



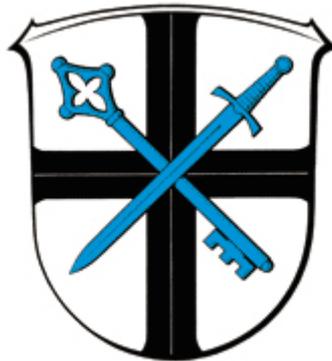
GKU Gesellschaft für kommunale  
Umwelttechnik mbH, Fulda –  
Ein Unternehmen der RhönEnergie Fulda

---

# Klimaschutzteilkonzept Erneuerbare Energienpotenziale der Gemeinde Freigericht

Auftraggeber:

**Gemeinde Freigericht**  
**Rathausstraße 13**  
**63579 Freigericht**



Sachbearbeiter:

**Stefanie Sterzik, M. Sc.**

2014/2015

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>1 Zusammenfassung</b>	<b>9</b>
<b>2 Einleitung</b>	<b>11</b>
<b>3 Bestandsaufnahme und Vorhabenbeschreibung</b>	<b>12</b>
3.1 Gemeinde Freigericht	12
3.2 Ziele	14
3.3 Bisherige Klimaschutzaktivitäten der Gemeinde Freigericht	14
3.3.1 Ökostromtarif	15
3.3.2 PV-Anlagen auf gemeindeeigenen Liegenschaften	15
3.3.3 Hallenbad „Platsch“	15
3.3.4 LED-Straßenbeleuchtung	16
3.3.5 Energieberatung	16
3.3.6 Energie-Stammtisch	16
3.3.7 Stromtankstelle	17
3.3.8 Nachhaltige Bewirtschaftung Gemeindewald	17
3.4 Vorgehensweise	17
<b>4 Projektablauf und Akteursbeteiligung</b>	<b>18</b>
4.1 Projektablauf	18
4.2 Akteursbeteiligung	20
<b>5 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz</b>	<b>21</b>
5.1 Gesamtendenergiebedarf	23
5.2 Gasbedarf	23
5.2.1 Energiebezug	23
5.2.2 CO <sub>2</sub> -Emissionen	25
5.3 Strombedarf	25
5.3.1 Energiebezug	25

---

5.3.2	CO <sub>2</sub> -Emissionen	27
<b>6</b>	<b>Potenzialanalyse</b>	<b>28</b>
6.1	Biomasse	28
6.1.1	Agrarische Biomasse	29
6.1.2	Biomasse-Reststoffe	36
6.1.3	Miscanthus, Pappel, Weide	38
6.1.4	Holz	42
6.1.5	Abwasserwärme	45
6.2	Solarenergie	49
6.2.1	Allgemein	49
6.2.2	Freiflächenanlagen	53
6.2.3	Dachflächenanlagen	54
6.3	Windenergie	56
6.3.1	Allgemein	56
6.3.2	Potenzial	58
6.4	Geothermie	63
6.4.1	Allgemein	63
6.4.2	Potenzial Tiefengeothermie	64
6.4.3	Potenzial oberflächennahe Geothermie	66
6.4.4	Erdwärmesonde	71
6.4.5	Erdwärmekollektor	72
6.5	Wasserkraft	73
6.6	Bioenergiedorf Bernbach	74
6.7	Zusammenfassung der Potenziale	74
<b>7</b>	<b>Maßnahmenkatalog</b>	<b>75</b>
7.1	Allgemeine Maßnahmen	76
7.1.1	CO <sub>2</sub> -Bilanz	76
7.1.2	Zielformulierung	77
7.1.3	Klimaschutzmanager	78
7.1.4	Klimaschutzwebsite	79
7.1.5	Energieeffizienz eigener Verbraucher	79
7.2	Maßnahmen Windkraft	80
7.2.1	Ermittlung der Windhöffigkeit im Vorranggebiet	80
7.2.2	Windpark im Vorranggebiet	81

---

7.3	Maßnahmen Solarenergie	82
7.3.1	Informationskampagne zu Solarenergie	82
7.3.2	Solarpotenzialnutzung auf gemeindeeigenen Liegenschaften	83
7.3.3	Solarpotenzialnutzung auf nicht gemeindeeigenen Liegenschaften	83
7.4	Maßnahmen Biomasse	84
7.4.1	Biogasanlage 1.000 kW <sub>el</sub>	84
7.4.2	Biomassebereitstellung	85
7.4.3	Holzverarbeitung	86
7.4.4	Nahwärmenetz Bernbach	86
7.4.5	Kurzumtriebsplantage ehemaliger Steinbruch Altenmittlau	87
7.4.6	Abwasserwärmepotenzial Gewerbegebiet Somborn	87
7.5	Maßnahmen oberflächennahe Geothermie	88
7.5.1	Informationskampagne zu Geothermie im privaten Bereich	88
7.5.2	Geothermie in Gewerbegebieten	89
7.6	Umsetzungszeitplan der Maßnahmen	89
<b>8</b>	<b>Controlling-Konzept</b>	<b>91</b>
<b>9</b>	<b>Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>93</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>97</b>
<b>I</b>	<b>Anhang</b>	<b>106</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1 – Einwohnerentwicklung der Gemeinde Freigericht zwischen 1939 und 2014 (Gemeinde Freigericht, 2015)	13
Abbildung 5-1 – Aufschlüsselung der Datengrundlage zur Erstellung der Ist-Bilanz für die Gemeinde Freigericht	22
Abbildung 5-2 – gesamter Gasbedarf im Gemeindegebiet Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013	24
Abbildung 5-3 – Prozentuale Verteilung der Einwohnerzahlen im Vergleich zur prozentualen Verteilung des Strombedarfs in den Ortsteilen	26
Abbildung 5-4 – Prozentualer Anteil am gesamten Strombedarf in den Jahren 2011 bis 2013	27
Abbildung 5-5 – mittlere jährliche Vermeidung von CO <sub>2</sub> -Emissionen nach aktueller Versorgungslage gegenüber der Stromversorgung ohne Ökostromtarifanteil	28
Abbildung 6-1 – Biogasnutzungskonzepte (Dr.-Ing.Kern, et al., 2010)	30
Abbildung 6-2 – grundsätzliche Verfahrensschritte der Biogasgewinnung in Biogasanlagen (Kaltschmitt, et al., 2013)	31
Abbildung 6-3 – vereinfachte schematische Darstellung der Funktionsweise eines BHKW (Madel, n.a.)	32
Abbildung 6-4 – Massebezogener Energiepflanzeneinsatz in Biogasanlagen in Deutschland im Jahr 2013 (nach (FNR, 2014))	34
Abbildung 6-5 – Massebezogener Energiepflanzeneinsatz zur Potenzialermittlung für die Gemeinde Freigericht, abgeleitet aus Abbildung 6-4	34
Abbildung 6-6 – Ertragstafelvergleich von Pappel, Buche, Eiche und Roterle (Bärwolff, et al., 2012)	40
Abbildung 6-7 – Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Wassergehalt (LWF, 2014)	44
Abbildung 6-8 – Möglichkeiten der Abwasserwärmerückgewinnung nach ihren Entzugspunkten (DBU, 2005)	46
Abbildung 6-9 – Verteilung der Globalstrahlung in Deutschland (EU- Kommission, 2013)	51
Abbildung 6-10 – Verlauf des Horizonts mit Sonnenlauf im Sommer und Winter für zwei Standort in Deutschland	52
Abbildung 6-11 – Ausschnitt der Solarpotenzialkarte des Projekts Erneuerbar komm! (Main-Kinzig-Kreis, 2012)	54
Abbildung 6-12 – Jährliche Ausbaurate von Windenergieanlagen in Deutschland zwischen 2006 und 2014 [erstellt nach (HMWEVL, 2015)]	57
Abbildung 6-13 – ausgewiesenes Vorranggebiet für Windenergienutzung im Gemeindegebiet Freigericht	59
Abbildung 6-14 - Verteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) auf einer Höhe von 140m über Grund (HMWEVL, 2012)	61
Abbildung 6-15 – Energieertrag in Abhängigkeit von Nabenhöhe und Standort (EFI Wind GmbH, 2012)	61
Abbildung 6-16 – Verteilung der WEA (rot) im Vorranggebiet (blau) unter Beachtung von Mindestabständen (schwarz) zueinander	62

Abbildung 6-17 – geologische Strukturräume mit nachgewiesenem und vermutetem tiefeingeothermischem Potenzial in Hessen (Dr. Fritsche, et al., 2010)	65
Abbildung 6-18 – Darstellung verschiedener technischer Systeme zur Tiefengeothermienutzung (Dr. Fritsche, et al., 2010)	66
Abbildung 6-19 – Schematische Darstellung des Energiepfahleinsatzes bei Pfahlgründung (Hilgers, et al., n.a.)	67
Abbildung 6-20 – Schematische Darstellung eines Erdwärmesondensystems (R&R Pumpentechnik GmbH, n.a.)	67
Abbildung 6-21 – Schematische Darstellung eines Erdwärmekollektors (HLUG, 2011)	68
Abbildung 6-22 – Auszug aus der Karte „Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung für die Errichtung von Erdwärmesonden in Hessen – Main-Kinzig-Kreis“, Bearbeitungsstand: 14. Januar 2015	69
Abbildung 6-23 – Legende zu Abbildung 6-22	70
Abbildung I-1 – Urkunde der Gemeindeverwaltung Freigericht über den Bezug von Ökostrom	108
Abbildung I-2 – Gesamter Endenergiebedarf der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013	110
Abbildung I-3 – Strombedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013	112
Abbildung I-4 – Gasbedarf gemeindeeigener Liegenschaften nach Ortsteilen in den Jahren 2011 bis 2013	113
Abbildung I-5 – Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013	116
Abbildung I-6 – Strombedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013	118
Abbildung I-7 – Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013	119
Abbildung I-8 – Treibhausgasemissionen des gesamten Endenergiebedarfs der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013	121
Abbildung I-9 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013	123
Abbildung I-10 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013	125
Abbildung I-11 – Treibhausgasemissionen aus dem Strombedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013	127
Abbildung I-12 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013	128
Abbildung I-13 – Vorranggebiet für die Windnutzung im Gemeindegebiet Freigericht (Regierungspräsidium Darmstadt, 2013)	129
Abbildung I-14 – Zusammenfassung der Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse (tetraeder.solar ingenieurgesellschaft, 2015)	130
Abbildung I-15 – Solarpotenzialkataster der Gemeinde Freigericht	131
Abbildung I-16 – Beispiel einer theoretischen Anlagenkonfiguration	132
Abbildung I-17 – weitere Inhalte zum Thema Solarpotenzial	133

Abbildung I-18 – Artikel der Gelnhäuser Neue Zeitung zu einer Veranstaltung im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts in der Gemeinde Freigericht	139
Abbildung I-19 – Artikel des Gelnhäuser Tageblatts zu einer Veranstaltung im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts in der Gemeinde Freigericht	140
Abbildung I-20 – weitere Veröffentlichung zur Klimaschutzdiskussion innerhalb der Gemeinde Freigericht	141

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1 – Einwohnerzahlen der Gemeinde Freigericht (Stand 31.12.2014)	12
Tabelle 5-1 – Entwicklung des Strombedarfs zwischen 2011 und 2013	26
Tabelle 6-1 – Betrachtete Energiepflanzen und ihre Kennwerte	32
Tabelle 6-2 – Beispielhafte Fruchtfolgen und ihre spezifischen theoretischen Methanerträge	33
Tabelle 6-3 – Frischmasseertrag, Methanertrag und theoretischer Energieertrag der betrachteten Energiepflanzen unter Beachtung der Flächengröße und Masseanteile	35
Tabelle 6-4 – Energieerträge und CO <sub>2</sub> -Vermeidung nach Umwandlung im BHKW	35
Tabelle 6-5 – Biogasgehalt pro Jahr	36
Tabelle 6-6 – theoretischer Energiegehalt, elektrischer und thermischer Energieertrag sowie CO <sub>2</sub> -Vermeidung	36
Tabelle 6-7 – Methanausbeute von Grünschnitt	37
Tabelle 6-8 – theoretischer Energiegehalt, thermischer und elektrischer Energieertrag und CO <sub>2</sub> -Vermeidung aus Grünschnitt	37
Tabelle 6-9 – Energieertrag der sperrigen Gartenabfälle	38
Tabelle 6-10 – Substitution von Heizöl durch die thermische Nutzung von sperrigen Gartenabfällen	38
Tabelle 6-11 – Vergleich KUP und Miscanthus (abgewandelt nach (Mastel, 2011))	40
Tabelle 6-12 – Wertevergleich zwischen Miscanthusanbau, KUP aus Pappeln und KUP aus Weiden	41
Tabelle 6-13 – Flächenanteile im Gemeindewald Freigericht (Hessen Forst, 2014)	42
Tabelle 6-14 – Anteil der Baumartengruppen am Hiebssatz (Hessen Forst, 2014)	43
Tabelle 6-15 – Heizwerte der Leitbaumarten in den Baumartengruppen	44
Tabelle 6-16 – maximaler Energieertrag bei einer Holzernte von 9.626 Efm/a und 90% Wirkungsgrad der Heizanlage	44
Tabelle 6-17 – Energieertrag, Heizöläquivalente und potenziell vermeidbare CO <sub>2</sub> -Emissionen durch die thermische Nutzung von 98% des Zuwachses im Gemeindewald	45
Tabelle 6-18 – Maximale Distanz zwischen Abnehmer und Wärmeentzugspunkt in Abhängigkeit vom Wärmeleistungsbedarf (Dipl.-Geogr. Müller, 2013)	47
Tabelle 6-19 – Abwassermengen der Ortsteile von Freigericht	48
Tabelle 6-20 – zu Grunde gelegte Parameter für die Abschätzung des Wärmeenergieertrags aus Abwasser	49

