lokal zuordenbare tatsächliche Objekte wie Heizkraftwerke, große Photovoltaikanlagen oder Biogasanlagen, sowie technisch und baulich mögliche Maßnahmen. Weiterhin wurden für Beleuchtung und Verkehr Einsparmöglichkeiten analysiert.

2.1 Langfristiger Energiebedarf Kernstadt

2.1.1 Analyse Stadtraumtypen/ langfristiger Energiebedarf

Auf einer Tagung des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung im Rahmen des Forschungsprogramms Experimenteller Wohnungs- und Städtebau wurde im Mai diesen Jahres die Studie zur „Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbarer Energien“ vorstellt. Die Bearbeitung der Studie erfolgte an der Fachhochschule Nordhausen durch die Autoren Dr. Ing. Dieter Genske, Thomas Jödecke und Ariane Ruff sowie das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung Bonn (Lars Porsche).

In dieser Studie wird - ausgehend von einer Analyse unterschiedlich geprägter städtischer Räume - ermittelt, ob und wie intensiv diese unterschiedlich geprägten städtischen Flächen für die Energieerzeugung genutzt werden können.

Dazu wurden auf Grundlage der Analyse von Eigenschaften wie z.B. Flächeneffizienz, Umweltfreundlichkeit, städtebauliche Verträglichkeit und Akzeptanz Kennziffern über die Eignung diverser Flächen für die unterschiedlichen Formen der alternativen Energieerzeugung geschaffen.

Anhand dieser Kennziffern wurde unter Ansatz der zuvor ermittelten Stadtraumtypen und deren Flächen der langfristige Energiebedarf sowie der mögliche Deckungsgrad durch alternative Energieformen vor Ort ermittelt.

Diese Methodik soll auch in diesem Konzept für Naumburg angewandt werden, um den langfristig zu erwartenden energetischen Grundbedarf der Kernstadt zu analysieren, den theoretisch erreichbaren Deckungsgrad mit alternativen Energien zu ermitteln und dann auf Basis konkreter Einzelprojekte die ersten Schritte dahin darzustellen.

Stadtraumtypen

Die Stadtraumtypen wurden erstmals durch Dr. Dagmar Everding in der Studie „Leitbilder und Potenziale eines solaren Städtebaus“ im Jahr 2004 dargestellt. Dabei analysierte Frau Dr. Everding potenziell-energetisch nutzbare Flächen in Städten. Aus diesen Stadtraumtypen wurden die für Naumburg Relevanten ausgewählt und es erfolgte eine Kartierung vor Ort.

Für dieses Konzept konnten die bereits vorliegenden Siedlungskategorien des Stadtentwicklungskonzeptes nicht 1:1 genutzt werden, da die Stadtraumtypenkategorien differenzierter sind. Zudem fanden sich in den Siedlungsgebieten des Stadtentwicklungskonzeptes oftmals mehrere Stadtraumtypen nach Everding, so dass eine komplette Neukartierung vorgenommen wurde.

Hinzu kommt, dass für die nachfolgenden energetischen Berechnungen erreicht werden musste, dass die Stadtraumtypenflächen möglichst nah an den methodisch von der Fachhochschule Nordhausen angewandten Typen liegen.

Folgende Stadtraumtypen wurden kartiert.

1	vorindustrielle Altstadt	kleinteilige Bebauung, rückwärtig Hof mit Nebenanlagen, Wohn- und Gewerbenutzung
2	Villen- und Beamtenviertel	gärtenstädtische Bereiche, Häuser mit villenartigem Charakter
3	Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit (z.T. davor)	meist geschlossene ein- bis dreistöckige Bauweise, im Erdgeschoss teils gewerbl. Nutzung, Nebengbäude
4	Werks- und Genossenschaftssiedlungen	planmäßig entstandene Mehrfamilien-Anlagen, Hauszeilen oder Wohnhöfe
5	Wohnungsbau der 50er Jahre	mehrgeschossige Wohnhäuser in konventioneller Bauweise, meist einzelnstehende Blöcke
6	Geschosswohnungsbau	große Mehrfamilienhäuser/ Anlagen der 60er Jahre bis heute, auch mit teils gewerblicher Nutzung,
7	Plattenbausiedlungen	in industrieller Bauweise errichtete Wohnblöcke mit großflächigen Freianlagen
8	Einfamilienhausgebiete	Ein- bis Zweifamilienhäuser, offene Bebauung, Gärten
9	dörfliche und kleinteilige Strukturen	alte Dorfkerne oder lockere offene Bebauung mit Nutzgärten; landwirtsch. Höfe
10	neuere Zweckbaukomplexe	z.B. Krankenhauskomplexe, öffentliche Einrichtungen, Bürokomplexe, Einkaufszentren, Freizeitanlagen
11	historische Zweckbaukomplexe	z.B. Krankenhäuser, Gerichtsgebäude, Kasernenkomplexe, historische Verwaltungsbauten
12	Gewerbe- und Industriegebiete	Flächen mit Maschinen- oder Lagerhallen, Autohäuser
13	Landwirtschaft und Gartenbau	Felder, Kleingärten, große Hausgärten, Weinanbau
14	Grünflächen	Park- und Grünanlagen, Sportplätze, Friedhöfe, nichtlandwirtschaftliches Grün
15	Restflächen	großflächige Verkehrsanlagen, Brachen, Deponien, Wasserflächen, Garagenhöfe

Tabelle Stadtraumtypen Naumburg
nach Everding/ Genske

Die Abbildung auf der folgenden Seite stellt das Ergebnis dar. Eine Karte in größerem Maßstab ist dem Anhang beigefügt.

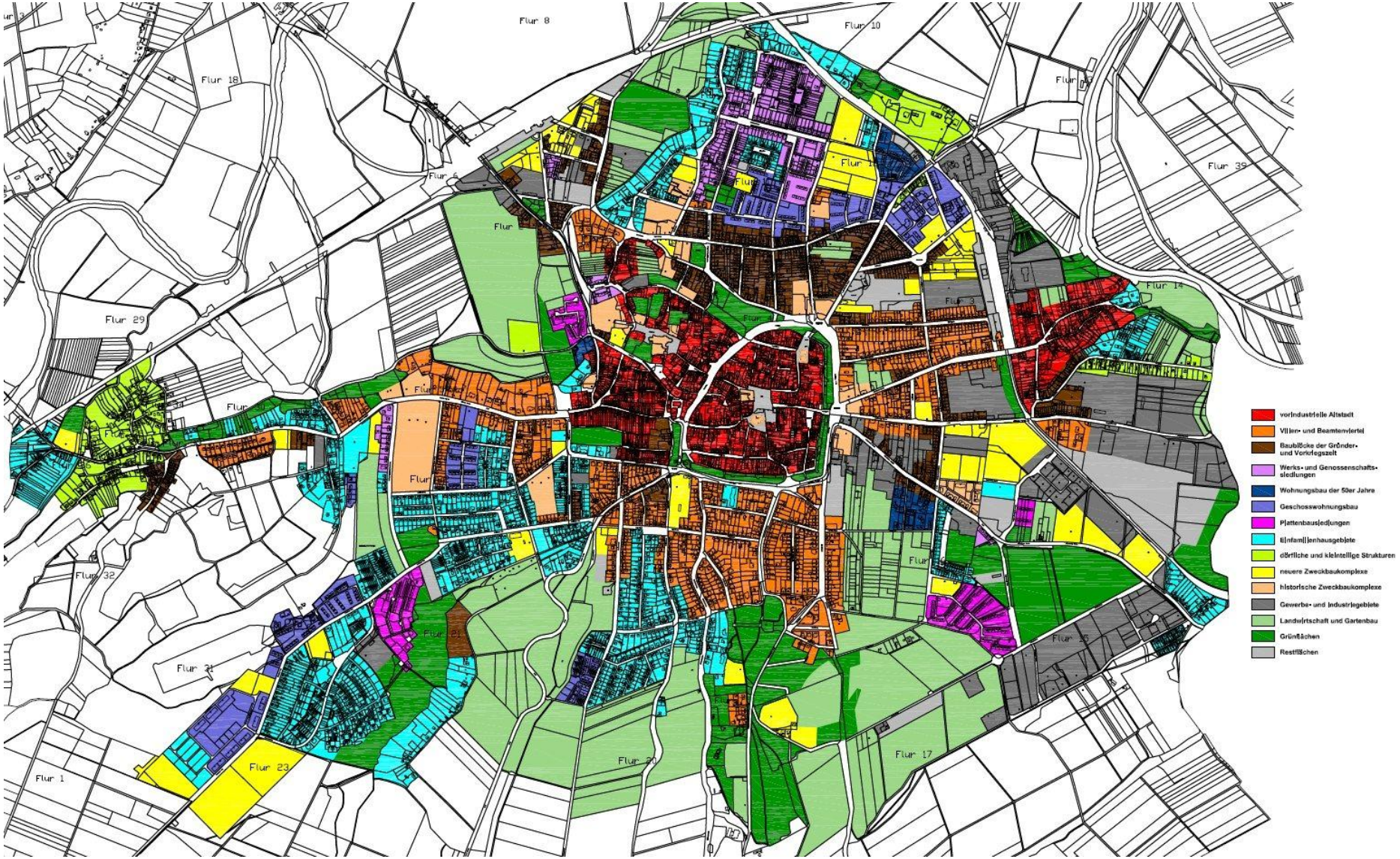


Abbildung Stadtraumtypen Naumburg, siehe auch Anlage Plan 2

Aus dieser Kartierung wurden direkt weitere Daten erhoben, wie z.B. aus dem CAD-Zeichenprogramm, die Flächen der einzelnen Stadtraumtypen als Nettobaufläche.
Weitere für die energetischen Ermittlungen erforderliche Daten stammen aus eigenen Zählungen vor Ort, aus Unterlagen des statistischen Landesamtes Sachsen-Anhalt und aus dem vorliegenden Stadtentwicklungskonzept der Stadt Naumburg.

Dazu gehören:
- Wohneinheiten in Stadtraumtypen
- Einwohner in Stadtraumtypen
- Wohn-/Nutzflächen in Stadtraumtypen (= Energiebezugsfläche)
- Leerstände nach Stadtraumtypen zur Leerstandsbereinigung der Verbrauchsstatistik

Die Datensammlung ist der Anlage 5.5 beigefügt.

Langfristiger Energiebedarf

Die Autoren der Studie „Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbarer Energien“ haben für die verschiedenen Stadtraumtypen den langfristigen Energiebedarf energetisch sanierter Wohn- und Nichtwohngebäude ermittelt.
Ausgehend davon, dass der Energieverbrauch auf Grundlage der von der Deutschen Energieagentur im Jahr 2006 vorgeschlagenen mehrstufigen Verfahren eine Energieeinsparung durch:

- nicht investive Maßnahmen (wie bessere Heizungsreglungen, Einsparung von Warmwasser oder Stromsparmaßnahmen) über
- energetische Sanierung der Gebäude durch neue Fenster, Dach- und Fassadendämmung sowie
- eine langfristige Verbesserung der haustechnischen Anlagen durch technischen Fortschritt und Erneuerung erfolgen wird,

wurde ein Heizwärme-, Warmwasser- und Strombedarf für verschiedene Stadtraumtypen je Quadratmeter Nutzfläche in Kilowattstunden pro Jahr als langfristiger Energiebedarf festgelegt.

Stadtraumtyp	**langfristiger Energiebedarf**		
	Wärme kWh/m²xa	**Warm-wasser** kWh/m²xa	**Strom** kWh/m²xa
vorindustrielle Altstadt	**130**	17	20
Villen- und Beamtenviertel	50	17	20
Blöcke der Gründer- und Vorkriegszeit (und davor)	50	17	20
Werks- und Genossenschaftssiedlungen	50	17	20
Wohnungsbau der 50er Jahre	50	17	20

Geschosswohnungsbau	45	17	20
Plattenbausiedlungen	40	17	20
Einfamilienhausgebiete	50	17	20
dörfliche und kleinteilige Strukturen	60	17	20
neuere Zweckbaukomplexe	70	5	20
historische Zweckbau-komplexe	70	5	20
Gewerbe- und Industriegebiete	50	5	20

Langfristiger Energiebedarf in Stadtraumtypen nach Genske 2009: „Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien

Villenviertel wurden durch die Verfasser hier wie Einfamilienhausgebiete eingestuft

Die Nutzflächen unter Abzug der leerstehenden Objekte verteilen sich nach unseren Berechnungen wie folgt auf die Stadtraumtypen:

Stadtraumtyp	Nutzfläche	Gebiets-fläche
	m² leer-stands-bereinigt	ha
vorindustrielle Altstadt	135.716	52,68
Villen- und Beamtenviertel	264.840	80,53
Blöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	158.508	36,58
Werks- und Genossenschaftssiedlungen	54.480	18,30
Wohnungsbau der 50er Jahre	6.780	2,95
Geschosswohnungsbau	181.584	31,25
Plattenbausiedlungen	57.000	12,01
Einfamilienhausgebiete	210.120	112,04
dörfliche und kleinteilige Strukturen	20.720	25,96
neuere Zweckbaukomplexe	1.030.200	51,51
historische Zweckbaukomplexe	261.840	21,82
Gewerbe- und Industriegebiete	746.200	74,62
	= Energie-bezugsfl.	= Nettobau-landfläche

Nutzflächen und Grundflächen der Stadtraumtypen Naumburgs (Quellen: Stadtentwicklungskonzept und eigene Fort-schreibung, Kartierung und Flächenberechnung)

Unter Zugrundelegung dieser Daten ermittelt sich für Naumburg der folgende langfristige Energiebedarf:

langfristiger Energiebedarf Naumburg (Saale) / Jahr			
leerstandsbereinigt	Wärme MWh/a	Warmwasser MWh/a	Strom MWh/a
vorindustrielle Altstadt	**17.643**	2.307	2.714
Villen- und Beamtenviertel	**13.242**	4.502	5.297
Blöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	7.925	2.695	3.170
Werks- und Genossenschaftssiedlungen	2.724	926	1.090
Wohnungsbau der 50er Jahre	339	115	136
Geschosswohnungsbau	8.171	3.087	3.632
Plattenbausiedlungen	2.280	969	1.140
Einfamilienhausgebiete	10.506	3.572	4.202
dörfliche und kleinteilige Strukturen	1.243	352	414
neuere Zweckbaukomplexe	**26.000**	5.151	20.604
historische Zweckbaukomplexe	**18.329**	1.309	5.237
Gewerbe- und Industriegebiete	**37.310**	3.731	14.924
Gesamtstadt	145.713	28.717	62.560
langfristiger Energiebedarf		**236.989**	MWh/a

Ermittlung über konkrete Verbräuche und analoge Ansätze

Der prognostizierte langfristige Energiebedarf aufgrund bautechnischer Erneuerung in den Stadtraumtypen lässt gegenüber dem energetischen Istzustand (siehe Energieflussbild) ein Einsparpotential von ca. 24% erwarten.

2.1.2 Analyse Potential und möglicher Deckungsgrad durch alternative Energien (diffuse Potentiale)

Die möglichen Energieerträge wurden ebenfalls stadtraumspezifisch untersucht.

Dabei wurde zuerst überprüft, welche energetischen Quellen stoffstromintensiv (in Form des Bedarfes an Energieträgern wie z.B. Kohle, Erdöl, Biomasse) und/oder flächenrelevant(hinsichtlich der Bereitstellung von Grundstücken für bauliche Anlagen) sind.
Die stoff- und flächenintensiven Erzeugungsmöglichkeiten werden als tatsächlich punktuell im Stadtgefüge zu errichtende Anlagen als die konkreten Potentiale der Energieerzeugung definiert.

Die nicht stoff- und flächenrelevanten Erzeugungsoptionen - das sind zum Beispiel die Nutzung von Sonnenkollektoren auf Dächern und an Fassaden, der Einsatz für Wärmepumpen zur Gewinnung von

Energie aus Umluft oder Abwasser und Erdwärmesonden, die nach Einbringung im Prinzip keine Baufläche mehr benötigen - werden als „diffuse Optionen“ bezeichnet. Sie kommen in den verschiedenen Stadtraumtypen in unterschiedlicher Intensität je nach Eignung bzw. limitierenden Faktoren vor.

Um die Anwendbarkeit der Erzeugungspotentiale im Stadtraum aus städtebaulicher Sicht zu analysieren, wurde in Anlehnung an die gleichartige Untersuchung von Genske, eine Bewertungs-Punktetabelle erarbeitet. Die Bewertungskriterien der Studie „Nutzung städtischer Freiflächen“ wurden dazu hier übernommen.

Die folgende Tabelle gibt diese Bewertung wieder. Dabei wurde einer günstigen Bewertung die Punktzahl 3, einer mittleren Eignung die Punktzahl 2 und einer ungünstigen Eignung die Punktzahl 1 zugeordnet. Die Erzeugung aus Wasserkraft und die Energieerzeugung durch Tiefengeothermie wurden von vornherein als unrealistisch verworfen.

		Strom			Wär me				beides			
									Biomasse			
		Photo-voltaik	Wind-kraft	Wasser	Solar-Ther-mie	Umge-bungs-wärme	Erd-son-den	Ab-wasser-wärme	Anbau	Rest-stoffe	Umwandl. in Energie-träger	Geo-thermie
Gestehungskosten (auf Dauer)		2	3		3	2	3	3	2	3	3	
Effizienz (Ertrag/ Hektar)		3	3	ent-	3	2	2	2	1	3	2	ent-
Umweltfreundlichkeit		2	2	fällt	3	2	3	3	1	2	3	fällt
Stadtbild	Akzeptanz	3	1		3	3	3	3	2	3	2	
	Vandalis-mus	1	2		1	3	3	3	2	3	2	
	Denkmal-schutz	2	1		2	3	3	3	1	2	1	
Zwischennutzungs-tauglichkeit		3	2		2	3	1	1	3	3	1	
Rückbaufähigkeit		3	1		3	3	1	1	3	3	1	
rechtl. Rahmen (z.B. Bau-recht im urb. Raum)		3	1		3	3	3	3	3	2	1	
Bewertung		22	16		23	24	22	22	18	19	14	

Max. mögliche Bewertung = 30 Punkte

Die Bewertung der übrigen Bereiche ergibt, dass Wärmepumpen, Erdsonden sowie Solarenergiegewinnung aus städtebaulichen Gründen, aufgrund der Akzeptanz in der Bevölkerung und der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Energiegewinnung im Kernstadtbereich am besten geeignet sind.

Die weiterführenden Berechnungen über Potential und Deckungsgrad der erneuerbaren Energie sollen für die realistischen Optionen Photovoltaik, Solarthermie, Umgebungswärme, Abwasserwärme und Erdsonden erfolgen. Windkraft und Biomasseanbau und -umwandlung im Stadtbereich werden als ungeeignet angesehen.

Energetisches Potential

Für die Ermittlung der energetischen Potentiale in den diversen Stadtraumtypen der Stadt Naumburg werden deren Flächen mit spezifischen Kennziffern von Energieerträgen multipliziert, um so die potentiellen maximalen Energieerträge aus den verschiedenen Erzeugungsoptionen zu ermitteln. Die spezifischen Energieerträge entstammen der Veröffentlichung „Nutzung städtischer Freiflächen".
Den Stadtraumtypen wurden je nach Eignung für die Anbringung von Solaranlagen auf Dächern und Fassaden solare Gütezahlen zugeordnet:

solare Gütezahlen	Dach	Fassade
vorindustrielle Altstadt (*)	0,04	0
Villen- und Beamtenviertel	0,04	0
Blöcke der Gründer und Vorkriegszeit	0,1	0
Werks- und Genossenschaftssiedlungen	0,04	0
Wohnungsbau der 50er Jahre	**0,19**	0
Geschosswohnungsbau	0,16	0,04
Plattenbausiedlungen	**0,12**	0
Einfamilienhausgebiete	0,04	0,01
dörfliche und kleinteilige Strukturen	0,02	0,02
neuere Zweckbaukomplexe	0,12	0,04
historische Zweckbaukomplexe	0,12	0,04
Gewerbe- und Industriegebiete	**0,26**	0,05

(*) geringere Gütezahl gegenüber Everding-Vorgabe aufgrund städtebaulicher Qualität der Altstadt

Solare Gütezahlen; Quelle: „Nutzung energetischer Freiflächen"
Definition: Für jeden betrachteten Stadtraumtyp werden **solare Gütezahlen** auf der Basis des ermittelten Flächenpotenziales bestimmt. Diese bilden das Verhältnis zwischen den ermittelten Brutto-Dach- bzw. Fassadenflächen einerseits sowie ihren für Solaranlagen nutzbaren Anteilen ab. Eine solare Gütezahl von 1,0 z.B. bedeutet, dass die Gesamtfläche eines Daches solartechnisch genutzt werden kann, ein Gütewert von 0,0 demgegenüber lässt auf Dach oder Fassaden keinen Raum für Solaranlagen zu.

Photovoltaik und Sonnenkollektoren

Die möglichen Energieerträge aus Photovoltaik bzw. Sonnenkollektoren wurden aufgrund der solaren Gütezahl für Dach und Fassade bei jeweils alleiniger Nutzung von Photovoltaik oder Sonnenkollektoren auf Basis einer mittleren Einstrahlung von 1.000 kWh pro Quadratmeter und Jahr bei einem Nutzungsgrad von 0,10 für Photovoltaik und 0,35 für Sonnenkollektoren auf einem genutzten Nettobaulandanteil von 80 % ermittelt.
Für die vorindustrielle Altstadt wurde hierbei ein niedrigerer Energieertrag der Photovoltaik und Sonnenkollektoren als von Genske angegeben eingesetzt. Grund hierfür ist, dass die Altstadt in Naumburg flächendeckend Denkmalcharakter hat. Sie wurde darum dem Typ der niedrigsten Erträge (der flächendeckend denkmalgeschützten Bergs- und Genossenschaftssiedlung) gleichgestellt.

Erdwärmesonden

Für die möglichen Erträge aus Erdwärme wurde eine charakteristische Erdwärmesondendichte (nach Genske) für wärmebezugsrelevante Stadtraumtypen in Ansatz gebracht. Je nach Dichte der Sonden resultieren Wärmeerträge von 30 bis 300 MWh pro Hektar und Jahr.

Für die Erdwärmesonden wurde der Energieertrag pro Hektar ermittelt, indem aus der durchschnittlichen Anzahl Sonden pro Hektar in den verschiedenen Stadtraumtypen und der Spanne der erwarteten Erträge von Strom bzw. Wärme der jeweils stadtraumtypisch zutreffende durchschnittliche Ertrag pro Hektar berechnet wurde.

Umgebungswärme Luft

Für die Energieerträge aus Umgebungsluft existieren keine spezifischen Kennziffern. Bei Genske wird konservativ davon ausgegangen, dass, wenn etwa die Hälfte des Potentiales langfristig realisiert wird, ein Energieertrag von 22 bis 52 MWh pro Hektar und Jahr erreicht werden kann. Für unsere Studie wurde der daraus resultierende Mittelwert von 37 MWh/ ha und Jahr angesetzt.

