



Integriertes Klimaschutzkonzept der Gemeinde Gangelt

Gefördert durch die Bundesrepublik Deutschland, Zuwendungsgeber:
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.



Herausgeber

Gemeinde Gangelt



Förderung

Zuwendungsgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)



Nationale Klimaschutzinitiative (BMU),
Förderkennzeichen: 03KS2043

Integriertes Klimaschutzkonzept
der Gemeinde Gangelt (01.10.2011 bis 30.09.2012)



<http://www.bmu-klimaschutzinitiative.de/>
<http://www.ptj.de/klimaschutzinitiative>



Bearbeitung / Autoren

NOWUM-Energy
FH Aachen University of Applied Science, Campus Jülich
Heinrich-Mußmann-Str. 1 | 52428 Jülich | Germany



Prof. Dr.-Ing. Isabel Kuperjans (Institutsleitung);
Michael Schneider B.Eng.; Pascal Noël B.Eng.;
Michael Ströbel B.Eng.; Bertram Beckmann B.Eng.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
1 Einleitung.....	1
2 Ausgangssituation und Zielsetzung	2
2.1 Gemeindeprofil	2
2.2 Motivation zur Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes	3
2.3 Klimaschutz 2010.....	3
2.4 Zukunftssicherung.....	5
2.5 Ziele des Klimaschutzkonzeptes.....	6
3 CO₂-Bilanz der Gemeinde Gangelt.....	7
3.1 Bilanzierungsprinzip.....	7
3.2 Endenergiebilanz für den Wärmesektor	9
3.3 Bilanz für den Stromsektor	12
3.4 Bilanz für den Verkehrssektor.....	14
3.5 Gesamtbilanz für das Gemeindegebiet.....	14
3.6 Primärenergiegesamtbilanz für das Gemeindegebiet	15
3.7 CO ₂ -Gesamtbilanz für das Gemeindegebiet	17
4 CO₂-Minderungspotentiale	20
4.1 CO ₂ -Minderungspotential durch Nutzung von Solarenergie.....	20
4.2 CO ₂ -Minderungspotential durch Nutzung von Windenergie	22
4.3 CO ₂ -Minderungspotential durch Nutzung von Geothermie.....	23
4.4 CO ₂ -Minderungspotential durch Nutzung von Biomasse	26
4.5 CO ₂ -Minderungspotentiale im Verkehrssektor	31
4.6 CO ₂ -Minderungspotential Gemeindegebiet.....	32
5 Maßnahmenprogramm	35
5.1 Darstellung der bereits durchgeführten Klimaschutzmaßnahmen	35
5.2 Maßnahmenfindung	35
5.3 Energieneutraler Ortsteil Schümm.....	35
5.3.1 Wärmeversorgung ohne Heizöl.....	38
5.3.1.1 Einsparpotentiale	38
5.3.1.2 Fernwärmeversorgung (FW-Netz).....	39
5.3.1.3 Umweltwärmepumpen (Geothermie).....	41
5.3.1.4 Dezentrale Holzheizung.....	42
5.3.2 Eigenes Windrad, Kleinwindanlage oder PV	42
5.3.2.1 Energieeffizienzsteigerung	42
5.3.2.2 Windkraftanlage	46

5.3.2.3	Kleinwindanlage (<50 m Gesamthöhe)	46
5.3.2.4	Photovoltaik	46
5.3.3	Erweiterung einer Biogasanlage.....	47
5.3.4	Gesamtüberblick	47
5.3.5	Kostenabschätzung	50
5.3.6	Handlungsempfehlung für 2013.....	58
5.4	<i>Energieneutrales Schulzentrum Gangelt</i>	59
5.4.1	Ist-Zustand Schulzentrum Gangelt	59
5.4.2	Aktionstage, Projektwochen und Wettbewerbe.....	62
5.4.2.1	Minderungspotential.....	63
5.4.2.2	Erwartete Gesamtkosten.....	63
5.4.2.3	Handlungsschritte.....	63
5.4.3	Fahrrad im Sommer, Schulbus im Winter	64
5.4.3.1	Aktuelle Verkehrssituation (Stand 2010).....	64
5.4.3.2	Minderungspotential.....	66
5.4.3.3	Zwischenfazit und Handlungsschritte.....	67
5.4.3.4	Bewertung	68
5.4.4	Sanierungsmaßnahmen	69
5.4.4.1	Stand der Technik	69
5.4.4.2	Strom- und Heizenergieverbrauch im Vergleich mit VDI-Richtlinie 3807	70
5.4.4.3	Erwartete Gesamtkosten.....	76
5.4.4.4	Zwischenfazit und Handlungsschritte.....	77
5.4.5	Regenerative Strom- und Wärmeerzeugung	77
5.4.5.1	Photovoltaik	78
5.4.5.2	Thermische Solaranlagen	79
5.4.5.3	Kleinwindanlagen	80
5.4.5.4	Biogas	81
5.4.5.5	Geothermie	84
5.4.5.6	Biogene Brennstoffe.....	85
5.4.5.7	Kombination von Strom- und Wärmeerzeugung	86
5.4.5.8	Erwartete Gesamtkosten.....	90
5.4.5.9	Zwischenfazit und Handlungsschritte.....	91
5.4.5.10	Bewertung	93
5.4.6	Fazit	93
5.4.7	Empfehlung	94
5.5	<i>Energieeinsparung durch Öffentlichkeitsarbeit</i>	96
5.5.1	Klimaschutzmanager/ Energieberater	98
5.5.2	Aufgaben	98
5.5.2.1	Projektentwicklung und –steuerung	98
5.5.2.2	Informations- und Öffentlichkeitsarbeit.....	98
5.5.2.3	Beratung	99
5.5.2.4	Fördermittelmanagement.....	99
5.5.2.5	Erhebung von Verbrauchsdaten und des Immobilienbestands	100
5.5.2.6	Fortführung der Energie- und CO ₂ -Bilanz.....	100
5.5.2.7	Netzwerkarbeit und Fortbildung	101
5.5.3	Versenden von Bürgerbriefen und Informationsmaterial an Unternehmen und private Haushalte..	102
5.5.4	Nutzung öffentlicher Flächen zu Werbezwecken.....	104
5.5.5	Energie- und CO ₂ -Minderungspotential.....	104
5.5.6	Verstärkter Einsatz von Energiesparlampen	105

5.5.6.1	Effiziente Haushaltsgeräte.....	107
5.5.6.2	Reduzierung von Standby-Verlusten	108
5.5.6.3	Wärmeeinsparung durch Altbausanierung	109
5.5.6.4	Wärmeeinsparung durch Verbraucherschulung	110
5.5.6.5	Übersicht Energie- und CO ₂ -Einsparpotential	111
5.5.7	Kosten und regionale Wertschöpfung	113
5.5.8	Übersicht Öffentlichkeitsarbeit	117
5.6	<i>Nutzung regenerativer Energien, insbesondere von Umwelt- bzw. Abwärme durch Wärmepumpen</i>	118
6	Controllingkonzept.....	120
7	Handlungsempfehlung	124
8	Literaturverzeichnis.....	125
9	Abbildungsverzeichnis.....	130
10	Tabellenverzeichnis.....	133

1 Einleitung

Die Gemeinde Gangelt hat im Zeitraum vom 01.10.2011 bis 30.09.2012 ein integriertes Klimaschutzkonzept für das Gemeindegebiet entwickelt. Die Kosten für das Projekt betragen 41.562 €. Aus Mitteln der Klimaschutzinitiative werden 27.015 € finanziert. Der Eigenanteil der Gemeinde Gangelt beträgt 14.547 € und liegt damit bei 35 % der Gesamtsumme.

Zu den Kernpunkten des Konzeptes zählen neben der Erstellung der Energie- und CO₂-Bilanz die Szenarienermittlung und Potentialanalyse, die Erstellung eines Maßnahmenkatalogs zur Energiereduzierung im Gemeindegebiet, die Ausarbeitung eines Controllingkonzeptes und die Erstellung eines Konzeptes für die Öffentlichkeitsarbeit.

2 Ausgangssituation und Zielsetzung

2.1 Gemeindeprofil

Die Gemeinde Gangelt entstand durch die im Jahre 1969 vollzogene kommunale Neugliederung. Im fast 49 Quadratkilometer großen Gemeindegebiet leben zurzeit ca. 12.000 Bürger in 8 Bezirken und 19 Ortsteilen. Die Gemeinde ist überwiegend durch Landwirtschaft, Gewerbe und Wohnraum geprägt. Industrie ist kaum ansässig. Die Gemeinde Gangelt grenzt unmittelbar an die Niederlande und hat zentralörtliche Bedeutung für einen Versorgungsbereich von 10.000 bis 25.000 Einwohner. Ca. 400.000 Menschen leben im Umkreis von 10 km in den angrenzenden Kreisen und Gemeinden im In- und Ausland.



Nachfolgend sind die wichtigsten Zahlen und Fakten der Gemeinde Gangelt in Tabelle 1 aufgeführt:

Tabelle 1 Zahlen und Fakten der Gemeinde Gangelt

Einwohner	ca. 12.000 Personen
Fläche	ca. 49 km ²
Gliederung	8 Bezirke mit insgesamt 19 Ortsteilen 1) Gangelt – Mindergangelt – Vinteln 2) Birgden 3) Breberen – Nachbarheide – Buscherheide – Broichhoven – Brückgen – Schümm 4) Stahe – Niederbusch – Hohenbusch 5) Langbroich – Harzelt 6) Schierwaldenrath 7) Hastenrath – Kievelberg 8) Kreuzrath
Landkreis	Heinsberg
Region	Rheinland
Regierungsbezirk	Köln (NRW)
Schulen	5
Kindergärten	6
Hilfsorganisationen	DRK, DLRG, Freiwillige Feuerwehr mit 8 Gerätehäusern

Sportvereine	6 Fußballvereine mit Fußballplätzen und Vereinsheim
	5 Tennis- / Tischtennisvereine
	3 Reitvereine
	2 Turnvereine
	4 Taubenvereine
	2 Hundevereine
Tourismus	Wohnmobilplatz mit Infocenter
	Solarbeheiztes Freibad
	Minigolf-Anlage auf 4.000m ² Fläche
	Heidenaturpark (Bäche, Wiesen, Weiden, Wälder auf einer Fläche von 750 Hektar)
	Grünmetropole (grenzüberschreitendes Projekt für die zukünftige Entwicklung in den Bereichen Tourismus, Technologie und Wissenschaft)
	Wildpark auf 50 Hektar
	Historische Eisenbahn mit 3,8 km Schienennetz
	Radwegenetz mit mehr als 500 km ausgeschilderter Strecke
	Wanderwege mit 8 ausgewiesenen Routen
	Historische Wind- und Wassermühlen
	Kahnweiher mit Bootsverleih

2.2 Motivation zur Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes

Gemäß dem 2010 beschlossenen Energiekonzept der Bundesregierung verfolgt Deutschland das Ziel, bis zum Jahr 2050 den Primärenergieeinsatz um 50 % gegenüber 2008 zu senken, den Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch auf 60 % und den Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf 80 % zu erhöhen sowie die Treibhausgasemissionen gegenüber dem Vergleichsjahr 1990 um 80 % zu reduzieren. Diese Ziele lassen sich nur durch Beteiligung aller Akteure erreichen. Die Gemeinde Gangelt, möchte das Energiekonzept getreu dem Motto „Global denken – lokal handeln“ durch die Entwicklung anspruchsvoller, innovativer und kommunaler Effizienzmaßnahmen sowie den Ausbau der Nutzung regenerativer Energiequellen und der Kraft-Wärme-Kopplung unterstützen.

2.3 Klimaschutz 2010

Im Folgenden sind die bis 2010, auf dem Gemeindegebiet Gangelt, bereits durchgeführten Klimaschutzaktivitäten dargestellt.

1) Windkraft

Auf dem Gemeindegebiet Gangelt stehen insgesamt 15 Windkraftanlagen mit einer gesamt installierten Leistung von 26 MW_{el}. Die im Jahr 2010 gelieferte Strommenge beträgt 43.500 MWh. Der Hauptteil der erzeugten Windenergie wird im Windpark Breberen generiert. Dort sind 9 Windkraftanlagen mit einer jeweiligen installierten Leistung von 2 MW am Stromnetz angeschlossen. 2010 liefert der Windpark Breberen 31.000 MWh und generierte somit 71 % des auf dem Gemeindegebiet mit Windkraft erzeugten Stroms.

2) Biogas

Die große landwirtschaftlich nutzbare Fläche in der Gemeinde ist eine ideale Voraussetzung für die Nutzung von Biomasse in Biogasanlagen. Im Bereich der Strom- und Wärmebereitstellung durch den Einsatz von Biogas sind derzeit 4 Biogasanlagen im Gemeindegebiet in Betrieb. Die gesamt installierte elektrische Leistung beläuft sich auf 2.710 kW_{el}. Die Anlagen befinden sich in den Ortsteilen Schümm, Birgden, Breberen und in Gangelt an den Gangelter Einrichtungen Maria Hilf. Für die Energie- und CO₂-Bilanz werden die beiden Anlagen in Schümm und Birgden nicht betrachtet, da diese im betrachteten Bilanzzeitraum noch nicht fertiggestellt waren. Die beiden Biogasanlagen aus Gangelt und Breberen haben 2010 eine Strommenge von 4.600 MWh_{el} und eine Wärmemenge von 4.300 MWh_{th} geliefert.

3) Deponiegas

Bei der Deponierung von Abfällen entsteht durch biochemische Abbauprozesse von organischen Verbindungen in Abfällen Deponiegas. Das im Deponiegas enthaltene Methan hat eine 21-Mal klimaschädlichere Wirkung als CO₂, aus diesem Grund wird das Deponiegas in der Regel abgefackelt. Die Mülldeponie Hanbusch in Gangelt verstromt das entstehende Deponiegas, die installierte Leistung beträgt 375 kW_{el}. Im Bilanzierungsjahr hat die dort installierte Anlage 500 MWh_{el} bereitgestellt.

4) Photovoltaik

Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenenergie in elektrischen Strom um, dieser kann direkt vor Ort genutzt, oder ins öffentliche Netz eingespeist werden. Durch die erzeugungsnahe Nutzung des Solarstroms haben Photovoltaikanlagen in Hinblick auf eine dezentrale Stromversorgung einen besonderen Stellenwert, da sie auf einer Vielzahl von Dachflächen montiert werden können. Im Bilanzierungsjahr 2010 existieren im Gemeindegebiet Gangelt 302 Anlagen mit einer installierten Kollektorfläche von ca. 40.000 m² und einer gesamt Peak-Leistung von ca. 5.000 kW_{peak}. Die gelieferte Strommenge beträgt im Bilanzierungszeitraum 3.500 MWh.

5) Solarthermie

Bei der Solarthermie wird die Solarenergie direkt in Solarkollektoren in Wärme umgewandelt und vor Ort für die Brauch- und Heizwassererwärmung genutzt. Im Bilanzierungszeitraum sind im Gemeindegebiet Gangelt Solarkollektoren mit einer gesamten Fläche von ca. 2.400 m² installiert. Die hierdurch bereitgestellte Wärme beziffert sich im Jahr 2010 auf insgesamt 954 MWh_{th}.

6) Geothermie

Im Gemeindegebiet sind im Jahr 2010 64 Anlagen mit insgesamt 260 Erd- und Wassersonden installiert, diese Anlagen haben im Bilanzierungsjahr 2.500 MWh_{th} Wärme geliefert. Bei den hier eingesetzten Anlagen handelt es sich um Anlagen, die oberflächennahe Geothermie nutzen. Als oberflächennahe Geothermie wird Wärmenutzung bis zu einer Tiefe von 400 m bezeichnet. Die hier im Erdreich bzw. im Gestein gespeicherte Wärme kann in Form von Kombinationen aus Wärmepumpe und Erdkollektoren, -sonden direkt zur thermischen Aufbereitung von Brauch- und Heizwasser genutzt werden.

7) Holzheizung

Für das Gemeindegebiet Gangelt wird von einer dem bundesdurchschnitt entsprechenden Wärmebereitstellung durch die Verfeuerung von Holz ausgegangen. Im Jahr 2010 wurde eine Wärmemenge von etwa 2.700 MWh durch die thermische Nutzung von Holz bereitgestellt. Dies entspricht 3,65 % der gesamt bereitgestellten Wärmemenge.

8) Kraft-Wärme-Kopplung

Durch die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung wird die eingesetzte Energie zeitgleich zu Strom und Nutzwärme umgesetzt. Die doppelte Nutzung der eingesetzten Energie, in einer Anlage, ist wesentlich effizienter, als die Erzeugung von Wärme und Strom in verschiedenen Anlagen. Dadurch werden im Gegensatz zur getrennten Erzeugung CO₂-Emissionen vermieden.

2.4 Zukunftssicherung

Das Klimaschutzkonzept soll insbesondere zur Zukunftssicherung der Gemeinde beitragen, indem die Attraktivität jedes einzelnen Ortsteils erhalten oder sogar gesteigert wird. Hierbei stehen folgende Aspekte im Vordergrund:

- Arbeitsplätze: sichern, möglichst ausbauen
- Wohnen: günstige und ansprechende Bebauung
- Freizeit und Naherholung: Angebote sichern und möglichst ausbauen
- Infrastruktur und Verkehr: Ziel ist Reduktion des Individualverkehrs mit PKW
- Steuern und Gebühren: niedrig halten, z.B. durch Reduktion der Energiekosten der kommunalen Gebäude
- Das Klimaschutzkonzept soll z.B. zur Sicherung und möglichst auch zum Ausbau von Arbeitsplätzen führen. Als Beispiel ist hier die jetzige Situation im landwirtschaftlichen Bereich zu nennen. Zukünftig werden Landwirte verstärkt auf Nebeneinkünfte angewiesen sein, hier ergeben sich durch den Ausbau von Windkraft-, Biomasse- und Photovoltaikanlagen neue Existenzchancen und Perspektiven. Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes werden diese Aspekte weiter betrachtet. Des Weiteren werden Maßnahmen vorgestellt, um die generelle Akzeptanz und Bereitschaft der Einwohner zur Verwendung erneuerbarer Energien weiter auszubauen.
- Ein weiterer Aspekt der Zukunftssicherung ist der Bereich Wohnen und Gebäude: Durch die Umsetzung der im Klimaschutzkonzept erarbeiteten Maßnahmen soll eine Aufwertung der Gebäudesubstanz erreicht werden. Dies hat eine Verbesserung des Wohnumfeldes zur Folge, sodass die Attraktivität der Gemeinde für neue Einwohner gesteigert wird.
- Zum einen gehören zu den Liegenschaften der Kommune Gangelt einige sanierungsbedürftige öffentliche Einrichtungen. Diese Gebäude wurden in den letzten Jahren unter anderem nicht saniert, da keine übergeordneten Konzepte vorliegen und Unsicherheit über die Wirtschaftlichkeit von Sanierungsmaßnahmen herrscht.
- Zum anderen wird seit einigen Jahren ein vermehrter Zuzug von Niederländern nach Gangelt verzeichnet. Die Niederländer erwerben bevorzugt Altbauten in den

Ortskernen und sanieren diese aufwändig. Hier fehlen zurzeit Regelungen, Hilfestellungen und Anregungen zur energetisch optimalen Sanierung und der Nutzung erneuerbarer Energien.

- Zusätzlich werden in Gangelt pro Jahr ca. 50 Neubau-Grundstücke verkauft. Bei der Errichtung von Neubauten muss laut EEWärmeG seit 2009 ein Großteil des Wärme- und Kältebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Je nach Anlagentechnik liegt der Anteil bei bis zu 50 %. Alternativ kann Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) verwendet werden oder z.B. durch eine verbesserte Dämmung der Primärenergiebedarf des Hauses soweit reduziert werden, sodass die EnEV (Energie Einspar-Verordnung) um 15 % unterschritten wird. Mit Verschärfung der EnEV 2012 wird die letztgenannte Möglichkeit unwirtschaftlich, so dass tatsächlich erneuerbare Energien oder KWK Wärme eingesetzt werden müssen.

2.5 Ziele des Klimaschutzkonzeptes

Grundsätzlich soll durch das Klimaschutzkonzept eine Entscheidungshilfe für zukünftige Planungen zu Aktivitäten rund um den Klima- und Umweltschutz geschaffen werden. Zur Entwicklung und Koordination von sinnvollen Maßnahmen, die kurz-, mittel- und langfristig den Primärenergiebedarf der Gemeinde senken und CO₂-Emissionen einsparen, müssen jedoch genaue Kenntnisse über die derzeitigen Energieflüsse und CO₂-Ausstöße vorliegen. Ziel ist es unmittelbar nach Erstellung des Konzeptes mit der Umsetzung verschiedener Maßnahmen zu beginnen.

3 CO₂-Bilanz der Gemeinde Gangelt

3.1 Bilanzierungsprinzip

Die Energiebilanz bildet die fundierte Grundlage für alle weiteren Schritte des Klimaschutzkonzeptes. Für die Bilanzierung wurde der Bezugszeitraum zwischen dem 01.01.2010 und dem 31.12.2010 betrachtet. Es werden die Endenergieverbräuche und Emissionen, die durch die Bürger und das Gewerbe in der Gemeinde sowie alle sonstigen auf dem Gemeindegebiet angesiedelten Verbraucher, betrachtet. Die auf dem Gemeindegebiet regenerativ erzeugte Energie wird der Gemeinde gutgeschrieben. Energieträger, die nicht energetisch genutzt werden, z.B. zur Herstellung von Produkten, werden in der Energiebilanz nicht erfasst.

Durch die Bereitschaft der Energieversorger die Stromverbrauchsdaten zur Verfügung zu stellen, kann für die Erstellung der Energie- und CO₂-Bilanz auf die realen Stromverbräuche zurückgegriffen werden. Im Bereich der Wärmeversorgung liegen für die gasbeheizten Gebäude ebenfalls genaue Verbrauchsdaten der Energieversorger vor. Hingegen stellen die liefergebundenen Heizstoffe eine Besonderheit dar, da es hierzu keine Verbrauchsdaten gibt. Für die Erfassung dieser Verbräuche wird auf die Durchschnittsverbrauchswerte der gasbeheizten Gebäude in Gangelt zurückgegriffen. Die durchschnittlichen Gasverbräuche werden mit den Einwohnerzahlen der Gemeinde hochgerechnet, es wird davon ausgegangen, dass alle Haushalte, die nicht mit Gas, Holz, Geothermie, Solarthermie oder Wärme aus einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage versorgt werden eine Ölheizung installiert haben. Im Verkehrssektor stellt sich eine ähnliche Situation wie bei den liefergebundenen Heizstoffen dar. Sodass auch für den motorisierten Individualverkehr auf Bundesdurchschnittswerte zurückgegriffen wird. Anhand der bundesdurchschnittlichen Fahrleistungen und Verbräuche und der im Gemeindegebiet Gangelt zugelassenen Kraftfahrzeuge (Kfz) kann die Bilanzierung der Energieverbräuche und Emissionen durchgeführt werden.

Im Folgenden werden die Energieverbräuche auf die jeweilige Endenergie sowie die Primärenergie bezogen. Die beiden Begriffe werden nachstehend für ein einheitliches Verständnis erläutert.

Primärenergie:

Als Primärenergie wird die Energie bezeichnet, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht. Hierzu zählen:

- Fossile Energie
 - o Steinkohle
 - o Braunkohle
 - o Torf
 - o Erdgas
 - o Erdöl
- Regenerative Energie

- o Sonnenenergie (nutzbare solare Energieeinstrahlung: Licht, Wärme)
- o Biomasse
- o Windenergie (atmosphärische Strömungen)
- o Wasserkraft inkl. Gezeiten (Tidenhub)
- o Wellenkraft
- o Meeresströmung (z.B. der Golfstrom)
- o Geothermie (Erdwärme)
- Kernenergie
 - o Kernspaltung
 - o Radioaktivität
 - o Kernfusion

Endenergie:

Als Endenergie wird die Energie bezeichnet, die nach einem Umwandlungsprozess, zum Beispiel Abbau von Kohle mit anschließender Verstromung und Übertragung, beim Endverbraucher abgenommen wird. Also die Energie, die der Verbraucher bezieht bzw. kauft. Weitere Beispiele sind:

- Leichtes Heizöl (zur Verwendung in Heizkesseln im Tank)
- Getrocknetes Holz (zur Verfeuerung im Kamin)
- Aufbereitetes Erdgas (am Hausanschluss)
- Benzin und Diesel (Kraftstoff)

Die Endenergie ist eine gut messbare Größe und kann mit Hilfe von Primärenergiefaktoren auf die Primärenergie zurück gerechnet werden. In Tabelle 2 sind die für dieses Konzept verwendeten Primärenergiefaktoren aufgeführt.

Tabelle 2 Primärenergiefaktoren

Art der Energieerzeugung	Primärenergiefaktor
Windstrom	0,05
Strom Biogas KWK	0,31
Strom Erdgas KWK	1,99
Strom Photovoltaik	0,42
Holz zur Wärmeerzeugung	0,01
Fernwärme Biogas KWK	0,09
Fernwärme Erdgas BHKW	0,80
Sonnenkollektoren Solarthermie	0,10
Benzin	1,19
Diesel	1,11
Konventionelle Stromerzeugung	2,60

An den in Tabelle 2 dargestellten Primärenergiefaktoren wird deutlich, dass auch regenerativ erzeugte Energie einen Primärenergieanteil hat. Das nachfolgende Beispiel soll dies anhand der regenerativen Erzeugung von Windstrom verdeutlichen. Der Primärenergiefaktor für Windstrom ist 0,05. Somit wird für die Erzeugung von z.B. 100 kWh ein Primärenergieeinsatz von 5 kWh benötigt. Dieser Einsatz kommt zustande, da für die Produktion sowie die Wartung des Windrads Primärenergie benötigt wird.

Nutzenergie:

Als Nutzenergie wird die Energie bezeichnet, die dem Endnutzer für seine Bedürfnisse zur Verfügung steht. Sie entsteht durch Umwandlung der Endenergie. Mögliche Formen der Nutzenergie sind:

- Wärme zur Raumheizung
- Kälte zur Raumkühlung
- Licht zur Arbeitsplatzbeleuchtung
- mechanische Arbeit
- oder Schallwellen

Der Nutzenergiebedarf ist in den meisten Fällen kleiner als der Endenergieeinsatz, da bei der Energieumwandlung von Endenergie in Nutzenergie Verluste auftreten. Diese Verluste werden durch den Wirkungsgrad der eingesetzten Anlagen bestimmt. Beispielsweise bei einem Heizkessel mit einem Wirkungsgrad von 90 %, somit stehen bei einem Endenergieeinsatz von 100 kWh Gas 90 kWh Nutzenergie zur Verfügung. Diese werden zum Heizen genutzt.

3.2 Endenergiebilanz für den Wärmesektor

Nachfolgend werden in Abbildung 1 die Verbräuche der Gemeinde Gangelt im Wärmesektor der regenerativ erzeugten Wärmemenge gegenübergestellt. Wie zu erkennen ist werden rund 12,8 % der benötigten Wärme regenerativ erzeugt. Der kommunale Anteil an der Heizenergie beträgt rund 5 %.

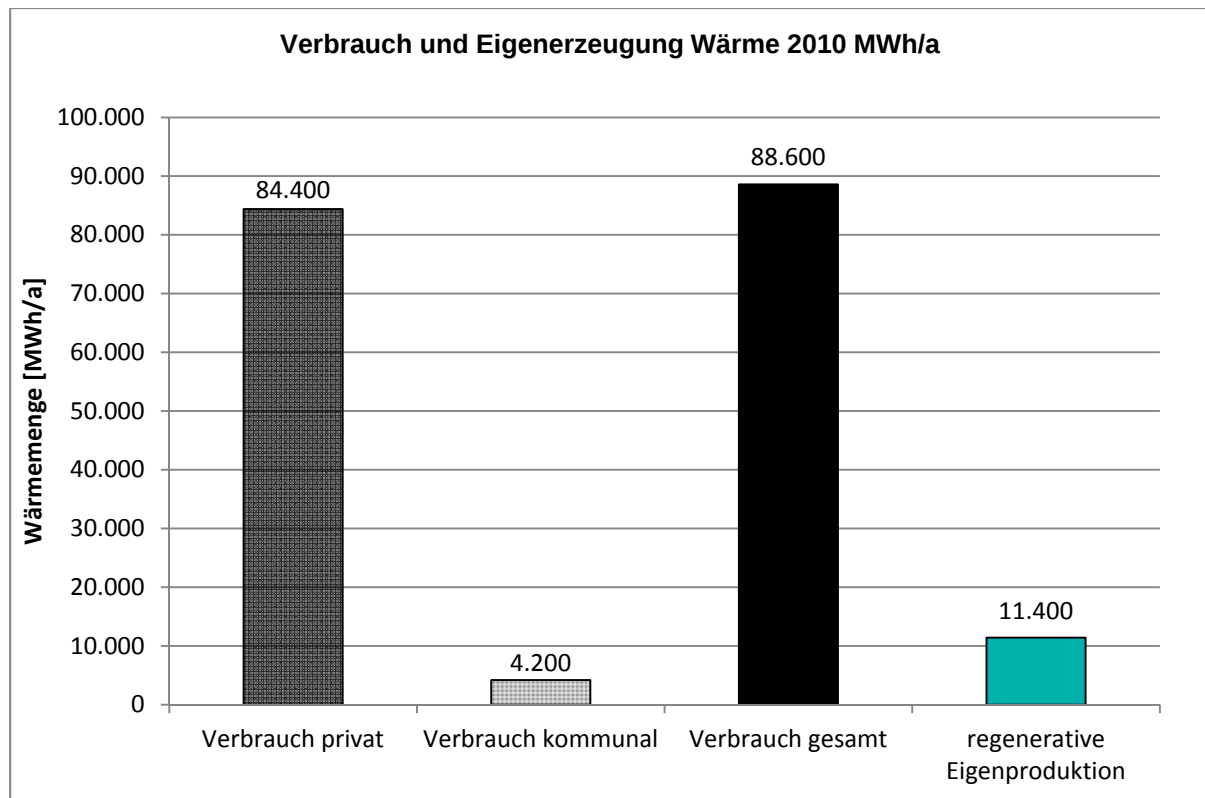


Abbildung 1 Verbrauch und Eigenerzeugung Wärme 2010

Im Weiteren wird die Wärmeerzeugung näher betrachtet und nach den einzelnen Rohstoffen aufgegliedert. Die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gibt hierzu einen Überblick. Im Bereich der regenerativen Wärmeerzeugung wird deutlich, dass der größte Teil der erzeugten Wärme durch die beiden Biogasanlagen bereitgestellt wird.

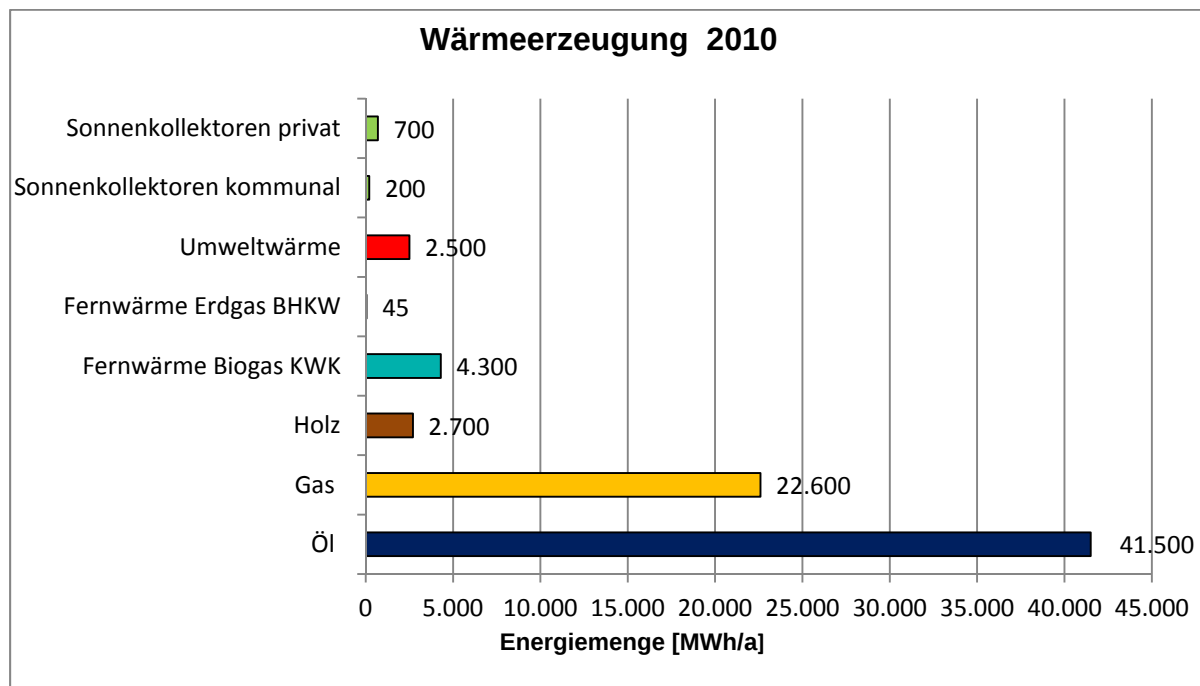


Abbildung 2 Wärmeerzeugung 2010

Durch die thermische Nutzung von Holz wird in der Gemeinde Gangelt ca. 2.700 MWh_{th}/a für die Gebäudeheizung bereitgestellt. Holz zählt, ebenso wie Öl, zu den liefergebundenen Rohstoffen, wodurch eine genaue Verbrauchserfassung nur mit sehr großem Aufwand möglich ist. Aus diesem Grund wird für die Bilanzierung der Wärme aus dem Rohstoff Holz, auf Bundesdurchschnittswerte je Bundesbürger zurückgegriffen und auf die Gemeinde hochgerechnet.

Durch die Nutzung von Umweltwärme z.B. mittels Einsatz von Wärmepumpen in Verbindung mit Erdsonden wird ebenfalls ein weiterer großer Anteil an der Wärmebereitstellung gedeckt. Durch die Nutzung von Umweltwärme wird im Bilanzierungsjahr 2010 rund 25 % der regenerativ erzeugten Wärme bereitgestellt.

3.3 Bilanz für den Stromsektor

In Abbildung 3 ist die Bilanzierung der Strom-Verbräuche und der auf dem Gemeindegebiet erzeugten Strommenge dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die auf dem Gemeindegebiet erzeugte Strommenge deutlich über der verbrauchten Strommenge liegt. Die verbrauchte Strommenge liegt bei ca. 41.500 MWh/a, der kommunale Anteil beträgt rund 4 %. Die regenerativ erzeugte Strommenge ist mit ca. 52.200 MWh/a zu beziffern und somit um rund 26 % höher als der Verbrauch. Somit ist für den Stromsektor bereits eine Energieneutralität für die Gemeinde Gangelt festzustellen.

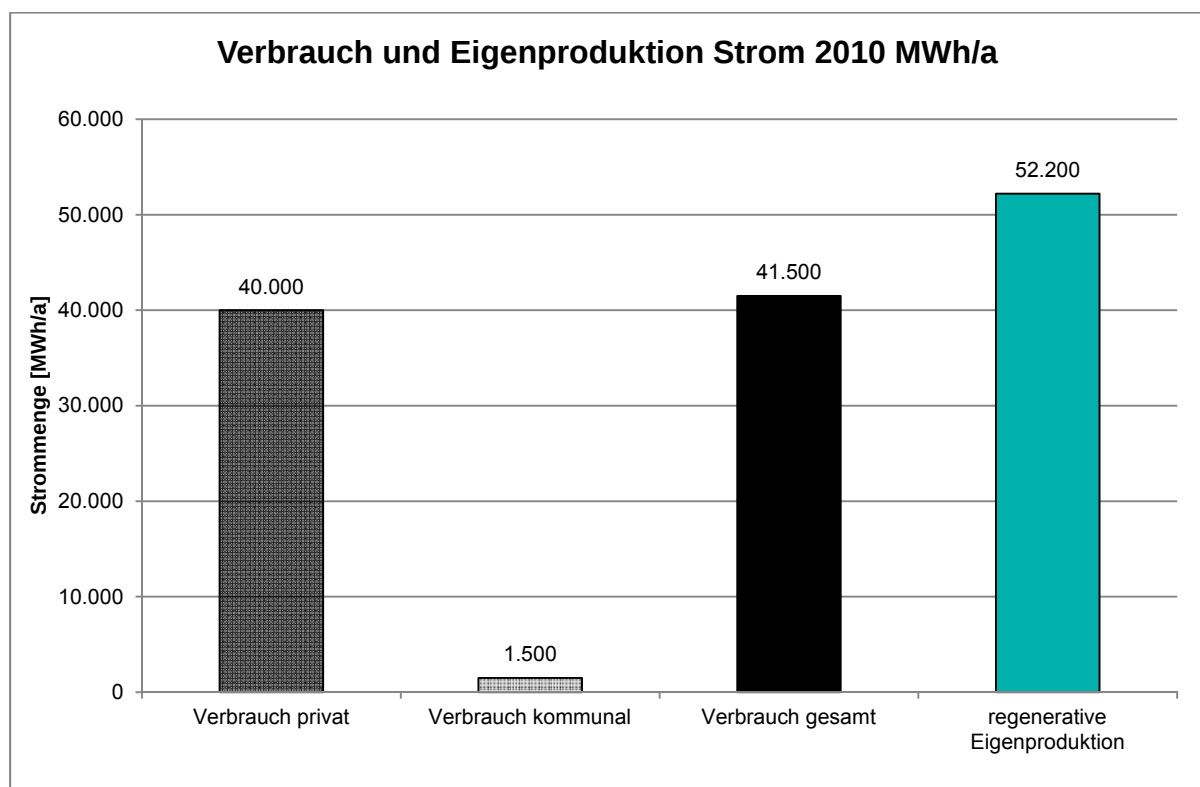


Abbildung 3 Verbrauch und Eigenproduktion Strom

Wird nun die regenerative Stromerzeugung näher betrachtet, lässt sich in Abbildung 4 eindeutig erkennen, dass der Hauptanteil der produzierten Strommenge auf Windkraftanlagen zurückzuführen ist. Hier liefert der Windpark in Breberen mit ca. 31.000 MWh/a den Hauptanteil.

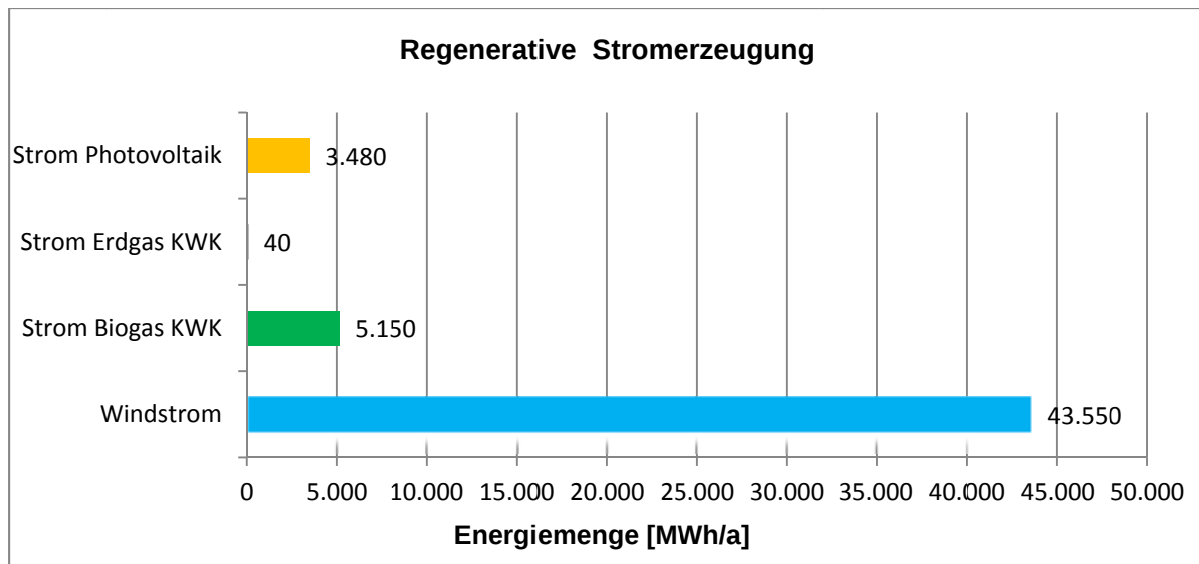


Abbildung 4 Regenerative Stromproduktion 2010

3.4 Bilanz für den Verkehrssektor

Zur Erstellung der Energie und CO₂-Bilanz für den Verkehrssektor wird die Gemeinde Gangelt mit Hilfe von Durchschnittsfahrleistungen der Bundesrepublik Deutschland und der Anzahl der im Gemeindegebiet zugelassenen Kraftfahrzeuge bilanziert. Die durchschnittlichen Fahrleistungen betragen im Bilanzierungsjahr für Fahrzeuge mit Ottokraftstoff 11.400 km und für Fahrzeuge mit Dieseldieselkraftstoff 21.100 km. Der durchschnittliche Verbrauch beläuft sich für Dieselfahrzeuge auf 6,8 Liter/100 km und für Ottofahrzeuge auf 7,9 Liter/100 km. Wodurch sich der Endenergieeinsatz im Verkehrssektor auf insgesamt 185.000 MWh/a beziffern lässt. Eine Nutzung regenerativer Energiequellen gibt es nur durch die Beimischung von Bioethanol zum Treibstoff, wobei der Anteil von Bioethanol im Kraftstoff in der Endenergiebilanz nicht extra dargestellt wird. Abbildung 5 gibt Aufschluss über die Anzahl und Art der in der Gemeinde Gangelt zugelassenen Kraftfahrzeuge.

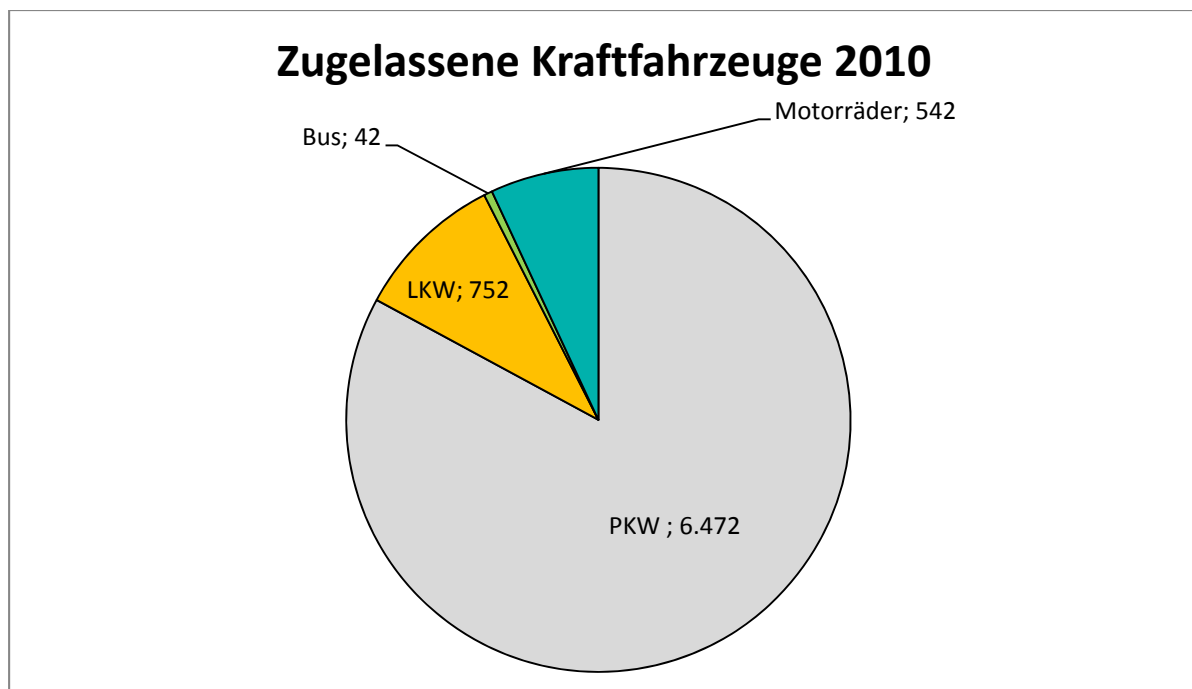


Abbildung 5 Zugelassene Kraftfahrzeuge 2010

3.5 Gesamtbilanz für das Gemeindegebiet

In der Gesamtbilanz in Abbildung 6, für das Gemeindegebiet Gangelt, sind die Verbräuche der Eigenproduktion gegenübergestellt. Es ist zu erkennen, dass im Gemeindegebiet mehr Strom erzeugt als verbraucht wird. 2010 wurden regenerativ rund 27 % mehr bereitgestellt, als im gleichen Zeitraum benötigt wurde. Im Bereich der Wärmebereitstellung ist die Bilanz nicht so positiv, hier werden nur rund 13 % des Wärmebedarfs durch regenerative Energien gedeckt. Im Bereich des Verkehrssektors gibt es einen regenerativen Anteil durch die Beimischung von Bioethanol zum Treibstoff.

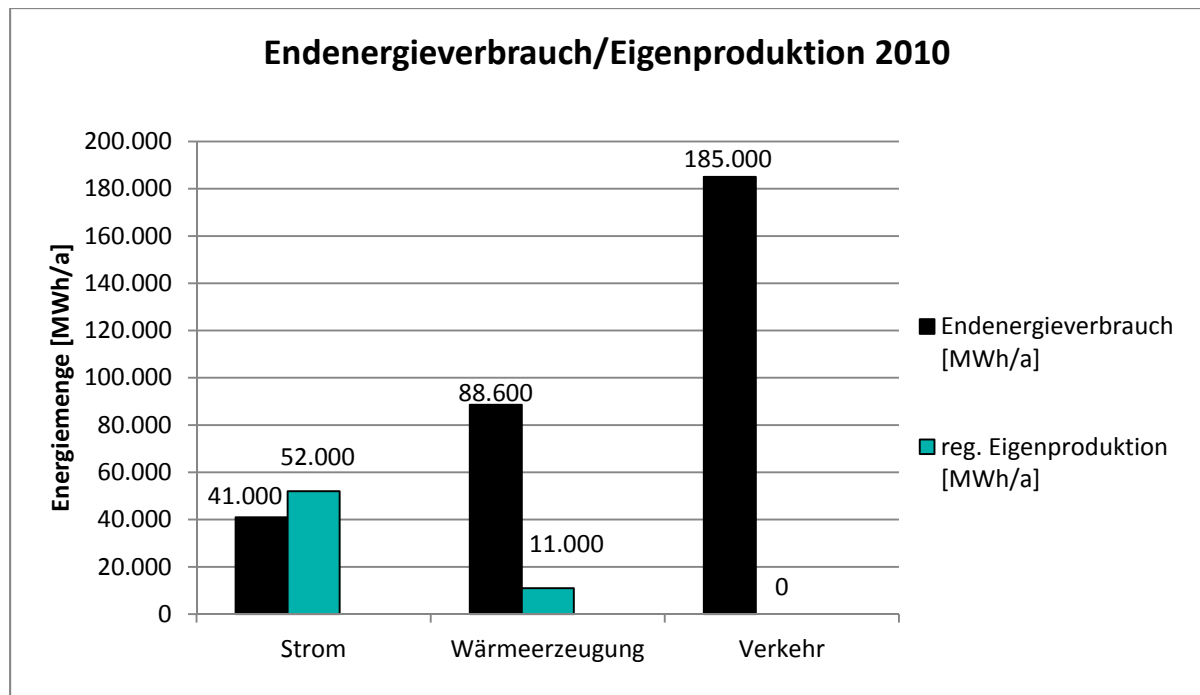


Abbildung 6 Energieverbrauch/Eigenproduktion 2010

3.6 Primärenergiegesamtbilanz für das Gemeindegebiet

Die Primärenergiebilanz betrachtet im Gegensatz zur Endenergiebilanz nicht allein die vom Verbraucher abgenommene Energie, sondern auch die zur Bereitstellung der Energie zuvor eingesetzte Energie.

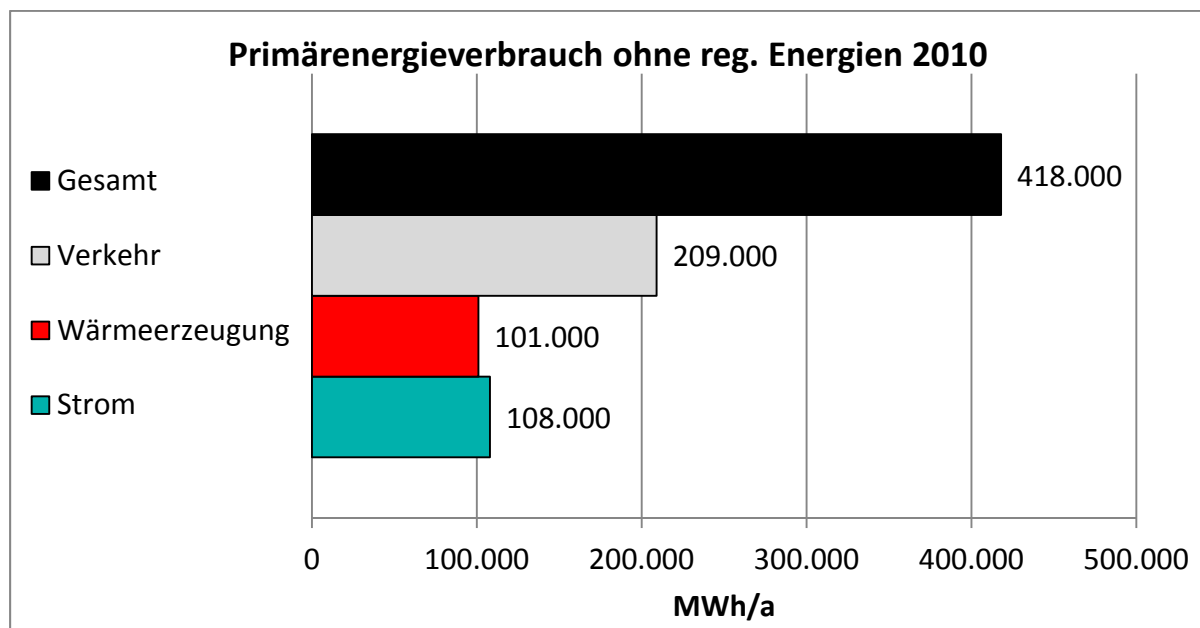


Abbildung 7 Primärenergieverbrauch ohne reg. Energien 2010

In Abbildung 7 ist der Primärenergieverbrauch für die einzelnen Sektoren dargestellt. Wird der Primärenergieverbrauch ohne die regenerative Erzeugung für das Gemeindegebiet

betrachtet, so lässt sich erkennen, dass der Stromsektor einen höheren Primärenergieverbrauch aufweist als der Wärmesektor. Bei Betrachtung der Endenergieverbräuche ist dies wie in Abbildung 6 dargestellt in umgekehrter Reihenfolge der Fall. Diese Umkehrung der Reihenfolge resultiert daraus, dass für die Bereitstellung von Strom im Verhältnis deutlich mehr Primärenergie benötigt wird als für die Bereitstellung von Wärme.

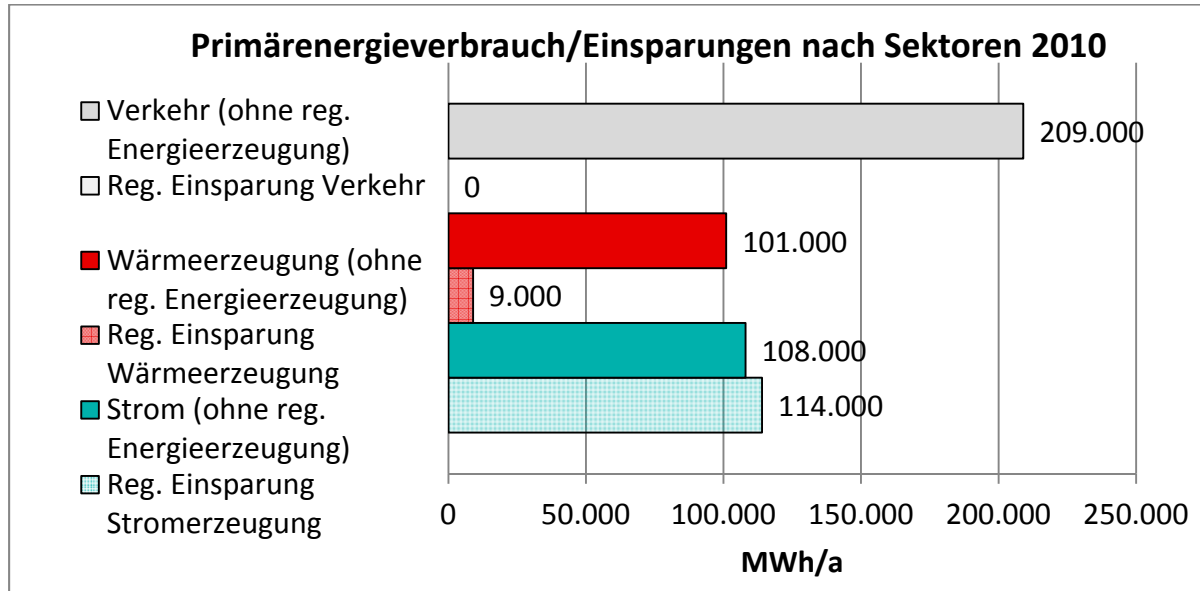


Abbildung 8 Primärenergieverbrauch/Einsparung nach Sektoren 2010

In Abbildung 8 sind den Primärenergieverbräuchen der einzelnen Sektoren die regenerativ erzeugten Einsparungen gegenübergestellt.

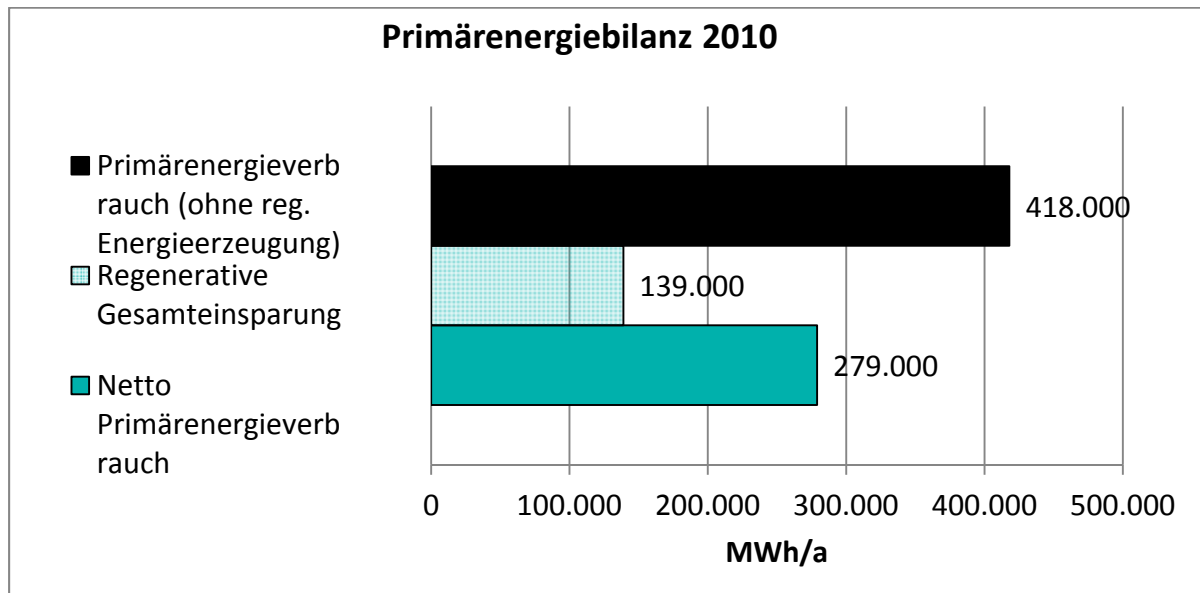


Abbildung 9 Primärenergiebilanz 2010

Die in Abbildung 9 dargestellte Primärenergiebilanz für das Gemeindegebiet zeigt, dass im Bilanzierungsjahr 2010 bereits ein Drittel der benötigten Primärenergie durch regenerative Erzeugung bereitgestellt wird.

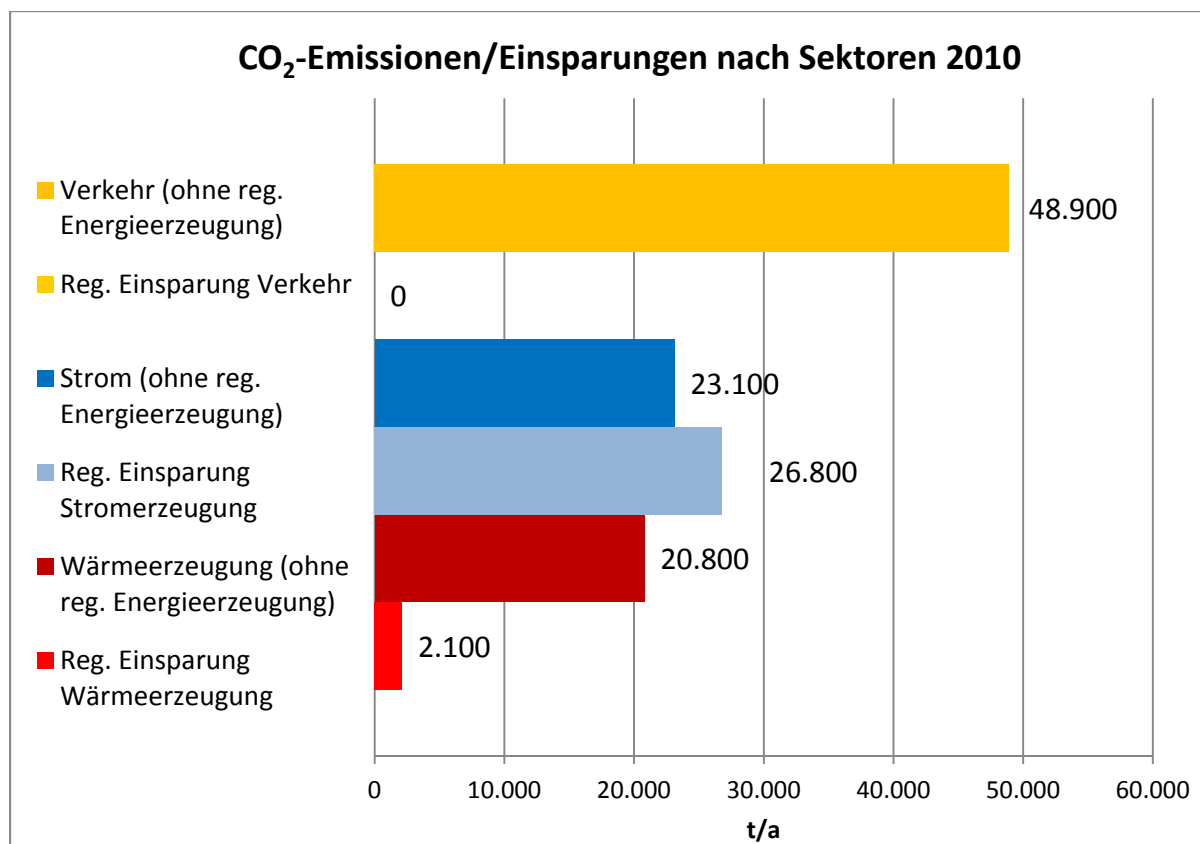
3.7 CO₂-Gesamtbilanz für das Gemeindegebiet

Für die CO₂-Bilanz werden die erfassten Endenergieverbräuche und die erzeugte Energie mit den jeweiligen CO₂-Faktoren [Tabelle 3] multipliziert und als CO₂-Emission bzw. CO₂-Gutschrift dargestellt. Die auf dem Gemeindegebiet regenerativ erzeugte Energie führt zu einer CO₂-Einsparung und wirkt sich in der CO₂-Bilanz auch als solche aus, selbst wenn die Energie nicht im Gemeindegebiet selbst verbraucht wird. Die CO₂-Emissionen und Einsparung sind in Abbildung 10 für die einzelnen Sektoren dargestellt. Der Stromsektor weist auch in der CO₂-Bilanz eine im Gegensatz zur Emission höhere Einsparung auf. Den größten Teil an der CO₂-Emission besitzt der Verkehrssektor.