Tabelle 6-21 – theoretisches Wärmeenergiepotenzial aus Abwasser	49
Tabelle 6-22 – Gebäudeeignung im Gemeindegebiet Freigericht (tetraeder.solar ingenieurgesellschaft, 2015)	55
Tabelle 6-23 – Fläche, Leistung und spezifische Leistung der Dachkategorien in der Gemeinde Freigericht (tetraeder.solar ingenieurgesellschaft, 2015)	55
Tabelle 6-24 – Zusammenfassung der Ertrags- und Vermeidungspotenziale durch Dachflächenanlagen	56
Tabelle 6-25 – Kennwerte der gewählten Schwachwindanlage	60
Tabelle 6-26 – zugrunde gelegte Parameter für die Potenzialermittlung bei Erdwärmesonden	72
Tabelle 6-27 – zugrunde gelegte Parameter für die Potenzialermittlung bei Erdwärmekollektoren	72
Tabelle 7-1 – mögliche Reihenfolge der Umsetzung der Sofort- bis langfristigen Maßnahmen	89
Tabelle 8-1 – Mindestinhalte eines tabellarischen Controllingtools	93
Tabelle 9-1 – Auszug auf den Teilaufgaben eines Klimaschutzmanagers innerhalb einer Gemeinde	95
Tabelle I-1 – Gesamter Endenergiebedarf der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013	109
Tabelle I-2 – Energiebedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013	111
Tabelle I-3 – Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013	114
Tabelle I-4 – Prozentualer Anteil der gemeindeeigenen Liegenschaften am Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften von Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013	115
Tabelle I-5 – Energiebedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013	117
Tabelle I-6 – Treibhausgasemissionen des gesamten Endenergiebedarfs der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013	120
Tabelle I-7 – Treibhausgasemissionen aus Strom- und Gasbedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013	122
Tabelle I-8 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013	124
Tabelle I-9 – Treibhausgasemissionen aus Strom- und Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013	126
Tabelle I-10 – Zusammenstellung aller ermittelten Potenziale in der Gemeinde Freigericht inklusive Varianten	134
Tabelle I-11 – Zusammenstellung der ermittelten Potenziale unter Ausschluss der weniger ertragreichen Varianten	135
Tabelle I-12 – Zusammenstellung von monetärem Aufwand und Nutzen aller Maßnahmen	136
Tabelle I-13 – Umsetzungszeitplan der Maßnahmenvorschläge gemäß der Einstufung in Sofort-, kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen sowie der Priorisierung	138

## 1 Zusammenfassung

Die südhessische Gemeinde Freigericht befindet sich spürbar unter dem Einfluss des nahen Rhein-Main-Gebiets. Den täglichen Einpendlern stehen beispielsweise rund 4 Mal so viele Auspendler gegenüber. Dennoch ist das Gemeindegebiet eher ländlich geprägt. Für einige Erneuerbare Energiequellen ergibt sich nicht zuletzt daraus ein großes Potenzial. Gleichzeitig schränkt es andere Quellen erheblich ein.

In den vergangenen Jahren ist der Klimaschutz immer mehr zum festen Bestandteil in der Gemeinde geworden. Sichtbar wird das durch verschiedene Entscheidungen zugunsten des Klimaschutzes und diverse Klimaschutzaktivitäten in allen Bereichen. Der Abschluss eines Ökostromvertrags für Straßenbeleuchtung und gemeindeeigene Liegenschaften, die Installation von Bürgersonnenkraftwerken auf der Kopernikusschule mit Unterstützung des Main-Kinzig-Kreises und die Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED sind nur wenige Beispiele für das Engagement von Bürgern und Gemeindeverwaltung, um für Freigericht eine bessere Klimabilanz zu erreichen. Zur Abbildung des energetischen Ist-Zustands im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts wurden Strom- und Wärmebedarf der Jahre 2011 bis 2013 ausgewertet. Es ergab sich ein durchschnittlicher Gesamtenergiebedarf von 170 GWh/a mit Emissionen in Höhe von 47.000 t CO<sub>2</sub>/a. Auf die Deckung des Wärmebedarfs entfallen rund 106 GWh/a, auf den Strombedarf rund 67 GWh/a.

In der Potenzialermittlung wurden alle Erneuerbaren Energiequellen auf ihre Verfügbarkeit und Nutzbarkeit untersucht. Mit Ausnahme von Wasserkraft und Tiefengeothermie konnten in allen Bereichen Potenziale ausgemacht werden. Die theoretischen Energiegehalte sind dabei sehr verschieden. Gleiches gilt in Bezug auf die Investitionskosten zur Erschließung der Erneuerbaren Energiequellen. Hier gibt es ebenfalls teils erhebliche Unterschiede, wie sich in der Entwicklung des Maßnahmenkatalogs herausgestellt hat. Insgesamt ist über die Erneuerbaren Energiequellen ein theoretischer Energiegehalt von 167,66 GWh/a verfügbar, mit dem Emissionen von rund 64.500 t CO<sub>2</sub>/a vermieden werden können.

Der Maßnahmenkatalog gibt Hilfestellung in mehreren Bereichen. Einerseits unterstützt er bei der Nutzbarmachung identifizierter Potenziale und benennt dafür Akteure und Zielgruppen, Aufwand und Nutzen sowie wirtschaftliche Einflussfaktoren. Andererseits enthält er Maßnahmen, die im Vorfeld einer Potenzialerschließung notwendig sind oder die die Etablierung des Klimaschutzes und seiner Inhalte in der Gemeinde weiter vorantreiben. Letzteres schließt beispielsweise die Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Bilanz oder die Einführung einer Klimaschutzwebsite ein. Jeder Maßnahme wird mit Hilfe

verschiedener Kriterien ein Umsetzungszeitraum und eine Prioritätsstufe zugewiesen. Davon abgeleitet wird ein Umsetzungszeitplan vorgeschlagen, der alle Sofort- bis langfristigen Maßnahmen in eine mögliche Reihenfolge setzt. Weitere Handreichungen für den Klimaschutz in der Gemeinde sind durch das Controllingkonzept und die Ausführungen zur Öffentlichkeitsarbeit gegeben. Letzteres fand im Rahmen der Akteursbeteiligung durch Artikel in der örtlichen Presse bereits automatisch statt, soll aber zukünftig gezielt ausgeweitet werden.

Fulda, den 16. Dezember 2015

Dipl.-Ing. Roland Hilfenhaus

Stefanie Sterzik, M. Sc.

## 2 Einleitung

Klimaschutz und Energiesicherung sind große ökologische, soziale und ökonomische Herausforderungen unserer Zeit. Klimawandel wird zunehmend spürbar. So wurde beispielsweise im fränkischen Kitzingen im Sommer 2015 zweimal die deutsche Rekordtemperatur von 40,3°C gemessen. Seit Beginn der flächendeckenden Wetteraufzeichnungen 1881 wurde kein höherer Wert aufgezeichnet. Gleichzeitig war der Sommer gebietsweise so trocken, wie seit 50 Jahren nicht mehr. Das seit Februar des Jahres im Osten und der Mitte Deutschlands entstandene Niederschlagsdefizit konnte in den Sommermonaten nicht ausgeglichen werden, im Süden von Hessen, Teilen Bayerns, Sachsen und Brandenburg weitete es sich sogar aus. (DWD, 2015) Die Folge von Hitze und Trockenheit waren Ernteeinbußen, Schäden in Natur und Umwelt, aber auch die Gesundheit Alter, Kranker und Kinder wurde von den besonderen klimatischen Bedingungen belastet. Diese und andere Phänomene werden weltweit zunehmenden Einfluss erlangen, wenn klimaschädliche Treibhausgase zukünftig nicht konsequenter vermieden werden. Die Bundesregierung hat daher Ziele formuliert, um eine Klimaerwärmung von mehr als 2°C gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu verhindern. Bezogen auf das Jahr 1990 sollen bis 2020 die Treibhausgasemissionen um 40% reduziert werden. Bis zum Jahr 2050 soll sogar eine Senkung um 80 bis 95% erreicht werden. Im Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) wurden diese Ziele noch einmal bestätigt und als erreichbar bewertet. Weiter heißt es im IEKP, dass der Anteil Erneuerbarer Energiequellen an der deutschen Stromerzeugung bis 2020 einen Wert von 30% erreichen soll. (BMUB, 2009) Neben spürbaren Veränderungen unseres Wetters zeigen auch Katastrophen wie das Reaktorunglück von Fukushima die Notwendigkeit einer Veränderung im weltweiten Denken und Handeln sowie im Umgang mit den uns begrenzt zur Verfügung stehenden Ressourcen. Die deutsche Bundesregierung entschied aufgrund der Geschehnisse in Japan und den global auftretenden Folgen des Reaktorunglücks, deutlich früher aus der atomaren Energieerzeugung auszusteigen. Kraftwerke wurden und werden vom Netz genommen, der Ausbau der Erneuerbaren Energien wird dagegen stärker vorangetrieben denn je. Klimaschutz und Energiewende sind jedoch nur erfolgreich, wenn auf allen Ebenen mitgewirkt wird. Das vorliegende Klimaschutzteilkonzept hat zum Zweck, die im Gemeindegebiet von Freigericht vorhandenen Erneuerbaren Energiequellen zu ermitteln, die damit theoretisch verfügbaren Energiemengen zu bestimmen und auf dieser Grundlage erste Maßnahmenvorschläge zur Nutzung der Potenziale zu machen. Mit der Umstellung seiner Energieversorgung auf regenerative Quellen und der daraus resultierenden Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen trägt Freigericht seinen Teil zur

Erreichung der übergeordneten Klimaziele bei und handelt in Verantwortung für heutige und zukünftige Generationen.

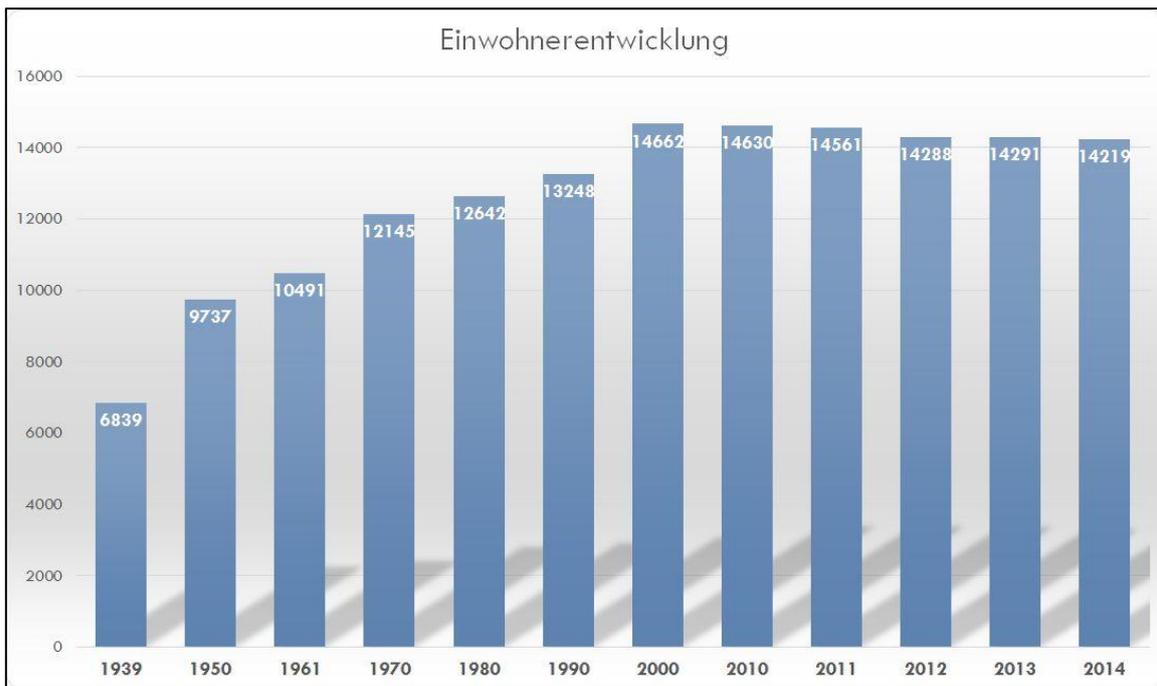
### 3 Bestandsaufnahme und Vorhabenbeschreibung

#### 3.1 Gemeinde Freigericht

Freigericht ist eine eher ländlich geprägte Gemeinde im südhessischen Main-Kinzig-Kreis. Die Gemeindeverwaltung hat ihren Sitz im größten Ortsteil Somborn, in dem mehr als 40% aller Einwohner leben (siehe **Tabelle 3-1**). Daneben besteht Freigericht aus den 4 weiteren Ortsteilen Bernbach im Norden, Horbach im Nordosten, Neuses im südöstlichen Teil des Gemeindegebiets und Altenmittlau, das etwa die geografische Mitte der Gemeinde bildet. Trotz des ländlichen Charakters ist die Nähe zum Rhein-Main-Gebiet deutlich. Die Zahl der werktäglichen Auspendler ist viermal so hoch wie die Anzahl der Einpendler (4.799 zu 1.177; Stand 30. Juni 2013). Auch der vergleichsweise große Bevölkerungszuwachs nach dem Ende des 2. Weltkriegs ist auf die Nähe zum Rhein-Main-Gebiet zurückzuführen (siehe **Abbildung 3-1**). Die Anbindung an das Rhein-Main-Gebiet und andere wirtschaftliche Zentren ist im Norden durch die Bundesautobahn 66 Fulda – Frankfurt a. M. sowie im Süden durch die Landesstraße 3202 in Richtung Alzenau gegeben.

**Tabelle 3-1 – Einwohnerzahlen der Gemeinde Freigericht (Stand 31.12.2014)**

<b>Ortsteil</b>	<b>Einwohner</b>
Altenmittlau	2.475
Bernbach	1.981
Horbach	1.758
Neuses	1.729
Somborn	6.276
Freigericht	14.219



**Abbildung 3-1 – Einwohnerentwicklung der Gemeinde Freigericht zwischen 1939 und 2014** (Gemeinde Freigericht, 2015)

Die Gesamtfläche der Gemeinde Freigericht beträgt 3.342 ha. Der überwiegende Teil davon ist Wald- bzw. Forstfläche. Erst danach folgen Siedlungsfläche und landwirtschaftliche Nutzung in der Flächenstatistik (GENESIS, 2013). Das gesamte Gebiet ist topografisch stark unterschiedlich geprägt. Während sich an den Übergängen zu den Nachbargemeinden Rodenbach, Geiselbach und Alzenau bewaldete Höhenzüge deutlich vom Umland abheben, ist die restliche Gemeindefläche nur leicht wellig. Der niedrigste Geländepunkt liegt auf etwa 140 müNN. Dem gegenüber steht der Heidkopf bei Sölzert mit einer Höhe von 371 müNN. Größere Fließgewässer sind nicht vorhanden.