Umgebungswärme Abwasser

Nach der zugrunde gelegten Methodik wird davon ausgegangen, dass pro Person pro Tag ca. 120 bis 130 Liter Abwasser mit einer Temperatur von 15 bis 25 Grad produziert werden. Bei Abkühlung auf 10 Grad vor Einspeisung in die Kanalisation ergibt sich nach Besiedlungsdichte des Stadtraumtyps ein Wärmeertrag von 0,02 bis 0,18 GWh pro Hektar und Jahr. Die Einwohnerzahl nach Stadtraumtypen wurde entsprechend der Angaben aus dem Stadtentwicklungskonzept sowie durchschnittlicher Belegungsdichten aus Angaben diverser Wohnungsunternehmen ermittelt. Sie ist als Tabelle in der Anlage 5.5. enthalten. Je nach Besiedlungsdichte wurden die durchschnittlichen Erträge je Hektar ermittelt und mit der Gebietsfläche multipliziert. Die folgende Tabelle stellt die durchschnittlichen Energieerträge dar.

spezifische Energieerträge	Photovoltaik MWh/ha x a	Sonnen-Kollekt. MWh/ha x a	Sonden Sonde /ha	Erdwärme-pumpen MWh/hxa	Umgebungs-wärme Luft MWh/hxa	Wärme Abwasser MWh/hxa
vorindustrielle Altstadt	29	101	8	108	37	80
Villen- und Beamtenviertel	34	120	12	170	37	56
Blöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	78	272	12	170	37	116
Werks- und Genossenschafts-siedlungen	29	101	11	154	37	104
Wohnungsbau der 50er Jahre	80 - 154	308-583	12	170	37	80
Geschosswohnungsbau	94	330	10	138	37	180
Plattenbausiedlungen	167	585	10	138	37	180
Einfamilienhausgebiete	34	120	12	170	37	32
dörfliche und kleinteilige Strukturen	32	112	9	106	37	20
neuere Zweckbaukomplexe	126	442	6	92	37	ohne
historische Zweckbaukomplexe	126	442	6	92	37	ohne Kenn-ziffer
Gewerbe- und Industriegebiete	248	868	5	60	37	ohne Kenn-ziffer

mögliche Energieerträge je ha und Jahr; Quelle: „Nutzung energetischer Freiflächen“, Genske 2009

Aus diesen Ertragskennziffern sind die entsprechenden wirklichen Energieerträge für Stadtraumtypen errechnet worden:

mögliche Energieerträge	Fläche in ha	Photovolt. MWh/a	Sonnen Kollekt. MWh/a	Erdwärme-pumpen MWh/a	Umgebungs-wärme Luft MWh/a	Wärme Abwasser MWh/a
vorindustrielle Altstadt	52,68	1.528	5.321	5.689	1.949	4.214
Villen- und Beamtenviertel	80,53	2.738	9.664	13.690	2.980	4.510
Blöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	36,58	2.853	9.950	6.219	1.353	4.243
Werks- und Genossenschafts-siedlungen	18,30	0.531	1.848	2.818	0.677	1.903
Wohnungsbau der 50er Jahre	2,95	0.354	1.298	0.502	0.109	0.236
Geschosswohnungsbau	31,25	2.938	10.313	4.313	1.156	5.625
Plattenbausiedlungen	12,01	2.006	7.026	1.657	0.444	2.162
Einfamilienhausgebiete	112,04	3.809	13.445	19.047	4.145	3.585
dörfliche und kleinteilige Strukturen	25,96	0.831	2.908	2.752	0.961	0.519
neuere Zweckbaukomplexe	51,51	6.490	22.767	4.739	1.906	k.A
Histor. Zweckbaukomplexe	21,82	2.749	9.644	2.007	0.807	k.A.
Gewerbe- u. Industriegebiete	74,62	18.506	64.770	4.477	2.761	k.A.
Gesamtstadt	520,25	45.330	158.95	67.91	19.25	27.00

Maximale Energieerträge in den Stadtraumtypen nach Erzeugungsoptionen; bei Sonnenenergie jeweils Nutzung zu 100 % (entweder/oder)

Auf Grundlage der nun errechneten Erträge und bei Ansatz des unter 2.1.1 ermittelten langfristigen Energiebedarfes lässt sich der rechnerisch mögliche Deckungsgrad der Versorgung kalkulieren:

maximaler Deckungsgrad	Anteil am Stadtgebiet	Photovolt.	Sonnen-kollekt. Wärme	Sonnen-kollekt. Wasser	Umgebungs-wärme Wärme	Umgebungs-wärme Wasser	Erdwärme-pumpen Wärme	Erdwärme-pumpen Wasser	Abwasser Wärme	Abwasser Wasser
vorindustrielle Altstadt	10%	56%	30%	231%	11%	84%	32%	247%	24%	183%
Villen- und Beamtenviertel	15%	52%	73%	215%	23%	66%	103%	304%	34%	100%
Blöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	7%	92%	128%	376%	17%	51%	80%	235%	55%	160%
Werks- und Genossenschaftssiedlungen	4%	47%	66%	194%	24%	71%	101%	296%	68%	200%
Wohnungsbau der 50er Jahre	1%	260%	383%	1129%	32%	95%	148%	436%	70%	205%
Geschosswohnungsbau	6%	81%	126%	333%	14%	37%	53%	139%	69%	182%
Plattenbausiedlungen	2%	176%	308%	725%	19%	46%	73%	171%	95%	223%
Einfamilienhausgebiete	22%	91%	128%	376%	39%	116%	181%	533%	34%	100%
dörfliche und kleinteilige Strukturen	5%	201%	234%	826%	77%	273%	221%	782%	42%	148%
neuere Zweckbaukompexe	10%	32%	32%	442%	3%	37%	7%	92%	0%	0%
historische Zweckbaukomplexe	4%	52%	53%	737%	4%	62%	11%	153%	0%	0%
Gewerbe- und Industriegebiete	14%	124%	174%	1736%	7%	74%	12%	120%	0%	0%
Gesamtstadt	*100%*	*72%*	*83%*	*554%*	*10%*	*67%*	*35%*	*237%*	*14%*	*94%*

Maximal mögliche Deckungsgrade aus erneuerbaren Energien

Dabei ist zu beachten. dass in dieser Tabelle die jeweilige Energiequelle jeweils ausschließlich für die darunterstehende Energieart genutzt wird (z.B. bei wird bei der Sonnenenergie in der Tabelle davon ausgegangen. dass die Kollektoren entweder jeweils zu 100 % für die Wärmegewinnung oder zu 100 % für die Photovoltaik ausgenutzt werden; bei der Abwasserwärmerückgewinnung entweder ausschließlich zur Warmwasser- oder zur Wärmeerzeugung u.s.w.). Bei Solarwärme muss dazu ergänzt werden, dass die Prozente nur bei Speicherung sommerlicher Wärme in den Winter zutreffend sind, nach EnEV-Berechnung ca. 10% Solarenergie für Heizung nutzbar (bei normaler Speichergröße).

Der Warmwasserbedarf lässt sich in allen Stadtteiltypen und durch sämtliche erneuerbaren Energieträger im Prinzip vollständig decken. Unterschiede bestehen dabei in der Auswahl der dazu im Gebiet jeweils bevorzugt in Frage kommenden Energieträger.
Darum wird in der nachfolgenden Aufgliederung nach Stadtraumtypen nur auf die Versorgung mit Strom (Photovoltaik und Wärmeversorgung/Heizung) eingegangen.

Da die Photovoltaik in den Statteiltypen in der Regel nicht ausreicht den Bedarf zu decken und weil sie oftmals (Altstadt, Villen) aus denkmalrechtlich-städtebaulichen Gründen ausscheidet, soll sie, da wo Anlagen auf Dächern und Fassaden möglich sind, Vorrang haben.

Für die Stadtraumtypen ergeben sich aus der Tabelle *maximale Deckungsgrade* folgende Präferenzen:

Vorindustrielle Altstadt

- Deckungsgrad Strom rechnerisch durch Photovoltaik im Prinzip zu über 50 % möglich, aufgrund denkmalrechtlicher Anforderungen jedoch untergeordnete Rolle.
- Sonnenkollektoren zur Wärmeerzeugung sind in der Altstadt aufgrund der höheren Energieausbeute bei gleichem Flächenbedarf zur Warmwasserbereitung eher sinnvoll als PV-Module.
- Wärmeversorgung durch Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW), Erdwärmepumpen oder Gasbrennwertkessel. Nutzung von Abwasserwärme und Umgebungswärme insgesamt ein maßgeblicher Deckungsgrad erreichbar; als bivalentes System mit Brennwertkessel

Villen- und Beamtenviertel

- Photovoltaik und Sonnenkollektoren auf hohen Dächern und in vom Straßenraum nicht einsehbaren Bereichen möglich, abgeschätzter realistischer Anteil der technisch maximal möglichen Abdeckung: ca. 20% (Einzelfallabhängigkeit)
- Für die Villenviertel kommt hinsichtlich der Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien in erster Linie die Nutzung der Erdwärme in Frage, aber auch aus Nutzung der Restwärme von Abwasser stellt eine sinnvolle Ergänzung dar.
- Biomassenutzung mittels Pelletkessel (meist ausreichend Kellerräume vorhanden)

Gebiete der Gründer- und Vorkriegszeit

- in diesen Gebieten weitgehende Versorgung der Wohnungen mit Strom aus Photovoltaik-Anlagen erreichbar, abgeschätzter realistischer Anteil der technisch maximal möglichen Abdeckung: ca. 50%

- mit Abwasserwärmerückgewinnung und Erdwärme wäre eine vollständige Versorgung des Wärmebedarfs erreichbar
- Biomassenutzung mittels Pelletkessel (meist ausreichend Kellerräume vorhanden)

Werks- und Genossenschaftssiedlungen

- Photovoltaik erreicht Deckungsgrad von fast 50 %, jedoch Einschränkungen aus städtebaulich-gestalterischen Gründen
- Wärmeversorgung durch einen Mix aus Erdwärmepumpen, thermischer Solarenergie und Nutzung von Abwasserrestwärme vollständig möglich (> 100%)
- Nahwärmekonzepte mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) oder Biomasse (Hackschnitzel oder Pellets)

Wohnungsbau der 50er Jahre

- vollständige Versorgung von Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien möglich. Abgabe in übrige Stadtteile (Strom) erfüllbar; jedoch im gesamtstädtischen Kontext als Gebiet untergeordneter Flächenanteil (2,9%)
- Wärmeversorgung durch Wärmepumpennutzung komplett möglich
- Thermische Solaranlagen

Geschosswohnungsbau

- für Photovoltaik gut geeignet, Deckungsgrad bis zu 80 % möglich und sollte ausgenutzt werden
- Wärmeversorgung über Restwärme (Abwasser und Umwelt) zu 80% möglich, restliche Deckung durch Erdwärmepumpen
- Thermische Solaranlagen

Plattenbausiedlungen

- Stromversorgung aus Photovoltaik rechnerisch zu 100 % erreichbar und Überschuss für Verteilung (z.B. vorindustrielle Altstadt) vorhanden;
- Wärmeversorgung aus Restwärme (Abwasser und Umwelt) vollständig möglich
- Nahwärmesysteme (KWK, Biomasse)
- Thermische Solaranlagen

Einfamilienhausgebiete

- hoher Deckungsgrad Photovoltaik möglich.
- Wärmeversorgung durch Umgebungswärme und Abwasserwärme oder Erdwärme zu 100% möglich
- Biomassenutzung über Pelletkessel
- Thermische Solaranlagen

Dörfliche und kleinteilige Bereiche

- hohes Potential für Photovoltaik, potentieller Lieferant für andere Stadtteiltypen
- Wärmeversorgung über Wärmepumpen vollständig abzusichern
- Biomasse und thermische Solaranlagen

Neue Zweckbaukomplexe

- Stromversorgung durch Photovoltaik zu ca. einem Drittel möglich.
- Wärmeversorgung durch Erdwärmepumpen und Flächenheizung/-kühlung
- Abwasserrestwärmenutzung ohne einheitliche Kennziffer, da je nach Art der Nutzung große Unterschiede möglich

Historische Zweckbaukomplexe

- hoher Deckungsgrad Strombedarf aus Photovoltaik. jedoch ggf. denkmalrechtliche Einschränkungen.
- Wärmeversorgung vorrangig über Erdwärmepumpen und Umgebungsluft-Wärmepumpen zu ca. 15 % abdeckbar. Abwasserrestwärme zu differenziert für eine einheitliche Kennziffer.

Gewerbe- und Industriegebiete

- Energiebedarf wird vorrangig von großen externen Lieferanten gedeckt jedoch städtebaulich hohes Potential für die Installation von Photovoltaikanlagen. In Zukunft verstärkte Nutzung möglich, z.B. durch Solardachbahnen und Dünnschichttechnik (leichter, weniger Neigung erforderlich)
- Wärmeversorgung schwierig verifizierbar; je nach Gewerbetyp Wärmerückgewinnung unterschiedlich intensiv möglich. Erdwärmedeckungsgrad ca. 10%

Prinzipiell sollte bei jeglicher Anwendung von Wärmepumpen (über Erdsonden, Abwasser, Grundwasser oder Luft) auch eine Erhöhung des regenerativen Anteils im Strom (derzeit bei 15%) angestrebt werden.

Solardachbahn für gewerbliche Dächer, Quelle alwitra

Gesamtstadt

- **Warmwasserversorgung aus erneuerbaren Energien und KWK ist für die Gesamtstadt rechnerisch leicht erreichbar.**

- **Unterschiede bestehen in den Stadtraumtypen, da die Versorgung lokal erfolgt - je nach Stadtteiltyp ist Nutzung der dort jeweils städtebaulich und technisch geeignetsten Anlagen erforderlich.**

- **Photovoltaik könnte den Gesamtbedarf der Stadt technisch / rechnerisch (ohne Freiflächen) theoretisch zu 70% decken. Einschränkungen kommen jedoch durch städtebauliche/denkmalrechtliche Gründe auf.**

- **Die Deckung der Wärmeversorgung der Gesamtstadt (ohne Gewerbegebiete) ist in Summe technisch / rechnerisch zu zwei Dritteln aus erneuerbaren Energien möglich.**

2.1.3 Energetisches Szenario für die Zukunft von Naumburg (Saale)

Das folgende Szenario soll darstellen, welche Versorgungsmöglichkeiten für Strom, Wärme und Warmwasser langfristig bei entsprechend ambitioniertem Einsatz erneuerbarer Energien aus den diffusen (flächig über das gesamte Stadtgebiet verteilten, zur Zeit nicht eindeutig lokalisierten) Einträgen realisierbar sind.

- Sonnenenergie wird überwiegend in Strom umgewandelt, wobei die Anlagen nur in städtebaulich günstigen Stadtraumtypen - nicht in der vorindustriellen Altstadt und in den Villenvierteln sowie an historischen Zweckbauten nur anteilig eingesetzt werden.
- Die Wärmeerzeugung erfolgt vorrangig über Wärmepumpen (Umgebungsluft, Abwasser, Erdwärmesonden, Erdwärmekollektoren), Kraft-Wärme-Kopplung, teilweise unterstützt durch thermische Sonnenkollektoren.
- Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen werden sowohl über Biogas, als auch über Erdgas betrieben
- Es wird davon ausgegangen, dass in den nächsten 20 Jahren sukzessive die Heizungsanlagen erneuert werden und dabei die Wärmerückgewinnung (Wärmepumpeneinsatz) grundsätzlich berücksichtigt wird.
- Bei der Wärmerückgewinnung aus Abwasser wird davon ausgegangen, dass diese vorrangig in Wohnblöcken (Genossenschafts-, Geschosswohnungs- und Plattenbauten) erfolgt, in den übrigen Bauformen/ Stadtteiltypen nur teilweise zum Einsatz kommt.
- Erdwärmepumpen werden in diesem Ansatz in den Stadtteiltypen in unterschiedlichem Maß eingesetzt, in der Altstadt untergeordnet, in den Einfamilienhaus- und Villenvierteln sowie den Gründerzeitvierteln mit Freiflächen häufiger, ansonsten bivalent zur Ergänzung der Wärmegewinnung .
- Der Warmwasserbedarf wird über thermische Solarkollektoren, über KWK und über Wärmepumpen (bei höherem regenerativem Stromanteil) gedeckt sein.
- Von den derzeit genutzten fossilen Energieträgern werden Öl und Kohle weiter rückläufig sein, Erdgas wird in den nächsten Jahren für Brennwertkessel und BHKW eine wichtige Rolle spielen, ggf. wird Biogas in Erdgasqualität zur Verfügung stehen
- Durch die dörflich-kleinteiligen Gebiete und die Gewerbe- und Industriegebiete (Dachflächen) sowie brachliegende Freiflächen können Energiedefizite in der Innenstadt ausgeglichen werden.
- Plattenbau-, mehrgeschossige Wohnungen (60er Jahre) und Einfamilienhausgebiete könnten überwiegend den eigenen Bedarf an Strom und Wärme selbst regenerativ decken

2.2 Stadtbeleuchtung

Durch die Stadtverwaltung Naumburg wurden im Fachbereich Stadtentwicklung und Bau mit dem Sachgebiet kommunale Dienstleistungen Möglichkeiten der Einsparung der Kosten bei der Stadtbeleuchtung und somit der Einsparung von Energie und Kohlendioxidausstoß ermittelt.
Bei der Beschäftigung mit unterschiedlichen Methoden und Anbietern stellte sich heraus. dass das System „Dimmlight“ ein entsprechend gutes Potential aufzuweisen schien. Dass dieses von einem Anbieter aus der Region (aus Zerbst) stammt, war ein zusätzlicher Anstoß, dieses auf Tragfähigkeit für die Stadt Naumburg zu testen.

Dieser Test erfolgte im Wohngebiet Flemminger Weg bei 155 Lampen mit folgendem Ergebnis:

Feldversuch Einsatz Dimmlight Baugebiet Flemminger Weg

	Anzahl Lampen	Material-kosten	Hochtarif kWh/a *) ungedimmt	Niedrigtarif kWh/a *) ungedimmt	Hochtarif kWh/a *) gedimmt	Niedrigtarif kWh/a *) gedimmt
	155	8.450 €	13.657	20.530	9.213	7.921
Einsparung					**17.053 kWh/a**	
Verbrauchskosten			3.133 €	2.496 €	2.114 €	963 €
Einsparung					**2.553 €**	
CO_2 kg/a			7.512	11.292	5.067	4.356
Einsparung CO_2 kg/a					**9.379 kg/a**	

Ergebnis Feldversuch Einsatz Dimmlight Flemminger Weg
*) hochgerechnet aus Testzeit (194 Testtage vom 20.5. bis 30. 11.2008 entspr. 365/194)

Es wurden 2.553 € und 9.3 t CO_2 eingespart. Bei Investitionskosten von 54,50 € je Lampe (ohne Arbeitsaufwand Installation durch Mitarbeiter kommunale Dienstleistungen) ergibt sich eine:

Amortisationszeit von 3,3 Jahren

<u>Empfehlung:</u> Schnellstmögliche Umsetzung der Maßnahme Dimmlight-System.

Umgerechnet auf den Verbrauch der Stadtbeleuchtung auf die Gesamt-Kernstadt ohne Ortsteile ergibt sich folgendes Einsparpotential:

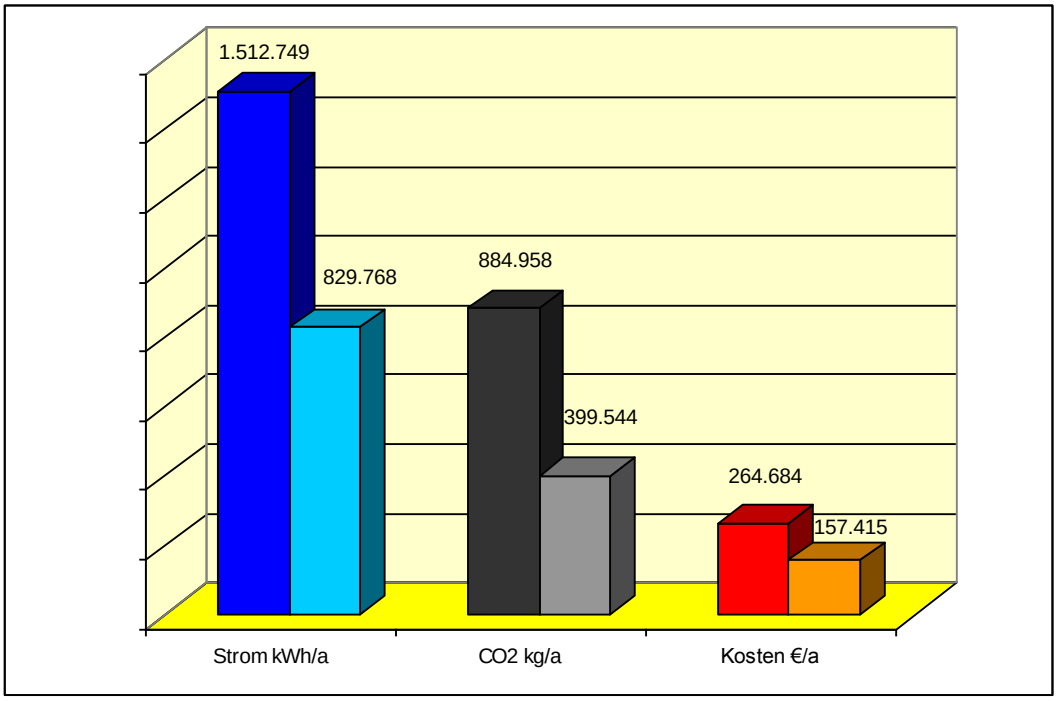
Gesamtverbrauch Straßenbeleuchtung ohne Ortsteile
Berechnung aus Angaben SG Kommunale Dienstleistungen Mai 2008

	Hochtarif kWh/a	Niedrigtarif kWh/a
	748.919	763.830
	1.512.749	
Minderung kWh gedimmt	524.265	305.503
	829.768	
Kosten € ungedimmt	171.802.02 €	92.881.73 €
	264.683 €	
Kosten € gedimmt	120.266.29 €	37.149.21 €
	157.415 €	
Minderung Kosten	51.535.72 €	55.732.52 €
	107.268 €	
CO_2 kg/a *) ungedimmt	438.117.6	446.840.6
	884.958.2	
CO_2 kg/a *) gedimmt	306.694.78	178.719.47
	485.414.25	
Minderung CO_2 kg/a	131.423	268.121
	399.543.92	

Auswirkungen Einsatz Dimmlight-System (Quelle: SG kommunale Dienstleistungen 2008)

*) Für 2008 wird ein spezifischer CO_2-Faktor entsprechend einer Hochrechnung zwischen 580 -590 g/kWh erwartet (Quelle. Umweltbundesamt).

Das folgende Diagramm stellt die Auswirkung des Einsatzes des Dimmlight-Systems in der Kernstadt zusammengefasst dar:



Minderung von Verbrauch. CO_2 und Kosten (Datenquelle: SG kommunale Dienstleistungen)

2. 3 Praktische Umsetzung der potentiale, Standortbeispiele (Einsparung, Effizienz, Erneuerbare Energien)

Potentiale EEE	Einsatzmöglichkeiten in Naumburg
Biomasse Kleinanlagen	großes Potential bei Pellet- und Hackschnitzelanlagen, Umstellung in Ein- und Mehrfamilienhäusern nach Erneuerung der 1. Gas- oder Ölkesselgeneration
Biomasse Großanlagen	mittleres bis großes Potential bei Nah- od. Fernwärme, Stromerzeugung über ORC- u. Vergasungsanlagen, nachhaltige Versorgung über Kurzumtriebsplantagen
Solarenergie, thermisch	großes Potential zur Unterstützung der Warmwasser-bereitung, Heizungsunterstützung und zur Solaren Kühlung, Potential auf ca. 50% der Dächer
Solarenergie, Photovoltaik	großes Potential für solare Stromerzeugung, auf Dächern von Wohn-, Gewerbe- und Industriegebäuden, neue Möglichkeiten bei Hallendächern
Erdwärme, oberflächennah	großes Potential bei Neubauten, mittleres Potential bei Bestandsbauten momentan, langfristig großes Potential
Erdwärme, Tiefengeothermie	zur Beheizung (1000-2000m Tiefe) nicht geeignet, zur Beheizung und Stromerzeugung (4000-5000m Tiefe) prinzipiell geeignet, bisher 2 Pilotanlagen in Dtl.
Wasserkraft	geringe Strömungsgeschwindigkeit der Saale im Bereich der Stadt Naumburg, wirtschaftliche Nutzung im Bereich Bad Kösen und Öblitzschleuse möglich
Kleinwindkraftanlagen	geringes Potential, teilweise günstig, je nach Lage des Grundstückes, momentan geringe Einspeisevergütung, bei höherer Vergütung mittleres Potential
Windkraftanlagen	mittleres Potential Gemäß Flächennutzungsplan
Kraft-Wärme-Kopplung	mit Erdgas: großes Potential mit Biomasse: mittleres Potential (Biogas, Pflanzenöl) in Verbindung mit Nahwärmeanlagen
Energieeinsparung, Energieeffizienz	mittleres bis großes Potential durch energetische Sanierungsmassnahmen und energiesparendere und und effizientere Technik

Die Stadt Naumburg verfügt über zahlreiche Potentiale zur energetischen Sanierung der Stadt, welche in der Zukunft verstärkt genutzt werden können und müssen.