Tabelle 3 CO₂-Emissionsfaktoren

	CO ₂ -Faktor [g/kWh]
Ölheizung	267,84
Gasheizung	201,14
Brennholz	26,34
Fernwärme Biogas BHKW	0,00
Fernwärme Erdgas BHKW	0,00
Solarthermie	0,00
Strom (Netz)	565,61
Diesel	265,21
Benzin	264,20
Windstrom	25,15
Strom Biogas BHKW	235,78
Strom Erdgas BHKW	419,87
PV-Strom	104,69

Die Tabelle 3 zeigt die CO₂-Emissionsfaktoren mit denen sich die einzelnen Emissionen für verschiedene Energiequellen berechnen.

**Abbildung 10 CO₂-Emissionen/Einsparungen nach Sektoren 2010**

Die CO₂-Einsparung wirkt sich, wie in Abbildung 10 dargestellt, positiv auf die gesamte CO₂-Bilanz aus. Ohne regenerative Erzeugung würde der CO₂-Ausstoß im Jahr 2010 bei ca.

92.900 Tonnen liegen. Durch den Anteil der regenerativen Energieerzeugung wird der CO₂-Ausstoß um 29.000 Tonnen auf 63.900 Tonnen gesenkt, dies entspricht einer Verminderung von rund 31 %.

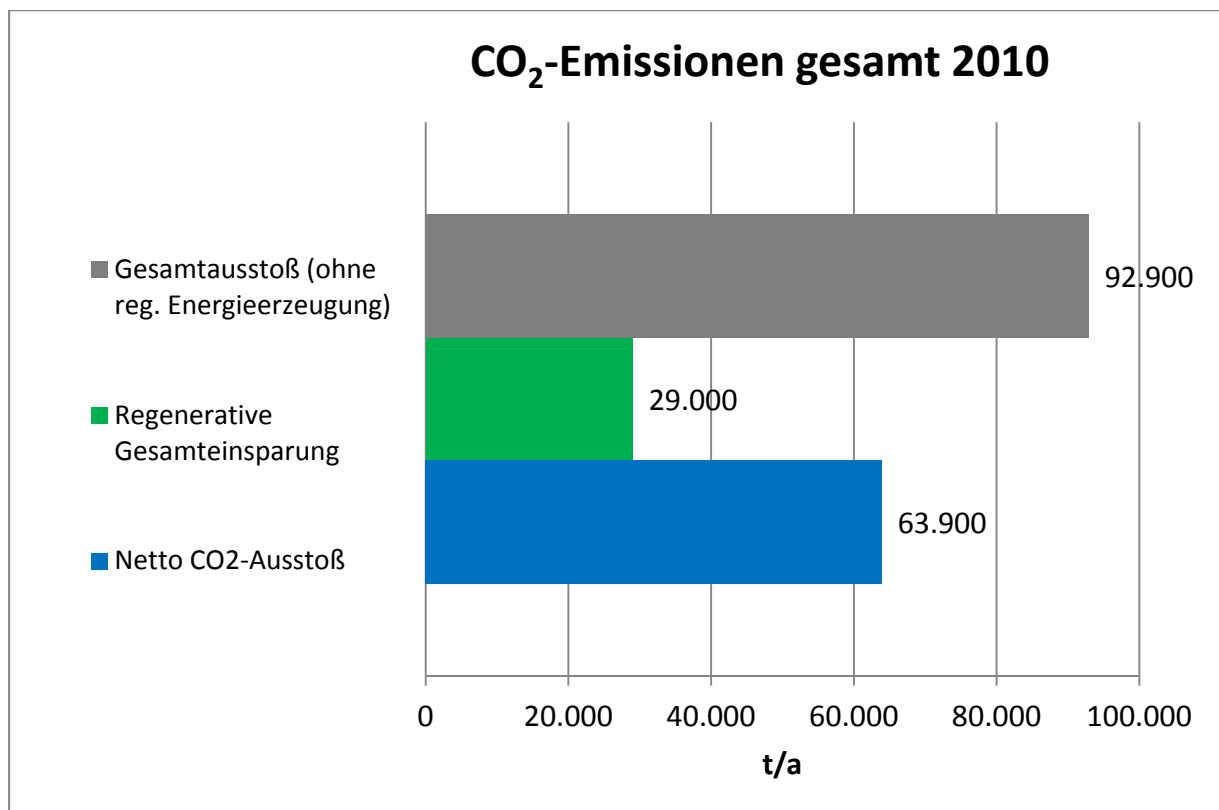


Abbildung 11 CO₂-Emissionen gesamt 2010

Abschließend kann zur Energie- und CO₂-Bilanz gesagt werden, dass die Gemeinde Gangelt im Bereich regenerative Stromerzeugung schon sehr gut aufgestellt ist, da hier bereits mehr Energie erzeugt als verbraucht wird. Dennoch sollte dieser Bereich weiter ausgebaut werden, um vor allem für die CO₂-Emissionen im Verkehrssektor einen Ausgleich zu schaffen. Im Bereich der Wärmeerzeugung ist ein ausbaubares Potential vorhanden, auf das im Folgenden weiter eingegangen wird.

4 CO₂-Minderungspotentiale

4.1 CO₂-Minderungspotential durch Nutzung von Solarenergie

Solarenergie lässt sich im privaten Bereich auf zwei Arten nutzen. Zum einen kann die Sonnenenergie mit Hilfe von Solarkollektoren thermisch zur Warmwasserbereitung genutzt werden und zum anderen über Photovoltaikanlagen (PV) zur Stromerzeugung.

Photovoltaik

Nachfolgend wird das Potential für Photovoltaikanlagen abgeschätzt. Hierzu wird zuerst die gesamte Grundrissfläche aller auf dem Gemeindegebiet befindlichen Gebäude ermittelt. Anhand von Eignungsfaktoren wird anschließend das Flächenpotential für Photovoltaikanlagen ermittelt. Durchschnittliche Eignungsfaktoren liegen im Bereich von 15 % bis 20 % der Gebäudegrundrissfläche. Der Eignungsfaktor berücksichtigt, dass nicht alle Flächen ideal ausgerichtet sind. Hier spielt zum einen die Ausrichtung nach Süden ebenso eine Rolle wie die Neigung des Daches und eventueller Schattenwurf von anderen Gebäuden oder Bäumen. Aus diesem Grund werden im Nachfolgenden eine Berechnung für den „minimalen“ Fall, also 15 % Eignungsfaktor und eine Berechnung für den „maximalen“ Fall, also 20 % Eignungsfaktor, aufgestellt. Die ermittelte gesamte Grundrissfläche in der Gemeinde Gangelt beläuft sich auf rund 467.000 m².

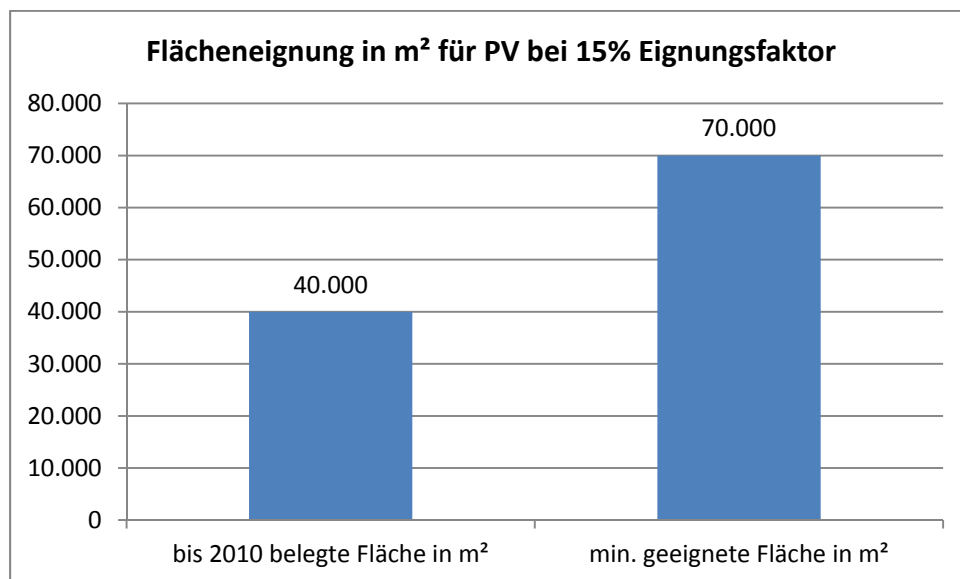


Abbildung 12 Flächeneignung für PV bei 15% Eignungsfaktor

In Abbildung 12 ist die 2010 bereits mit Photovoltaikanlagen belegte Dachfläche, der mit einem Eignungsfaktor von 15 %, also der mindestens weiterhin nutzbaren Fläche gegenübergestellt. Mit der Annahme, dass für Gangelt nur der geringere Eignungsfaktor zutreffend ist, kann die bisher installierte Kollektorfläche um weitere 75 % auf 70.000 m² erweitert werden.

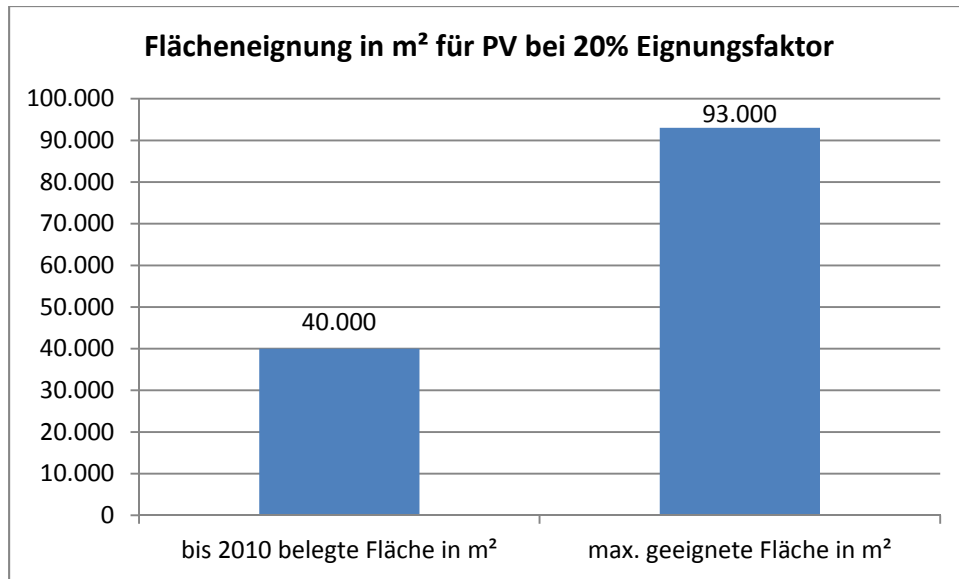


Abbildung 13 Flächeneignung PV bei 20% Eignungsfaktor

Wird für die Gemeinde Gangelt von dem im Schnitt höheren Eignungsfaktor von 20 % ausgegangen, so ergibt sich, wie in Abbildung 13 dargestellt, ein Potential zur Erweiterung der Photovoltaikanlagen von rund 133 %. Die für diesen Fall insgesamt nutzbare Fläche beträgt dann rund 93.000 m².

Das daraus resultierende CO₂-Einsparpotential ist in Abbildung 14 für die beiden Eignungsfaktoren dargestellt.

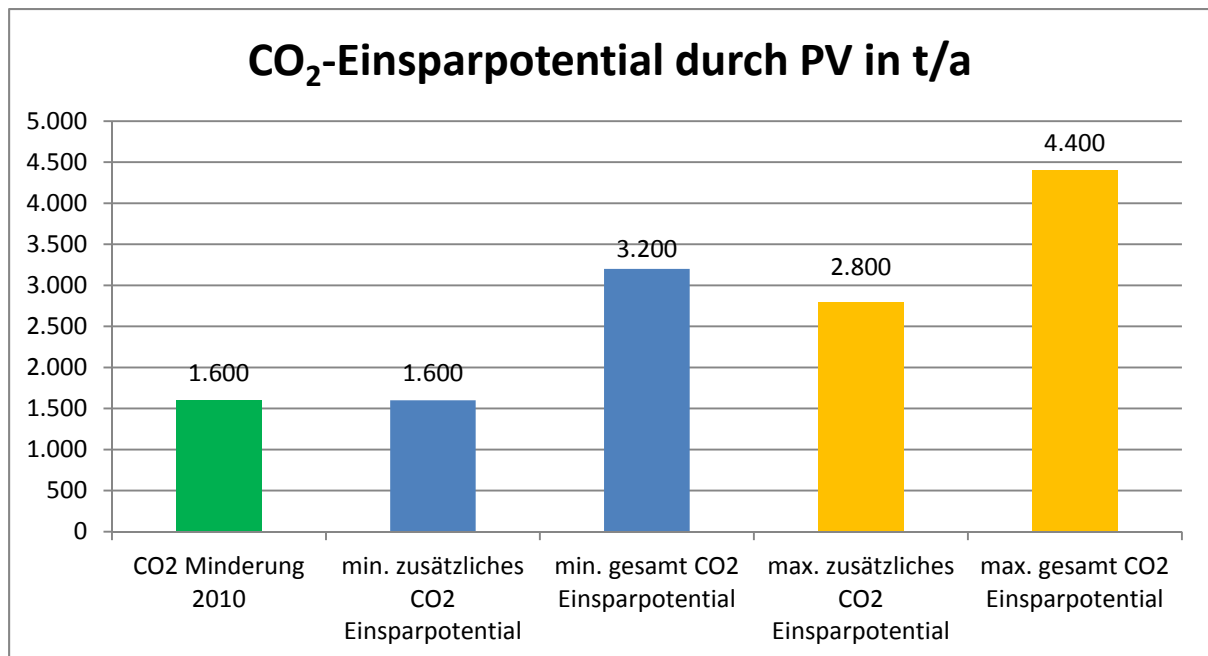


Abbildung 14 CO₂-Einsparpotential durch PV

Im Jahr 2010 wird bereits der Ausstoß von 1.600 Tonnen CO₂ vermieden. Für den Fall das der Eignungsfaktor von 15 % zutreffend ist, können bei voller Nutzung aller geeigneten Flächen 3.200 Tonnen CO₂-Ausstoß in jedem Jahr vermieden werden. Im Fall, dass der höhere Eignungsfaktor von 20 % zutreffend ist, sind es insgesamt 4.400 Tonnen CO₂, die nach vollständiger Installation eingespart werden können. Es ist wahrscheinlich, dass der

real einzusparende CO₂-Ausstoß zwischen diesen beiden Werten liegen wird. Allerdings ist zu erkennen, dass selbst im schlechteren Fall die CO₂-Einsparung durch Photovoltaik verdoppelt werden kann.

Solarthermie

Im Folgenden wird das Potential betrachtet, dass in der Brauchwasserbereitung durch Solarthermie steckt. In Abbildung 15 ist der Endenergiebedarf zur Erzeugung der auf dem Gemeindegebiet genutzten Wärme, zur Raumbeheizung und Brauchwasserbereitung, dargestellt. Dem ist der Endenergiebedarf gegenübergestellt, der allein für die Brauchwassererwärmung benötigt wird. Für die Darstellung wird davon ausgegangen, dass jeder Bürger im Schnitt 60 Liter Warmwasser am Tag benötigt. Der Endenergieanteil der zur Brauchwassererwärmung benötigt wird entspricht somit rund 13 % der zur Wärmeerzeugung benötigten Endenergie.

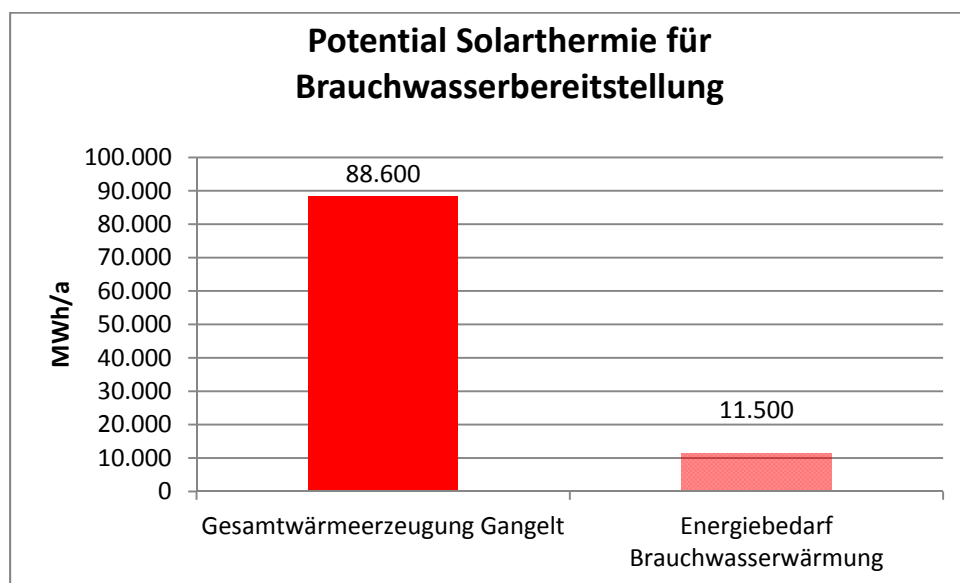


Abbildung 15 Potential Solarthermie für Brauchwasserbereitung

Wird davon ausgegangen, dass die gesamte Brauchwasserbereitung mit Solarthermie bereitgestellt werden kann, besteht ein CO₂-Einsparpotential von rund 2.000 Tonnen pro Jahr.

Die Nutzung von Solarthermie wird für die Unterstützung der Raumheizung nicht weiter betrachtet. Zur Raumbeheizung werden Niedertemperatur Heizsysteme benötigt. Dieses Potential wird für die Nutzung von Geothermie gesondert betrachtet.

4.2 CO₂-Minderungspotential durch Nutzung von Windenergie

Windkraft spielt nach wie vor eine der wichtigsten Rollen in der Erzeugung von regenerativem Strom. Neben dem Neubau von Anlagen werden seit ein paar Jahren auch Altanlagen gegen neue Anlagen ausgetauscht. Durch das sogenannte Repowering können weniger neue Windkraftanlagen mehr Energie bereitstellen, als die alten Windkraftanlagen. Zurzeit wird für die Gemeinde Gangelt ein detailliertes Gutachten für die Nutzung von

Windkraft auf dem Gemeindegebiet erstellt. Bei Fertigstellung des Klimaschutzkonzeptes lag dieses Gutachten noch nicht vor, sodass im Klimaschutzkonzept noch keine Ergebnisse aus diesem Gutachten eingebracht werden können.

4.3 CO₂-Minderungspotential durch Nutzung von Geothermie

Grundsätzlich sind zwei Arten der Geothermie zu unterscheiden, die Oberflächennahe- und die Tiefen-Geothermie. Bei der Oberflächennahen-Geothermie kommen entweder horizontal im Erdboden verlegte, großflächige Wärmeübertrager zum Einsatz oder es werden Erdsonden vertikal in den Boden eingelassen. Bis zu einer Tiefe von 400 Metern wird von Oberflächennaher-Geothermie gesprochen, bei größeren Tiefen hingegen von Tiefen-Geothermie. Die Nutzung von Tiefen-Geothermie ist auf dem Gemeindegebiet, aufgrund der zu geringen Temperaturen in der Tiefe, nicht wirtschaftlich.

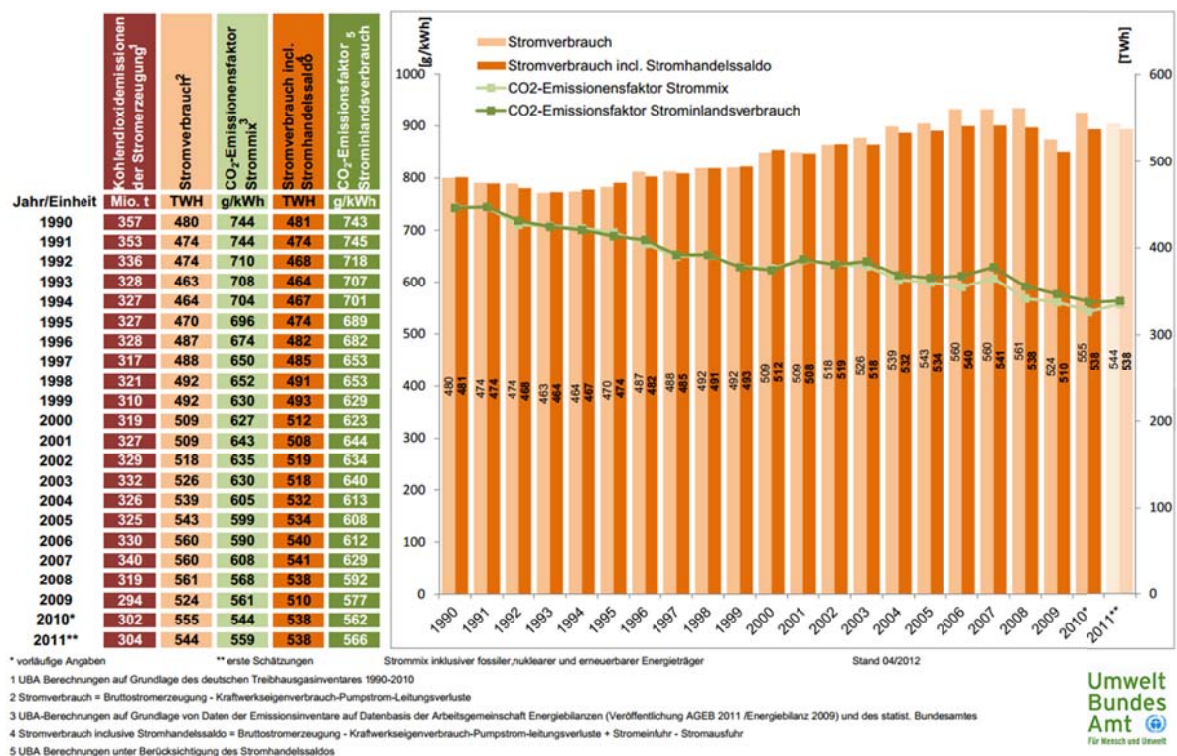
Im Rahmen dieses Klimaschutzkonzeptes wird daher nur das CO₂-Minderungspotential durch die Nutzung von Oberflächennaher-Geothermie mittels Wärmepumpe zur Brauchwasserbereitung und Heizwasserbereitung in Wohngebäuden betrachtet. Für die optimale Nutzung ist es sinnvoll diese Technologie in Kombination mit einer Wärmepumpe in Niedertemperaturheizsystemen einzubinden.

Für den Betrieb einer Wärmepumpe wird elektrischer Strom benötigt. Bei der Erzeugung von Strom wird CO₂ freigesetzt, soweit dieser nicht zu 100 % regenerativ erzeugt wird. Dieser CO₂-Ausstoß muss bei der durch Wärmepumpen bereitgestellten Wärme mit berücksichtigt werden, sodass diese Wärme nicht CO₂ neutral ist.

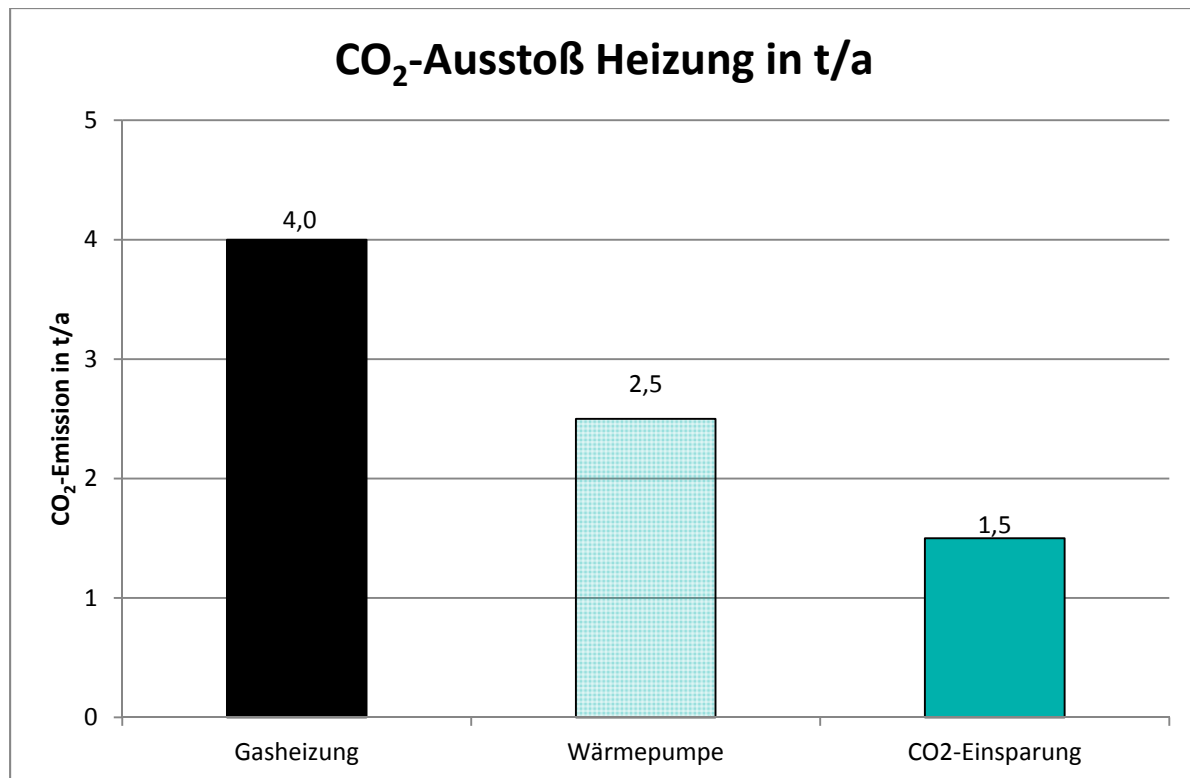
Die Leistungszahl (COP) einer Wärmepumpe ist das Verhältnis von abgegebener Wärmeenergie zur zugeführten elektrischen Energie im Verlauf eines Jahres. Um eine Verbesserung der CO₂-Bilanz durch den Einsatz von Geothermie zu erreichen, muss die Wärmepumpe einen COP > 3 haben. Bei einem COP < 3 würde durch den Einsatz einer Wärmepumpe mehr CO₂ freigesetzt werden, als durch die Wärmebereitstellung mit einem Gasheizkessel.

In den letzten Jahren ist die Energieeffizienz von Wärmepumpen gestiegen. Auf dem Markt sind Produkte mit Leistungszahlen von über 4 verfügbar. Diese hohen Leistungszahlen sind nur erreichbar, wenn das Temperaturniveau der erzeugten Wärme max. 50-60 °C beträgt. Der steigende regenerative Stromanteil im deutschen Strommix wirkt positiv auf die Nutzung von Wärmepumpen aus. Durch steigenden regenerativen Anteil am Strommix sinkt, wie in Abbildung 16 dargestellt, die CO₂-Emissionen für die Stromerzeugung. Der Einsatz von Wärmepumpen mit Geothermie wirkt sich in den nächsten Jahren noch besser auf die CO₂-Bilanz aus.

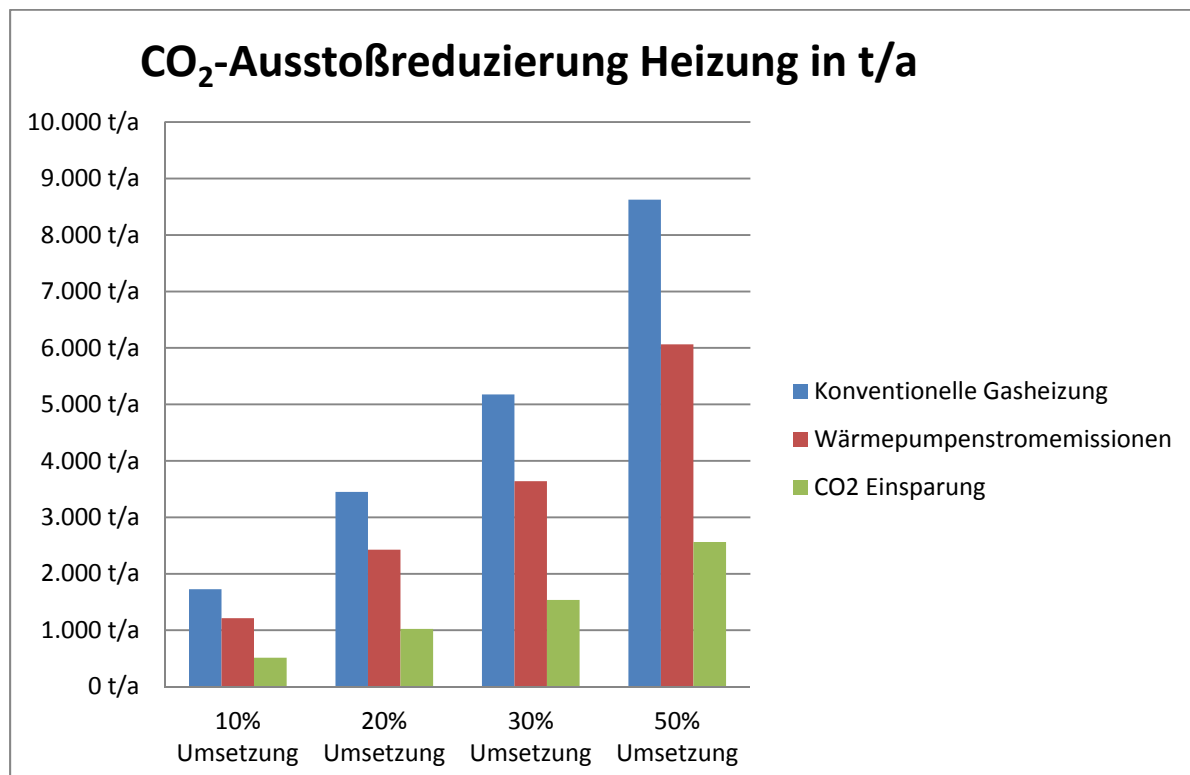
Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix 1990-2010 und erste Schätzungen 2011 im Vergleich zum Stromverbrauch

Abbildung 16 Entwicklung des Strommixes und der CO₂-Emissionsfaktoren in Deutschland

Als Beispiel soll hier eine Wärmepumpe in Verbindung mit oberflächennaher Geothermie dienen. Der COP der Wärmepumpe wird mit 4 angenommen. Zur Berechnung der CO₂-Einsparung wird eine konventionelle Gasheizung als Referenzanlage genutzt. Die angenommenen Wärmeverbrauchswerte sind 18 MWh/a, das entspricht dem mittleren Wert aus dem Jahr 2010 der Gemeinde Gangelt für einen Haushalt. Zur Beheizung mit Wärmepumpen werden 4,5 MWh_{el}/a Strom benötigt, dies verursacht eine CO₂-Emission von 2,5 t/a. Aus den oben angenommenen Daten resultiert im Vergleich zur Gasheizung eine CO₂-Einsparung von rund 1,5 t/a, wie in Abbildung 17 graphisch dargestellt ist.

Abbildung 17 CO₂-Ausstoß Heizung für einen Haushalt

Da in der Gemeinde die Bedingungen für Geothermie gegeben sind, wird in Abbildung 17 zusammengefasst, welche Einsparung sich bei einer geothermalen Deckung von 10-50%, der üblichen Umsetzungsrate, für die gesamte Gemeinde ergeben würde. Als Vergleich dient ebenfalls die Wärmebereitstellung mittels Erdgaskessel.

Abbildung 18 Erreichbare CO₂-Einsparung durch Geothermie Nutzung

In Abbildung 18 ist klar zu erkennen, dass der positive Effekt der Geothermie bei steigender Umstellungsrate den CO₂-Ausstoß der Wärmebereitstellung deutlich senken kann. Bei einer Umstellungsrate von 30 % können in der Gemeinde Gangelt ca. 1.380 t CO₂ pro Jahr eingespart werden. Durch den immer weiter fallenden CO₂ Faktor von Strom wird sich diese Menge noch weiter erhöhen. Bei einer Umsetzung von 50 % erhöht sich die Einsparung auf 2.300 t CO₂ pro Jahr.

4.4 CO₂-Minderungspotential durch Nutzung von Biomasse

Energieformen wie Strom, Wärme und Kraftstoff können aus Energiepflanzen wie z.B. Raps, Mais und Getreide ebenso wie aus Holz oder Reststoffen wie Gülle und Bioabfall gewonnen werden. 2009 wurden ca. 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche, was in etwa einer Fläche von 1,7 Mio. Hektar entspricht, zum Anbau von Energiepflanzen genutzt. Die zum Anbau von Energiepflanzen genutzte Fläche kann bis zum Jahr 2020 auf bis zu 4 Mio. Hektar erhöht werden, dies ist in Abbildung 19 und Abbildung 20 grafisch veranschaulicht. Somit würde dies die Versorgung mit Nahrungsmitteln nicht gefährden. Ein Grund hierfür ist die in Zukunft noch effizientere Nutzung der Flächen, wodurch höhere Erträge pro Fläche erzielt werden können (1).

Der Verwertung von Biomasse aus Reststoffen, wie z.B. Gülle, Mist, Rübenblätter oder Kartoffelschalen, wird in Zukunft also eine noch bedeutendere Rolle zukommen. Den Prognosen nach können bis 2020, wird die energetische Nutzung von eigens angebauten Energiepflanzen und von Reststoffen betrachtet, 15 % des deutschen Primärenergieverbrauchs mit Bioenergie gedeckt werden. Hierin besteht ein enormes CO₂-Einsparpotential.

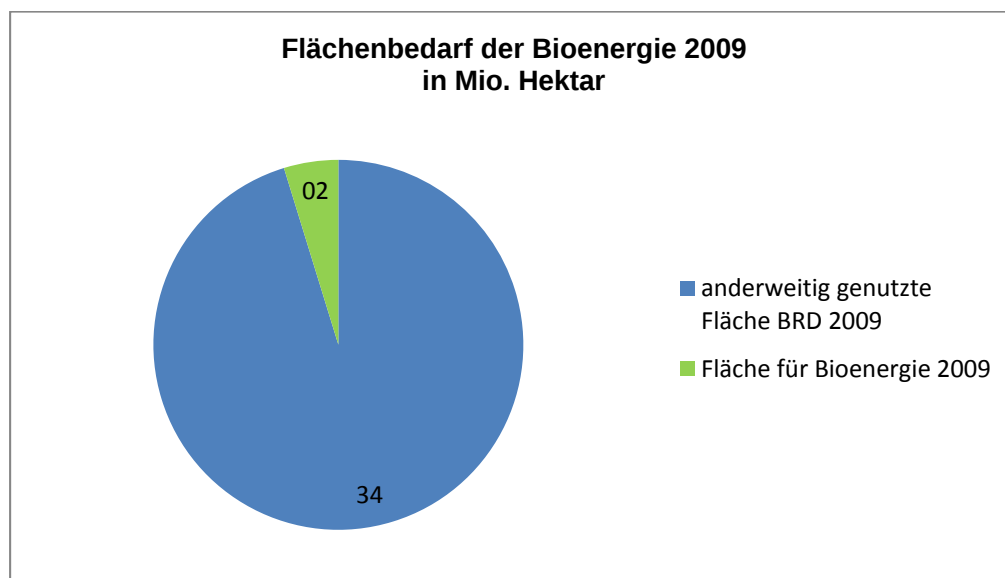


Abbildung 19 Flächenbedarf der Bioenergie 2009

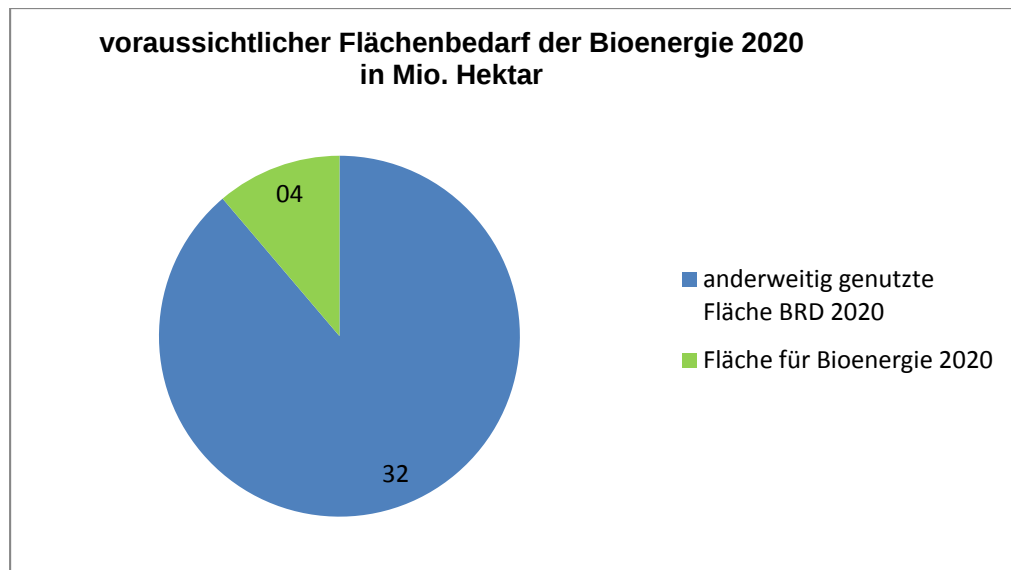


Abbildung 20 voraussichtlicher Flächenbedarf der Bioenergie 2020

Durch die energetische Verwertung von Gülle in Biogasanlagen kann der Ausstoß von klimaschädlichen Gasen aus der Gülle um ein vielfaches reduziert werden. Wird Gülle zur Düngung auf Felder ausgebracht wird klimaschädliches Methan [CH₄] freigesetzt. Dieses ist 21-mal klimaschädlicher als CO₂. Neben der klimaschädlichen Wirkung des Gases entsteht zu dem eine entsprechende Geruchsbelästigung. Durch das Fermentieren werden in der Biogasanlage diese klimaschädlichen Gase energetisch nutzbar gemacht. Es werden nicht nur klimaschädliche Emissionen durch den Einsatz von elektrischem Strom und Wärme aus dem Biogas eingespart sondern auch klimaschädliche Emissionen der Gülle vermieden. Darüber hinaus dient der Gärrest, im Vergleich zur Gülle, als wesentlich besserer Dünger. Durch die Vergärung der Gülle sind die Nährstoffe für Pflanzen wesentlich besser verfügbar.

Durch die ländliche Struktur der Gemeinde Gangelt und der intensiven landwirtschaftlichen Nutzung, bietet der Einsatz von Biomasse zur Energiegewinnung ein großes Potential. Neben der Vermeidung von CO₂ ist die Biogasnutzung zudem wirtschaftlich. Nicht nur die Landwirte haben so eine gute Möglichkeit, sich gut wirtschaftlich für die kommenden Jahre aufzustellen. Die Bewohner benachbarter Gebäude können oft von günstiger Heizenergie profitieren und somit neben der Kosteneinsparung einen wertvollen Beitrag zur CO₂-Einsparung leisten.

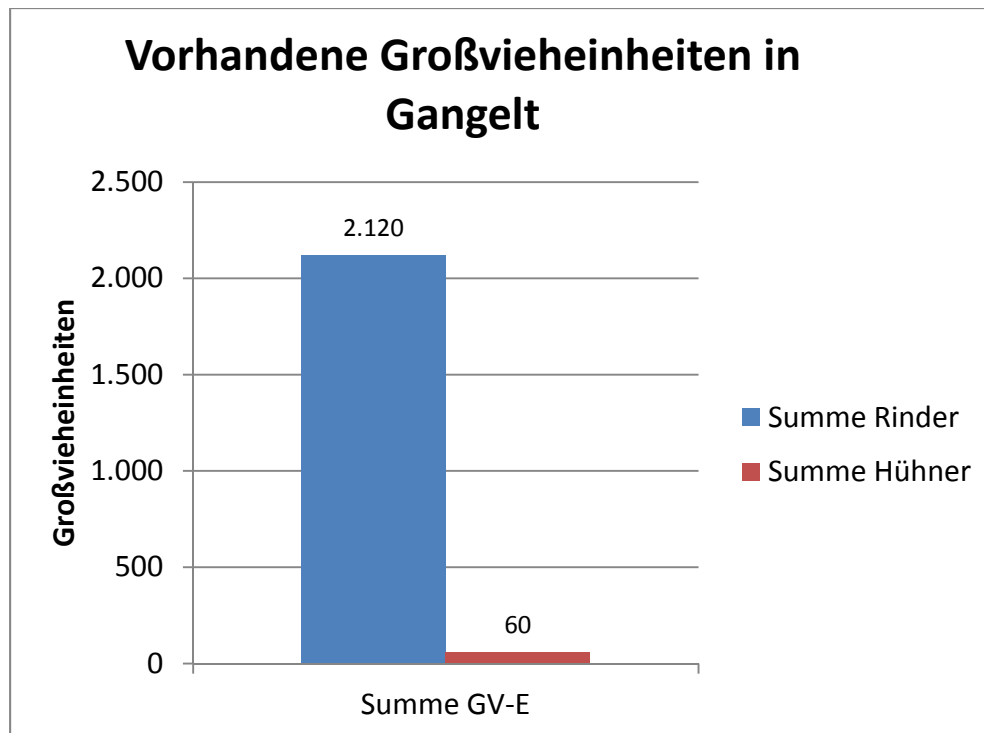


Abbildung 21 Großvieheinheiten in Gangelt

Derzeit sind in der Gemeinde Gangelt ca. 2.180 Großvieheinheiten(GVE) (2) vorhanden. Ausgehend von einer durchschnittlichen Biogaserzeugung von 500 - 600 m³ pro Jahr und GVE, kann allein durch die Verwertung der entstehenden Gülle eine Biogasmenge von 1.090.000 – 1.308.000 m³ produziert werden. Dies entspricht bei einem durchschnittlichen Methananteil von ca. 60 % einer jährlichen Methanmenge **von 654.000 – 784.800 m³ Methan**. Dies entspricht einer jährlichen Energiemenge von rund 6.540 MWh bis 7.848 MWh. Bei der Nutzung des Biogases in einem BHKW kann ca. 40 % der im Biogas enthaltenen Energiemenge in elektrischen Strom und 40 % der Energie in nutzbare Wärme umgesetzt werden. Im Weiteren wird mit einer mittleren Energiemenge von 7.200 MWh/a gerechnet. Es kann durch die energetische Nutzung des Biogases eine jährliche Menge CO₂ von 1.500 Tonnen eingespart werden.

Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen die Verteilung der regenerativen CO₂-Einsparung der Bereiche Wärme, Strom und Verkehr im Gegensatz zu dem netto CO₂-Ausstoß der Gemeinde Gangelt. Bei Nutzung des gesamten Güllepotentials zur Biogaserzeugung mit anschließender Verwertung in einem BHKW kann der Netto CO₂-Ausstoß um 2 % verringert werden.

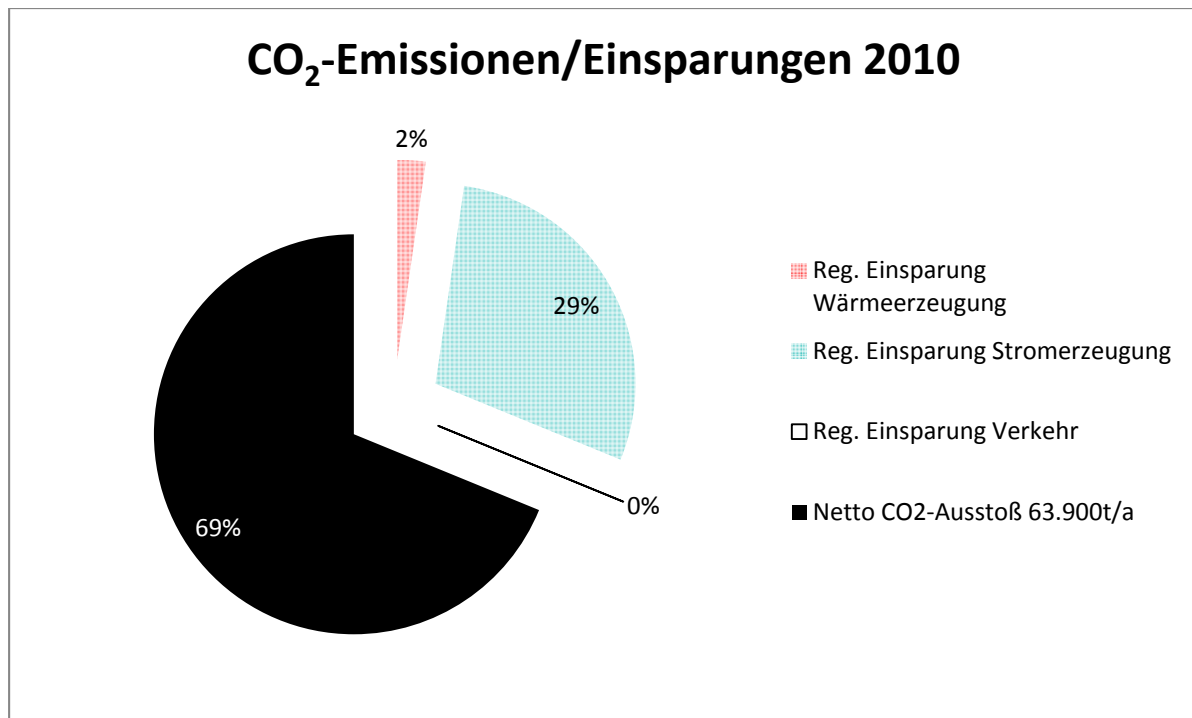


Abbildung 22 CO₂-Emissionen/Einsparungen 2010

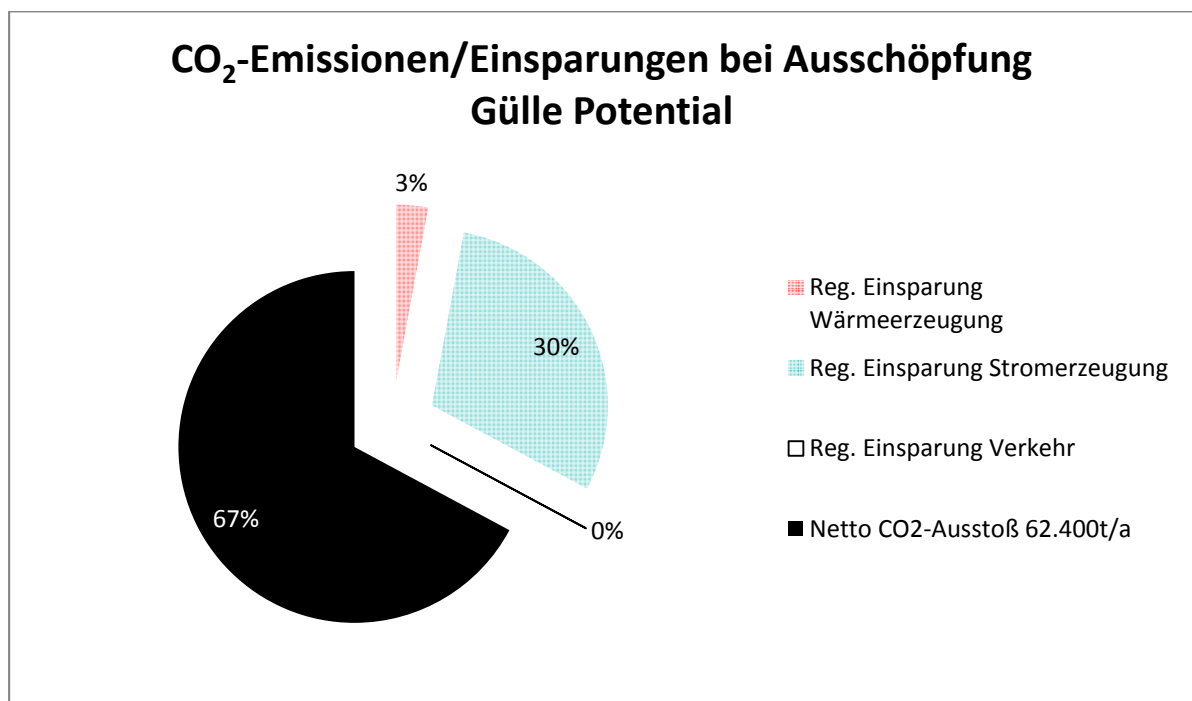


Abbildung 23 CO₂-Emissionen/Einsparungen bei Ausschöpfung Gülle Potential

Es wird derzeit in der Gemeinde Gangelt eine Fläche von 3.608 ha landwirtschaftlich genutzt. Bei einer Steigerung der landwirtschaftlichen Flächennutzung für Bioenergie auf dann 23%, der Nachhaltigkeitsgrenze nach Fachverband Biogas, ergeben sich die in Tabelle 4 aufgeführten Methanerträge. Bei Verstromung in einem BHKW, Wirkungsgrad $\eta_{el} = 36 \%$,

ergibt sich jeweils die mögliche CO₂ – Einsparung gegenüber der herkömmlichen Erzeugung.

Tabelle 4 Methanhektarertrag und CO₂-Einsparpotential

	Ertragsniveau		
	niedrig	mittel	hoch
Getreideganzpflanzensilage			
Methanhektarertrag [m ³ /ha]	2.349	3.131	3.914
Ertrag Gangelt [m ³]	1.949.294	2.598.229	3.247.994
CO ₂ -Einsparung durch Stromeinspeisung [t/a]	2.315	3.085	3.857
Triticale			
Methanhektarertrag [m ³ /ha]	1.559	1.873	2.496
Ertrag Gangelt [m ³]	1.293.721	1.554.290	2.071.281
CO ₂ -Einsparung durch Stromeinspeisung [t/a]	1.536	1.846	2.459
Mais (Silomais)			
Methanhektarertrag [m ³ /ha]	3.998	4.997	5.996
Ertrag Gangelt [m ³]	3.317.700	4.146.710	4.975.721
CO ₂ -Einsparung durch Stromeinspeisung [t/a]	3.939	4.924	5.908
Corn-Cob- Mix (CCM)			
Methanhektarertrag [m ³ /ha]	2.247	2.621	2.996
Ertrag Gangelt [m ³]	1.864.650	2.175.011	2.486.201
CO ₂ -Einsparung durch Stromeinspeisung [t/a]	2.214	2.583	2.952
Sudangras			
Methanhektarertrag [m ³ /ha]	2.290	3.435	4.581
Ertrag Gangelt [m ³]	1.900.334	2.850.500	3.801.497
CO ₂ -Einsparung durch Stromeinspeisung [t/a]	2.256	3.385	4.514
Zuckerrüben			

Methanhektarertrag [m ³ /ha]	3.398	4.673	5.947
Ertrag Gangelt [m ³]	2.819.796	3.877.842	4.935.058
CO ₂ -Einsparung durch Stromeinspeisung [t/a]	3.348	4.605	5.860
Ackergräser und Leguminosen-Grasgemenge			
Methanhektarertrag [m ³ /ha]	2.106	2.926	3.516
Ertrag Gangelt [m ³]	1.747.643	2.428.112	2.917.717
CO ₂ -Einsparung durch Stromeinspeisung [t/a]	2.075	2.883	3.464

Es ist in Tabelle 4 klar zu erkennen, dass die höchsten Erträge mit Mais oder Zuckerrüben erreicht werden könnten. Beide Feldfrüchte werden bereits seit vielen Jahren in der Region angebaut und sind den Landwirten vertraut. Es wird daher empfohlen auch weiterhin diese Feldfrüchte, auch zur Biogaserzeugung, anzubauen. Bei einer reinen Maisnutzung gehen mit den Erträgen CO₂ – Einsparung von 3.939 t/a bis 5.908 t/a einher, je nach Ertragslage und Wettersituation. Hierbei kommt der Gemeinde Gangelt die im Vergleich zu gesamt Deutschland sehr hohe landwirtschaftlich genutzte Fläche zugute.

4.5 CO₂-Minderungspotentiale im Verkehrssektor

Der Verkehrssektor verursacht, wie in Abbildung 24 dargestellt, den größten Teil der CO₂-Emissionen. Mit 53 % Anteil am CO₂-Ausstoß liegt hier ein großer Einsparungsbedarf.

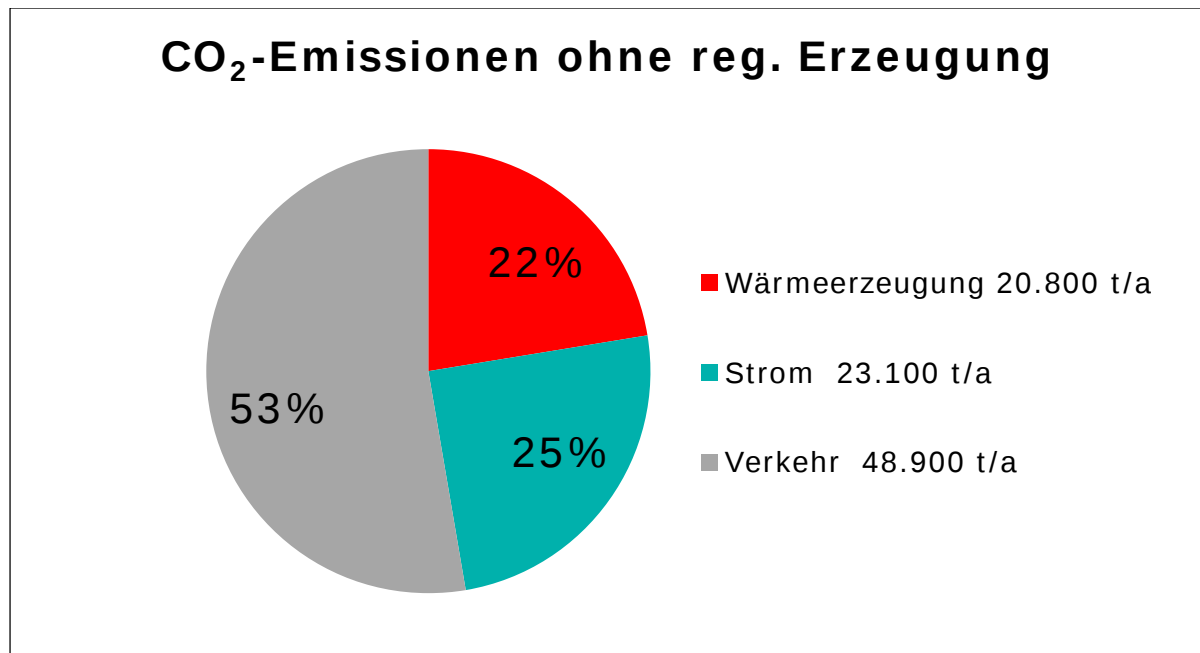
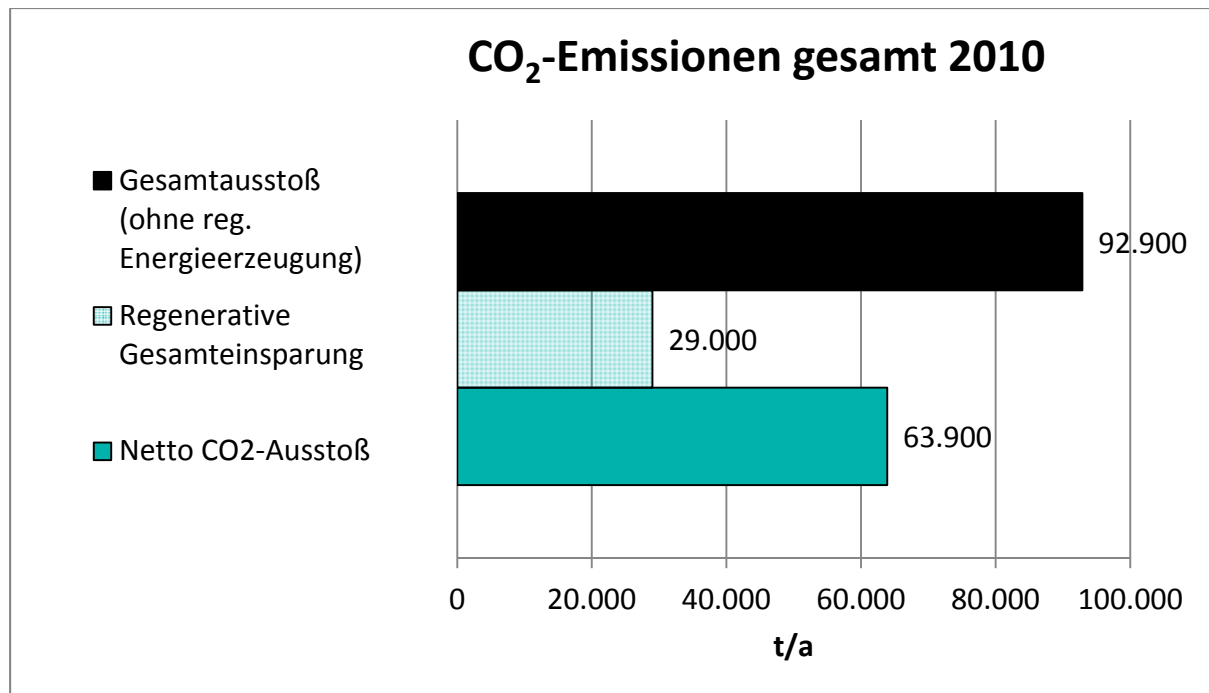


Abbildung 24 CO₂-Emissionen ohne regenerative Erzeugung

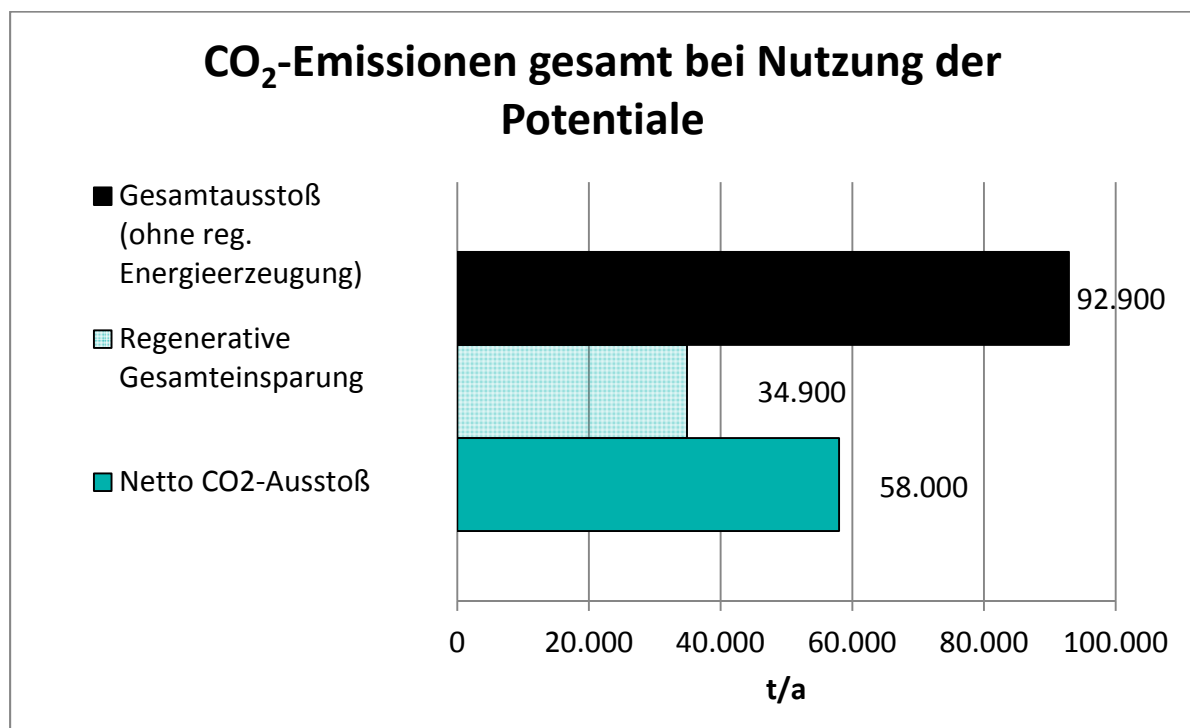
Eine signifikante CO₂-Minderung im Verkehrssektor ist im Wesentlichen durch die Reduktion des Individualverkehrs möglich. Eine weitere Möglichkeit ist der Umstieg auf Elektrofahrzeuge, wobei diese mit Strom aus regenerativer Erzeugung betrieben werden müssen um eine wesentliche Verbesserung der CO₂-Bilanz erreichen zu können. Eine Umrüstung von PKWs auf Gasbetrieb hat keine messbare Reduktion an CO₂-Emissionen zur Folge. Der Erdgaseinsatz in PKWs ist lediglich aufgrund der geringen Erdgassteuer wirtschaftlich. Für eine präzisere Betrachtung des Verkehrssektors ist eine detaillierte Verkehrszählung so wie eine Bürgerbefragung notwendig.