Flächenkategorie	Flächengröße
Gesamtfläche	3.344 ha
Waldfläche	1.505 ha
davon Gemeindeforst	1.255 ha
Landwirtschaftsfläche	1.158 ha
Siedlungs- und Verkehrsfläche	634 ha
Gebäude- und Freifläche	352 ha
Verkehrsfläche	190 ha
Erholungsfläche	79 ha
Betriebsfläche	8 ha
Friedhofsfläche	6 ha
Wasserfläche	19 ha
Abbauland	18 ha
Flächen anderer Nutzung	10 ha

Innerhalb der einzelnen Ortsteile sind verschiedene Gewerbe, Handel sowie mehrere Gewerbegebiete angesiedelt. Zudem sind Schulen und Kindertagesstätten über alle Ortsteile verteilt. In Somborn, dem Sitz der Gemeindeverwaltung, steht die Kopernikusschule. Sie ist die einzige weiterführende Schule mit gymnasialer Oberstufe in der Gemeinde und gilt zugleich als die größte allgemeinbildende Schule Deutschlands. Somborn ist auch der Standort des gemeindeeigenen Hallenbades Platsch. Des Weiteren befindet sich in jedem Ortsteil eine katholische Kirche, in Somborn zusätzlich auch eine evangelische.

### **3.2 Ziele**

Die Gemeinde Freigericht hat es sich zum Ziel gesetzt, einen nachhaltigen Beitrag für den Klimaschutz in der Region zu leisten und damit Verantwortung für die jetzige wie auch für kommende Generationen zu übernehmen. Die übergeordneten Klimaschutzziele hat die Bundesregierung bereits formuliert. Dass diese nur über das Zusammenwirken von Akteuren aller Ebenen zu erreichen sind, steht für die Gemeinde Freigericht außer Frage. Dieser Aufgabe stellt sie sich dementsprechend bereits seit einigen Jahren. Klimaschutz ist fester Bestandteil in den Entscheidungen und Handlungen der Gemeindeverwaltung. Auf diese Weise wurden bereits verschiedene Maßnahmen ergriffen. Zu nennen sind hier beispielsweise der Wechsel zu einem Ökostromtarif für die gemeindeeigenen Liegenschaften oder den aktuell laufenden Umstieg bei der Straßenbeleuchtung auf LED. Weitere Aktivitäten – auch in Form von Unterstützung und Kooperation mit anderen Akteuren – sind in Kapitel 3.3 aufgeführt.

Klimaschutz soll in allen Bereichen stattfinden. Im Jahr 2012 fiel daher die Entscheidung, die Potenziale der Erneuerbaren Energiequellen im Gemeindegebiet ermitteln zu lassen. Zum einen sollten Potenziale und damit weitere Handlungsfelder identifiziert werden, zu denen bisher keine Aussagen gemacht werden konnten. Gleichzeitig möchte die Gemeinde auch erfahren, wo sie nur eingeschränkte oder gar keine Möglichkeiten hat, um dann ihre personellen und finanziellen Ressourcen zielgerichtet in anderen Bereichen einsetzen zu können. Nachhaltiger Klimaschutz stellt nach Ansicht der Gemeinde einen kontinuierlichen Prozess dar, der stets entsprechend technischer und anderer Entwicklungen fortgeführt werden soll. Die aus den ermittelten Potenzialen abgeleiteten Maßnahmen stellen daher auch Ansätze für weitere Ideen des gelebten Klimaschutz dar.

### **3.3 Bisherige Klimaschutzaktivitäten der Gemeinde Freigericht**

Klimaschutz hat in der Gemeinde Freigericht seit Jahren einen hohen Stellenwert. Verschiedene Aktivitäten und Initiativen in der Vergangenheit belegen das. Die

Gemeindeverwaltung setzt dabei nicht nur auf selbstergriffene Maßnahmen, sondern auch auf Kooperation und Unterstützung anderer Aktiver.

### **3.3.1 Ökostromtarif**

Die Gemeinde Freigericht setzt bei der Stromversorgung ihrer Liegenschaften und sonstigen elektrischen Verbraucher auf den Ökostromtarif des regionalen Versorgers Kreiswerke Main-Kinzig (siehe **Abbildung I-1** im Anhang). Der Ökostrom wird seit 1. August 2008 bezogen. Die Gemeinde Freigericht nimmt damit eine Vorreiterrolle im Main-Kinzig-Kreis ein. Der Ökostromtarif ist TÜV-zertifiziert und garantiert eine 100%ige Stromversorgung aus Erneuerbaren Energiequellen. Über das Zertifikat wird zugesichert, dass der liefernde Kraftwerkspool zu jeder Viertelstunde mindestens die Menge Energie zur Verfügung stellt, die von den Endkunden in dieser Zeit gebraucht wird. Etwaige Preisaufschläge werden für den Ausbau der Erneuerbaren Energien verwendet.

### **3.3.2 PV-Anlagen auf gemeindeeigenen Liegenschaften**

Innerhalb der Gemeinde Freigericht existieren bereits einige Photovoltaikdachanlagen. Diese befinden sich zum Teil auf eigenen Dächern privater Hausbesitzer. Darüber hinaus fand das Prinzip sogenannter Bürgersonnenkraftwerke großen Anklang. In insgesamt 6 Bauabschnitten zwischen Dezember 2008 und November 2012 wurden auf der Kopernikusschule im Ortsteil Freigericht mehrere dieser Kraftwerke errichtet. Der Main-Kinzig-Kreis hat die Dachflächen der Schule dem Verein Sonneninitiative e.V. zur Verfügung gestellt, der für teilnehmende Bürger PV-Anlagen errichtet. Auf diese Weise können die Einwohner der Gemeinde auch ohne eigenes geeignetes Dach Solarenergie nutzen. Auf den gemeindeeigenen Liegenschaften werden ebenfalls PV-Anlagen betrieben. Diese befinden sich auf den Dächern des Bauhofs, der Kindertagesstätte in Horbach und dem U3-Neubau „Schatzkiste“ im Somborn. Im U3-Gebäude wird zudem zu 15% Biogas genutzt.

### **3.3.3 Hallenbad „Platsch“**

Im Ortsteil Somborn befindet sich das Hallenbad „Platsch“. 2014 wurde das Gebäude energetisch auf den neuesten Stand gebracht und in diesem Zuge auch behindertengerecht ausgebaut. Zur Deckung des Grundwärmebedarfs und zur Erzeugung von Strom für den Eigenbedarf und zur Einspeisung ins Stromnetz wird im Hallenbad ein Blockheizkraftwerk betrieben. Es liefert 50 kW<sub>el</sub> aus der Gasverstromung und zusätzlich 90 kW<sub>th</sub> über die Nutzung der entstehenden Wärme. Das BHKW unterstützt bei der

Ressourcenschonung, versorgt das Hallenbad klimafreundlich mit Strom und Wärme und reduziert die Stromkosten auf etwa 1/24 der ursprünglichen Ausgaben.

### **3.3.4 LED-Straßenbeleuchtung**

Seit dem Jahr 2013 stellt die Gemeinde ihre Straßenbeleuchtung etappenweise auf LED um. Der Austausch aller Quecksilberdampfleuchten wurde bereits abgeschlossen. Die übrigen Lampen werden schrittweise ersetzt. LED sind bei gleicher gelieferter Lichtmenge kleiner als andere Leuchtmittel, benötigen also weniger Material und damit Rohstoffe. Zudem haben sie eine sehr lange Lebensdauer von bis zu 60.000 h, wenn eine ausreichende Wärmeabfuhr und geeignete Betriebsströme gewährleistet sind. LED können beliebig oft ein- und ausgeschaltet werden und eignen sich daher auch für den Betrieb mit Bewegungsmeldern. Als Straßenbeleuchtung haben LED gegenüber Natriumhochdrucklampen den Vorteil geringerer Streuverluste. Während sich deren Verluste trotz Reflektoren auf 20 bis 25% belaufen, betragen sie für LED nur 5 bis 10%. Über die Lichtfarbe ist der Energiebedarf einer LED-Straßenlampe zusätzlich steuerbar, sodass sich weitere energetische wie klimarelevante Vorteile gegenüber herkömmlichen Leuchtmitteln ergeben.

### **3.3.5 Energieberatung**

Im Rathaus stellt die Gemeinde Freigericht 2015 monatlich Raum für Bürgersprechstunden zum Thema „Energieberatung“ zur Verfügung. Bürger können sich hier im Rahmen der „Hessischen Energiespar-Aktion“ zu verschiedenen Bereichen beraten lassen. Ein unabhängiger Energieberater stellt u. a. Informationen zu Heiztechnik, Wärmedämmung oder auch Wirtschaftlichkeit zur Verfügung. Die Beratung findet kostenlos statt.

### **3.3.6 Energie-Stammtisch**

Der Energie-Stammtisch ist ein Beispiel für das Engagement der Bürger in Freigericht. Er entwickelte sich aus der Katholischen Arbeiter Bewegung (KAB) in Horbach und beschäftigt sich mit allem rund um die Energiewende. Immer wieder werden allgemeine und aktuelle Themen diskutiert. Gemäß dem eigenen Vorsatz wird dabei auf eine neutrale Herangehensweise geachtet, bei der technische Aspekte und Lösungen im Vordergrund stehen. Insgesamt dient der Energie-Stammtisch einer sachlichen Betrachtung aller behandelten Themen.

Der Energie-Stammtisch zeigt, dass Klimaschutz, Erneuerbare Energien und Energiewende längst nicht nur im Interesse der Gemeindeverwaltung von Freigericht

liegen. Auch die Bürger der Gemeinde sind dafür sensibilisiert und beschäftigen sich untereinander und auch gegenüber der Gemeindeverwaltung mit Fragen, Wünschen, dem aktuellen Stand der Technik und anderen zur Energiewende gehörigen Aspekten.

### **3.3.7 Stromtankstelle**

Im Ortsteil Somborn stellt die Gemeinde Raum für eine P&C Ladebox zur Verfügung. Park+Charge e.V. nennt sich ein Modell von Bürgern für Bürger, bei dem effizientere und möglichst schadstofffreie Mobilität im Vordergrund steht. Seit 1997 wird daraufhin gearbeitet, einfachen und stets funktionierenden Zugang zu Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge zu schaffen. Der Betreiber der Ladebox ist der Versorgungsservice Main-Kinzig GmbH. Es stehen insgesamt 4 Ladestecker (1 x CEE Blau 3,7 kW, 3 x Schuko) rund um die Uhr zur Verfügung. Zwei kostenlose Parkplätze können genutzt werden. Die Gemeinde Freigericht unterstützt damit die Entwicklung der Elektromobilität, die nicht zuletzt auch von der Verfügbarkeit der Ladestationen abhängig ist.

### **3.3.8 Nachhaltige Bewirtschaftung Gemeindewald**

Wälder stellen eine CO<sub>2</sub>-Senke dar. Im Boden darunter befindet sich ein weiteres Reservoir. Für den Klimaschutz ist es daher unabdingbar, die Waldbewirtschaftung nachhaltig zu gestalten und damit CO<sub>2</sub>-Senken unangetastet zu lassen. Der Gemeindewald von Freigericht ist PEFC zertifiziert, d. h. die nachhaltige Bewirtschaftung ist nachgewiesen. Der empfohlene Hiebsatz wird eingehalten, sodass es zu einem jährlichen Massezuwachs des Waldes kommen kann und zunehmend CO<sub>2</sub> gebunden wird. Der Verkauf des geschlagenen Holzes als Brennmaterial begünstigt zudem die klimafreundliche Wärmegewinnung innerhalb der Gemeinde. Auf einer Unterseite der Homepage der Gemeinde wird zusätzlich über umweltbewusstes Heizen aufgeklärt.

## **3.4 Vorgehensweise**

Die Vorgehensweise orientiert sich stark am Merkblatt „Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten“. Daher besteht sie aus den darin geforderten Elementen und wird durch wenige zusätzliche Betrachtungen ergänzt. Da die Gemeinde Freigericht bereits seit Jahren im Klimaschutz aktiv ist, existiert eine „Vorgeschichte“, die es zu analysieren und bei der Konzepterstellung zu beachten galt. Zudem bestehen teilweise bereits gefestigte Meinungen (bspw. zum Thema Windkraft), mit denen es konstruktiv umgegangen werden musste. Konflikte oder Positives aus der Vergangenheit nahm daher genauso Einfluss auf die Potenzialermittlung und den Entwurf von Maßnahmen, wie

gesammelte Erfahrungen im Bereich der Erneuerbaren Energien. Die wesentlichen Inhalte des Klimaschutzteilkonzepts bleiben jedoch wie im Merkblatt gefordert:

1. Betrachtung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz
2. Ermittlung der Potenziale unter Beachtung der Gegebenheiten vor Ort zu den Bereichen
  - Biomasse inklusive Abwasserwärme
  - Windkraft
  - Wasserkraft
  - Solarenergie
  - Geothermie
3. Beteiligung aller relevanten Akteure am gesamten Prozess
4. Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs auf Grundlage der ermittelten Potenziale im Gemeindegebiet
5. Entwerfen eines Controllingkonzepts und eines Konzepts für die erfolgreiche Öffentlichkeitsarbeit

## **4 Projekttablauf und Akteursbeteiligung**

### **4.1 Projekttablauf**

Der Projekttablauf verlief in 6 aufeinander folgenden oder einander überlagernden Phasen. Im ersten Schritt stand der bisherige Ist-Zustand im Vordergrund. Hier galt es, die Gemeinde Freigericht kennenzulernen. Verbrauchs- und Erzeugungsdaten wurden zusammengetragen, Informationen zu den gemeindeeigenen Liegenschaften gesammelt und bisher ergriffenen Klimaschutzmaßnahme analysiert. Daneben diente diese Projektphase auch dazu, sich mit der Charakteristik der Gemeinde vertraut zu machen. Größe und Struktur, Haltung gegenüber dem Klimaschutz und nachhaltigem Handeln, Geographie und Naturräume waren nur ein Teil dessen, was ebenfalls Einfluss auf die Erstellung eines Klimaschutzteilkonzepts zu den Erneuerbaren Energiepotenzialen nahm.

Nach der Analyse des Ist-Zustands folgte die Erstellung der Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz, für die die zuvor zusammengetragenen Daten ausgewertet wurden. Auf diese Weise wurde die Verbrauchssituation kompakt tabellarisch und grafisch sichtbar gemacht. So war eine Bewertung für die Gemeinde und der Vergleich mit Durchschnittswerten oder anderen Gemeinden möglich. In diesem Abschnitt zeigte sich erstmals, wie wichtig das Kennenlernen der Gemeinde in der ersten Projektphase war, da Ergebnisse mit den individuellen Eigenheiten oder besonderen Umständen vor Ort in Relation gesetzt und bewertet werden konnten.