2.3.1 Maßnahmen zur Energieeinsparung

Bauliche Potentiale zur Energieeinsparung

Der energetische Zustand der Gebäude in Naumburg sieht so aus, dass ein Teil der Gebäude saniert oder neu gebaut ist und schon einen Heizenergiebedarf von unter 100 kWh/m²a aufweist. Der überwiegende Altbaubestand ist aber energetisch gering saniert (neue Fenster, Gas- oder Ölheizung, ggf. Dachdämmung) und der durchschnittliche Heizenergieverbrauch wird wie in Sachsen-Anhalt insgesamt bei ca. 130 kWh/m²a liegen.
Teilweise liegen die Heizenergieverbräuche schon im Bereich der jetzt gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV 2009), z.B. bei der Naumburger Wohnungsbaugenossenschaft (WBG). Diese Häuser haben eine durchschnittlichen Heizenergiebedarf von 62,5 kWh/m²a und damit für die Mieter geringe Nebenkosten. Diese Gebäude sind aber überwiegend DDR-Plattenbauten, welche eine hohe Kompaktheit aufweisen und wo eine Außendämmung unproblematisch möglich ist, was bei den meisten Altbauten nicht der Fall ist.

Wärmedämmung
Durch Wärmedämmung der Hüllflächen Dach, Außenwände, Fenster mit niedrigerem U-Wert (Wärmedurchgangswert)und Dämmung der Kellerdecke bzw. des Fußbodens im EG lassen sich die Heizwärmeverluste eines Gebäudes um 50% und mehr verringern.

Während eine Dämmung des Daches, neue Fenster und Dämmung Fußboden EG auch im Altbau relativ einfach möglich ist, so ist eine Außenwanddämmung teilweise nicht möglich, ohne den Charakter der Häuser zu zerstören. Hier kann also nur mit einer Innendämmung gearbeitet werden, was einer bauphysikalischen Untersuchung (Wasserdampfdiffusion) und behutsamen Herangehensweise bedarf. Empfehlenswert sind hier diffusionsoffene Dämmstoffe wie Kalziumsilikat, Mineraldämmplatten oder Holzfaser/Lehm-Verbindungen. Diese Dämmstärken können allerdings nicht so groß sein wie bei einer Außendämmung, tragen aber auch zu einem erheblichen Teil zur Energieeinsparung bei. Oft ist eine Außendämmung der Gebäude zumindest im Hofbereich möglich, wenn dort einfachere Fassaden anzutreffen sind. Dies muss im Einzelfall geprüft werden.

Gemäß ***EnEV 2009*** (gültig seit 01.10.2009) muss bei der ***Sanierung von Altbauten*** der Jahres-Primärenergiebedarf um mind. 30% gesenkt werden. Dies kann entweder durch 30%-ige Verbesserung der Gebäudehülle oder durch nur mind. 15%ige Verbesserung der Gebäudehülle und technische Maßnahmen geschehen.

Folgende verbindliche Festlegungen wurden für energetische Modernisierungsmaßnahmen von Altbauten beschlossen.

1. Dämmung des Daches, oder:

2. Wärmedämmung oberster *nicht begehbarer* Geschossdecken: Verschärfung der Qualität der Wärmedämmung (statt bisher 0,30 Watt/(m²K) künftig mindestens 0,24 Watt/(m²K))

3. Wärmedämmung oberster *begehbarer* Geschossdecken (Pflicht bis spätestens Ende 2011).

Um bei Altbauten die größten energetischen Schwachstellen und ggf. auch Bauschäden zu ermitteln, sind Aufnahmen mittels ***Thermographie*** der Gebäude und Gutachten dazu eine wirkungsvolle Möglichkeit.

Neubauten

Für Neubauten gilt ab Oktober 2009 die Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009) und es ist ein max. Heizenergieverbrauch von 60 kWh/m²a vorgeschrieben. Durch das EEWärmeG (Erneuerbare Energien-Wärme-Gesetz) ist auch vorgeschrieben, dass gewisser Anteil des Wärmebedarfs über regenerative Energien (z.B. thermische Solaranlagen, Wärmepumpen, Pelletkessel) abgedeckt wird. In einigen Städten, z.B. Leipzig und Radebeul geht man bei den öffentlichen Gebäuden mit gutem Beispiel voran und es dürfen städtische Neubauten nur noch in Passivhausbauweise errichtet werden.

Neubauten sollten bei Satteldächern in Nord-Süd-Ausrichtung errichtet werden. Die rechtskräftigen Bebauungspläne sollten dahingehend überprüft und dies bei der Aufstellung neuer Bebauungspläne berücksichtigt werden.

Da in den nächsten Jahren allerdings kaum neue Gebäude in Naumburg geplant sind, besteht die Herausforderung in Naumburg hauptsächlich in der energetischen Sanierung der Altbauten.

Die bauliche energetische Sanierung sollte der technischen Sanierung vorangehen, weil dadurch technische Komponenten von vornherein kleiner ausgelegt werden können.

Technische Potentiale der Energieeinsparung

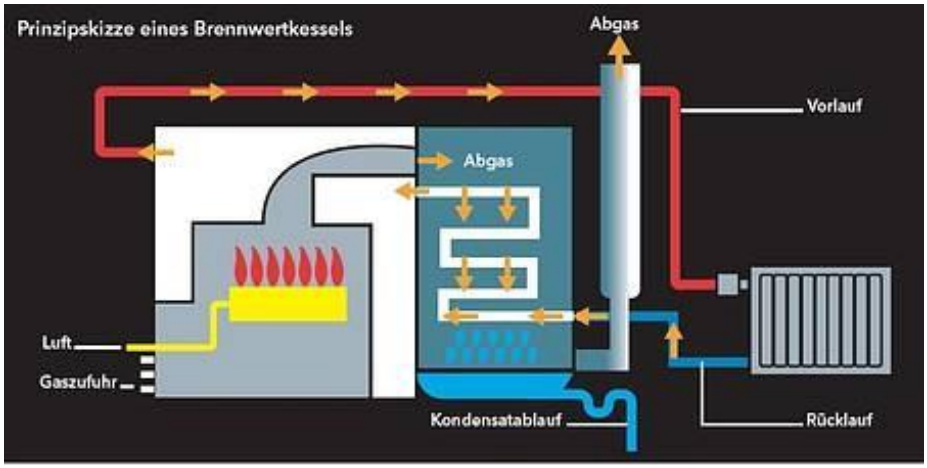
Austausch von Heizungsanlagen

Viele Heizungsanlagen wurden Anfang der 1990èr Jahre in Form von Öl- oder Gasheizungen, meist als Niedertemperatur- oder Konstanttemperaraturkessel mit Wirkungsgraden zwischen 85 bis 93% (bezogen auf den unteren Heizwert) installiert. Ca. 3-5% der Wohnungen in der Stadt werden noch mit Braunkohleöfen beheizt. Man kann davon ausgehen, dass die 15-20 Jahre alten Kessel in den nächsten Jahren ausgetauscht werden müssen.

a) Gasbrennwertkessel

Der Mindeststandard bei Austausch der alten Heizungsanlage sollte der Gasbrennwertkessel sein. Dieser hat mit 102 – 107% einen höheren Wirkungsgrad als Niedertemperaturkessel, weil die Energie des Abgases ausgenutzt wird. Er ist der effizienteste von allen Verbrennungskesseltypen und es sind dadurch Verbrauchssenkungen von 10-13% möglich. Desweiteren wäre zu empfehlen, in der Innenstadt die Gebäude, welche jetzt noch eine Ölheizung besitzen, auf Erdgas für Brennwertkessel oder BHKW oder auf eine Wärmepumpenheizung, ggf. Pelletsheizung umzustellen. Erdgas ist zwar auch ein fossiler Brennstoff, hat aber gegenüber Öl weniger Schadstoffe (z.B. weniger CO_2-Ausstoß, kein Ruß) und die Reichweite ist länger (siehe Vorwort).

Gemäß EnEV dürfen Heizkessel, die vor dem 1.10. 1978 gebaut worden sind, ab Oktober 2009 nicht mehr betrieben werden.



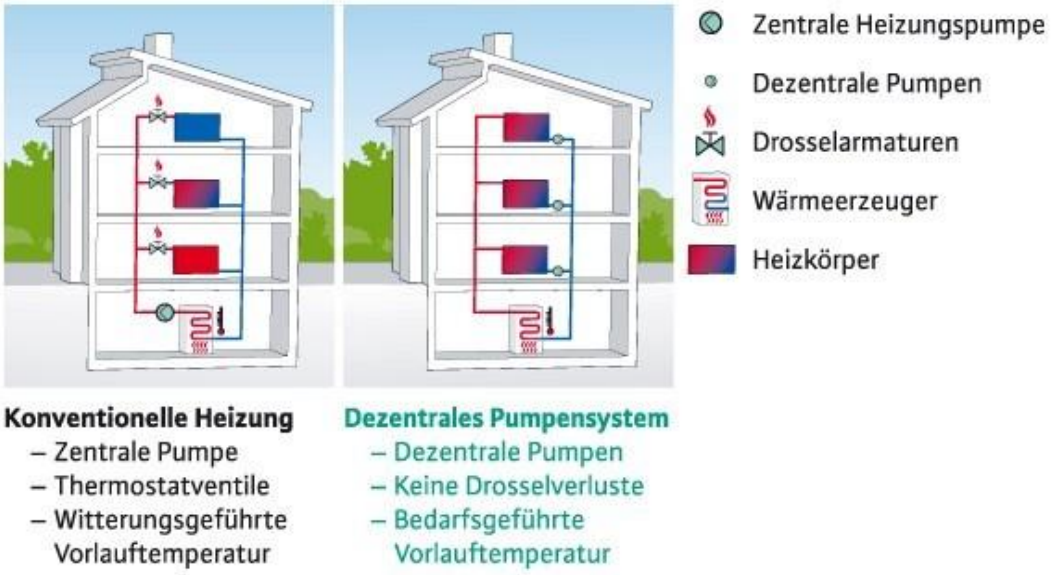
Quelle: Effiziento Haustechnik

b) Überprüfung der Pumpensysteme

Seit Mitte der 1990er Jahre sind drehzahlgeregelte Umwälzpumpen Standard geworden, diese sind aber noch nicht überall eingesetzt. Hier sollte eine Überprüfung erfolgen und nichtdrehzahlgeregelte Pumpen sollten durch energiesparende ***drehzahlgeregelte Pumpen mit ECM-Technologie*** ersetzt werden. Durch Einbau solcher Pumpen sind Einsparungen bei der elektrischen Pumpenenergie bis zu 80% möglich.

In vielen Heizungsanlagen wurde kein **hydraulischer Abgleich** durchgeführt, so dass die Wärme ungleichmäßig verteilt wird und die Heizungsanlage unnötige Verluste hat bzw. einige Heizkörper ggf. unterversorgt sind. Hier wäre eine Überprüfung und ein nachträglicher hydraulischer Abgleich bei herkömmlichen zentralen Pumpensystem ratsam.

Seit Sommer 2009 ist auch das ***dezentrale Pumpensystem Geniax*** *(Hersteller Wilo)* auf dem Markt. Dabei besitzt jeder Heizkörper bzw. jeder Fußbodenheizkreis eine eigene Minipumpe mit max. 3,5 W Leistung, die nur bei wirklichem Bedarf den Heizkörper versorgen. Dadurch verringern sich die Druckverluste im Heizsystem und jeder Heizkörper bzw. Heizkreis bekommt nur die Wärmemenge, die er wirklich benötigt. Durch dieses System werden Einsparungen von durchschnittlich 20% gegenüber dem herkömmlichen zentralen Pumpensystem erzielt. Diese Form des Pumpensystems wäre bei Neubauten oder Sanierungen ratsam (Kabelverlegung, Raumregler usw.).



Vergleich zentrales und Dezentrales Pumpensystem Geniax, Quelle Wilo

c) Wärmedämmung der technischen Anlagen

In vielen Altbauten sind die Heizungs- und Warmwasserleitungen und Armaturen nicht oder nur ungenügend gedämmt. Gemäß EnEV 2009 besteht für ungedämmte Heizungs- und Warmwasserleitungen in ungeheizten Räumen bei Bestandsbauten eine Nachrüstpflicht der Wärmedämmung, um die Wärmeverluste zu begrenzen.

d) Einhaltung der EnEV-Bestimmungen

In der EnEV 2009 wurden Regelungen zur Kontrolle und des Vollzugs der Bestimmungen festgelegt:

- Einführung von Unternehmererklärungen, d.h. der Unternehmers muss gegenüber dem Eigentümer bestätigen, dass die Vorgaben der EnEV bei der baulichen oder anlagentechnischen Modernisierung von Altbauten eingehalten wurden

- Pflicht zur Vorlage der Unternehmererklärung auf Verlangen der zuständigen Behörde; die Nichtausstellung einer Unternehmererklärung ist eine Ordnungswidrigkeit

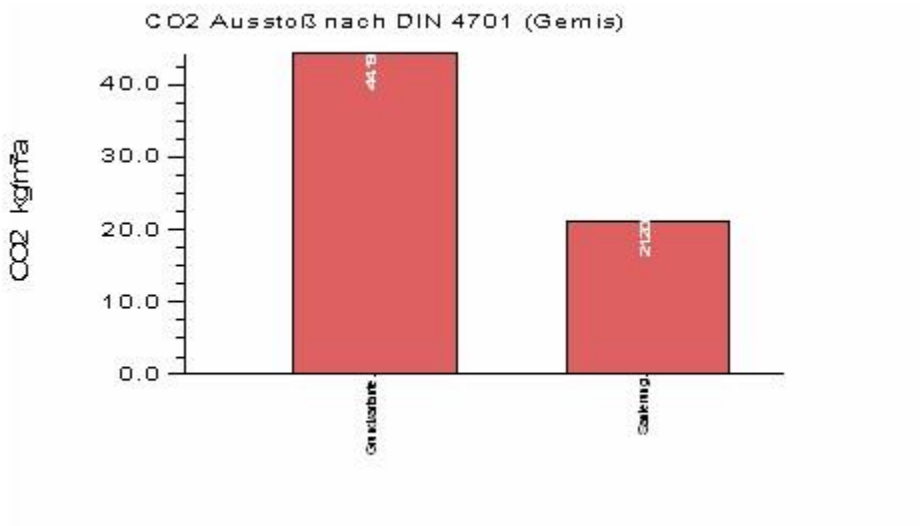
- Beauftragung der Bezirksschornsteinfegermeister mit der Durchführung von Sichtprüfungen an heizungstechnischen Anlagen (z. B. Prüfung, ob alter Heizkessel pflichtgemäß ausgetauscht wurde, ob drehzahlgeregelte Pumpen eingebaut oder die Heizleitungen gedämmt sind). Er weist den Eigentümer bei Nichterfüllung seiner Pflichten auf diese hin und setzt Fristen zur Erfüllung dieser fest. Bei Nichterfüllung dieser Pflichten informiert der Schornsteinfeger die zuständige Behörde.

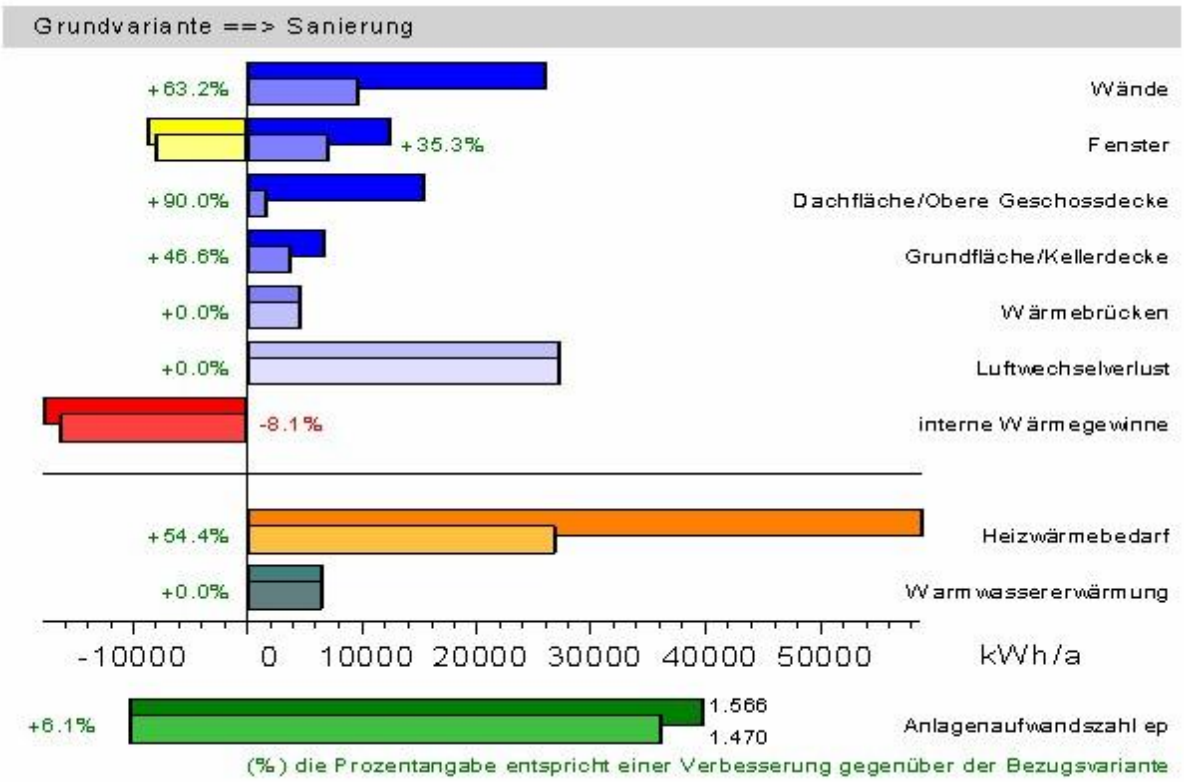
Beispiel : erreichbare Energieeinsparungen bei einem typischen denkmalgeschützen Altbau vor und nach der energetischen Sanierung

Randbedingungen:	innerstädtisches Reihenhaus, 4 Etagen mit je 125 m²
unsaniert	36-er Außenwände ungedämmt, Vollziegel, Innen- und Außenputz, Doppelfenster, Dachgeschossdecke mit Lehmfüllung Nutzfläche 500 m², Kellerdecke ungedämmt

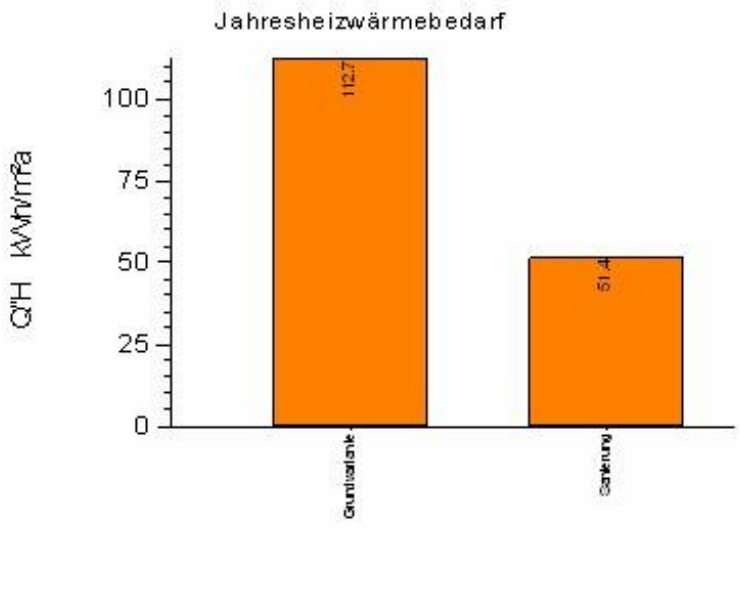
Variante	Einheit	unsaniert	nach Sanierung	Maßnahme
U-Wert Außenwand	W/m²K	1,37	0,50	Dämmung 5 cm WLG 040
U-Wert Fenster	W/m²K	2,50	1,40	neue Fenster Iso-Vergl.
U-Wert Decke zum Dach	W/m²K	1,80	0,18	Dämmung 20 cm WLG 040
U-Wert Fußboden EG zum KG	W/m²K	1,40	0,48	Dämmung 4 cm WLG 035
Heizung		NT-Kessel	Brennwertkessel	Kesseltausch

Variante	Einheit	unsaniert	nach Sanierung
Primärenergieverbrauch	kWh/m²a	196,00	93,90
Q"p max nach EnEV Altbau	kWh/m²a	110,20	110,20
Transmissionswärmeverlust H'T	W/m²K	1,51	0,58
T max nach EnEV Altbau	W/m²K	1,09	1,09
Heizenergieverbrauch Q"H	kWh/m²a	112,70	51,40
Heizleistung	kW	34,70	19,40
CO_2	kg/m²a	44,19	21,20
NOx	kg/m²a	0,036	0,017
Nutzfl.	m²	522,24	522,24
QEndenergie	kWh/a	91.232	43.507
qEndenergie	kWh/m²a	174,7	83,3
Energiekosten ca.	**€/a**	**6.600**	**3.200**





Verbesserung des energetischen Zustandes des Gebäudes nach der energetischen Sanierung nach Bauteilen



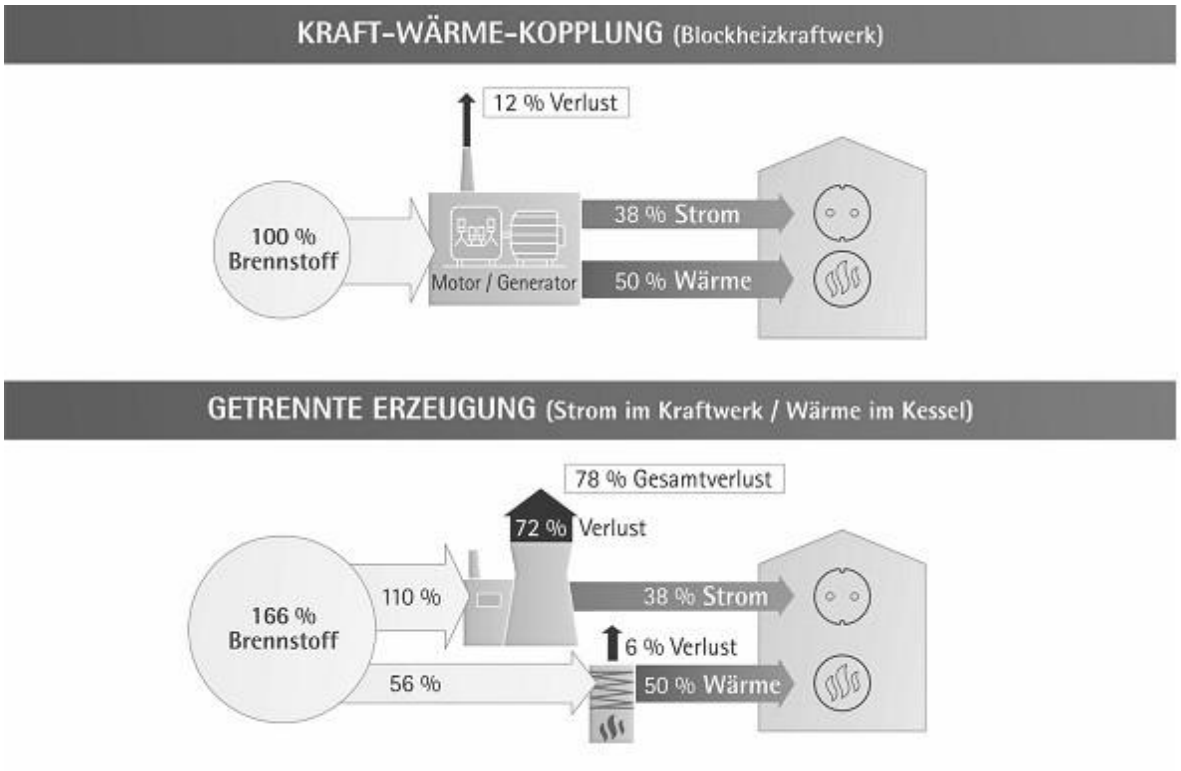
Senkung der Wärmeverluste und der Energiekosten nach der energetischen Sanierung
(ohne Solaranlage, dezentrales Pumpensystem oder Kraft-Wärme-Kopplung)

<u>Fazit:</u> Bei einer energetischen Sanierung eines denkmalgeschützten Altbaus ist eine Senkung der Heizkosten um ca. 45% und mehr möglich, ohne den Charakter des Gebäudes zu verändern. Weitere Senkungen sind durch neue Technologien (Wärmepumpe, BHKW, Solaranlage, dezentrales Pumpensystem usw.) möglich.