4.6 CO₂-Minderungspotential Gemeindegebiet

Im Folgenden werden die möglichen CO₂-Einsparpotentiale zusammengefasst betrachtet. Dazu stellt Abbildung 25 die CO₂-Bilanz des Jahres 2010 zusammengefasst dar. Im Jahr 2010 wurden rund 31 % CO₂-Emissionen durch regenerative Energieerzeugung vermieden.

Abbildung 25 CO₂-Emissionen gesamt 2010

Bei Ausschöpfung aller zuvor beschriebenen Potentiale besteht die Möglichkeit, bezogen auf die Energieverbräuche aus dem Jahr 2010, rund 38 % CO₂-Emissionen einzusparen. Die somit mögliche Bilanz ist in Abbildung 26 dargestellt.

Abbildung 26 CO₂-Emissionen gesamt bei Nutzung der Potentiale

Die hier beschriebenen und dargestellten zusätzlich erschließbaren Potentiale beinhalten die Bereiche Photovoltaik, Geothermie und die Vergärung von Gülle zu Biogas. Das Potential im Bereich Windkraft wird hier nicht betrachtet, da zurzeit ein genaues Windkraftgutachten

erstellt wird. Es ist allerdings davon auszugehen, dass hier noch Potentiale zu nutzen sind. Im Verkehrssektor werden keine Potentiale aufgeführt und betrachtet.

Die regenerative Gesamteinsparung, die in Abbildung 26 dargestellt ist, beinhaltet das Einsparpotential aus Geothermie für den Fall, dass 30 % der Haushalte ihre Gas- bzw. Ölheizung auf Geothermie umstellen. Des Weiteren beinhaltet die Einsparung die gesamte energetische Nutzung der auf dem Gemeindegebiet anfallenden Rindergülle. In der Potentialabschätzung ist nicht betrachtet, dass auch zusätzliches Pflanzenmaterial vergärt werden kann. Durch den zusätzlichen Einsatz von pflanzlichen Substraten können weitere Einsparungen realisiert werden, die nicht weiter betrachtet werden.

Werden die CO₂-Emissionen ohne den Verkehrssektor betrachtet, kann festgestellt werden, dass bei Ausnutzung der zuvor beschriebenen Potentiale eine CO₂-Neutralität von 80 % realisierbar ist. Für diesen Fall kommt es zu einem Netto CO₂-Ausstoß von 9.000 t/a.

Fazit: Nur durch Einsparung an Endenergie, insbesondere im Verkehrssektor, kann Gangelt CO₂-Neutral werden, das heißt das ist der drängendste Punkt.

5 Maßnahmenprogramm

5.1 Darstellung der bereits durchgeführten Klimaschutzmaßnahmen

Wie bereits in Kapitel 2.3 „Klimaschutz 2010“ dargestellt, werden in der Gemeinde Gangelt bereits heute viele Maßnahmen im Bereich Klimaschutz umgesetzt. Es wird heute Windkraft, Biogas, Deponiegas, Photovoltaik, Solarthermie und Geothermie genutzt um den anfallenden Energiebedarf teilweise durch regenerative Energien zu decken.

5.2 Maßnahmenfindung

Bei einer Akteursbeteiligung am 17.4.2012 wurden mehrere Maßnahmen von Bürgern vorgeschlagen. Diese wurden vom NOWUM-Energy durch weitere mögliche Maßnahmen ergänzt. Nach einer Diskussionsrunde wurde sich auf Im Rahmen des Klimaschutzkonzepts werden die folgenden vier Maßnahmen detaillierter untersucht:

- Energieneutraler Ortsteil
- Energie neutrale Schule
- Energieeinsparung durch Öffentlichkeitsarbeit
- Nutzung regenerativer Energien, insbesondere von Umwelt-/Abwärme durch Wärmepumpen

5.3 Energieneutraler Ortsteil Schümm

Das Ziel der Gemeinde Gangelt ist energieneutral zu werden. Dazu bietet sich als erster Schritt die Gestaltung eines energieneutralen Ortsteiles an. Ein energieneutraler Ort kann in erheblichem Maße die Ressourcenschonung und dadurch den Klimaschutz unterstützen. Weiterhin erbringt ein energieneutraler Ortsteil eine öffentliche Wirkung, die der Kommune als positives Beispiel für den Klimaschutz dient. Für die Betrachtung wurde der Ort Schümm ausgewählt. In Schümm leben 96 Menschen in 32 Häusern, dies ergibt durchschnittlich 3 Personen pro Haushalt. Der Ort wurde gewählt, da er mit seiner überschaubaren Größe im Rahmen eines integrierten Klimaschutzkonzeptes gut zu betrachten und zu bewerten ist. Außerdem ist eine ortsansässige Biogasanlage als regenerativer Stromerzeuger und möglicher Wärmelieferant vorhanden.

Nachstehend sind der Strombedarf in Abbildung 27 und der Wärmebedarf in Abbildung 28 im Vergleich zum Bedarf der gesamten Gemeinde Gangelt dargestellt. Aus den Abbildungen ist zu erkennen, dass in beiden Fällen der Bedarf von Schümm nur einen sehr geringen Prozentsatz vom Bedarf der Gemeinde Gangelt ausmacht. Der Strombedarf des Ortes liegt in Schümm bei 265 MWh/a. Dies sind ca. 0,6 % des Strombedarfs der Gemeinde Gangelt, der bei rund 41.500 MWh/a liegt. Dabei fallen 5 MWh/a auf kommunale Verbraucher wie

Straßenbeleuchtung. Beim Wärmebedarf liegt Schümm mit 600 MWh/a ebenfalls unter einem Prozent des Gesamtwärmebedarfs der Gemeinde. (3)

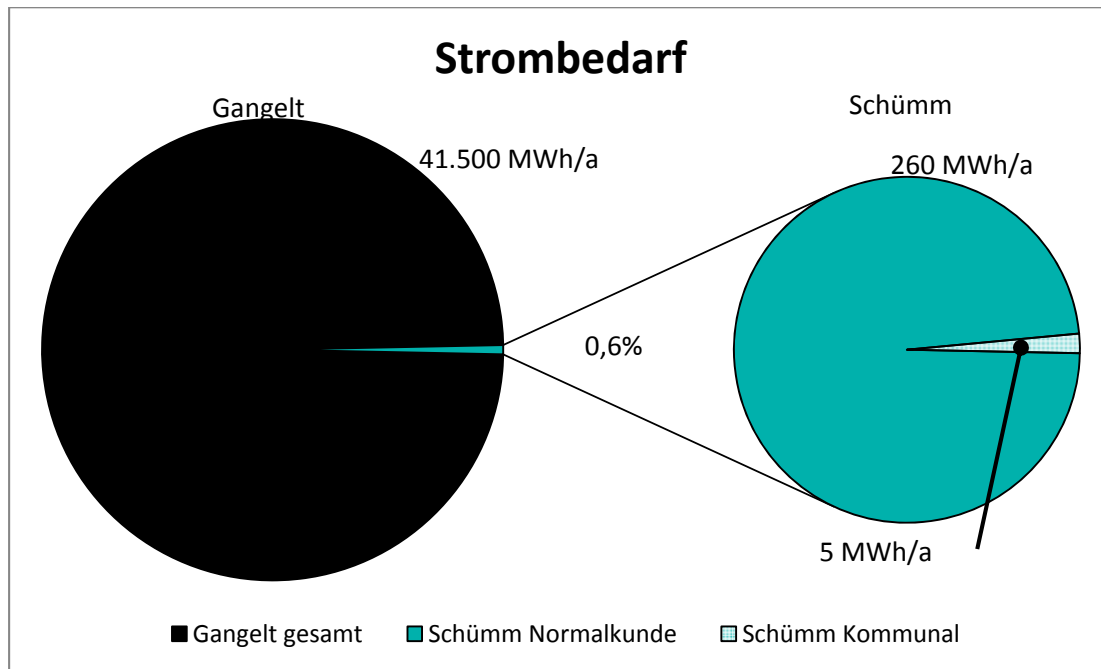


Abbildung 27 Stromverbrauch Schümm

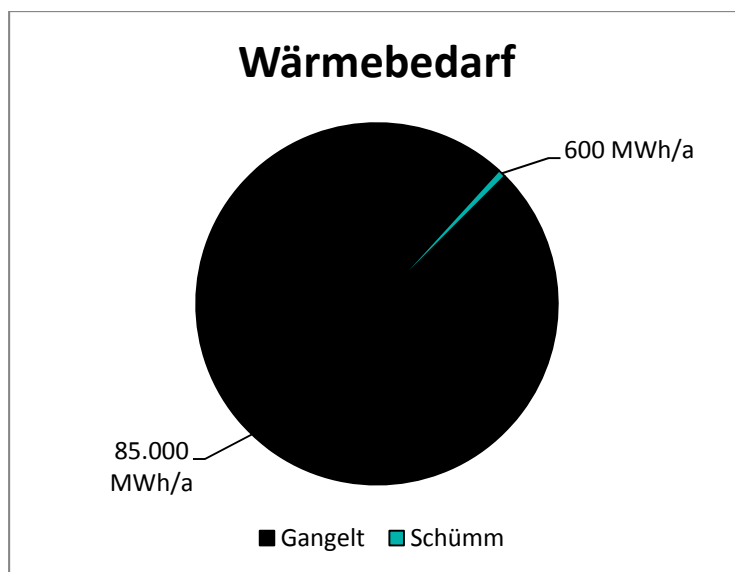


Abbildung 28 Wärmebedarf

Der Endenergiebedarf in Schümm ist aufgeschlüsselt nach Sektoren in Abbildung 29 dargestellt. Die Abbildung lässt erkennen, dass der größte Teil des Energiebedarfs durch den Verkehrssektor entsteht. Pro Jahr wird mit 1.584 MWh im Verkehrssektor mehr als das Doppelte gegenüber dem Wärmesektor mit ca. 600 MWh/a an Energie verbraucht. Die 600 MWh/a ergeben sich aus dem durchschnittlichen Wärmebedarf der Gemeinde in Höhe von 18 MWh/a pro 3-Personen-Haushalt. Im Vergleich zum Stromsektor, der mit 265 MWh/a zu Buche schlägt, liegt der Verkehrssektor fast 6-mal höher.

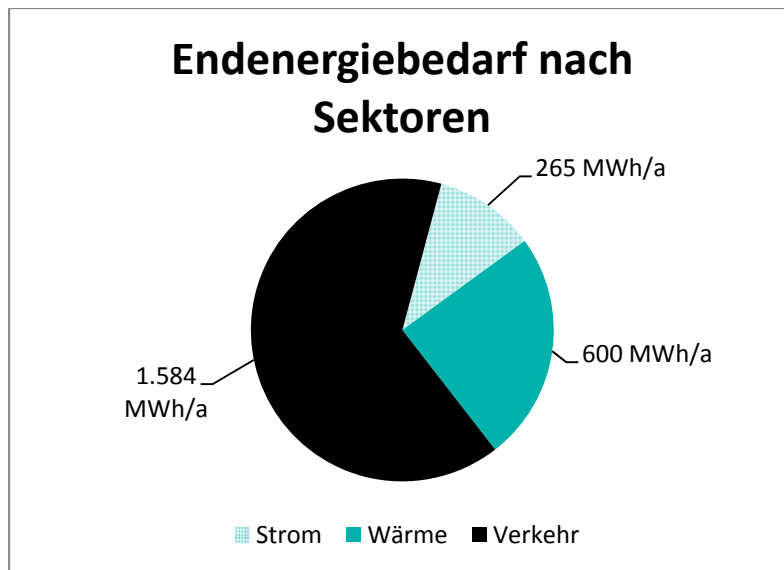


Abbildung 29 Endenergiebedarf nach Sektoren

Die CO₂-Bilanz, nach Sektoren aufgeteilt, lässt in Abbildung 30 erkennen, dass die Strom- und Wärmeversorgung in Schümm in etwa gleichviel CO₂ verursachen. Mit 150 t/a beziehungsweise 160 t/a betragen die CO₂-Emissionen von Strom- und Wärmeversorgung ungefähr ein Drittel der CO₂-Emissionen des Verkehrs.

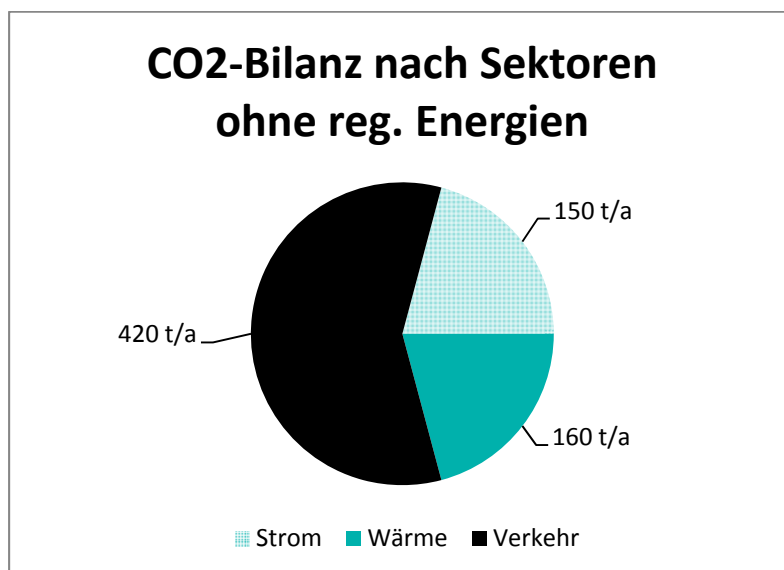


Abbildung 30 CO₂-Bilanz nach Sektoren ohne reg. Energien

Die Maßnahme eines energieneutralen Ortsteils lässt sich mittels Erzeugung von Strom und Wärme durch regenerative Energien umsetzen. Schon heute wird in Schümm ein Teil der Energie aus regenerativen Energien gewonnen. Abbildung 31 zeigt die regenerative Stromerzeugung in Schümm heute. Zurzeit werden in Schümm PV-Strom, Biogas-Strom und etwas Biogas-Wärme verwendet, um den Bedarf an Energie zu decken.

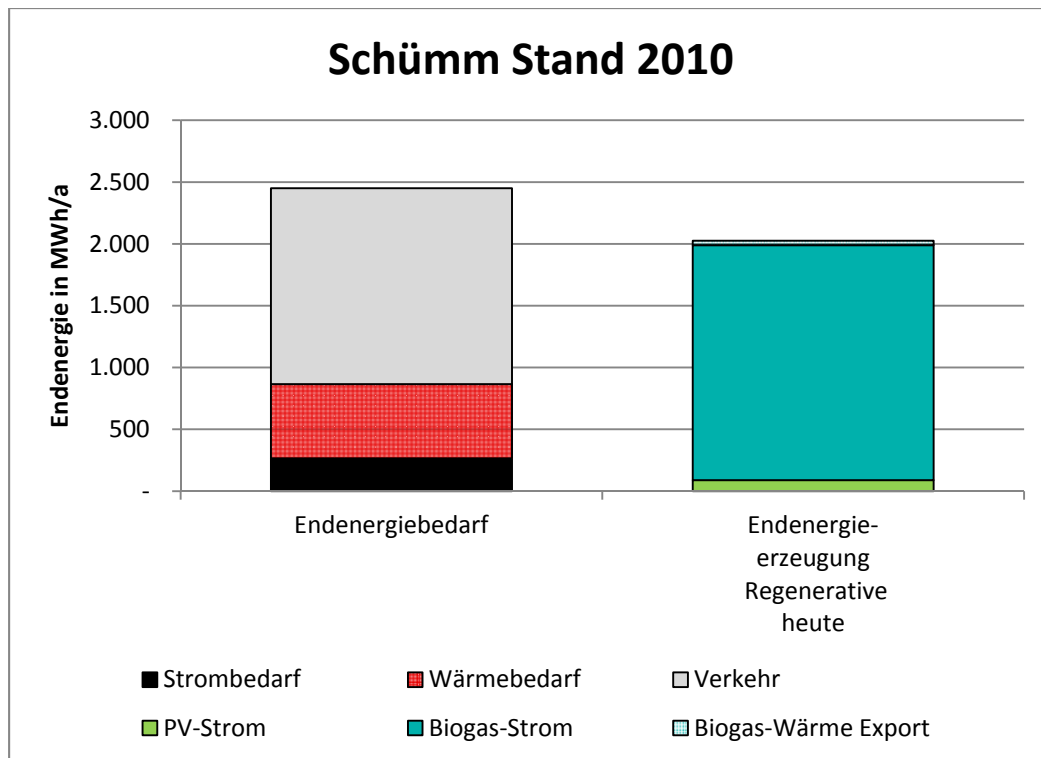


Abbildung 31 Regenerative Stromerzeugung Schümm 2010

Allein durch die Erzeugung von Biogasstrom wird der Strombedarf in Schümm um mehr als das 7-fache gedeckt. Die erzeugte Biogas-Wärme wird heute jedoch kaum im Ort genutzt, obwohl sie ausreichend um den Wärmebedarf des Ortes zu decken. Durch eine bessere Ausnutzung der Wärme kann der Ort energieneutral werden und durch Energieexporte den Bedarf des Verkehrssektors ausgleichen.

Bei der detaillierten Untersuchung werden folgende Punkte näher betrachtet: Wärmeversorgung ohne Heizöl, Erweiterung der Biogasanlage, ein eigenes Windrad, Kleinwindanlagen und PV. Diese Punkte werden nachfolgend beschrieben.

5.3.1 Wärmeversorgung ohne Heizöl

Bei der Entwicklung des energieneutralen Ortsteils Schümm könnte der Wärme- und Strombedarf im besten Fall mit Hilfe von (regenerativen) KWK-Anlagen gedeckt werden. Dazu wäre eine Fernwärmeversorgung möglich. Alternativ kann der Wärmebedarf z.B. über Wärmepumpen mit Umweltwärmenutzung oder mit dezentralen Holzheizungen gedeckt werden. Zusätzlich ist eine Sanierung der Gebäude anzustreben, wobei die Sanierung an erster Stelle steht, da erst mit einem gesenkten Energiebedarf das Auslegen und Konzeptionieren eines Wärmeversorgungssystems sinnvoll ist.

5.3.1.1 Einsparpotentiale

Bei dem Wärmebedarf der Haushalte gibt es viele Möglichkeiten, Energie einzusparen. Hauptaugenmerk wird hier auf die Gebäudeisolierung sowie die Verbrauchergewohnheiten gelegt. Bürger können für ihren Energieverbrauch, sei es Strom- oder Wärmeenergie, sensibilisiert werden.

In Schümm besteht ein Wärmebedarf von rund 600 MWh/a. Dies entspricht weniger als 1% des Gesamtbedarfs der Gemeinde. Der Ortsteil Schümm bietet jedoch aufgrund seiner älteren Gebäude ein großes Einsparpotential im Wärmebedarf.

Gebäudesanierung

Um den Bedarf an Wärme zu senken muss jedes Wohnhaus einzeln betrachtet werden. Bei dem überwiegenden Teil der Wohnhäuser in Schümm gibt es voraussichtlich ein großes Einsparpotential. Allein durch Anschaffung neuer Gebäudeisolierungen kann der Wärmebedarf drastisch gesenkt werden. Hier ist es sinnvoll zunächst die Wärmeverluste zum Dach und zum Keller zu reduzieren, da diese Dämmarbeiten den größten Effekt erzielen. Weiterhin können diese Arbeiten in Eigenregie durchgeführt und somit Kosten gespart werden. Außerdem können Heizungsrohre nachträglich isoliert werden um Energie einzusparen. Ein weiteres hohes Potential bietet der Austausch von einfachverglasten Fenstern (4).

Sensibilisierung der Bürger

Eine kostengünstige Maßnahme zum Energiesparen ist das Sensibilisieren der Bürger. Der Wärmeverbrauch der Menschen verhält sich analog zum Stromverbrauch. Dies bedeutet, dass durch Aufzeigen von möglichen Einsparpotentialen das Konsumverhalten der Bürger beeinflussen lässt. Nachstehend werden mögliche Verhaltensmuster dargestellt.

Warmwasserverbrauch

Beim Warmwasserverbrauch kann durch Perlatoren oder Durchflussbegrenzer der Verbrauch bis zu 50% gesenkt werden. Weitere Potentiale zum Wassersparen ergeben sich durch das einfache Abstellen des Wassers beim Einseifen unter der Dusche, beim Rasieren sowie beim Zähneputzen (4).

Dichtheit von Fenstern

Ebenso einfach wie kostengünstig können undichte Fenster ermittelt und mit günstigem Dichtband abgedichtet werden. Undichte Fenster lassen sich oft durch Fühlen oder mit dem Rauch eines Streichholzes oder einer Kerze erkunden. Durch diese Maßnahmen kann die benötigte Raumwärme erheblich gesenkt und Energie gespart werden. Außerdem kann durch das nächtliche Runterlassen der Rollläden und zuziehen der Vorhänge Energie gespart werden. Mittels dieser Maßnahmen sind schätzungsweise 6 % an Einsparung möglich.

5.3.1.2 Fernwärmeversorgung (FW-Netz)

In Schümm ist der Bau eines Nah- bzw. Fernwärmenetz sinnvoll, da die ortsansässige Biogasanlage als potentieller Wärmelieferant sehr gut geeignet ist. Um ein Nahwärmenetz realisieren und ökonomisch sowie ökologisch nutzen zu können, wäre als Ziel anzustreben, den gesamten Ort mit Wärme zu versorgen. Abbildung 32 zeigt ein mögliches Nahwärmenetz für Schümm.

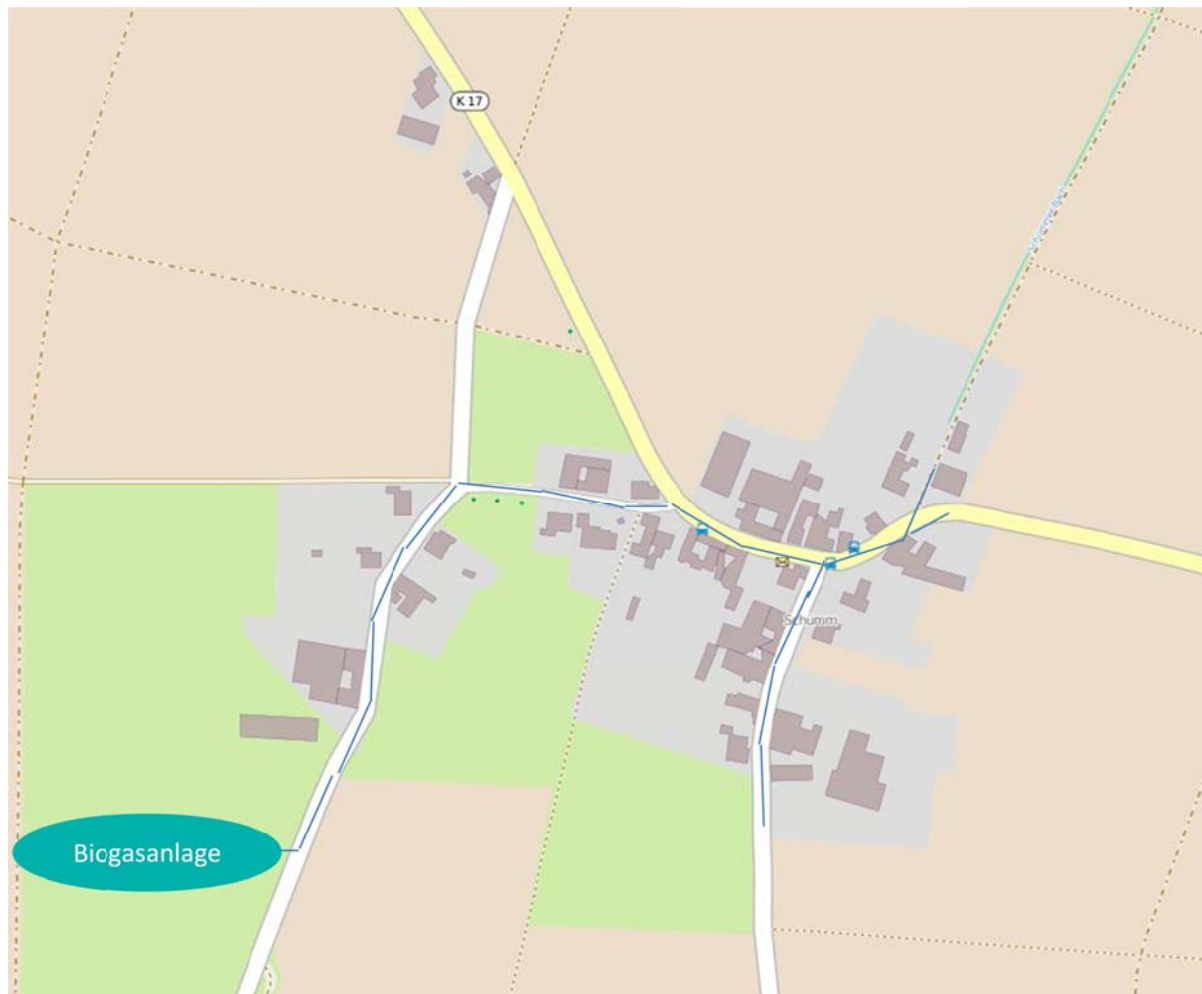


Abbildung 32 Nahwärmenetz Schümm (5)

Die Abbildung 32 stellt in blau ein aus 15-mal 50 m langen Rohren und 3-mal 25 m langen Rohren bestehendes Rohrnetz dar. Zusammen ergeben diese Segmente eine Rohrlänge von 825 m. Zur Kompensation der nicht dargestellten Hausanschlüsse wird mit einer Gesamtlänge von 1.000 m gerechnet. Die beiden Wohneinheiten etwas außerhalb des Ortes werden bei der Netzbetrachtung nicht mit einbezogen, da diese aus wirtschaftlicher Sicht zu weit entfernt sind. Weiterhin werden 35 Wohneinheiten (WE) angenommen, da in naher Zukunft Neubauten im Dorf anstehen. Dies ergibt eine spezifische Netzlänge von 24 m/WE und dadurch einen zu berücksichtigenden Wärmeverlust des Netzes von 5 % in Spitzenlast. Mittels zusätzlicher Warmwasserspeicher kann die produzierte Wärme der Biogasanlage zum Versorgen des Wärmebedarfs von Schümm inklusive Verluste verwendet werden (6).

Durch die Einsparung von Heizöl kann der Primärenergiebedarf, wie in Abbildung 33 zu erkennen, deutlich gesenkt werden.

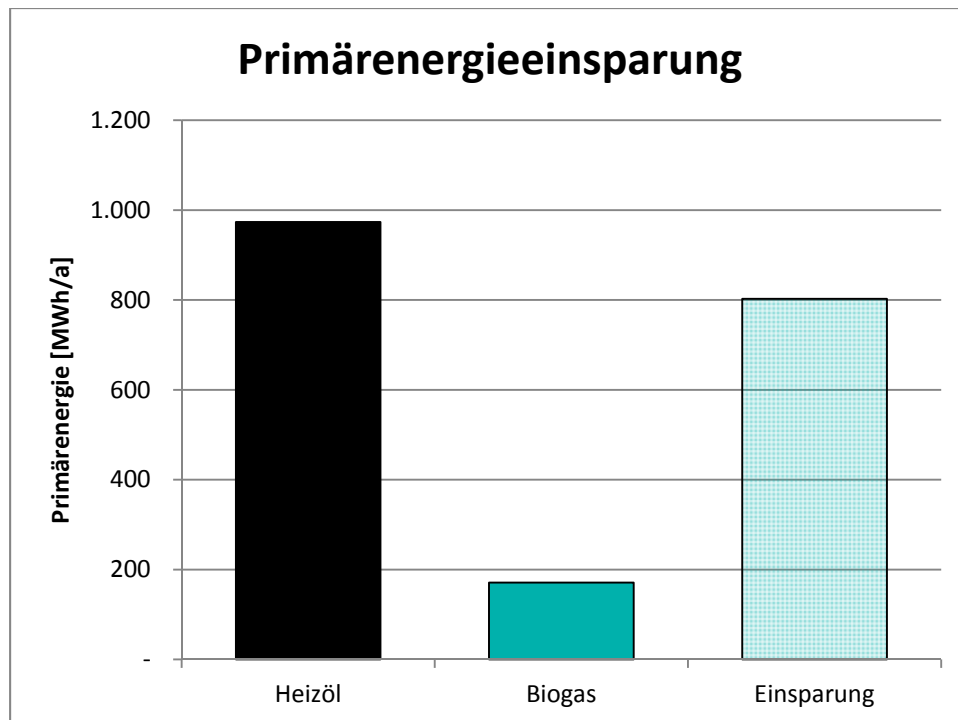


Abbildung 33 Einsparpotential an Primärenergie des Fernwärmenetzes

Durch die Verwertung der, im BHKW der Biogasanlage anfallenden Wärme kann eine Primärenergieeinsparung von rund 800 MWh/a erzielt werden. Das Potential der ortsansässigen Biogasanlage ist daher als sehr hoch zu bewerten.

5.3.1.3 Umweltwärmepumpen (Geothermie)

Das Nutzungspotential der Geothermie rund um Schümm ist laut Daten des Geothermie-Atlas-NRW nicht konstant. Der Geothermie-Atlas unterscheidet zwei Betriebszustände. Zum einen wird eine Ergiebigkeit für 1.800 Betriebsstunden pro Jahr (BStd./a) und zum anderen eine Ergiebigkeit für 2.400 BStd./a angegeben. Für beide Betriebszustände wird die Ergiebigkeit für eine Tiefe von 40, 60, 80 und 100 m angegeben. Das höchste Potential liegt bei 1.800 BStd./a und einer Tiefe von 80 m zwischen Schümm und Kievelberg mit einer Ergiebigkeit von ca. 110 kWh pro Meter Sondentiefe und Jahr [kWh/(ma)]. Richtung Langbroich-Harzelt liegt die Ergiebigkeit noch bei ca. 75 kWh/(ma). Im Folgenden wird daher mit einer durchschnittlichen Ergiebigkeit von 75 kWh/(ma).

Für die Kalkulation des Geothermiekpotentials werden die gleichen Parameter wie bei der Berechnung für das Nahwärmenetz angesetzt: 35 Wohneinheiten und ein Wärmebedarf von 600 MWh/a.

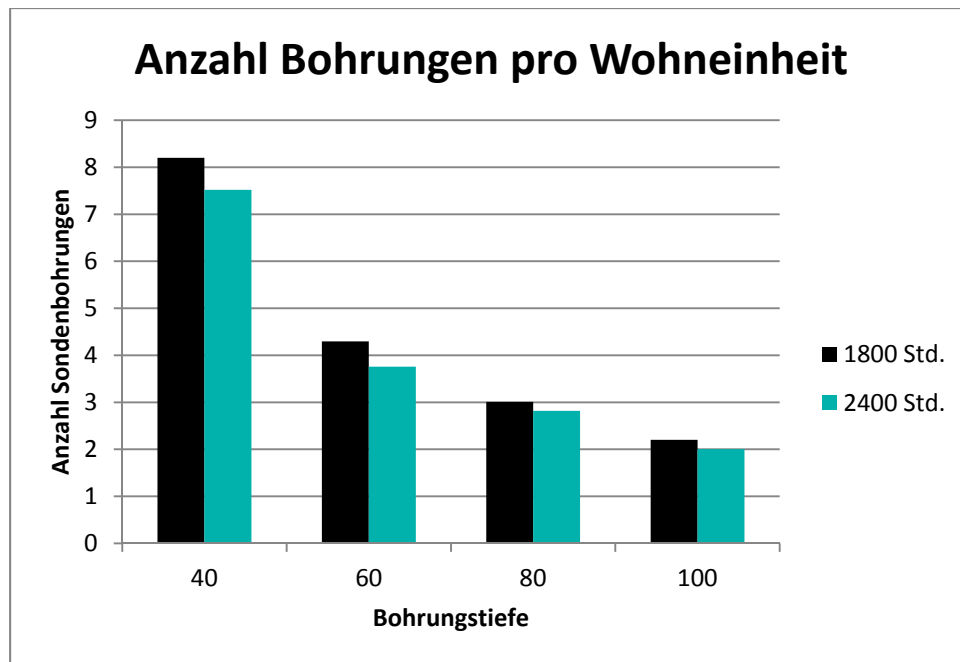


Abbildung 34 Anzahl Bohrungen pro Wohneinheit

In Abbildung 34 ist die Anzahl der ermittelten Bohrungen über unterschiedliche Bohrungstiefen (40 m, 60 m, 80 m und 100 m) für zwei mögliche Betriebsdauern (1.800 BStd./a und 2.400 BStd./a) aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass bei einer Betriebsstundenzahl von 1.800 Stunden und einer Bohrungstiefe von 80 m ca. drei Bohrungen ausreichen, um den Wärmebedarf eines Gebäudes zu decken. (7)

5.3.1.4 Dezentrale Holzheizung

Schümm verfügt keine eigene Waldfläche, daher kann Schümm mangels Forstbestand keine dezentrale Holzheizung betreiben.

5.3.2 Eigenes Windrad, Kleinwindanlage oder PV

Strom für den Ort Schümm kann z.B. über ein eigenes großes Windrad, mehrere Kleinwindanlagen oder große PV Anlagen erzeugt werden. Diese könnten mit Bürgerbeteiligung errichtet werden, um die Akzeptanz sicherzustellen. Nachstehend werden Einsparmöglichkeiten beim Strombedarf ermittelt und dargestellt, sowie die Potentiale für Windkraftanlagen, Kleinwindanlagen und Photovoltaikanlagen dargestellt.

5.3.2.1 Energieeffizienzsteigerung

Als erste Maßnahme zur Senkung des Primärenergieverbrauchs sollte wie beim Wärmeverbrauch zuerst der Bedarf gesenkt werden. Beim Stromminderungspotential durch Effizienzsteigerung wird, wie bereits erwähnt, zwischen den privaten Haushalten und der Kommune unterschieden. Es werden mögliche Einsparungen beschrieben, die kostengünstig umzusetzen sind.

Beleuchtung

Ab dem 1. September 2012 dürfen laut EU-Beschluss keine Glühbirnen mehr verkauft werden. Das wichtigste Kriterium bei der Beleuchtung im Haushalt ist das persönliche Wohlbefinden, welches am stärksten durch den Lichtstrom und die Lichtfarbe beeinflusst wird. Es gibt die Möglichkeit bei geringerem Endenergieeinsatz (Strom) den gleichen Lichtstrom zu erhalten. Dies ermöglichen Energiesparlampen oder die LED-Technik (engl.: light-emitting diode, dt.: Leuchtdiode). Jedoch wird das warmweiße Licht, das die Glühbirnen emittieren bis heute von der Technologie „Energiesparlampe“ nicht vollkommen erreicht.

Auch die LED-Technik erzeugt nur teilweise die gleiche Lichtfarbe wie die Glühbirne. Die Kosten- und Energieeinsparung, die durch den Austausch von Glühbirnen erreicht werden sind enorm.

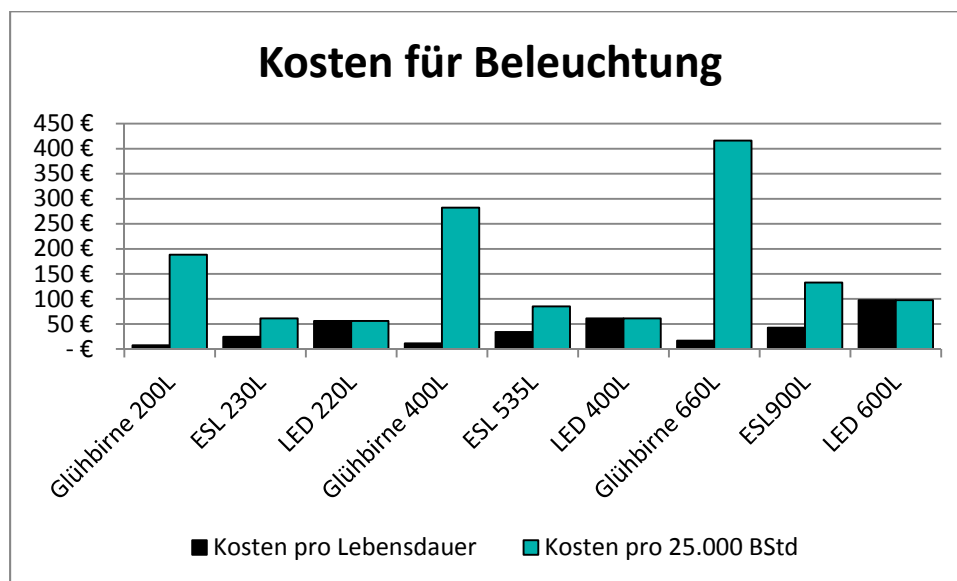


Abbildung 35: Betriebskosten von Glühbirnen, Energiesparlampen und LEDs (8)

Abbildung 35 zeigt einen Vergleich der Kosten die während einer Betriebsdauer von 25.000 Stunden (4 Jahre) bei drei verschiedenen Leuchtstoffmitteln anfallen. Die Kosten beinhalten Anschaffungskosten sowie Energiekosten. Der Strompreis wird mit 0,25 €/kWh angenommen. Verglichen werden Glühbirnen, Energiesparlampen und LEDs. Zum Vergleich wird nicht die Leistungen [W] sondern die Einheit Lumen für den Lichtstrom konstant gehalten. Dadurch wird gewährleistet, dass die Beleuchtungsintensität gleich bleibt. Der erste Vergleich befindet sich im Bereich von 200 Lumen, der zweite im Bereich von 400 Lumen und der dritte im Bereich von 650 Lumen. Bei höheren Lumenzahlen (ab 600L) ist die Kostensenkung deutlich höher als bei den geringen Lumenzahlen (200 L). Den im Vergleich zu den Glühbirnen kleinen Unterschied zwischen Energiesparlampen und LEDs beruht auf den hohen Anschaffungskosten für LEDs. Da aber LEDs eine 2,5-fach höhere Lebensdauer haben als Energiesparlampen, sparen LEDs über eine längere Betriebsdauer mehr Geld ein als Energiesparlampen.

Austausch von Haushaltsgeräten

In den meisten Haushalten befinden sich heutzutage immer noch viele Elektrogeräte, die regelrechte Stromfresser sind. Seit Juli 2012 dürfen im deutschen Handel keine Kühlschränke verkauft werden, die nicht mindestens die Energieeffizienzklasse A+ besitzen.

Nachstehend zeigt Tabelle 1 einen Vergleich des Umweltbundesamtes. Dargestellt ist die Kostenersparnis eines Kühlschranks der Energieeffizienzklasse A+++ im Vergleich zu Kühlschränken geringerer Effizienzklassen. Dies ist eine Mehrkostenberechnung für Geräte gleicher Größe mit einer Lebensdauer von 12 Jahren.

Tabelle 5 Vergleich des Energieverbrauchs verschiedener Kühlschränke mit Sternegefrierfach (9)

Energieeffizienzklasse	Kühlschrank mit 130l Kühlinhalt und Tiefkühlfach		Kühlschrank mit 240l Kühlinhalt und Tiefkühlfach		Durchschnittliche Einsparung gegenüber Effizienzklasse A
	Jahresenergieverbrauch in kWh/a	Mehrkosten zu einem A+++ Gerät in 12 Jahren in € bei 0,25 €/kWh	Jahresenergieverbrauch in kWh/a	Mehrkosten zu einem A+++ Gerät in 12 Jahren in € bei 0,25 €/kWh	
A+++ (höchste Effizienz)	99	0 €	118	0 €	60%
A++	149	144 €	177	171 €	40%
A+	199	288 €	237	342 €	20%
Geräte unterhalb dieser Effizienzklassen dürfen ab 07/2012 nicht mehr in den Handel gelangen!*					0%
A	249	431 €	296	513 €	
Geräte unterhalb dieser Effizienzklassen dürfen seit 07/2010 nicht mehr in den Handel gelangen!*					
B	340	549 €	404	653 €	
C	431	667 €	512	792 €	
D (geringste Effizienz)	499	719 €	593	855 €	

Die Tabelle 5 zeigt, dass jede Steigerung der Effizienzklasse eine durchschnittliche Einsparung des Energieeinsatzes und der Energiekosten von 20 % mit sich führt.

Für Gefriertruhen hat das Umweltbundesamt ebenfalls einen Vergleich des Energieverbrauchs durchgeführt, welcher das gleiche Ergebnis aufweist. Im Durchschnitt werden pro Effizienzklasse 20 % der Energiekosten eingespart.

Weitere Einsparungspotentiale im Haushalt gibt es bei Kühl-Gefrier-Kombinationen (61 %), Fernseher (56 %), Sat-Empfänger (80 %), Monitoren (70 %), Hifi-Anlagen (67 %), Wäschetrockner (44 %) (10) sowie bei der bereits erwähnten Beleuchtung (5 W gegen 40 W) (88 %). Die durchschnittliche Einsparung liegt somit bei ca. 66 %. Die Haushaltsgeräte machen schätzungsweise einen Anteil von 50 % am Haushaltsstrombedarf aus. Dadurch kann der elektrische Energiebedarf in Schümm, durch den Austausch alter Haushaltsgeräte gegen neue effiziente Geräte, insgesamt um 33 % gesenkt werden. Dies würde den Energiebedarf um 86 MWh/a auf unter 200 MWh/a deutlich senken.

Sensibilisierung der Bürger

Durch die Sensibilisierung der Bürger zum Thema Stromverbrauch, kann erst effektiv das Stromminderungspotential ausgeschöpft werden. Ohne die Bereitschaft etwas zu verändern kann keine Energieeinsparung stattfinden.

Für die Bürger gibt es viele Einsparmöglichkeiten. Die hier erwähnten sind nur ein Auszug von vielen. Weitere wären zum Beispiel das Ausschalten von Standby-Geräten oder der Austausch von Heizungspumpen. Abbildung 36 zeigt die Energiekosten von Heizungspumpen, verschiedener Leistungsklassen, über eine Betriebsdauer von 20 Jahren.

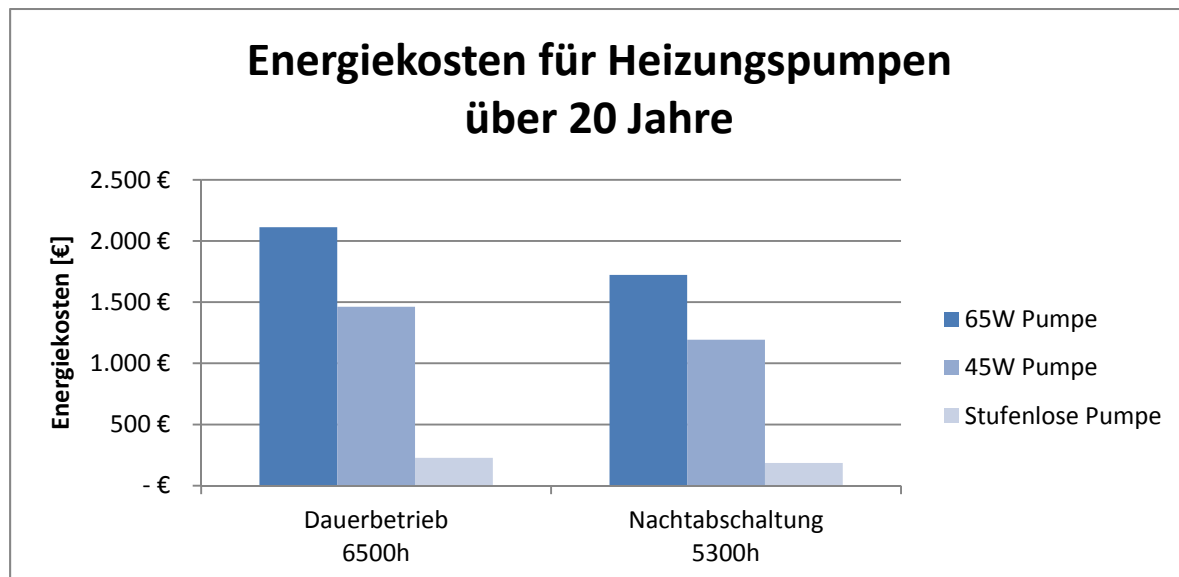


Abbildung 36 Energiekosten für Heizungspumpen über 20 Jahre

In Abbildung 36 werden zum einen verschiedene Heizungspumpen und zum anderen verschieden Betriebsarten verglichen. Bei den Betriebsarten wird zwischen Dauerbetrieb (6.500 BStd.) und Nachtabstaltung (5.300 BStd.) unterschieden. Hier sind Kosteneinsparungen von ca. 25 % möglich. Beim Vergleich der Heizungspumpen können moderne, stufenlose Heizungspumpen bis zu 90 % Energiekosten einsparen (4).

Kommunale Verbraucher

Im Bereich der kommunalen Verbraucher ist die Straßenbeleuchtung zu erwähnen. Die Straßenbeleuchtung macht im Ortsteil Schümm 4.800 kWh/a aus und somit weniger als 2 % des örtlichen Gesamtverbrauchs. Dennoch befindet sich hier Handlungsbedarf, da ab 2015 die Quecksilberdampf-Hochdrucktechnik (HME) verboten wird. Zum Austausch bieten sich Natriumdampf-Hochdrucklampen (HSE) oder LED-Lampen an. Beide Techniken erzielen ungefähr die gleichen Einsparungen von ca. 70-75 % ohne eine Einsparung des Lichtstroms zu erhalten. Die LED-Lampen haben den Vorteil, dass sie zusätzlich gedimmt werden können, was weitere Einsparungen im Lichtmanagement ermöglicht (11).

Anmerkung: im Folgenden werden regenerative Strom- und Wärmeerzeuger vorgestellt, diese werden zunächst ohne die erwarteten Strom- und Wärmeeinsparungen abgeschätzt.

5.3.2.2 Windkraftanlage

Als Referenz Anlage wird eine E-82 E2 mit einer Leistung 2,3 MW, einer Nabenhöhe von 78 m und einem Rotordurchmesser von 81 m genutzt. Mit geschätzten Volllaststunden von 2.600 h/a ergibt sich ein Gesamtertrag von 5.980 MWh/a. Abzüglich 20 % für Verluste beträgt der mögliche Jahresertrag einer Großwindanlage 4.754 MWh/a (12).

Der Ertrag einer großen Windkraftanlage übersteigt den Strombedarf von 265 MWh/a deutlich. Der produzierte Überschuss wird dem Ort als Export gut geschrieben, wodurch dem Primärenergieverbrauch im Verkehrssektor eine große Gutschrift gegenübersteht.

Durch eine Bürgerbeteiligung wird nicht nur die Akzeptanz für Windkraft gesteigert, sondern auch die Maßnahme für die Bürger profitabel werden.

5.3.2.3 Kleinwindanlage (<50 m Gesamthöhe)

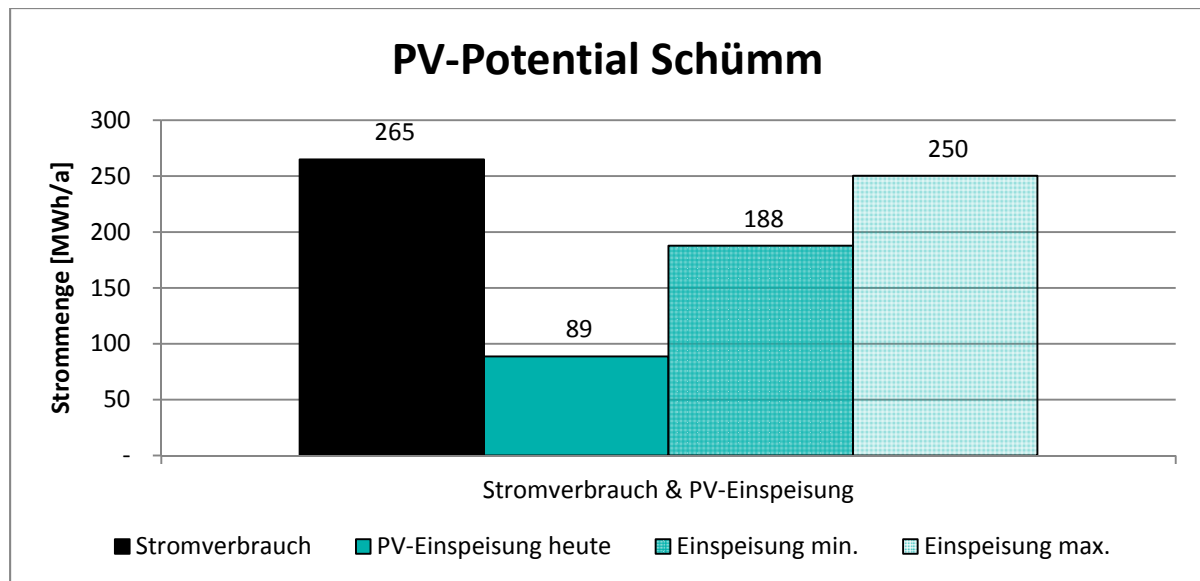
Als Referenzanlage wird die in Abbildung 37 dargestellte Kleinwindanlage des Typs Windspot 7500 mit einer Leistung von 7,5 kW, einer Nabenhöhe von 18 m und einem Rotordurchmesser von 6,3 m verwendet (13). Zur Bestimmung des möglichen Ertrags werden 1.250 Volllaststunden pro Jahr angenommen. Damit der Strombedarf von 265 MWh/a alleine durch Kleinwindanlagen gedeckt wird, wäre die Installation von 29 Kleinwindanlagen in Schümm notwendig.



Abbildung 37 Kleinwindanlage Typ Windspot 7500

5.3.2.4 Photovoltaik

Als weitere Quelle der erneuerbaren Energien ist die Photovoltaiktechnik eine gute Möglichkeit, den Bedarf in Schümm annähernd zu 100 % zu decken. Abbildung 38 zeigt das Potential der Photovoltaiktechnik für Schümm.

**Abbildung 38 PV-Potential Schümm**

In der Abbildung 38 sind der Stromverbrauch mit 265 MWh/a und die bereits heute eingespeiste PV-Leistung von 89 MWh/a den möglichen Einspeisungen gegenübergestellt. Die minimal möglichen Stromeinspeisungen betragen 188 MWh/a bei einem Eignungsfaktor von 15%. Die Stromeinspeisungen steigen auf 250 MWh/a bei einem Eignungsfaktor von 20%. Der Eignungsfaktor beschreibt dabei, wie viel m² Dachfläche im Bezug zur Gebäudegrundrissfläche für eine PV-Installation geeignet ist. Bei einer gesamten Gebäudegrundrissfläche von 10.800 m² sind somit 1.620 m² bei 15 % oder 2.160 m² bei 20 % Eignungsfaktor geeignet. Dies ergibt mögliche Deckungsanteile für den Strombedarf im Bereich von 70 – 94 %. Die mögliche CO₂-Einsparung liegt zwischen 49 t/a und 65 t/a.

5.3.3 Erweiterung einer Biogasanlage

Die ortsansässige Biogasanlage bietet einige Möglichkeiten für eine Erweiterung. So ist die bereits erwähnte Fernwärmeleitung eine Möglichkeit die überschüssige Wärme der Biogasanlage zu verwerten. Weitere Technologien um die Biogasanlage zu erweitern und ihren Nutzungsgrad zu erhöhen sind zum einen eine Gasaufbereitung zu Erdgasqualität mit Einspeisung ins Erdgasnetz und zum anderen die Erzeugung von Biokraftstoff. Die Gasaufbereitung zu Erdgasqualität ergibt hier keinen Sinn, da Schümm zurzeit nicht ans öffentliche Gasnetz angeschlossen ist. Die Erzeugung von Biokraftstoff ist für einen kleinen Ort wie Schümm nicht in Betracht zu ziehen, weil aufgrund der geringen Einwohnerzahl, das Potential der Verwertung in Schümm als sehr gering eingeschätzt wird. Zu erwägen ist eine weitere Biogasleitung in einen benachbarten Ort um dort ein Satelliten-BHKW wie in Breberen zu betreiben. Alle möglichen Technologien sind erneut, detailliert zu betrachten und gegeneinander abzuwägen.

5.3.4 Gesamtüberblick

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Schümm sich gut eignet um das Konzept eines energieneutralen Ortes umzusetzen. Die folgende Abbildung 39 zeigt im Überblick die möglichen Potentiale zur Energiegewinnung in Schümm.

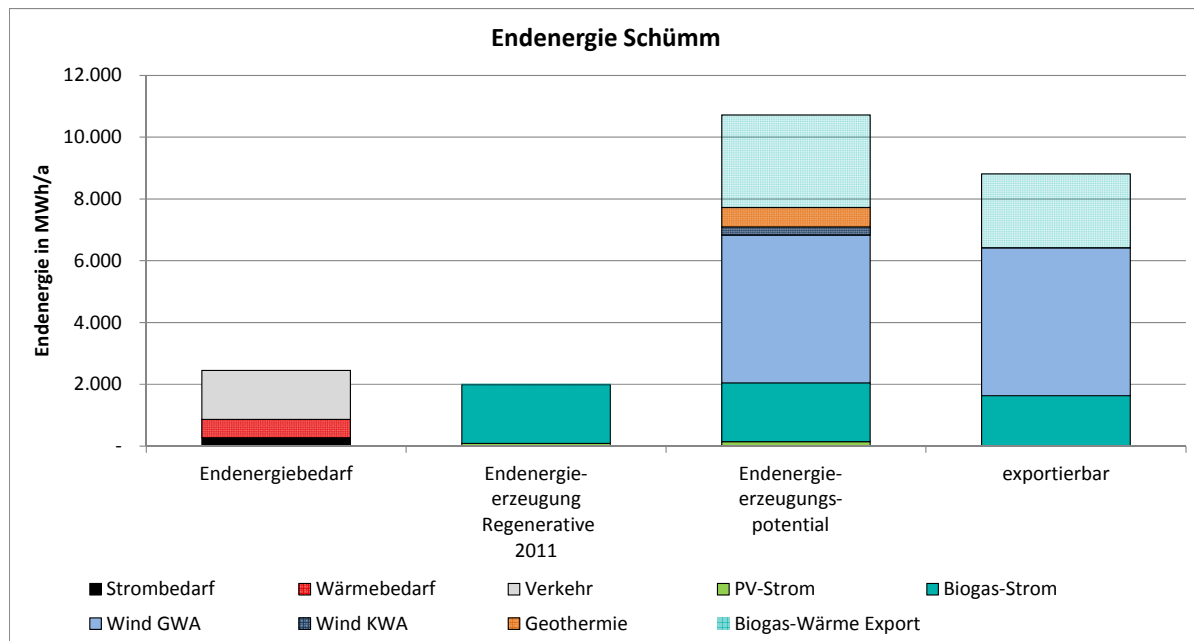


Abbildung 39 Vergleich der möglichen Potentiale in Schümm

Die Abbildung 39 zeigt, dass für die Eigennutzung der PV-Strom sowie Teile des Biogas-Stroms und der Biogas-Wärme verwendet werden. Der PV-Strom deckt nur einen Teil des Strombedarfs und ist in der Abbildung 39 unterhalb des Biogas-Stroms dargestellt. Der fehlende Strom wird durch Biogas-Strom gedeckt. Der überbleibende Biogas-Strom wird als exportierbar angesehen. Der produzierte Strom aus einer Großwindanlage (Wind GWA) wird komplett exportiert und es findet daher keine Eigennutzung statt. Die Biogas-Wärme wird zum Teil im Ort selbst verwertet. Nicht benötigte Biogas-Wärme wird wie der Biogas-Strom exportiert. Die exportierbare Strom- und die Wärmeenergie gleichen den Energiebedarf des Verkehrssektors aus. Die Geothermie und die Kleinwindanlagen werden als Potential aufgeführt, jedoch nicht als exportierbar erachtet. Zu erkennen ist ebenfalls, dass die Geothermie und die Kleinwindanlagen (Wind KWA) zur Deckung des Energiebedarfs ausgelegt sind. Die Kleinwindanlagen gleichen den Strombedarf aus und die Nutzung von Geothermie-Anlagen gleicht den Wärmebedarf aus.