Auch im dritten Abschnitt, der Potenzialanalyse, waren tiefergehende Kenntnisse zur betrachteten Gemeinde von Bedeutung. In diesem Schritt wurden diverse, von der Gemeinde, der Schornsteinfegerinnung, dem Revierförster und anderen bereitgestellte Informationen und Daten hinsichtlich des Erneuerbare Energienpotenzials untersucht, theoretische Energieerträge ermittelt und Machbarkeiten abgeschätzt. Auch hier war die Zusammenarbeit verschiedener Akteure innerhalb und außerhalb der Gemeinde grundsätzliche Voraussetzung für eine lückenlose Analyse. Aus den festgestellten Potenzialen wurden im Anschluss für die Gemeinde geeignete Maßnahmen abgeleitet. Teilweise beziehen sich diese auf die reine Potenzialausschöpfung und klimaschonende Gewinnung von Energie. Teilweise stellen die Maßnahmen auch vorgelagerte Schritte dar, die abermals von der Charakteristik der Gemeinde beeinflusst sind. Andere Vorschläge konzentrieren sich wiederum auf die Schaffung bestimmter Randbedingungen, die beispielsweise dem Controlling oder der Öffentlichkeitsarbeit dienen.

In der letzten Projektphase galt es, aufbauend auf den bisherigen Schritten, Konzepte für das Controlling und die Öffentlichkeitsarbeit zu entwickeln. Hier flossen die bisherigen diesbezüglichen Strukturen innerhalb der Gemeinde ein. Funktionierendes konnte übernommen werden und wurde von Verbesserungen ergänzt. Ziel war es, der Gemeinde Eckpunkte aufzuzeigen, an denen sich das zukünftige Handeln orientiert. Dazu zählten konkrete Vorschläge zu Elementen der Öffentlichkeitsarbeit (Klimaschutzwebsite, Informationsveranstaltungen zu diversen Themen,...) oder auch Empfehlungen wie das jährliche Fortschreiben der Klimaschutzbilanz.

Über die gesamte Projektlaufzeit wurden die verschiedenen Akteure rund um das Thema Klimaschutz und Erneuerbare Energien in die Erstellung des Konzepts einbezogen. Dies war deshalb so wichtig, weil Klimaschutz ein gemeinsames Projekt ist, zu dem jeder einen Teil beitragen kann und muss. Die Akteursbeteiligung fand dabei sowohl planmäßig bei Gesprächsrunden und Terminen im Bauamt oder bei Vorträgen statt, als auch außerplanmäßig durch zufällige Gespräche mit Bürgern bei Erkundungen vor Ort. Vororttermine begleiteten das Projekt über seine gesamte Laufzeit. Immer wieder fanden Besprechungen zum aktuellen Fortschritt, zu Vorschlägen und Wünschen statt. Auch außerhalb dieser Gesprächstermine wurden im Gemeindegebiet eigenständig Begehungen gemacht, um weitere Informationen zu sammeln und Ideen weiterentwickeln zu können.

## 4.2 Akteursbeteiligung

Zu den Beteiligten gehörten im Fall der Gemeinde Freigericht die Gemeindeverwaltung mit Bürgermeister Joachim Lucas und insbesondere das Bauamt als Ansprechpartner und Vermittler in allen Belangen. Zudem fanden im Bauamt wiederholt Gesprächstermine statt, bei denen der aktuelle Fortschritt, Ideen oder auch Probleme konstruktiv behandelt wurden. Diese enge Zusammenarbeit begann gleich zu Anfang der Projektlaufzeit, indem sich über Ziele und Wünsche der Gemeinde im Bereich des Klimaschutzes ausgetauscht und die individuellen Anforderungen abgesteckt wurden. Diesem ersten Austausch folgte kurze Zeit später eine Abendveranstaltung im Rathaus. Anwesend waren hier neben dem Bürgermeister und Mitgliedern der Gemeindeverwaltung auch Vertreter aus der Politik mit ihren jeweiligen Interessen und Wünschen, der Revierförster des Gemeindeforsts sowie im Klimaschutz und in der Gemeinde engagierte Bürger. Auch die regionale Presse nahm teil und berichtete für die, die nicht anwesend sein konnten. Die Gelnhäuser Neue Zeitung schrieb dazu unter der Überschrift „Klimaschutz schrittweise nähern“. Das Gelnhäuser Tageblatt brachte ebenfalls unter dem Titel „Regenerative Bürgerideen gefragt“ einen Artikel. Hier wurde besonders hervorgehoben, dass auch die Bürger gefragt sind, ihren Teil beizutragen. Anlass des Abends war die Vorstellung der Absichten und Ziele, die die Gemeinde Freigericht mit der Erstellung des Klimaschutzteilkonzepts verfolgt. Auch die GKU Gesellschaft für kommunale Umwelttechnik mbH stellte zunächst sich vor und im Anschluss die Vorgehensweise, mit der sie das Klimaschutzteilkonzept in Angriff nehmen wollte. Im Laufe des Abends wurde von allen Anwesenden Stellung genommen, Vorschläge unterbreitet, über laufende und abgeschlossene Aktivitäten berichtet und ein guter Auftakt für die Konzepterstellung gestaltet.

Im weiteren Verlauf war vor allem die Gemeindeverwaltung gefragt. Sie stellte über den gesamten Zeitraum Informationen und Daten zur Verfügung, stellte Kontakte her oder nannte Ansprechpartner und wurde in immer wieder stattfindenden Besprechungen über den aktuellen Stand auf dem Laufenden gehalten. Daneben waren an der Datenbereitstellung die regionalen Versorger Kreiswerke Main-Kinzig GmbH und Gasversorgung Main-Kinzig GmbH, Schornsteinfeger der Schornsteinfegerinnung Rhein-Main und auch der zuständige Revierförster der Gemeinde Freigericht beteiligt. Letzterer hatte bereits bei der ersten Abendveranstaltung Ideen und Vorschläge eingebracht. Im weiteren Verlauf wurden seinerseits Fragen beantwortet und Informationen geliefert. Aber auch die Bürger von Freigericht beteiligten sich mit ihren Wünschen, Ideen und Bedenken an der Erstellung des Klimaschutzteilkonzepts. So ergaben sich beispielsweise auch spontane Gespräche mit Einwohnern, wenn vor Ort eigenständige Begehungen stattgefunden haben. Über das Interesse daran, was es „vor der eigenen Haustür“ zu

untersuchen, zu notieren und zu diskutieren gab, entstanden teilweise sehr informative Unterhaltungen, mit reger Meinungs- und Ideenäußerung. Für die Konzepterstellung war dieser Einblick immer wieder wertvoll und wurde dankend angenommen.

Für die Zukunft ist die weitere Beteiligung aller bisherigen Akteure und sonstigen Interessierten vorgesehen. Zu nennen ist hier zum Beispiel die Einladung, unter Führung von Herrn Dr.-Ing. Jürgen Wiese die Biothan-Anlage am Finkenberg bei Fulda zu besichtigen. Die Biothan GmbH betreibt eine hoch innovative Anlage zur Erzeugung von Bio-Erdgas aus biogenen Reststoffen regionaler Herkunft. Das heißt, dass unter anderem der Inhalt der Braunen Tonne aus dem Landkreis Fulda verwertet wird, sodass daraus Biogas in Erdgasqualität zur Einspeisung ins Netz entsteht. Als erste Anlage Deutschlands bietet die Biogasanlage „Am Finkenberg“ alle Stufen von der Abfallaufbereitung bis zur Einspeisung gebündelt auf einem Gelände. Die Biothan trägt damit einen erheblichen Teil zum Klimaschutz für die Region bei und begünstigt zudem die regionale Wertschöpfung. Interessierte aus Freigericht können sich diese Anlage zeigen lassen und neue Ideen für den Klimaschutz in der eigenen Gemeinde mitnehmen.

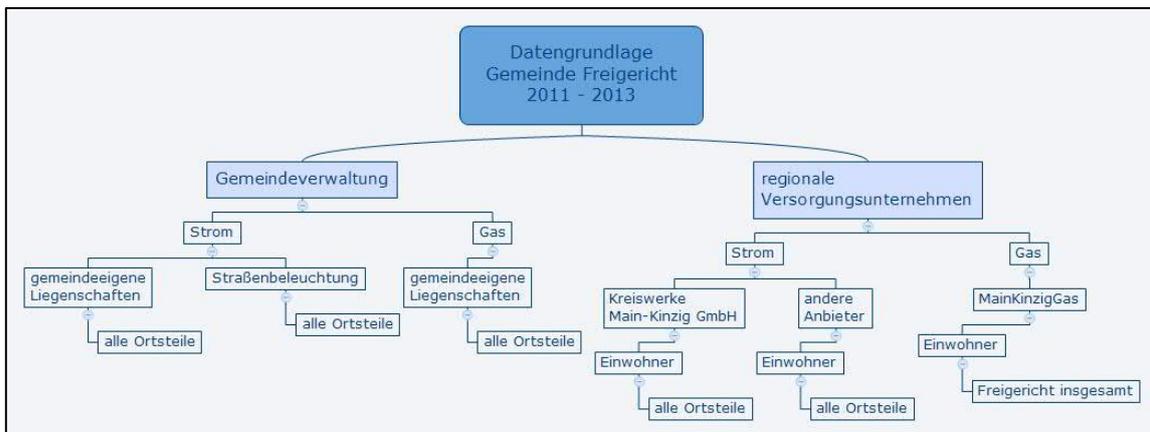
## **5 Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz**

Die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz ist der erste Schritt zur Erstellung eines Klimaschutzteilkonzepts. Die Bilanz dient der Feststellung des Status Quo in den verschiedenen Bereichen. Zunächst wird die Bedarfslage ermittelt, um im Anschluss daraus den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase in Form von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zu berechnen. Auch für die spätere Betrachtung zur nachhaltigen wirtschaftlichen Nutzung der ermittelten Potentiale wird die Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz herangezogen.

Im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Bilanz zum Ist-Zustand werden grundsätzlich die beiden Bereiche Strom- und Wärmeversorgung betrachtet. Wie differenziert diese Betrachtung stattfinden kann, hängt jedoch stark von der zur Verfügung stehenden Datengrundlage ab. Im Fall der Gemeinde Freigericht konnten Angaben aus den Jahren 2011 bis 2013 zu Grunde gelegt werden. Die Gemeindeverwaltung lieferte die Stromverbräuche für die Straßenbeleuchtung sowie die Gas- und Stromverbräuche der gemeindeeigenen Liegenschaften. Die Daten liegen für jede Immobilie einzeln vor, sodass die Auswertung zusammenfassend nach Ortsteilen erfolgen kann. Zudem lassen sich die größten Verbraucher identifizieren und Zusammenhänge mit ihrer jeweiligen Nutzung herstellen. Für die restlichen Verbraucher im Gemeindegebiet ist diese Herangehensweise in Bezug auf die Stromversorgung ebenfalls möglich, da der regionale Energieversorger Kreiswerke Main-Kinzig GmbH seine Daten ortsteilgenau herausgibt. Gasverbräuche liegen dagegen

nur in Summe für das gesamte Gemeindegebiet vor. Eine kleinräumigere Unterteilung ist der Gasversorgung Main-Kinzig GmbH („MainKinzigGas“) aufgrund ihrer Art der Datenerfassung nicht möglich.

Laut eigener Aussage versorgen die Kreiswerke Main-Kinzig rund 60% aller Verbraucher im Gemeindegebiet von Freigericht mit Strom. Dementsprechend werden die restlichen 40% rechnerisch abgeleitet und fließen unter der Bezeichnung „andere Anbieter“ in die Bilanz der Ist-Situation ein. Eine differenzierte Betrachtung der Verbraucher nach Gewerbe, Privathaushalten und anderen Merkmalen kann nicht vorgenommen werden. Im Bereich der Gasversorgung fehlt diese Differenzierung bereits beim Versorger. Die Unterteilung der Stromversorgung in Verbraucherarten ist bei den Kreiswerken Main-Kinzig dagegen grundsätzlich vorhanden, wechselt aber innerhalb des zur Verfügung gestellten Zeitraums und kann daher nicht aussagekräftig ausgewertet werden. Es ergeben sich somit zwei Bereiche zur Betrachtung: die Gemeinde mit den Teilbereichen Straßenbeleuchtung und gemeindeeigene Liegenschaften sowie die Gruppe Einwohner, in der private Haushalte und gewerbliche Verbraucher gebündelt betrachtet werden. In **Abbildung 5-1** ist die Datengrundlage in einer grafischen Übersicht zusammengefasst.



**Abbildung 5-1 – Aufschlüsselung der Datengrundlage zur Erstellung der Ist-Bilanz für die Gemeinde Freigericht**

Die Auswertung der Ist-Situation im textlichen Teil des Klimaschutzteilkonzepts erfolgt vor allem anhand der Mittelwerte. Außer für die Gasversorgung werden diese Werte für jeden Ortsteil einzeln sowie für Freigericht als Ganzes angegeben. Detailliertere Angaben liegen in tabellarischer Form im Anhang vor. Bei Aussagen zur Strom- und Gasbedarfsentwicklung der einzelnen Bereiche wird auf die Bildung von Mittelwerten verzichtet.

Für die Bestimmung der entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Strom- und Gasversorgung in Freigericht sind folgende Punkte zu beachten:

1. Die Gemeindeverwaltung bezieht für ihre Liegenschaften ausschließlich CO<sub>2</sub>-neutralen Ökostrom der Kreiswerke Main-Kinzig, sodass hierfür keine Emissionen in die Bilanz einfließen.
2. In Hessen liegt der Anteil von Ökostrom an der Energieversorgung bei 26%. Daher gehen nur 74% der von den Kreiswerken Main-Kinzig und anderen Anbietern gelieferten Strommenge in die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung ein.
3. Die Kreiswerke Main-Kinzig geben für ihren „verbleibenden Strommix“ – also für eine gemischte Versorgung aus fossilen und erneuerbaren Energiequellen – einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 408 g/kWh an.
4. Im deutschlandweiten Energiemix entstehen 511 g CO<sub>2</sub>/kWh. Dieser Wert wird für die Versorgung durch andere Anbieter herangezogen.
5. Für die Nutzung von Gas wird ein durchschnittlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 247 g/kWh herangezogen.