2.3.2 Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz

a) Kraft-Wärme-Kopplung

Die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und Strom wird ***Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)*** genannt. Bei der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) treibt ein Motor einen Generator an, welcher Strom produziert. Gleichzeitig wird mit der Abwärme von Motor und Abgas Heizwärme erzeugt. Die Effizienz der Primärenergieausnutzung ist bei der Kraft-Wärme-Kopplung wesentlich höher als bei der konventionellen getrennten Erzeugung von Wärme und Strom.

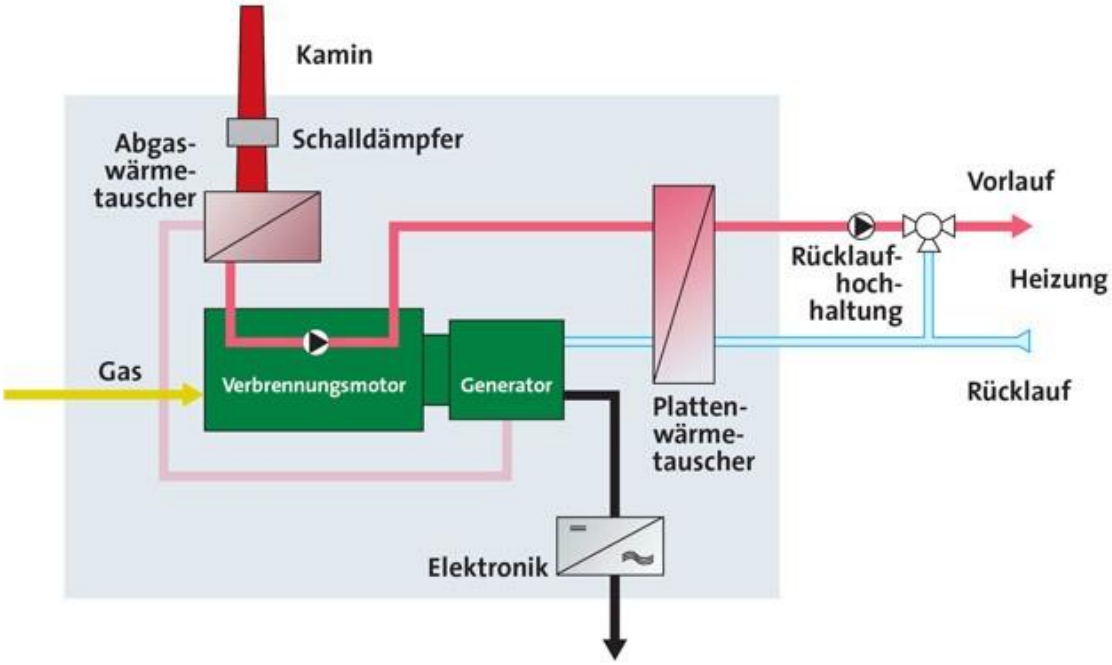


Kraft-Wärme-Kopplung und getrennte Energienutzung, Quelle Bundesverband KWK

In der Gebäudetechnik kommen meist ***Blockheizkraftwerke***, kurz ***BHKW*** genannt, zum Einsatz. Blockheizkraftwerke arbeiten mit robusten Otto- oder Dieselmotoren und sie sind von Leistungen ab 5 kW (das Zuhause-Kraftwerk) bis zu 10 MW (Versorger) zu erhalten.

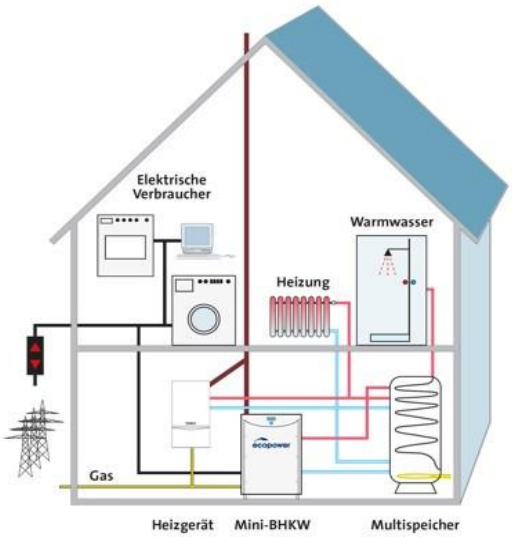
Die BHKW werden sowohl mit Erdgas, Biogas, Öl, RME (Biodiesel) als auch reinem Pflanzenöl betrieben. Je nachdem, welche Primärenergie eingesetzt wird, erfolgt auch eine unterschiedliche Bewertung des Primärenergiefaktors f_P.

KWK mit fossiler Primärenergie: $f_P = 0{,}7$
KWK mit erneuerbarer Primärenergie: $f_P = 0{,}0$



Prinzip Motor-Klein-BHKW, Quelle Vaillant

Ideal sind BHKW dort, wo ein relativ hoher Strombedarf nötig ist und gleichzeitig auch im Sommer Wärme benötigt wird, z.B. Hallenbäder oder Kliniken oder wo die Abwärme zur Kälteerzeugung genutzt wird. Aber auch für den Ein- und Mehrfamilienhausbereich sind inzwischen etliche Mini- und Klein-BHKW mit teilweise modulierendem Betrieb auf dem Markt.



Einbindung eines BHKW in das Heizsystem, Quelle Vaillant

Insbesondere bei Altbauten, bei welchen die baulich-energetischen Sanierungsmaßnahmen begrenzt sind, ist der Einsatz dieser Geräte zu empfehlen. Jedes Gebäude kann damit seine eigene Wärme und seinen eigenen Strom in der Heizperiode erzeugen und den überschüssigen Strom ins Netz einspeisen. Dieser wird nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWK-Gesetz, Anlage 5.1.5 vergütet).

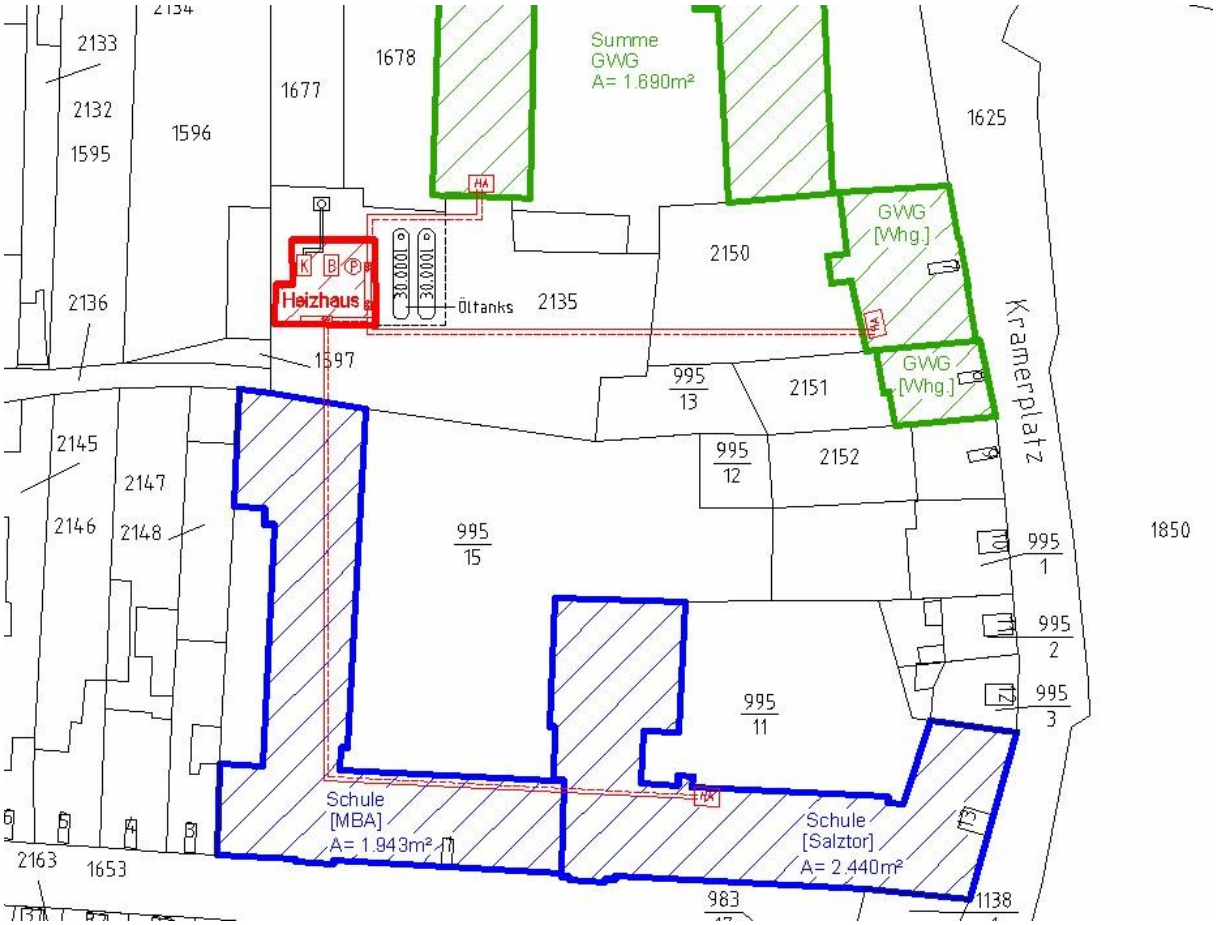
Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der Vorstoß der Firmen VW und Lichtblick, welche gemeinsam in den nächsten Jahren zigtausende Haushalte und Gebäude mit hocheffizienten BHKW

ausrüsten wollen, die dann vernetzt in der Summe zu einem ***virtuellen Großkraftwerk*** zusammengeschlossen werden. Für einen Pauschalbetrag von rund 5.000 € (bisherige Kosten ca. 14.000 – 17.000€) wird von Lichtblick-Technikern die alte Heizung entsorgt und durch ein VW-BHKW incl. Wärmespeicher, Daten- und Stromnetzanschluss ersetzt und durch den Kunden wird nur die tatsächlich verbrauchte Heizungswärme - welche deutlich billiger sein soll als die bisherige Gasrechnung - bezahlt. Mit optimierter Regeltechnik soll das System dann so arbeiten, dass die Anlagen dann möglichst aufgeheizt werden, wenn am Markt der größte Strombedarf besteht (Quelle Spiegel Nr.37/2009 vom 07.09.2009)

Einsatzmöglichkeiten für Kraft-Wärme-Kopplung bestehen in Naumburg prinzipiell in jedem Gebäude, besonders in Gebäuden mit konventionellen Heizkörpern und hohen Vorlauftemperaturen (Altbauten), in Gebäuden mit hohem Strombedarf und in Gebäuden mit Kältebedarf, z.B. dem Krankenhauskomplex Klinikum Burgenland.

Beispiel für Technische Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfes mittels Kraft-Wärme-Kopplung - Nahwärmeversorgung Salztor mit BHKW

Die Nahwärmeversorgung – d.h. eine Wärmezentrale, die über ein Nahwärmenetz mehrere Gebäude miteinander verbindet - bietet die notwendige Infrastruktur, um erneuerbare Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Abwärme sehr vorteilhaft in die Wärmeversorgung der Gebäude zu integrieren.



Lageplan Nahwärmeversorgung Salztorschule

Vorteile gegenüber dezentraler Wärmeversorgung je Gebäude

- Flexibilität bei der Wahl von Energieträger und Wärmeerzeugungstechnik
- Erweiterungen, Änderungen nach neuestem Technikstand kommen allen Gebäude zugute, werden aber nur in der Heizzentrale ausgeführt
- Komfort und Platzersparnis bei den Wärmeabnehmern
- Professionelle Betriebsführung, Wartung und Instandhaltung durch Betreiber der Wärmeversorgung

In der bestehenden Nahwärmeversorgung versorgen 2 Niedertemperaturkessel (Erdgas / Öl) über erdverlegte Wärmeleitungen 2 Schulgebäude und mehrere Wohngebäude der GWG.
(s. Lageplan)

Vorliegendes Rechenbeispiel basiert auf den Wärmeverbrauchswerten der Jahre 2006/2007 (keine komplette Nutzung der Schulräume).
Das eingesetzte BHKW wird wärmebedarfsgerecht geführt und erzeugt die Grundlast. Der gleichzeitig erzeugte Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist.
Die Spitzenlast der Wärme wird mit einem Brennwertkessel (Erdgas) erzeugt.

Wärmebedarf:	ca. 540 kW
BHKW:	31 kW elektrische Leistung
BHKW:	56 kW therm. Leistung

Gesamtwärmebedarf:	1.014 MWh/a
Wärmeerzeugung BHKW:	365 MWh/a
Stromerzeugung BHKW:	202 MWh/a
Laufzeit:	7.021 h/a

Brennstoffbilanz Strom und Wärme:

BHKW/Spitzenkessel:	1.340 MWh/a
Heizkessel/Kraftwerk:	1.637 MWh/a

Wirtschaftlichkeitsvergleich: (jährliche Kosten)

BHKW/Spitzenkessel:	**80.685 €/a**
Heizkessel/Kraftwerk:	**89.531 €/a**
Amortisationszeit:	4,3 a

Schadstoffbilanz (CO_2)

BHKW/Spitzenkessel:	**268 t/a**
Heizkessel/Kraftwerk:	**326 t/a**

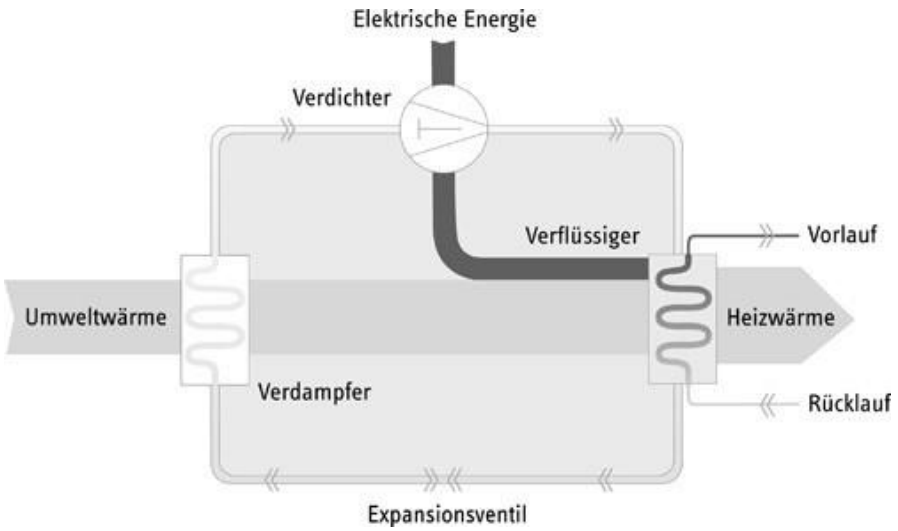
b) Austausch ineffizienter Lüftungs- und Kälteanlagen

Bei Gebäuden mit Klima- und Kältetechnik sollte überprüft werden, ob größere Lüftungsanlagen ohne Wärmerückgewinnung durch Lüftungsanlagen mit effizienter Wärmerückgewinnung bzw. Kälteanlagen mit geringer Arbeitszahl ausgetauscht werden können.

c) Einsatz von Wärmepumpen

Effizienter als Öl- und Gasheizungen sind neben den BHKW bei Niedertemperaturheizungen (Vorlauftemperaturen bis 45°C) Kompressions- oder Gas-Wärmepumpen.

Die wesentlich häufiger eingesetzte ***elektrische Kompressionswärmepumpe*** setzt sich für die Gebäudeheizung bei Niedertemperaturheizungen insbesondere bei Neubauten immer mehr durch. Bei 0°C Wärmequellentemperatur auf der Verdampferseite und 35°C Wärmesenkentemperatur (Vorlauftemperatur Heizung) werden Leistungs- und Arbeitszahlen über 4 erreicht, d.h., dass ca. mit 75% Umweltenergie und ca. 25% Elektroenergie 100% Wärme erzeugt wird. Wird der Elektroanteil mittels regenerativ erzeugten Strom erbracht, dann arbeitet die Wärmepumpe auch als regenerative Heizung.



Prinzip der Kompressions-Wärmepumpe, Quelle Stiebel Eltron

Wärmepumpenanlagen sind bei Randbedingungen mit ausreichend hoher Leistungszahl von Energiepreissteigerungen beim Strom somit nur zu 20-30% betroffen, da ein Großteil der Heizenergie Umweltenergie ist. Sie sind aber nur sinnvoll, wenn die Jahresarbeitszahl JAZ (= Heizenergie / aufgebrachte Elektroenergie) eine bestimmte Größe erreicht.
Strom liegt 2009 im Mittel beim CO_2-Ausstoß mit 0,683 kg/kWh deutlich höher als Erdgas mit 0,247 kg/kWh wird aber andererseits nur zu einem Teil für die Heizenergieerzeugung benötigt.

0,683 / 0,247 = 2,76

Daraus resultiert, dass die Jahresarbeitszahl JAZ der Wärmepumpe bei Einsatz konventionellen Stromes größer sein muss als 2,76 damit sie eine ökologisch sinnvollere Variante gegenüber dem Gas-Brennwertkessel darstellt.
In die Vergleichsbilanz des JAZ muss auf der Stromseite sowohl der Verdichter der Wärmepumpe als auch die elektrische Energie auf der Primärseite (z.B. Pumpe Erdsondenkreislauf oder Ventilator+Pumpe bei der Luft-Wasser-Wärmepumpe) mit einbezogen werden.
Auch aus ökonomischer Sicht ist eine größere Leistungszahl erforderlich. Bei einem Strompreis von 18,8 ct/kWh brutto (TWN) und einem Gaspreis von 8 ct/kWh wird eine JAZ von mindestens 2,35 erforderlich, damit die Betriebskosten günstiger als die eines Gaskessels sind. Da Wärmepumpenanlagen höhere Investitionskosten als Brennwertkessel haben sind für die Wirtschaftlichkeit Leistungszahlen von 3,5 bis 4 und höher erforderlich.
Diesen Umständen hat der Gesetzgeber Rechnung getragen und fördert z.B. Neubauten mit Sole-Wasser-Wärmepumpen erst ab einer Jahresarbeitszahl von mind. 4,0 (siehe Kapitel 5 Förderungen).

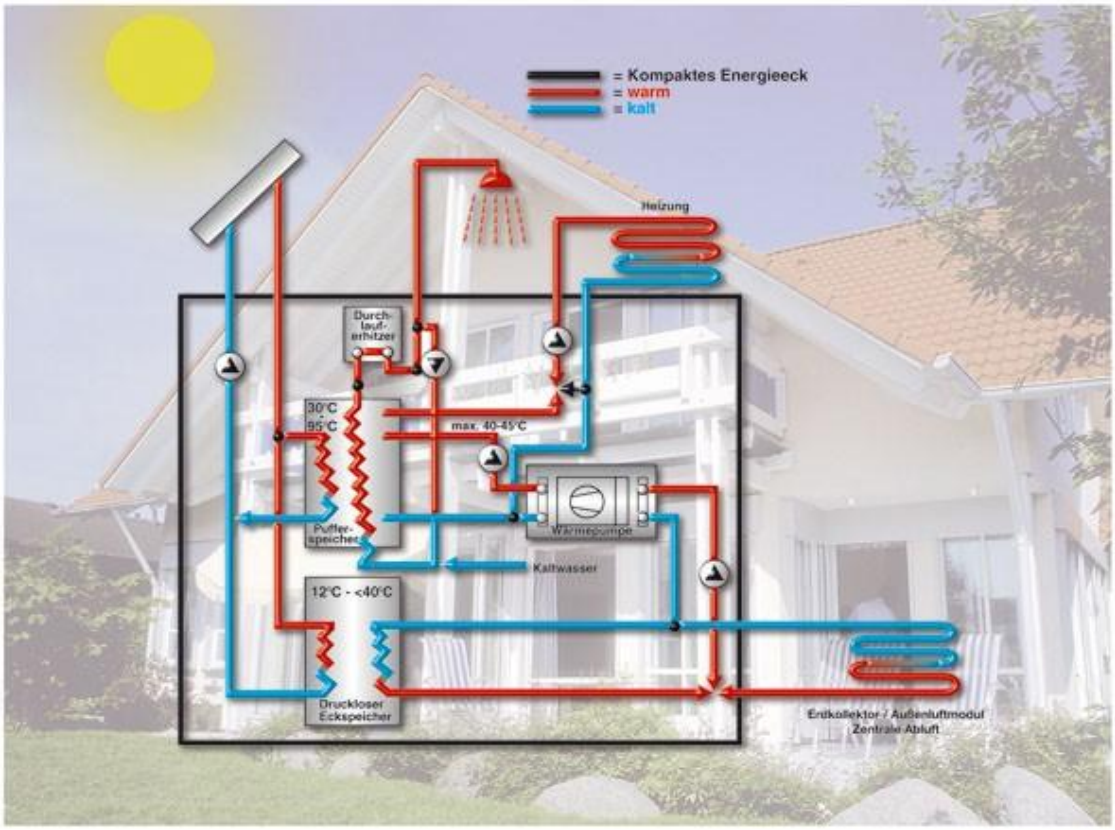
Beispielvergleich für ein Mehrfamilienhaus mit Niedertemperaturheizung mit Gas- und Wärmepumpenheizung mit Erdsonden und Luft

Heizlast:	20 kW
Wärmeverbrauch:	36.000 kWh/a
Energiepreis Erdgas:	8,0 ct(kWh
Energiepreis Strom:	18,8 ct/kWh (Wärmepumpentarif)
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe =	4,0 (bei 35°C Vorlauftemperatur und Erdsonden)
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe =	3,2 (bei 35°C Vorlauftemperatur und Außenluft)
Energiekosten Gasheizung:	36.000 kWh/a · 0,08 €/kWh = 2.880 €/a
Energiekosten Wärmepumpe:	36.000/4 kWh/a · 0,188 €/kWh
	= 1.692 €/a (Erdsonden)

zzgl. des Vorteils der sommerlichen Kühlung über die Erdsonden

Energiekosten Wärmepumpe:	36.000/3,2 kWh/a· 0,188 €/kWh
	= 2.115 €/a (Außenluft)

Für Altbauten mit den üblichen Vorlauftemperaturen 70/50°C oder höher ist die Wärmepumpe als alleiniger Wärmeerzeuger weder ökonomisch noch ökologisch bei dem derzeitigen Anteil von 15% an regenerativer Stromzeugung sinnvoll.
Sehr sinnvoll ist die Wärmepumpe bei Niedertemperaturheizungen und Gebäuden, wo Heizung und Kühlung notwendig ist, da hier entweder über Erdsonden bzw. reversible Wärmepumpen/Kältemaschinen sowohl Wärme, als auch Kälte erzeugt werden kann. Bei Einsatz von drehzahlgeregelten Wärmepumpen oder Solar-Wärmepumpen mit Ausnutzung der Solarwärme von 10-35°C für die Wärmepumpe kann die Effizienz weiter gesteigert werden.