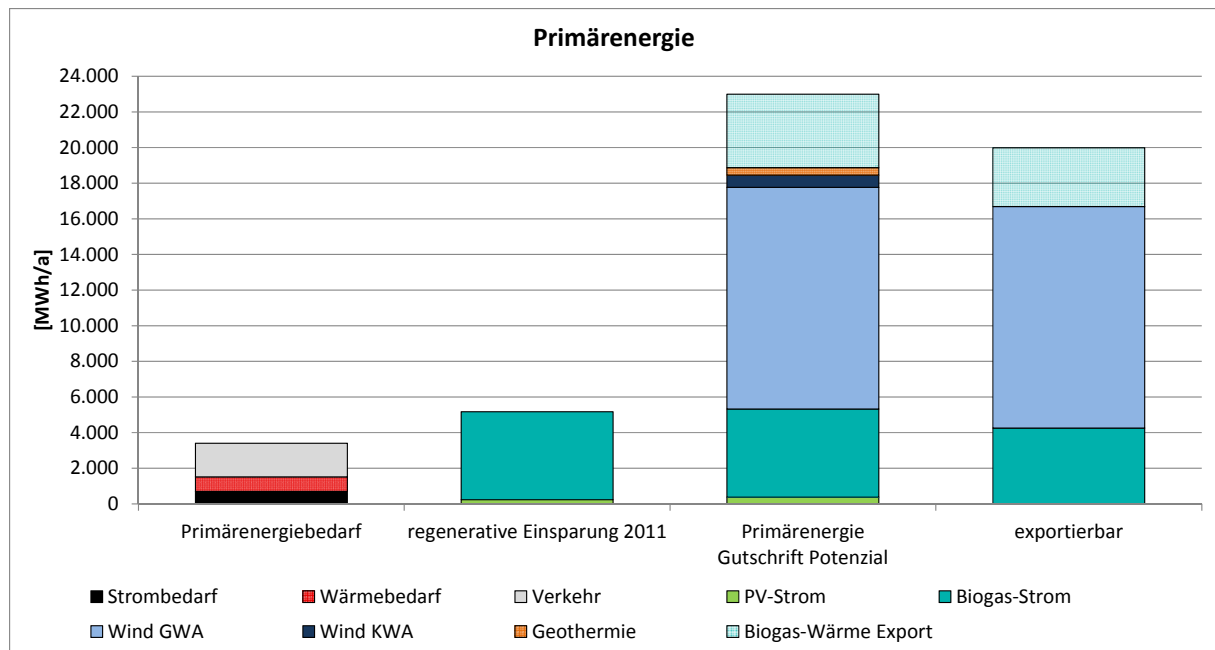


Abbildung 40 Übersicht Primärenergie

Analog zum Endenergiebedarf ergibt sich der Primärenergiebedarf. In Abbildung 40 wird der Primärenergieverbrauch dargestellt. Schümm ist bereits heute mehr als primärenergieneutral. Im Vergleich zur Endenergie ist hier deutlich zu sehen, dass der Anteil geothermischer Primärenergie sinkt. Die Geothermie ist daher ein gutes Beispiel zu Ressourcenschonung.

Ähnlich der Primärenergie verhalten sich die CO₂-Emissionen beziehungsweise die CO₂-Einsparungen. Die CO₂-Emissionen sowie CO₂-Einsparungen sind in Abbildung 41 dargestellt. Schümm ist bereits heute mehr als CO₂-neutral. Das größte CO₂-Einsparpotential besitzt die Windkraft gefolgt von dem Biogas-Strom und der Biogas-Wärme. Dies liegt unter anderem daran, dass diese Anlagen nicht für den Eigengebrauch ausgelegt sind, sondern ein mögliches Nutzungspotential für die Region abdecken.

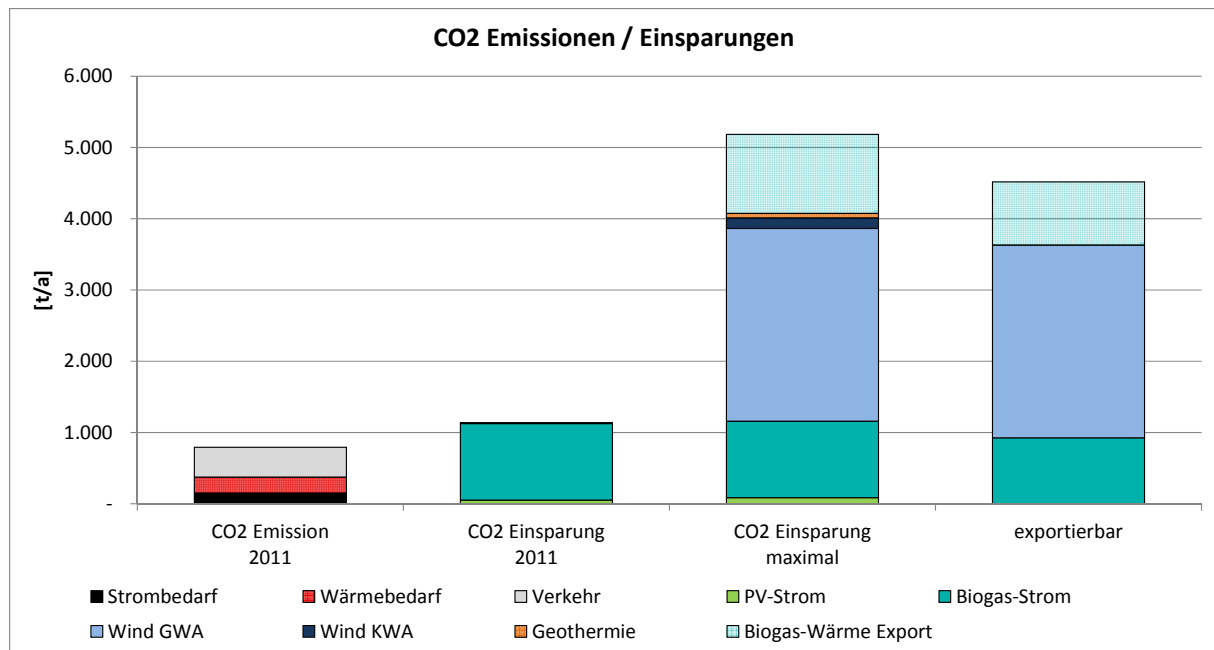


Abbildung 41 Übersicht CO2-Emissionen / Einsparungen

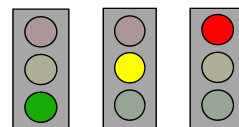
Durch die Umsetzung der erwähnten Maßnahmen kann einen großer Teil zum Klimaschutz beigetragen werden. Es steckt ein immenses Potential zur Energieeinsparung und zur weiteren regenerativen Energieerzeugung in Schümm.

Schümm kann der Gemeinde als Vorbild für weitere Maßnahmen dienen.

5.3.5 Kostenabschätzung

Bei der Kostenabschätzung wird ein Bewertungssystem eingeführt, welches zur Entscheidungsfindung beitragen soll. Die Bewertung wird mit Hilfe eines Ampelsystems durchgeführt. Drei Phasen einer Ampel werden verwendet, wobei die Farben die im Folgenden, aufgelisteten Bewertungen beinhalten.

- grün = sehr empfehlenswert
- gelb = empfehlenswert
- rot = nicht empfehlenswert



Bewertet werden mit diesem System 4 Kriterien. Zu den Kriterien gehören: Energieeinsparung, CO₂-Einsparung, Kosten bzw. Wirtschaftlichkeit und regionale Wertschöpfung. Hier werden die Kosten kalkuliert und die anderen, bereits erwähnten Kriterien mit aufgeführt.

Die Kosten der verschiedenen Maßnahmen sind teilweise nur grob abschätzbar und daher als Richtwerte zu verstehen. Die Bewertung der Energieeinsparung wird auf Basis der Kosten in €/MWh eingestuft. Die CO₂-Einsparung werden untereinander verglichen und bewertet.

Bei der Stromversorgung wird als erstes eine Bedarfsminderung durch Energieeffizienzsteigerung betrachtet. Diese stellt sich zusammen aus den Energieeinsparpotentialen für den Strom- und Wärmebedarf.

Bei der **Energieeffizienzsteigerung** werden Kosten in Höhe von 2.850 € pro Wohneinheit angenommen. Diese Kosten beinhalten Schätzwerte für Beleuchtung (ca. 150 €), Fernseher (ca. 750 €), Kühlschrank oder Kühl-Gefrierkombination (ca. 1.000 €) und Wäschetrockner (ca. 750 €). Aufaddiert für 35 Wohneinheiten ergibt dies eine Summe von ca. 100.000 € (Gesamtkosten). Bei einem erwarteten Strompreis von 25 Ct/kWh ergibt sich eine Einsparung beim Stromverbrauch von 21.500 € pro Jahr. Damit ist die Energieeffizienzsteigerung bereits nach weniger als 5 Jahren amortisiert. Sogar bei einem konstanten Strompreis von 20 Ct/kWh ergibt sich eine Einsparung von 17.200 €/a und eine Amortisationszeit von weniger als 6 Jahren. Bei der regionalen Wertschöpfung kann keine Aussage getroffen werden, da die Kaufgewohnheiten der Bürger einen starken Einfluss auf die Wertschöpfung haben. Es wird jedoch vermutet, dass die Wertschöpfung aufgrund der Kosteneinsparungen und der damit steigenden Kaufkraft der Bürger ebenfalls steigt. Die Energieeffizienzsteigerung wird in Ihrem Potential zur Erreichung der Energieneutralität als sehr hoch bewertet. Zusammenfassend ist die Bewertung in Abbildung 42 dargestellt. Die CO₂-Einsparung ist nur mit einer gelben Ampel zu bewerten. Die Energieeffizienzsteigerung spart im Vergleich zu anderen Maßnahmen, zum Beispiel einer Großwindanlage, nur einen Bruchteil an CO₂ ein.

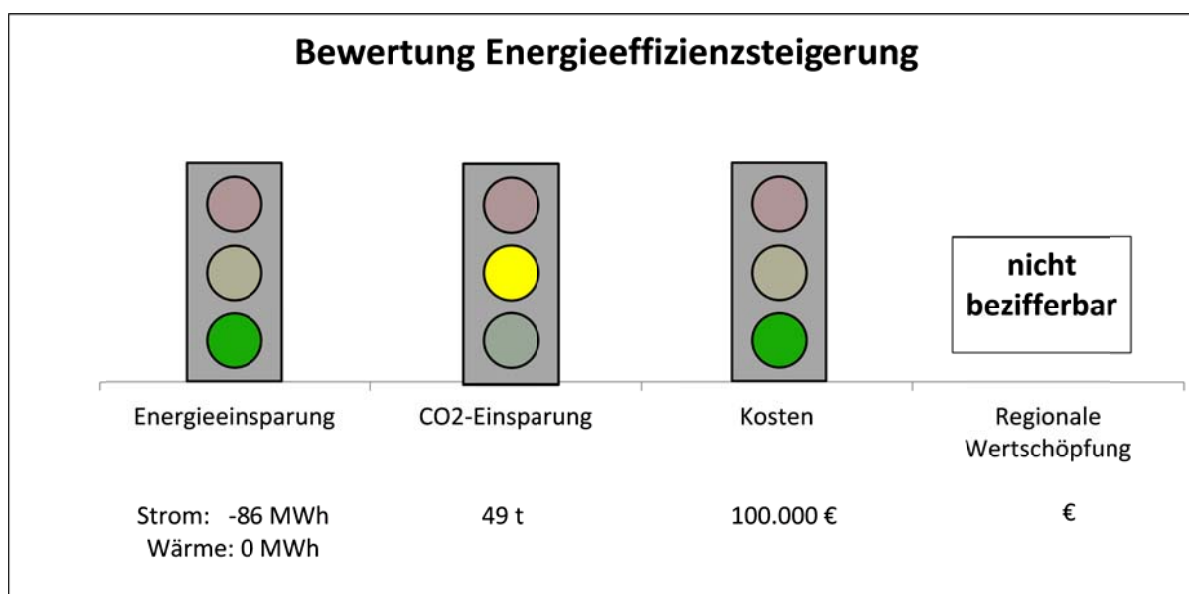


Abbildung 42 Bewertung Energieeffizienzsteigerung

Um die Stromversorgung zu sichern, werden verschiedene Möglichkeiten betrachtet. Zunächst werden die Kosten sowie Erlöse durch **Photovoltaik** abgeschätzt.

Die spezifischen Anlagen Kosten für Photovoltaikanlagen sind im ersten Quartal diesen Jahres unter 2.000 €/kWp gesunken. Bei einer möglichen installierbaren Leistung zwischen 180 kWp (minimal) und 240 kWp (maximal) wird ein installierbarer Mittelwert von 210 kWp angenommen. Dadurch ergibt sich eine Gesamtinvestition für PV-Anlagen von 420.000 €. Die Vergütung für eingespeisten PV-Strom liegt bei 19,5 Ct/kWh. Mit einer durchschnittlichen Einspeisung von 147 MWh/a ergibt sich ein jährlicher Erlös von 28.600 €. Dadurch wird eine Amortisationszeit von 15,5 Jahren erreicht. Bei 100 % Eigennutzung verkürzt sich die

Amortisationszeit erheblich. Die Abbildung 43 zeigt einen Vergleich der Erlöse für einen konstanten Strompreis von 20 Ct/kWh gegenüber einem angestiegenen Strompreis von 25 Ct/kWh.

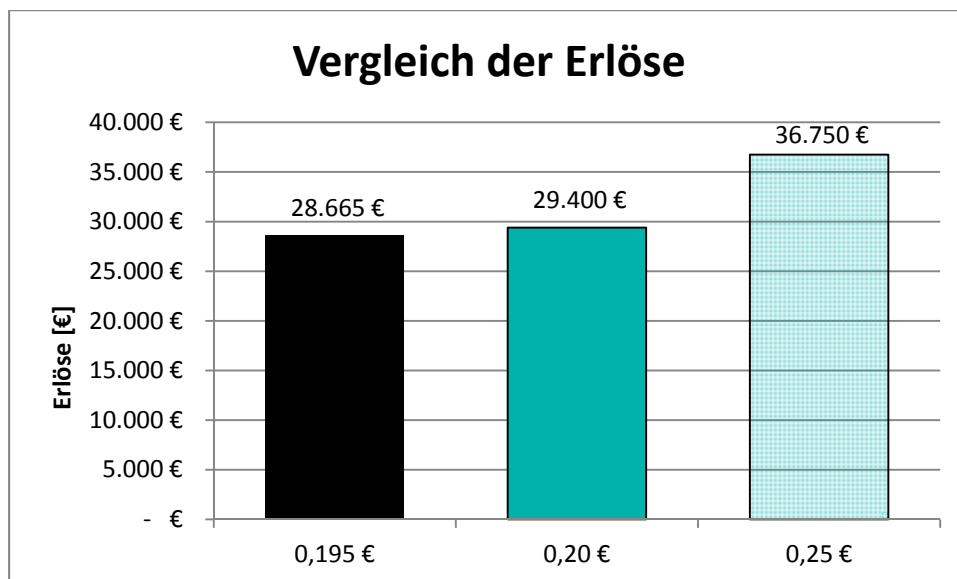


Abbildung 43 Vergleich der Summe der Erlöse durch Stromerzeugung mit PV-Anlagen, für 147 MWh/a

Aus der Grafik ist erkennbar, dass zum einen der Vorteil der Eigennutzung bis zu 800 €/a mehr Erlös, bei 100 % Eigennutzung und 20 Ct/kWh beträgt und zum anderen steigende Strompreise den Effekt verstärkend beeinflussen. Bei einem gestiegenen Strompreis von 25 Ct/kWh steigt der jährliche Erlös um 8.000 €/a. Die kommunale Wertschöpfung wird anhand einer Studie des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) errechnet. Basierend auf Berechnungen beläuft sich die Wertschöpfung nach 20 Jahren auf ca. 100.000 € (14). Für die PV-Bewertung ist die Abbildung 44 zusammenfassend aufgeführt. Die Bewertung für die Energieeinsparung fällt schlecht aus, da die Kosten für die eingesparte immens hoch sind. Die CO₂-Einsparung liegt mit 57 t/a im gleichen Bereich wie die der Energieeffizienzsteigerung und wird daher auch mit einer gelben Ampel bewertet.

Anzumerken ist, dass die PV-Anlagen nicht den gesamten Strombedarf in Schümm decken können und daher ein Reststrombedarf überbleibt. Hinzu kommt, dass die Anschaffungskosten für PV-Module weiter sinken und dadurch die Amortisationszeit wesentlich verkürzt wird.

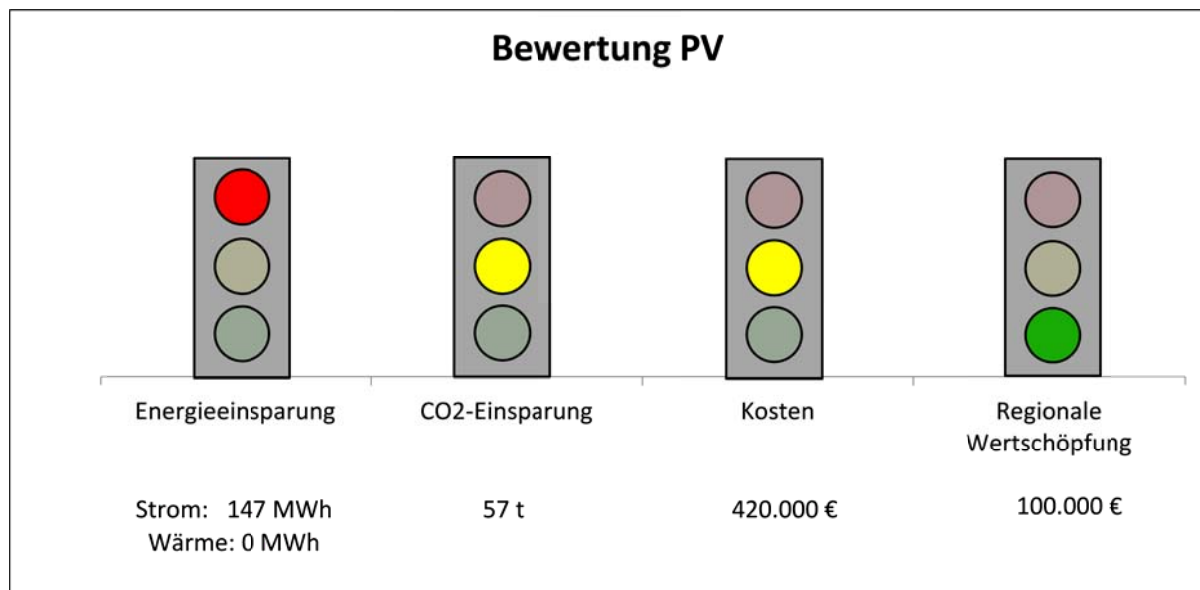


Abbildung 44 Bewertung PV

Als weitere Technik zur Strombedarfsdeckung werden die Kosten für die **Kleinwindtechnik** abgeschätzt. Die spezifischen Kosten für eine Kleinwindanlage werden auf 33.000 € geschätzt. In den Kosten enthalten sind die Kleinwindanlage (ca. 20.000 €), ein Wechselrichter (ca. 3.000 €) und der Mast (ca. 10.000 €) [Windspot 7500]. Für die benötigten 29 Anlagen entstehen somit Kosten in Höhe von 957.000 € die mit 100 % Eigenkapital der Bürger gedeckt werden muss. Bei einer Vergütung von 9 Ct/kWh und einem jährlichen Ertrag von 9,4 MWh beträgt der Erlös 24.500 €/a. Dadurch errechnet sich eine Amortisationszeit von ca. 38 Jahren, womit die Kleinwindtechnik nicht wirtschaftlich ist. Aufsummiert über 20 Jahre liegen die Kleinwindanlagen in Bezug auf die kommunale Wertschöpfung bei rund 60.000 €. Die Kleinwindanlagen sind für die Maßnahme in Schümm energieneutral zu werden nicht empfehlenswert. Abbildung 45 zeigt die Bewertung für Kleinwindanlagen. Kleinwindanlagen schneiden aufgrund hoher Investitionskosten im Durchschnitt sehr schlecht ab. Die Kosten pro erzeugter MWh belaufen sich auf mehr als 3.500 €. Außerdem ist die regional Wertschöpfung, kumuliert über 20 Jahre, nicht erstrebenswert.

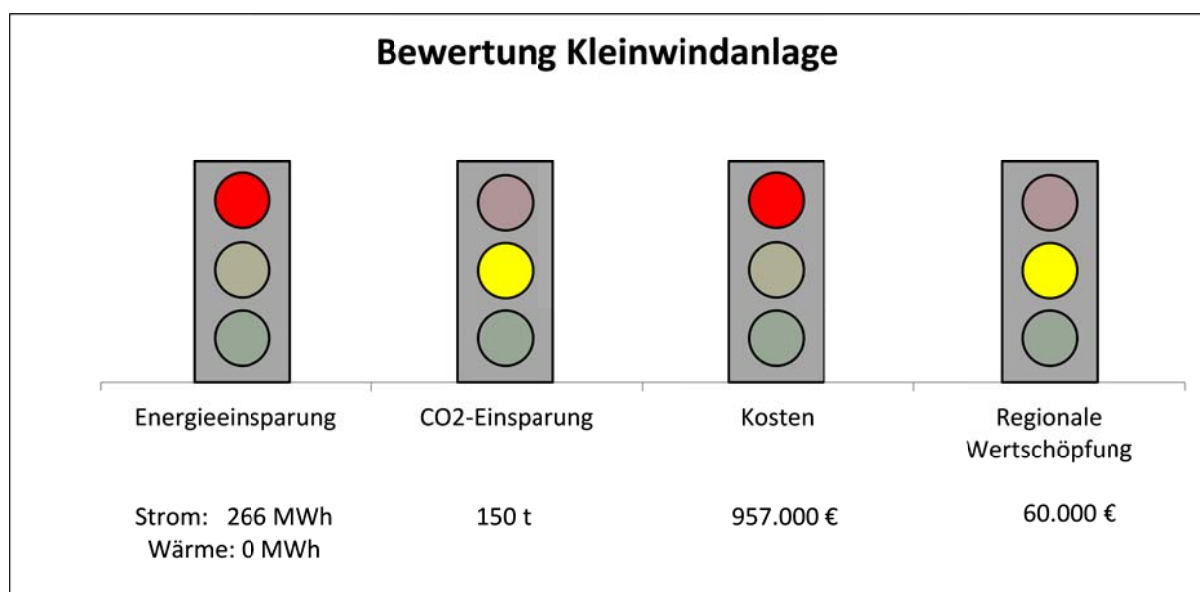


Abbildung 45 Bewertung Kleindwindtechnik

Der Kleinwindtechnik steht die Abschätzung der **Großwindanlagen** gegenüber. Die spezifischen Anlagenkosten für große Windenergieanlagen (WEA) liegen bei 1 Mio. €/MW. Für die ausgewählte WEA E82-E2 (Enercon) mit einer Nennleistung von 2,3 MW belaufen sich die Kosten auf 2,3 Mio. €. Hinzu kommen Kosten in Höhe von 680.000 € für Fundament (100.000 €), Übergabestation (50.000 €), Verkabelung WEA (30.000 €), Netzanbindung (300.000 €), Zuwege/Kranstellfläche (50.000 €), Planungskosten (75.000 €), Gutachten/Gebühren (25.000 €), Sonstiges (50.000 €). Die Gesamtinvestition liegt somit bei 2,98 Mio. €. Der Eigenkapitalanteil liegt mit 20 % der Gesamtinvestition bei 596.000 €. Umgelegt auf 35 Wohneinheiten ergibt dies 17.000 €/WE. An Fremdkapital bleiben 2.384.000 € über. Eigenkapital und Fremdkapital werden über eine Laufzeit von 15 Jahren mit 5 % verzinst werden. Weitere Kosten sind Gewerbesteuer (geschätzte 4 % der Vergütung) und Betriebskosten (25.000 €, Steigerung 3 %/a). (15)

Mit einer Vergütung von 9,41 Ct/kWh beträgt der jährliche Erlös 450.000 €/a. Die Wirtschaftlichkeit ist in der nachstehenden Abbildung 46 dargestellt.

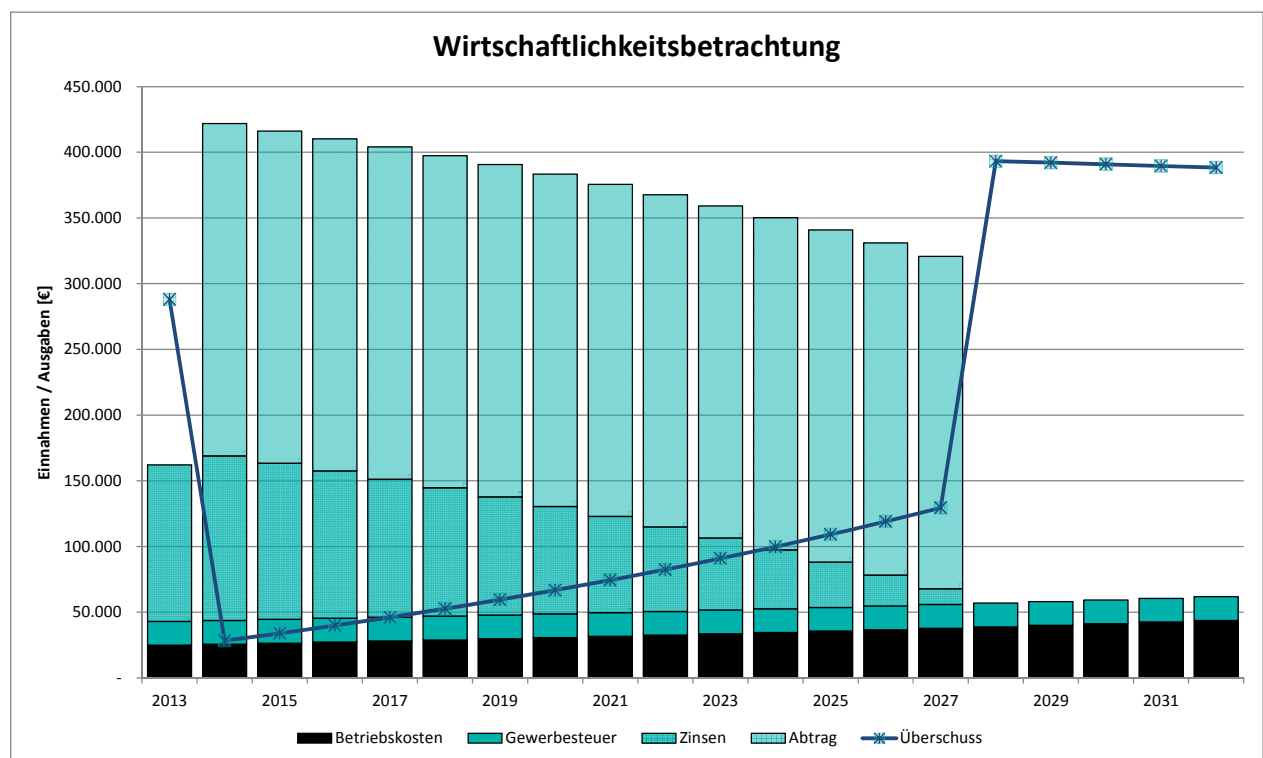


Abbildung 46 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Bürgerwindenergieanlage

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt einen durchweg positiven Überschuss, welcher nach Abzug der Kosten (Betriebskosten, Gewerbesteuer, Zinsen sowie Abtrag) pro Jahr erwirtschaftet wird. Die kommunale Wertschöpfung nach 20 Jahren beträgt ca. 500.000 € (25.000 €/a) und ist für die Gemeinde Gangelt als sehr hoch einzustufen.

Berücksichtigt werden muss jedoch das Problem des Abstandes zur Wohnsiedlung. Durch die Beteiligung der Bürger an einer Bürgerwindenergieanlage kann die Akzeptanz gesteigert und der Abstand eventuell verringert werden.

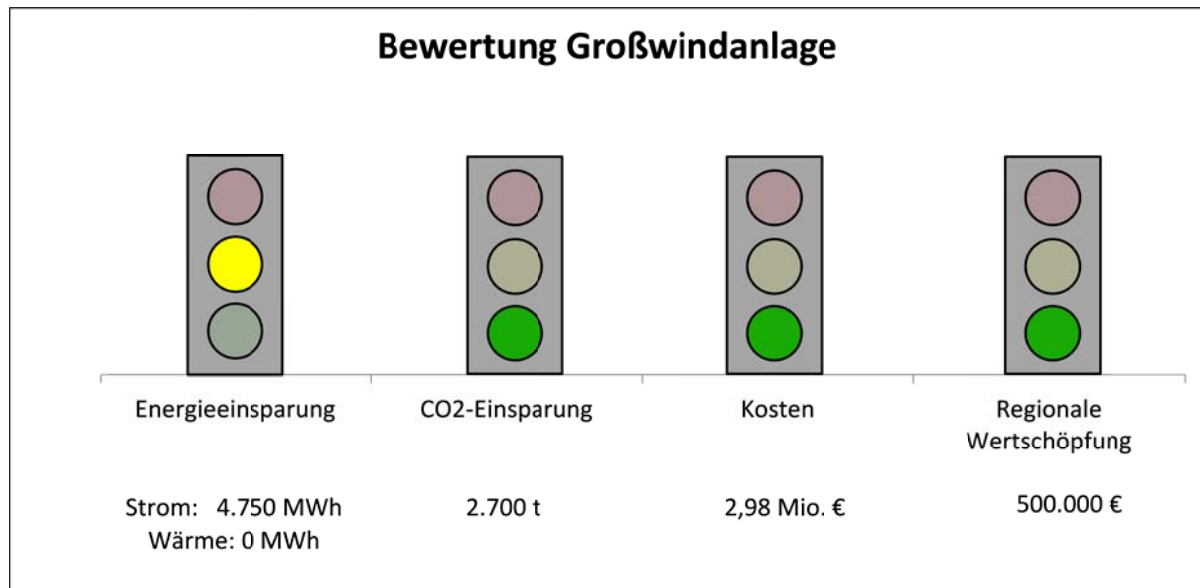


Abbildung 47 Bewertung Großwindanlage

Abbildung 47 zeigt, dass die gesamte Maßnahme dennoch als sehr empfehlenswert einzuordnen und für eine detailliertere Betrachtung sehr geeignet ist. Allein die Kosten für die Energieeinsparung lassen die Bewertung für die Energieeinsparung nur durchschnittlich ausfallen.

Bei der Wärmeversorgung werden die Kosten für ein **Nahwärmenetz** mit Biogas-BHKW sowie die Kosten für geothermische Wärmepumpen kalkuliert.

Das Nahwärmenetz wird mit einer Länge von 1.000 m und 35 Anschlüssen kalkuliert. Die spezifischen Anschlusskosten liegen bei ca. 3.000 € pro Anschluss. Die spezifischen Rohrkosten betragen ca. 300 €/m für ein flexibles Kunststoffmediumrohr. Bei Berücksichtigung von Vor- und Rücklaufänge ergeben sich somit kalkulierte Kosten von 705.000 €. Abgeschätzt werden Kosten in Höhe von 750.000 €. Bei einem angenommenen Brennstoffpreis von 7 Ct/kWh und einer kostenlosen Wärme ergibt sich ein jährlicher Wärmeerlös von 42.000 €. Bei guter Auslegung des Gesamtsystems kann gegebenenfalls eine EEG-Vergütung für Wärmenutzung hinzukommen. Ein mit einem Biogas-BHKW gekoppeltes Nahwärmenetz weist in 20 Jahren eine kumulierte kommunale Wertschöpfung von 500.000 € auf. Diese Maßnahme ist als sehr empfehlenswert zu behandeln, da die ortsansässige Biogasanlage als potentieller Wärmelieferant gut geeignet ist. Abbildung 48 stellt die Bewertung der Maßnahme gekürzt dar. Zu erkennen ist, dass die Kosten für die Maßnahme, in Bezug auf den geringen Wärmebedarf, vergleichsweise hoch sind. Die Energieeinsparung, die CO₂-Einsparung sowie die regionale Wertschöpfung fallen aber sehr gut aus und lassen die Maßnahme insgesamt gut abschneiden.

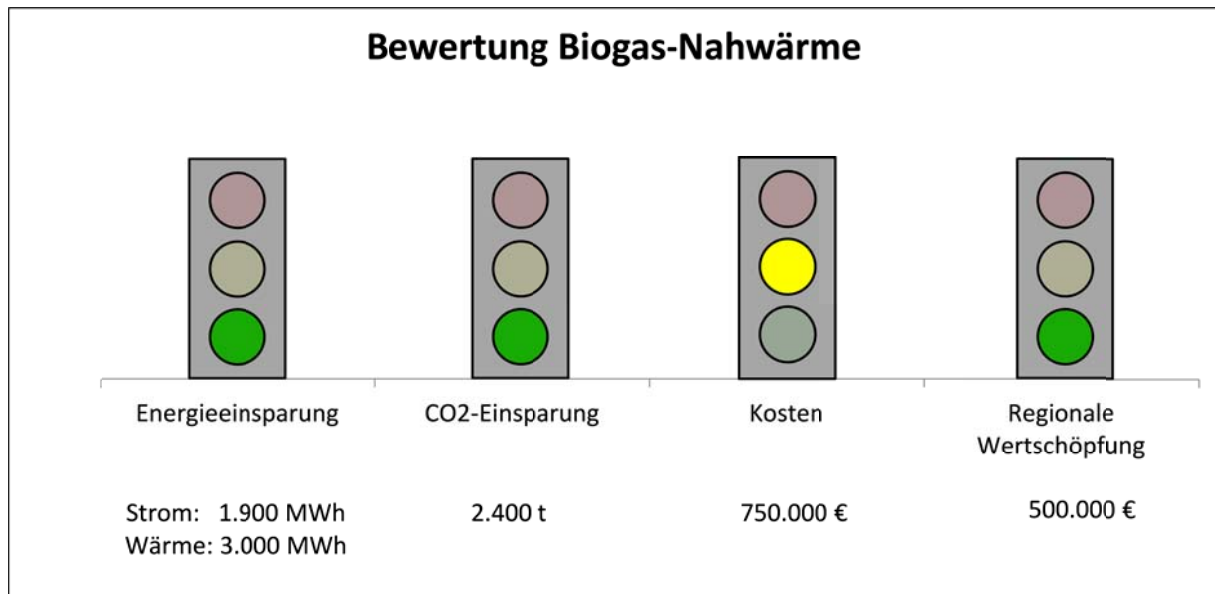


Abbildung 48 Bewertung Biogas-Nahwärme

Die Möglichkeit, die Wärme aus **geothermischen Wärmepumpen** bereitzustellen, weist abgeschätzt folgende Kosten auf:

Für den Ortsteil werden pro Wohneinheit 23.000 € angenommen. Diese Kosten beinhalten Bohrkosten für drei Bohrungen je Wohneinheit, wobei die spezifischen Kosten pro Bohrmeter 60 € betragen und jede Bohrung 80 m tief ist. Weiterhin sind 9.000 € für Wärmepumpen angesetzt. Mit abgeschätzten Zusatzkosten von 50.000 € beläuft sich die Gesamtinvestition auf 850.000 €. Unter der Annahme eines Brennstoffpreises von 7 Ct/kWh und einem Strompreis von 25 Ct/kWh ergibt sich ein jährlicher Gesamterlös von 5.000 €. Daraus errechnet wird eine Amortisationszeit von weit über 100 Jahren. Dies schließt eine wirtschaftliche Betrachtung für bestehende Gebäude vollkommen aus. Die regionale Wertschöpfung beläuft sich für diese Maßnahme, kumuliert über 20 Jahre, auf 110.000 €. Abbildung 49 zeigt die Bewertung der Geothermie. Ebenso, wie bei der Photovoltaik und der Kleinwindtechnik sind die Kosten für eine thermische MWh sowie für die Anschaffung enorm hoch. Die CO₂-Einsparung liegt mit 61 t im gleichen Bereich wie die CO₂-Einsparung der Energieeffizienzsteigerung und der Kleinwindanlagen und ist ebenfalls mit einer gelben Ampel bewertet.

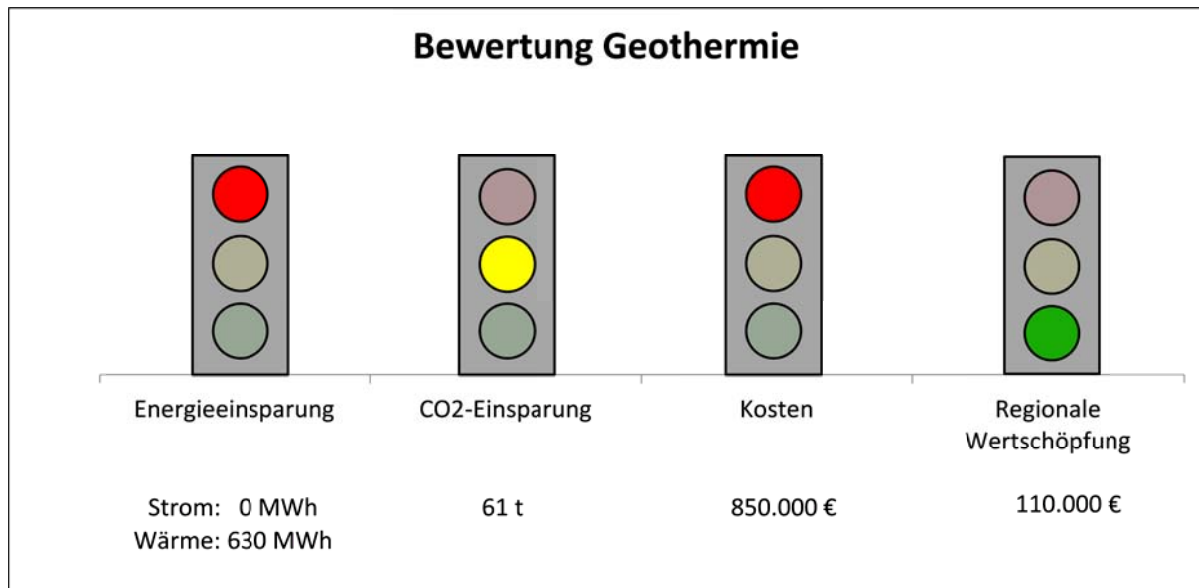


Abbildung 49 Bewertung Geothermie

In Abbildung 50 sind alle Maßnahmen hinsichtlich ihrer kommunalen Wertschöpfung dargestellt.

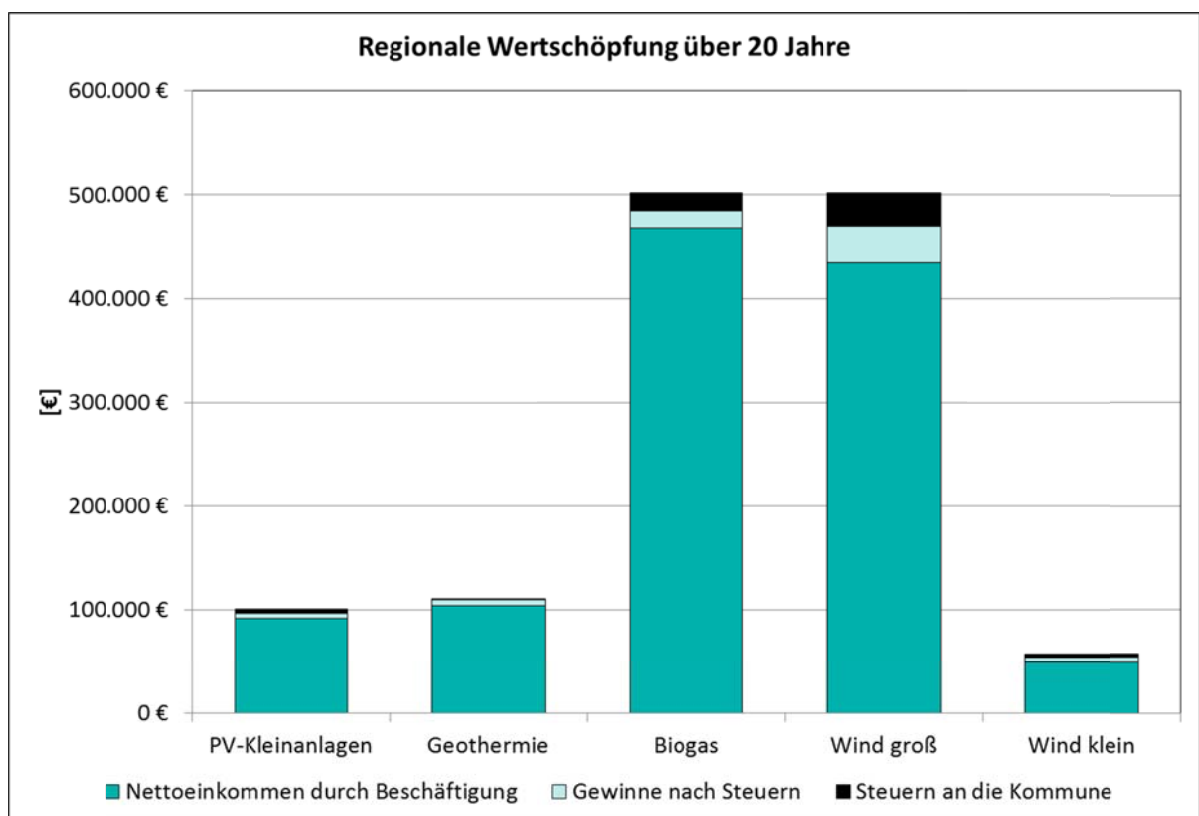


Abbildung 50 Regionale Wertschöpfung über 20 Jahre

Die Abbildung 50 lässt erkennen, dass die Maßnahmen Biogas und Großwindanlage die höchste Wertschöpfung besitzen. Dies muss jedoch relativiert werden, da diese beiden Maßnahmen mehr als den Energiebedarf des Ortsteiles Schümm decken, hingegen die anderen Maßnahmen nur zur Deckung des Bedarfs ausgelegt werden. Unter Bertachtung

der Investitionskosten erweisen sich die PV-Anlagen im Vergleich zur Geothermie und zu den Kleinwindanlagen als kostengünstig und rentabel.

5.3.6 Handlungsempfehlung für 2013

Zusammenfassend ist zu sagen, dass der Ort Schümm ein großes Potential für den Klimaschutz beinhaltet. Durch die Stromerzeugung aus Biogas ist Schümm bilanztechnisch gesehen bereits heute primärenergienneutral. Um die Wandlung von Schümm in einen tatsächlich energieneutralen Ortsteil zu vollziehen, d.h. auch die Wärme aus regenerativen Energien zu erzeugen, werden Empfehlungen ausgesprochen, die es ermöglichen, dieses Ziel zu erreichen. Zu diesen Empfehlungen gehört als primäre Maßnahme, den Energiebedarf des Ortes zu senken. Dafür steht die Maßnahme Energieeffizienzsteigerung. Diese sollte weitestgehend umgesetzt werden. Nach dem Senken des Bedarfs müssen die hier vorgestellten Maßnahmen zur regenerativen Energieerzeugung angepasst und gegebenenfalls neu bewertet werden. Erst dann sollten diese umgesetzt werden.

Nachstehend sind die Empfehlungsschritte gekürzt dargestellt:

1. Energiebedarf senken
2. Neuen Energiebedarf bewerten
3. Maßnahmen zur Bedarfsdeckung neu bewerten
4. Maßnahmen zur Energieneutralität umsetzen

5.4 Energieneutrales Schulzentrum Gangelt

Ziel dieser Maßnahme ist es, das energetische Potential und die Umsetzungsmöglichkeiten aufzuzeigen, um ein Schulzentrum energieneutral zu gestalten. Energieneutral bedeutet, dass bei Betrachtung der Energiegesamtbilanz die verbrauchte und erzeugte Energie im Gleichgewicht zueinander stehen. (16) Betrachtet werden insbesondere die Energiesektoren Wärme, Strom und Verkehr, die zusammen die Gesamtenergiebilanz bilden. Jeder Sektor wird in Bezug auf den Endenergieverbrauch, den Primärenergieverbrauch und seine CO₂-Emission bewertet. Neben den Maßnahmen zur Einsparung von Endenergie, Primärenergie und CO₂-Emissionen wird das Potential zur regenerativen Energieerzeugung aufgezeigt. Hierbei werden die Umsetzungsmöglichkeiten mit einer Kostenabschätzung versehen und in Bezug auf ihre Wirtschaftlichkeit geprüft. Abschließend wird eine Empfehlung in Form von Handlungsschritten gegeben, die aufzeigen was nötig ist, damit das Schulzentrum gegebenenfalls energieneutral werden kann.

Das Schulzentrum Gangelt wurde ausgewählt um zukunftsorientierte Ziele wie die Reduktion von Energiekosten in kommunalen Gebäuden zu erreichen. Aufgrund der Größe und des Einzugsgebiets bietet sich das Schulzentrum als Vorbildobjekt an.

Die Maßnahme energieneutrales Schulzentrum ist aufgeteilt in einzelne Maßnahmenpunkte, die in den folgenden Kapiteln abgehandelt werden. Das Kapitel 5.4.2 „Aktionstage, Projektwochen und Wettbewerbe“ beschäftigt sich mit Öffentlichkeitsmaßnahmen. Der Verkehrssektor wird in dem Kapitel 5.4.3 mit dem Titel: „Fahrrad im Sommer, Schulbus im Winter“ betrachtet und bewertet. Die Energieformen Strom und Wärme werden in den Kapiteln 5.4.4 „Sanierungsmaßnahmen“ sowie 5.4.5 „Regenerative Strom- und Wärmeerzeugung“ ausführlich analysiert.

Primärenergieneutral bedeutet, dass die Primärenergiebilanz zwischen eingesparter und verbrauchter Primärenergie im Jahresmittel erfüllt ist, das heißt die Einsparung dem Verbrauch entspricht.

5.4.1 Ist-Zustand Schulzentrum Gangelt

Das ausgewählte Schulzentrum umfasst die Gemeinschaftshauptschule Gangelt (GHS) sowie die Realschule des Schulverbandes Selfkant in Gangelt (RSG), die in den nächsten Jahren zu einer Gesamtschule zusammengeführt werden. Gleichzeitig sind innerhalb der GHS noch 50 Schüler/-innen der Einrichtung Maria-Hilf untergebracht. Der Schulbetrieb der RSG als Realschule läuft im Jahr 2015 aus und die GHS nimmt ab dem Schuljahr 2015/16 den Gesamtschulbetrieb auf. (17)

Bestandsaufnahme des Schulzentrums

Der bestehende Schulkomplex umfasst insgesamt sechs Gebäude. Neben den jeweiligen Hauptgebäuden gibt es noch eine größere und eine kleinere Turnhalle sowie zwei weitere Schulgebäude auf dem Gelände. Die Hauptgebäude der Real- und Hauptschule sowie die Turnhallen sind in den Jahren 1967 bis 1975 entstanden. Das ursprüngliche Realschulgebäude ist älter und wurde zuletzt im Jahr 1960 erweitert. Das neueste Gebäude auf dem Gelände ist aus dem Jahr 1998 und gehört zur Realschule. Insgesamt wird das Schulzentrum derzeit von 929 Schüler/-innen und 66 Mitarbeiter/-innen genutzt.

Tabelle 6 Übersicht Schulzentrum

	Gebäudefläche in m ²	Baujahr	Schüler	Mitarbeiter	Saniert
Hauptschule	9142		354	34	
Hauptgebäude	6517	1967-1974			nein
Turnhalle	2625	1967-1975			nein
Realschule	5396		575	32	
Hauptgebäude	2628	1967			teilweise
Neubau	1363	1998			ja
Altbau	770	bis 1960			teilweise
Turnhalle	635	1967			nein

Die Turnhalle und das Hauptgebäude der GHS sind noch im Ursprungszustand des Baujahres 1974. Es gibt größtenteils einfach verglaste Fenster und Glasbausteine im Hauptgebäude. Glasbausteine und einfach verglaste Fenster haben eine schlechte Wärmeisolierung, das lässt sich an den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) erkennen. Diese liegen bei einfach verglasten Fenstern zwischen 4-6 W/(m² K) (18) und bei Glasbausteinen zwischen 2,9-3,2 W/(m² K) (19). Energiesparfenster mit dreifach Verglasung haben im Vergleich dazu einen U-Wert von 0,7 W/(m² K) (18). Je höher der Wärmedurchgangskoeffizient, desto schlechter die Wärmeisolierung.

Zusätzlich sind einige Fenster undicht und bilden aufgrund ihrer nicht isolierten Aluminiumrahmen Wärmebrücken aus. Die Außenwände des Hauptgebäudes haben keine Wärmeisolierung. Eine solche gibt es auch in der Turnhalle nicht. Der Großteil der Turnhallenfassade ist aus Glasbausteinen errichtet. Die Dächer beider Objekte haben keine Wärmeisolierung und sind teilweise undicht.

An der RSG ist der Bestand schon teilsaniert worden. Insgesamt sind dort schon über 450 m² (20) Fassadenfläche mit neuen Fenstern und Dämmungen, saniert worden. Trotzdem gibt es noch einen großen Bereich an Fassaden und Fenstern, die nicht dem aktuellen Standard nach EnEV 2009 entsprechen.

Am Altbau der Realschule gibt es einen Anbau mit zwei Werkräumen. Dieser Anbau hat mit einer Betonbodenplatte und Betonpfeilern mehrere Wärmebrücken. Da es weder an der Bodenplatte noch an den Pfeilern sowie den Wänden zwischen den Pfeilern eine Wärmeisolation gibt, sorgen diese Wärmebrücken für große Wärmeverluste. Die Verglasung des Anbaus besteht wie an der GHS aus einfach verglasten Fenstern. Die kleine Turnhalle an der RSG hat ebenfalls keine Wärmeisolierung an den Außenwänden und am Dach.

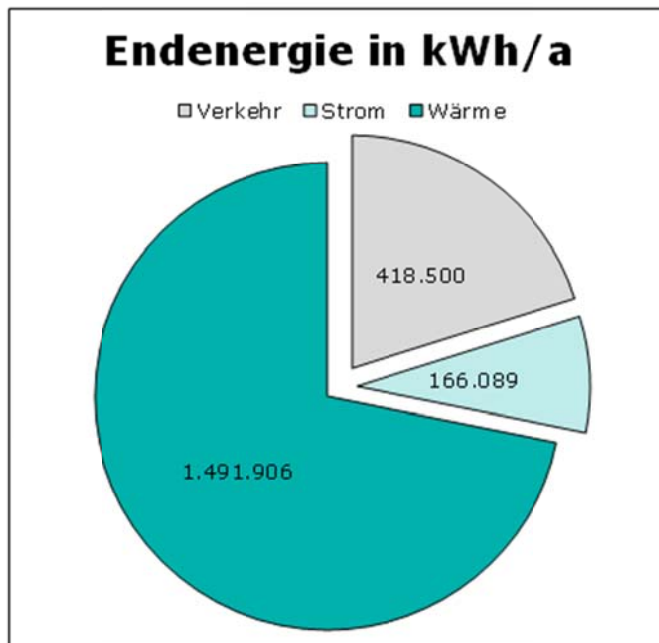


Abbildung 51 Endenergiebilanz Schulzentrum, Gesamt: 2.076.500 kWh/a

Der Endenergieverbrauch ist aus den Verbräuchen der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr zusammengesetzt und beläuft sich insgesamt auf 2.076.495 kWh/a. Daraus ergibt sich eine CO₂-Emission von 504,39 tCO₂/a. (21) In Abbildung 51 wird die Aufteilung des Endenergieverbrauchs auf die drei Sektoren verdeutlicht. Der Anteil des Wärmesektors macht hier über 70 % des Endenergieverbrauchs aus. Aus der Abbildung 52 wird ersichtlich, dass die CO₂-Emission des Stromsektors, mit 19 % der CO₂-Bilanz, einen wesentlich höheren Anteil hat als der Endenergieverbrauch des Stromsektors, der nur 8 % der Endenergiebilanz ausmacht.

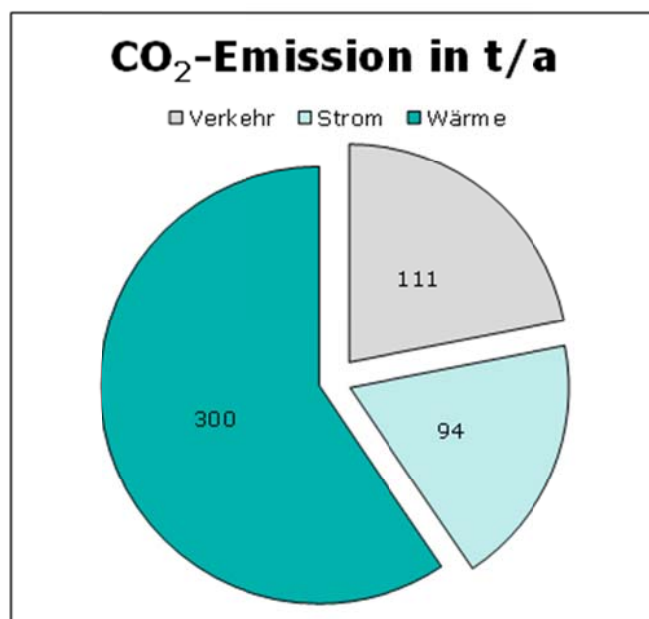


Abbildung 52 CO₂-Emissionen Schulzentrum, Gesamt: 505 t/a

Die Primärenergiebilanz für das Schulzentrum lässt sich aus dem Endenergieverbrauch multipliziert mit den Primärenergiefaktoren für Wärme aus Gasheizung (1,34 (22)), Benzin

(1,19 (23)) und Netzstrom (2,6 (24)) bilden. Insgesamt hat das Schulzentrum einen Primärenergieverbrauch von 2.929.000 kWh/a. Aus dem Diagramm in Abbildung 53 wird deutlich, dass der Anteil der bereitgestellten Wärme auch im Primärenergiebedarf am größten ist. Der Sektor Verkehr bildet, ähnlich wie in den aufgezeigten Bilanzen zuvor, einen Anteil von 17 % der Primärenergiebilanz für das Schulzentrum.

Aus allen Abbildungen geht hervor, dass die Bilanzen nur aus Verbräuchen bestehen. Dies liegt daran, dass auf dem Gelände der Schule keine Energie regenerativ erzeugt wird und alle benötigten Energien importiert werden. Die auf dem Neubau der Realschule befindliche Photovoltaik-Anlage ist nicht in die Bilanz eingerechnet, da sie nicht von der Schule sondern von einer externen Firma betrieben wird. Zur energieneutralen Gestaltung des Schulzentrums sind neben einer regenerativen Energieerzeugung deutliche Einsparungen aller Energieformen und besonders im Wärmesektor notwendig. Hierauf wird im Folgenden eingegangen.

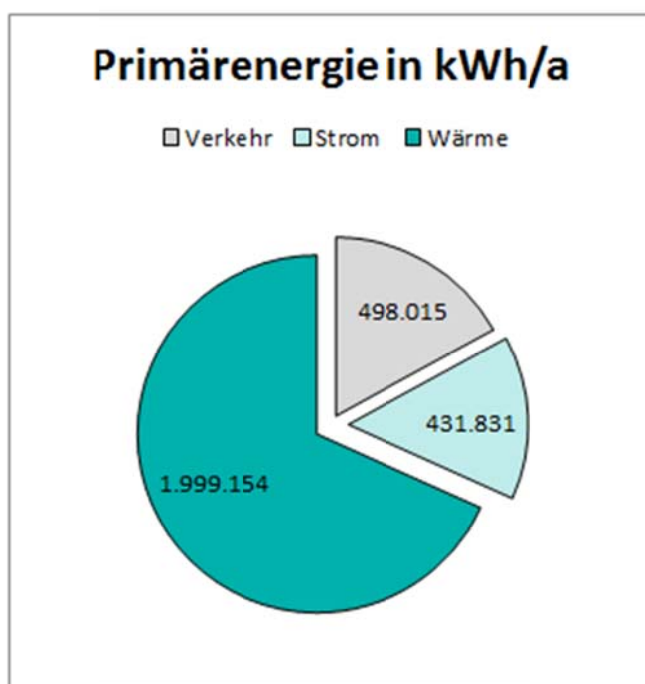


Abbildung 53 Primärenergiebilanz Schulzentrum, Gesamt: 2.929.000 kWh/a

5.4.2 Aktionstage, Projektwochen und Wettbewerbe

Ziel dieser Maßnahme ist es, die Schule als Plattform zu nutzen, um auf das Thema Energie aufmerksam zu machen. Damit ein Austausch zwischen Schüler/-innen und der Bevölkerung stattfinden kann, ist es notwendig, dass die Schüler/-innen mehr über das Thema Energie erfahren. Eine Ausrichtung von Aktionstagen, Projektwochen und Wettbewerben mit dem Themenschwerpunkt Energie bietet sich dafür an.

Dabei wird das Mittel der Öffentlichkeitsarbeit genutzt. Öffentlichkeitsarbeit bedeutet in diesem Fall, erlerntes Wissen mit einem breiten Teil der Bevölkerung auszutauschen und durch Anwendung des Wissens die gesteckten Ziele zu erreichen. Das Schulzentrum stellt eine gute Basis für Öffentlichkeitsarbeit dar, da es täglich von ca. 1000 Menschen aktiv genutzt wird. Das entspricht über 8,5 % der kommunalen Bevölkerung der Gemeinde Gangelt. Da die Eltern der Schüler/-innen auch im regen Kontakt über die Schüler/-innen zur

Schule stehen, lässt sich dieser Wert schätzungsweise auf 20 % der Bevölkerung steigern. Durch gezielte Aktionen innerhalb des Schulzentrums lässt sich somit ein breiter Teil der Öffentlichkeit ansprechen und bei Umsetzung kann Energie eingespart werden. Der frühzeitige Kontakt der Schüler/-innen mit dem Thema Energie ist ein positiver Nebeneffekt dieser Maßnahme.

5.4.2.1 Minderungspotential

Zielvorgabe dieser Maßnahme sollte sein, bis zum Jahr 2020 jedes Jahr innerhalb des Schulzentrums 1 % des Energieverbrauchs vom Vorjahr einzusparen. Dieses Ziel lässt sich durch eine Sensibilisierung der Schüler/-innen und Mitarbeiter/-innen für das Thema Energie erreichen. Zum Beispiel durch Anweisungen für richtiges Heizen und Lüften.

Falls bei sofortiger Umsetzung der Zielvorgabe jährlich 1 % des Energieverbrauchs eingespart werden kann, ist mit einer Einsparung von 7,7 % bis 2020 zu rechnen. Zielvorgabe und Minderungspotential haben jedoch nicht zwangsläufig den gleichen Wert. Da der Nutzer einen hohen Einfluss auf den Energiebedarf hat, wird die Schulung der Nutzer durch die Aktionswochen vermutlich zu höheren Einsparungen als die Zielvorgabe führen. Hier sind aus Erfahrungswerten bis zu 15 % denkbar.

Da diese Maßnahme jedoch nicht nur auf das Schulzentrum beschränkt ist, lassen sich auch innerhalb der Kommune Gangelt Energie und somit Kosten und CO₂ einsparen. Durch Austausch und Anwendung des erlernten Wissens lassen sich zum Beispiel in den Haushalten der Schüler/-innen sowohl Strom- als auch Heizkosten sparen. Der Spareffekt tritt in Kraft, wenn die Schüler/-innen zu Hause ihr erlerntes Wissen weitergeben und andere dazu anregen, Energie einzusparen. Die Einsparungen die dadurch entstehen sind schwer bis gar nicht abschätzbar.

5.4.2.2 Erwartete Gesamtkosten

Die Kosten für diese Maßnahme sollten nicht höher sein als der Anteil der Energiekosten die durch diese Maßnahme prognostiziert eingespart werden. Die Energiekosten werden in den Kapiteln 5.4.4 „Sanierungsmaßnahmen“ und 5.4.5 „Regenerative Strom- und Wärmeerzeugung“ betrachtet. Insgesamt belaufen sich die Energiekosten des Schulzentrums auf ca. 125.000 €/a. Damit sollte der Kostenrahmen für diese Maßnahme 1.250 €/a nicht übersteigen.

5.4.2.3 Handlungsschritte

Als erster Handlungsschritt, um über das Schulzentrum Öffentlichkeitsarbeit zu verrichten, könnten Aktionstagen mit dem Schwerpunkt Energie veranstaltet werden. Die intensive Auseinandersetzung mit dem Thema Energie innerhalb einer Projektwoche und die Ausschreibung von Wettbewerben innerhalb der Schule, zum Beispiel zum Sparen von Strom, sind weitere Handlungsschritte. Diese fördern das gemeinsame Handeln und können die Teilnehmer/-innen zur Reduktion des Energieverbrauchs animieren. Die Abbildung 54 zeigt die Verbindungen zwischen Schüler/-innen, Mitarbeiter/-innen und der Öffentlichkeit. Der Austausch von Wissen ist ein wichtiger Aspekt um eine Reduktion des Energieverbrauchs zu erzielen. Durch Einbeziehen der Öffentlichkeit in Aktionstage und in die Projektwoche können Ideen gesammelt werden. Durch erfolgreiche Umsetzung von

Themen innerhalb der Projektwoche und Wettbewerben wird nicht nur innerhalb des Schulzentrums Energie eingespart sondern auch innerhalb der Kommune.