## 5.1 Gesamtendenergiebedarf

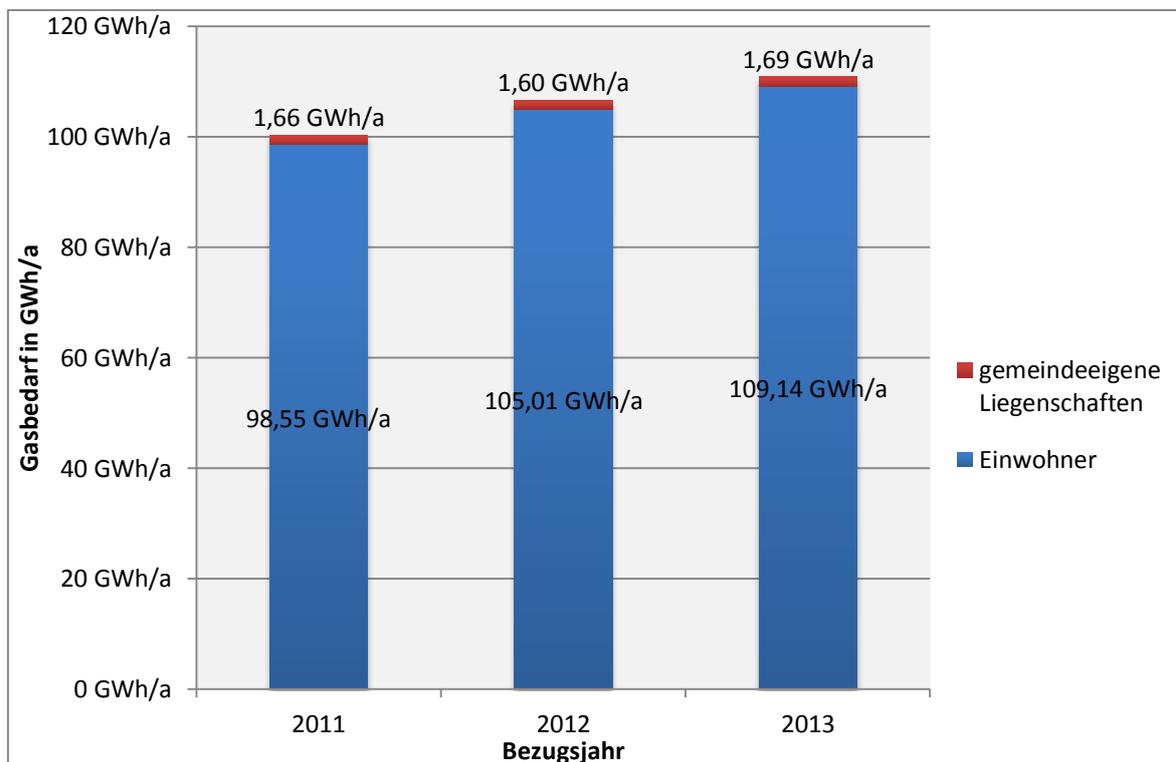
Für die Gemeinde Freigericht wird der gesamte Endenergiebedarf anhand der zur Verfügung stehenden Datengrundlage auf durchschnittlich 170 GWh/a bilanziert. Bei 14.219 Einwohnern (Stand 31.12.2014) in der gesamten Gemeinde entspricht das einem spezifischen Endenergiebedarf von etwa 11,9 MWh/(EW\*a). Der CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Kopf liegt bei 3,3 t CO<sub>2</sub>/(EW\*a). Gemessen am deutschen Durchschnitt von 11 t CO<sub>2</sub>/(EW\*a) handelt es sich dabei um einen vergleichsweise guten Wert, der jedoch noch immer die als verträglich angesehene Menge von 2,5 t CO<sub>2</sub>/(EW\*a) übersteigt (Umweltbundesamt, 2014).

## 5.2 Gasbedarf

### 5.2.1 Energiebezug

Auf den Energieträger Gas entfällt ein durchschnittlicher jährlicher Bedarf von knapp 106 GWh/a bzw. rund 62% des gesamten Endenergiebedarfs. Diese Zahl enthält die Bedarfswerte der Einwohner und der gemeindeeigenen Liegenschaften. Letztere tragen mit 1,65 GWh/a einen verschwindend geringen Anteil von 1,6% am Gesamtbedarf. Nichtsdestotrotz haben einzelne Liegenschaften aufgrund ihrer Bau- und/oder Nutzungsweise einen vergleichsweise hohen Gasbedarf. Hervorzuheben sind an dieser Stelle vor allem die öffentlich genutzten Objekte wie Kindergärten, Vereinsräume, Gebäude der Feuerwehr oder der Sitz der Gemeindeverwaltung, in dem sich zugleich auch die Kegelbahn von Freigericht befindet (siehe **Tabelle I-3** und **Tabelle I-4** im Anhang).

Dem Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften steht der Bedarf der restlichen Verbraucher im Gemeindegebiet gegenüber. In der Summe liegt die Gasnutzung bei rund 104 GWh/a. Das entspricht einem Wert von 7,3 MWh/(EW\*a). Auffallend ist der Anstieg des Gasverbrauchs im betrachteten Zeitraum (siehe **Abbildung 5-2**). Während 2010 knapp 100 GWh/a verbraucht wurden, lag der Wert 2013 bei fast 110 GWh/a. Für die gemeindeeigenen Liegenschaften konnte eine derartige Entwicklung nicht beobachtet werden. Stattdessen ging der Verbrauch 2012 in der Summe leicht zurück, stieg allerdings von 2012 auf 2013 wieder deutlich an. Trends sind insgesamt auch aufgrund des eng begrenzten Betrachtungszeitraums nicht auszumachen. Ein Zusammenhang kann mit den Wetterbedingungen gesehen werden. Vor allem der Winter 2011/2012 war durch eisige Perioden und Kälterekorde gekennzeichnet (DWD, 2012), was den Gasbedarf vor allem im privaten Bereich steigen ließ. Auch der Winter 2010/2011 lag 0,8°C unter dem langjährigen Mittel (DWD, 2011). 2012/2013 wurden in Hessen zudem Minusrekorde für die Sonnenscheindauer bei winterlich kalten Temperaturen verzeichnet (DWD, 2013).



**Abbildung 5-2 – gesamter Gasbedarf im Gemeindegebiet Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013**

### 5.2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Durch den Gasverbrauch im Gemeindegebiet werden im Durchschnitt mehr als 26.000 t CO<sub>2</sub>/a freigesetzt. Dem Verbrauchsverhältnis entsprechend entfallen rund 25.700 t CO<sub>2</sub>/a auf den Gasbedarf der Gruppe Einwohner. Etwa 400 t CO<sub>2</sub>/a sind auf die Gasnutzung in den gemeindeeigenen Liegenschaften zurückzuführen. Die Liegenschaften im größten Ortsteil Somborn verursachen durch die Nutzung von Gas wiederum 42% dieser Teilmenge, während auf die restlichen Ortsteile zwischen 10% und 20% entfallen.

## 5.3 Strombedarf

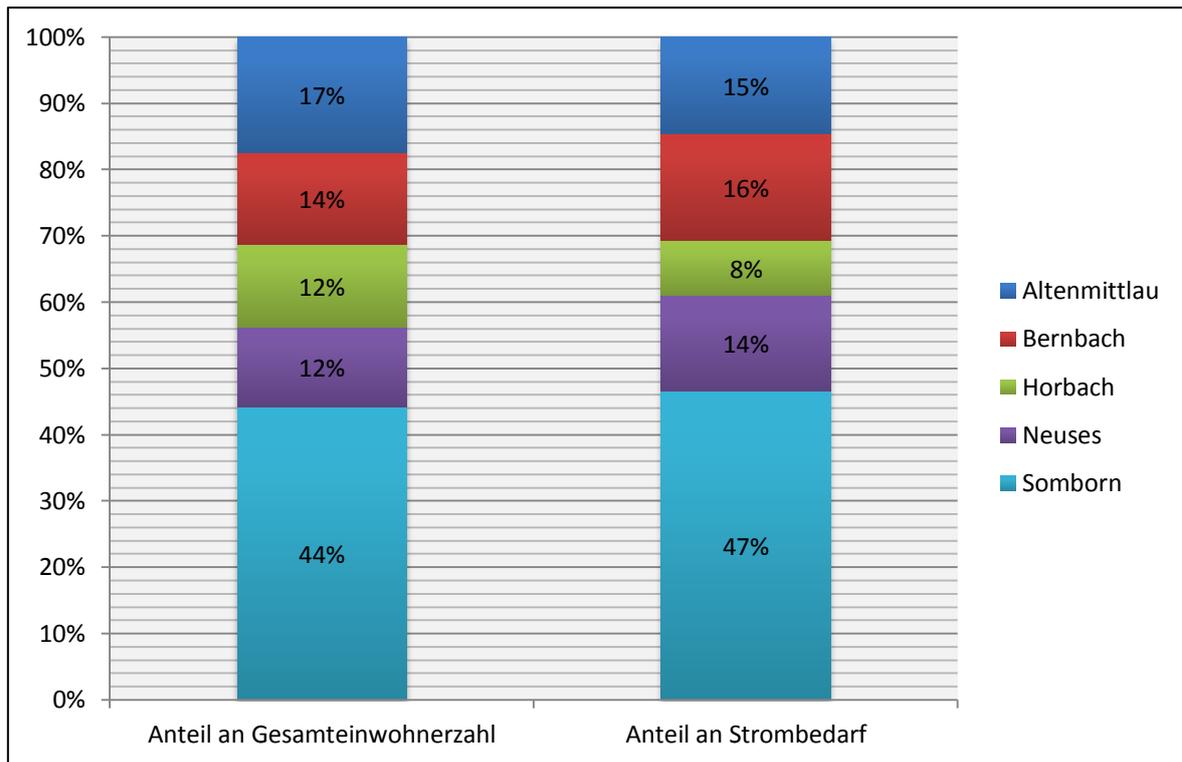
### 5.3.1 Energiebezug

Im Bereich der elektrischen Energieversorgung werden jährlich rund 64 GWh/a Strom benötigt, um Einwohner und gemeindeeigene Verbraucher zu versorgen. Auch hier entfallen nur 1,4% der Gesamtsumme auf die Gemeinde.

Für ihre Liegenschaften und die Straßenbeleuchtung bezieht die Gemeinde Freigericht Strom ausschließlich über einen Ökostromtarif des Energieversorgers Kreiswerke Main-Kinzig. In den Jahren 2011 bis 2013 lag der Bedarf zusammen im Schnitt bei 0,88 GWh/a. 68% davon wurden für die Straßenbeleuchtung in den einzelnen Ortsteilen benötigt.

Alle sonstigen Verbraucher im Gemeindegebiet, die für die Auswertung der Ist-Situation unter dem Begriff Einwohner zusammengefasst werden, haben rund 63 GWh/a benötigt. Die Kreiswerke Main-Kinzig lieferten davon 38 GWh/a. Umgerechnet auf den Pro-Kopf-Bedarf ergibt sich ein Wert von 4,4 MWh/(EW\*a).

Somborn als größter Ortsteil von Freigericht hat den höchsten Strombedarf. Die restlichen rund 53% verteilen sich gleichmäßig auf Altenmittlau, Bernbach, Horbach und Neuses. Dabei nimmt die Zusammensetzung der Verbraucher Einfluss auf den prozentualen Anteil, sodass nicht allein die Einwohnerzahlen die Verteilung bestimmen (siehe **Abbildung 5-3**).



**Abbildung 5-3 – Prozentuale Verteilung der Einwohnerzahlen im Vergleich zur prozentualen Verteilung des Strombedarfs in den Ortsteilen**

Die Werte, die zum Strombedarf gegeben sind, zeigen für jeden Ortsteil einen positiven Trend. Bezogen auf das Jahr 2011 hat sich der Strombedarf in allen Teilen von Freigericht bis Ende 2013 verringert. In Horbach sank der Bedarf von 2011 zu 2012 um 10,1%. Das ist mehr als das 3,5-fache gegenüber dem Wert in Somborn. Auch wenn der Bedarf von 2012 zu 2013 wieder um 1,8% gestiegen ist, bleibt eine Reduzierung um 8,5%. Alle anderen Ortsteile senken ihren Strombedarf ebenfalls vor allem von 2011 zu 2012 stärker als im Folgejahr und erreichten bis 2013 eine Senkung von insgesamt 5,3% bis 7,3% (siehe **Tabelle 5-1**). Der prozentuale Anteil der Gruppe Einwohner am Gesamtstromverbrauch veränderte sich trotz unterschiedlicher Reduzierung jedoch nur unwesentlich um weniger als 1% (siehe **Abbildung 5-4**).

**Tabelle 5-1 – Entwicklung des Strombedarfs zwischen 2011 und 2013**

Jahr	Ortsteil	Strombedarf	Prozentualer Anteil	Entwicklung Strombedarf Basisjahr 2011	Entwicklung Strombedarf gegenüber Vorjahr
2011	Altenmittlau	9.530,47 MWh/a	14,7%	-	-
2011	Bernbach	10.496,62 MWh/a	16,2%	-	-
2011	Horbach	5.550,09 MWh/a	8,5%	-	-
2011	Neuses	9.386,94 MWh/a	14,5%	-	-
2011	Somborn	29.976,53 MWh/a	46,2%	-	-
2011	Freigericht	64.940,65 MWh/a	100%	-	-

2012	Altenmittlau	9.250,96 MWh/a	14,8%	-2,9%	-2,9%
2012	Bernbach	10.019,59 MWh/a	16,0%	-4,5%	-4,5%
2012	Horbach	4.988,83 MWh/a	8,0%	-10,1%	-10,1%
2012	Neuses	9.107,84 MWh/a	14,6%	-3,0%	-3,0%
2012	Somborn	29.149,31 MWh/a	46,6%	-2,8%	-2,8%
2012	Freigericht	62.516,53 MWh/a	100%	-3,7%	-3,7%
2013	Altenmittlau	8.832,89 MWh/a	14,4%	-7,3%	-4,5%
2013	Bernbach	9.871,70 MWh/a	16,1%	-6,0%	-1,5%
2013	Horbach	5.077,22 MWh/a	8,3%	-8,5%	1,8%
2013	Neuses	8.857,48 MWh/a	14,4%	-5,6%	-2,7%
2013	Somborn	28.828,30 MWh/a	46,9%	-3,8%	-1,1%
2013	Freigericht	61.467,60 MWh/a	100%	-5,3%	-1,7%