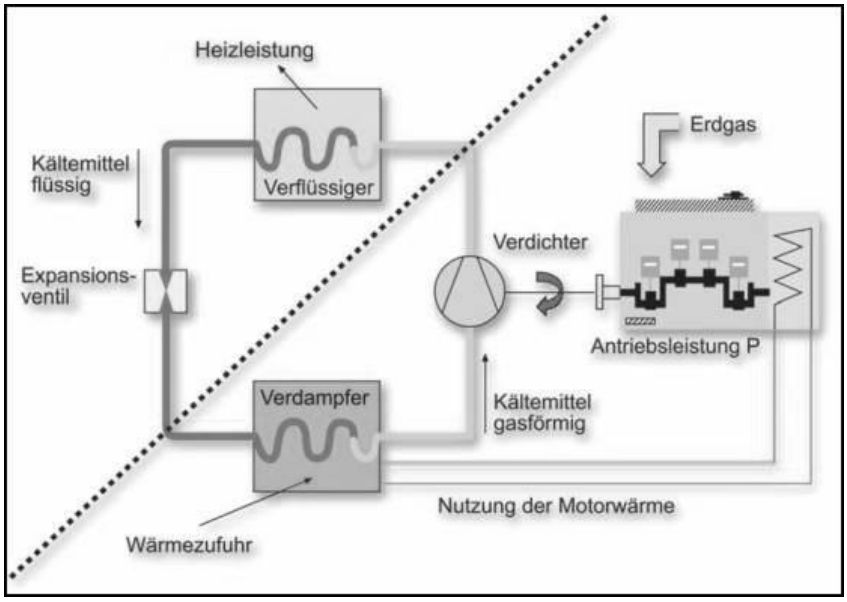
Beispiel Solar-Wärmepumpe, Quelle König Wärmepumpen

Neben den drehzahlgeregelten Wärmepumpen werden seit kurzem durch Firmen wie Schüco oder MHG auch sogenannte ***Hybrid-Wärmepumpen*** auf dem Markt speziell für den Altbau angeboten.

Hybrid-Wärmepumpe (Wärmepumpe und Brennwert-kessel als kompakte Baueinheit)für Sanierungsbereich, Quelle Schüco Bielefeld

Solarspeicher, Luft-Wasser-Wärmepumpe und Gas-Brennwertmodul bilden hier eine Einheit und ein anschlussfertiges Gerät. Im Bereich der hohen Leistungszahlen arbeitet das Gerät als Wärmepumpe, unter einer bestimmten Außentemperatur übernimmt das Gas-Brennwertgerät die Wärmeerzeugung.
Damit sind solche Geräte insbesondere auch für die Altbausanierung in Naumburg gut geeignet und werden in Zukunft ein weiteres Produkt zwischen

vielen anderen teilregenerativen Produkten sein.
Eine weitere effiziente Alternative sind ***Gasmotorwärmepumpen***. Dabei werden die Verdichter direkt durch Verbrennungsmotoren mit Erd- oder Flüssiggas angetrieben. Im Bereich größerer Leistungen, z B. zur Schwimmbadentfeuchtung und -beheizung, werden Gasmotorwärmepumpen häufiger eingesetzt, im Bereich kleiner Leistungen sind sie seltener anzutreffen (ab 35 kW Heizleistung).



Prinzip Gasmotorwärmepumpe, Quelle Wärmetechnik Quedlinburg

Wie bei den Kompressionswärmepumpen auch kann die Wärmezufuhr durch Außenluft oder Erdwärme (Erdsonden oder Erdkollektoren) oder andere Abwärme erfolgen.
Im Regelfall liefern Gasmotorwärmepumpen, wie die reversiblen Kompressionswärmepumpen, sowohl Wärme als auch Kälte.
Gasmotorwärmepumpen haben gegenüber Kompressionswärmepumpen den Vorteil, dass sie auch bei höheren Vorlauftemperaturen gut einsetzbar sind und die Primärenergie sehr gut ausnutzen, da zusätzlich zur Kompression die Abwärme des Motors (Nutzung Kühlwasserabwärme ähnlich wie beim BHKW) ausgenutzt wird. Dadurch kann die Gasmotorwärmepumpe auch für konventionelle Heizsysteme mit Heizkörpern sinnvoll eingesetzt werden.

Heizung mit	Primärenergieeinsatz (vgl. S. 4)	Primärenergie [kWh/a] bei Jahresheizenergiebedarf von 10.500 kWh/a	Spezifische CO_2-Emissionen [$kgCO_2/kWh_{Primärenergie}$]	CO_2-Emissionen [$kgCO_2/a$]
Strom	278 %	29.190	0,20	5.838
Heizöl EL	117 %	12.285	0,26	3.194
Erdgas	109 %	11.445	0,20	2.289
Strom-WP	84 %	8.820	0,20	1.764
Gasabsorptions-WP	80 %	8.400	0,20	1.680
Gasmotor-WP	67 %	7.035	0,20	1.407

Vergleich Primärenergieeinsatz von Heizsystemen, Quelle ASUE

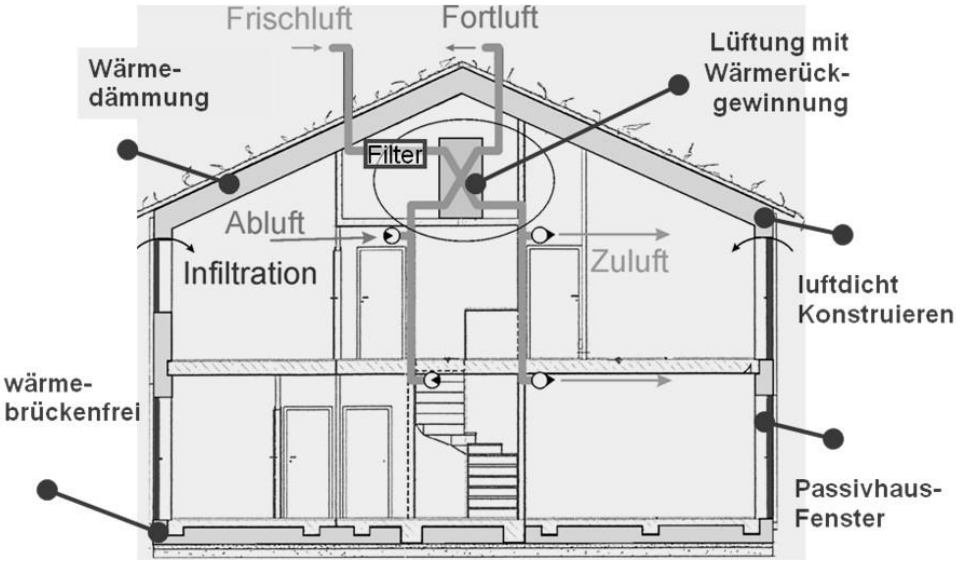
d) Austausch ineffizienter Beleuchtung und Elektrogeräte

In den öffentlichen Gebäuden und sonstigen Gebäuden sollte geprüft werden, inwieweit noch der Elektroenergiebedarf gesenkt werden kann, z.B. durch:

- Ersatz von Glühlampen durch energiesparende Beleuchtung
- Tageslichtsysteme
- Schrittweiser Ersatz von Monitoren durch Flachbildschirme bei PCs bzw. durch Notebooks , sofern noch nicht erfolgt
- Überprüfung der Elektrogeräte auf Ihren Energieverbrauch hin, Ersatz von „Energieschleudern“ durch energiesparende Geräte

e) Einsatz von kontrollierter Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Im Niedrigenergie- und Passivhausbau gewinnt die mechanische Lüftung über Raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) zur kontrollierten Be- und Entlüftung an Bedeutung. Hierbei wird verbrauchte warme Abluft über einen Wärmetauscher geführt und kalte frische Außenluft damit vorgewärmt. Dabei werden Lüftungswärmeverluste um bis zu 80% vermindert, was sich in der Bewertung gemäß DIN V 18599 für den EnEV-Nachweis positiv niederschlägt.
Die Systeme der kontrollierten Wohnungslüftung arbeiten mit geringen gleichmäßigen Luftwechselraten von 0,3 bis 0,4/h. Voraussetzung für die Berücksichtigung der kontrollierten Lüftung und ggf. Wärmerückgewinnung in der Energiebedarfsberechnung ist, dass das Gebäude sehr luftdicht ausgeführt wird. Die Luftdichtigkeit ist mit einer ***Blower-Door-Messung*** (Luftdichtigkeitsmessung) nachzuweisen.



Kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung im Passivhaus, Quelle V. Grosch

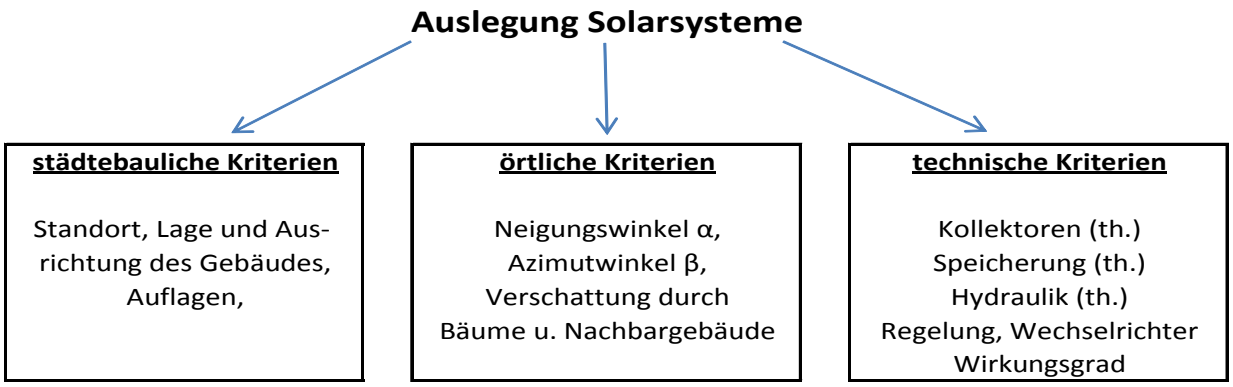
Im Altbau ist eine Nachrüstung oft schwierig, weil die Verlegung der Kanäle versteckt kaum installiert werden können. Hier wäre eine Abluftanlage mit nachgeschalteter Wärmepumpe eine sinnvolle Alternative.

2.3.3 Potentiale zur Nutzung regenerativer Energien

a) Nutzung von Solarenergie auf Gebäuden

Die Stadt Naumburg hat insgesamt ein relativ großes Potential für die Nutzung von Solarenergie, hauptsächlich auf Dachflächen, teilweise auch auf Freiflächen.

Wie gut potentielle Dach- oder Fassadenflächen für den Einsatz von Solarenergie (Solarthermie oder Photovoltaik) geeignet sind hängt im wesentlichen von folgenden Faktoren ab:



Neben der Beachtung der Verschattung sind vor allem der Neigungswinkel und der Azimutwinkel – also die Abweichung von der Südausrichtung – für die Auswahl entscheidend. Eine Entscheidungshilfe ist in Anlage 5.1.8 dargestellt.

Die Nutzung von Solarenergie zur Unterstützung der Warmwasserbereitung ist prinzipiell bei jedem Gebäude mit Warmwasserverbrauch und zentralem Warmwasserbereiter sinnvoll. Auch eine gewisse Heizungsunterstützung bis 10% würde in Fällen – abhängig von der Hydraulik – sinnvoll sein.

In der Innenstadt ist eine Nutzung der Dachflächen für die Photovoltaik bei den meisten Gebäuden nicht gegeben, da die Dachflächen oft nicht sehr groß bzw. mit Einbauten (Gauben o.ä.) versehen sind und relativ viel gegenseitige Verschattung vorhanden ist. Es gibt aber auch Ausnahmen, wie z.B. die Neustr. 9-11, dieser Block ist z.B. sehr gut geeignet. Für kleinere thermische Solaranlagen bis 15 m² sind die Dächer der Altstadt teilweise auch gut geeignet.

In der Peripherie der Stadt und in den Gewerbegebieten gibt es ein großes Potential an großen Dachflächen, welche für die solare Energiegewinnung genutzt werden können.

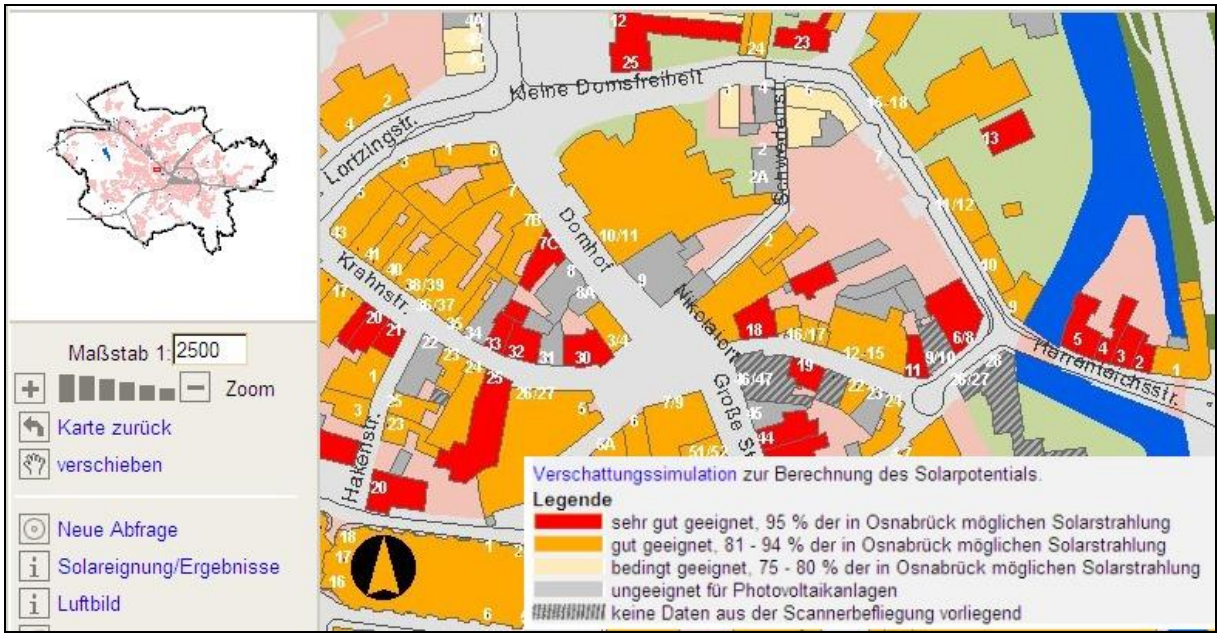
<u>Pläne zur PV-Nutzung:</u>
Gegenwärtig gibt es Pläne der GWG Naumburg, ca. 600 kW PV-Fläche in Naumburg zu installieren. Diese Maßnahmen sind aber vorübergehend gestoppt worden, da Einspeisevergütung und Modulpreise nach dem 01.07.2010 noch nicht geklärt sind.

Vorschlag: Elektronische Kartierung des städtischen Solarpotentials der Dächer - Solarkataster

Momentan wird deutschlandweit weniger als 1% des Solarpotentials der Dächer genutzt. Würde es ausgenutzt, ließe sich damit die Leistung von 12 Atomkraftwerken ersetzen. Die Stadt Naumburg

kann sich und Ihren Bürgern die ersten Schritte zur thermischen oder photovoltaischen Solaranlage erleichtern, indem sie das Solarpotential dachgenau durch elektronische Kartierung bestimmen lassen könnte.

Dabei wird das Stadtgebiet mit einem oder mehreren Spezialflugzeugen überflogen, an dessen Rumpf ein Sensor angebracht und das ganze Stadtgebiet wird gescannt und es werden dreidimensionale Gelände- und Häusermodelle ermittelt und für jedes Gebäude Ausrichtung und Neigung erfasst. Mit entsprechenden Simulationsprogrammen werden dann auch die Verschattungen auf der jeweiligen Dachfläche bestimmt. So kann ermittelt werden, ob die Dachfläche sehr gut, gut oder bedingt für die Solarenergienutzung geeignet ist und wie viel Solarpotential in der Stadt genau steckt. Über Internet könnte sich jeder Hausbesitzer und Gewerbetreibende informieren, ob Ihre Dachfläche für die Solarenergienutzung geeignet ist. Eine solche Kartierung könnte den Anreiz für Investitionen in die Solartechnik erhöhen.



Beispiel: Digitale computerausgewertete Solarkartierung von Osnabrück

Prinzipiell könnte die Aufnahme für bestimmte Gebäude und Quartiere auch nach Checklisten erfolgen, um zuerst eine ungefähre Größenordnung abschätzen zu können.
Für eine genaue Ermittlung von Ertrag und Wirtschaftlichkeit ist dann auf jeden Fall eine Simulationsberechnung im Einzelfall empfehlenswert. Desweiteren muss städtebaulich überlegt werden, ob die Solarmodule (thermisch oder photovoltaisch) in In- oder Aufdachmontage montiert werden sollen. Die architektonisch ansprechendere, aber auch teurere Lösung ist die Indachmontage.

Objekt	Ver-schattung	Azi-mut	Nei-gung	Ausrich-tungsfaktor	Dachform Dach-haut	Eig-nung	Dach-fläche in m²	Ab-zug %	Nutz-flä-che	ca.Leistung kWpeak	ca. Ertrag kWh/a

Erklärungen TZ = Tonziegel BZ = Betonziegel BS = Biberschwänze Scho = Schornstein
B = Bäume DF = Dachfenster DG = Dachgauben NH = Nachbarhäuser DP = Dachpappe
SD = Satteldach FD = Flachdach WD = Walmdach LG = Laufgitter

Beispiel: Solarkataster für einen Block oder ein Quartier, Handkartierung

Gebäudeintegrierte Solarenergienutzung

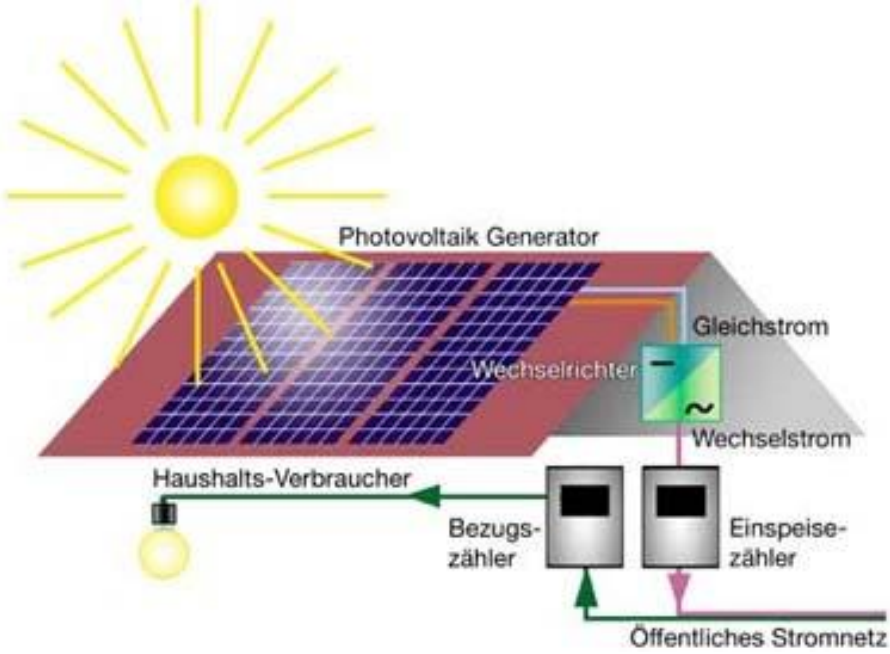
Die Einsatzmöglichkeiten für eine architektonisch ansprechende Integration von Solartechnik sind sehr vielfältig geworden. Das Angebot reicht von herkömmlichen mono- oder polykristallinen Modulen über semitransparenten (halbdurchlässigen) PV-Modulen, solare Dacheindeckungen,

Beispiel: Semitrasparente PV-Module

farblich gestaltbare Dünnschichtmodule für Fassaden, solare Dachbahnen bis zu kombinierten Solardachdeckungen mit thermischen und PV-Modulen in den verschiedensten Größen.

Solardach mit PV-Modulen und thermischen Kollektoren in gleichem Design in der Altstadt von Erfurt

Während Solaranlagen bei Industrie- und Gewerbegebäuden städtebaulich meist kein Problem darstellen und diese preiswert in Aufdach- oder Flachdachmontage installiert werden können, muss insbesondere bei niedrigeren Wohngebäuden die Einbindung von Solarenergie nach ästhetischen Gesichtspunkten erfolgen.



Komponenten einer PV-Anlage im Zusammenspiel

Bisher werden in Naumburg durch PV-Anlagen 378 MWh/a erzeugt, das entspricht einem Anteil von 0,5% des städtischen Stromverbrauches. Dieser Solarstrom wird bisher nur durch Kleinanlagen erzeugt, bei Belegung von großen Dachflächen und Freiflächen könnte dieser massiv erhöht werden.

Momentan wird die Bürgersolaranlage in der Heinrich-Heine-Straße installiert, bei der GWG und der Fa. RegTec gibt es derzeit Überlegungen zur Errichtung größerer PV-Anlagen auf Gebäuden bzw. als Überdachung für Carports.

Beispiel PV an städtischen Gebäuden: Solarstromanlage auf Süddach der Salztorschule

Solarstromanlagen als kommunale Projekte sind auf dem Vormarsch. Prinzipiell gibt es hier zwei Möglichkeiten für den Betrieb der Anlagen:

1. Städtische Dächer werden Investoren zur Verfügung gestellt (als Bürgersolaranlage, an die Stadtwerke oder an Einzelpersonen). Übliche Mietpreise liegen zwischen 2-3% der jährlichen Einspeisevergütung.

2. Die Kommune investiert selbst in PV-Anlagen. Eine kommuneneigene Anlage kann über die Zeitdauer von 20 Betriebsjahren durchaus erhebliche Beträge erwirtschaften.

<u>Beispiel Süddach Salztorschule (hinteres Dach):</u>

Fläche:	ca. 525 m2
PV-Leistung:	48,5 kWp

Spez. Jahresertrag:	931 kWh/kWp
Spez. Kosten:	3,0 T€/kWp
Einspeisevergütung:	0,4221 €/kWh (Inbetriebnahme 2009)
Investitionssumme:	145,8 T€ (netto)
Kapitalzins:	4 % (Annahme)
Einspeisevergütung:	19,1 T€/1. Jahr (dann Reduzierung um 10% innerhalb der 20 Betriebsjahre)
Amortisationszeit:	10,5 Jahre
Kapitalwert:	84,3 T€

Vergleich:

Mieteinnahmen:	ca. 470,- €/a
Einnahmen Einspeisevergütung:	ca. 4.200,- €/a

Solare Kühlung

Thermische Solarenergie kann neben der Unterstützung für die Warmwasserbereitung und Heizung vor allem auch zur Kälteerzeugung (Klimakälte) über Ab- bzw. Adsorptionskältemaschinen genutzt werden. Hier sind inzwischen sehr gute Anlagen ab einer Kälteleistung von 8 kW auf dem Markt verfügbar.
Für Ad- und Absorptionskältemaschinen werden je nach Temperatur für 1 kW Kälteleistung 1,4 bis 1,8 kW Wärmeleistung benötigt. Bei der solaren Kühlung stimmen Solar-Angebot und Kältebedarf meist sehr gut überein, so dass eine sehr gute Ausnutzung der Solarenergie möglich ist.