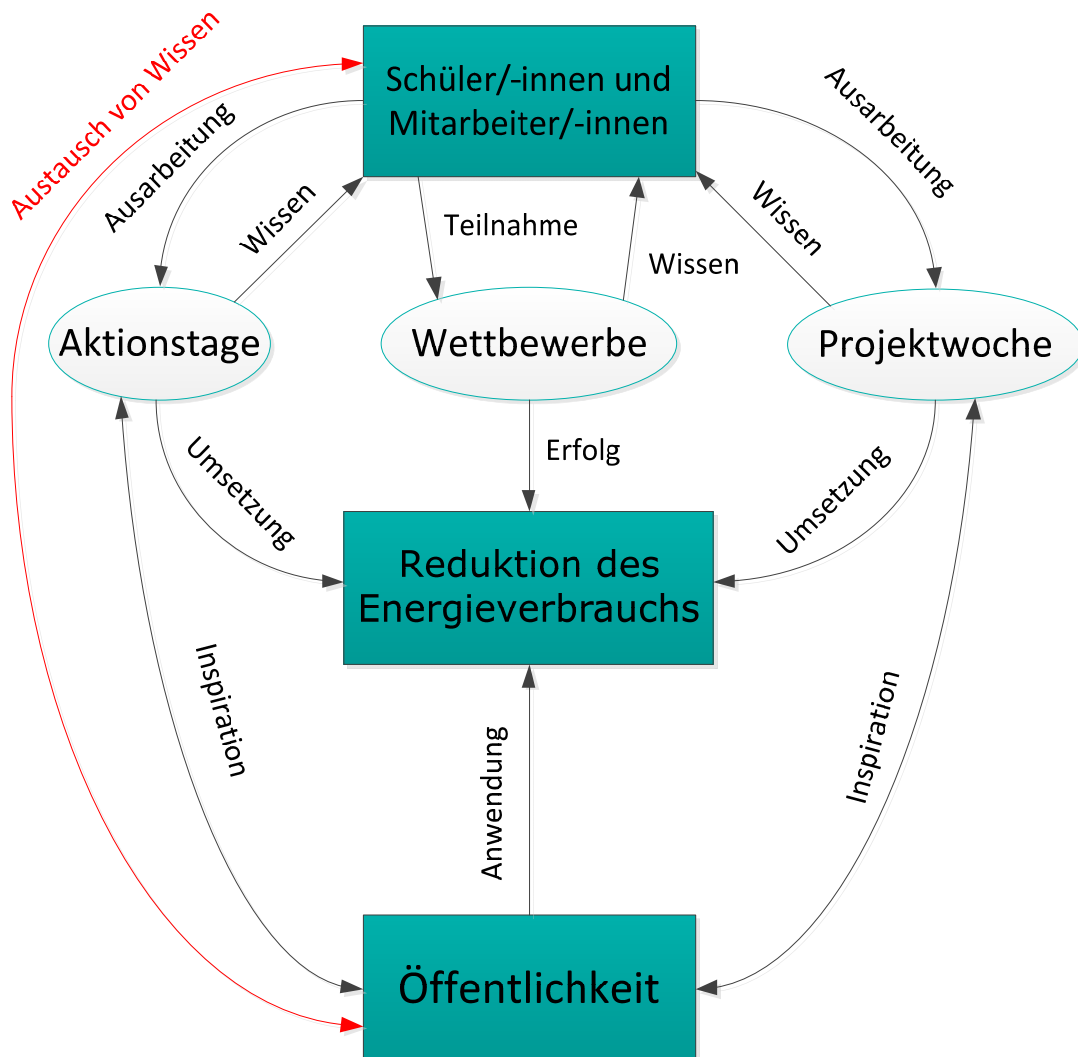


Abbildung 54 Handlungsschritte Öffentlichkeitsarbeit

5.4.3 Fahrrad im Sommer, Schulbus im Winter

Diese Maßnahme befasst sich mit der Verkehrssituation am Schulzentrum. Hierbei wird eine Initiative vorgestellt, die die Nutzung des Fahrrades als Verkehrsmittel anstelle des Autos vorschlägt. Grund dieser vorgeschlagenen Initiative ist die Tatsache, dass eine Reihe von Schülern/-innen an jedem Tag von ihren Eltern mit dem Auto zur Schule gebracht wird. Dadurch entsteht ein überflüssiger Energieverbrauch, der durch die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln oder dem Fahrrad vermieden werden kann.

5.4.3.1 Aktuelle Verkehrssituation (Stand 2010)

Für die Erstellung der Verkehrsbilanz wird zuerst eine Bilanzgrenze gezogen. Diese Bilanzgrenze beinhaltet alle Kraftstoffverbräuche der Schüler/-innen und Mitarbeiter/-innen der beiden Schulen. Der Kraftstoffverbrauch der Busse, die täglich von den Schülern/-innen

genutzt werden, fällt nicht in die Bilanzgrenze, da diese gleichzeitig als Linienbusse genutzt werden. Bei der Kalkulation der erwarteten Gesamtkosten für den Verkehrssektor werden nur die Kosten betrachtet, die der Schulträger übernimmt. In diesem Fall entstehen durch den Verkehrssektor keine Kosten, da Mitarbeiter/-innen und Schüler/-innen, beziehungsweise deren Eltern, für die entstehenden Kraftstoffkosten aufkommen.

Die Verkehrssituation an den beiden Schulen, beruht auf Annahmen, die über das Verhalten der Schüler/-innen und Mitarbeiter/-innen getroffen wird. Es wird hierbei angenommen, dass 95 % der Mitarbeiter/-innen und 15 % der Schüler/-innen jeden Tag aus einer Entfernung von 4 km mit einem Auto zur Schule gelangen. Schüler/-innen werden bei dieser Betrachtung jeweils einzeln gebracht und abgeholt. Bei den Mitarbeitern/-innen wird die Entfernung auf 6 km erweitert. Die anderen Schüler/-innen und Mitarbeiter/-innen kommen mit öffentlichen Verkehrsmittel oder dem Fahrrad zur Schule. Die entstehenden CO₂-Emissionen, werden mit dem Faktor für Benzin berechnet. Dieser liegt bei 264,2 gCO₂/kWh (25). Der Durchschnittsverbrauch wird mit 8 l/100 km angenommen. Dies begründet sich damit, dass hier kurze Strecken zurückgelegt werden. Für Benzin gilt, dass die Verbrennung von einem Liter Benzin, dem Verbrauch von 9,3 kWh Endenergie (25) entspricht. Die Anzahl der Schultage im Jahr beträgt in Nordrhein-Westfalen im Schnitt 188 Tage.

Verkehrsbilanz an der Hauptschule GHS

Die Hauptschule wird derzeit von 304 Schüler/-innen besucht, sowie im Schnitt von 50 weiteren Schüler/-innen, die die Räume der Maria-Hilf nutzen. Des Weiteren gibt es an der Schule insgesamt 34 Mitarbeiter/-innen. Dadurch ergeben sich für die Berechnung der Verkehrsbilanz folgende Parameter:

Schüler/-innen, die täglich zur Schule gebracht werden	53
Kilometer, die täglich je Schüler/-in zurückgelegt werden	16 km
gefahrte Kilometer pro Schuljahr aller Schüler/-innen	159.424 km
Mitarbeiter/-innen, die täglich zur Schule fahren	33
Kilometer, die täglich je Mitarbeiter/-in zurückgelegt werden	12 km
gefahrte Kilometer pro Schuljahr aller Mitarbeiter/-innen	74.448 km
Gesamtzahl der gefahrenen Kilometer pro Schuljahr	233.872 km
benötigte Menge an Benzin je Schuljahr	18.710 l
Endenergieverbrauch je Schuljahr	174.000 kWh/a
CO ₂ -Emission je Schuljahr	45,97 tCO ₂ /a

Verkehrsbilanz an der Realschule RSG

Die Anzahl der Schüler/-innen, die derzeit die Realschule besuchen beträgt 575. Dazu sind hier 32 Mitarbeiter/-innen angestellt. Dadurch ergeben sich folgende Parameter:

Schüler/-innen, die täglich zur Schule gebracht werden	86
--	----

Kilometer, die täglich je Schüler/-in zurückgelegt werden	16 km
gefahrte, Kilometer pro Schuljahr aller Schüler/-innen	258.688 km
Mitarbeiter/-innen, die täglich zur Schule fahren	31
Kilometer, die täglich je Mitarbeiter/-in zurückgelegt werden	12 km
gefahrte Kilometer pro Schuljahr aller Mitarbeiter/-innen	69.936 km
Gesamtzahl der gefahrenen Kilometer pro Schuljahr	328.624
benötigte Menge an Benzin je Schuljahr	26.290 l
Endenergieverbrauch je Schuljahr	244.500 kWh/a
CO ₂ -Emission je Schuljahr	64,59 tCO ₂ /a

Verkehrsgesamtbilanz

Die resultierende Verkehrsbilanz für das Schulzentrum weist eine CO₂-Emission von 110,56 tCO₂/a bei einem Endenergieverbrauch von 418.500 kWh/a aus. Der Primärenergieverbrauch beträgt damit 498.015 kWh/a.

5.4.3.2 Minderungspotential

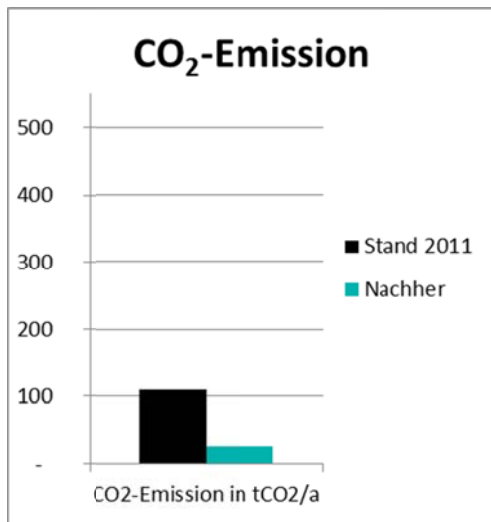
Für das Minderungspotential werden folgende Annahmen gemacht: 100 % der Schüler/-innen nutzen entweder das Fahrrad oder die Busse als Verkehrsmittel. Zusätzlich werden bei den gefahrenen Kilometern von den Mitarbeitern/-innen Einsparungen in Höhe von 10 % erwartet. Diese Erwartung stützt sich auf die Annahme, dass weitere Mitarbeiter mit öffentlichen Verkehrsmittel oder einem Fahrrad zum Schulgebäude pendeln.

Energiekostenminderungspotential

Die Anzahl der Schüler/-innen, die vom privaten Auto auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen, übersteigt nicht die Auslastungsgrenze der öffentlichen Verkehrsmittel. Die eingesetzten Busse bieten genügend Kapazität. Aus diesem Grund fallen für den Schulträger keine zusätzlichen Energiekosten im Verkehrssektor an. Deshalb besteht für den Schulträger an dieser Stelle kein Potential zu Kosteneinsparung.

CO₂-Emissionsminderungspotential

Durch die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel sowie vom Fahrrad lassen sich im Verkehrssektor insgesamt bis zu 84,98 tCO₂/a einsparen. Dies entspricht einer Einsparung von 76,86 %. Diese Einsparung setzt sich aus folgenden Werten zusammen: Durch den Entfall der Emissionen, die durch die Schüler/-innen verursacht werden, werden an der Hauptschule 31,3 tCO₂/a und an der Realschule 50,85 tCO₂/a eingespart. Zusätzlich werden bei der Emission durch die Mitarbeiter/-innen 1,46 tCO₂/a an der Hauptschule und 1,37 tCO₂/a an der Realschule vermieden. Damit bleibt für den Verkehrssektor eine CO₂-Emission von 25,58 tCO₂/a. Die Abbildung 55 zeigt die Reduktion der CO₂-Emissionen für den Verkehrssektor.

Abbildung 55 CO₂-Emissionen Verkehr

Primärenergieminderungspotential

Die Reduktion der CO₂-Emissionen und des Endenergieverbrauchs sind prozentual identisch. Durch eine Einsparung von insgesamt 321.750 kWh/a Endenergie lassen sich, berechnet mit einem Primärenergiefaktor für Benzin, im Verkehrssektor 382.882 kWh/a Primärenergie einsparen. Die Abbildung 56 verdeutlicht die Reduktion vom Primärenergieverbrauch im Verkehrssektor.

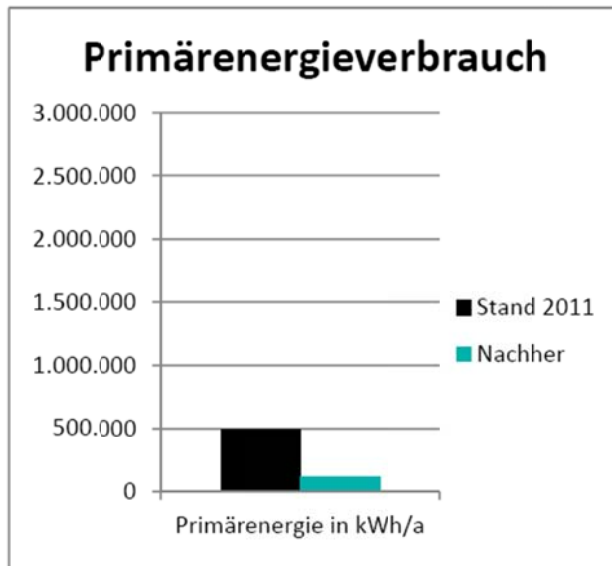


Abbildung 56 Primärenergieverbrauch Verkehr

5.4.3.3 Zwischenfazit und Handlungsschritte

Das auf diese Weise bestimmte Minderungspotential im Verkehrssektor des Schulzentrums ist mit 76,86 % sehr groß. Nach der Reduktion bleiben aus dem Verkehrssektor noch ein Primärenergieverbrauch von 115.133 kWh/a und eine CO₂-Emission von 25,58 tCO₂/a bestehen. Dieser Verbrauch muss - bei einer energieneutralen Gestaltung des Schulzentrums - über die anderen beiden Energiesektoren ausgeglichen werden. Dies ist

zum Beispiel durch die regenerative Mehrproduktion von Strom möglich. Regenerative Mehrproduktion von Strom bedeutet, dass nicht nur die Menge an Strom die das Schulzentrum benötigt, regenerative erzeugt wird, sondern auch ein zusätzlicher Teil, der den Energieverbrauch des Verkehrssektors in der Gesamtbilanz ausgleicht.

Die Vernachlässigung der Busse innerhalb der Bilanzgrenzen, kann durch Erstellung einer exakten Verkehrsbilanz korrigiert werden. Eine exakte Verkehrsbilanz umfasst die genaue Bestimmung der Anzahl der Schüler/-innen und Mitarbeit/-innen, die täglich mit dem Auto zur Schule kommen. Des Weiteren sollte die Bilanz die Nutzung der Busse inklusive aller Verbrauchsdaten beinhalten. Auch die Unterscheidung zwischen Diesel und Benzinfahrzeugen sollte ein Bestandteil der exakten Verkehrsbilanz sein. Dies könnte zum Beispiel durch eine Schülerinitiative im Rahmen einer Projektwoche erarbeitet werden. Bei einer solchen Ausarbeitung fallen Daten an, die zu einer Neubestimmung der Bilanz im Verkehrssektor führen. Im Rahmen einer Schülerinitiative könnte auch die Anschaffung von klimafreundlichen öffentlichen Verkehrsmitteln angeregt werden. Solche sind zum Beispiel Elektrobusse oder Hybridbussysteme, die deutlich weniger Energie verbrauchen. Weitere Handlungsschritte sind die Einrichtung einer Fahrradklasse, die Anschaffung von Dienstfahrrädern für die Mitarbeiter/-innen sowie die abschließende Präsentation der erreichten Ergebnisse innerhalb der Schule. Mit einer Fahrradklasse ist die Bereitschaft der Schüler/-innen einer Klasse gemeint, in den Monaten April bis September mit dem Fahrrad zur Schule zu fahren und nur in den anderen Monaten die Busse zu nutzen. Die Klasse sollte in diesem Zusammenhang Buch darüber führen, wie viele Kilometer gefahren werden und welche Einsparungen an öffentlichen Verkehrsmitteln dadurch möglich wären. Die Handlungsschritte sind in der Abbildung 57 graphisch dargestellt.

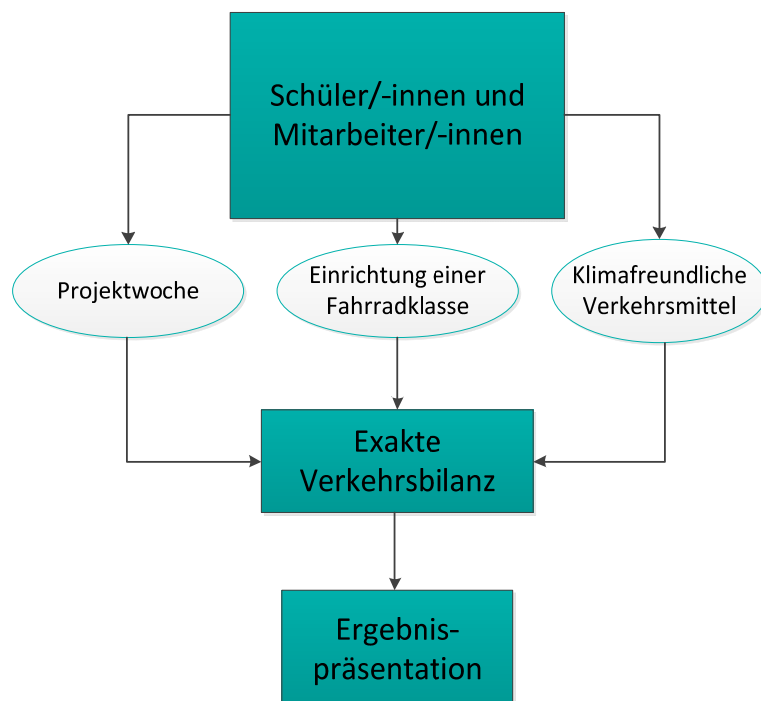


Abbildung 57 Handlungsschritte Verkehrssektor

5.4.3.4 Bewertung

Die Maßnahmen „Aktionstage, Projektwochen und Wettbewerbe“ sowie „Fahrrad im Sommer; Schulbus im Winter“ bieten großes Energie- und CO₂-Einsparpotential. Die

entstehenden Kosten bzw. die Wirtschaftlichkeit wird als empfehlenswert eingestuft. Gleiches gilt für die regionale Wertschöpfung. Die Abbildung 58 zeigt die Bewertung der Maßnahmen.

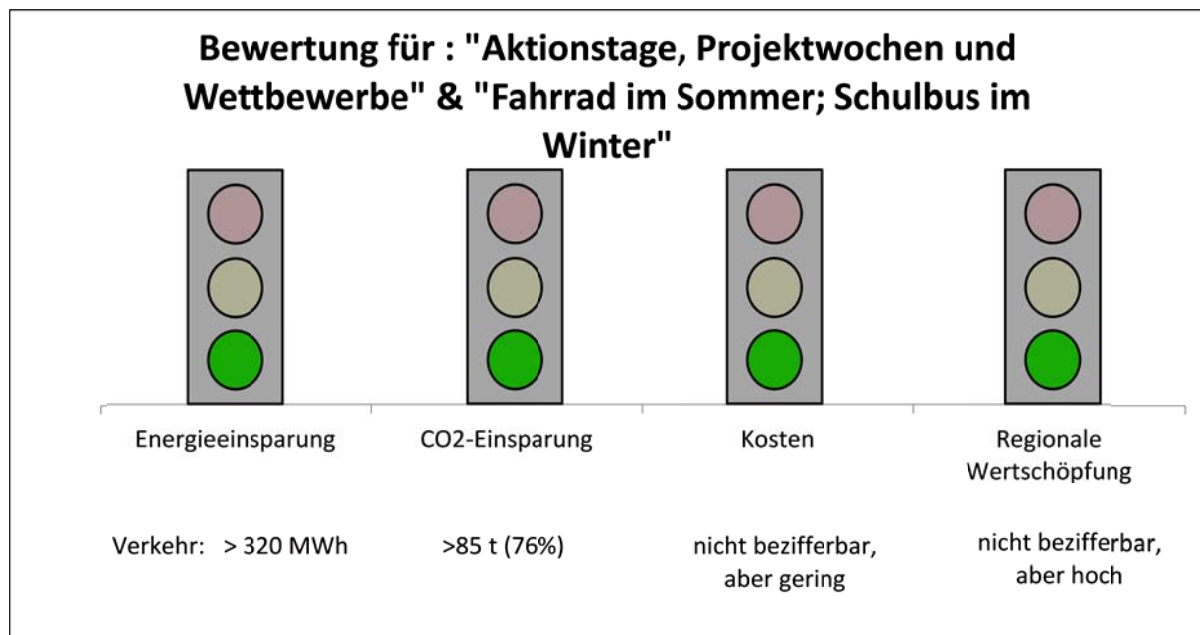


Abbildung 58 Bewertungsampel Öffentlichkeitsarbeit Schule

5.4.4 Sanierungsmaßnahmen

Es wird anhand von möglichen Sanierungsmaßnahmen das Einsparpotential bezüglich der Sektoren Strom und Wärme aufgezeigt.

5.4.4.1 Stand der Technik

In diesem Absatz wird ein kurzer Einblick in die aktuelle Bauweise nach EnEV 2009 und EEWärmeG 2011 sowie die Variante Passivhaus-Schule gegeben.

Aktuelle Bauweise nach EnEV 2009 und EEWärmeG 2011

Bei Neu- und Anbauten von Schulgebäuden sind sowohl die Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) als auch die des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG 2011) einzuhalten. Dazu gibt es in der EnEV eine Anlage für Anforderungen an Nichtwohngebäude. In dieser Anlage sind die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten für lichtundurchlässige und transparente Außenbauteile angegeben. Diese liegen für Lichtundurchlässige Außenbauteile für Schulen bei $0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ und bei lichtdurchlässigen Außenbauteilen bei $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ (26). Aus dem EEWärmeG geht hervor, dass ein öffentliches Gebäude eine Vorbildfunktion einzunehmen hat und bei einer grundlegenden Renovierung 15 % des Wärme- und Kälteenergiebedarfs der Gebäude durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss. Bei der Nutzung von gasförmiger Biomasse steigt diese notwendige Deckung auf 25 %. (27) Des Weiteren wird bei Schulgebäuden besonderer Wert auf eine gute natürliche Beleuchtung, eine gute Schallisolierung, eine effiziente Belüftung und ein großzügiges barrierefreies Platzangebot

gelegt. Eine gute Möglichkeit, diese Anforderungen zu erreichen, ist entweder ein Passivhaus-Neubau oder die Sanierung auf Passivhaus-Standard.

Passivhaus-Schule

Heutzutage ist es möglich Bildungsgebäude im Passivhaus-Standard zu errichten. Es ist ebenso möglich Altbauten so zu sanieren, dass sie Passivhaus-Niveau erreichen. Bei einer Sanierung mit Passivhaus-Standard sind effektivere Dämmstrukturen zu wählen und die Fenster mit einer Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung einzubauen (28). Wichtigstes Element einer Passivhaus-Schule ist eine effiziente Belüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Diese sorgt für ein angenehmes Raumklima und reduziert Wärmeverluste durch fehlerhaftes Lüftungsverhalten. Der Passivhaus-Standard umfasst die in der Abbildung 59 verdeutlichten 5 Grundprinzipien. Diese garantieren eine Reduzierung des Heizenergiebedarfs eines Gebäudes.

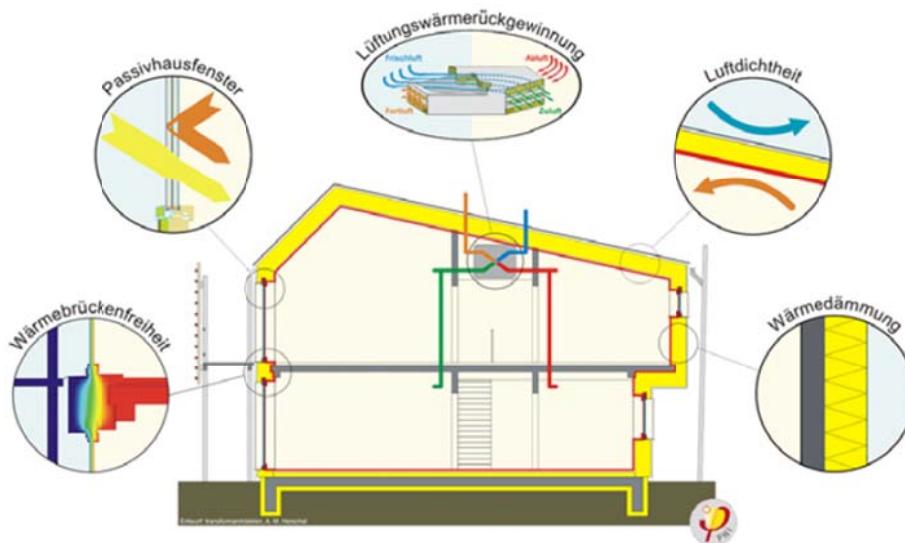


Abbildung 59 Die 5 Passivhaus-Grundprinzipien (29)

5.4.4.2 Strom- und Heizenergieverbrauch im Vergleich mit VDI-Richtlinie 3807

Um eine aussagekräftige Abschätzung für die Verbräuche machen zu können, wird der aktuelle Verbrauch von Strom- und Heizenergie des Schulzentrums mit der VDI-Richtlinie 3807 verglichen. Die Richtlinie VDI 3807 bildet die Grundlage für die Bildung und Interpretation von Kennwerten zum Wasser- und Energieverbrauch von Gebäuden. (30) Die unterschiedlichen Richtwerte für GHS und RSG entstehen dadurch, dass die Turnhallen mit in die Berechnung der Verbrauchswerte einbezogen werden. Der Flächenanteil der Turnhalle an der GHS ist etwas größer als an der RSG.

Heizenergieverbrauch

Die Hauptschule verbraucht aktuell, bezogen auf ihre Grundfläche von 9.142 m² (davon 2.625 m² in der Turnhalle), 110 kWh_{th}/(m² a). Dies ist im Vergleich zum Richtwert nach VDI (57,8 kWh_{th}/(m² a) für die Kombination aus Gebäudefläche und Turnhalle der Hauptschule)

ein zusätzlicher Verbrauch von 90,3 %. Die Realschule erreicht aktuell einen Verbrauch von 90,9 kWh_{th}/(m² a). Dies ist zwar deutlich effizienter als in der Hauptschule, jedoch immer noch ein Mehrverbrauch von 61,7 % bezogen auf den Richtwert nach VDI (56,2 kWh_{th}/(m² a) für die Kombination der Gebäudeflächen und der Turnhalle der Realschule). Die Grundfläche der Realschule beläuft sich auf 5.396 m² (davon 635 m² in der Turnhalle). Anhand der Abbildung 60 wird deutlich, dass GHS und RSG unterhalb des durchschnittlichen Heizenergieverbrauchs in Schulgebäuden von 133,7 kWh_{th}/(m² a) liegen. Beide Schulen weisen jedoch einen deutlichen Mehrverbrauch zum VDI-Richtwert auf. Der Abstand zum VDI-Richtwert macht deutlich, dass der Heizenergiebedarf zur Einhaltung der EnEV 2009 gesenkt werden muss und somit beide Schulen sanierungsbedürftig sind.

Effektive Maßnahmen sind eine Dämmung der Fassaden und ein Austausch der schlecht isolierten Fenster.

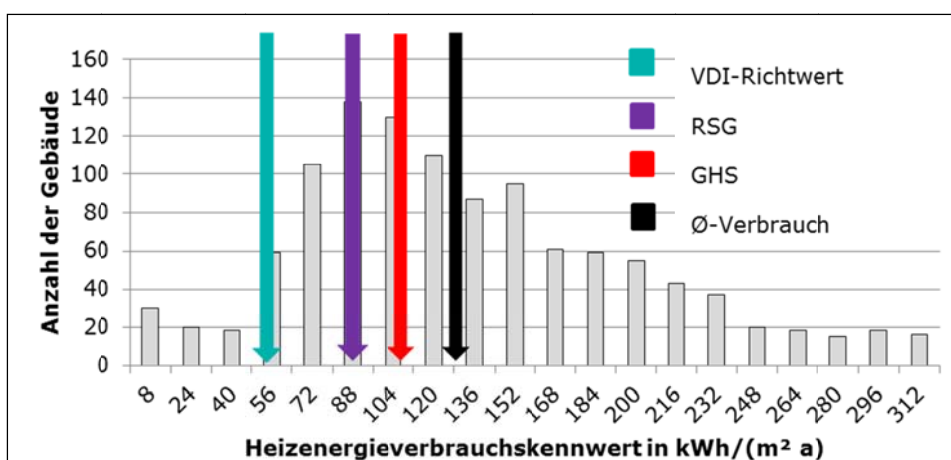


Abbildung 60 Heizenergieverbrauch in Schulen nach VDI 3807

Stromverbrauch

Beim Stromverbrauch zeichnet sich für die GHS ein Mehrverbrauch von 136,5 % im Vergleich zum VDI Richtwert ab. Der Verbrauch liegt aktuell bei 12,3 kWh_{el}/(m² a). Der Richtwert liegt bei 5,2 kWh_{el}/(m² a). Der Stromverbrauch der RSG liegt mit 9,9 kWh_{el}/(m² a) ebenfalls unterhalb des spezifischen Verbrauchs der GHS, jedoch immer noch über dem Richtwert nach VDI (4,5 kWh_{el}/(m² a)). Der Mehrverbrauch ist mit 120 % deutlich zu hoch. Die Abbildung 61 veranschaulicht, dass die GHS im Vergleich zu anderen Schulen (11,6 kWh/(m² a)) einen höheren Stromverbrauch aufweist. Der Stromverbrauch der RSG ist geringer als der Durchschnittsstromverbrauch in Schulgebäuden. Der Abstand zum Richtwert nach VDI 3807 fällt für beide Schulen gravierender aus als beim Heizenergieverbrauch. Somit besteht auch beim Stromverbrauch ein Sanierungsbedarf der Objekte.

Effektive Maßnahmen sind der Einsatz von energiesparenden Lichtquellen und der Austausch der Heizungspumpen bzw. die Optimierung der Heizungspumpensteuerung.

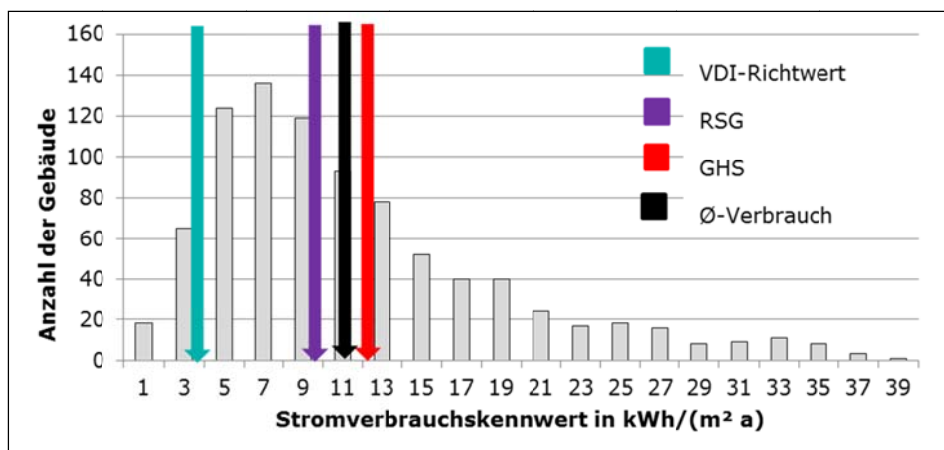


Abbildung 61 Stromverbrauch in Schule nach VDI 3807

Einsparziele

Um das Ziel einer energieneutralen Schule zu erreichen ist es sinnvoll, die benötigte Energie dem Richtwert nach VDI 3807 anzugleichen und wenn möglich unterhalb dieses Richtwertes zu bleiben. In Anlehnung an das Energiekonzept der Bundesregierung wird ein Wert angepeilt, der den Richtwert nach VDI unterschreitet. Ziel ist, mit 80 % des Richtwertes auszukommen.

Der Zielwert beträgt beim Stromverbrauch damit für die Hauptschule auf 4,16 kWh_{el}/(m² a) und für die Realschule auf 3,6 kWh_{el}/(m² a). Der Wert für den Heizenergiebedarf liegt damit bei der Hauptschule mit 46,24 kWh_{th}/(m² a) etwas höher als der der Realschule mit 44,96 kWh_{th}/(m² a). Da der Schulkomplex in Zukunft nicht mehr separiert wird, müssen die Werte für die gesamten Gebäude berechnet werden. Damit ergibt sich für das Schulzentrum für den Heizenergieverbrauch ein Zielwert von 45,76 kWh_{th}/(m² a) und für den Stromverbrauch von 3,95 kWh_{el}/(m² a).

Einsparpotentiale durch Einhaltung des Richtwertes nach VDI 3807

Werden durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen die gesetzten Werte eingehalten, so ergeben sich folgende Einsparungen: Der Stromverbrauch reduziert sich von 166.089 kWh_{el}/a um 65,4 % auf 57.457 kWh_{el}/a. Dadurch ergeben sich eine Gesamteinsparung beim Strom von 108.632 kWh_{el}/a sowie eine Minderung der Treibhausgasemission von 61,44 tCO₂/a. Wird auch beim Heizenergieverbrauch der gesetzte Zielwert eingehalten, so reduziert sich der Heizenergieverbrauch von ursprünglich 1.491.906 kWh_{th}/a um 55,4 % auf 665.330 kWh_{th}/a. Insgesamt werden beim Heizenergieverbrauch 826.576 kWh_{th}/a eingespart, was einer Minderung von 166,14 tCO₂/a entspricht. Das Einsparpotential lässt sich auch in den Abbildung 62 und Abbildung 63 für die erwarteten Verbräuche erkennen. Die Ersparnis von Energiekosten wird später gesondert betrachtet.

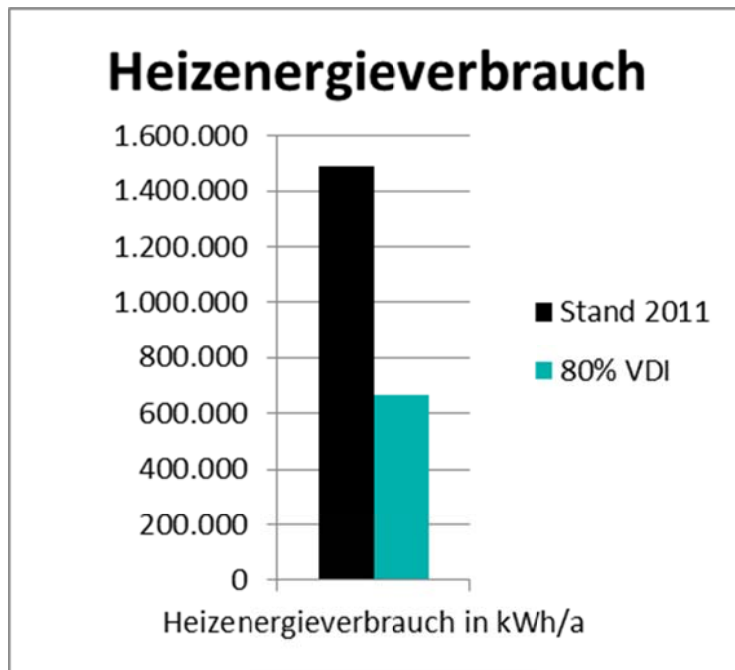


Abbildung 62 Erwarteter Heizenergieverbrauch nach Sanierung

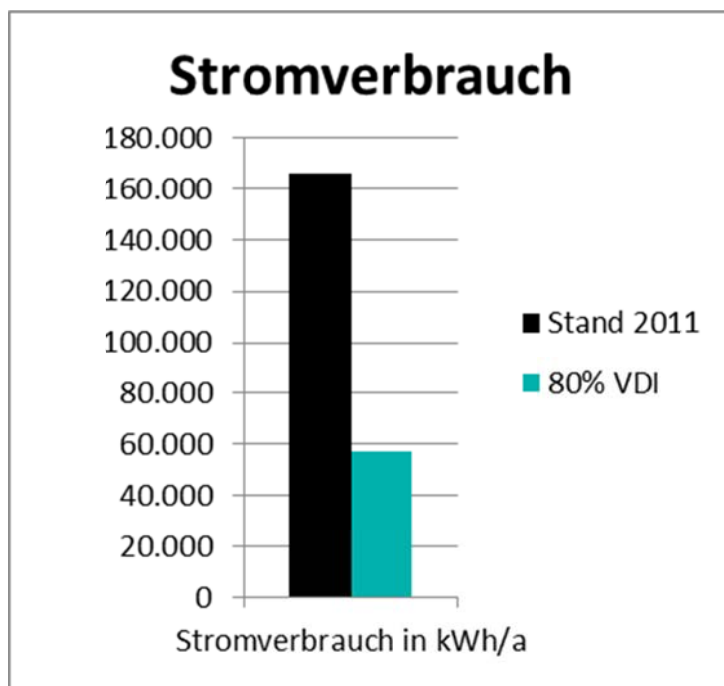


Abbildung 63 Erwarteter Stromverbrauch nach Sanierung

CO₂-Emissionen des Gebäudekomplexes nach einer Sanierung

Bei gleichbleibender Energieversorgung werden über die Gasheizungen noch 133,73 tCO₂/a emittiert. Durch den aus dem öffentlichen Netz genutzten Strom werden noch 32,5 tCO₂/a emittiert. Insgesamt reduziert sich die Treibhausgasemission um 57,8 %, was auch die nebenstehende Abbildung 64 verdeutlicht. Der verbleibende Strombedarf sollte nach Möglichkeit regenerativ gedeckt werden, damit der Stromsektor des Schulzentrums energieneutral wird. Weiterhin kann durch eine überschüssige Stromproduktion Strom

exportiert werden. Somit erzielt der Stromsektor eine Gutschrift, welche die Verbräuche der Sektoren Verkehr und Wärme energetisch neutralisieren kann.

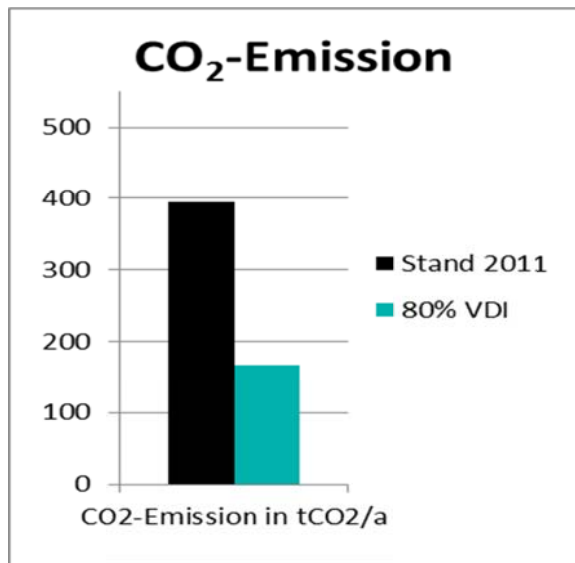


Abbildung 64 Erwartete CO₂-Emission nach Sanierung

Energiekostenminderungspotential

Aus der Jahresabrechnung für Gas aus dem Jahr 2011, für GHS und RSG, lässt sich der Gaspreis je kWh_{th} bestimmen. Dieser liegt für das Schulzentrum bei 6,3 ct/kWh_{th}. Mit diesem Preis lassen sich die bisherigen Energiekosten für Gas von 93.990 €/a auf 41.915 €/a reduzieren. Zusätzlich ergibt sich für den reduzierten Stromverbrauch eine Ersparnis von 21.509 €/a. Berechnet mit dem Strompreis von 19,8 ct/kWh_{el}, der sich ebenfalls aus der Jahresabrechnung 2011 für Strom ermitteln lässt. Insgesamt würden sich durch Sanierungsmaßnahmen, die zu den erwarteten Zielverbräuchen führen, am Schulzentrum über 73.500 €/a an Energiekosten einsparen lassen. Das entspricht einer Ersparnis von 58 %. Dies zeigt auch die Abbildung 65.

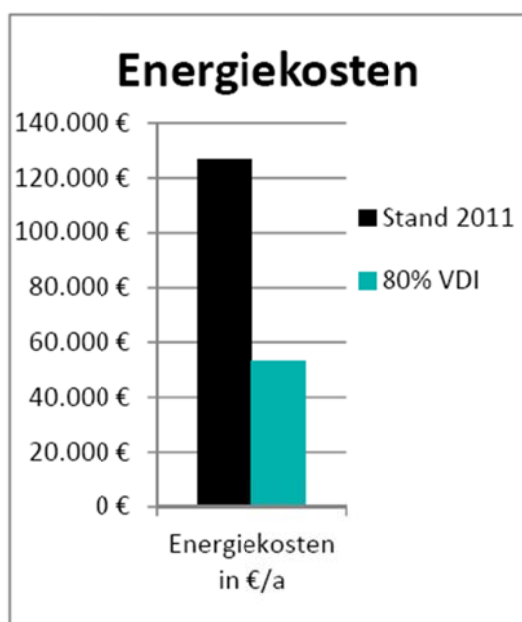
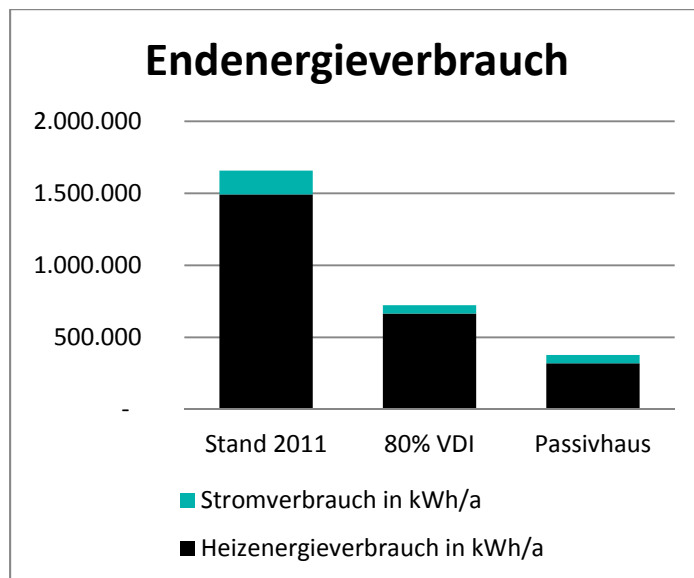
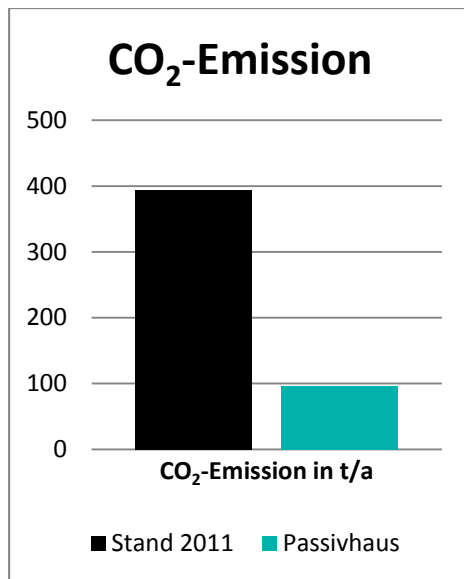


Abbildung 65 Erwartete Energiekosten nach Sanierung

Ausblick: Passivhaus-Schule

Durch eine Sanierung auf Passivhaus-Standard sind weitere Einsparungen im Bereich Heizenergie möglich. Der zu erwartende Heizenergiewert für Passivhaus Schulen liegt zwischen 9 bis 22 kWh/(m² a) (28). Eine Sanierung auf Passivhaus-Standard bedeutet für die Energiekosten eine weitere Reduzierung gegenüber einer Standard-Sanierung. Um die Mengen abzuschätzen, werden folgende Annahmen getroffen: Der Heizenergieverbrauch reduziert sich ausgehend von der ersten Sanierungsannahme auf 22 kWh_{th}/(m² a). Der Strombedarf wird im Vergleich zu der ersten Sanierungsmaßnahme nicht weiter reduziert. Hierbei wird angenommen, dass mögliche Einsparungen durch die notwendige Installation einer Belüftungsanlage wieder ausgeglichen werden. Insgesamt reduzieren sich bei Sanierungsmaßnahmen auf Passivhaus-Standard die benötigten Endenergiemengen von ursprünglich 1.657.995 kWh/a, über 722.787 kWh/a (erwarteter Zustand nach Sanierung) auf 377.293 kWh/a. Dies entspricht einer Gesamteinsparung von 77,24 % der benötigten Endenergiemenge. Die erwarteten Energiekosten, bei gleichbleibender Beheizung durch Gas, würden nach einer solchen Maßnahme abschließend noch 31.526 €/a betragen. Für die CO₂-Emission bedeutet eine solche Passivhaus-Sanierung einen Rückgang von 393,81 tCO₂/a auf 96,79 tCO₂/a. Dies ist in der Abbildung 66 dargestellt. Die Abbildung 67 macht deutlich, dass eine Sanierung auf Passivhaus-Standard für weitere Reduktionen sorgt. Die möglichen Einsparungen und die Verbesserung der Luftqualität durch eine Belüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sind überzeugende Argumente für eine Sanierung auf Passivhaus-Standard oder einen Passivhaus-Neubau.

**Abbildung 66 Erwarteter Endenergieverbrauch**

Abbildung 67 Erwartete CO₂-Emission

5.4.4.3 Erwartete Gesamtkosten

Ausgehend von den Kosten, die bei den bisher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen entstanden sind, lässt sich für folgende Maßnahmen nachfolgende Prognose machen. Die Kosten für eine energetische Sanierung einer Fassade liegen im Schnitt bei 840 €/m². Bei einer Dachsanierung sind die Kosten mit 160 €/m² im Schnitt deutlich geringer. (20) Dieser Unterschied liegt darin, dass bei einer Dachsanierung, in den meisten Fällen keine neuen Fenster angeschafft werden müssen.

Die Kosten für die Sanierung der Gebäudehülle belaufen sich damit für die schätzungsweise 4.650 m² Fassadenfläche auf 3.906.000 €. Zusätzlich fallen noch 784.000 € für die energetische Sanierung der sanierungsbedürftigen 4.900 m² Dachfläche an. Insgesamt würde eine energetische Sanierung des Schulzentrums damit mindestens 4.690.000 € kosten. Kosten für eine Sanierung der Beleuchtung und der innenliegenden Bauteile (z.B. Sanitäreinrichtungen) sind hier nicht berücksichtigt. Bei einer Sanierung mit Passivhaus-Standard fallen erhöhte Kosten an. Diese Mehrkosten betragen schätzungsweise 10-15 % gegenüber den hier angenommenen Sanierungskosten. (28) Die Werte für die Fassadenfläche beruhen auf einer Schätzung, die bei Begehung der Gebäude aufgestellt wurde.

Diesen erwarteten Kosten für eine Sanierung stehen die kalkulierten Einsparungen von 73.500 €/a (bei einer Sanierung mit Einhaltung von 80 % des VDI-Richtwertes) bis 95.350 €/a (bei einer Sanierung nach Passivhaus-Standard) durch einen geringeren Energieverbrauch gegenüber. Eine Amortisation der Investitionskosten ist damit erst nach weit über 50 Jahren möglich.

Bevor eine Entscheidung für eine Sanierung oder einen Neubau getroffen wird, hat eine detaillierte Abschätzung der Kosten zu erfolgen sowie die Planung der Sanierung parallel zum Schulbetrieb.

5.4.4.4 Zwischenfazit und Handlungsschritte

Das hohe Energieeinsparpotential durch die hier beschriebenen Sanierungsmaßnahmen macht deutlich, dass die Umsetzung dieser Maßnahme Sinn ergibt. Die Variante, den Schulkomplex nach Passivhaus-Standard zu sanieren, ist aus mehreren Gesichtspunkten sinnvoll. Dazu zählen die gesteigerte Luftqualität durch eine energieeffiziente Belüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, der deutlich geringere Heizenergiebedarf und die daraus resultierende Reduzierung der Abhängigkeit von steigenden Energiekosten. Der Vergleich zwischen Einsparungen und Investitionskosten macht jedoch deutlich, dass die Sanierungsmaßnahmen erst nach über 50 Jahren durch die Einsparungen finanzierbar sind. Aus rein energetischer Sicht, ist eine Sanierung somit nicht wirtschaftlich.

Die notwendigen Handlungsschritte zur Durchführung dieser Maßnahme sind die Beauftragung von Sachverständigen zur exakten Abschätzung der Sanierungsumsetzung und der entstehenden Kosten sowie die Beantragung einer finanziellen Förderung über die KfW, damit das kommunale Budget entlastet wird. Dazu gibt es eine Fördermaßnahme der KfW mit der Fördernummer 218, dieses Programm finanziert die energetische Sanierung von Gebäuden der kommunalen und sozialen Infrastruktur mit allen notwendigen Nebenarbeiten und zusätzlich das Beraterhonorar für einen Sachverständigen, wenn dafür keine andere Förderung in Anspruch genommen wurde. Diese Förderung wird zum 01.09.2012 noch einmal überarbeitet und bietet anschließend eventuell weitere Vorteile. (31) Weitere Handlungsschritte sind die Ausarbeitung eines Zeitplans, der die reibungslose Fortführung des Schulbetriebs ermöglicht. Des Weiteren sind mit Fachleuten mögliche Alternativen, wie Neubauten in Systembauweise oder einfachere Sanierungsmaßnahmen zu erörtern.

Tabelle 7 Übersicht Sanierungsmaßnahmen

	2011	80% -VDI	Passivhaus-Schule
Heizwärmeverbrauch in kWh/a	1.492.000	665.000	320.000
Stromverbrauch in kWh/a	166.000	57.500	57.500
Heizkosten in €	94.000	42.000	20.000
Stromkosten in €	33.000	11.500	11.500
CO ₂ -Emission in tCO ₂ /a	395	166	97
Primärenergieverbrauch in kWh/a	2.431.000	1.040.000	578.000
jeweils für Gasheizung und Strombezug aus dem öffentlichen Netz			

5.4.5 Regenerative Strom- und Wärmeerzeugung

Zur energieneutralen Gestaltung des Schulzentrums ist die Erzeugung von Strom und Wärme aus regenerativen Energien notwendig. Die regenerative Bereitstellung des Stroms ist durch mehrere Varianten möglich. Diese sind auch miteinander kombinierbar, damit eine Überschusseinspeisung gewährleistet wird, um den Primärenergieverbrauch aus dem Verkehrssektor auszugleichen.

Für die regenerative Stromerzeugung gibt es drei mögliche Varianten. Die erste Variante besteht in der Installation von Photovoltaikanlagen auf allen dafür geeigneten Dachflächen. Die zweite Variante sieht einige Kleinwindanlagen auf dem Gelände der Schule vor. Die dritte Variante ist die Installation eines Blockheizkraftwerks (BHKW), das mit Biogas aus der nahegelegenen Biogasanlage betrieben wird und so Strom und Wärme bereitstellt. Für die

regenerative Wärmeerzeugung werden zusätzlich die Nutzung von thermischen Solaranlagen, Grünschnitt und Geothermie betrachtet.

Aktuell gibt es am Schulzentrum noch keine regenerative Strom- oder Wärmeerzeugung. Die komplette benötigte Wärme wird über Gasheizungen zur Verfügung gestellt. Die GHS besitzt dafür zwei Brennwertkessel mit einer Leistung von jeweils 600 kW_{th} und die RSG verfügt ebenfalls über zwei Brennwertkessel mit den Leistungen von 240 kW_{th} und 270 kW_{th}. Der benötigte Strom wird aus dem öffentlichen Netz bezogen.

5.4.5.1 Photovoltaik

Für die erste Variante der regenerativen Stromerzeugung wird das Potential von Photovoltaikanlagen am Schulzentrum aufgezeigt. Auf dem Gelände stehen ca. 6100 m² Dachfläche zur Verfügung. Bei diesen Dachflächen handelt es sich um Flachdächer. Die Gesamtdachfläche setzt sich aus sechs einzelnen Gebäudedachflächen zusammen. Die Sporthalle der Hauptschule verfügt über 1850 m² Dachfläche, sowie weitere 250 m² auf einem niedrigeren Level. Der überdachte Übergang zum Hauptgebäude bietet 650 m² und das Hauptgebäude der Hauptschule noch einmal 1950 m². Die Realschule ist deutlich kleiner und hat auch schon auf dem Neubau eine seit vier Jahren extern betriebene Photovoltaikanlage mit 26,86 kW_p (bei 210 m² genutzter Dachfläche), welche eine jährliche Stromproduktion von 24.174 kWh liefert (32). Das Hauptgebäude bietet 920 m² Dachfläche und die Turnhalle weitere ca. 500m².

Von diesen Dachflächen lassen sich schätzungsweise 25 % für die Installation von Photovoltaikanlagen nutzen. Für die restlichen Dachflächen wird angenommen, dass diese entweder verschattet werden oder aber aufgrund ihrer Statik die anfallende Last von Photovoltaikanlagen nicht tragen können. Die Globalstrahlung beläuft sich in der Region, ermittelt aus den Karten des Deutschen Wetterdienstes, auf 1030 kWh/m². Bei einem Kollektorwirkungsgrad von geschätzten 18,75 % und einem Umwandlungswirkungsgrad von Gleichstrom auf Wechselstrom von 90 % (33) beläuft sich die kalkulierte Stromproduktion auf 265.000 kWh_{el}/a. Die Anlagenleistung beläuft sich damit auf 295 kW_p, mit einem Ertrag von 900 kWh_{el}/kW_p (32). Damit lässt sich der aktuelle Strombedarf von 166.089 kWh_{el}/a zu 100 % regenerativ am Schulzentrum erzeugen und sogar eine Mehrproduktion von ca. 99.000 kWh_{el}/a erzielen. Diese kann bei Einspeisung des Stroms in das öffentliche Netz zum Ausgleich des Primärenergieverbrauchs des Verkehrssektors genutzt werden.

Für die Erzeugung von 265.000 kWh_{el}/a Strom werden - multipliziert mit einem Primärenergiefaktor von 0,42 (34) für Photovoltaikanlagen - 111.300 kWh/a Primärenergie verbraucht. Die Einspeisung von 99.000 kWh_{el}/a spart - verrechnet mit dem Primärenergiefaktor von 2,6 (24) für Strom aus dem öffentlichen Netz - 257.400 kWh/a Primärenergie ein. Das ergibt für die Primärenergiebilanz des Stromsektors eine Gutschrift von 146.100 kWh/a. Dies entspricht einem Ausgleich von ca. 29 % des aktuellen Primärenergieverbrauchs des Verkehrssektors.

Die CO₂-Emission des Stromsektors ändert sich deutlich durch die Installation einer Photovoltaikanlage. So wird vor Ort kein CO₂ emittiert. Für den mit PV-Anlagen erzeugten Strom ergibt sich eine CO₂-Emissionsgutschrift von ca. 150 t/a gegenüber der Beziehung von Strom aus dem öffentlichen Netz (565,61 g/kWh (24)). Die Gutschrift bei der Primärenergiebilanz fällt bei einer Sanierung deutlich höher aus, da durch sinkenden

Strombedarf mehr Strom in das öffentliche Netz eingespeist und damit mehr Primärenergie eingespart werden kann.

5.4.5.2 Thermische Solaranlagen

Der Jahreswasserverbrauch des Schulzentrums lag 2011 bei insgesamt 1.243 m³. Davon sind nur 34 m³ als Warmwasser in der Turnhalle der GHS für die Sanitäranlagen genutzt worden. In den Klassenräumen steht nur Kaltwasser zur Verfügung. Der Wärmebedarf zur Erzeugung des Warmwassers beträgt ca. 1800 kWh/a. Das entspricht ca. 0,1 % des Energiebedarfs und ist damit sehr gering. Für die Turnhallen stehen einmal ein 1.000 l-Warmwasserspeicher (WWS) an der GHS und ein 300 l-WWS an der RSG bereit. In den übrigen Gebäuden gibt es 4 kleinere 5 l-WWS. Aufgrund der dezentralen Positionierung der WWS ergibt die Nutzung von thermischen Solaranlagen nur an der Turnhalle der GHS Sinn. Dort kann der vorhandene Speicher vermutlich genutzt werden. Die CO₂-Reduktion durch die Installation einer thermischen Solaranlage zur Warmwasserbereitung ist jedoch für das Schulzentrum sehr gering und zudem aufgrund der aktuellen Förderbedingungen und dem fehlenden Warmwasserbedarf in den Sommerferien nicht wirtschaftlich. Somit entfällt die solarthermische Betrachtung für das Schulzentrum. Erst bei einer Entscheidung gegen die Installation von Photovoltaikanlagen auf dem Dach der Turnhalle an der GHS sollte erneut über die Installation nachgedacht werden, dann gegebenenfalls mit Heizungsunterstützung.

5.4.5.3 Kleinwindanlagen

Für die zweite Variante zur regenerativen Stromerzeugung wird das Potential für Kleinwindanlagen auf dem Schulgelände aufgezeigt. Eine Kleinwindanlage ist eine Windkraftanlage mit einer Gesamthöhe unterhalb von 50 m. (35)

Um den aktuellen Strombedarf von 166.089 kWh_{el}/a mit Hilfe von Kleinwindanlagen zu decken, ist die Installation mehrerer Anlagen nötig. Die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe beträgt 4,0 m/s (36). Um an einem Beispiel zu klären, welche Strommenge mit einer Kleinwindanlage auf dem Schulgelände abgedeckt werden kann, bietet sich eine Anlage mit einer elektrischen Leistung von 7.500 W_{el} mit einer Nabenhöhe von 18 m an. Eine Kleinwindanlage dieser Größe hat einen Rotordurchmesser von 5,9 m (37). Davon ausgehend, dass eine solche Kleinwindanlage am Standort Schulzentrum auf geschätzte 1.250 Volllaststunden/a kommt (zum Vergleich: eine Großwindanlage kommt auf ca. 2.600 Volllaststunden/a), ergibt sich eine kalkulierte Stromerzeugung von ca. 9.500 kWh_{el}/a. Um den aktuellen Strombedarf auf diese Weise zu decken, werden mindestens 17 Anlagen dieses Typs benötigt. Bei Ausnutzung der vorhandenen Freiflächen auf dem Schulgelände und um den Sportplatz herum, ist Platz für die Installation von neun Anlagen vorhanden.

Für die Primärenergiebilanz wirkt sich die Installation und Nutzung von Strom aus Kleinwindanlagen im Vergleich zum Strom aus Photovoltaikanlagen positiver aus. So werden bei der Erzeugung nur 0,05 kWh Primärenergie je 1 kWh_{el} verbraucht (38). Eine solche Anlage verbraucht damit 470 kWh/a Primärenergie und spart bei Einspeisung des Stroms in das öffentliche Netz 24.375 kWh/a Primärenergie ein.