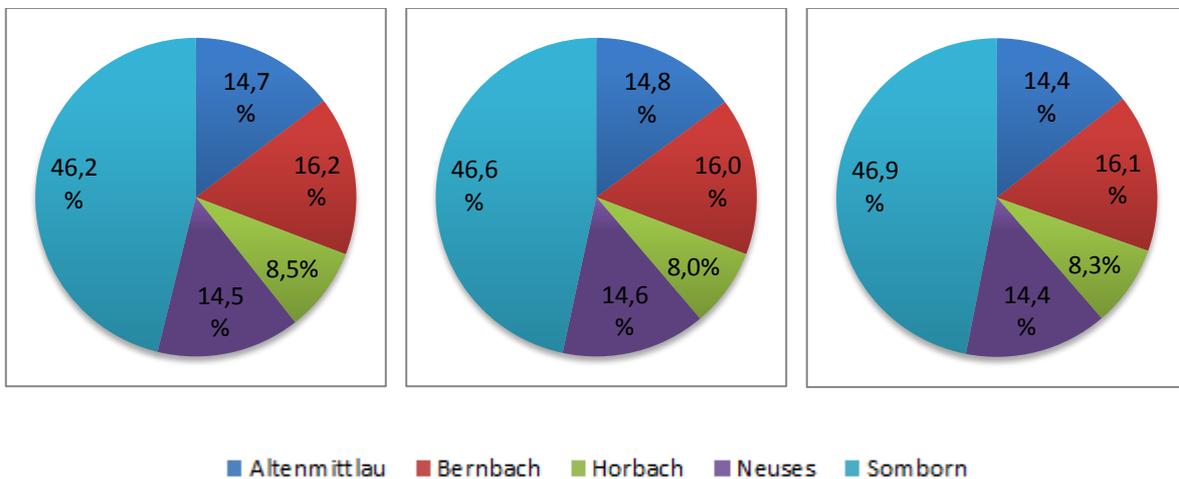


Abbildung 5-4 – Prozentualer Anteil am gesamten Strombedarf in den Jahren 2011 bis 2013

### 5.3.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Wie oben erwähnt, werden Straßenbeleuchtung und gemeindeeigene Liegenschaften über einen Ökostromtarif versorgt. Dementsprechend gehen für diese beiden Verbrauchsbereiche keine Emissionen in die Bilanzierung ein. Dadurch werden gegenüber der Versorgung über einen klassischen Energiemix-Tarif der Kreiswerke Main-Kinzig Emissionen in Höhe von gut 360 t CO<sub>2</sub>/a vermieden. Die Gruppe Einwohner wird ebenfalls teilweise über Ökostromtarife beliefert. Dadurch verringert sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß gegenüber einer klassischen Strommix-Versorgungslage um weitere rund 7.400 t CO<sub>2</sub>/a auf knapp 21.000 t CO<sub>2</sub>/a. Insgesamt werden durch den aktuellen Ökostromanteil im Gemeindegebiet bereits Emissionen von etwa 7.700 t CO<sub>2</sub>/a vermieden. **Abbildung 5-5** verdeutlicht die vermiedenen Mengen grafisch. Dargestellt sind die Stromlieferungen für Straßenbeleuchtung, die Stromlieferungen für gemeindeeigene Liegenschaften, die Stromlieferung durch die Kreiswerke Main-Kinzig an die Gruppe Einwohner sowie die

Stromlieferung anderer Anbieter an die Gruppe Einwohner. Gezeigt werden jeweils die Mittelwerte aus den Jahren 2011 bis 2013.

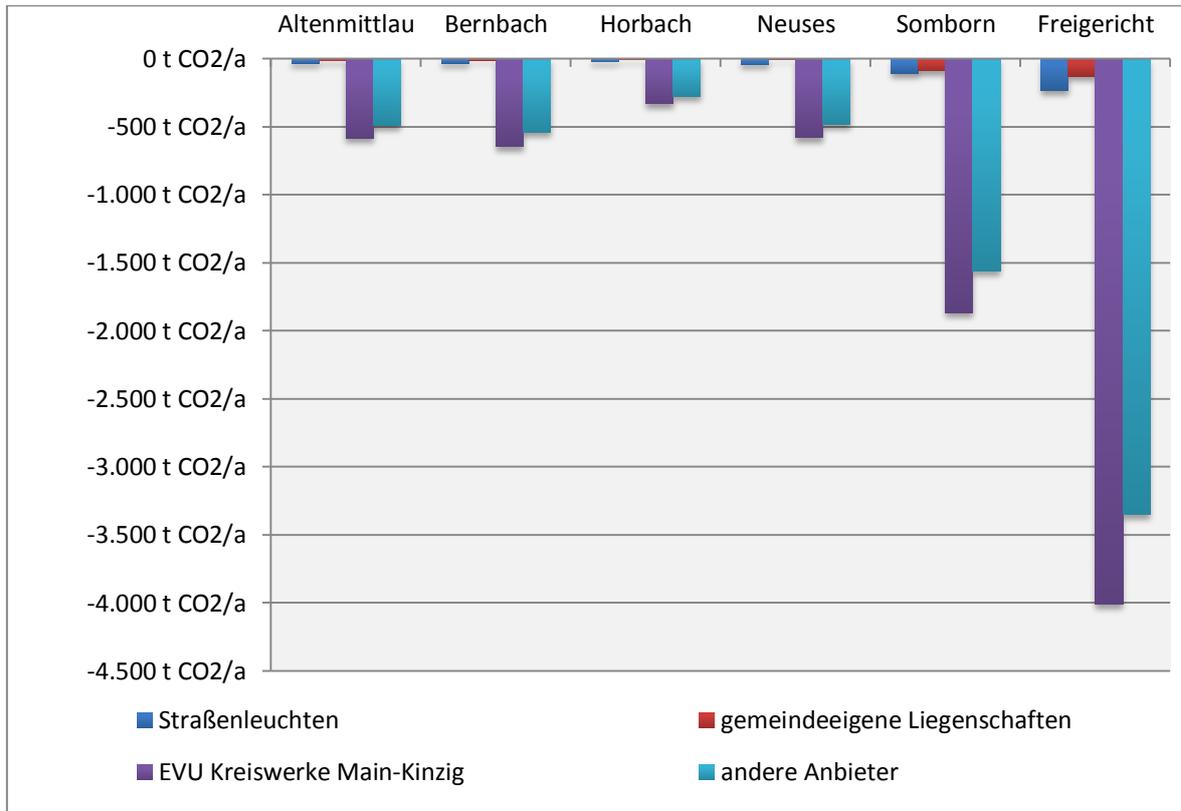


Abbildung 5-5 – mittlere jährliche Vermeidung von CO<sub>2</sub>-Emissionen nach aktueller Versorgungslage gegenüber der Stromversorgung ohne Ökostromtarifanteil

## 6 Potenzialanalyse

### 6.1 Biomasse

Biomasse ist ein sehr weit gesteckter Begriff, der sowohl in der Energietechnik als auch in der Ökologie Anwendung findet. Hier ist er jedoch nicht einheitlich definiert und wird je nach Fachgebiet anders gedeutet. Energietechnisch beschreibt der Begriff klar die biotischen Stoffe, die einer energetischen Nutzung in Form elektrischer oder thermischer Energie oder als Kraftstoff unterzogen werden können. Zur Biomasse in diesem Sinne zählen nicht die fossilen Rohstoffe, wohl aber Nebenprodukte oder Reststoffe. In §2 der Biomasseverordnung (BiomasseV, 2001), die den Anwendungsbereich des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG, 2014) regelt, ist Biomasse wie folgt definiert:

- (1) Biomasse im Sinne dieser Verordnung sind Energieträger aus Phyto- und Zoomasse. Hierzu gehören auch aus Phyto- und Zoomasse resultierende Folge- und Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle, deren Energiegehalt aus Phyto- und Zoomasse stammt.

(2) *Biomasse im Sinne des Absatzes 1 sind insbesondere:*

1. *Pflanzen und Pflanzenbestandteile,*
2. *aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen hergestellte Energieträger, deren sämtliche Bestandteile und Zwischenprodukte aus Biomasse im Sinne des Absatzes 1 erzeugt wurden,*
3. *Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft aus der Land-, Forst- und Fischwirtschaft,*
4. *Bioabfälle im Sinne von § 2 Nr. 1 der Bioabfallverordnung,*
5. *aus Biomasse im Sinne des Absatzes 1 durch Vergasung oder Pyrolyse erzeugtes Gas und daraus resultierende Folge- und Nebenprodukte,*
6. *aus Biomasse im Sinne des Absatzes 1 erzeugte Alkohole, deren Bestandteile, Zwischen-, Folge- und Nebenprodukte aus Biomasse erzeugt wurden.*

(3) *Unbeschadet von Absatz 1 gelten als Biomasse im Sinne dieser Verordnung:*

1. *Treibsel aus Gewässerpflege, Uferpflege und -reinhaltung,*
2. *durch anaerobe Vergärung erzeugtes Biogas, sofern zur Vergärung nicht Stoffe nach § 3 Nummer 3, 7 oder 9 oder mehr als 10 Gewichtsprozent Klärschlamm eingesetzt werden.*

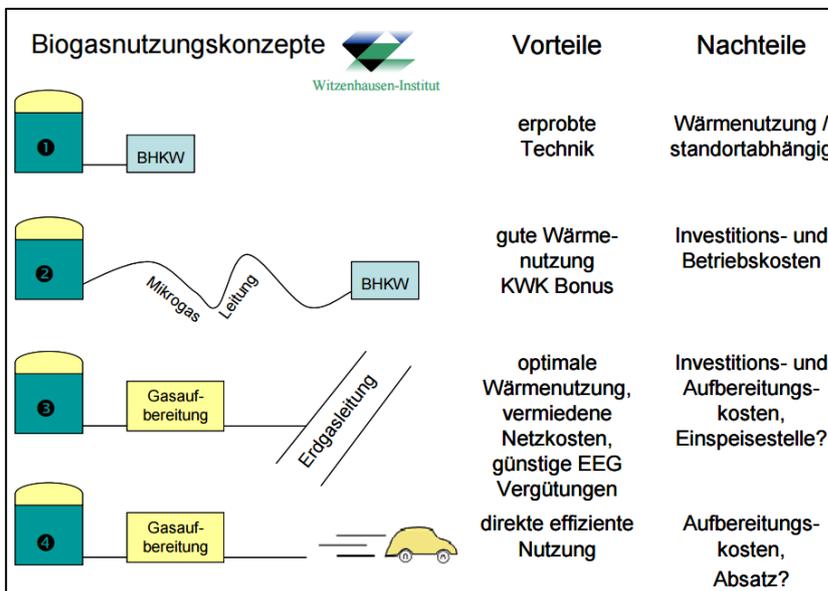
Die Ermittlung des Biomassepotenzials der Gemeinde Freigericht stützt sich vor allem auf die Verteilung der Flächennutzung im Gemeindegebiet. Beim Blick auf das Luftbild zeigt sich, dass neben bebauten Siedlungsflächen vor allem landwirtschaftliche Anbauflächen und Wald bzw. Forst dominieren. Landwirtschaftliche Betriebe mit umfangreicher Tierhaltung spielen keine Rolle. Ebenso die unter Abs. 3, Nr. 1 genannten Treibsel. Im Folgenden werden daher die drei Gruppen Agrarische Biomasse, Holz und Reststoffe betrachtet. Zusätzlich wird der Einsatz von Miscanthus, Pappel bzw. Weide und Abwasserwärme zur Energiegewinnung untersucht.

### **6.1.1 Agrarische Biomasse**

Unter diesem Punkt wird das Erneuerbare Energieertragspotenzial von Biomasse aus dem landwirtschaftlichen Bereich betrachtet. Im Gemeindegebiet Freigericht nimmt die Landwirtschaft einen vergleichsweise hohen Flächenanteil in Anspruch. In der Statistik belegt sie Platz 2 nach Wald und Forst. Der Schwerpunkt liegt im Anbau von Ackerfrüchten und der Grünlandnutzung. Viehhaltung spielt dagegen eine untergeordnete Rolle, da nur zwei Betriebe überhaupt mit Tieren wirtschaften. Es fallen daher kaum Gülle und Mist an. Auch Nebenprodukte oder Reste aus verarbeitenden Betrieben wie Mostereien, Brauereien u.ä. spielen in der Gemeinde Freigericht keine Rolle.

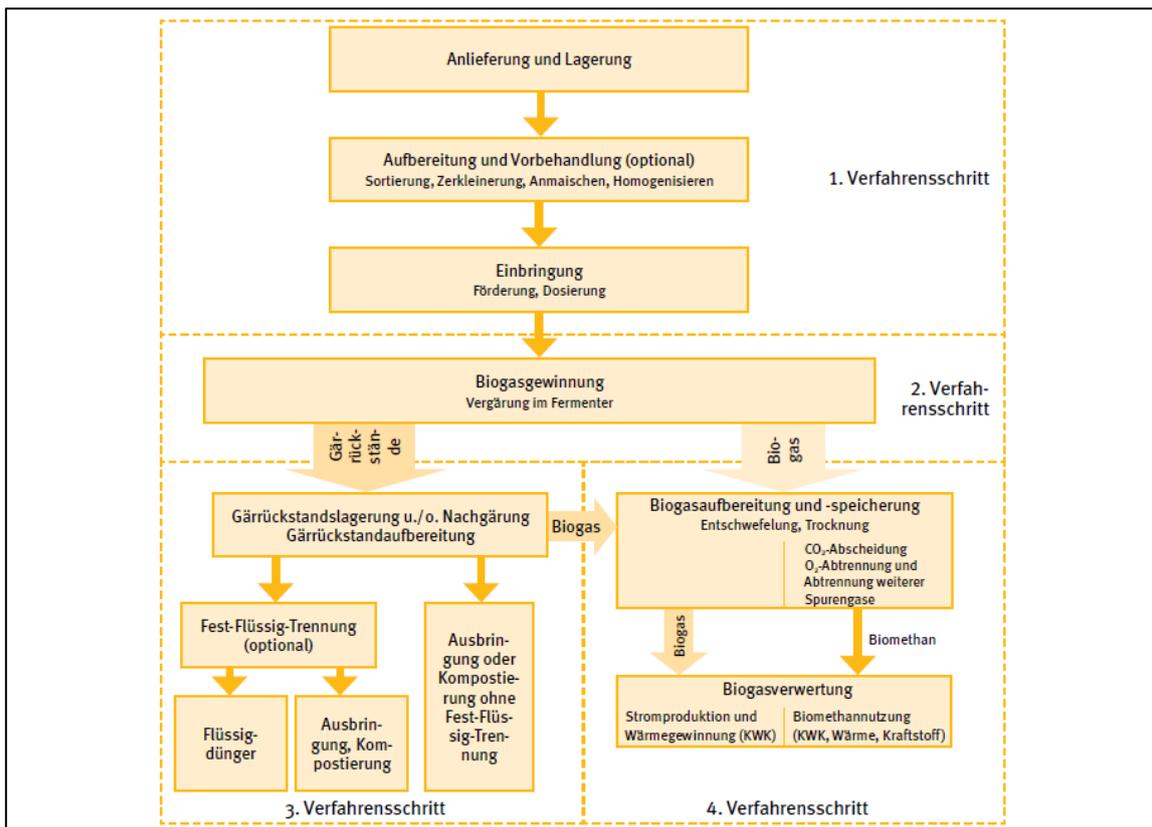
Landschaftspflegematerial kann unter gewissen Umständen ebenfalls verwertet werden. Jedoch sind diesbezüglich keine Mengen erfasst. Die Potenzialermittlung beschränkt sich somit auf verschiedene Flächennutzungsszenarien im Energiepflanzenanbau.