Abb: Fa. Sortech Halle, Adsorptionskältemaschine zur Solaren Kühlung

b) Nutzung von Freiflächen zur solaren Stromerzeugung

In der Stadt gibt es einige touristisch weniger interessante Flächen, die für solare Stromerzeugung mittels Photovoltaik geeignet wären, z.B.:

- Fläche zwischen Gewerbegebiet Kohlenstraße (Flemmingen) und Freizeitbad Bulabana (ehemalige Lüttichkaserne)
- Brachfläche Am Holländer (GWG)
- Brachfläche Weinbergsweg (GWG)
- Brachfläche Gewerbegebiet Steinkreuzweg (z.B. ehemaliger Kolossa-Baumarkt)
- Brachflächen ehemaliges Heereszeugamt bis altes Heizhaus gegenüber Kaufland

(siehe Plan 3, Anlage).

Mögliche Flächen außerhalb der Kernstadt Naumburg wurden nicht untersucht, sind aber möglich. Im rechtskräftigen Flächennutzungsplan (FNP) ist bereits im Gewerbegebiet Steinkreuzweg eine Eignungsfläche ausgewiesen.

c) Biomasse Biogas

Das Umland von Naumburg ist stark landwirtschaftlich geprägt, so dass sich hier die Errichtung von Biogasanlagen anbietet. Mit dem Biogas können Blockheizkraftwerke angetrieben werden, welche dann Strom und Wärme für bestimmte Quartiere liefern können.

Derzeit wird durch die Fa. RegTec (Tochterunternehmen der TWN und der Agrargesellschaft Priessnitz) die Biogasanlage im Bereich Gewerbegebiet Kohlenstraße, OT Flemmingen, errichtet. Dort soll die Biogasanlage mit nach geschalteten BHKW für eine elektrische Leistung von 500 kW und eine Wärmeleistung von 950 kW erbringen, wodurch ein Jahresertrag von 4.100 kWh elektrischer Arbeit und ca. 3.300 MWh Wärmearbeit erreicht werden soll.

Für den Burgenlandkreis insgesamt wäre eine Potentialanalyse zur Erfassung der pflanzlichen und tierischen Biomasse einschließlich Abfälle aus dem Weinbau, aus Fettabscheidern usw. zu empfehlen, welche in Biogasanlagen verwertet werden können, um danach eine Entscheidungsvorlage zu haben, wie viele weitere Biogasanlagen sinnvoll sind.

Aufbau einer Standard-Biogasanlage von HAASE Energietechnik (von links nach rechts): Biogas-Energiezentrale (Container-BHKW inklusive Fackel, Verdichter, Gasreinigung und Steuerung), Fermenter, Substrateintrag, Technik-Container für Pumpen etc., Endlager

d) Biomasse Holzpellets und Holzhackschnitzel

Brennstoffe aus Biomasse

Erneuerbare, effiziente biogene Energieträger wie Holzpellets, Holzhackschnitzel oder Scheitholz sind je nach Anwendungsmöglichkeit umweltfreundliche Alternativen zu den fossilen Primärenergien wie Heizöl oder Erdgas bei der Wärmeerzeugung.
Die hierfür notwendige Ausweitung der Rohstoffbasis zur Pellet- und Holzhackschnitzelproduktion muss jedoch an ökologische und heiztechnische Mindeststandards gekoppelt sein. Aufgrund einer zunehmenden Nachfrage aus anderen Bereichen wird der Wettbewerb zwischen stofflicher und energetischer Nutzung von Holz in Zukunft zunehmen.
Für Projekte, in denen es nicht möglich ist, Niedertemperaturheizflächen einzusetzen (z.B. viele Altbauten) ist eine Pellet- oder Holzhackschnitzelheizung eine sinnvolle ökologische und ökonomische Alternative zu einer fossilen Gas- oder Ölheizung, insbesondere im Einfamilienhausbereich.

Holzpellets

Holzpellets werden zu 100% aus naturbelassenen Holzresten hergestellt. Die Herstellung der Pellets (auch Presslinge genannt) erfolgt unter hohem Druck ohne Zugabe von Bindemitteln.
Die Bindung der Pellets wird durch das holzeigene Lignin und durch hohen Druck während des Pelletiervorgangs erreicht.

Der Energieaufwand für die Herstellung und Bereitstellung von Pellets aus trockenem Restholz ist im Vergleich zur Bereitstellung von Erdgas und Heizöl sehr gering.

Der Heizwert der Holzpellets beträgt mit ca. 4,3 kWh/kg weniger als die Hälfte von Heizöl. Das bedeutet, dass bei gleichen Lieferzyklen die Lagerflächen auch mehr als doppelt so groß sein müssen als

bei einer Ölheizung. Dies muss bei der Planung der Lagerflächen berücksichtigt werden. Im innerstädtischen Bereich ist dieser Platzbedarf oft nicht vorhanden und die Anlieferung kann schwierig oder gar nicht möglich sein.

Pelletkessel mit Pelletlagerbehälter

Bei der Größe des Lagerraumes sollten bei größeren Heizleistungen auch die Größe des Lagerraums nach der maximalen Zuladung eines Tanklastzuges beachtet werden, die bei ca. 20 - 25 t liegt. Weiterhin sind ab einer Lagermenge von 15 t die speziellen Vorschriften der Feuerungsanlagenverordnungen und die zulässige Schütthöhe zu beachten.

<u>Folgende Kenngrößen sind zu berücksichtigen:</u>

- Heizwert Pellets = 4,7 – 5,0 kWh/kg
- Für 650 kg Pellets werden 1 m³ Lagerraum benötigt bzw. 1 t Pellets benötigt ca. 1,5 m³ Lagerraum
- Faustgröße: Für 1 kW Gebäudeheizlast werden 0,9 m³ Lagerraum benötigt

Im Bereich der Ein- und Mehrfamilienhäuser oder auch Gewerberäumen mit entsprechendem Platz im Keller oder Nebenräumen ist der Einsatz von Pellets eine ökologische und ökonomische Alternative zum Öl- oder Gaskessel.

Für den Einsatz von Pelletsheizungen in Burgenlandkreis spricht, dass in der Nähe von Weickelsdorf (Gewerbegebiet Heidegrund-Süd) vor kurzem eines der modernsten Pelletwerke gebaut worden ist, wo Abfälle aus den umliegenden Sägewerken verarbeitet werden und somit kurze Transportwege gegeben sind(gute Ökobilanz, regionale Wertschöpfung).

Holzhackschnitzel

Holzhackschnitzelheizungen sind für größere Heizleistungen und für Biomasse-Nahwärmeversorgungen geeignet. Für sie gelten bezüglich der Lagerung , Ökobilanz und Anlieferung ähnliche Anforderungen wie für Holzpellets. Die Schüttdichte ist allerdings geringer als bei Pellets, sie beträgt ca. 200-280 kg/m³. Zu beachten ist hierbei auch das Selbstentzündungsrisiko.

Emissionsanforderungen

Bei der Auswahl von Pellet-, Hackschnitzel- oder Scheitholzkesseln sollte darauf geachtet werden, dass sie mindestens die Emissionsanforderungen des BAFA erfüllen:

- Staub: max. 50 mg/m³
- CO: max. 250 mg/m³

Zu empfehlen sind - gerade im innerstädtischen Bereich - Kessel, welche sehr sauber verbrennen und das Umweltzeichen „Blauer Engel“ tragen. Die Staubgrenzwerte für den „Blauen Engel“ liegen mit max. 20 mg/m³ noch weit darunter und werden von vielen Herstellern, wie z.B. Biotech, En-Tech, Eder, ETA-Heiztechnik, KWB, Paradigma, Solvis, Windhager und Ökofen und deren OEM-Partner erreicht.

Holzhackschnitzel werden auch **für Fern- bzw. Nahheizwerke** verwendet bzw. zur gleichzeitigen Strom- und Wärmeerzeugung über Holzvergasung (Pyrolyse) und Kraft-Wärme-Kopplung genutzt. Hier gäbe es Ansatzpunkte für die 5 Nahwärmesysteme der Stadt.

Abb. Fa. Mothermik, Holzverstromungsanlage

Dabei werden getrocknete Holzhackschnitzel einem Holzvergaser zugeführt, in welchem Holzgas erzeugt wird. Dieses Holzgas wird in mehreren Stufen aufbereitet und dann einem BHKW zugeführt, welches Strom und Wärme erzeugt.

e) Wasserkraft

Für den Einsatz der regenerativen Energie Wasserkraft wird im Stadtgebiet von Naumburg kein nennenswertes Potential gesehen, da im Bereich Naumburg die Saale eine nur sehr geringe Fließgeschwindigkeit aufweist und keine Fallhöhen aufweist. Dies wäre erst wieder ein Stück flussabwärts im Bereich Öblitzschleuse (Bereich Weißenfels) bzw. im Bereich Bad Kösen (zukünftig zu Naumburg gehörend) der Fall. Hier wäre der Bau von Wasserkraftwerken überlegenswert.

f) Windenergie

Im Entwurf des Landesentwicklungsplanes ist als Vorranggebiet für Windkraftanlagen mit der Wirkung eines Eignungsgebietes das Gebiet „Molau“ ca. 8 km außerhalb der Kernstadt Naumburg vorgesehen und in den Flächennutzungsplan der Stadt Naumburg (Saale) übernommen worden.
In direkter Stadtnähe bzw. im kulturellen Erholungsraum um Naumburg sind keine Windkraftanlagen möglich und auch nicht erwünscht.
Der Flächennutzungsplan der Stadt Naumburg wurde am 27.11.2009 genehmigt und ist mit Bekanntmachung am 21.12.2009 in Kraft getreten (betrifft die zur Stadt Naumburg (Saale) gehörenden Ortsteile).
Da Windenergie ist an günstigen Standorten momentan die energetisch effektivste Form der Stromerzeugung (siehe Anlage 5.1.6). Von den Stromgestehungskosten ist es von allen regenerativen Stromerzeugungsvarianten die momentan preiswerteste Variante. Ein Ausbau der Windkraftanlagen sollte innerhalb einer Energieregion Burgenlandkreis bzw. darüber hinaus diskutiert werden.

2.4 Verkehr

2.4.1 Kraftverkehr

Unter Punkt 1.4 wurde die Verkehrsbelastung auf den Straßen der Kernstadt Naumburg analysiert.
In der Verkehrsanalyse der PTV aus dem Jahr 2004 wurden für diesen Zeitpunkt (Bezugsfall) Prognosen für das Jahr 2015 nach vier unterschiedlichen Planfällen entsprechend unterschiedlicher Anlage von Ortsumgehungen (Umgehungen B87 über B88, Umgehung B87 nur Bad Kösen, Umgehung B87 nur Naumburg, Umgehung B87 westlich Mittelholz) berechnet.

Es wird festgestellt. Zitat: *„Allen Planfällen ist gemeinsam, dass die verkehrsentlastende Wirkung auf die innerstädtischen Bereiche Naumburgs gering ist. Der Grund ist das generell geringe Verlagerungspotential in dieser Relation und der wie schon in der Verkehrsanalyse festgestellte geringe Anteil von weiträumigem Durchgangsverkehr*."(Verkehrsanalyse Seite 36).

Betrachtet man die Analyseergebnisse, so liegt die Minderung des Verkehrs in der Kösener Straße bei 8.7 % bis 13 %, in der Halleschen Straße bei 10 % und in der Weißenfelser Straße bei 7 % bis 10 %.
Für die Roßbacher Straße ergeben sich keine nennenswerten Minderungen. In der Jenaer Straße werden im Stadtgebiet je nach Planfall zwischen 22 % Steigerung der Verkehrsbelegung (Planfall 4, nur Ortsumgehung Bad Kösen) oder 26 % Minderung der Verkehrsbelegung (Planfall 3, nur Ortsumgebung Naumburg) erreicht.

Bei diesen in der Analyse ermittelten Minderungen handelt es sich durchweg um Durchgangsverkehr, da dem Rechenmodell die Auswirkung der Ortsumgehung, welche auf den innerstädtischen und Quell-Ziel-Verkehr kaum Auswirkungen hat, zugrunde gelegt wurde.

Da die Berechnung der Minderungen auf 500 Fahrten pro Tag genau ermittelt wurden und bei einer Belegung von 4.500 bis 11.500 Fahrten pro Tag auf den genannten Strecken somit ein beachtlicher Rundungsfaktor vorliegt, kann bei erwarteten Minderungen bei 7 % bis 13 % mit einiger Sicherheit davon ausgegangen werden, dass für dieses Konzept realistisch mit einer Minderung von 10 % des Durchgangsverkehrs durch Schaffung von Umgehungsstraßen gerechnet werden kann.

Das würde bedeuten, dass täglich ca. 580 Pkw weniger und 50 Lastkraftwagen weniger die Kernstadt durchqueren würden. Die folgende Tabelle gibt die Minderung bezogen auf einen Tag bzw. ein Jahr (gerechnet 360 Tage) wieder.

	Fahrten	dav. PKW	Verbrauch Pkw Liter			CO_2	davon Schwer-verkehr	Verbrauch	CO_2
			Benzin	Diesel	Gas	Pkw kg		Diesel	Lkw kg
Bezugswert (je Tag)	6.325	5.819	1.479	480	23	4.747	506	1.118	2.963
Minderung/d	633	582	148	48	2	475	51	112	296
Minderung/a	227.700	209.484	53.244	17.280	828	170.891	18.216	40.248	106.657

Tabelle „Minderung Durchgangsverkehr durch Umgehungsstraßen"
kraftstoffspezifischer Umrechnungsfaktor [kg CO_2/10 l] : Diesel 26.5/ Benzin 23.2/ Gas 19

Die Daten wurden abgeleitet aus der Tabelle „Fahrten nach Fahrzeugarten, Kraftstoffart, Ermittlung Verbrauch und CO2-Ausstoß“ unter Punkt 1.4.
Erkennbar ist, dass der Schwerverkehr bei nur 8 % Anteil an Fahrten 38 % der CO_2-Immissionen erzeugt.
Durch Umgehungsstraßen wird zwar eine Entlastung in der Stadt erfolgen, jedoch werden weiterhin Emissionen/Verlagerungen auf die Umgehungsstraße erfolgen. Eine gewisse Minderung des Energieverbrauches und der Emissionen ergibt sich allerdings aus der zügigeren Verkehrsführung.

Aus diesem Grunde ist es dringend erforderlich, die Emmissionswerte der verbleibenden 90 % des Durchgangsverkehrs sowie des innerörtlichen und Quellzielverkehrs zu mindern.
Dazu ist der Anteil des öffentlichen Personennahverkehrs an den Personentransporten in der Stadt zu erhöhen und der Anteil des Radverkehrs zu steigern und - soweit der Verkehr nicht vermindert werden kann - durch eine fließende Verkehrsführung den Benzin- und vor allem Dieselverbrauch des Schwerlastverkehrs zu senken.

Durch eine unterbrechungsarme Verkehrsführung sowie Geschwindigkeitsbegrenzungen lässt sich z.B. der Verbrauch der LKW um 20-25 % senken (Quelle: IFEU-Energiemodell, Stadtverbrauch 47.7 Liter, Hauptstraßen 36 Liter Diesel).
Das bedeutet eine Einsparung von über 200 Litern Diesel im Stadtbereich täglich und über 70.000 Litern jährlich (Äquivalent 188-190 t CO_2)

Zusätzlich ist eine weitere Minderung der Emissionen durch einen kontinuierlichen Austausch von Diesel- durch Erdgasbusse, besser noch Elektrobusse zu erwarten.

2.4.2 Radverkehr

Um den innerörtlichen Verkehr zu vermindern, stellt neben der Nutzung des ÖPNV die verstärkte Nutzung des Fahrradverkehrs eine weitere Option dar.
Um den Anteil des Radverkehrs am innerstädtischen Verkehr zu erhöhen, ist es erforderlich, die Bedingungen für die Radfahrer weiter zu verbessern und das Sicherheitsniveau stetig zu erhöhen. Das Fahrrad muss zu einem anerkannten gleichberechtigten Verkehrsmittel im Stadtverkehr werden; dafür müssen insbesondere für Kinder und Ältere sichere und bequeme Wege Standard werden.

Im Rahmen der Untersuchung wurden die städtischen Radwege befahren, um den aktuellen Stand des Ausbaues und ggf. verbesserungswürdige Teilbereiche zu ermitteln und Potentiale für neue oder bessere Radwegeverbindungen zu untersuchen.

Insgesamt ist zu bemerken, dass in Naumburg in den vergangenen 10 bis 15 Jahren versucht worden ist, auf die Ansprüche des Radverkehrs Rücksicht zu nehmen und Radwege zu schaffen. Allerdings ist es bisher weder gelungen, ein durchgehendes zusammenhängendes Netz zu schaffen, noch ausreichend viele der zu Beginn der 90er Jahre im Rahmen von Gehweginstandsetzungen gebauten bzw. markierten Wege den aktuellen Erkenntnissen und Anforderungen entsprechend nachzubessern.

Jedoch passt die Stadt Naumburg soweit möglich die Bedingungen für Radfahrer laufend an, wie zusätzliche Radwegmarkierungen in der Rossbacher Straße zum Lindenhof (vorgenommen während des Untersuchungszeitraumes) beweisen.

Bei der Radwegkartierung sind folgende Probleme aufgefallen:

- Die Radwege auf den Bürgersteigen, insbesondere aus den 90er Jahren, sind zu schmal. Zudem sollten Fuß- und Radwege wegen des Konfliktpotentials möglichst nicht zu eng kombiniert werden.
- Radwege sollten, wie z.B. in der Roßbacher Straße, möglichst auf der Fahrbahn geführt werden. Das ist sicherer für die Radfahrer gegenüber dem motorisierten Verkehr. Beispiel dafür ist der Radweg am Wenzelsring (nur einseitig vorhanden), der aufgrund seiner Lage abseits der Verkehrsstraße an den Einmündungen zu (Vorfahrts-)Konfliktpunkten zwischen Radfahrer und Kraftverkehr führt.
- Die Markierung von Radwegen endet teils plötzlich (z.B. Lindenhof, Bahnhofstraße).
- Potentiale für sichere Radwege, insbesondere an Kreuzungen (Kreisverkehr Postring, Nordseite Wenzelsring, Trampelpfade „Marienring“) werden nicht genutzt (Radfahrer suchen eigene Wege). Zusätzliche Radwege könnten das Netz sinnvoll ergänzen.
- Radwege im Kreuzungsbereich sind nicht ausreichend markiert (siehe Fotobeispiel Kreuzung Grochlitzer Straße), die Markierung am Salztor hingegen ist vorbildlich.
- Bereits abgesenkte Borde an Radwegen (Wenzelsring) sind immer noch zu hoch

Um den Radverkehr zu fördern, wird darum vorgeschlagen:

- wo ausreichend Platz vorhanden ist, Radwege auf den Verkehrsstraßen zumarkieren.
- Konfliktpunkte an den Einmündungen und vor allem an den Kreuzungen, meist durch nicht vorhandene oder nicht bzw. unzureichend markierte Radwege, beseitigen (s. Karte Konfliktpunkte rot markiert).
- ein durchgehendes Radwegnetz - zumindest um den Stadtring- zu ergänzen; In der Karte sind Bereiche für mögliche Radwege, die bereits durch Radfahrer genutzt werden, aber offiziell noch nicht Radwege sind (gestrichelt markiert).
- zusätzliche Radwege zu wichtigen innerstädtischen Zielen anlegen, das betrifft z.B. eine Verbindung vom Lindenhof mit sicherem Übergang zum zentralen touristischen Parkplatz über den Steinweg zum Stadtzentrum und eine Verbindung über die Emil-Kraatz-Straße und Brachflächen in Richtung Kreisverwaltung.
- Wege im Stadtpark und im Grünbereich am Jakobsring für den Radverkehr freigeben
- neben den zu schmalen Radwegen im Gehwegbereich sollte geprüft werden, diese auf der Straße neu zu markieren oder zumindest die Benutzung der Straße für Radfahrer freizugeben (z.B. Jenaer Straße oder Teilbereich Weißenfelser Straße).

Der Schwerpunkt der Planung innerörtlicher Radwege liegt in der Integration von Radverkehrsanlagen in den jeweiligen Straßenraum und der Wahl von Maßnahmen, die der Sicherheit, aber auch dem Komfort der Radfahrer dienen.
Diese sind vor allem:

Separate Radwege z.B. in Form von Bordsteinradwegen oder durch Radfahrstreifen.
Fahrradstrecken mit Mischverkehr auf wenig befahrenen Straßen bei einer Geschwindigkeitsreduktion der KFZ auf Tempo unter 30 km/h

Wo großer Platzmangel herrscht, sind folgende Maßnahmen sinnvoll:

Änderungen des KFZ-Verkehrs: Schmalfahrbahnen, Reduzierung der Spurenzahl, LKW-Fahrverbot, Ortsumfahrungen

Änderungen beim Parken: Parkordnung, Parkplätze im Umfeld

Knotenpunkte sind meistens Konfliktbereiche und müssen sicher gestaltet werden:

Markierung der Konfliktbereiche

Anlagen von Querungshilfen z.B. zur Sicherung von links abbiegenden Radfahrern oder zum Schutz von gerade fahrenden Radfahrern bei rechts abbiegendem KFZ-Verkehr

Die Freigabe aller Straßen und Wege für den Radverkehr im historischen Stadtkern ist begrüßenswert.

Mit jedem Prozent Minderung des motorisierten Stadtverkehrs durch Umstieg auf das Fahrrad werden jährlich 56.500 Liter Kraftstoff *) eingespart, das entspricht jährlich 130 Tonnen CO_2.

*) davon lt. Statistik Kraftfahrtbundesamt zu ¾ Ottomotoren

Konfliktpunkt

Radweg möglich/ von Radfahrern als Radweg benutzte „Pfade“

als Radweg ausgebaut/ ausgeschildert/ markiert

Radwegausbau möglich/ empfohlen

Es wird zudem empfohlen, um die Sicherheit der Radwanderer, die vom Unstrut- bzw. Saaleradwanderweg in Richtung Naumburg wollen, eine zusätzliche Trasse aus Richtung Almrich oder Richtung Bahnhof zu finden. Saaleabwärts fahrend kommt der Naumburger Dom in Sicht, es besteht jedoch keine bequeme ausgeschilderte Routenführung zum Zentrum, erst ab Blütengrund ist dies halbwegs möglich, dann ist der Radtourist jedoch im Prinzip jedoch bereits an Naumburg vorbeigefahren.

Die Radwege außerorts können als eigenständige Strecken, seitlich zu klassifizierten Straßen oder längs bestehender Güter-, Feld- und Waldweg mit wenig Verkehr geführt werden.
Radwege, die seitlich zu Straßen verlaufen, sollen durch einen begrünten Sicherheitsstreifen abgegrenzt werden (Schutz gegen Blendgefahr und gegen parkende Autos, landschaftliche Gestaltung des Straßenraumes). Der fehlende Sicherheitsraum kann z.B. auf Brücken durch ein Geländer ersetzt werden.

Mit der Anlage eines zusätzlichen Radweganschlusses besteht eine gute Wahrscheinlichkeit, dass mehr Radwanderer das Stadtzentrum besuchen und damit mehr Tagestouristen zu verzeichnen sind.

2.4.3 ÖPNV

Bus
Der Primärenergieverbrauch eines mittleren Autos oder Diesel-Pkw liegt heute pro transportierte Person je Kilometer bei voller Auslastung der Fahrzeuge doppelt oder dreimal so hoch, wie der eines Busses. Im Durchschnitt ist der Energieverbrauch der Bahn im Vergleich zum Pkw um etwa ein Drittel günstiger (Quelle: Weisbuch Europäische Verkehrspolitik bis 2010, Umweltbundesamt).