5.4.5.4 Biogas

Bei der dritten Variante der regenerativen Stromerzeugung wird ein Biogas-Blockheizkraftwerk (BHKW) betrachtet. Die Versorgung durch Biogas ist durchaus denkbar, da gerade Biogas als regenerativer Energieträger für eine gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in einem BHKW nutzbar ist. In 3,5 km Entfernung zum Schulzentrum steht eine Biogasanlage im Ortsteil Schümm, die sich als Versorger anbietet. Es ist genügend Biogas vorhanden, um ein an der Biogasanlage vorhandenes BHKW mit $265 \text{ kW}_{\text{el}}$ zur Stromerzeugung zu betreiben. Das BHKW hat eine thermische Leistung von $300 \text{ kW}_{\text{th}}$. Durch einen Standortwechsel des BHKWs zum Schulzentrum wäre es möglich, die erzeugte Wärme zu nutzen. Das Biogas-BHKW sollte eine Auslastung von 85 bis 90 % im Jahr erreichen, da der primäre Nutzen die Stromerzeugung ist. Das entspricht etwa 7.500 bis 7.900 Volllaststunden pro Jahr (39).

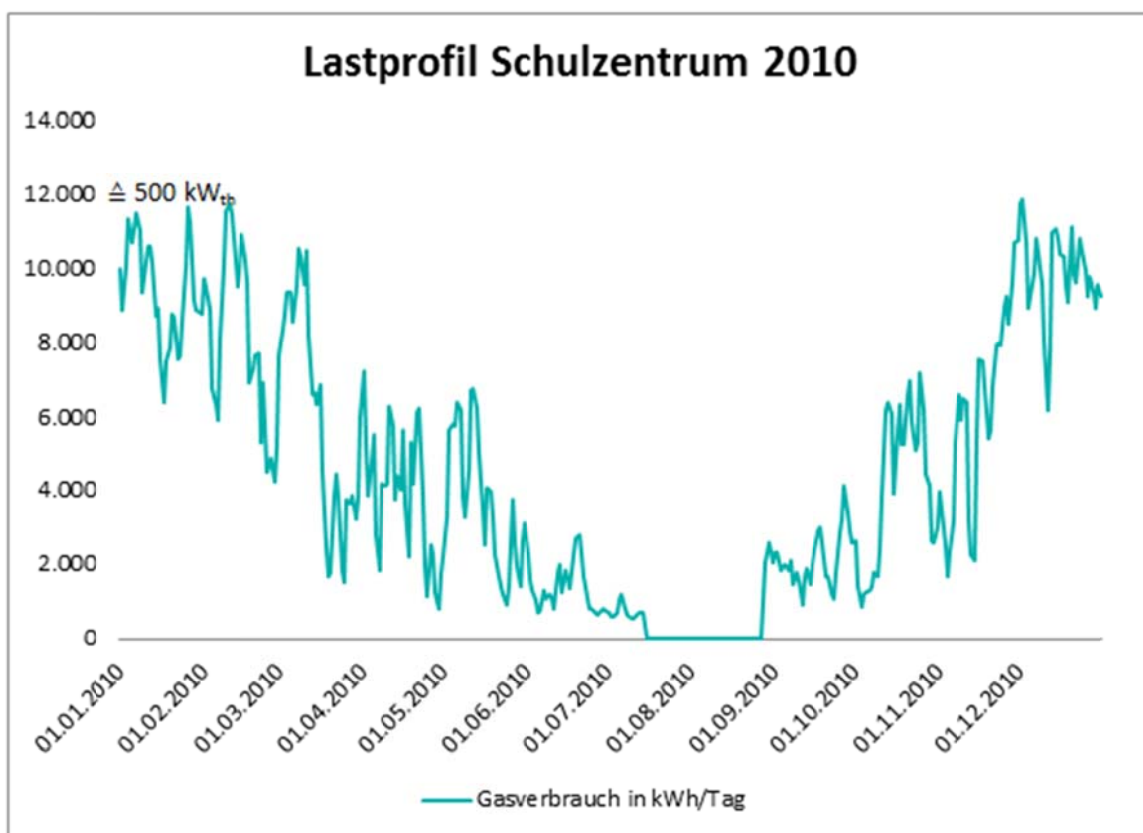


Abbildung 68 Lastprofil nach SLP GKO 03 für Schulzentrum Gangelt

Nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) gilt, dass bei Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) 60 % der erzeugten Wärme genutzt werden muss, um einen KWK-Zuschlag zur Vergütung zu bekommen. (40) Für die BHKW-Auslegung ist somit ein Lastprofil des Schulzentrums notwendig um eine Jahresdauerlinie zu bestimmen. Da es für die beiden Schulen nur monatliche Gasverbrauchsdaten vom Energieversorger gibt, wird ein Lastprofil anhand der Temperaturdaten und eines Standardlastprofils (SLP) ermittelt. Für Schulen gilt das SLP GKO 03. (41) Dieses Lastprofil ist in Abbildung 68 skaliert auf die Verbrauchswerte des Schulzentrums dargestellt. Die verwendeten Temperaturdaten stammen vom Deutschen Wetterdienst und beziehen sich auf das Jahr 2010 am nächst gelegenen Standort, in diesem Fall Aachen.

Aus dem Lastprofil wird deutlich, wie sich der Heizverlauf über ein Jahr darstellt. Des Weiteren lässt sich eine Jahresdauerlinie anhand der Daten bestimmen (vgl. Abbildung 69). Dabei sei allerdings angemerkt, dass keine Stundenwerte für den Gasverbrauch vorliegen und damit bei Auswertung mit Tageswerten die Lastspitzen nicht abgebildet werden. Die maximale thermische Leistung der installierten Kessel liegt bei 1.710 kW. Die Lastspitze lässt sich senken, indem das Gebäude rund um die Uhr beheizt, oder ein Speicher installiert wird. Dennoch wird aus Kostengründen stets ein Spitzenlastkessel in Kombination mit einem BHKW installiert.

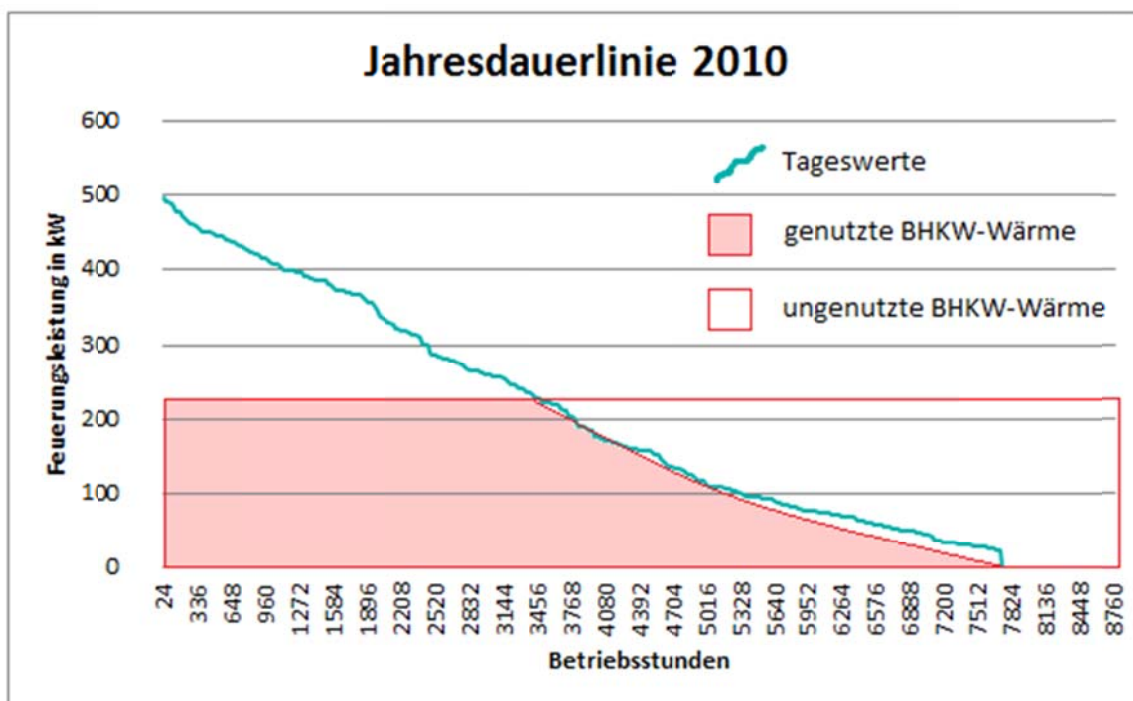


Abbildung 69 Kalkulierte Jahresdauerlinie 2010 Schulzentrum

Wird das BHKW so ausgelegt, dass 60 % der erzeugten Wärme zum Heizen genutzt werden, so kann die thermische Leistung des BHKW ca. $230 \text{ kW}_{\text{th}}$ betragen. Um den Wärmebedarf komplett abzudecken, ist die Nutzung der vorhandenen Brennwärtekessel als Spitzenlastkessel nötig.

Durch die Installation des BHKW ergibt sich folgende Einsparung für die Sektoren Strom und Wärme: Die elektrische Leistung eines BHKW beträgt bei einer thermischen Leistung von $230 \text{ kW}_{\text{th}}$, ca. $190 \text{ kW}_{\text{el}}$. Diese Auslegung ist in Abbildung 69 dargestellt. Dadurch lassen sich, bei einer Auslastung von 7.500 Volllaststunden/a, $1.425.000 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{a}$ Strom

produzieren. Bei dieser Variante würden somit ca. 860 % des Strombedarfs durch das BHKW regenerativ gedeckt werden. Durch die Stromproduktion werden - berechnet mit dem Primärenergiefaktor von 0,09 für Biogas (42) - 128.250 kWh/a Primärenergie verbraucht. Die entstandene Wärmemenge von 1.725.000 kWh_{th}/a ist dabei schon mitberücksichtigt. Davon werden ca. 60 % zum Heizen genutzt. Bei der Erzeugung der restlichen 457.000 kWh_{th}/a Wärme in dem Erdgasbrennwertkessel werden zusätzlich 612.380 kWh/a Primärenergie verbraucht.

5.4.5.5 Geothermie

Die regenerative Wärmeerzeugung ist neben der thermischen Verwertung von Biogas auch durch Nutzung der Erdwärme möglich. Bei der Abschätzung des Potentials wird hierbei die oberflächennahe Geothermie betrachtet. Darunter fällt die Nutzung der in der Erde gespeicherten Wärme bis zu einer Tiefe von 400 m. (43)

Daten aus dem Geothermie-Atlas für Nordrhein-Westfalen zeigen die Ergiebigkeit bei einer Tiefe von 80 m. In einer Tiefe von 80 m liegt diese für das Gebiet des Schulzentrums bei 99 bis 107 kWh/(m*a) bezogen auf die Betriebszeit von 1.800 h/a einer Erdwärmesonde.

Um die am Schulzentrum benötigte Wärmemenge durch Erdwärme zu decken, ist die benötigte Anzahl von Sonden zu bestimmen. Für eine Beispielrechnung bietet sich eine Erdwärmesonde mit der Länge von maximal 100 m und einer entzogenen Wärmemenge von 10.000 kWh/a an. Zusätzlich zu einer Erdwärmesonde wird eine Wärmepumpe benötigt, die die Erdwärme in Heizwärme umwandelt und somit auf ein höheres Temperaturniveau bringt. Eine Wärmepumpe hat bei einer Vorlauftemperatur von +60 °C eine Leistungszahl (COP) von 2,4. Der COP lässt sich durch Senkung der benötigten Vorlauftemperatur deutlich erhöhen (bis zu 4,5). Durch Installation einer Sonde mit einer Wärmepumpe ist es somit möglich, bei einer Betriebszeit von 1.800 h/a, 17.140 kWh/a Heizwärme regenerativ zu erzeugen. Dabei verbraucht die Wärmepumpe 7.140 kWh_{el}/a Strom. Für eine Deckung von 100 % des aktuellen Wärmebedarfs wären somit über 87 Erdwärmesonden und einer entsprechend dimensionierten Wärmepumpe nötig.

In Abbildung 70 wird dargestellt, wie viele Erdwärmesonden auf dem Gelände installiert werden können. Dabei ist ein Abstand von mindestens 10 m (44) zwischen den einzelnen Sonden einzuhalten. Die Kreise mit einem Durchmesser von 10 m symbolisieren den Standort einer Erdwärmesonde. Auf dem Schulgelände sind genügend Freiflächen vorhanden, um 51 Erdwärmesonden zu installieren. Die Installation von Erdwärmesonden und einer Wärmepumpe zur vollständigen Heizwärmebedarfsdeckung ergibt erst bei reduziertem Heizwärmebedarf und geringerem Vorlauftemperaturniveau Sinn.

Da durch die Installation einer Wärmepumpe ein zusätzlicher Strombedarf entsteht, ist die Kombination mit einer Variante der regenerativen Stromerzeugungen anzuraten. Zur Berechnung des Primärenergieverbrauchs fließt bei Geothermie nur der durch die Wärmepumpe verbrauchte Strom in die Bilanz ein.

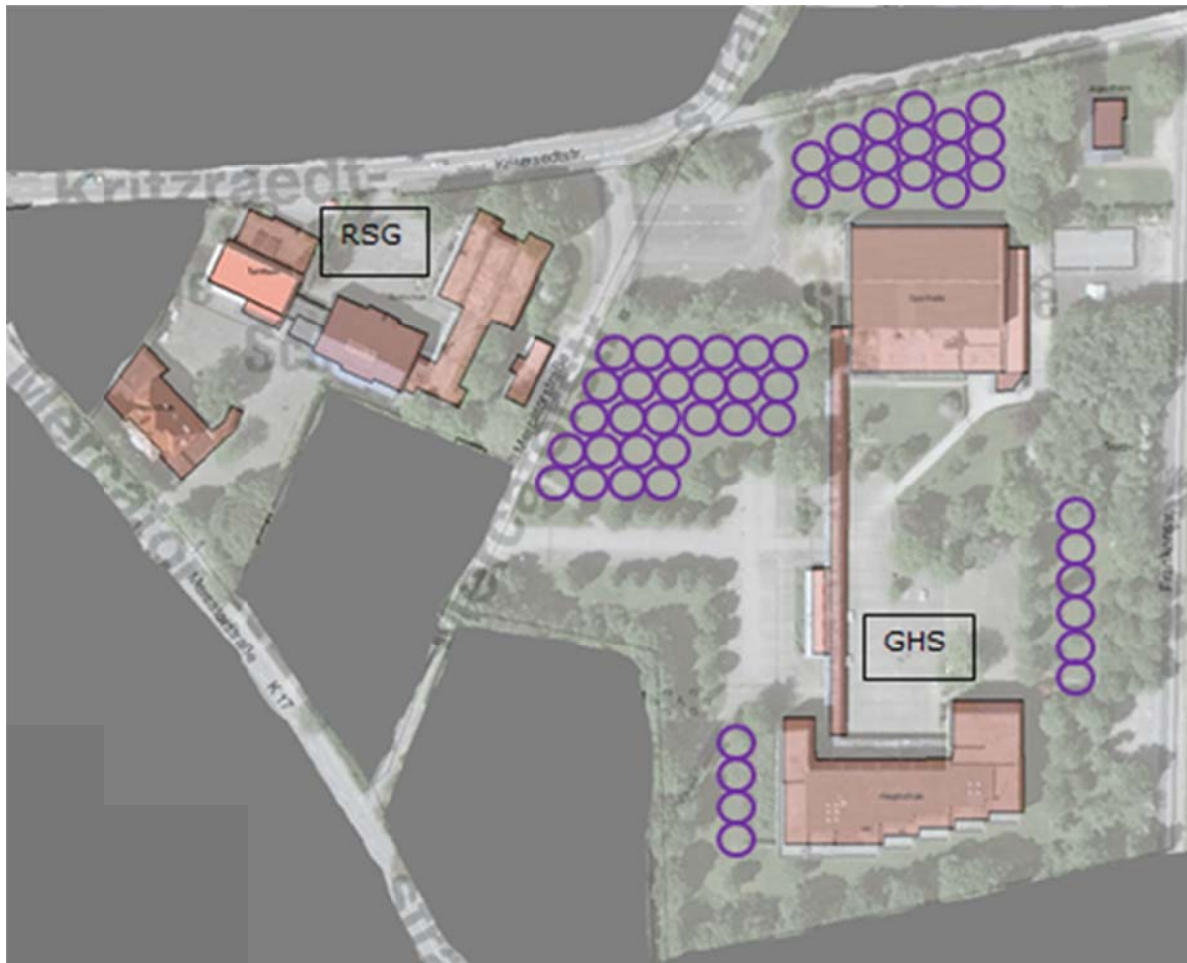


Abbildung 70 Mögliche Standorte für Erdwärmesonden am Schulzentrum Gangelt

Die Anzahl benötigter Sonden nach einer Sanierung wird im Kapitel 5.4.5.7 berechnet.

5.4.5.6 Biogene Brennstoffe

Eine weitere Option, regenerativ Wärme zum Heizen zu erzeugen, ist die thermische Verwertung von biogenen Brennstoffen. Der Vorteil von Biogenen Brennstoffen im Vergleich zu Erdgas ist ihre Umweltverträglichkeit. Durch geringe Primärenergiefaktoren fällt der Primärenergieverbrauch deutlich geringer aus und ist damit in der Bilanz leichter auszugleichen. Bei der Betrachtung von biogenen Brennstoffen wird die Auswahl - aufgrund der örtlichen Gegebenheiten der Schule - auf die mögliche Nutzung von Grünschnitt begrenzt. Andere biogene Brennstoffe, wie zum Beispiel Holz oder Raps, lassen sich auf dem Gelände des Schulzentrums weder anbauen noch weiterverarbeiten.

Straßenbegleitgrün, Grünschnittverwertung

In jeder Kommune fällt Grünschnitt an, so auch in Gangelt. Um eine Aussage über die energetische Nutzbarkeit zu machen, bedarf es einer Untersuchung, die die anfallende Menge, mögliche Verwertung, Minderungspotentiale und erwartete Kosten umfasst. Unter Grünschnitt fallen folgende Stoffe:

Privater Rasen- und Strauchschnitt, Kommunaler Rasen- und Strauchschnitt (Friedhöfe, Parkanlagen, Spielplätze, ...), Straßenbegleitgrün, Böschungsmähgut, Laub und Landschaftspflegematerialien.

Anfallende Grünschnittmenge

Die anfallenden Grünschnittmengen werden für Gangelt dokumentiert. Aus dieser Dokumentation geht hervor, dass die anfallende Grünschnittmenge sich seit 2008 bei einem Wert von 720 t/a eingependelt hat. (45) Der Heizwert für Grüngut liegt zwischen 1.600-2.000 kWh/t. Unter Berücksichtigung des Anlagen-Wirkungsgrades reicht die gesammelte Menge nicht aus, um den aktuellen Wärmebedarf von ca. 1.490.000 kWh/a zu decken.

Eine energetische Nutzung innerhalb einer Anlage, die ausschließlich mit kommunalem Grünschnitt aus Gangelt beschickt wird, ist aufgrund des geringen Mengenaufkommens jedoch schwer vorstellbar. Es gibt keine Referenzanlagen, um eine wirtschaftliche Aussage zu treffen. Realisierte Grünschnittverwertungsanlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung haben eine Grüngutbeschickung von ca. 18.000 t/a und mehr (46). Meistens werden diese Vergärungsanlagen zusätzlich noch mit Maissilage beschickt. Anlagen dieser Größe betreiben BHKW-Motoren mit einer Leistung von 800-1000 kW_{el}. Für die entstehende Wärme müssten neben dem Schulzentrum dann weitere Wärmeabnehmer gefunden werden, insbesondere wenn das Schulzentrum energetisch saniert wird.

Vergasungsanlagen werden üblicherweise mit Holz oder zusätzlich mit einem aufbereiteten holzartigen Anteil des Grünschnitts betrieben. Der Grünschnitt müsste dafür zerkleinert, gefiltert und getrocknet werden. Die Größenordnung dieser Anlagen (Wirbelschichtvergasung) liegt bei 1 MW_{th} und aufwärts und dient Versorgung von Nahwärmenetzen für mehrere Objekte. Diese Anlagen sind noch im Forschungsstadium und werden daher hier nicht weiter betrachtet.

5.4.5.7 Kombination von Strom- und Wärmeerzeugung

Um eine sinnvolle Kombination der regenerativen Strom- und Wärmeerzeugung zu finden, ist es wichtig festzulegen für welchen Fall die Auslegung betrachtet wird. Wird das Gebäude nicht saniert und bleiben die Verbräuche auf dem Niveau von 2011, so ist eine andere Kombination zur Deckung von Strom- und Heizwärmebedarf nötig als bei einem Gebäude mit einem durch Sanierungen gesenkten Energiebedarf und reduziertem Primärenergieverbrauch durch umgesetzte Maßnahmen im Verkehrssektor.

Variante 1: Versorgung der vorhandenen Schulgebäude ohne Sanierungen und Einsparungen im Verkehrssektor

Für eine neutrale Primärenergiebilanz des Schulzentrums ist neben der Deckung des Heizwärme- und Strombedarfs zusätzlich der Primärenergieverbrauch des Verkehrssektors - mit 498.015 kWh/a - auszugleichen. Dies ist durch die Installation von Photovoltaikanlagen sowie die Nutzung eines Biogas-BHKW zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung möglich. Die Modulfläche der zu installierenden Photovoltaikanlage sollte dabei die nutzbare Dachfläche abdecken, damit möglichst viel Strom regenerativ aus Photovoltaikanlagen erzeugt werden kann. Dadurch würden alleine die Photovoltaikanlagen, wie in Abschnitt 5.4.5.1 beschrieben, eine Stromerzeugung von 265.000 kWh_{el}/a gewährleisten. Wie in Kapitel 5.4.5.1 berechnet werden dadurch - bei gleichbleibendem Strombedarf - 146.100 kWh/a Primärenergie eingespart.

Bei Ausnutzung des möglichen Biogaspotentials der Biogasanlage im Ortsteil Schümm, liefert ein Biogas-BHKW mit einer elektrischen Leistung von 265 kW_{el}, bei einer Betriebszeit von 7.500 Volllaststunden/a, 1.987.500 kWh_{el}/a Strom. Dieser Strom kann komplett in das

öffentliche Netz eingespeist werden. Dadurch ergibt sich ein Primärenergieverbrauch von 178.875 kWh/a. Dem stehen Einsparung in Höhe von 5.167.500 kWh/a gegenüber. Die Kombination dieser Erzeugung führt dazu, dass die Einsparungen an Primärenergie den Verbräuchen überwiegen, d.h. die Primärenergiebilanz übererfüllt ist.

Für eine ausgeglichene Bilanz ist z. B. folgende Kombination von Photovoltaikanlagen und Biogas zu wählen: Ausnutzung der vorhandenen Dachflächen zur Produktion von 265.000 kWh_{el}/a Strom durch Photovoltaik. Produktion von 750.000 kWh_{el}/a durch ein Biogas BHKW: Dafür kann bei anzustrebenden 7.500 Betriebsstunden pro Jahr ein BHKW mit einer elektrischen Leistung von 100 kW_{el} genutzt werden. Dieses BHKW liegt bei einer thermischen Leistung von geschätzten 125 kW_{th} im Bereich des KWK-Zuschlags, da mehr als 60 % der erzeugten Wärme zum Heizen genutzt werden können. Der Restbedarf an Wärme wird durch die vorhandenen erdgasbetriebenen Brennwertkessel gedeckt. Eine Nutzung von Geothermie ist bei dieser Variante nicht sinnvoll, da bei der hohen Vorlauftemperatur der Heizung mit einem schlechten COP der Wärmepumpe zu rechnen ist.

Für die Bilanz ergibt sich daraus ein Primärenergieverbrauch von insgesamt 1.992.700 kWh/a. Verglichen mit dem ursprünglichen Primärenergieverbrauch von 2.929.000 kWh/a, spart diese Variante 32 % Primärenergie ein. Die benötigte Einsparung wird aus dem ins öffentliche Netz eingespeisten Strom der Photovoltaikanlagen und dem Strom des Biogas-BHKW erreicht. Die Abbildung 71 zeigt den Vergleich der Primärenergiebilanzen für die Variante 1 und den Stand 2011.

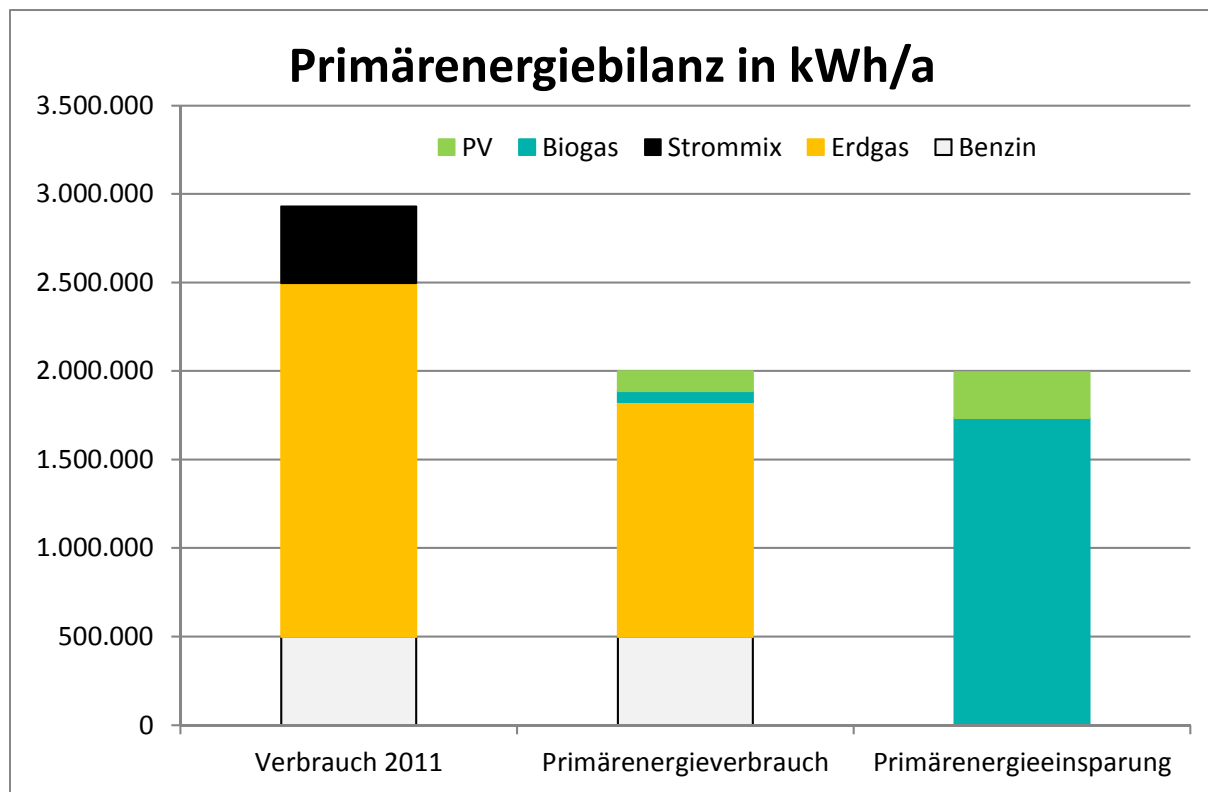


Abbildung 71 Primärenergiebilanz Variante 1

Variante 2: Sanierter Zustand

Die zweite Variante betrachtet den Fall, wenn das Schulzentrum saniert ist und die Maßnahmen im Verkehrssektor umgesetzt sind. Für die Sanierung gilt hierbei die Einhaltung der gesetzten Werte (80 % VDI-Richtwert) für Strom- und Heizwärmebedarf.

Der gesunkene Heizenergiebedarf schließt die sinnvolle Nutzung von einem Biogas-BHKW aus, da keine Auslegung für eine angestrebte Betriebsdauer von mehr als 7.500 h/a zur Erzeugung von Strom möglich ist. Das Vorlauftemperaturniveau der Heizung kann nach der Sanierung soweit gesenkt werden, dass der COP einer Wärmepumpe mit 3,0 angenommen werden kann. Ein COP von 4,5 ist erst möglich, wenn die Beheizung mit Flächenheizelementen stattfinden würde. Die Nutzung von Geothermie ist damit im Vergleich zu Variante 1 sinnvoll möglich.

Es wird eine Kombination von Erdsonden mit einer Wärmepumpe und gasbetriebenen Brennwertkesseln zur Wärmeversorgung vorgeschlagen. Die Anzahl der Erdsonden wird aus Gründen der Wirtschaftlichkeit dabei so gewählt, dass sie eine gute Auslastung +über das Jahr erreichen. Der Kessel dient zur Abdeckung der Spitzenlast.

Der von der Wärmepumpe benötigte Strom wird mit Photovoltaik und zusätzlich teilweise mit Hilfe von Kleinwindanlagen gedeckt werden. Für die Wärmeversorgung wird eine Installation von 20 Erdsonden vorgesehen, die mittels Wärmepumpe insgesamt 300.000 kWh_{th}/a Heizwärme erzeugen. Die Wärme wird zur Deckung der Grundlast genutzt. Die Wärmepumpe hat eine Leistung von ca. 165 kW_{th} und verbraucht 100.000 kWh_{el}/a Strom. Dieser wird durch Photovoltaikanlagen und fünf Kleinwindanlagen produziert. Letztere erzeugen ca. 47.000 kWh_{el}/a Strom pro Jahr. Die Abbildung 72 zeigt die Zusammensetzung des Primärenergieverbrauchs von insgesamt 718.000 kWh/a. Im Vergleich zur Variante 1 entspricht das einer Reduktion von 75,5 % des Primärenergieverbrauchs. Allerdings führt diese Kombination nicht zu einer ausgeglichenen Primärenergiebilanz wie die Abbildung 72 zeigt. Es werden bei dieser Variante 316.900 kWh/a Primärenergie nicht ausgeglichen. Grund dafür ist, dass nicht genügend Strom zur Einspeisung ins Öffentliche Netz regenerativ erzeugt werden kann.

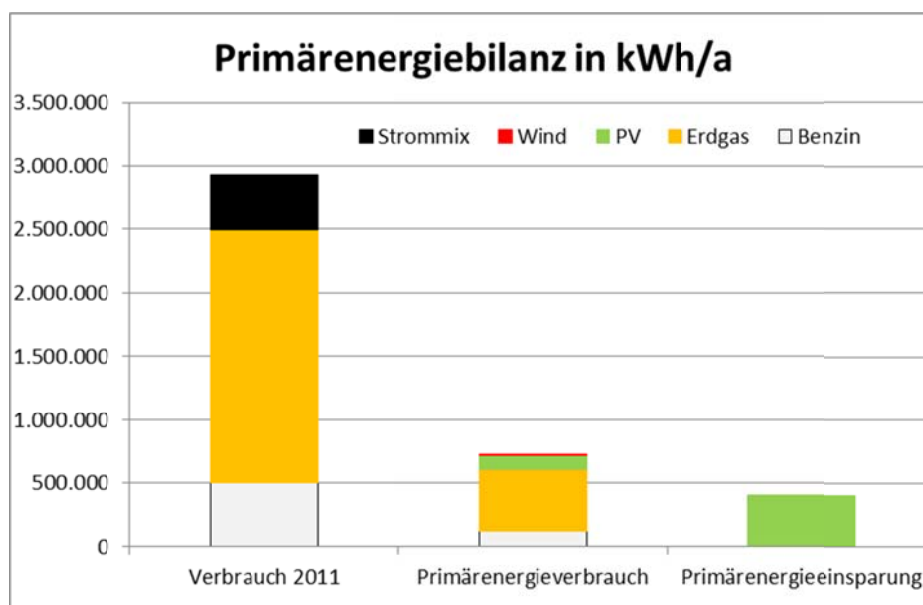


Abbildung 72 Primärenergiebilanz Variante 2

Variante 3: Passivhaus

Der Unterschied zwischen Variante 2 und 3 liegt darin, dass die Sanierung des Schulzentrums auf Passivhaus-Standard angenommen wird. Dadurch sinkt neben dem Heizwärmebedarf der Gebäude auch das Vorlauftemperaturniveau der Heizung weiter ab, da nun Flächenheizungen in den Gebäuden genutzt werden. Deshalb kann für die Erdwärmesysteme mit einem COP von 4,5 gerechnet werden. Für eine ausgeglichene Primärenergiebilanz ändern sich die Installationen für Strom- und Wärmeerzeugung im Vergleich zu Variante 2. So sind durch den reduzierten Heizwärmebedarf 25 Erdsonden erforderlich, um den Wärmebedarf von 320.000 kWh_{th}/a komplett zu decken. Die Wärmepumpe benötigt ca. 71.000 kWh_{el}/a Strom. Für die ausgeglichene Primärenergiebilanz reicht eine Erzeugung von ca. 206.100 kWh_{el}/a Strom durch Photovoltaikanlagen aus.

Der Primärenergieverbrauch von insgesamt 201.600 kWh/a setzt sich aus denen in Abbildung 73 zuerkennenden Teilen zusammen. Zum einen benötigt das Schulzentrum Strom (Eigenbedarf), zum anderen die Wärmepumpe (Strom WP). Da die Erzeugung von PV-Strom nicht primärenergie-neutral ist (vgl. Kapitel 5.4.5.1) muss eine gewisse Menge PV-Strom mehr als Ausgleich erzeugt werden. Zusätzlich wird durch den Verkehr Primärenergie verbraucht.

Die ausgeglichene Primärenergiebilanz ist in der Abbildung 74 dargestellt. Insgesamt ergibt sich bei der Variante 3 gegenüber dem ursprünglichen Primärenergieverbrauch eine Einsparung von 2.727.000 kWh/a Primärenergie. Das entspricht einer Reduktion von 93,1 %.

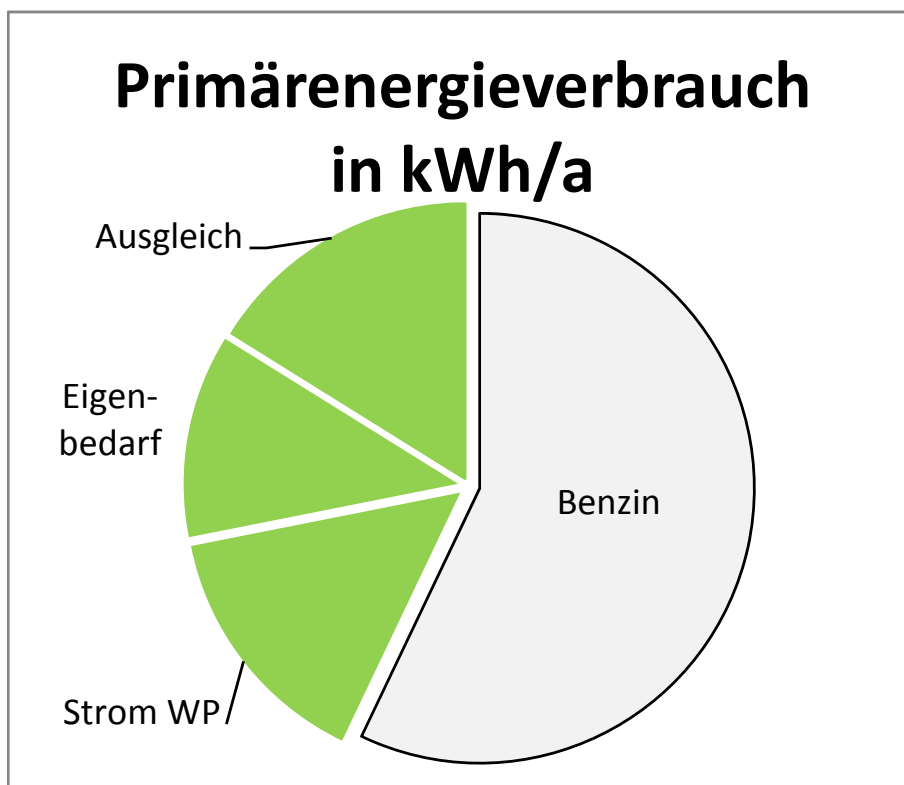


Abbildung 73 Primärenergieverbrauch Variante 3

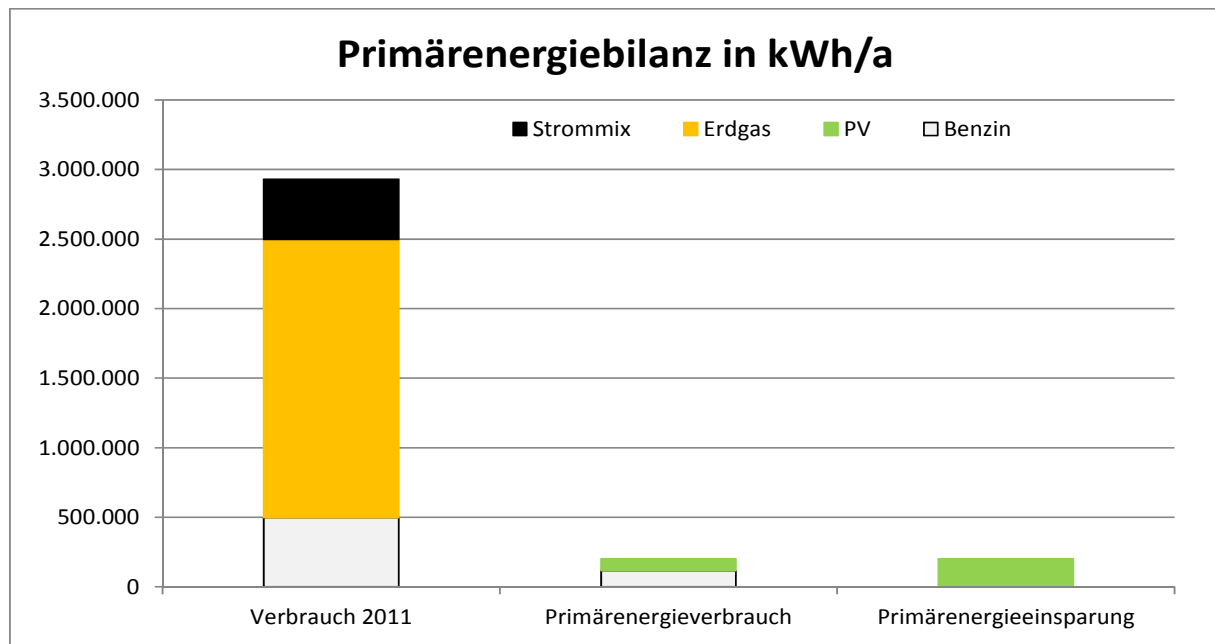


Abbildung 74 Primärenergiebilanz Variante 3

5.4.5.8 Erwartete Gesamtkosten

Für die Installation der Photovoltaikmodule auf den Gebäudedächern sind Investitionskosten in Höhe von ca. 2.500 €/kW_p (47) anzunehmen. Damit ergeben sich für alle Varianten Kosten in Höhe von 737.500 €. Diesen Kosten stehen eine Einspeisevergütung sowie mögliche Einsparung durch Eigennutzung gegenüber. Die Einspeisevergütung für Photovoltaikanlagen beläuft sich aktuell nach EEG auf 15,54 ct/kWh (48). Diese Einspeisevergütung gilt ab dem 01.10.2012, wird jedoch stetig weiter reduziert. Durch die Einspeisevergütung ergeben sich stetig Einnahmen in Höhe von 41.200 €/a. Die Investitionssumme ist somit, ohne die Eigennutzung des Stroms, nach 17,9 Jahren wieder ausgeglichen. Aus wirtschaftlicher Sicht ist es nicht sinnvoll, den Strom komplett ins Netz einzuspeisen, da der Strompreis von 19,8 ct/kWh_{el} geringer ist als die Einspeisevergütung. Deshalb sollte möglichst viel erzeugter Strom direkt verbraucht werden.

Bei einer Installation von Kleinwindanlagen vor dem 01.01.2013 gilt eine Anfangsvergütung in Höhe von 9,41 ct/kWh über den Zeitraum von 25 Jahren. (48) Die Investitionskosten für eine einzelne Anlage liegen bei geschätzten 33.000 €. Die Vergütung für den erzeugten Strom einer Anlage beträgt jährlich ca. 880 €. Ohne Eigennutzung des Stroms wird die Investition erst nach 37,5 Jahren durch die Einnahmen wieder ausgeglichen. Diese Dauer lässt sich durch die Eigennutzung des produzierten Stroms verringern. Die mögliche Eigennutzung des Stroms ist vom Lastprofil des Schulzentrums abhängig. Darüber liegen keine Daten vor, sodass sich die mögliche Eigennutzung nicht bewerten lässt. Variante 2 sieht die Installation von fünf Kleinwindanlagen vor. Dabei fallen Investitionskosten in Höhe von ca. 165.000 € an.

Für die geplante Heizwärmeversorgung mit einem Biogas-BHKW, ist eine Gasleitung von der Biogasanlage in Schümm bis zum Schulzentrum Gangelt nötig. Die Distanz beträgt ca. 3,5 km. Es gibt von der Biogasanlage schon eine Gasleitung zur Grundschule in Breberen. Diese Gasleitung hat eine Länge von 1,1 km und die Kosten beliefen sich auf ca. 55.000 €. Die Investitionskosten für den Bau einer Gasleitung zum Schulzentrum Gangelt

werden damit auf 175.000 € geschätzt. Für die in Variante 1 gewählte Versorgung, ist die Anschaffung eines 100 kW_{el} Biogas-BHKW notwendig. Anfallende Kosten belaufen sich dabei auf ca. 150.000 €. (49)

Die Kosten für Erdwärmesysteme werden auf insgesamt 400.000 € geschätzt. Angenommen wird hier ein Bohrpreis von 70 €/m. Bei 25 Sonden mit einer Tiefe von je 100 m ergibt das 175.000 € Bohrkosten. Die Bohrkosten entsprechen im Schnitt 70 % des Erdwärmesystems, exklusive der Wärmepumpe. Die Kosten für die notwendigen Wärmepumpen werden auf ca. 150.000 € geschätzt.

Tabelle 8 Übersicht Investitionskosten

	Investitionskosten		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Sanierung	- €	4.690.000 €	5.393.500 €
Photovoltaik	737.500 €	737.500 €	572.500 €
Kleinwind	- €	165.000 €	- €
Biogasleitung	175.000 €	- €	- €
Biogas-BHKW	150.000 €	- €	- €
Erdsonden	- €	200.000 €	250.000 €
Wärmepumpe	- €	120.000 €	150.000 €
Summe	1.062.500 €	5.912.500 €	6.366.000 €

5.4.5.9 Zwischenfazit und Handlungsschritte

Das vorliegende Potential zur regenerativen Strom- und Wärmeerzeugung ist groß genug, um den aktuellen Strom- und Wärmebedarf des Schulzentrums regenerativ zu decken. Um das Potential auszuschöpfen, ist die Nutzung mehrerer Technologien notwendig. So reicht die Stromproduktion durch Kleinwindanlagen beispielsweise nicht aus, um den Strombedarf vollständig zu decken. In Kombination mit der Installation von Photovoltaikanlagen auf den Dachflächen der Gebäude ist die Deckung von 100 % des Strombedarfs jedoch möglich.

Bei der Wärmeproduktion reicht die Umstellung auf ein Biogas-BHKW nicht aus, um eine regenerative Deckung des Wärmebedarfs zu gewährleisten. Damit ist auch bei der Wärmeerzeugung eine Kombination von Technologien anzuraten.

Die primärenergieneutrale Gestaltung ist nicht für jede Variante möglich. Die Varianten 1 und 3 zeigen jedoch jeweils eine mögliche Kombination von Technologien auf, um das Schulzentrum primärenergieneutral zu versorgen. Die wirtschaftliche Betrachtung ergibt, dass beispielsweise die Installation von Kleinwindanlagen nur Sinn ergibt, wenn der produzierte Strom selbst genutzt wird. Andernfalls ist die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen auf dem Gelände des Schulzentrums nicht gegeben, da Kleinwindanlagen auf eine Betriebsdauer von 25 Jahren ausgelegt sind. Geothermie Systeme machen sich durch die kostengünstige Nutzung von Erdwärme bezahlt und sind daher zu empfehlen, wenn die sanierte Gebäudestruktur ein niedriges Vorlauftemperaturniveau der Heizung zulässt.

Der erste notwendige Handlungsschritt, zur Umsetzung von regenerativer Strom- und Wärmeerzeugung, ist die Klärung der Eingangsvoraussetzungen, insbesondere die genaue Ermittlung des Wärme- und Strombedarfs der einzelnen Gebäude. Weiter ist zu klären, welche Einsparungen in den Energiesektoren tatsächlich erreicht werden können. Nach Ermittlung dieser Daten folgt als nächster Handlungsschritt die Auslegung der Versorgung durch regenerative Erzeuger. Dabei sind Angebote und Absprachen mit Herstellern und Planern aus den Bereichen Photovoltaik, Wind, Geothermie und Biogas erforderlich. Weitere Handlungsschritte nach Festlegung auf ein Versorgungskonzept sind die Erörterung der Finanzierung sowie die Erstellung eines Zeitplans. Die Abbildung 75 zeigt die Handlungsschritte in einem Diagramm.

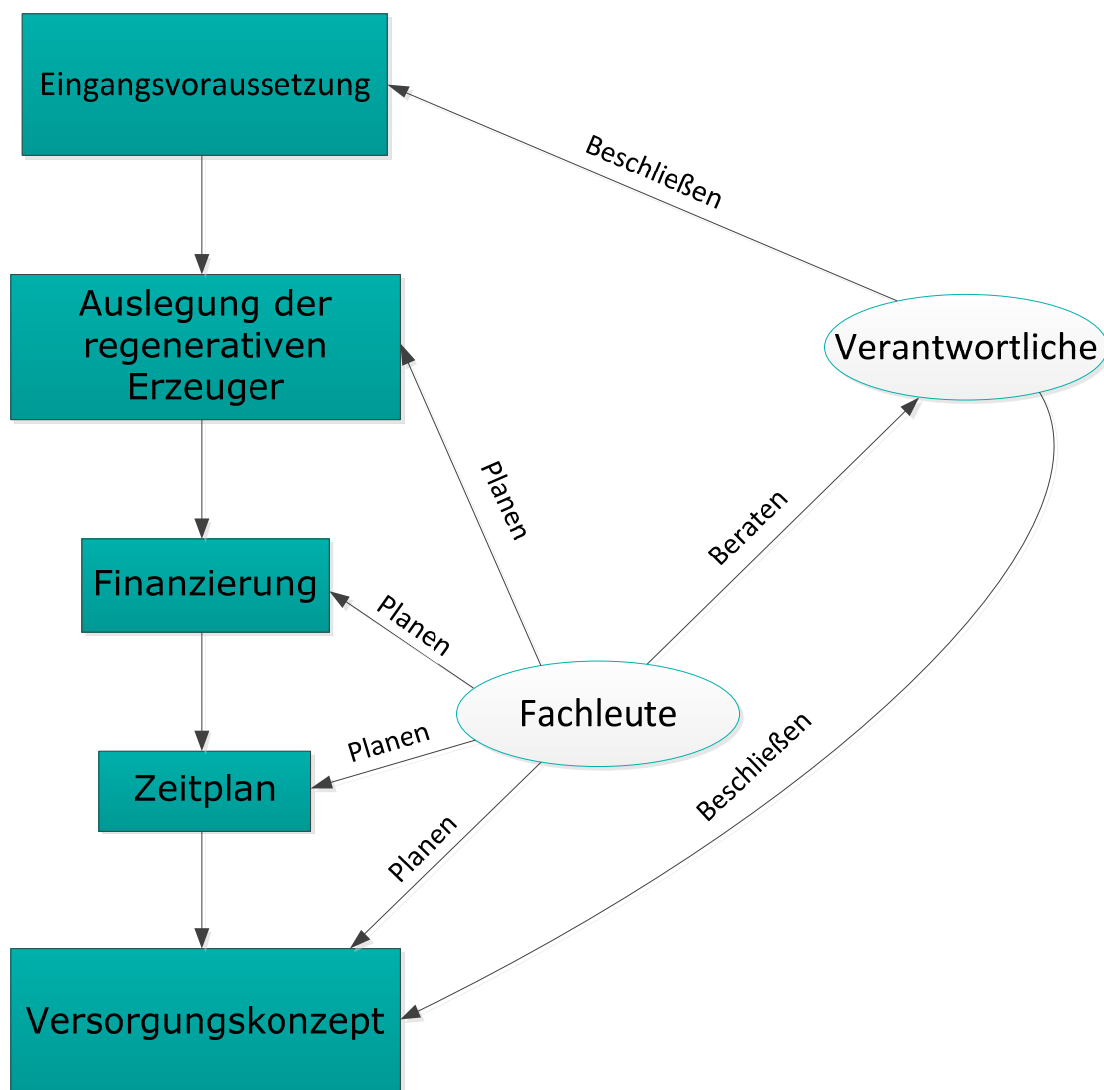


Abbildung 75 Handlungsschritte regenerative Strom- und Wärmeerzeugung

5.4.5.10 Bewertung

Das Einsparpotential an Energie und CO₂-Emission ist für Sanierungsmaßnahmen kombiniert mit regenerativer Erzeugung sehr hoch. Die Abbildung 76 zeigt die Bewertung für die Maßnahmen „Sanierungsmaßnahmen“ und „Regenerative Strom- und Wärmeerzeugung“. Es wird deutlich, dass die Kosten für diese Maßnahmen sehr hoch sind, egal welche Variante gewählt wird. Durch eine Zusammenarbeit mit regionalen Firmen wird die regionale Wertschöpfung gewährleistet, auch wenn sie nicht genau zu beziffern ist.

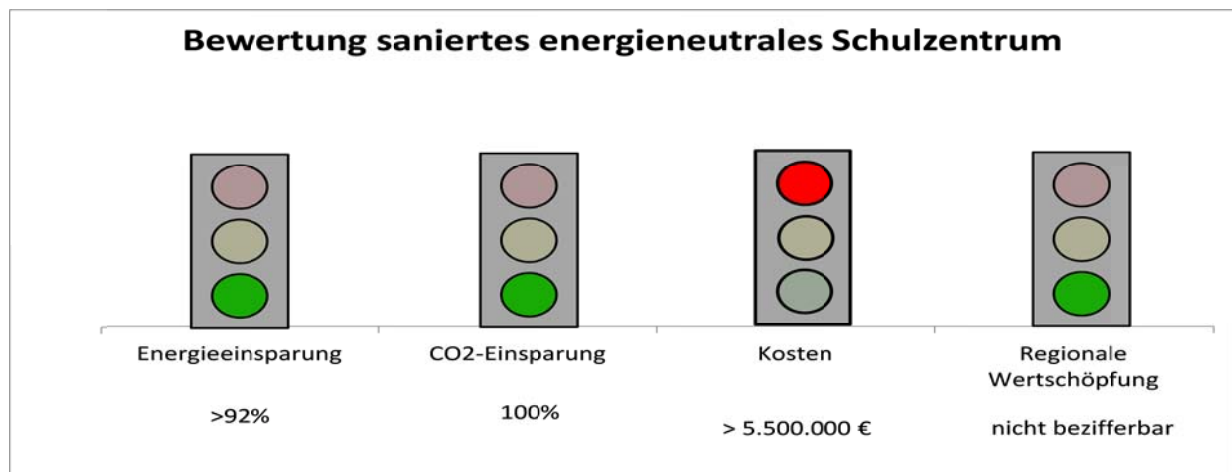


Abbildung 76 Bewertungsampel Sanierungsmaßnahmen

5.4.6 Fazit

Die Potentialanalyse ergibt, dass eine energieneutrale Gestaltung des Schulzentrums Gangelt in mehreren Varianten möglich ist. Bei der Umsetzung ist auf eine Abstimmung der einzelnen Maßnahmenunterpunkte zueinander zu beachten. So ist die Auslegung einer regenerativen Versorgung beispielsweise davon abhängig, wie sich die Endenergieverbräuche entwickeln. Die Variante 1 zeigt, dass selbst bei unveränderter Ausgangssituation, d.h. gleichbleibenden Endenergieverbräuchen, die primärenergieneutrale Gestaltung des Schulzentrums möglich ist. Bei dieser Variante kann der Primärenergiebedarf um über 32 % reduziert werden.

Empfehlenswert ist jedoch die Passivhaus-Sanierung der Schulgebäude oder ein Neubau. So bietet die Variante 3 mit 93,1 %, die größte Reduktion des Primärenergieverbrauchs. Bei dieser Variante sind alle vorhandenen Gebäude nach Passivhaus-Standard zu sanieren sowie die Primärenergieverbräuche des Verkehrssektors durch Umsetzung des Maßnahmenunterpunktes: „Fahrrad im Sommer, Schulbus im Winter“ deutlich zu reduzieren. Bei der Versorgung durch regenerative Energieerzeuger ist bei dieser Variante die Kombination von Erdwärmesystemen zur Heizwärmeerzeugung sowie Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung gewählt worden.

Jeder einzelne Maßnahmenunterpunkt führt bei erfolgreicher Umsetzung zu einer Reduktion des Primärenergieverbrauchs. Allerdings muss dabei auch die wirtschaftliche Seite betrachtet werden. Die Umsetzung des Maßnahmenunterpunktes „Aktionstage, Projektwochen und Wettbewerbe“ hat aus wirtschaftlicher Sicht vorerst keinen messbaren Nutzen. Die Kostenkalkulation sieht alle Einsparungen zur Refinanzierung vor. Für die

Sanierungsmaßnahmen lässt sich festhalten, dass dem hohen Einsparpotential von Energiekosten die hohen Investitionskosten gegenüberstehen. Bei gleichbleibendem Energiebezug reduzieren sich die Energiekosten um bis zu 76 %. Bei Wahl der Variante 3 ist durch Eigenverbrauch des erzeugten PV-Stroms eine Einsparung von bis zu 100 % der Energiekosten möglich. Schulgebäude auf Passivhaus-Standard bieten neben geringeren Energiekosten gleichzeitig auch eine verbesserte Lernumgebung. Durch ein effizientes Belüftungssystem wird die Luftqualität in allen Räumen, insbesondere in den Klassenräumen, gesteigert. Die wirtschaftliche Belastung ist dabei durch entstehende Mehrkosten in Höhe von 10-15 %, verglichen mit einer Sanierungsmaßnahme zur Einhaltung der Richtwerte, akzeptabel. Die Variante 2 zeigt, dass bei einfacher Sanierung des Gebäudes die primärenergieneutrale Gestaltung nicht machbar ist.

Zur regenerativen Versorgung ist anzumerken, dass eine Installation von Photovoltaikanlagen auf allen dazu nutzbaren Dachflächen zu empfehlen ist. Photovoltaikanlagen bieten neben der Verbesserung der Primärenergiebilanz auch das Potential einer finanziellen Einkommensquelle. Bei Kleinwindanlagen ist eine Installation nur dann zu empfehlen, wenn ein Großteil des produzierten Stroms auch im Schulzentrum direkt verbraucht wird, ohne ins öffentliche Netz eingespeist zu werden. Die Einspeisevergütung ist für Kleinwindanlagen zu gering, um die Investitionskosten wieder einzuspielen. Die Nutzung von Erdwärmesystemen ergibt erst in Verbindung mit regenerativen Stromerzeugern und einem sanierten Gebäude Sinn. Wärmepumpen sorgen bei einem COP unter 3 für einen erhöhten Strombedarf, der bei konventionellem Bezug des Stroms die Primärenergiebilanz belastet statt verbessert. Durch Sanierung der Gebäude lässt sich die Vorlauftemperatur der Heizsysteme senken und damit der COP der Wärmepumpe erhöhen.

Abschließend lässt sich für das Schulzentrum Gangelt sagen, dass eine primärenergieneutrale Gestaltung nur durch hohe Investitionen machbar ist, jedoch mehrere Vorteile bietet. Neben der Reduktion vom Primärenergieverbrauch ist bei konsequenter Umsetzung auch eine Sensibilisierung der Schüler/-innen für das Thema Energie möglich. Dadurch kann auch in anderen Bereichen Energie und somit Primärenergie eingespart werden.

5.4.7 Empfehlung

Die wichtigsten Handlungsschritte zur Gestaltung eines energieneutralen Schulzentrums sind:

1. Die Aufnahme des Energiebedarfsprofils
2. Umsetzung der Maßnahmen „Aktionstage, Projektwochen und Wettbewerbe“ sowie „Fahrrad im Sommer; Schulbus im Winter“
3. Entscheidung zwischen Sanierung oder Neubau des Schulzentrums
4. Auslegung der regenerativen Erzeuger

Zur Aufnahme des Energiebedarfsprofils gehören die Verbrauchswerte für Strom und Gas in Form von Stundenwerten für die einzelnen Gebäude. Die Entscheidung zwischen einer energetischen Sanierung und einem Neubau des Schulzentrums sollte zeitnah getroffen werden. Dabei ist ein reibungsloser Schulbetrieb zu gewährleisten. Hierzu ist eine

Detailanalyse durch eine fachkundige Person durchzuführen. Bei der Auslegung der regenerativen Erzeuger ist die getroffene Entscheidung zwischen Sanierung und Neubau maßgebend. Sie findet im Anschluss statt sollte jedoch in die Entscheidung mit einbezogen werden.

5.5 Energieeinsparung durch Öffentlichkeitsarbeit

Erfolgreicher Klimaschutz kann nur durch das Mitwirken der gesamten Bevölkerung erreicht werden. Als besonders erfolgsversprechend ist hierbei eine Verstärkung der Eigenverantwortlichkeit eines jeden Einzelnen, anstatt mit gesetzlichen Regelungen einzugreifen. Entsprechende Botschaften können am besten durch eine Kombination aus Information und Anreizen zu klimafreundlichem Verhalten kommuniziert werden. In gewissen Bereichen können überdies Ge- und Verbote hilfreich sein, bei denen aber verstärkt auf die Akzeptanz der betreffenden Personen zu achten ist. Nur wenn der Sinn eines Verbotes klar dargestellt wird, kann es seinen Effekt voll entfalten.

Nachfolgende Abbildung zeigt eine Auswahl kommunikativer Elemente, auf die im weiteren Verlauf weiter eingegangen wird [Abbildung 77].