Die Energie aus nicht oder gering lignin- und cellulosehaltigen Pflanzen wird üblicherweise durch Blockheizkraftwerke (BHKW) nutzbar gemacht, die durch Kraft-Wärme-Kopplung elektrische und thermische Energie aus Biogas zur Verfügung stellen. Das Biogas muss dazu in einem vorgeschalteten Schritt durch Vergärung des Pflanzenmaterials in einer Biogasanlage gewonnen werden. Alternativ kann das so gewonnene Biogas auch einer Aufbereitung zugeführt werden, die eine Einspeisung ins Erdgasnetz oder die Nutzung als Biokraftstoff für Fahrzeuge erlaubt. Alle Varianten haben Vor- und Nachteile (siehe **Abbildung 6-1**).



**Abbildung 6-1 – Biogasnutzungskonzepte** (Dr.-Ing.Kern, et al., 2010)

Für den Betrieb von Biogasanlagen haben sich verschiedene Verfahren etabliert (kontinuierliche oder diskontinuierliche Beschickung; Nassfermentation oder Trockenfermentation). Sie unterscheiden sich bei den zuführbaren Ausgangsmaterialien, den optimalen Trockensubstanzgehalten dieser Materialien, beim Anfall und der Qualität der Gärreste und anderen Parametern. Prinzipiell liegen jedoch immer die vier in **Abbildung 6-2** dargestellten Phasen der Biogasgewinnung vor.



**Abbildung 6-2 – grundsätzliche Verfahrensschritte der Biogasgewinnung in Biogasanlagen**  
(Kaltschmitt, et al., 2013)

Ebenso wie für die Verfahrenstechnik von Biogasanlagen stehen auch für BHKW verschiedene Ausführungen zur Wahl. Beispielsweise kann der Antrieb des Generators über Ottomotoren, Dieselmotoren, Dampfmaschinen u.a. erfolgen. Auch Brennstoffzellen sind möglich. Je nach Einsatzzweck reicht die Kapazitätsspanne der BHKW von Nano-BHKW mit weniger als 2 kW<sub>el</sub> Leistung bis hin zu Groß-BHKW mit einer Leistung >50 kW<sub>el</sub>. Aber auch hier ist die grundsätzliche Funktionsweise immer gleich. Ein Verbrennungsmotor treibt einen Generator an, der Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandelt. Bei diesem Prozess entsteht Wärme als Nebenprodukt, die über einen Wärmetauscher nutzbar gemacht wird. **Abbildung 6-3** stellt den Vorgang schematisch dar. Durch das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung erreichen BHKW Gesamtwirkungsgrade von 90% und mehr. Nach (FNR, 2014) schwankt der elektrische Wirkungsgrad zwischen 28% und 47%, der thermische zwischen 34% und 55%. Zur Berechnung des Energiegewinns wird von einem BHKW mit hoher Leistung ausgegangen und die Wirkungsgrade mit 40,1% für elektrische Energie sowie 42,3% für die thermische Energie angenommen.

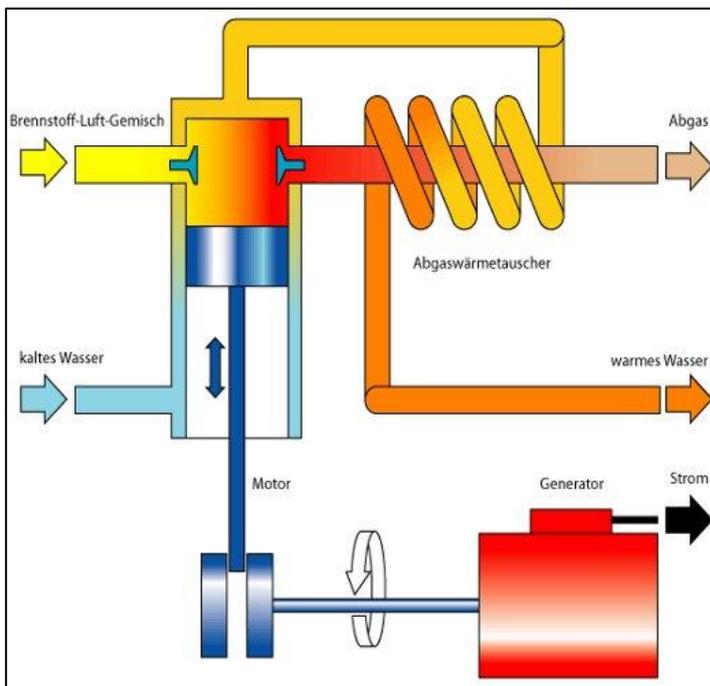


Abbildung 6-3 – vereinfachte schematische Darstellung der Funktionsweise eines BHKW (Madel, n.a.)

Die Ermittlung des Erneuerbaren Energiepotenzials aus Biomasse basiert für die Gemeinde Freigericht auf einer Auswahl verschiedener Pflanzen (siehe Tabelle 6-1). Darunter befinden sich für die Energiegewinnung bekannte Beispiele wie Silomais und Corn-Cob-Mix (CCM), aber auch Getreide und Zuckerrüben, die vorrangig mit der Nahrungsmittelherstellung in Verbindung gebracht werden. Um eine optimale Flächennutzung und eine konstante Versorgung der Biogasanlage mit Biomasse zu gewährleisten, muss bei der Umsetzung auf eine standortangepasste Festlegung der Fruchtfolgen geachtet werden. Dadurch wird es möglich, über das Jahr verteilt mindestens zwei Ernten von verschiedenen Kulturen einzufahren. Zudem findet durch mehrgliedrige Fruchtfolgen die gute fachliche Praxis Anwendung. Die Bodenfruchtbarkeit wird erhalten und das Vorkommen von Schadorganismen und Krankheiten wird eingedämmt oder verhindert. (Aigner, et al., 2012)

Tabelle 6-1 – Betrachtete Energiepflanzen und ihre Kennwerte

Energiepflanze	Frischmasse	Trockenmasse	org. Trockensubstanz	Biogasertrag
	t / (ha*a)	% FM	% TM	Nm <sup>3</sup> /t FM
Maissilage	50	33%	95%	200
Getreide-GPS	40	33%	95%	190
Grassilage	27	35%	90%	180
Zuckerrüben	70	23%	90%	130
Futtermüben	84	16%	90%	90
Sonnenblumensilage	22	25%	90%	120
Zuckerhirse	64	22%	91%	108

Grünroggen (angewelkt)	26	25%	88%	130
Ackergras	40	30%	90%	312 Nm <sup>3</sup> /t oTS
CCM	14	65%	98%	470
Triticale	33	35%	94%	370 Nm <sup>3</sup> /t oTS

Auf nur eine Kultur mit der höchsten Methanausbeute zu setzen erfordert durch den dauerhaft einseitigen Entzug bestimmter Nährstoffe zusätzliche Düngergaben und wirkt sich zudem negativ auf die Artenvielfalt im Gebiet aus (BfN, 2015). Wie das Flächenmanagement für den Energiepflanzenanbau im Gemeindegebiet Freigericht aussehen sollte, muss bei einer konkreten Umsetzungsplanung ermittelt werden. Um das maximale jährliche Ertragspotenzial abschätzen zu können, ist es jedoch sinnvoll, bundesweit angewendete Fruchtfolgen beispielhaft heranzuziehen. **Tabelle 6-2** enthält mögliche Fruchtfolgen und die theoretischen Methanerträge je Kultur bzw. in der Summe. Der Methanertrag stellt einen Anteil am gesamten Biogasertrag einer Kultur dar. Er liegt in der Regel zwischen 50% und 75%.

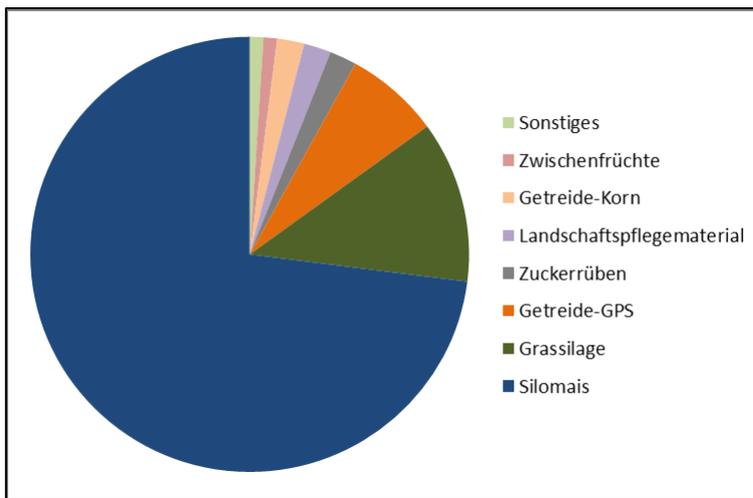
**Tabelle 6-2 – Beispielhafte Fruchtfolgen und ihre spezifischen theoretischen Methanerträge**

Frucht A	Methanertrag Nm <sup>3</sup> /t oTS	Frucht B	Methanertrag Nm <sup>3</sup> /t oTS	Methanertrag Nm <sup>3</sup> /t oTS
Getreide-GPS	329	Silomais	340	669
Triticale	370	Silomais	340	710
Zuckerrübe	350	Getreide-GPS	329	679
Zuckerrübe	350	Triticale	370	720
Ackergras	312	Silomais	340	652
Ackergras	312	Zuckerhirse	291	603
Futtermübe	350	Getreide-GPS	329	679
Futtermübe	350	Triticale	370	720
Grassilage	310	Silomais	340	650
Getreide-GPS	329	Zuckerhirse	291	620
Triticale	370	Zuckerhirse	291	661
CCM	380	Triticale	370	750
Grünroggen	319	Silomais	340	659
Grünroggen	319	Zuckerrübe	350	669
CCM	380	Ackergras	312	692
Grünroggen	319	Futtermübe	350	669
CCM	380	Grassilage	310	690
Ackergras	312	Sonnenblume	298	610

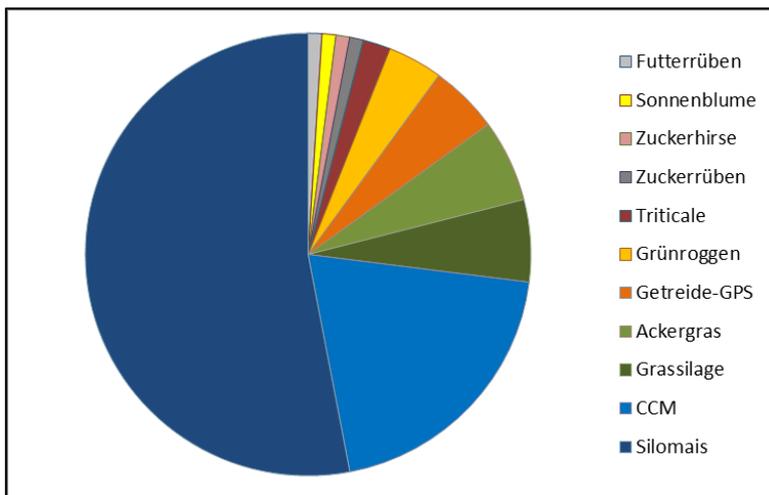
Den maximalen Energieertrag aus agrarischer Biomasse würde man erhalten, wenn die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche des Gemeindegebiets für den Anbau einer Fruchtfolge aus Getreide zur Ganzpflanzensilage und Silomais genutzt würde. In der Summe ergäbe sich ein theoretischer Wert von 10.949 075 Nm<sup>3</sup> Methan/a. Bei einem Energiegehalt von 9,97 kWh/m<sup>3</sup> Methan entspräche das einem theoretischen

Energiegewinn von 109 GWh/a, sodass damit nahezu der gesamte Energiebedarf der Gemeinde Freigericht gedeckt werden könnte.

In der Umsetzung ist eine vollständige Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen in dieser Weise aus oben genannten Gründen nicht zu empfehlen. Es wird daher angenommen, dass 30% der landwirtschaftlichen Flächen für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung gestellt werden. Zudem wird anhand der in Deutschland bestehenden anteiligen Verteilung der Energiepflanzen eine prozentuale Verteilung der 11 oben aufgeführten Kulturen abgeleitet (siehe **Abbildung 6-4** und **Abbildung 6-5**).



**Abbildung 6-4 – Massebezogener Energiepflanzeneinsatz in Biogasanlagen in Deutschland im Jahr 2013 (nach (FNR, 2014))**



**Abbildung 6-5 – Massebezogener Energiepflanzeneinsatz zur Potenzialermittlung für die Gemeinde Freigericht, abgeleitet aus Abbildung 6-4**

In der in **Abbildung 6-5** gezeigten Zusammensetzung kann ein theoretischer Gesamtenergieertrag aus Methan in Höhe von rund 15,1 GWh/a erreicht werden (siehe

**Tabelle 6-3).** Durch eine Verstromung im BHKW beträgt der elektrische Energieertrag etwa 6,1 GWh/a, der thermische Energieertrag knapp 6,4 GWh/a. In der Summe sind das 12,5 GWh/a. Die kumulierte CO<sub>2</sub>-Vermeidung durch die gewonnene thermische und elektrische Energie beträgt 4.766 t/CO<sub>2</sub> (siehe **Tabelle 6-4**).

Bezogen auf den Bedarf der Gemeinde Freigericht kann über die Nutzung agrarischer Biomasse 8% des elektrischen und thermischen Energieverbrauchs gedeckt werden. Separat betrachtet kann ein größerer Teil des Strombedarfs zur Verfügung gestellt werden. Hier liegt der Wert bei 9,5%. Der Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften und der Einwohner erlaubt eine Deckung von 7,1%. Bei einer Veränderung der Masseanteile der Energiepflanzen oder einer Änderung der Flächengröße resultieren entsprechend höhere oder niedrigere Werte.