Der durchschnittliche Besatz eines Pkws liegt nach der „Studie Bus, Bahn und Pkw auf dem Umweltprüfstand“ des Instituts für Energie und Umweltforschung Heidelberg bei 1,2 Personen. Das entspricht einer Auslastung von knapp 25 %. Um die gleiche Auslastung bei einem durchschnittlichen Stadtbus (44 Plätze) zu erreichen, müsste dieser mit 11 Personen besetzt sein (gleiche Quelle).
Leider liegen keine Angaben über die Auslastung der Busse in Naumburg vor, eigene Beobachtungen lassen jedoch darauf schließen, dass eine langfristige Auslastung von ca. 25 bis 30 % angesetzt werden kann.

Um einen Vergleich der Leistungen und Möglichkeiten des ÖPNV (Busse) und dem Individualverkehr (Pkw) vornehmen zu können, sollen deshalb erst einmal die jährlich erreichten Personenkilometer beider Verkehrsträger verglichen werden. Dazu ziehen wir die Angaben der PVG (Stadtverkehr und Linienverkehr) sowie die der Zahlung der PTV (innerörtlicher und Quell-Ziel-Verkehr) heran.

In der In der Verkehrszählung der PTV wurden täglich 24.757 Fahrten im innerörtlichen Verkehr ermittelt. Als durchschnittliche Fahrtstrecke wird dafür eine Entfernung von 5 Km angesetzt. Bei einem durchschnittlichen Besatz von 1,2 Personen je Fahrzeug sind das im Jahr 53,4 Mio. Personen-Kilometer. Beim Quell-Ziel-Verkehr werden unter Ansatz der Werte der Tabelle unter 1,4 pro Jahr 58,4 Mio Pkm erreicht.

Von der Personenverkehrsgesellschaft wurde mitgeteilt, dass pro Jahr 3,18 Mio. Personen befördert wurden und dabei 4,465 Mio. Km zurückgelegt wurden. Das entspricht ca. 14,2 Mio. Personenkilometer.

Der Busverkehr hat also bei den in der Stadt und im Umland verbleibenden vergleichbaren Verkehrsarten, unter denen ein Austausch möglich ist, einen Anteil von ca. 11 %.

Da der Energieaufwand pro Personenkilometer bei gleicher Auslastung beim Pkw zweimal bis dreimal so hoch wie beim Bus liegt, besteht die Zielsetzung natürlich darin, den Anteil der Busnutzung am innerörtlichen Verkehr weiter zu erhöhen.

Wenn es gelingt, den Personenkilometeranteil im Busverkehr um 1 % zu erhöhen, das wären ca. 570 Fahrgäste pro Tag mehr (derzeit durchschnittlich ca. 8.800 Fahrgäste pro Tag), ergäbe das jährliche Benzin-/ Dieseleinsparungen von ca. 54-55 tausend Litern bzw. 130-135 Tonnen CO_2.

Straßenbahn

Derzeit verkehrt die Straßenbahn offiziell als im Linienverkehr. Eine Erweiterung des Netzes bis zum vollständigen Ringschluss ist nicht vorgesehen, jedoch werden wenn möglich Streckenerweiterungen, wie z.B. der Streckenverlängerung zum Salztor, vorgenommen.

Die Naumburger Straßenbahn hat im Jahr 2007 von April bis Dezember rund 60.000 Fahrgäste befördert. Das sind etwa 220 Fahrgäste pro Tag. Wie auf der Homepage des Nahverkehrs Freunde Naumburg-Jena e.V. ersichtlich, konnten diese Fahrgastzahlen in den vergangenen zwei Jahren gehalten und sogar gesteigert werden. Damit ist die Straßenbahn mit fast 80.000 Fahrgästen jährlich nicht nur von touristischem Wert, sondern durchaus auch ein von den Einwohnern regelmäßig genutztes Transportmittel.
Für einen Vergleich zwischen Bahn und Pkw werden Daten der IFEU-Veröffentlichung „Bus - Bahn - PKW auf dem Umweltprüfstand“ verwendet:
Danach benötigt die Straßenbahn im Durchschnitt 309 kJ je Platz-km, ein Otto-Pkw durchschnittlich 800 kJ je Platz-km und ein Diesel PKW 700 kJ je Platz-km.
Bei gleicher Auslastung benötigt die Straßenbahn etwa 40% des Energiebedarfes eines Pkw bezogen auf eine Person, Wird die Bahn mit Ökostrom betrieben, ist sie zudem CO_2 - neutral.

Wenn die Straßenbahn in Naumburg jährlich von ca. 75.000 Fahrgästen genutzt wird und diese im Schnitt 2km Strecke fahren, sind das 150.000 Personenkilometer.
Wird die Bahn mit Ökostrom betrieben, kann sie so über 9.000 Liter Diesel/ Benzin vollständig ersetzen, das wären 20-22 Tonnen CO_2.

Linien/ Fahrpläne

Für die Personenverkehrsgesellschaft ist in Zusammenarbeit mit dem Mitteldeutschen Verkehrsverbund ein neuer Nahverkehrsplan in Arbeit. Dieser wird die Erfahrungen des seit 2005 in Kraft getretenen aktuellen Planes berücksichtigen und soll zu einer Verbesserung der Linienführung und Weiterentwicklung der Fahrgastzahlen beitragen.

PVG Burgenlandkreis und Verkehrsverbund lassen in diesem neuen Nahverkehrsplan ihre langjährigen Erfahrungen und Ortskenntnisse einfließen, so dass mit diesem Konzept noch keine ergänzenden Hinweise oder Vorschläge angezeigt sind.

Tabellarische Zusammenfassung

jährliche CO_2-Minderung im Stadtverkehr	Liter Benzin	Liter Diesel	Tonnen CO_2
Umleitungen (Erleichterung für Stadtgebiet)	53.000	17.000	277
Verkehrserleichterungen (z.B. grüne Welle, Bus-spuren)		70.000	190
Radverkehr (je 1% Anteilserhöhung)	42.000	14.000	130
Radverkehr bei 10%	420.000	140.000	1.300
Busse (je 1% Anteilserhöhung)	40.000	15.000	130-135
Busse (bei 11% Anteil)	440.000	165.000	1.450
Straßenbahn (bei Einsatz Ökostrom)	6.750	2.250	20-22

3. Maßnahmekonzept

3.1. Prioritäten, Beteiligte

Wir schlagen der Stadt Naumburg (Saale) vor, kurz- und mittelfristig folgende Maßnahmen durchzuführen:

1) Verantwortliche Stelle für Energie- und Umweltmanagement schaffen

Diese Stelle/Abteilung sollte den Überblick über den Energieverbrauch aller städtischen Gebäude bezüglich Gas, Öl und Strom der letzten 3 Jahre sowie das Alter der Wärmeerzeuger erfassen und zukünftig weiter begleiten. Anhand der Nutzfläche der Gebäude und der Verbräuche kann man über den spezifischen Wärme- oder Stromverbrauch (in kWh/m²a) schnell erkennen, wo die Hauptenergieverbraucher der öffentlichen Gebäude sind und man kann eine Prioritätenliste für die energetische Sanierung festlegen. Weiterhin ist durch diese Werte eine genauere Auslegung von energieeffizienten Maßnahmen (z.B. Kraft-Wärme-Kopplung) möglich.
Als weiterer Schritt sollte die Abteilung Energiemanagement einen Überblick über alle bisherigen und neuen regenerativen Energieanlagen der Stadt und ggf. umliegenden Gemeinden haben und mit steigender Zahl an regenerativen Kraftwerken (PV-Anlagen, Biogas, Windkraft usw.) ein ***virtuelles Kraftwerk***, also eine übergeordnete Regelung und Steuerung aufbauen mit dem Ziel, die Stromversorgung der Stadt langfristig weitestgehend mit regenerativen Energien abzudecken. Die Aufnahme der Stadt Naumburg in die „Solarbundesliga“ wäre mittelfristig zu empfehlen.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), ggf. Burgenlandkreis

2) Kosten-Nutzen-Analyse für die energetische Sanierung öffentlicher Gebäude

Die Stadt Naumburg (Saale) besitzt incl. des Ortsteils Bad Kösen ca. 200 öffentliche Gebäude. Diese sind überwiegend in energetisch sanierungswürdigem Zustand. Die Stadt will bei der energetischen Sanierung von öffentlichen Gebäuden mit gutem Beispiel vorangehen und über energetische Bestandsaufnahmen, Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Vor-Ort-Energieberatung) und ggf. Thermografiegutachten die energetisch sinnvollsten, notwendigsten und wirtschaftlichsten Sanierungen untersuchen lassen. Danach soll Schritt für Schritt und gemäß den ökonomischen Möglichkeiten die Sanierung durchgeführt werden (baulich und/oder technisch). Evtl. wäre eine energetische Sanierung schon durch die Energieeinsparung finanzierbar.

Konkret sind bereits jetzt durch die Stadt Naumburg (Saale) folgende Objekte und Maßnahmen mit hohem Energieverbrauch für die energetische Sanierung vorgesehen:

1. <u>Verwaltungsgebäude Fröbelstr. 44 (Technisches Rathaus):</u> Dämmung Dach und Fassade, Heizungserneuerung, Fenstererneuerung **Kosten: ca. 450.000 €**

2. <u>Salztorschule</u>: Erneuerung Heizungsanlage, Dämmmaßnahmen **Kosten: ca. 160.000 €**

3. <u>Rathaus:</u> Erneuerung Heizungsanlage, Dämmung Dach Fassade innen, Fenster **Kosten: ca. 750.000 €**

4. <u>Energetische Untersuchung</u> der öffentlichen Gebäude, Maßnahmekatalog **Kosten ca. 60.000 €**

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), KV Burgenlandkreis

3) Solarkataster anlegen

Damit alle Bürger, Gewerbetreibende und städtische Angestellte sich im Internet informieren können, ob Ihr Dach oder eine bestimmte Frei- bzw. Brachfläche für eine Solarenergienutzung (thermisch oder über Photovoltaik) geeignet ist, sollte ein digitale Solarkataster angelegt werden (siehe Kap.2.3.3). Die Bürger sollen über diese Maßnahme informiert werden.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), alle Bürger

4) Investitionen der Stadt in Solaranlagen oder Freigabe von städtischen Dachflächen für Bürger- oder Investorensolaranlagen

Um den Energiebedarf der Stadt immer mehr durch regenerative Energie zu decken sollten Investitionen der Stadt in Photovoltaik bei geeigneten Dach- oder Freiflächen erfolgen, z.B. Gebäude am alten Schlachthof. Dies ist derzeit teilweise auch bei 100%-iger Finanzierung über Kredite wirtschaftlich möglich. Dabei muss in Naumburg (Saale) immer der Aspekt „Weltkulturerbe“ mit betrachtet werden, insbesondere bei Freiflächen und in Altstadtgebieten.
Die Alternative dazu wäre die Freigabe von städtischen Dächern oder Brachflächen für Bürgersolaranlagen, Investoren oder die technischen Werke Naumburg. Dabei könnten die Mieten für die Stadt zwischen 2-3% der Einspeisevergütung für Solarstrom betragen. Für diese Variante müsste einmal ein ***Mustervertrag*** entworfen werden, der je Projekt nur noch angepasst werden muss und als Orientierung für städtische Mitarbeiter gilt. Vorab kann eine Analyse über die zu erwartenden Erträge und Gewinne erfolgen. Unterstützung sollte hierbei die GWG erfahren, welche derzeit die Möglichkeiten zur Installation von PV-Anlagen prüft.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), Bürger, Technische Werke, GWG

5) Energetische Bildung und Beratung von Schülern und Bürgern

Die Akzeptanz insbesondere für Solaranlagen, Wärmepumpen, Dämmmaßnahmen, Holzheizungen etc. in der Bevölkerung ist groß, aber viele sind sich auch unsicher, welches Heiz- und Wärmedämm- oder Baustoffsystem sie zukünftig nehmen sollen. Hier gibt es etlichen Bildungs- und Beratungsbedarf, welcher sowohl durch eine unabhängige Energiemanagement- und Beratungsstelle (siehe Punkt 1), als auch zukünftig im Rahmen des Architektur- und Umwelthauses durchgeführt werden kann, um Investitionen von privaten und gewerblichen Interessenten in regenerative Energie und Energiesparmaßnahmen zu fördern.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), Architekten und Ingenieure, Lehrer, Bürger der Stadt

6) Einführung Dimmlight-System in der Gesamtstadt

Die Wirtschaftlichkeit und ökologische Verbesserung dieses Systems ist gegeben (siehe Kapitel 2.2). Deshalb sollte es schnellstmöglich in der gesamten Stadt eingeführt werden. In Nebenstraßen wäre es auch ausreichend, die Beleuchtung über Photovoltaik-Leuchten abzudecken.
Im neuen OT Bad Kösen wurde ein erheblicher Sanierungsbedarf bei öffentlichen Leuchten festgestellt. Es wird deshalb empfohlen, das Dimmlight-System auch in Bad Kösen und den dazugehörigen Ortsteilen Crölpa-Löbschütz, Janisroda und Prießnitz einzuführen.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale)

7) Weitere Biogasanlagen

Neben der Biogasanlage, welche derzeit im Gewerbegebiet Kohlenstraße, OT Flemmingen in Betrieb genommen wird – was sehr begrüßenswert ist – sollte in der Umgebung geprüft werden, welche Potentiale es für den Bau weiterer Biogasanlagen gibt, z.B. aus Grünschnitt- und Kompostierungsabfällen (Braune Tonne). Sinnvoll ist es, im der Nähe der Biogasanlagen Gewerbe mit Kältebedarf im Sommer anzusiedeln, um die Wärme im Sommer sinnvoll ausnutzen zu können. Auch die Option von ORC-Kraftwerken (Stromerzeugung aus Niedertemperaturwärme), welche sich derzeit entwickelt, sollte mit einbezogen werden. Bei ausreichender Biomasse wäre auch die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und die Einspeisung in das Erdgasnetz möglich.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), TWN/Regtec, Burgenlandkreis

8) Verstärkte Wärmeversorgung mit energieeffizienten bzw. regenerativen Heizformen

Da in den nächsten Jahren viele in den ersten Jahren nach der politischen Wende errichteten Heizkessel ausgetauscht werden müssen bietet es sich an, dabei möglichst Blockheizkraftwerke, Holzpellet- oder Hackschnitzelheizungen, Wärmepumpen und thermische Solaranlagen (je nachdem, welches System am geeignetsten ist) einzusetzen. Auch sollte die Option von Nahwärmesystemen auf Basis Kraft-Wärme-Kopplung und Biomassebasis immer geprüft werden. Auf Ölheizungen in der Innenstadt sollte nach Möglichkeit verzichtet werden. Bei Neubauten oder grundsätzlichen Sanierungen sind diese Maßnahmen ohnehin nach dem EEG und EEWärmeG notwendig (siehe Kap. 2.3.1). Bei allen Umbauarbeiten sollten Optimierungen des Heizsystems durchgeführt werden, wie z.B. effizientere drehzahlgeregelte Pumpen, hydraulischer Abgleich etc., Wärmedämmung technischer Anlagen)

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), TWN, Bürger der Stadt

9) Nutzung Wasserkraft

Da Bad Kösen seit 01.01.2010 zur Stadt Naumburg dazugehört, sollte eine Wasserkraftnutzung zur Stromerzeugung am vorhandenen Wehr in Bad Kösen geprüft werden.

Beteiligte: Stadt Naumburg, ggf. TWN oder anderer Betreiber

10) Schaffung von mehr Attraktivität für Radfahrer

- weiterer Ausbau des innerörtlichen Radwegenetzes und der Anbindungen an den Saale-Radwanderweg
- Aufbau von mehr öffentlichen Radständern
- Fortführung der Markierung von Radwegen auf ausreichend breiten Straßen wie 2009 zunehmend vorgenommen
- Prüfung Radkonzept/ Hinweise des ADFC und Erarbeitung eines Durchführungskonzeptes

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale)

11) Maßnahmen zur Minderung des CO_2-Ausstoßes des Kraftverkehrs

- Unterstützung der PVG bei der Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV
- Forcierung des Umgehungsstraßenbaus (Südumgehung)
- Untersuchung zu „Grünen Wellen“ auf Ortsdurchgangsstraßen und innerörtlichen Bundesstraßen
- Tempo-30-Zonen in den Wohngebieten

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), Burgenlandkreis, PVG

12) Erhöhung des Anteils an Gasfahrzeugen und Vorbereitung der Elektromobilität

Da Fahrzeuge mit Erdgas (CNG)- bzw. Autogasmotor (LPG) weniger CO_2-Emissionen und andere Schadstoffe erzeugen ist es zu empfehlen, den Anteil städtischen Fahrzeugen, sowie von Bus- und Taxifahrzeugen kurzfristig weiter auszubauen. Mittel- und langfristig sollte der Umstieg bzw. die Vorbereitung der Elektromobilität erfolgen – in Abhängigkeit von regenerativem Anteil des Stromes und vom technischen Fortschritt bei Elektroautos. Elektro- und Hybridfahrzeuge, welche zwar derzeit nur in geringen Stückzahlen produziert werden, werden in Zukunft immer mehr zunehmen.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), TWN, BLK

13) Regelungen zur Vereinbarkeit von Denkmalschutz und Solarenergie/ Energiesparmaßnahmen

Durch frühzeitige Einbindung der Behörden bei Solaranlagen in Denkmalbereichen oder denkmalähnlichen Bereichen sollte gemeinsam an einer städtebaulich anspruchsvollen Lösung für die Integration von Solaranlagen (PV oder Solarthermie) gesucht werden. Dabei sollten die Bauherren einerseits die Unterlagen so einreichen, dass die künftige Solaranlage eindeutig dargestellt ist und beurteilt werden kann, andererseits sollten Behörden dem Bau von Solaranlagen grundsätzlich aufgeschlossen gegenüber stehen (Einzelfallprüfung). Bei der Sanierung der Gebäude darf in Zukunft nicht nur auf denkmalschutzrechtliche Aspekte, sondern auch auf energetische Kriterien geachtet werden, damit die Gebäude langfristig von den Betriebskosten erträglich und vermietbar bleiben (z.B. Innendämmung mit natürlichen Baustoffen etc.).

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), Bürger, Firmen

14) Ausbau der Windenergie

Die im Flächennutzungsplan dargestellte Sondergebietsfläche für Windenergie ermöglicht eine Erweiterung des Windparks „Molauer Platte“ mit Anlagen bis zu einer Nabenhöhe von max. 70m. Diese Nabenhöhe ist gewählt worden, um Beeinträchtigungen des Orts- und Landschaftsbildes zu vermeiden.
Durch den Ausbau von Windkraftanlagen auf der „Molauer Platte“ würde sich der regenerative Stromanteil im Burgenlandkreis deutlich erhöhen.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), BLK

15) Neubauten in Passivhausbauweise

Etliche Städte in Deutschland und Europa, z.B. Leipzig, haben sich selbst dazu verpflichtet, öffentliche und kommunale Neubauten nur noch in Passivhausbauweise zu errichten. Es wird empfohlen, diesem Beispiel zu folgen. Mit Einführung der EnEV 2012 werden ohnehin so weitreichende energetische Anforderungen an Neubauten gestellt, so dass man sich auch ab 2010 schon darauf einstellt.

Beteiligte: Stadt Naumburg (Saale), BLK

3.2 Schritte zur erneuerbaren Energieversorgung in Naumburg/Saale

Langfristiges Ziel der Stadt Naumburg sollte sein, die regionalen Potenziale der erneuerbaren Energie der Stadt und Umgebung weitestgehend auszunutzen und nur den nicht regional abdeckbaren Bedarf ggf. aus anderen entfernter liegenden regenerativen Energien (z.B. Offshore-Windanlagen, Desetec-Solarstrom der Sahara etc.) dazuzukaufen. Dadurch wird auch die regionale Wertschöpfung erhöht und es werden Arbeitsplätze im Energiebereich und landwirtschaftlichen Bereich (Biomasse) geschaffen.
Eine komplette regenerative Eigenversorgung der Stadt dürfte sich praktisch schwierig darstellen, aber eine ***regenerative dezentrale Versorgung der Region Burgenlandkreis*** unter Einbeziehung aller vorhandenen Regenerativen Energien (Windkraft, Solarenergie, Wasserkraft, Biomasse) ist ein langfristig anzustrebendes Ziel.

Dafür sind folgende Voraussetzungen notwendig:

- verstärkte Zusammenarbeit zwischen Kommune und Stadtwerken,
- die bereits begonnenen Maßnahmen zur energetischen Vernetzung der Städte (vor allem Naumburg, Zeitz, Weißenfels) und Gemeinden im Burgenland, incl. der Stadtwerke untereinander verstärken

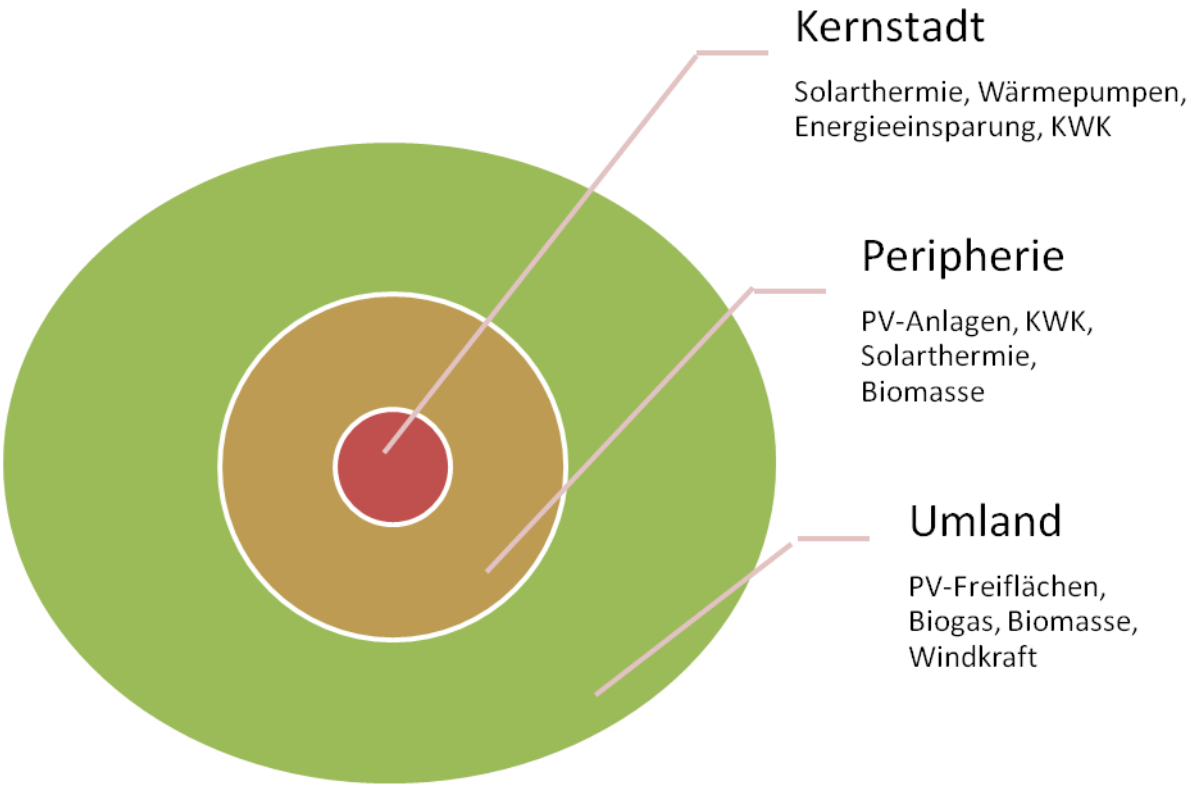
Städte haben andere Potenziale für regenerative Energien als ländliche Gebiete. Während ländliche Gebiete mehr regenerative Energie erzeugen können, als sie selbst benötigen, sind Städte meist nicht in der Lage, sich selbst regenerativ versorgen zu können. Weiterhin ist es günstig, wenn ein Austausch der Energien stattfinden kann, wenn in einer Stadt Überproduktion und in einer anderen Unterversorgung an EE zu verzeichnen ist.