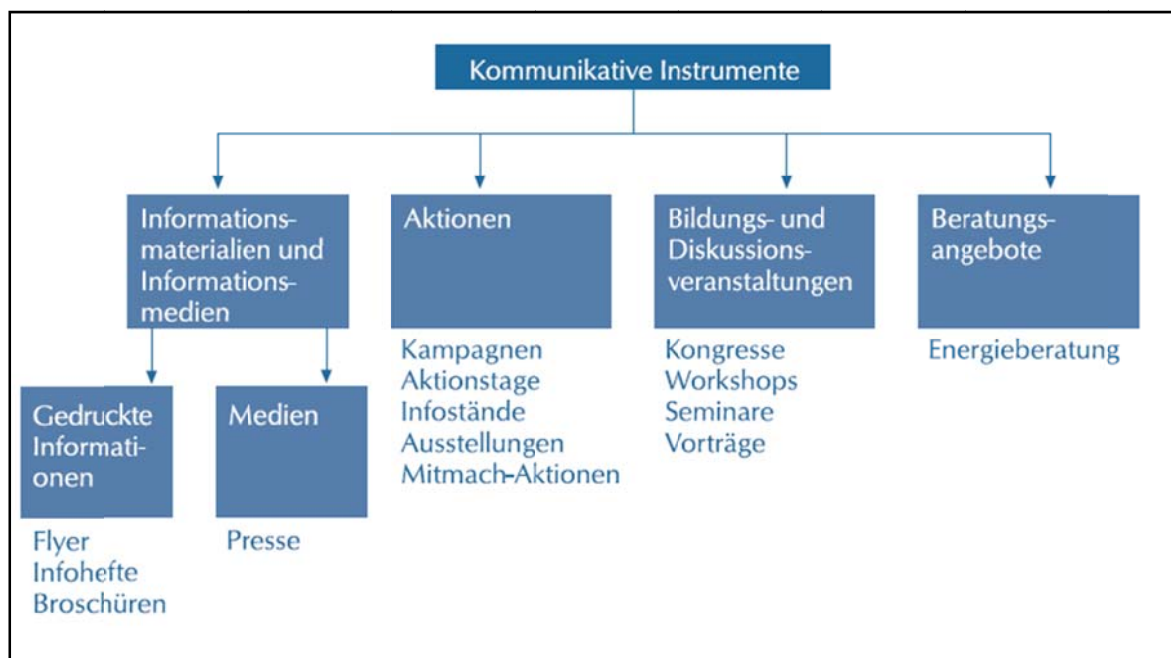


Abbildung 77: Kommunikative Instrumente (50)

Die Gemeinde Gangelt selbst ist nur für einen geringen Anteil des Energiekonsums und des Treibhausgasausstoßes verantwortlich. Neben administrativen Regelungsmöglichkeiten besitzt die Gemeinde die Rolle des Protagonisten in Sachen Klimaschutz. Diese Vorbildfunktion gilt es herauszustellen und durch gezielte Information effektiv einzusetzen. So kann z.B. die thermischen Solaranlagen des kommunalen Freibades als Anstoß zu einer Informationskampagne zur solarthermischen Gebäudebeheizung dienen. Im Umkehrschluss sollte der Einsatz klimaschädlicher Technologien im kommunalen Sektor vermieden werden, um die Glaubwürdigkeit der Gemeinde nicht zu gefährden.

Durch Öffentlichkeitsarbeit soll die Notwendigkeit des Klimaschutzes vermittelt werden, bei gleichzeitiger Aufzeigung neu entstehender Chancen. Die positive Darstellung des Klimaschutzkonzeptes und seiner beinhaltenden Maßnahmen und Kampagnen sind dabei besonders hervorzuheben.

Die positive und negative Darstellung lässt sich wie folgt unterscheiden: Durch „Schreckensszenarien“ werden die negativen Aspekte, in diesem Fall des Klimawandels, in den Vordergrund gestellt. Dadurch kann aber anstatt einer Bewusstseinswandlung hin zu klimafreundlichem Handeln genau das Gegenteil erreicht werden. Die mediale Berichterstattung arbeitet häufig mit festgesetzten Grenzwerten, die, wenn nicht bis zu einem konkreten Zeitpunkt erreicht, zu katastrophalen Auswirkungen führen. Vom wissenschaftlichen Standpunkt mögen diese Grenzwerte und Zeitpunkte zwar fundiert sein, psychologisch kann diese Art der Warnung von Klimaforschern aber fatal sein. Angst sollte niemals Triebfeder des persönlichen Handelns sein. Der durch CO₂-Ausstoß verursachte anthropogene Treibhauseffekt erscheint für einzelne Personen sehr abstrakt, weshalb die positive Darstellung konkrete, individuelle Vorteile beleuchtet. Diese können rein finanzieller Natur sein, bestehen oftmals aber auch in einer Verbesserung der Lebensqualität.

Informationen über kurz- und mittelfristige Möglichkeiten zur Reduzierung des Treibhausgasausstoßes mit der Berechnung einhergehender ökonomischer Vorteile bilden daher einen ganz zentralen Ansatzpunkt der Öffentlichkeitsarbeit.

Wie schon die Erstellung des Klimaschutzkonzeptes gezeigt hat, findet die Kommunikation nicht einseitig, sondern beidseitig statt. Entscheidungen sollen gemeinsam mit allen Akteuren innerhalb der Gemeinde getroffen werden. Dieses Prinzip schafft eine demokratische Legitimation, die einer Bevormundung des Einzelnen entgegenwirkt. Die gemeinsame Beratung, der Erfahrungsaustausch und getroffene Vereinbarungen der Akteure untereinander stärken zusätzlich das Gemeinschaftsgefühl.

Gemeinschaftliches Energiesparen verbessert zudem die Außenwirkung jedes Einzelnen, der in diesem Umfeld nicht diffamiert wird. Einer Stigmatisierung von Personen, die sich besonders stark für den Klimaschutz engagieren, Fördermittel in Anspruch nehmen und ihre Bemühungen Publik machen, wird entgegengewirkt.

Gangelt liegt im äußersten Westen der Bundesrepublik, sodass die Gemeindegrenze teilweise auch eine Landesgrenze zu den Niederlanden bildet. Durch die zunehmende Europäische Integration gehören grenzüberschreitende Lebensentwürfe mittlerweile zum Alltag. Eine Vielzahl von Bürgern der Gemeinde Gangelt besitzt die niederländische Staatsangehörigkeit und überquert täglich die Grenze auf dem Weg zur Arbeit. Wohnen in Gangelt, arbeiten in Heerlen könnte hierbei das Motto lauten. Um alle Bürger beim Klimaschutz mit ins Boot zu holen, sollen sämtliche Informations- und Beratungsangebote sowohl in deutscher, als auch in niederländischer Sprache verfasst werden.

Die Öffentlichkeitsarbeit verfolgt nachfolgend aufgezählte Ziele:

- Bewusstseinswandel hin zu nachhaltigem Wirtschaften und nachhaltiger Lebensweise beschleunigen
- Berichterstattung über das Klimaschutzkonzept (Ziele, Bilanzen, Ergebnisse, etc.)
- Unterstützung der Umsetzung, der im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes erarbeiteten Maßnahmen
- Einholen von Rückmeldung über Erfolge und Misserfolge bei der Umsetzung von Maßnahmen
- Imagebildung

Zur Erreichung der o.g. Ziele stützt sich die Öffentlichkeitsarbeit auf den drei Säulen:

- Implementierung eines Klimaschutzmanagers/Energieberaters
- Versenden von Bürgerbriefen/Information an Unternehmen und private Haushalte
- Nutzung öffentlicher Flächen zu Werbezwecken

Im Folgenden werden die jeweiligen Maßnahmen erläutert, die bei der Umsetzung entstehenden Kosten abgeschätzt, der erwartete Umfang von Energie- und CO₂-Einsparungen angegeben sowie eine Aussage zur kommunalen Wertschöpfung getätigt.

5.5.1 Klimaschutzmanager/ Energieberater

Als Klimaschutzmanager wird eine Fachkraft bezeichnet, die die Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes und anderer relevanten Klimaschutzmaßnahmen unterstützt. Durch die Aktivitäten des Klimaschutzmanagers sollen Projekte und Investitionen zur Energieeffizienzsteigerung und Erhöhung der kommunalen Wertschöpfung angestoßen werden. Die Zielvorgabe besteht aus der Senkung des Energieverbrauches und der Treibhausgasemissionen durch das Engagement von Privatpersonen, Firmen, Vereinen und weiteren Akteuren. Die Schaffung dieser Stelle wird ausdrücklich empfohlen und nachfolgend beschrieben.

5.5.2 Aufgaben

Die Aufgaben des Klimaschutzmanagers bestehen in der Steuerung von Klimaschutzprojekten, internem- sowie externem Informationsaustausch, Erfassung und Auswertung relevanter Daten sowie der kontinuierlichen Fortbildung auf dem Gebiet erneuerbarer Energien und Energietechnik.

5.5.2.1 Projektentwicklung und –steuerung

Projekte aus dem Maßnahmenkatalog des Klimaschutzkonzeptes werden vorbereitet. Die entsprechenden Vorhaben werden unter Einbeziehung der Projektpartner, ausführender Betriebe und Behörden geplant und begleitet. Der Klimaschutzmanager übernimmt die Koordination aller kommunalen Energieeffizienzprojekte und Klimaschutzmaßnahmen. Wenn in Zukunft weitere Projekte durch die Gemeinde Gangelt realisiert werden, übernimmt der Klimaschutzmanager ebenfalls eine federführende Position.

5.5.2.2 Informations- und Öffentlichkeitsarbeit

Ein weiteres Anforderungsmerkmal neben der technischen Qualifikation des Energieberaters sind ausgeprägte soziale Kompetenzen und ein geübter Umgang mit Kommunikationsmitteln. Das Layout und der Inhalt von Prospekten, Plakaten, etc. werden zweisprachig (deutsch-niederländisch) erstellt. Um die Öffentlichkeit über aktuelle Termine, Veranstaltungen und laufende Aktivitäten zu unterrichten, erfolgt eine Zusammenarbeit mit der lokalen Presse. Des Weiteren wird der Ausbau des vorhandenen Internetauftritts der Gemeinde Gangelt in Bezug auf den Umweltschutz ausgeweitet und ständig aktualisiert. Dazu erfolgt die enge Abstimmung mit dem Administrator der Homepage.

Die genannten Aufgaben werden bei der Planung und Durchführung von Aktionsveranstaltungen kombiniert, bei denen der Klimaschutzmanager die Moderation übernimmt. Bei thematisch definierten Workshops und Vorträgen übernimmt der Klimaschutzmanager die Leitung, stellt eigene Ausführungen dar oder lädt externe Dozenten ein.

Die Informations- und Öffentlichkeitsarbeit bildet den ersten Schritt zu einer Sensibilisierung der Bevölkerung und Unternehmen hin zu umweltbewussterem Verhalten. Der nachfolgende Schritt ist die persönliche Beratung.

5.5.2.3 Beratung

Personen, die sich durch die allgemein verbreiteten Informationen angesprochen fühlen oder anderweitig Interesse an dem Thema Umweltschutz besitzen, können ein persönliches Beratungsgespräch vereinbaren.

Im Rahmen dieser Beratung werden auf Wunsch individuelle Konzepte zur Senkung des Energieverbrauchs oder der Erzeugung von regenerativen Energieträgern entwickelt. Dies kann auf einen Haushalt, aber auch auf ein Unternehmen oder eine andere Einrichtung bezogen sein.

Die Beratung kann vor Ort oder in den Räumlichkeiten der Gemeinde stattfinden. Die vor Ort Beratung bietet den Vorteil, dass durch eine Begehung der Räumlichkeiten direkt auf die aktuelle Situation eingegangen werden kann. Durch Wegfall des An- und Abreiseweges bietet die Beratung im eigenen Haus mehr Komfort, was besonders älteren Menschen zu Gute kommt.

Innerhalb dieses Konzeptes wird eine Basis-Beratung als zweckmäßig empfunden. Diese wird kostenlos angeboten und kann bei positiver Resonanz erweitert werden. In diesem Fall berät der Klimaschutzmanager über weitere, eventuell kostenpflichtige, Handlungsmöglichkeiten. Dies können z.B. Blower-Door Tests oder Thermographie Analysen sein. Auf Wunsch werden anschließend Kontakte zu Fachbetrieben in der Region vermittelt.

5.5.2.4 Fördermittelmanagement

Viele der Themen über die im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit informiert wird, können von staatlicher Seite aus gefördert werden. Die Fördermöglichkeiten sind von wichtiger Bedeutung, da sich der wirtschaftliche Erfolg einiger Maßnahmen erst durch staatliche Subventionierung einstellt. Zu jedem Thema ermittelt der Klimaschutzmanager die aktuelle Förderung und deren Bedingungen. Um diese Aufgabe zu bewerkstelligen, wird die aktuelle politische Situation beobachtet, damit etwaige Gesetzesänderungen sofort erkannt und berücksichtigt werden können.

Wenn der Entschluss, unabhängig von einer Beratung durch den Klimaschutzmanager, zur Umsetzung einer Maßnahme getroffen ist, unterstützt dieser bei der Akquirierung von Fördermitteln. Diese Leistung ist in der Basis-Beratung eingeschlossen und kann von jedem Einwohner Gangelts in Anspruch genommen werden.

Die Beratung beim Thema Förderung ist von großer Bedeutung, da der Umgang mit amtlichen Antragsformularen für viele Menschen ungewohnt ist und sich für den Laien

oftmals als große Herausforderung gestaltet. Hemmnisse bei der Umsetzung von Klimaschutzprojekten sollen auf diese Weise minimiert werden.

Kommunale Projekte werden ebenfalls schon bei der Planung auf mögliche Förderungen überprüft, die bei der Umsetzung beantragt werden.

5.5.2.5 Erhebung von Verbrauchsdaten und des Immobilienbestands

Bei der Erstellung der Energie- und CO₂-Bilanz, die als Grundlage des Klimaschutzkonzeptes dient, hat sich die Erhebung aller relevanten Verbrauchsdaten als schwierig erwiesen. Um den Ist-Zustand der Wärmeerzeugung innerhalb der Gemeinde Gangelt noch genauer bewerten zu können, sollen möglichst viele Heizungsanlagen erfasst werden. Der Klimaschutzmanager entwickelt eine Strategie, wie diese Erhebung am sinnvollsten durchzuführen ist.

Der Immobilienbestand wird zwar kontinuierlich durch amtliche Statistiken fortgeschrieben, allerdings reichen die erhobenen Daten für eine genauere Betrachtung nicht aus. Eine zu erstellende Datenbank soll den Gebäudebestand und Gebäudezustand beinhalten. Solch eine Betrachtung lässt sich beliebig stark vertiefen, sodass eine Abwägung zwischen Aufwand und Nutzen erfolgen soll. Im Rahmen dieser Abwägung soll eine geeignete Erfassungsmethodik implementiert werden.

Die Daten zur Wärmeerzeugung und zum Immobilienbestand werden ohne Anschriften und Namen ermittelt, um keine Verletzung des Datenschutzes zu begehen.

Der Klimaschutzmanager berechnet aus den Angaben der Heizungsanlagen den tatsächlichen Verbrauch zur Wärmeerzeugung, der in die Energie- und CO₂-Bilanz aufgenommen wird. Durch die neu erstellte Auflistung des Immobilienbestands lässt sich der Sanierungsbedarf innerhalb der Gemeinde ermitteln. Dieses Wissen kann für spezielle Informationsveranstaltungen oder Kampagnen genutzt werden.

Generell gilt der Grundsatz, dass nur die genaue Kenntnis der Ausgangssituation zu möglichst effizienten Maßnahmen führt.

5.5.2.6 Fortführung der Energie- und CO₂-Bilanz

Mit der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes werden auch die Bilanzierung des Energieverbrauchs und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen fortgesetzt. Da die Ausgangssituation bekannt ist, kann die weitere Entwicklung bewertet werden. Ziel sollte sein, dass der Energieverbrauch ständig und dauerhaft gesenkt wird.

Durch Veränderungen innerhalb Gangelts, z.B. dem Zu- und Wegzug von Personen, Zu- und Abwanderung von Unternehmen, dem demografischen Wandel und andere Einflüssen können der Energiekonsum und die Energieproduktion variieren. Unter der Voraussetzung, dass ein großes Unternehmen sich in Gangelt ansiedelt, kann der Energieverbrauch innerhalb eines Bilanzierungsintervalls spürbar steigen, obwohl die anderen Verbraucher ihren Bedarf senken konnten. Dieser Umstand würde nicht das Scheitern der Aktivitäten zum Klimaschutz ausdrücken, sondern eine wirtschaftliche Veränderung. Im Sinne des

Klimaschutzkonzeptes hat der Klimaschutzmanager die Aufgabe solche Veränderungen wahrzunehmen und in die Bilanz aufzunehmen.

Neben der Gesamt-Bilanz, die sich auf das gesamte Gemeindegebiet bezieht, kann der Klimaschutzmanager zudem Bilanzen einzelner Gebäude oder Bereiche erstellen. Vor allem bei kommunalen Projekten lässt sich so eine Evaluierung der Maßnahme vornehmen, wenn die Bilanzierung vor und nach der Projektverwirklichung vorgenommen wird. Die Ergebnisse solcher Betrachtungen sollen jeweils veröffentlicht und kommentiert werden.

5.5.2.7 Netzwerkarbeit und Fortbildung

Der Austausch und die Zusammenarbeit mit allen am Klimaschutz interessierten Akteuren und Menschen sind die Basis für eine erfolgreiche Klimaschutzarbeit.

Der Klimaschutzmanager soll mit Beginn seiner Tätigkeit offiziell vorgestellt werden, um in Kontakt mit allen beteiligten Personen zu kommen. Innerhalb der Verwaltung ist eine direkte Verbindung der Entscheidungsträger zum Klimaschutzmanager wichtig. Betroffene Beschlüsse können so im Vorhinein überprüft und auf ihre Auswirkung auf die Klimaschutzziele der Gemeinde hin analysiert werden.

In vielen Bereichen ist eine enge Zusammenarbeit mit der lokalen Wirtschaft, Verbänden und den Energieversorgern wichtig. Diese sind oftmals schon seit längerem auf dem gleichen Feld wie der Klimaschutzmanager tätig und haben eigene Strategien entwickelt. Ein abgestimmtes Vorgehen kann Synergieeffekte freisetzen, die den Klimaschutz in Gangelt weiter voran bringen.

Die im Punkt Fördermittelmanagement bereits angesprochene Verfolgung aktueller Entwicklungen bezieht sich ebenfalls auf den technischen und gesellschaftlichen Bereich. Um jederzeit auf dem neusten Stand zu sein empfehlen sich Fachliteratur und Fortbildungsmaßnahmen.

Fortbildungsmaßnahmen, wie z.B. Tagungen oder Seminare fördern nicht nur das fachliche Wissen, sondern auch den Erfahrungsaustausch mit anderen Klimaschutzmanagern. Sie eignen sich in besonderem Maße zur Erweiterung des bestehenden Netzwerkes. Gemeinden und Städte verlagern die Schwerpunkte ihrer Aktivitäten im Bereich Klimaschutz oftmals auf unterschiedliche Bereiche. Wird in Gangelt ein neues Themenfeld betrachtet, führt das durch andere Klimaschutzmanager erworbene Know-how zu effizientem Vorgehen und Fehlerreduzierung. Abbildung 78 zeigt alle Aufgaben des Klimaschutzmanagers in der Übersicht.

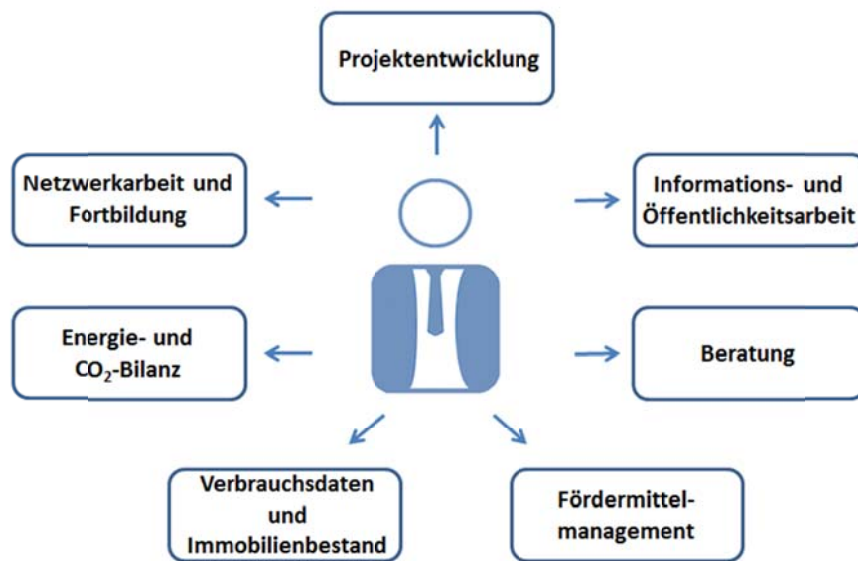


Abbildung 78: Aufgaben des Klimaschutzmanagers

5.5.3 Versenden von Bürgerbriefen und Informationsmaterial an Unternehmen und private Haushalte

Die Gemeinde Gangelt informiert alle Bürger über monatlich erscheinende, kostenlose Amtsblätter. Dieser Service enthält neben öffentliche Bekanntmachungen ebenfalls Artikel zu aktuellen Themen und Aufrufe zu Bürgerbeteiligungen. Dieses Medium lässt sich hervorragend nutzen, um auf anstehende Veranstaltungen zum Umweltschutz hinzuweisen. Da sich die Amtsblätter durch einen kompakten Aufbau auszeichnen, kann dieser Weg allerdings nur zur Vermittlung von Terminen und zum groben Umreißen von Themen genutzt werden.

Umfangreichere Postsendungen ergänzen das Informationsangebot und klären über das Klimaschutzkonzept, insbesondere über dessen Ziele und umgesetzte Maßnahmen auf. Es besteht die Möglichkeit kostenlose Broschüren der deutschen Energie-Agentur (dena), oder des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) beizufügen. Diese beiden Stellen sind beispielhaft für allgemeines Informationsmaterial angeführt und können durch weitere Institutionen ergänzt werden.

Schon bevor das Klimaschutzkonzept der Gemeinde Gangelt erstellt worden ist, ist eine Maßnahme zur Reduzierung des Stromverbrauchs der öffentlichen Straßenbeleuchtung umgesetzt worden. Durch eine zeitlich festgelegte Abschaltung der Straßenbeleuchtung steht diese Maßnahme beispielhaft für ein Projekt, das sich auf sehr viele Bürger auswirkt. Bürgerbriefe bieten hier die Möglichkeit ein breites Feedback der Bevölkerung zu erhalten, sofern ein Antwortschreiben vorgesehen ist. Dadurch wird die Intention und der Nutzen einer Maßnahme erklärt, die anschließend jeder Bürger bewerten kann. Durch diese Hintergrundinformationen steigt die Akzeptanz bei betroffenen Personen tendenziell an [Abbildung 79].

In Abstimmung mit dem Energieversorger, hier der NEW AG, ist das Versenden von Energieabrechnungsvergleichsdaten denkbar. Durch Angabe von Durchschnittsverbrauchsdaten lässt sich der persönliche Energieverbrauch bewerten. Angebote des Energieversorgungsunternehmens entfalten beim Mitwirken und der Unterstützung durch die Gemeinde größere Wirkung. Ein gemeinsamer Auftritt bei der Bürgerinformation ist daher vorteilhaft.

Bürgerbriefe bieten zusätzlich eine geeignete Plattform um ausführlich auf Termine oder Aktionen hinzuweisen und Anlaufstellen innerhalb der Gemeinde vorzustellen. In diesem Zusammenhang ist eine Berichterstattung zur Arbeitsaufnahme des Klimaschutzmanagers zu erwähnen.

Unternehmen haben eine andere Verbrauchssituation als private Haushalte und werden daher separat angesprochen. Hier sind Themenfelder wie z.B. Büro- und Hallenbeleuchtungskonzepte, effiziente Wärme- und Kälteerzeugung oder die Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung anzusprechen.

Durch den relativ geringen Anteil von gewerblichen Verbrauchern in Gangelt, ist die zu erreichende Wirkung im privaten Sektor jedoch höher einzuschätzen und sollte priorisiert werden.

Die inhaltliche Gestaltung, Koordinierung und Auswertung der Bürgerbriefe und anderweitigen Informationsmaterials übernimmt der Klimaschutzmanager. Alle schriftlichen Inhalte werden genauso wie die Amtsblätter in elektronischer Form auf der Homepage der Gemeinde hinterlegt. Der Benutzer findet an dieser Stelle zusätzliche Hinweise und Links zu den Stellen, auf die in den Informationsmaterialien Bezug genommen wird. Falls es der administrative Aufwand zulässt, kann der Versand aller Broschüren und Formulare wahlweise auch per E-Mail eingerichtet werden. Dadurch werden Versandkosten genauso wie große Papiermengen vermieden.

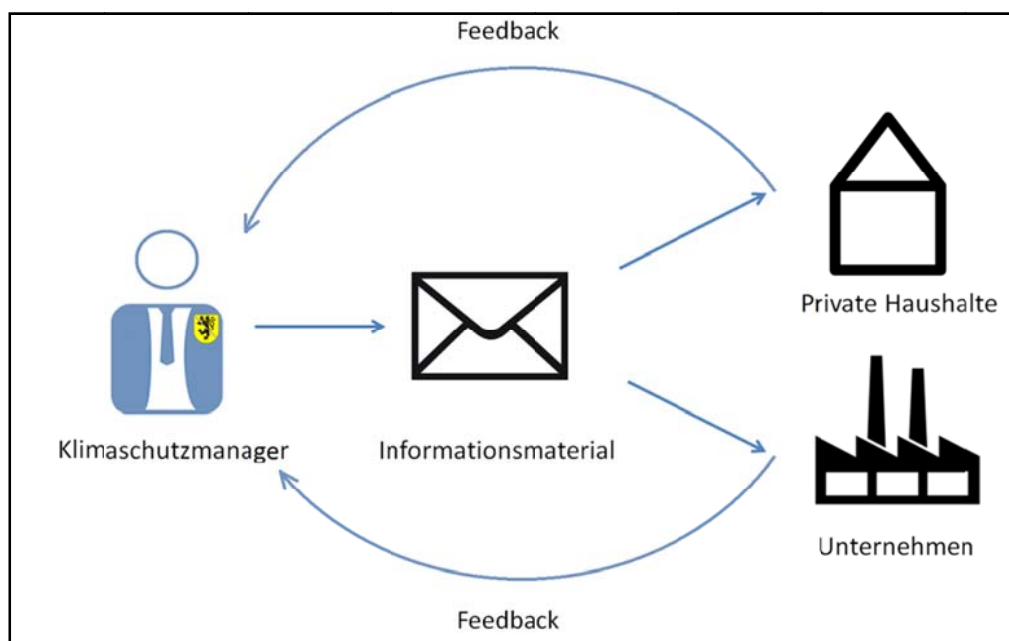


Abbildung 79: Bürgerbriefe und Informationsmaterialien

5.5.4 Nutzung öffentlicher Flächen zu Werbezwecken

Um die mediale Präsenz der Klimaschutzaktivitäten weiter auszubauen, können öffentliche Flächen zu Werbezwecken genutzt werden. Schaukästen in und vor Gebäuden werden mit dem jeweils aktuellen Informationsmaterial bestückt. An hochfrequentierten Stellen, die bisher nicht für Werbezwecke genutzt werden, kann die Montage weiterer Schaukästen oder Plakatwände erfolgen.

Die Gemeinde verfügt durch die zentrale Lage vieler ihrer Gebäude über eine kostengünstige Möglichkeit, visuelle Aufmerksamkeit zu generieren. Wenn die vorhandenen Flächen nicht durch die Gemeinde selbst genutzt werden, können diese lokalen Unternehmen zur Verfügung gestellt werden. Im Optimalfall wird an diesen Stellen für Produkte und Dienstleistungen geworben, die in Zusammenhang mit den Klimaschutzprojekten der Gemeinde stehen. Im Sinne eines fairen Wettbewerbs der Unternehmen ist jedoch auf eine Gleichbehandlung aller Werbeinteressenten zu achten. Es ist eine geringe Vergütung für die Werbeflächen vorgesehen, die auf verschiedene Weise erfolgen kann. Eine vollkommen kostenlose Bereitstellung ist nicht vorgesehen, da durch die Instandhaltung und den Betrieb Kosten anfallen, die nicht von der Gemeinde getragen werden sollten. Eine pauschale Miete bietet sich daher genauso an wie die Übernahme der Betriebs- und Instandhaltungskosten durch das werbende Unternehmen. Investitionskosten durch die Montage neuer Werbeträger werden durch die Unternehmen übernommen. Die Werbeträger kommen jedoch in kommunalen Besitz. Durch vergünstigte Mietpreise oder eine Reduzierung des Anteils an den Betriebs- und Instandhaltungskosten werden die Investitionskosten der Unternehmen über die Laufzeit des Mietverhältnisses ausgeglichen.

Um Werbebotschaften richtig zu vermitteln, sind klare Botschaften an eine vorher bestimmte Zielgruppe zu versenden. Hierbei ist auf die richtige Dosierung der Werbemaßnahmen zu achten. Mediale Überpräsenz kann zu einer Abstumpfung gegenüber den Werbebotschaften und eine zu hohe Konzentration von Plakaten zu einer negativen Beeinflussung des Stadtbildes führen.

5.5.5 Energie- und CO₂-Minderungspotential

Die tatsächliche Energie- und CO₂-Einsparung lässt sich im Vorhinein nur schwer bestimmen. Ob die Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenspiel mit einem Klimaschutzmanager als zentralem Organ die gewünschten Effekte und Einsparungsziele erreicht, ist von vielen Faktoren abhängig. Jeder Mensch hat eigene Vorstellungen über seine Lebensgestaltung, aus der vielfältige Prioritäten resultieren. Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wird auf verschiedene Bereiche eingegangen, um möglichst viele Menschen zu erreichen. Inwieweit das Mitwirken jedes einzelnen initiiert werden kann ist zu diesem Zeitpunkt allerdings noch ungewiss.

Nachfolgend werden Zielvorgaben ermittelt, die zu entsprechenden Energie und Treibhausgasminderungen führen. Die drei Säulen der Öffentlichkeitsarbeit, namentlich der Klimaschutzmanager, Bürgerbriefe und Informationsmaterialien sowie die Nutzung

öffentlicher Flächen zu Werbezwecken werden hierbei als Einheit betrachtet. Welche konkreten Einsparungen jede dieser drei Bereiche im Einzelnen bewirkt ist nicht klar zu bestimmen. Sicher ist jedoch, dass alle Säulen nur in ihrem Zusammenspiel die maximale Wirkung entfalten.

Die Maßnahmen werden im Hinblick ihrer Wirkung auf den Strom- und Wärmeverbrauch der Gemeinde Gangelt betrachtet. Anschließend werden die erwarteten Treibhausgaseinsparungen dargestellt.

Die Maßnahmen sollen gemeinsam zu einer stärkeren Verbreitung von Energiesparlampen und effizienten Haushaltsgeräten, der Vermeidung von Standby-Verlusten und der vermehrten Gebäudesanierung führen. Verbraucherinformationen zum richtigen Heizen und Lüften sorgen für zusätzliche Energieeinsparungen bei der Wärmeerzeugung.

Der gewerbliche Sektor wird an dieser Stelle nicht betrachtet, weil die Situation von Unternehmen zu Unternehmen stark variiert. Die Wirkung allgemeiner Maßnahmen ist nicht ohne weiteres auf diesen Sektor zu übertragen. Angesichts der geringen Anzahl von Unternehmen werden diese außen vor gelassen. Zudem führt der Kostendruck vieler gewerblicher Betriebe zu energetischen Optimierungen, die auch ohne Bemühungen der Gemeinde unternommen werden.

5.5.6 Verstärkter Einsatz von Energiesparlampen

Es wird davon ausgegangen, dass Teile der Leuchtmittel bereits durch Energiesparlampen ersetzt worden sind. Eine Energiesparlampe spart im Vergleich zu einer herkömmlichen Glühbirne 75 % Strom ein. Als anvisiertes Ziel gilt die Verdoppelung der Verbreitungsrate von Energiesparlampen innerhalb von drei Jahren nach Beginn der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes.

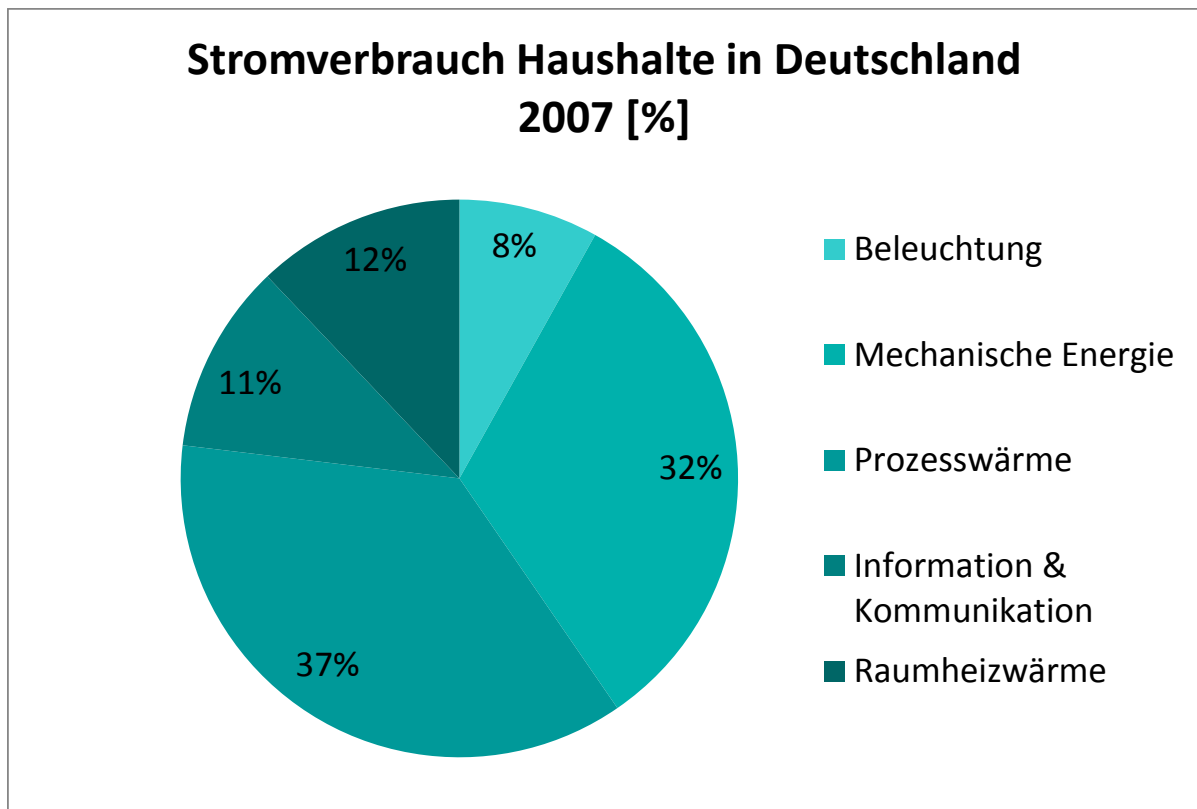
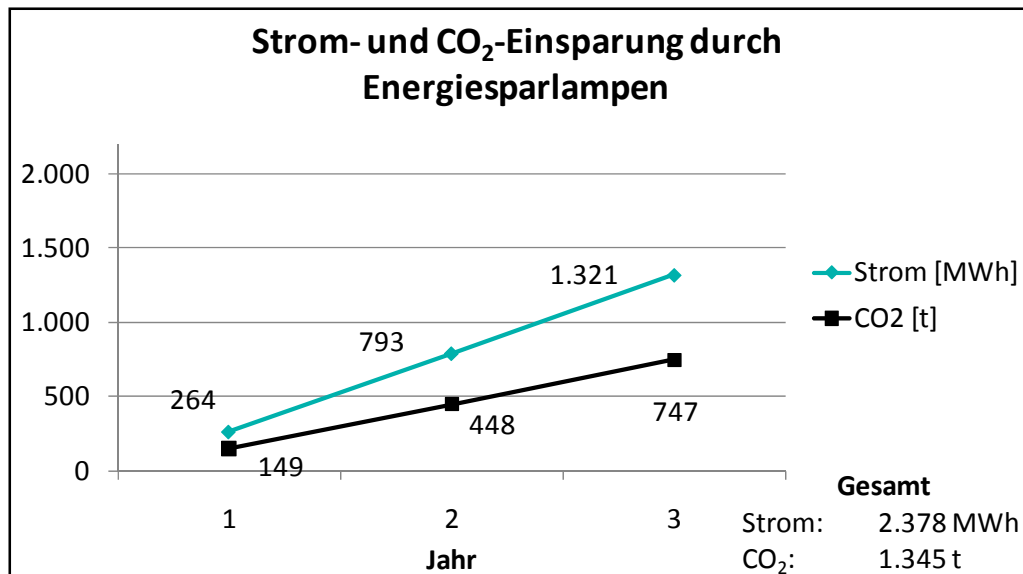


Abbildung 80: Stromverbrauch (51)

Haushalte nutzen im bundesdeutschen Durchschnitt 8 % des verwendeten Stroms für Beleuchtungszwecke [Abbildung 80]. Durch den hohen Anteil der Haushalte am Gesamtstromkonsum innerhalb der Gemeinde Gangelt, lässt sich durch den verstärkten Einsatz von Energiesparlampen eine Strommenge von ca. 2.400 MWh einsparen. Die vermiedene Strommenge führt zu einer CO₂-Emissionsreduzierung von rund 1.300 t [Abbildung 81].

Beide Angaben sind auf eine dreijährige Laufzeit bezogen. Der Zeitraum von drei Jahren liegt allen Betrachtungen in diesem Kapitel zu Grunde und richtet sich nach dem maximalen Förderungszeitraum des Klimaschutzmanagers. Auf die Kosten- und Fördersituation wird im anschließenden Kapitel eingegangen.

Die Stromeinsparungen steigen innerhalb des Zeitraums gleichmäßig an, da die Maßnahme erst zum Ende der Aktionszeit hin ihre volle Wirkung entfaltet. Diese Annahme wird bei allen folgenden Maßnahmen getroffen, um den im Laufe der Zeit stattfindenden Bewusstseinswandel und die allmähliche Verhaltensänderung auszudrücken. Zu Beginn der Umsetzung des Klimaschutzkonzeptes sind die Einsparungen daher noch relativ gering. Alle im Zusammenhang mit Energie- und CO₂-Einsparungen getätigten Aussagen beruhen auf statistischen Angaben und getroffenen Annahmen. Die in diesem und in den folgenden Kapiteln genannten Zahlen können in der Realität abweichen und sind daher als Richtwerte zu betrachten.

Abbildung 81: Strom- und CO₂-Einsparung Energiesparlampen

5.5.6.1 Effiziente Haushaltsgeräte

Der Ersatz alter Haushaltsgeräte durch neuere, effizientere Modelle bietet großes Einsparpotential. Ähnlich der Kalkulation zu den Energiesparlampen wird angenommen, dass bereits ein Teil der Haushaltsgeräte neueren Baujahrs ist. Innerhalb von drei Jahren soll jeder zweite Haushalt effiziente Waschmaschinen, Trockner, Geschirrspülmaschinen, Kühlschränke oder Tiefkühlgeräte besitzen. Ein neues Haushaltsgerät verbraucht nur die Hälfte der Strommenge, die ein älteres Modell benötigt.

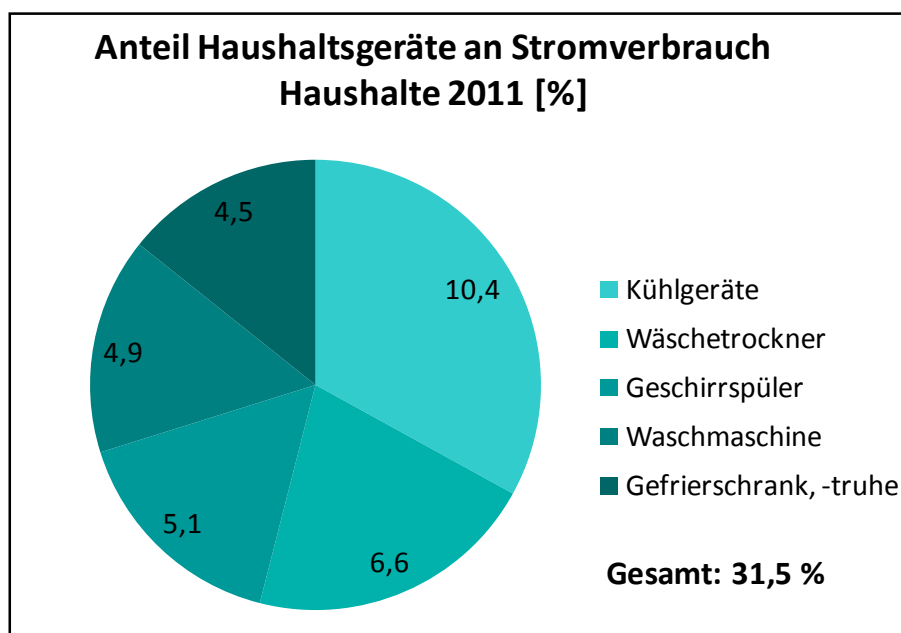


Abbildung 82: Anteil Haushaltsgeräte an Stromverbrauch (52)

Die in Abbildung 82 genannten Geräte verursachen gemeinsam 31,5 % des Stromverbrauchs der Haushalte

Abbildung 83 zeigt die Stromeinsparung durch den teilweisen Ersatz alter Haushaltsgeräte, der sich über drei Jahre auf insgesamt ca. 3.800 MWh beläuft.

Dieser Wert liegt über den Einsparungen durch Energiesparlampen. Der Anteil von Haushaltsgeräten am Gesamtstromverbrauch ist deutlich höher als der Anteil für Beleuchtung, die Einsparungen sind jedoch nur geringfügig größer. Als Begründung hierfür ist die im Vergleich zu den Haushaltsgeräten höhere Verbreitungsrate von Energiesparlampen zu nennen, die nach drei Jahren erreicht werden soll. Energiesparlampen sind relativ günstig in der Anschaffung und amortisieren sich bereits nach kurzer Zeit. Die Investitionen für neue Haushaltsgeräte sind hingegen höher, weswegen die Möglichkeit und die Bereitschaft zur Neuanschaffung niedriger anzunehmen ist.

Der eingesparten Strommenge entsprechend, belaufen sich die CO₂-Einsparungen über drei Jahre verteilt auf ca. 2.100 t [Abbildung 83].

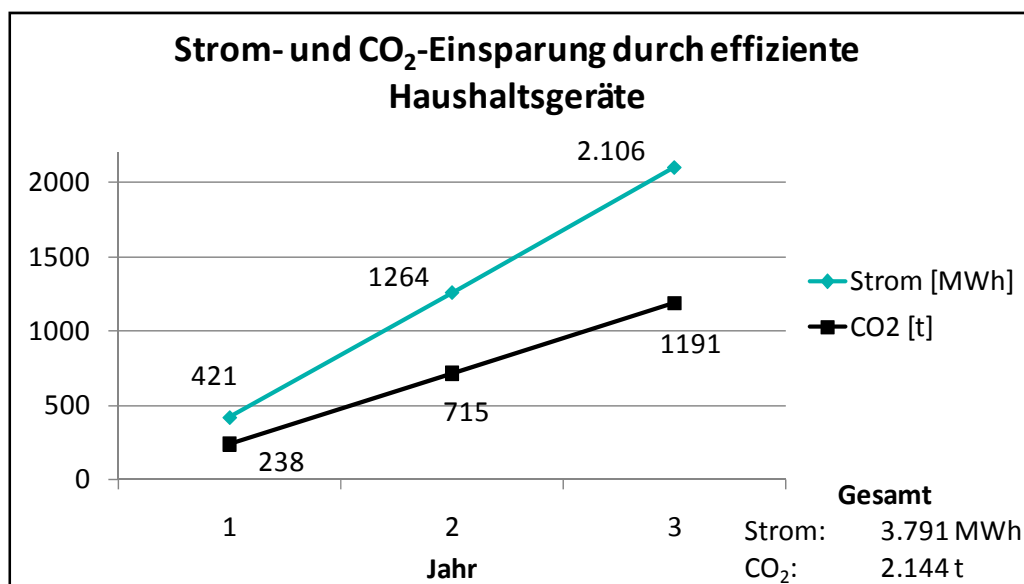


Abbildung 83: Strom- und CO₂-Einsparung Haushaltsgeräte

5.5.6.2 Reduzierung von Standby-Verlusten

Ein weiterer Punkt zur Reduzierung des Stromverbrauchs ist die Vermeidung von Standby-Verlusten. Diese treten bei elektrischen Geräten auf, die nach ihrem Betrieb nicht vollständig vom Stromnetz getrennt werden. Die meisten Geräte werden nur wenige Stunden täglich genutzt, verbrauchen aber 24 Stunden am Tag Energie. Werden die statistischen Werte der Standby-Verluste betrachtet, so geht eine nicht unerhebliche Strommenge verloren. Durch gezielte Aufklärung und Beratung können diese Verluste in Teilen vermieden werden.

Nach Angabe der Deutschen Energie Agentur belaufen sich die durchschnittlichen Standby-Verluste auf ca. 480 kWh pro Haushalt und Jahr. Wie bei den vorangegangenen Berechnungen werden auch hier Haushalte vorausgesetzt, die auf diesem Themenfeld bereits sensibilisiert sind. Nach dreijähriger Laufzeit wird die Höhe der Standby-Verluste um 50 % reduziert.

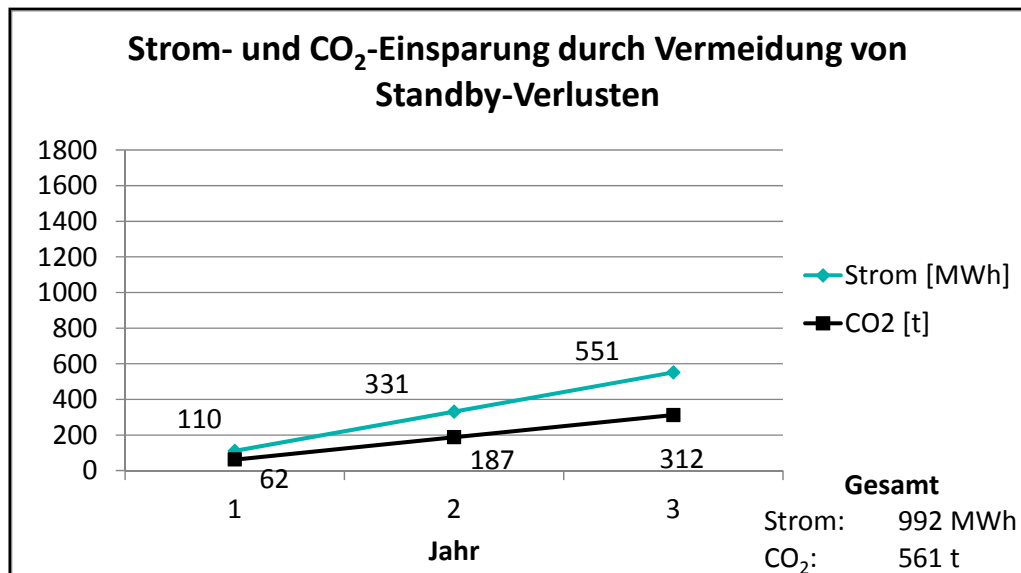


Abbildung 84: Strom- und CO₂-Einsparung Standby-Verlusten

Die Stromeinsparungen summieren sich über die Laufzeit auf annähernd 1.000 MWh. Dadurch wird eine CO₂-Emission von beinahe 600 t vermieden [Abbildung 84].

5.5.6.3 Wärmeeinsparung durch Altbausanierung

Viele Gebäude wurden vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung 1979 erbaut und sind großenteils ohne Gebäudedämmung errichtet worden. Ein Teil der Altbauten wurde im Laufe der Zeit saniert, die überwiegende Mehrheit verfügt allerdings noch immer über unzureichende Dämmung, alte Fenster sowie sanierungsbedürftige Heizungsanlagen. Wenn eine Gebäudesanierung aus nicht-energetischen Gründen ansteht, lässt sich diese mit energetischen Sanierungsmaßnahmen meist gut kombinieren. In vielen Fällen kann eine rein energetische Sanierung immer noch wirtschaftlich sinnvoll sein.

Altbausanierungen benötigen einen hohen Kapitaleinsatz und bedürfen einer gezielten Planung und Finanzierung. Durch Anreize der Bundesregierung über Förderprogramme soll die derzeitige Sanierungsquote von Altbauten gesteigert werden. Derartige Bemühungen der Bundesregierung werden durch das Klimaschutzkonzept in Gangelt aktiv weitergeführt.

Durch die gezielte Beratung des Klimaschutzmanagers als Bestandteil der Öffentlichkeitsarbeit, soll die Sanierungsquote von derzeit 1,3 % auf 2,6 % verdoppelt werden. Es ist zu beachten, dass nicht bei jedem Altbau alle in Frage kommenden Maßnahmen angewendet werden. In einigen Häusern ist z.B. nur der Austausch der Fenster

oder des Heizungssystems gewünscht. Die Berechnung des Einsparpotentials erfolgt daher mit Mittelwerten, die diesen Umstand berücksichtigen. Sanierungsmaßnahmen werden an Wohngebäuden bis zum Baujahr 1979 durchgeführt. Nach aktuellem Stand sind 30 % der Altbauten bereits saniert worden, sodass die meisten Altbauten für die Gebäudesanierungen in Frage kommen. Der Energieverbrauch zwecks Raumbeheizung soll nach der Sanierung auf 50 % des Ausgangswertes abgesenkt werden.

Durch gezieltes Werben für Altbausanierungen lassen sich nach der gesetzten Zielvorgabe 659 MWh Wärme in Form von Endenergie einsparen, was zu einer CO₂-Emissionssenkung von 132 t [Abbildung 85] über den dreijährigen Betrachtungszeitraum führt.

Die Altbausanierung bietet ein sehr hohes Potential zur Energieeinsparung, da ein großer Bestand an Altbauten besteht. Kurzfristig ist dieses Potential aber nicht in dem Maße zu nutzen, wie es bei den anderen untersuchten Handlungsfeldern der Fall ist. Wird der Betrachtungszeitraum über die drei Jahre hinaus ausgedehnt, fallen die Einsparungen durch die Altbausanierung deutlich stärker ins Gewicht.

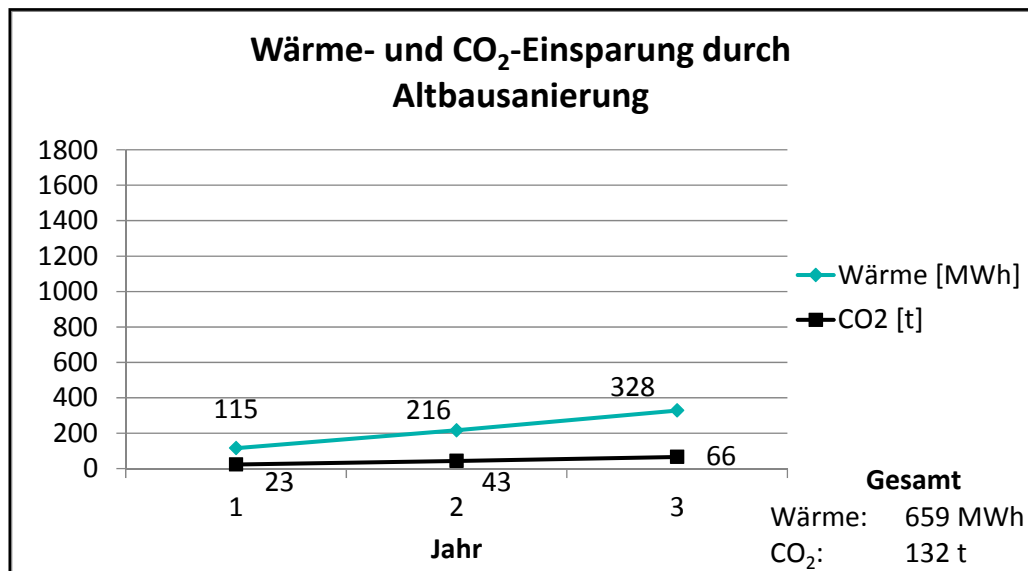
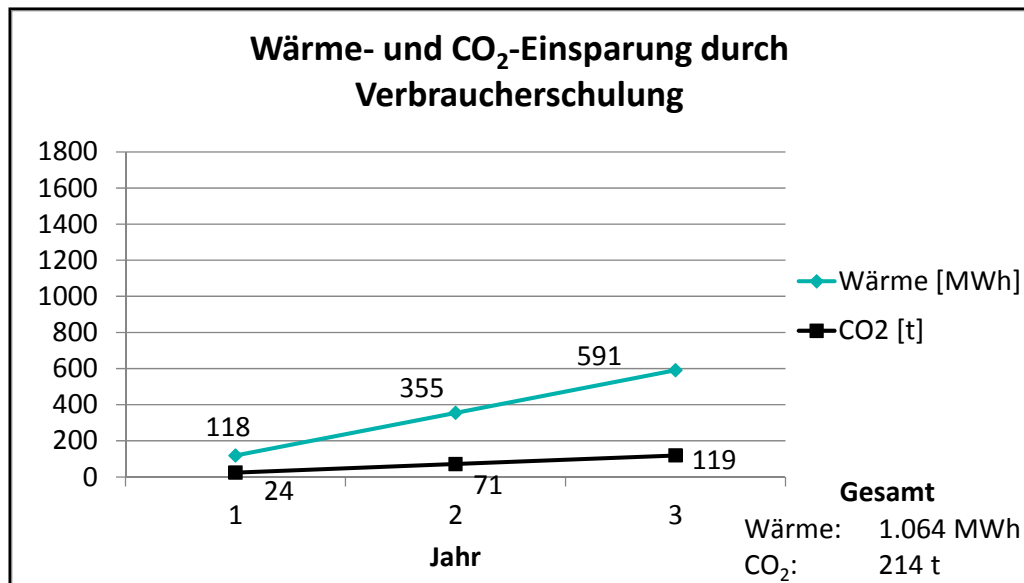


Abbildung 85: Wärme- und CO₂-Einsparung durch Altbausanierung

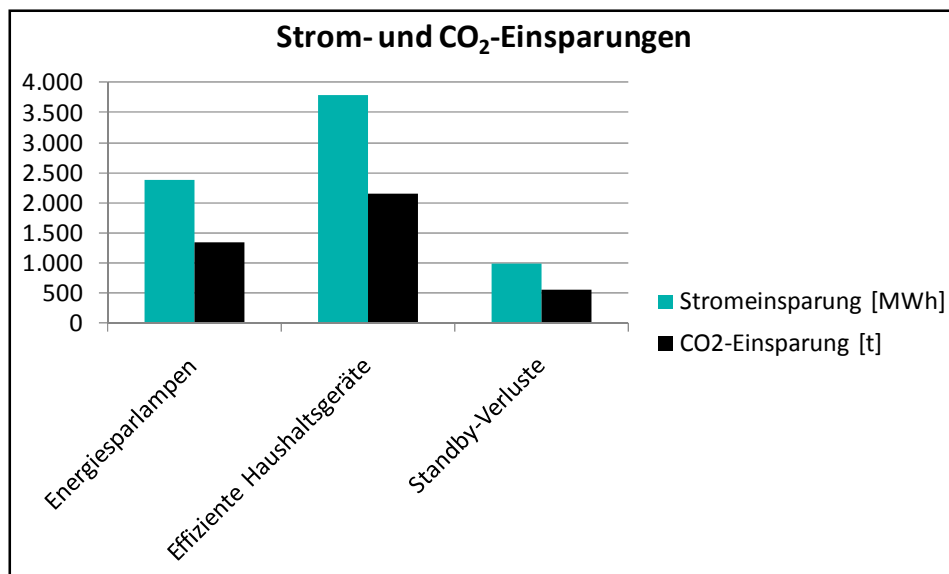
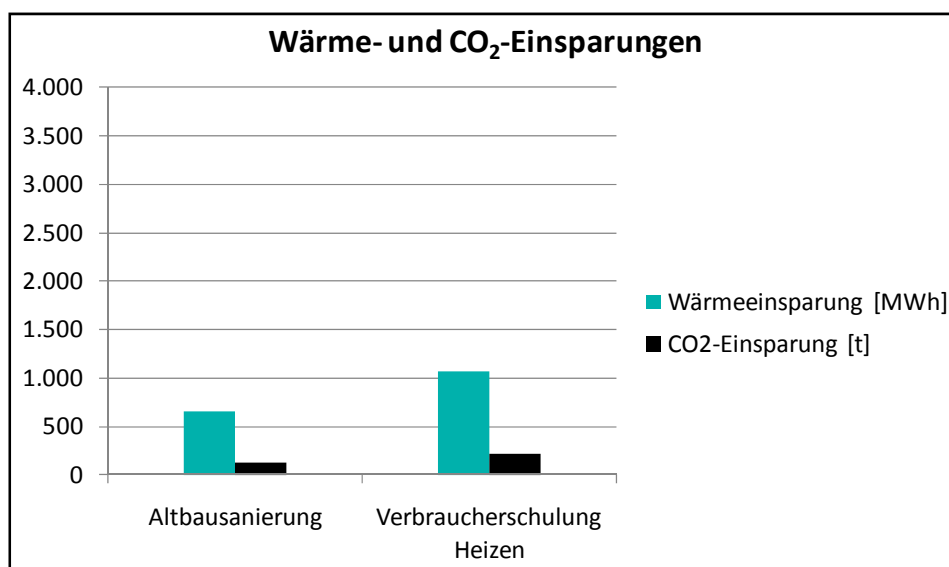
5.5.6.4 Wärmeeinsparung durch Verbraucherschulung

Als letzter Punkt wird das Einsparpotential durch Verbraucherschulungen im Bereich Heizen und Lüften untersucht. Bei richtiger Montage, Betrieb und Wartung von Heizkörpern lassen sich Teile der Heizenergie einsparen. Eine optimale Temperaturregelung und richtiges Lüften sorgen zudem für ein behagliches Wohnklima. Laut Zielvorgabe werden zusätzlich 10 % der Haushalte in Gangelt durch diese Informationskampagne erreicht. Bei richtiger Umsetzung der thematisierten Maßnahmen, lassen sich 10 % der Heizenergie einsparen. Abbildung 86 zeigt eine Wärmeeinsparung von über 1000 MWh, mit einer daraus resultierenden CO₂-Einsparung von ca. 200 t.