In Deutschland gibt es das Projekt „100%-Erneuerbare-Energie-Region“, welches von der Universität Kassel und dem Kompetenznetzwerk dezentrale Energietechnologien wissenschaftlich begleitet und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert wird. Innerhalb dieses Projektes haben sich in Deutschland schon viele Regionen zu dem Ziel „100% EE“ bekannt, in Sachsen-Anhalt z.B. die Modellregion Harz.

Im Rahmen diese „100%-EE“-Projektes geht es um die langfristige und nachhaltige Potenzial an erneuerbaren Energien, welches nicht nur für eine bestimmte Zeit, sondern für spätere Generationen bestimmbar und nutzbar ist. Technische Entwicklungen wie z.B. Energiespeicherung fließen in diese Betrachtungen mit ein.

Eine regenerative Energieversorgung der Stadt Naumburg innerhalb eines EE-Energieverbundes Burgenlandkreis könnte dann wie folgt aussehen:

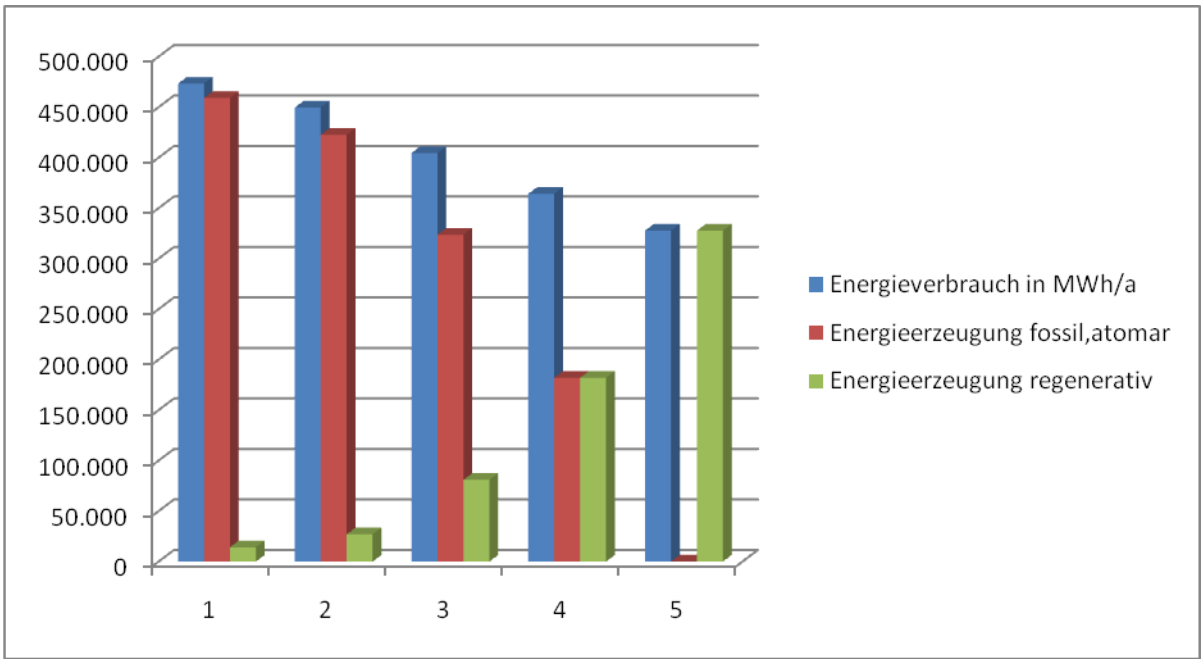
Regenerative Energieversorgung der Stadt Naumburg innerhalb der Region Burgenlandkreis



Zielstellungen Stadt Naumburg - Energieverbrauch und Energieerzeugung

Jahr	**2009**	**2012**	**20XX**	**20XX**	**20XX**
Senkung Energieverbrauch		-5%	-10%	-10%	-10%
Energieverbrauch in MWh/a	473.329	449.663	404.696	364.227	327.804
Energieerzeugung fossil,atomar	459.129	422.683	323.757	182.113	0
Energieerzeugung regenerativ	14.200	26.980	80.939	182.113	327.804
Erhöhung regenerativer Anteil	3%	6%	20%	50%	100%

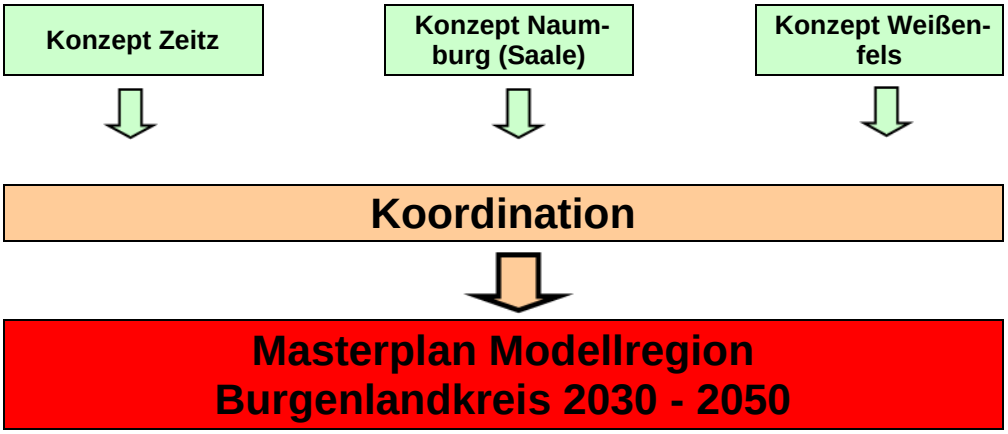
Darstellung grafisch



5 Schritte-Plan zur regenerativen Energieversorgung der Stadt

Gemeinsam mit den anderen Städten des Burgenlandkreises und den Gemeindevertetungen sollte ein Masterplan entwickelt werden, mit welchen Mitteln Strategien und Maßnahmen diese Ziele erreicht werden können.

Weitere Maßnahmen: Kooperation mit Zeitz und Weißenfels – Entwicklung einer energetischen Modellregion Burgenlandkreis.



4. Umsetzungsmöglichkeiten

4.1. Projektsteckbriefe

Photovoltaikanlage (jeweils ohne Einbeziehung Steuervorteile/Abschreibung)

- Errichtung am Gebäude
- Anlage 5 kWp, entspricht ca. 4.000 – 4.300 kWh/a, benötigte Dachfläche: ca. 45 m²
- Kosten 4.000 € / kWp netto (Einspeiser wird wie kommerzieller Stromversorger behandelt)
- Förderung durch Einspeisevergütung nach EEG per 2010

1. Eigenkapitaleinsatz

Kosten Anlage 5 kWp	20.000,00 €
Leistung 800-850 kW/ kWp	4000 - 4250 kWh
39,147 Ct (ab 2010)	1582 - 1682 €
abzgl. Versicherung	55,00 €
Ertrag	1520 - 1620 €
Rendite	**7,6 - 8,1 %**

2. vollständige Finanzierung

- Ausgansglage s.o.
- 3,5 % Zins (entspr. mittl. Bonitätsstufe KfW, siehe www.kfw-foerderbank.de)
- 2 % Tilgung

Kosten Anlage 5 kWp	20.000,00 €
Leistung 800-850 kW/ kWp	4000 - 4250 kWh
39,14 Ct (Anlage ab 2010)	1582 - 1682 €
abzgl. Versicherung	55,00 €
Ertrag	1520 - 1620 €
3,5% Zinsen und 2% Tilgung	1.100,00 €
Ertrag	**420 - 620 €/a**

2. Selbstnutzer Strom, vollfinanziert
- seit dem 1.1.2009 „Einspeisevergütung“ auch für Selbstnutzer i.H.v. 20,01 Ct/kWh

Kosten Anlage 5 kWp	20.000,00 €
Leistung 800-850 kW/ kWp	4000 - 4250 kWh
Eigenbedarf 4000 kWh (25,01Ct)	1.000,40 €
gesparte Stromkosten (12 Ct)	480,00 €
Einspeisung 250 kWh (39,14 Ct)	98,92 €
abzgl. Versicherung	55,00 €
Ertrag	1.524,32 €
3,5% Zinsen und 2% Tilgung	1.100,00 €
Ertrag	**424,32** €

Förderung: - Ansprechpartner: örtliches Energieversorgungsunternehmen
- Einspeisung für Anlagenbis 30 kWp an/auf Gebäuden ab 2010: 39,14 Ct/kWh

Energetische Gebäudesanierung

Rahmenbedingungen: innerstädtisches Reihenhaus, 4 Etagen mit je 125 m²

- unsaniert 36-er Außenwände ungedämmt, Vollziegel, Innen- und Außenputz
Doppelfenster, Dachgeschossdecke mit Lehmfüllung, Nutzfläche 500 m²,
Kellerdecke ungedämmt, Zentralheizung Niedrigtemperaturkessel

Werte für:	Einheit	unsaniert	Maßnahme	saniert
U-Wert Außenwand	W/m²K	1,37	Dämmung 5 cm 040	0,50
U-Wert Fenster	W/m²K	2,50	neue Iso-Fenster	1,40
U-Wert Decke zum Dach	W/m²K	1,80	Dämmung 20 cm 040	0,18
U-Wert Boden zum Keller	W/m²K	1,40	Dämmung 4 cm 035	0,48
Heizung	NT-Kessel		Kesseltausch	Brennwertkessel

- Kosten Außenwanddämmung ca. 95 €/m² bei 100 m²:

- 4,40 €/m² - Gerüstgestellung inkl. 4 Wochen Vorhaltezeit
- 5.50 €/m² - Vorbehandeln des Altputzes bzw. des Mauerwerks
- 8,50 €/m - Alu-Sockelschienen anbringen
- 30,50 €/m² - EPS-Dämmplatten im Punkt-Wulst-Verfahren kleben
- 8,40 €/m² - Zusätzliche Plattenbefestigung mit Spezialdübeln
- 6,80 €/m - Eckschutzschienen einbauen und glätten
- 13,70 €/m² - Armierungsschicht einbetten und spachteln
- 14,20 €/m² - Putz in (Körnung 3 mm) aufbringen
- 6,60 €/m² - Silikonfassadenfarbe als zweimaliger Anstrich aufbringen
- 3,80 €/m - Anschlüsse zu Fensterleibungen und Dach versiegeln
- 42,50 €/m² - Perimeter-Dämmplatten mit Sockelputz aufbringen
- 41,00 €/m - Fensterbänke inkl. Antidröhnband befestigen

- Fassadenfläche 12,5x2,5x4 m abzgl. 20 % (Fenster, Türen) x 2 (vorn hinten);	**19.000 €**
- neue Fenster , je Etage ca. 5 Fenster, insgesamt 40 Stck., durchschnittlich 600 €	**24.000 €**
- Dämmung Decke zum Dach, durchschnittliche Kosten bei 20-35 €/m², 125 m²	**3.750 €**
- Dämmung Kellerdecke, durchschnittlich 15-40 €/m², 125 m²	**3.500 €**
- Brennwertkessel, ca. 25 kW inkl. Ausbau alt, Einbau	**7.500 €**
- ergibt Baukosten von ca. 115 €/m²	**57.750 €**

Einsparung: **3.400 €/a**

Werte für:	Einheit	unsaniert	saniert
Primärenergieverbrauch	kWh/m²a	196,00	93,90
Q"p max nach EnEV Altbau	kWh/m²a	110,20	110,20
Transmiss.-wärmeverlust H'T	W/m²K	1,51	0,58
T max nach EnEV Altbau	W/m²K	1,09	1,09
Heizenergieverbrauch Q"H	kWh/m²a	112,70	51,40
Heizleistung	kW	34,70	19,40
CO2	kg/m²a	44,19	21,20
NOx	kg/m²a	0,036	0,017
Endenergie	kWh/a	91.232	43.507
Energiekosten	€/a	6.611	3.211

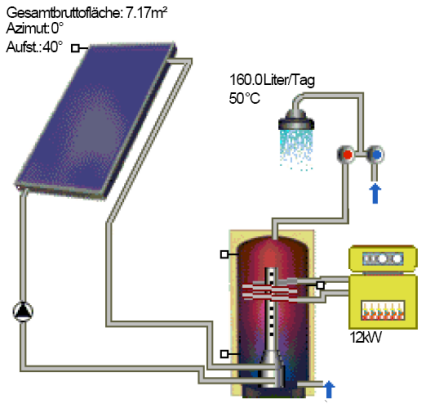
Förderung: Energieeffizient Sanieren (KfW, Kleinmaßnahmen, max. 2.500 €/WE)
Städtebauförderung (Zuschuss Fassade/ Fenster; 30 %??) **12.000 €**
besser zusätzlich: therm. Solaranlage und Kessel 12.000 -24.000 €
(über Bafa = Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle)

Amortisation: **10 Jahre**

Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung (ausschließlich WW)

Rahmenbedingungen:

- Kollektorfläche 7 m², Ausrichtung Süden, 40°
- Standort Mitteldeutschland, Globalstrahlung 1033,6 kWh/a
- Gas-Brennwertkessel 12 kW
- 500l Speicher
- Verbrauch 160 l/Tag bei 50 °C



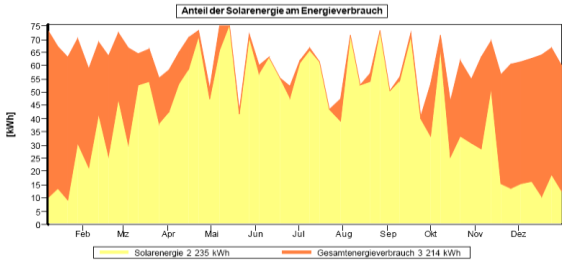
Kosten:

- 3.730 €

Ergebnisse:

- Energielieferung Warmwasser 2,72 MWh
- Energieertrag des Systems 2,23 MWh/a
- Stromverbrauch Pumpen 32,2 kWh/a
- Deckungsanteil Warmwasser 69,5 %
- Einsparung Erdgas 239,2 m³/a
- Vermeidung CO_2 542,77 kg/a
- Systemnutzungsgrad 30,1 %

(Berechnung nach Simulationsprogramm für therm. Solaranlagen T*Sol Pro4.3)



Förderung:

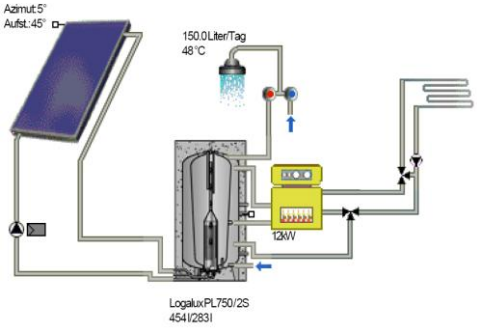
- Ansprechpartner Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (www.bafa.de)
- Marktanreizprogramm 2009
- 60 €/m² Kollektorfläche = 430 €
- mögliche Boni: 750 € Kesseltausch, 200 € Umwälzpumpe, 50 € Solarpumpe
- lineare Abschreibung 5 %/a oder degressive Abschreibung 1. Jahr 15 % vom Anlagenwert

Wirtschaftlichkeit: (Berechnung nach Kapitalwertmethode in Anlehnung an VDI 2067)

- Lebensdauer 30 Jahre
- Ansatz: Kapitalzins 3 %, Preissteigerungsrate Energie 5 % und Betriebskosten 1 %

- Kosten	3.730 €
- Betriebskosten	581 €
- Förderung	430 €
- Einsparung in 30 a	10.271 €
- Kapitalwert	6.390 €
- Amortisationszeit	13 Jahre
- Wärmepreis	9 Ct/kWh

Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung mit Heizungsunterstützung



Rahmenbedingungen:

- Kollektorfläche 12 m², Azimut 5°, Winkel 45°
- Standort Mitteldeutschland, Globalstrahlung 1033,6 kWh/a
- Gas-Brennwertkessel 12 kW
- 750l Kombispeicher
- Warmwasserverbrauch 150 l/Tag bei 48 °C
- Auslegungstemperaturen Heizung 35°C/25°C

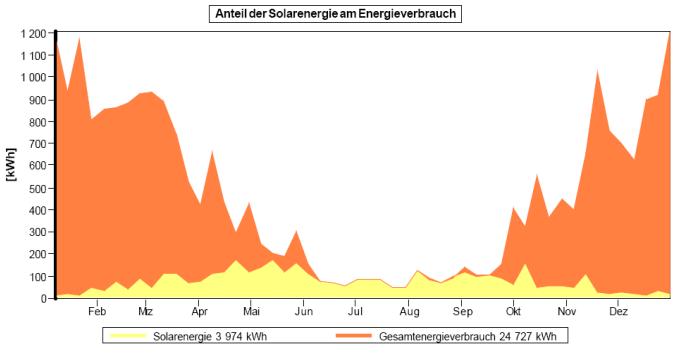
Kosten:

- 6.260 €

Ergebnisse:

- Energieertrag des Systems 3,97 MWh
- Energielieferung Wärme 21,45 MWh
- Zufuhr Energie Zusatzheizung 20,75 MWh
- Stromverbrauch Pumpen 21,86 kWh/a
- Energielieferung Warmwasser 2,42 MWh
- Energie an Speicher 3,97 MWh
- Einsparung Erdgas 404,7 m³/a
- Vermeidung CO_2 918,08 kg/a
- Systemnutzungsgrad 31,8 %

(Berechnung nach Simulationsprogramm für therm. Solaranlagen T*Sol Pro4.3)



Förderung:

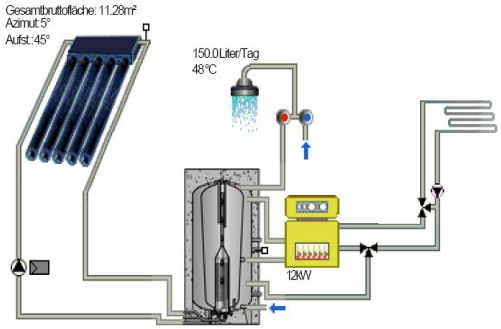
- Ansprechpartner Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (www.bafa.de)
- Marktanreizprogramm 2009
- 105 €/m² Kollektorfläche = 1.260 €
- mögliche Boni: 750 € Kesseltausch, 200 € Umwälzpumpe, 50 € Solarpumpe
- lineare Abschreibung 5 %/a oder degressive Abschreibung 1. Jahr 15 % vom Anlagenwert

Wirtschaftlichkeit: (Berechnung nach Kapitalwertmethode in Anlehnung an VDI 2067)

- Lebensdauer 30 Jahre
- Ansatz: Kapitalzins 3 %, Preissteigerungsrate Energie 5 % und Betriebskosten 1 %

- Kosten	6.260 €
- Betriebskosten	537 €
- Förderung	1.260 €
- Einsparung in 30 a	17.373 €
- Kapitalwert	11.836 €
- Amortisationszeit	11 Jahre
- Wärmepreis	7 Ct/kWh

Thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung mit Heizungsunterstützung Röhrenkollektor



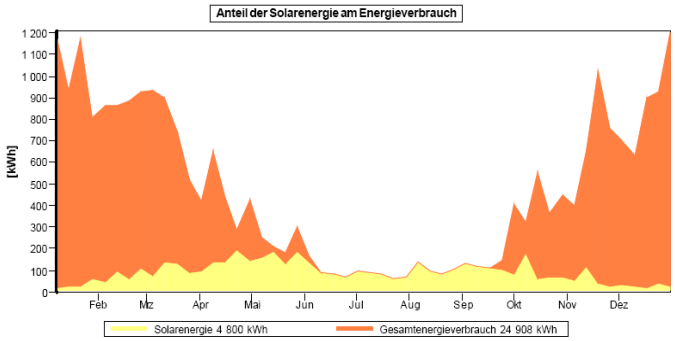
Rahmenbedingungen:

- Kollektorfläche 11,27 m², Azimut 5°, Winkel 45°
- Standort Mitteldeutschland, Globalstrahlung 1033,6 kWh/a
- 750l Kombispeicher
- Gas-Brennwertkessel 12 kW
- Warmwasserverbrauch 150 l/Tag bei 48 °C
- Auslegungstemperaturen Heizung 35°C/25°C

Kosten:

- 6.770 €

Ergebnisse:



- Energieertrag des Systems 4,8 MWh
- Energielieferung Wärme 21,45 MWh
- Zufuhr Energie Zusatzheizung 20,11 MWh
- Stromverbrauch Pumpen 26,3 kWh/a
- Energielieferung Warmwasser 2,42 MWh
- Energie an Speicher 4,8 MWh
- Einsparung Erdgas 485,1 m³/a
- Vermeidung CO_2 1.100,54 kg/a
- Systemnutzungsgrad 40,6 %

(Berechnung nach Simulationsprogramm für therm. Solaranlagen T*Sol Pro4.3)

Förderung:

- Ansprechpartner Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (www.bafa.de)
- Marktanreizprogramm 2009
- 105 €/m² Kollektorfläche = 1.184 €
- mögliche Boni: 750 € Kesseltausch, 200 € Umwälzpumpe, 50 € Solarpumpe
- lineare Abschreibung 5 %/a oder degressive Abschreibung 1. Jahr 15 % vom Anlagenwert

Wirtschaftlichkeit: (Berechnung nach Kapitalwertmethode in Anlehnung an VDI 2067)

- Lebensdauer 30 Jahre
- Ansatz: Kapitalzins 3 %, Preissteigerungsrate Energie 5 % und Betriebskosten 1 %

- Kosten	6.260 €
- Betriebskosten	556 €
- Förderung	1.184 €
- Einsparung in 30 a	20.826 €
- Kapitalwert	14.686 €
- Amortisationszeit	10 Jahre
- Wärmepreis	7 Ct/kWh

Pelletheizung

Überschlägige Kenngrößen:

- Heizwert Pellets = 4,7 – 5,0 kWh/kg
- Für 650 kg Pellets werden 1 m³ Lagerraum benötigt bzw. 1 t Pellets benötigt ca. 1,5 m³ Lagerraum
- Faustgröße: Für 1 kW Gebäudeheizlast werden 0,9 m³ Lagerraum benötigt

Beispiel: Mehrfamilienhaus

Für ein Gebäude mit einer Heizlast von 30 kW werden ca. 27 m³ (30*0,9) Lagerraum benötigt. Bei einer Raumhöhe von 2,30m ergibt das ein Flächenbedarf von ca. 11,8 m².
Ein anderer Ansatz ist die Berechnung über den Jahresheizwärmebedarf und dem Nutzungsgrad des Kessels.

Heizlast =	=	30 kW
Heizwärmeverbrauch	=	60.000 kWh
Nutzungsgrad Kessel	=	88 %

60.000 kWh / 0,88	= 68.182 kWh/a
61.182 kWh / 4,8 kWh/kg	= 14.205 kg
14.205 kg / 650 kg/m³	= 21,85 m³ Lagerfläche

(1,0-fache Menge für Jahresheizwärmeverbrauch ohne Leerflächen)

Wirtschaftlichkeit

Spez. Verbrauchskosten Pelletheizung:	5,5 ct/kWh (brutto)
Spez. Verbrauchskosten Gasheizung:	8,9 ct/kWh (brutto)
Verbrauchskosten Pelletheizung:	3.750 €/a
Verbrauchskosten Gasheizung:	5.804 €/a
Einsparung:	**2.054 €/a**
	41.080 €/20 Jahren (ca. Laufzeit der Heizung)
Investitionskosten Pelletheizung:	13.400 €
Investitionskosten Gasheizung:	6.500 €
Mehrkosten Pelletheizung:	6.900 €
Amortisationszeit (statisch):	**3,36 Jahre**

Weitere Beispiele siehe auch Kapitel 2.3.2 und 2.3.3 !