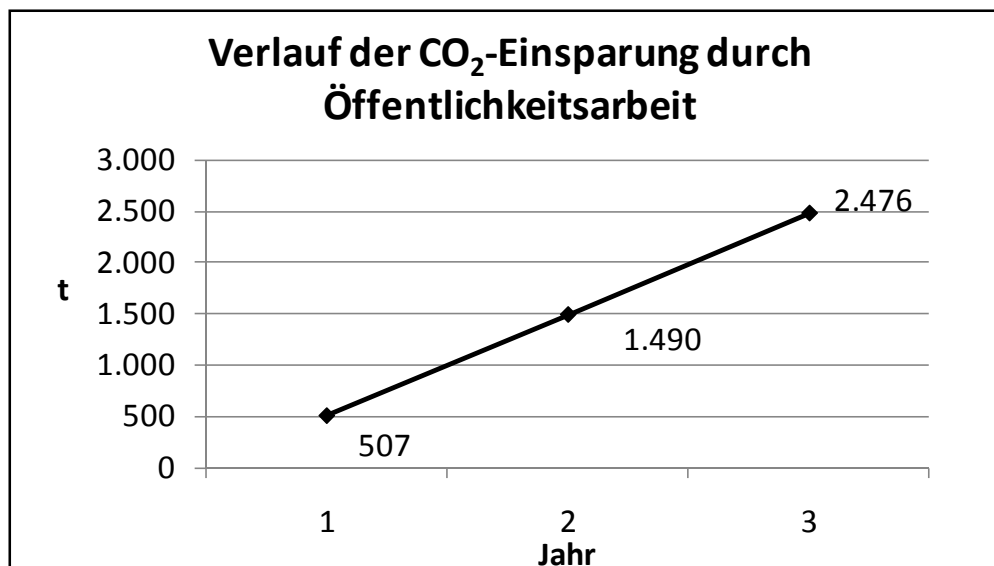
Abbildung 86: Wärme- und CO₂-Einsparung durch Verbraucherschulung

5.5.6.5 Übersicht Energie-und CO₂-Einsparpotential

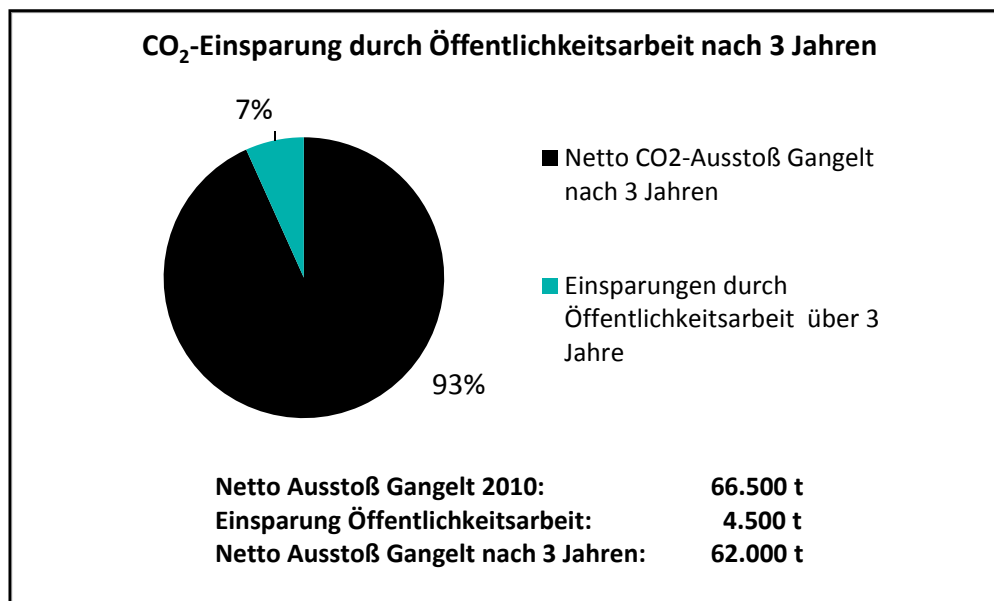
Zur besseren Vergleichbarkeit der verschiedenen Maßnahmen werden diese nochmals gegeneinander aufgetragen. Es wird zwischen Maßnahmen zur Strom- und Wärmeverbrauchsreduzierung unterscheiden. Der verstärkte Einsatz von Energiesparlampen und effizienten Haushaltsgeräten spart die größte Strommenge ein [Abbildung 87]. Im Bereich Wärme reduziert die Maßnahmen „Verbraucherschulung Heizen“ den Verbrauch am stärksten [Abbildung 88]. Bei der Stromproduktion wird im Vergleich zur Wärmeerzeugung mehr CO₂ pro Kilowattstunde freigesetzt, weswegen der sogenannte CO₂-Faktor von Strom höher ist als derjenige für die Wärmeerzeugung. Der unterschiedliche CO₂-Faktor erklärt die vergleichsweise niedrige Treibhausgaseinsparung der Maßnahmen zur Senkung des Wärmeverbrauchs.

Abbildung 87: Strom- und CO₂-EinsparungenAbbildung 88: Wärme- und CO₂-Einsparungen

Durch Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit lassen sich über drei Jahre ca. 7.200 MWh Strom und 1.700 MWh Wärme einsparen. Die Treibhausgasemissionen der Gemeinde Gangelt reduzieren sich um ca. 4.500 t CO₂. In Abbildung 89 ist der zeitliche Verlauf der CO₂-Einsparungen dargestellt. Er beträgt im ersten Jahr 507 t und steigert sich im letzten Jahr auf 2.476 t.

Abbildung 89: Verlauf CO₂-Einsparung

Wenn die Ziele der Öffentlichkeitsarbeit nach 3 Jahren erfolgreich umgesetzt worden sind, spart die Gemeinde ca. 7 % der CO₂-Emissionen im Vergleich zum Jahr 2010 ein [Abbildung 90].

Abbildung 90: CO₂-Einsparung Öffentlichkeitsarbeit

5.5.7 Kosten und regionale Wertschöpfung

Die im Zusammenhang mit der Öffentlichkeitsarbeit anfallenden Kosten bestehen hauptsächlich aus Ausgaben für den Klimaschutzmanager. Zahlungen, die durch das

Versenden von Bürgerbriefen entstehen, werden den Ausgaben für den Klimaschutzmanager zugeordnet, weil dieser die Koordination und Leitung der Maßnahme übernimmt. Die Bereitstellung öffentlicher Flächen zu Werbezwecken soll keine zusätzlichen Kosten für die Gemeinde verursachen und wird an dieser Stelle nicht thematisiert.

Durch die Umsetzung von Maßnahmen im Rahmen eines Klimaschutzkonzeptes wird ein großer Beitrag zum Klimaschutz geleistet. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit weist daher auf öffentliche Fördermittel hin, die zur Realisierung der erarbeiteten Konzepte beitragen. In diesem Kontext wird von der „fachlich-inhaltlichen Unterstützung bei der Umsetzung von Klimaschutzkonzepten“ gesprochen.

Wenn der Aufgabenumfang und die Komplexität der umzusetzenden Maßnahmen eine fachlich-inhaltliche Unterstützung rechtfertigen, wird ein Zuschuss von bis zu 65 % der zuwendungsfähigen Ausgaben geleistet. Der Förderzeitraum beträgt maximal drei Jahre. Aus diesem Grunde erstreckt sich der Betrachtungszeitraum einzelner Maßnahmen im vorangegangenen Kapitel ebenfalls über diese Zeitspanne.

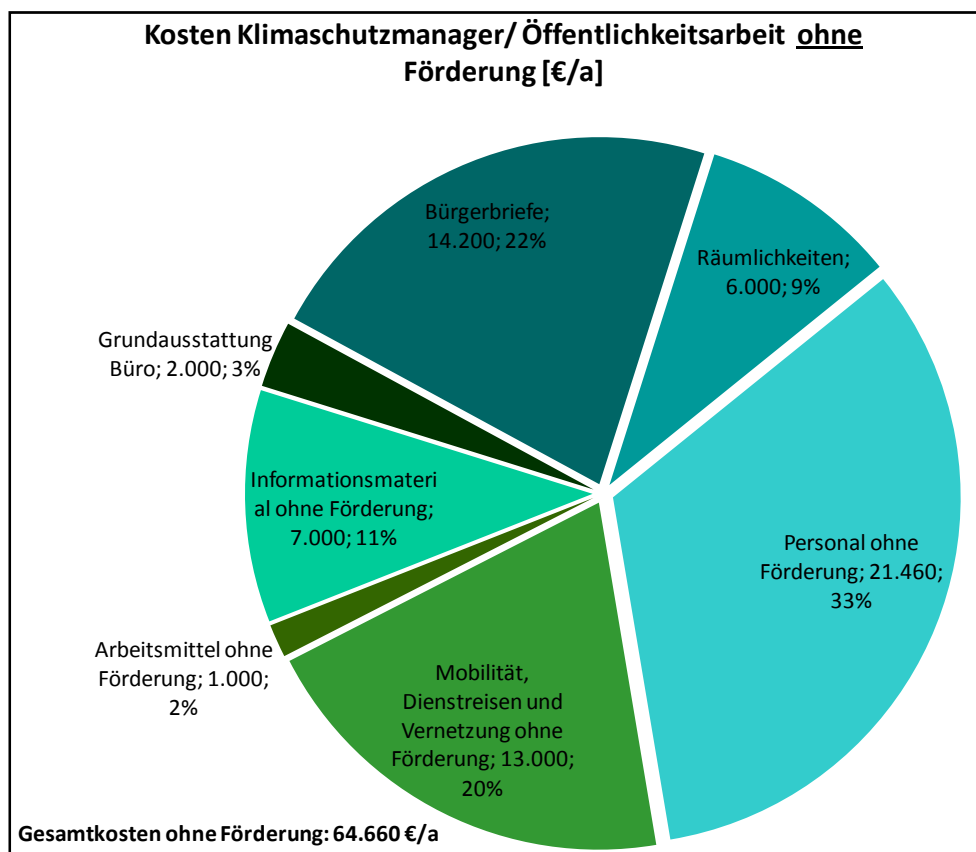


Abbildung 91: Kosten Klimaschutzmanager ohne Förderung

Aus Abbildung 91 ist ersichtlich, dass sich die jährlichen Kosten auf ca. 65.000 € belaufen. Die einzelnen Posten sind abgeschätzt und können im Einzelfall variieren. Die o.g. Zuwendungsfähigen Ausgaben bestehen aus Personalkosten, Kosten für Dienstreisen zur Vernetzung, Kosten für die Anschaffung von Arbeitsmittel und Ausgaben für

Informationsmaterial. Die Personalkosten entstehen durch eine Halbtagsstelle nach TVöD 10, die mit einem Anteil von 33 % den größten Anteil an den Gesamtkosten ausmacht.

Bei der Förderung des Klimaschutzmanagers stellt sich die Ausgabenverteilung wie folgt dar [Abbildung 92]:

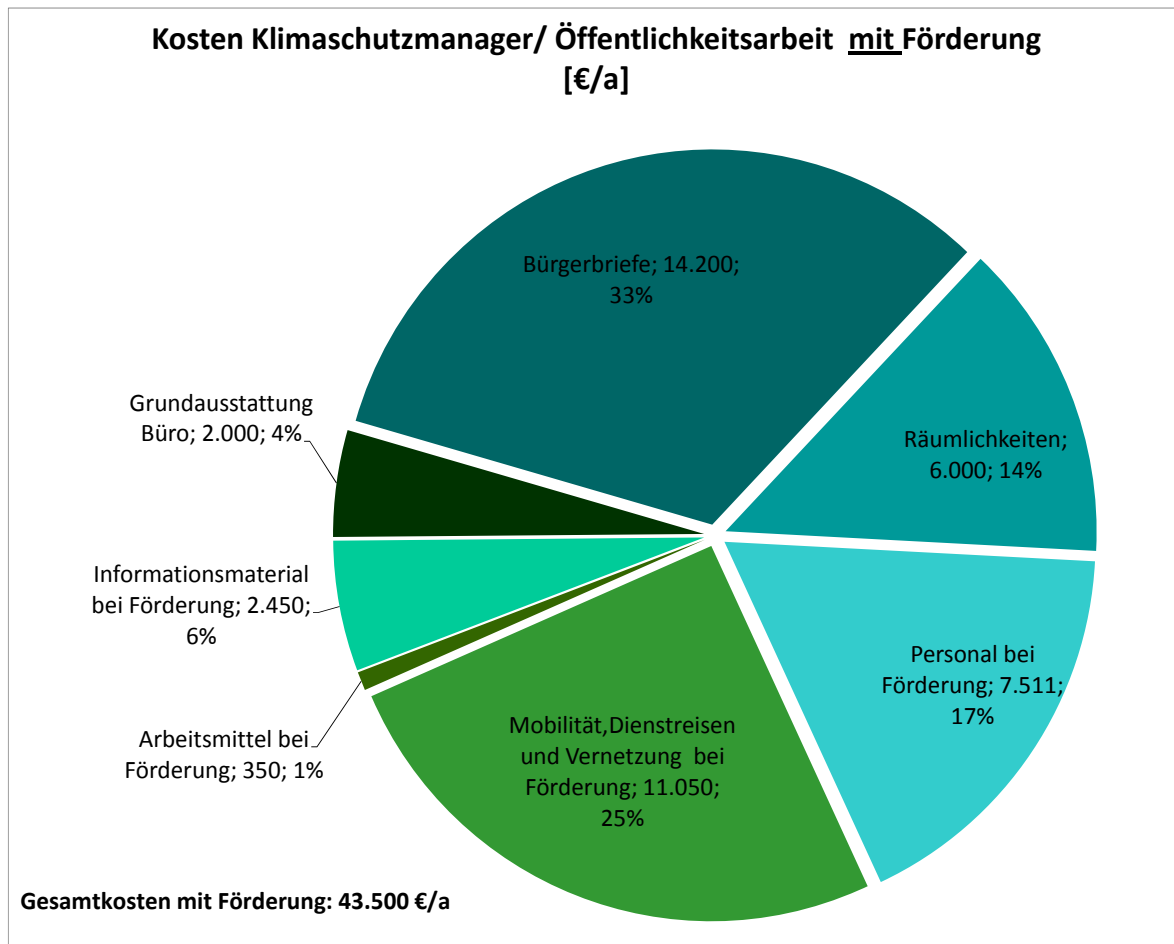


Abbildung 92: Kosten Klimaschutzmanager mit Förderung

Im Falle einer Förderung durch den Projektträger Jülich (PtJ) belaufen sich die Kosten auf ca. 44.000 €/a. Durch die Bezuschussung werden Kosten in Höhe von ca. 21.000 €/a übernommen, die hauptsächlich die Personalkosten des Klimaschutzmanagers reduzieren.

Den Kosten für die Öffentlichkeitsarbeit steht zusätzlich zu den vermiedenen Treibhausgasemissionen eine positive Auswirkung auf die regionale Wertschöpfung entgegen.

Wertschöpfung ist in ökonomischer Hinsicht die Transformation vorhandener Güter in Güter mit höherem Geldwert. Auf regionaler Ebene lässt sich die Wertschöpfung als Leistung der Gemeinde abzüglich der von außen bezogenen Vorleistung definieren. Demnach steigt die regionale Wertschöpfung, wenn sich die erbrachten Leistungen in der Gemeinde erhöhen, oder wenn sich die bezogenen Vorleistungen verringern.

Energieimporte sorgen z.B. zu einem Abfluss von finanziellen Mitteln aus der Gemeinde. Diese Mittel sind daher nicht mehr frei verfügbar und können nicht in die Region investiert

werden. Fließt hingegen zusätzliches Kapital in die Region, stimuliert dies die heimische Wirtschaft, welche über eine Leistungssteigerung die Wertschöpfung erhöht.

Im Folgenden wird der Geldwert der Einsparungen und der getätigten Investitionen ermittelt, mit dem anschließend der Einfluss auf die regionale Wertschöpfung abgeschätzt wird.

Die Steigerung der regionalen Wertschöpfung setzt sich aus vermiedenen Kosten für Strom, Erdgas und Heizöl, sowie zusätzlichen Ausgaben für Haushaltsgeräte und Altbausanierungen zusammen [Abbildung 93]. Die Einsparungen durch gesenkten Energieverbrauch werden nur teilweise der regionalen Wertschöpfung zugerechnet, da nicht klar ist ob diese Gelder für Investitionen innerhalb der Gemeinde genutzt werden. Ausgaben für Elektrogeräte und Altbausanierungen sind zwar direkte Investitionen, es ist jedoch anzunehmen, dass nicht alle Geräte und Dienstleistungen in der Gemeinde eingekauft werden.

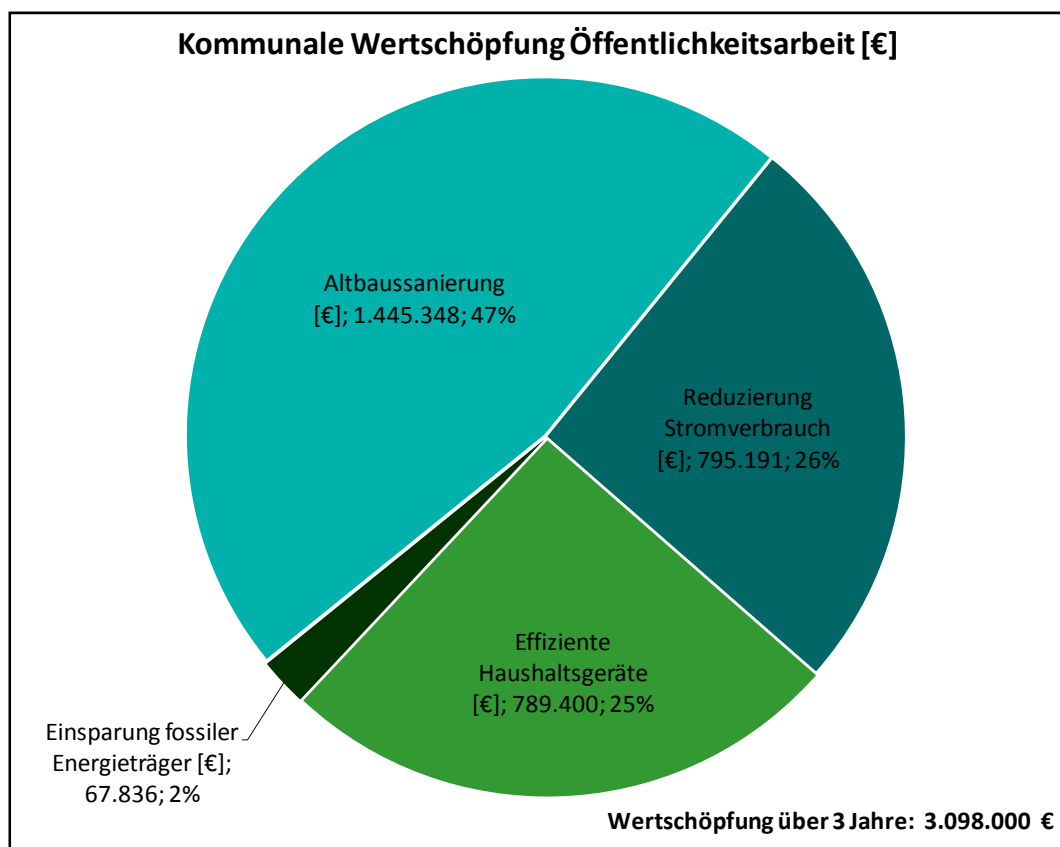


Abbildung 93: Abschätzung Wertschöpfung Öffentlichkeitsarbeit

Die regionale Wertschöpfung steigt im gleichen Maße wie die Energie- und CO₂-Einsparungen an und erreicht über einen Zeitraum von 3 Jahren einen Wert von ca. 3,1 Mio. € [Abbildung 94].

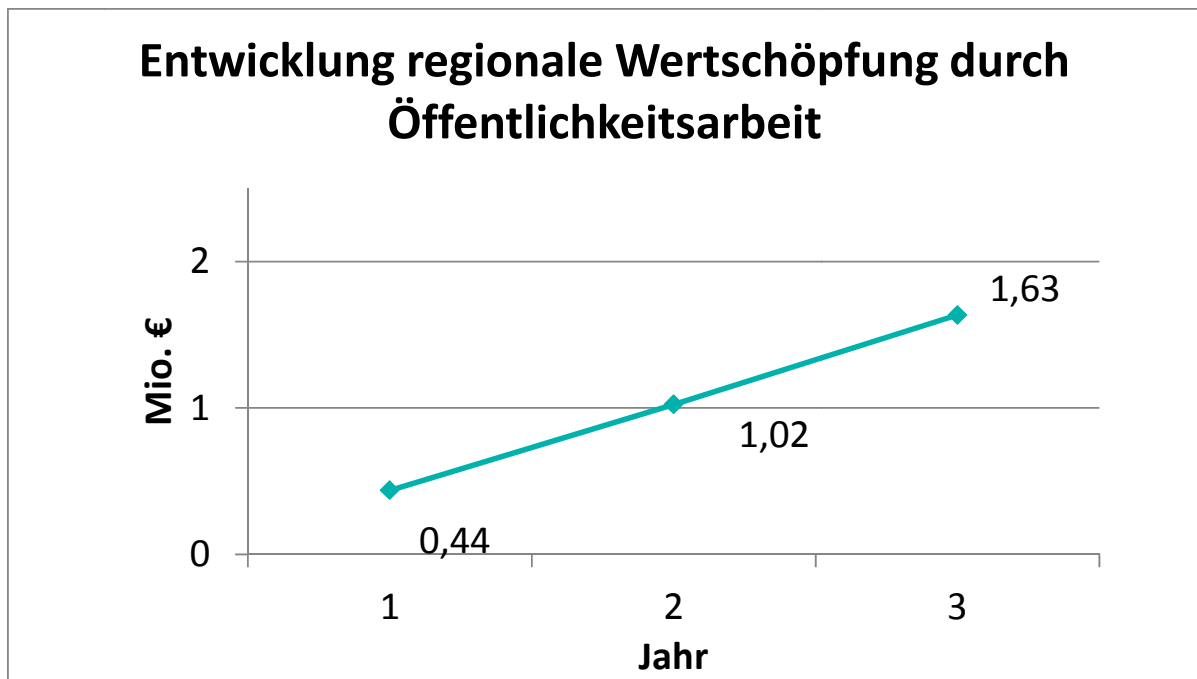


Abbildung 94: Entwicklung regionale Wertschöpfung

5.5.8 Übersicht Öffentlichkeitsarbeit

Zum Abschluss des Kapitels Energieeinsparung durch Öffentlichkeitsarbeit werden die wichtigsten Angaben nochmals kurz zusammengefasst. In Abbildung 95 werden Energie- und CO₂-Einsparungen, Kosten sowie regionale Wertschöpfung in der Ampel-Skala dargestellt. Um die Wirtschaftlichkeit aller Klimaschutzmaßnahmen untereinander zu vergleichen, werden die CO₂-Vermeidungskosten angegeben. Für die Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit betragen diese bei Förderung durch den Projektträger Jülich 9,68 € pro t CO₂. Der derzeitige Marktpreis der CO₂-Emissionsrechte beträgt ca. 6 €/t und liegt unter den CO₂-Vermeidungskosten der Öffentlichkeitsarbeit.

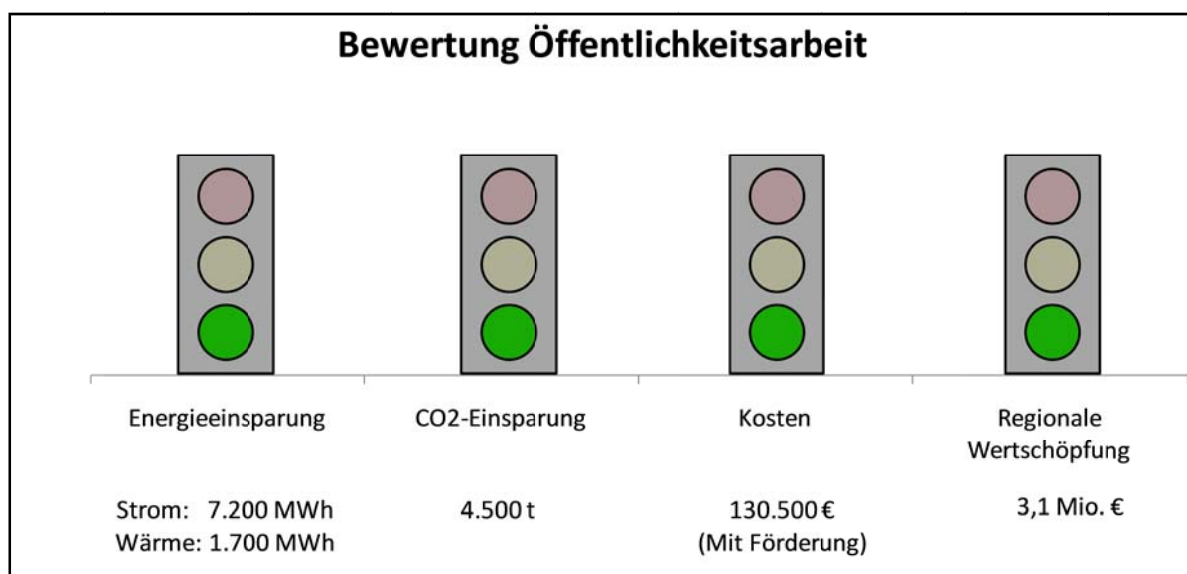


Abbildung 95: Bewertung Öffentlichkeitsarbeit

5.6 Nutzung regenerativer Energien, insbesondere von Umwelt- bzw. Abwärme durch Wärmepumpen

Bei der Nutzung der Regenerativen Energien stehen viele Möglichkeiten bereit diese umzusetzen. Hier werden zum einen ein Leitfaden für die Erstellung eines Solarkatasters und zum andern die Nutzung von Umwelt- beziehungsweise Abwärme durch Wärmepumpen (Erstellung eines Geothermiekatasters) beschrieben.

Für die Erstellung eines **Solarkatasters** spielen viele Faktoren eine wichtige Rolle. Es werden die Faktoren aufgelistet, die zwingend notwendig sind, um eine Bewertung der Dächer durchzuführen. Es müssen bekannt sein:

- Dachfläche
- Neigung
- Ausrichtung
- Mögliche Verschattungen

Die Daten können entweder per Umfrage oder per Laserdatenerfassung ermittelt werden. Die Laserdatenerfassung hat sich heute in Großstädten (Düsseldorf (53), Hamm (54)) schon bezahlt gemacht. Bei einer kleinen Kommune wie Gangelt sind die Kosten jedoch gegen die einer Umfrage abzuwägen.

Anhand dieser Daten können gezielt Dachflächen ermittelt werden, die sich für eine Installation von PV-Anlagen eignen. Eine erste Bewertung der Dachflächen kann in drei Klassen unterteilt werden. Zum Beispiel.

- gut geeignet
- bedingt geeignet
- ungeeignet.

Bei Dachflächen, die nur bedingt geeignet sind, sollte eine Nachkalkulation, basierend auf realen Werten durchgeführt werden.

Im Bereich der **Umweltwärmenutzung** bietet sich die Erstellung eines Geothermiekatasters an. Folgende Daten müssen dazu bekannt sein:

- Bestandsdaten installierter Wärmepumpen, Erdsonden und Brunnen
- Ergiebigkeit in verschiedenen Tiefen (Oberflächennähe, 40 m, 60 m, 80 m und 100 m)
- Flächennutzungspläne
- Bodengutachten
- Mögliche Wärmeabnehmer

Anhand dieser Daten können Flächen analog zum Solarkataster bewertet werden. Dabei ist es wichtig, dass die verschiedenen Anlagen sich nicht untereinander beeinflussen, worunter die Ergiebigkeit leidet.

Die Abwärmenutzung im Kanalsystem sowie vom Wasserwerk ist nicht wirtschaftlich zu betreiben, da bei ersterem die Durchflussmengen zu gering und bei letzterem ein möglicher Wärmeabnehmer zu weit entfernt ist.

6 Controllingkonzept

Begleitend zu der Umsetzung der Klimaschutzmaßnahmen ist es unerlässlich die hier erstellte Energie- und CO₂-Bilanz auch in Zukunft weiter fortzuschreiben. Es wird empfohlen, die Bilanzierung mit der, für die Gemeinden kostenlosen; Software „ECO Region“ vorzunehmen. Eine Hauptaufgabe des Controllings wird es sein die initiierten Klimaschutzmaßnahmen auf deren Wirkung, Funktion und Erfolg hin zu analysieren und zu bewerten. Dies ist nicht nur wichtig um für eine breite Akzeptanz in der Öffentlichkeit und in der Politik zu sorgen, sondern auch für die kontinuierliche Fortführung des Klimaschutzprozesses als solchen. Weitere Aufgaben des Controllings werden die fortlaufende Begleitung der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen sein, sowie die Kommunikation der aufgearbeiteten Erkenntnisse. Nur durch ein ständiges Monitoring der Verbräuche und Einsparungen können umgesetzte Maßnahmen auf ihren Erfolg hin bewertet werden.

Die hier beschriebenen Maßnahmen zielen größtenteils auf eine Potenzierung durch ihre öffentliche Wirkung ab, wodurch eine öffentliche Darstellung der Ergebnisse der durchgeführten Klimaschutzmaßnahmen zwingend erforderlich ist. Durch die öffentliche Darstellung der Fort- aber auch Rückschritte unterstützt das Controlling effektiv auf lokaler Ebene den Klimaschutz dabei im Bewusstsein der Öffentlichkeit zu halten.

Das Controlling ermöglicht weiterhin auch einen Vergleich mit anderen Kommunen in der Region bzw. bundesweit. So kann ein weiter Anreiz geschaffen werden, den Klimaschutz in der Kommune weiter voran zu treiben.

Die Datenerhebung für die Fortführung der Energie- und CO₂-Bilanz wird eine Aufgabe des Klimaschutzmanagers sein. Weiterhin sind die erhobenen Daten so aufzuarbeiten und in einer Weise darzustellen, die für die breite Masse der Bevölkerung verständlich und zugänglich ist. Hier bietet das Internet eine gute Plattform. Zusätzlich zu der Präsentation im Internet, ist es sinnvoll die Ergebnisse zumindest teilweise über die örtlichen Printmedien zu verbreiten, um auch den Teil der Bevölkerung zu erreichen, der über keinen Internetzugang verfügt oder mit dem regelmäßigen Umgang mit dem Internet nicht in geeigneter Weise vertraut ist.

Des Weiteren stellt das Monitoring der Einsparergebnisse eine gute Entscheidungshilfe für weitere Planungen und energiepolitische Entscheidungen in der Gemeinde dar. Somit haben die Entscheidungsträger der Gemeinde schon im Vorfeld eine bessere Möglichkeit Klimaschutzmaßnahmen zu bewerten. Es ist zwischen „unmittelbaren“ und „mittelbaren“ Klimaschutzmaßnahmen zu unterscheiden. Hiermit sind einerseits direkt initiierte Maßnahmen gemeint, andererseits solche, die verschiedene Zielgruppen anregen, selbstständig Klimaschutzmaßnahmen durchzuführen. Im Bereich der „mittelbaren“ Maßnahmen ist eine genaue Zuordnung von Einsparungen aufwendiger.

Es ist absolut notwendig, im Vorfeld der Klimaschutzmaßnahme ein festes zu erreichendes Ziel zu definieren. Dabei ist darauf zu achten, dass nicht für alle Klimaschutzmaßnahmen die gleichen Maßstäbe gelten können. Im Bereich der Energieeinsparung an z.B. öffentlichen Gebäuden kann der Erfolg der Maßnahme an der Energiekosteneinsparung und der CO₂-Emissionseinsparung gemessen werden. Hingegen kann dieser Maßstab nicht dazu genutzt

Controllingkonzept

werden, um Klimaschutzmaßnahmen zu bewerten, die z.B. auf die Sensibilisierung von Bürgern abzielen. Hier kann ein Maß für die Bewertung der Maßnahme sein, wie viele Bürger an einer Informationsveranstaltung teilgenommen haben. In jedem Fall ist es wichtig, eine Bewertung durchzuführen und diese zu veröffentlichen.

Zum Fortschreiben der Energie- und CO₂-Bilanz ist es notwendig, die Werte der Energieverbräuche und der regenerativ erzeugten Energie des Gemeindegebietes zu erfassen. Die entsprechenden Daten müssen teilweise bei verschiedenen Institutionen angefragt werden. Nachfolgend wird ein Überblick über die zu erfassenden Daten und deren Bezugsquelle gegeben.

Einwohnerzahl:

Aussagen zur Einwohnerzahl kann die Gemeinde liefern. Dabei sollte Wert auf eventuell öffentlich ungezählte Einwohner gelegt werden. In der Gemeinde Gangelt hat sich gezeigt, dass Mitarbeiter des gemeindenahen NATO- Flughafens in öffentlichen Zählungen nicht berücksichtigt werden. Je nach Größenordnung der ungezählten Einwohner kann das Ergebnis verfälscht werden.

Erwerbstätige:

Die Anzahl und Aufschlüsselung der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten einer Region werden für die Gemeinde Gangelt über den Statistischen-Service-West mit Sitz in Düsseldorf bezogen. Wichtig ist, dass die Zahlen der Erwerbstätigen und die der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten unter Umständen deutlich voneinander abweichen können. Der für die Daten zuständige Ansprechpartner kann von der Agentur für Arbeit erfragt werden. Die Bundesagentur für Arbeit teilt mit, dass für die Bereitstellung der angefragten Daten je nach Aufwand Kosten anfallen können. Die Daten für die Gemeinde Gangelt waren für das Bilanzierungsjahr kostenlos.

Zugelassene Fahrzeuge:

Die Anzahl der in der Gemeinde zugelassenen Fahrzeuge können beim Straßenverkehrsamt eingeholt werden. Die vom Straßenverkehrsamt übermittelten Daten sind nach folgenden Kategorien aufgegliedert:

PKW → Personenkraftwagen

LKW → Lastkraftwagen

BUS → Bus

ZKW → Zugmaschinen, Sattelschlepper

KRD → Motorräder

ANH → Anhänger

SAH → Sattelzüge, Sattelaufleger

ZAH → PKW Anhänger

SFZ → Sonstige Fahrzeuge, z.B. Wohnmobile

Da Anhänger keine direkten Emissionen verursachen werden ANH, SAH und ZAH nicht weiter betrachtet. Für die Bilanzierung wurden folgende Bilanzgruppen unterschieden: Motorräder, Personenkraftwagen, Lastkraftwagen und Sattelschlepper. Auf diese vier Bilanzierungsgruppen müssen die von Straßenverkehrsamt gelieferten Daten aufgeteilt werden. Dazu müssen die sogenannten Sonderfahrzeuge aufgeteilt werden. Unter der

Controllingkonzept

Annahme, dass ein Großteil der Sonderfahrzeuge Wohnmobile sind bzw. der Sprinterklasse zugeordnet wird, kann die Zuordnung wie nachstehend dargestellt erfolgen:

Personenkraftwagen = PKW + 0,7 * SFZ

Lastkraftwagen = LKW + BUS + 0,3 * SFZ

Fahrleistung:

Die Fahrleistung wird beruhend auf statistischen Werten, die aus dem Programm „ECO Region“ entnommen werden können, und der zugelassenen Fahrzeuge berechnet. Dem liegen für die Bilanz 2010 folgende jährliche Fahrleistungen zugrunde:

PKW: 20.128.52 km/a

Motorräder: 2.896,68 km/a

LKW: 106.768,56 km/a

Dabei werden die nachfolgenden Verbräuche zugrunde gelegt:

Motorräder: 4,6 Liter Benzin auf 100 Kilometer

PKW: 7,9 Liter Benzin auf 100 Kilometer bzw. 6,8 Liter Diesel auf 100 Kilometer

LKW: 17,5 Liter Benzin auf 100 Kilometer bzw. 35,2 Liter Diesel auf 100 Kilometer

Strom:

Angaben zum absoluten Stromverbrauch der Gebäude und Infrastruktur können vom regionalen Netzbetreiber erfragt werden. Die für Gangelt erforderlichen Daten werden größtenteils von der NEW bereitgestellt. Die Energiemengen der einspeisenden regenerativen Anlagen, wie Photovoltaik, Biomasse, Blockheizkraftwerke und teilweise Windanlagen werden ebenfalls vom regionalen Netzbetreiber erfasst.

Allerdings ist speziell bei großen regenerativen Anlagen, die in Hochspannungsnetze einspeisen, darauf zu achten, dass nicht zwingend alle Anlagen vom regionalen Netzbetreiber erfasst werden. So speist beispielsweise der Windpark Breberen direkt in das übergelagerte Verteilernetz der RWE Power AG ein. Die Daten hierfür müssen entweder über den Anlagenbetreiber oder direkt bei der Netzgesellschaft unter Zustimmung des Betreibers abgefragt werden. Die Daten für den Windpark Breberen werden von der BMR energysolutions GmbH mit Sitz in Hückelhoven bereitgestellt.

Liefergebundene Rohstoffe:

Unter lieferungsgebundenen Rohstoffen werden die Rohstoffe verstanden, die zur Befeuerung von Heizungsanlagen verwendet und per Kraftfahrzeug angeliefert werden. Bei der Ermittlung der jährlichen verbrauchten Brennstoffmengen für private Heizungsanlagen müssen die Bezirksschornsteinfeger befragt werden, alternativ kann mit Durchschnittswerten gerechnet werden. Hierzu wird auf die Durchschnittsverbrauchswerte der gasbeheizten Gebäude in Gangelt zurückgegriffen. Die durchschnittlichen Gasverbräuche werden mit den Einwohnerzahlen der Gemeinde hochgerechnet. Es wird davon ausgegangen, dass alle Haushalte, die nicht mit Gas, Holz, Geothermie, Solarthermie oder Wärme aus einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage versorgt werden eine Ölheizung installiert haben. Die kommunalen Gebäude der Gemeinde Gangelt werden derzeit nicht mit liefergebundenen Brennstoffen beheizt.

Erdgas:

Der Erdgasbedarf der Gemeinde kann über den Gasgrundversorger, die EWW Energie- und Wasser-Versorgung GmbH, abgefragt werden.

Fernwärme:

2010 war die einzige Fernwärmeversorgung im Bereich des Maria Hilf Hospitals, das an die Biogasanlage der Firma Biogans GmbH gekoppelt ist. Die erforderlichen Daten können bei der Biogans GmbH erfragt werden. Mittlerweile sind weitere Biogasanlagen in Betrieb, hier müssen die gelieferten Wärmemengen beim Betreiber oder gegebenenfalls auch beim Netzbetreiber abgefragt werden.

Holz:

Die eingesetzten Mengen an Holz sind nicht exakt zu bilanzieren, da dafür alle Haushalte mit Holzöfen nach der jährlich eingesetzten Brennstoffmenge gefragt werden müsste. Aus diesem Grund werden statistische Werte angenommen.

Vom DHWR Deutscher Holzwirtschaftsrat e.V. kann die in der gesamten Bundesrepublik eingesetzte Brennholzmenge erfragt werden. Diese wird über die Bevölkerungszahl der Bundesrepublik auf den einzelnen Bürger zurück gerechnet, anschließend mit einem Korrekturfaktor von 80% belegt und mit der Einwohnerzahl von Gangelt auf das Gemeindegebiet hochgerechnet. Der Faktor von 80% soll die proportionale Umrechnung der Brennstoffmenge korrigieren, da die Annahme getroffen wird, dass in waldreichen Regionen mehr Holzöfen betrieben werden als in Gangelt.

Umweltwärme:

Umweltwärme kann insbesondere durch Erdsonden und Wärmepumpen genutzt werden. Da die meisten Sonden weniger als 100 m tief sind, können die Angaben hierzu von der unteren Wasserbehörde erfragt werden.

Sonnenkollektoren:

Die Gesamtflächen aller auf dem Gemeindegebiet installierten Solarthermie-Kollektorflächen können von der Energieagentur NRW erfragt werden.

Abfall:

In Gangelt wurden 2010 kommunale Abfälle nicht energetisch genutzt. Die Abfälle wurden in die Niederlande zur weiteren Verwertung und Entsorgung gebracht.

7 Handlungsempfehlung

Als Empfehlung wird die Erstellung und Fortführung einer Datenbank für Verbrauchsdaten sowie Energie- und CO₂-Bilanzen ausgesprochen.

Aus der Maßnahme Öffentlichkeitsarbeit geht hervor, dass eine Stelle für einen Klimaschutzmanager/Energieberater sinnvoll ist und großes Einsparpotential beinhaltet. Über die Einrichtung einer solchen Stelle sowie die Beantragung von Fördermitteln sollte in den politischen Gremien beraten und entschieden werden.

Zu den Maßnahmen „Energienutraler Ortsteil Schümm“ und „Energienutrales Schulzentrum Gangelt“ sind weitere differenzierte Detailanalysen notwendig. Darunter fallen auch die Aufnahme detaillierter zeitlicher Strom- und Wärmebedarfe. In Abstimmung mit den politischen Entscheidungsträgern liegt dann die Entscheidung über die Durchführung der einzelnen Maßnahmen.

Eine weitere Empfehlung ist die Umsetzung der Einsparmaßnahmen sowie der Ausbau der regenerativen Energien.

Ein Ratsbeschluss über das Klimaschutzkonzept noch in diesem Jahr ist empfehlenswert.

8 Literaturverzeichnis

1. **Agentur für Erneuerbare Energien e.V.** *Der volle Durchblick in Sachen Bioenergie.*
2. **Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.** Bonn : Pressestelle, 2012.
3. **NEW.** s.l. : NEW Netz GmbH - Verwaltung, 2011.
4. **Offel, Tobias.** www.energiesparen-im-haushalt.de. [Online] 2012.
5. **Maps, Google.** <https://maps.google.de/maps?hl=de>. [Online] 2012.
<https://maps.google.de/maps?hl=de>.
6. **UMSICHT.** www.nahwaerme-forum.de. [Online] Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, 2012.
7. **NRW, Geologischer Dienst.** Geothermieatlas. [CD]. 2004. 2. Auflage.
8. **Rebmann A, Rebmann T.** www.lampenwelt.de. [Online] Lampenwelt GmbH & Co. KG, 2012.
9. **UBA.** www.umweltbundesamt.de. [Online] 2012.
10. **Stiftung Warentest.** www.test.de. [Online] Stiftung Warentest, 1/ 2012.
11. **Bodenhaupt, Dipl.Ing. Frank.** <http://www.strassenlicht.de>. [Online] 2012.
12. **ENERCON.** www.enercon.de. [Online] 2012.
13. **Hallenga, Uwe.** www.kleinwindanlagen.de. [Online] 2012.
14. **Hirschl, Bernd et al.** *Kommunale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien.* Institut für ökologische Wirtschaftsforschung IÖW. Berlin : s.n., 2010.
15. **windcomm.** *Leitfaden Bürgerwindpark - MehrWertschöpfung für die Region.* Schleswig Holstein : Netzwerkagentur Windenergie, 2012.
16. **www.energie.de.** Energielexikon. [Online] 26. Juni 2012. [Zitat vom: 12. 06 2012.] <http://www.energie.de/lexikon/erklaerung/energieneutral.html>.
17. **Tholen, Bernhard und Corsten, Herbert.** Gesamtschule Selfkant. [Online] 28. Juni 2012. [Zitat vom: 28. Juni 2012.] <http://www.gesamtschule.selfkant.de/>.
18. **Feist, W.** Passivhaustagung. [Online] Passivhaus Institut, 2007. [Zitat vom: 20. 08 2012.] www.passivhaustagung.de/passivhaus_D/Passivhausfenster_06.htm.
19. **Weck, J.** Weck Glasstein Technisches Handbuch. [Online] J. Weck GmbH & Co. KG, 2002. [Zitat vom: 20. 08 2012.] www.weck.de/BG_Technisches_Handbuch.pdf.
20. **Gangelt, Gemeinde.** *Baumaßnahmen zur energetischen Sanierung der Schulen.* Gangelt : Gemeinde Gangelt, 2012.

21. **Gangelt, Rathaus.** *Energiedatensätze.* Gangelt : s.n., 2009.
22. **4.7, Gemis.** *Gas-Heizung-DE-2010.* s.l. : Gemis, 2010.
23. —. *Benzin-Mix-DE-2010 (inkl. Biokraftstoffe).* s.l. : Gemis, 2010.
24. —. *El-KW-Park-DE-2010.* s.l. : Gemis, 2010.
25. —. *Benzin-bleifrei-DE-2010 (inkl. Biokraftstoffe).* s.l. : Gemis, 2010.
26. **EnEV.** *enev_2009_anlage_02_anforderungen_nichtwohngesbaeude.* 2009.
27. **BMU.** *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien.* s.l. : BMU, 2011.
28. **Institut, Passivhaus.** *Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude.* Darmstadt : Passivhaus Institut, 2010.
29. —. *Die 5 passivhaus-Grundprinzipien.* Darmstadt : s.n.
30. **Ingenieure, Verein Deutscher.** *VDI 3807 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude.* Düsseldorf : Verein Deutsche Ingenieure e.V., 2007.
31. **kfw.** KfW Bankgruppe | Energieeffizient Sanieren - Kommunen. [Online] kfw. [Zitat vom: 30. 07 2012.]
http://www.kfw.de/kfw/de/Inlandsfoerderung/Programmuebersicht/Energieeffizient_Sanieren_-_Kommunen/index.jsp.
32. **solutions, bmr energy.** *Photovoltaikanlage Gangelt.* Gangelt : www.bmr-energy.de, 2007.
33. **Häberlin, Heinrich.** *Gesamtwirkungsgrad von PV-Wechselrichtern.* 2005.
34. **4.7, Gemis.** *Solar-PV-multi-Rahmen-mit-Rack-DE-2010.* s.l. : Gemis, 2010.
35. **NRW, Ministerium für Klimaschutz.** *Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung.* 2011.
36. **Wetterdienst, Deutscher.** *Jahresmittel der Windgeschwindigkeiten 10m über Grund.* Offenbach : DWD Abteilung Klima- und Umweltberatung, 2004.
37. **Energietechnik, RS.** *Windkraftanlagen RS Energietechnik.* [Online] RS-Energietechnik, 2012. [Zitat vom: 20. 08 2012.] http://www.rs-energietechnik.de/cms/upload/Roger/Windkraft/PDF_zum_download/S_ENERGY-ALE.pdf.
38. **4.7, Gemis.** *Wind-KW-Park-gross-DE-2010.* s.l. : Gemis, 2010.
39. **Dahlhoff, Arne.** *Landwirtschaftskammer.de.* [Online] 27. 04 2012. [Zitat vom: 09. 08 2012.]

<http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/technik/biogas/veroeffentlichungen/biogas-in-nrw.htm>.

40. **buzer.de**. EEG §27 Biomasse. 2008.

41. **Schulteis, Josef**. Lastgangdaten Haupt- und Realschule. Stolberg : EWV, 2012.

42. **4.7, Gemis**. Biogas-Mais/Gülle-BHKW-GM 500-DE-2010-th/en. s.l. : Gemis, 2010.

43. **StMUGV**. Oberflächennahe Geothermie. [Online] StMUGV, 2005. [Zitat vom: 22. 08 2012.] <http://www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Geothermie.pdf>.

44. **Energietechnik, Ebner**. Wärmepumpen. [Online] Ebner Energietechnik. [Zitat vom: 21. 08 2012.] <http://www.solartechnik.it/grafiken/waermepumpen.pdf>.

45. **Willms, Norbert**. Grünschnittmengen. Gangelt : Gemeinde Gangelt, 2012.

46. **Baur, Prof. Dipl.-Ing. Frank**. Grünschnittverwertung. Saarbrücken : IZES gGmbH, 2012.

47. **Solar, BSW**. Preise für Photovoltaikanlagen. [Online] Solaranlagen-Portal, 02 2012. [Zitat vom: 14. 08 2012.] <http://www.solaranlagen-portal.com/photovoltaik/kosten/preise>.

48. **BMU**. Einspeisevergütung nach EEG 2012. [Online] EEG, 2012. [Zitat vom: 13. 08 2012.] http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_2012_verguetungsdegressi on_bf.pdf.

49. **ASUE**. BHKW Kenndaten 2011. Berlin : ASUE, 2011.

50. **Difu**. [Online] 2012.

51. **AG, Energiebilanzen**. [Online] IfE/TU München.

52. **Energie Agentur NRW**. Beispiel für Sanierung Einfamilienhaus. [Online] [Zitat vom: 23. Juli 2012.] [http://www.energieanalytik.de/media/Sanierungsbeispiel\\$20EFH\\$201950.pdf](http://www.energieanalytik.de/media/Sanierungsbeispiel$20EFH$201950.pdf).

53. **Landeshauptstadt, Duesseldorf**. www.duesseldorf.de. [Online] <https://www.duesseldorf.de/umweltamt/klimaschutz/solarkataster/index.shtml>.

54. **Stadt, Hamm**. www.solare-stadt.de/hamm/. [Online] Stadt Hamm. <http://www.solare-stadt.de/hamm/>.

55. **BMU**. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. [Online] Juni 2009. [Zitat vom: 28. Juni 2012.] http://www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/5698.php.

56. **Techem.de**. Techem Legionenellen Prüfung. [Online] Techem. [Zitat vom: 08. 08 2012.] http://www.techem.de/Deutsch/Fachwissen_Dialog/Was_ist/Primaerenergie/.

57. **M. Kern, T. Raussen**. *Potentieller Beitrag von Bioabfallverwertung zur Energieversorgung*. 2006.

58. **Deutsche Energie-Agentur** . Fleyer: Setze Lichtzeichen! *dena.de*. [Online] August 2009. [Zitat vom: 6. Juni 2012.] http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/Stromnutzung/Dokumente/Flyer_Haushaltsbeleuchtung_Verbraucher.pdf.

59. **Energieagentur NRW**. *energieagentur.nrw.de*. [Online] Mai 2010. [Zitat vom: 6. Juni 2012.] https://services.nordrheinwestfalendirekt.de/broschuerenservice/download/70588/qb_beleuchtung_final.pdf.

60. **Institut der deutschen Wirtschaft Köln**. Energetische Modernisierung des Gebäudebestandes: Herausforderungen für private Eigentümer. [Online] 24. Mai 2012. [Zitat vom: 23. Juli 2012.] http://www.immobiliënökonomik.de/fileadmin/docs/Gutachten-Energetische_Modernisierung-final.pdf.

61. **Kohler, Stephan**. Energiewende im Gebäudebereich – Herausforderungen und Chancen bei energieeffizientem Bauen und Sanieren. [Online] 23. Mai 2012. [Zitat vom: 23. Juli 2012.] http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Veranstaltungen/Vortraege_GF/Energiewende_im_Gebaeudebereich_-_Herausforderungen_und_Chancen_bei_energieeffizientem_Bauen_und_Sanieren.pdf.

62. **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit**. Kommunalen Klimaschutz. [Online] 23. November 2011. [Zitat vom: 28. 5 12.] http://www.kommunalen-klimaschutz.de/files/pdf/111123_Merkblatt_Fachlich-inhaltliche_Unterstuetzung.pdf.

63. **Schafhausen, Franzjosef**. Richtlinie zur Förderung von klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen im Rahmen der Klimaschutzinitiative. [Online] 23. November 2011. [Zitat vom: 2012. Mai 28.] http://www.ptj.de/lw_resource/datapool/_items/item_3303/kommunalrichtlinie_2012.pdf.

64. **Wegener, Frank**. Öffentlichen-Dienst.de. [Online] [Zitat vom: 22. August 2012.] <http://www.oeffentlichen-dienst.de/images/entgelttabelle/entgelttabelle-tvoed-VKA-2012-2013.pdf>.

65. **Mineralölwirtschaftsverband e.V.** Zusammensetzung des Verbraucherpreises für Heizöl. [Online] [Zitat vom: 22. August 2012.]
<http://www.mwv.de/index.php/daten/statistikenpreise/?loc=3&jahr=2012>.
66. **Grassmann, Alexander.** immobilien01.de. [Online] [Zitat vom: 22. August 2012.]
<http://www.immobilien01.de/gaspreise-2012>.
67. **Öko-Institut e.V.** GEMIS 4.7. 22. Juli 2012.
68. **Deutsche Energie Agentur.** Thema Energie. [Online] [Zitat vom: 23. Juli 2012.]
<http://www.thema-energie.de/strom/stand-by/stand-by-verbrauch-verschiedener-geraete-und-beispielrechnung.html>.
69. **Deutsche Energie-Agentur.** Erhebung: Singles verbrauchen Strom anders. [Online] 6. April 2006. [Zitat vom: 18. Mai 2012.]
<http://www.energieagentur.nrw.de/presse/erhebung-singles-verbrauchen-strom-anders-4605.asp>.
70. **(geea), Allianz für Gebäude-Energie-Effizienz.** Deutschland ist noch unsaniert. [Online] 13. Dezember 2011. [Zitat vom: 18. Mai 2012.] <http://www.dena.de/de/presse-medien/pressemitteilungen/deutschland-ist-noch-unsaniert.html>.
71. **Dirk Schubert, Josef Bühler.** Leitfaden „Regionale Wertschöpfungspartnerschaften“. [Online] September 2008. [Zitat vom: 23. Juli 2012.]
www.neuland-regionalentwicklung.de/_ccms/download.php?attachment%3Ddownload_leitfaden_rwp.pdf+Leitfaden+„Regionale+Wertschöpfungspartnerschaften“&hl=de&gl=de&pid=bl&srcid=ADGEESh9UIDtzKMUKWTPOZf-nWDsKJwf-of2dea_DjcSVTOpJOjVOqZIIxtOqvGrBkC1iBkGgF66C8-1qex-.
72. **Aretz, Dr. Astrid und IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin.** Kommunale und regionale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien und die Nutzung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. [Online] 30. Mai 2012. [Zitat vom: 23. Juli 2012.] http://www.fes.de/magdeburg/inhalt/pdf_2012/120530_aretz.pdf.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Verbrauch und Eigenerzeugung Wärme 2010	10
Abbildung 2 Wärmeerzeugung 2010.....	10
Abbildung 3 Verbrauch und Eigenproduktion Strom	12
Abbildung 4 Regenerative Stromproduktion 2010.....	13
Abbildung 5 Zugelassene Kraftfahrzeuge 2010	14
Abbildung 6 Energieverbrauch/Eigenproduktion 2010	15
Abbildung 7 Primärenergieverbrauch ohne reg. Energien 2010.....	15
Abbildung 8 Primärenergieverbrauch/Einsparung nach Sektoren 2010.....	16
Abbildung 9 Primärenergiebilanz 2010.....	16
Abbildung 10 CO ₂ -Emissionen/Einsparungen nach Sektoren 2010.....	18
Abbildung 11 CO ₂ -Emissionen gesamt 2010	19
Abbildung 12 Flächeneignung für PV bei 15% Eignungsfaktor	20
Abbildung 13 Flächeneignung PV bei 20% Eignungsfaktor	21
Abbildung 14 CO ₂ -Einsparpotential durch PV.....	21
Abbildung 15 Potential Solarthermie für Brauchwasserbereitung.....	22
Abbildung 16 Entwicklung des Strommixes und der CO ₂ -Emissionsfaktoren in Deutschland	24
Abbildung 17 CO ₂ -Ausstoß Heizung für einen Haushalt.....	25
Abbildung 18 Erreichbare CO ₂ -Einsparung durch Geothermie Nutzung.....	25
Abbildung 19 Flächenbedarf der Bioenergie 2009	26
Abbildung 20 voraussichtlicher Flächenbedarf der Bioenergie 2020	27
Abbildung 21 Großvieheinheiten in Gangelt	28
Abbildung 22 CO ₂ -Emissionen/Einsparungen 2010	29
Abbildung 23 CO ₂ -Emissionen/Einsparungen bei Ausschöpfung Gülle Potential	29
Abbildung 24 CO ₂ -Emissionen ohne regenerative Erzeugung.....	32
Abbildung 25 CO ₂ -Emissionen gesamt 2010	33
Abbildung 26 CO ₂ -Emissionen gesamt bei Nutzung der Potentiale	33
Abbildung 27 Stromverbrauch Schümm	36
Abbildung 28 Wärmebedarf.....	36
Abbildung 29 Endenergiebedarf nach Sektoren	37
Abbildung 30 CO ₂ -Bilanz nach Sektoren ohne reg. Energien.....	37
Abbildung 31 Regenerative Stromerzeugung Schümm 2010	38
Abbildung 32 Nahwärmenetz Schümm (5)	40
Abbildung 33 Einsparpotential an Primärenergie des Fernwärmenetzes	41
Abbildung 34 Anzahl Bohrungen pro Wohneinheit	42
Abbildung 35: Betriebskosten von Glühbirnen, Energiesparlampen und LEDs (8)	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 36 Energiekosten für Heizungspumpen über 20 Jahre	45
Abbildung 37 Kleinwindanlage Typ Windspot 7500	46
Abbildung 38 PV-Potential Schümm	47
Abbildung 39 Vergleich der möglichen Potentiale in Schümm	48
Abbildung 40 Übersicht Primärenergie	49
Abbildung 41 Übersicht CO ₂ -Emissionen / Einsparungen	50
Abbildung 42 Bewertung Energieeffizienzsteigerung	51
Abbildung 43 Vergleich der Summe der Erlöse durch Stromerzeugung mit PV-Anlagen, für 147 MWh/a.....	52
Abbildung 44 Bewertung PV	53
Abbildung 45 Bewertung Kleindwindtechnik.....	53
Abbildung 46 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Bürgerwindenergieanlage	54
Abbildung 47 Bewertung Großwindanlage	55
Abbildung 48 Bewertung Biogas-Nahwärme	56
Abbildung 49 Bewertung Geothermie	57
Abbildung 50 Regionale Wertschöpfung über 20 Jahre	57
Abbildung 51 Endenergiebilanz Schulzentrum, Gesamt: 2.076.500 kWh/a	61
Abbildung 52 CO ₂ -Emissionen Schulzentrum, Gesamt: 505 t/a.....	61
Abbildung 53 Primärenergiebilanz Schulzentrum, Gesamt: 2.929.000 kWh/a	62
Abbildung 54 Handlungsschritte Öffentlichkeitsarbeit	64
Abbildung 55 CO ₂ -Emissionen Verkehr	67
Abbildung 56 Primärenergieverbrauch Verkehr	67
Abbildung 57 Handlungsschritte Verkehrssektor.....	68
Abbildung 58 Bewertungsampel Öffentlichkeitsarbeit Schule	69
Abbildung 59 Die 5 Passivhaus-Grundprinzipien (29)	70
Abbildung 60 Heizenergieverbrauch in Schulen nach VDI 3807.....	71
Abbildung 61 Stromverbrauch in Schule nach VDI 3807	72
Abbildung 62 Erwarteter Heizenergieverbrauch nach Sanierung	73
Abbildung 63 Erwarteter Stromverbrauch nach Sanierung	73
Abbildung 64 Erwartete CO ₂ -Emission nach Sanierung	74
Abbildung 65 Erwartete Energiekosten nach Sanierung	74
Abbildung 66 Erwarteter Endenergieverbrauch	75
Abbildung 67 Erwartete CO ₂ -Emission	76
Abbildung 68 Lastprofil nach SLP GKO 03 für Schulzentrum Gangelt	81
Abbildung 69 Kalkulierte Jahresdauerlinie 2010 Schulzentrum	82
Abbildung 70 Mögliche Standorte für Erdwärmesonden am Schulzentrum Gangelt	85
Abbildung 71 Primärenergiebilanz Variante 1	87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 72 Primärenergiebilanz Variante 2	88
Abbildung 73 Primärenergieverbrauch Variante 3	89
Abbildung 74 Primärenergiebilanz Variante 3	90
Abbildung 75 Handlungsschritte regenerative Strom- und Wärmeerzeugung	92
Abbildung 76 Bewertungsampel Sanierungsmaßnahmen	93
Abbildung 77: Kommunikative Instrumente (50)	96
Abbildung 78: Aufgaben des Klimaschutzmanagers	102
Abbildung 79: Bürgerbriefe und Informationsmaterialien	103
Abbildung 80: Stromverbrauch (51)	106
Abbildung 81: Strom- und CO ₂ -Einsparung Energiesparlampen	107
Abbildung 82: Anteil Haushaltsgeräte an Stromverbrauch (52)	107
Abbildung 83: Strom- und CO ₂ -Einsparung Haushaltsgeräte	108
Abbildung 84: Strom- und CO ₂ -Einsparung Standby-Verlusten	109
Abbildung 85: Wärme- und CO ₂ -Einsparung durch Altbausanierung	110
Abbildung 86: Wärme- und CO ₂ -Einsparung durch Verbraucherschulung	111
Abbildung 87: Strom- und CO ₂ -Einsparungen	112
Abbildung 88: Wärme- und CO ₂ -Einsparungen	112
Abbildung 89: Verlauf CO ₂ -Einsparung	113
Abbildung 90: CO ₂ -Einsparung Öffentlichkeitsarbeit	113
Abbildung 91: Kosten Klimaschutzmanager ohne Förderung	114
Abbildung 92: Kosten Klimaschutzmanager mit Förderung	115
Abbildung 93: Abschätzung Wertschöpfung Öffentlichkeitsarbeit	116
Abbildung 94: Entwicklung regionale Wertschöpfung	117
Abbildung 95: Bewertung Öffentlichkeitsarbeit	117

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Zahlen und Fakten der Gemeinde Gangelt	2
Tabelle 2 Primärenergiefaktoren	8
Tabelle 3 CO ₂ -Emissionsfaktoren	18
Tabelle 4 Methanhektarertrag und CO ₂ -Einsparpotential.....	30
Tabelle 5 Vergleich des Energieverbrauchs verschiedener Kühlschränke mit Sternegefrierfach (9)	44
Tabelle 6 Übersicht Schulzentrum	60
Tabelle 7 Übersicht Sanierungsmaßnahmen	77
Tabelle 8 Übersicht Investitionskosten.....	91