**Tabelle 6-3 – Frischmasseertrag, Methanertrag und theoretischer Energieertrag der betrachteten Energiepflanzen unter Beachtung der Flächengröße und Masseanteile**

Energiepflanze	Masseanteil	Frischmasse	Methangehalt	Energiegehalt
Maissilage	53%	9.206 t/a	981.278 Nm <sup>3</sup> /a	9.783 MWh/a
Getreide-GPS	5%	695 t/a	71.663 Nm <sup>3</sup> /a	714 MWh/a
Grassilage	6%	563 t/a	54.956 Nm <sup>3</sup> /a	548 MWh/a
Zuckerrüben	1%	243 t/a	17.618 Nm <sup>3</sup> /a	176 MWh/a
Futtermüben	1%	292 t/a	14.708 Nm <sup>3</sup> /a	147 MWh/a
Sonnenblumen-silage	1%	77 t/a	5.124 Nm <sup>3</sup> /a	51 MWh/a
Zuckerhirse	1%	222 t/a	12.953 Nm <sup>3</sup> /a	129 MWh/a
Grünroggen (angewelkt)	4%	361 t/a	25.356 Nm <sup>3</sup> /a	253 MWh/a
Ackergras	6%	834 t/a	70.236 Nm <sup>3</sup> /a	700 MWh/a
CCM	20%	973 t/a	235.457 Nm <sup>3</sup> /a	2.348 MWh/a
Triticale	2%	230 t/a	27.911 Nm <sup>3</sup> /a	278 MWh/a
Summe	100%	13.695 t/a	1.517.260 Nm <sup>3</sup> /a	15.127 MWh/a

**Tabelle 6-4 – Energieerträge und CO<sub>2</sub>-Vermeidung nach Umwandlung im BHKW**

Energiepflanze	Energiegehalt	Energieausbeute elektrisch	Energieausbeute thermisch	CO <sub>2</sub> -Vermeidung
Maissilage	9.783 MWh/a	3.923 MWh/a	4.138 MWh/a	3.082 t CO <sub>2</sub> /a
Getreide-GPS	714 MWh/a	287 MWh/a	302 MWh/a	225 t CO <sub>2</sub> /a
Grassilage	548 MWh/a	220 MWh/a	232 MWh/a	173 t CO <sub>2</sub> /a
Zuckerrüben	176 MWh/a	70 MWh/a	74 MWh/a	55 t CO <sub>2</sub> /a
Futtermüben	147 MWh/a	59 MWh/a	62 MWh/a	46 t CO <sub>2</sub> /a
Sonnenblumen-silage	51 MWh/a	20 MWh/a	22 MWh/a	16 t CO <sub>2</sub> /a
Zuckerhirse	129 MWh/a	52 MWh/a	55 MWh/a	41 t CO <sub>2</sub> /a
Grünroggen (angewelkt)	253 MWh/a	101 MWh/a	107 MWh/a	80 t CO <sub>2</sub> /a
Ackergras	700 MWh/a	281 MWh/a	296 MWh/a	221 t CO <sub>2</sub> /a
CCM	2.348 MWh/a	941 MWh/a	993 MWh/a	740 t CO <sub>2</sub> /a

Triticale	278 MWh/a	112 MWh/a	118 MWh/a	88 t CO <sub>2</sub> /a
Summe	15.127 MWh/a	6.066 MWh/a	6.399 MWh/a	4.766 t CO <sub>2</sub> /a

### 6.1.2 Biomasse-Reststoffe

Den Biomasse-Reststoffen werden in der Erneuerbare Energienpotenzialermittlung für die Gemeinde Freigericht die erfassten Mengen von Biomüll, sperrigen Gartenabfällen und Grünschnitt zugeordnet.

Biomüll ist dabei die heterogenste Kategorie. Sie reicht von Kaffeesatz über Speisereste bis hin zu Obst und Gemüse oder Teilen von Zimmerpflanzen. Auch Gartenabfälle sind Bestandteil der Biotonne. Zudem schwankt die Zusammensetzung des Biomülls über das Jahr hinweg ebenso wie die monatlichen Mengen. Gründe hierfür sind beispielsweise die im Sommer vorzugsweise leichtere Ernährung und damit der höhere Obst- und Gemüseanteil. Im Winter dagegen fallen Gartenabfälle fast vollständig weg. Bisher wird Biomüll aufgrund seiner Heterogenität vorwiegend kompostiert und anschließend in der Landwirtschaft o.ä. verwendet. Aus energetischer Sicht ist jedoch die Biogasgewinnung vorzuziehen. Dazu sollte im Vorfeld eine Sortierung stattfinden, um nicht vergärbare Bestandteile aus dem Biomüll zu entfernen. Eine anschließende Zerkleinerung des Mülls fördert eine stabile Gasausbeute. (Dipl.-Ing. (FH) Rössel, et al., 2008) Den Energiegehalt des Biomülls beschreibt (GBU, n.a.) mit 100 m<sup>3</sup> Biogas/t Biomüll bzw. 0,4 bis 0,58 m<sup>3</sup>/kg oTS mit 6,5 kWh/Nm<sup>3</sup>. Aus den Angaben von (FNR, 2015) lässt sich ein Trockenmassegehalt von 40% bzw. 20% oTS im Biomüll ableiten.

Die Gemeinde Freigericht gibt einen Biomüllanfall von durchschnittlich 1.300 t/a an. Diese Masse hat einen theoretischen Biogasgehalt von 127.600 Nm<sup>3</sup>/a. Über ein BHKW kann ein elektrischer Energieertrag von 0,33 GWh/a sowie ein thermischer Energieertrag von 0,35 MWh/a erreicht werden (siehe Fehler! Textmarke nicht definiert.).

**Tabelle 6-5 – Biogasgehalt pro Jahr**

Biomasse	Frischmasse	Trockenmasse	Org. Trockensubstanz	Biogasgehalt
Biomüll	1.302,37 t/a	520,95 t/a	260,47 t/a	127.632,59 Nm <sup>3</sup> /a

**Tabelle 6-6 – theoretischer Energiegehalt, elektrischer und thermischer Energieertrag sowie CO<sub>2</sub>-Vermeidung**

Biomasse	Energiegehalt	Elektr. Energieertrag <sup>1</sup>	Thermischer Energieertrag <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> -Vermeidung
Biomüll	829,61 MWh/a	332,67 MWh/a	350,93 MWh/a	261,38 t CO <sub>2</sub> /a

<sup>1</sup> elektrischer Wirkungsgrad BHKW 40,1% <sup>2</sup> thermischer Wirkungsgrad BHKW 42,3%

Grünschnitt besteht in der Regel aus dem Schnittgut nicht verholzter Pflanzen oder Pflanzenteile. Es fällt im öffentlichen und privaten Bereich beispielsweise bei Mäharbeiten

und Pflegemaßnahmen an Beeten und Hecken an. Es ist daher mit agrarischer Biomasse vergleichbar. Ebenso wie der Inhalt der Biotonne wird Grünschnitt oftmals kompostiert und zur Bodenverbesserung genutzt. Eine energetische Nutzung ist jedoch sinnvoll, sodass in der Potenzialermittlung eine Fermentation in der Biogasanlage mit anschließender Zuführung in ein BHKW betrachtet wird. (Kaltschmitt, et al., 2013) gibt diesbezüglich einen Biogasertrag von 175 Nm<sup>3</sup>/t Substrat und eine Methanausbeute von 105 Nm<sup>3</sup>/t Substrat an. In der Gemeinde Freigericht stehen 198,13 t/a für eine energetische Nutzung zur Verfügung, die demnach einen theoretischen Biogasgehalt von 34.600 Nm<sup>3</sup>/a haben. Über das BHKW kann ein Ertrag von 30,5 MWh/a elektrischer Energie und 32,2 MWh/a thermischer Energie erreicht werden.

**Tabelle 6-7 – Methanausbeute von Grünschnitt**

Biomasse	Frischmasse	Org. Trockensubstanz	Biogasgehalt	Methanausbeute aus oTS
Grünschnitt	198,13 t/a	23,78 t/a	34.673 Nm <sup>3</sup> /a	7.633 Nm <sup>3</sup> /a

**Tabelle 6-8 – theoretischer Energiegehalt, thermischer und elektrischer Energieertrag und CO<sub>2</sub>-Vermeidung aus Grünschnitt**

Biomasse	Energiegehalt	Elektr. Energieertrag <sup>1</sup>	Thermischer Energieertrag <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> -Vermeidung
Biomüll	76 MWh/a	30,5 MWh/a	32,2 MWh/a	23,98 t CO <sub>2</sub> /a

<sup>1</sup> elektrischer Wirkungsgrad BHKW 40,1% <sup>2</sup> thermischer Wirkungsgrad BHKW 42,3%

Zu den erfassten Gartenabfällen zählen vor allem sperrige Reste wie Wurzeln, Äste und andere verholzte Biomasse, die sich nicht ohne weiteres von Gartenbesitzern zerkleinern lässt. Zusätzlich wird ein Anteil feuchter Biomasse wie Blattwerk, Nadeln, Blüten etc. angenommen. Aufgrund der vorwiegend holzigen Struktur des Materials wird eine direkte thermische Nutzung durch Verbrennen vorgesehen. In der Ermittlung des Energiepotenzials wird hierfür ein Heizwert angesetzt, wie er für feuchtes Holz genannt wird. Nach (LWF, 2014) hat Nadel- und Laubholz bei einem Wassergehalt von 60% einen Heizwert von etwa 1,6 kWh/kg. Dieser Wert gilt in der Berechnung für die sogenannten sperrigen Gartenabfälle. Vor der energetischen Verwertung der sperrigen Gartenabfälle werden diese von „grünem Material“ getrennt und zu Hackschnitzeln verarbeitet. In der Potenzialermittlung wird für diesen Vorgang ein Masseverlust von 20% kalkuliert, sodass von durchschnittlich 11,26 t/a rund 9 t/a zur Wärmeenergiegewinnung bleiben.

Wie auch unter Kapitel 0 <sup>1</sup> bei 90% Wirkungsgrad

Holz wird ein Wirkungsgrad von 90% für die Holzheizanlage angenommen, sodass sich ein Energieertrag von knapp 13.000 kWh/a ergibt. Im Bereich der Wärmeversorgung

könnten damit rund 1,3m<sup>3</sup> Heizöl/a ersetzt werden und Emissionen von rund 4 t CO<sub>2</sub>/a vermieden werden.

**Tabelle 6-9 – Energieertrag der sperrigen Gartenabfälle**

Biomasse	Hackschnitzel	Heizwert	Energiegehalt	Energieertrag <sup>1</sup>
Sperrige Gartenabfälle	9,01 t/a	1,6 kWh/kg	14.413 kWh/a	12.972 kWh/a

<sup>1</sup> bei 90% Wirkungsgrad

**Tabelle 6-10 – Substitution von Heizöl durch die thermische Nutzung von sperrigen Gartenabfällen**

Biomasse	Energieertrag <sup>1</sup>	Heizöläquivalente	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
Sperrige Gartenabfälle	12.972 kWh/a	1.323,62 l/a	4,14 t CO <sub>2</sub> /a

<sup>1</sup> bei 90% Wirkungsgrad

### 6.1.3 Miscanthus, Pappel, Weide

Einzelne Biomassearten eignen sich aufgrund ihres geringen Wassergehalts oder ihrer Zellstruktur nur sehr bedingt für die Gewinnung von Biogas. Sie werden daher direkt der Wärmeenergiegewinnung durch Verbrennen zugeführt. Es zählen hierzu beispielsweise Miscanthus, auch Chinaschilf genannt, sowie Weiden und Pappeln von Kurzumtriebsplantagen (KUP).

Im Ortsteil Altenmittlau befindet sich ein ehemaliger Steinbruch, der seit 1999 stillgelegt ist. Ein Rekultivierungsplan aus dem selben Jahr sieht stufenweise die vollständige Verfüllung der gesamten Fläche vor, eine Rekultivierung befindet sich in der Umsetzung. Insgesamt handelt es sich um etwa 15 ha. Im Zuge der Renaturierung ist hier neben reinen naturschutzfachlichen Zielen (Schaffung neuer Lebensräume, Ansiedlung von Arten,...) auch eine kombinierte Umsetzung von Klimaschutzzielen auf einer Teilfläche des ehemaligen Steinbruchs denkbar. Im folgenden Abschnitt wird das Erneuerbare Energieertragspotenzial von Miscanthus-Anbau mit dem einer Kurzumtriebsplantage (KUP) aus Weiden bzw. Pappeln auf 5 ha der Steinbruchfläche verglichen.

Miscanthus ist ein mehrjähriges Süßgras aus Asien, das zunächst als Zierpflanze Bedeutung gewann. Später wurde seine Eignung als Energiequelle erkannt. Miscanthus ist eine C4-Pflanze, d.h. es hat der normalen Photosynthese einen Stoffwechselfvorgang vorgeschaltet, in dem zunächst CO<sub>2</sub> fixiert wird. Erst danach beginnt räumlich getrennt davon der Calvin-Zyklus und die Umwandlung von Kohlenstoffdioxid in Kohlenhydrate. Durch die Vorstufe ist die Photosyntheserate und damit auch die Kohlenstoffdioxidbindung bei C4-Pflanzen höher. In der Folge werden bei der Verwendung als Energiepflanze höhere Energieerträge erzielt.

Die Gattung Miscanthus umfasst verschiedene Arten. *M. x giganteus* hat bisher die größte Bedeutung als Energiepflanze. Sie ist eine Varietät aus der natürlichen Kreuzung zweier Miscanthus-Arten (Haller, 2015). Die Varietät ist triploid und damit steril, was eine Vermehrung über z. Bsp. Rhizome notwendig macht (Dr. Fritz, et al., 2009). Üblicherweise wird Miscanthus ab dem 3. Jahr geerntet. Dies geschieht im Frühjahr vor dem Wiederaustrieb. Zu dieser Zeit hat das Material bereits einen TS-Gehalt von über 85% (Dr. Fritz, et al., 2009), sodass es ohne weitere Trocknung der thermischen Nutzung zugeführt werden kann. Der Anbau von Miscanthus ist in der Regel auf mindestens 20 Jahre ausgelegt. In dieser Zeit wird jährlich oberirdisch geerntet. Die Rhizome verbleiben im Boden und treiben erneut aus. Durch den dauerhaften Bewuchs der Fläche ergeben sich neben der klimaschonenden Energiegewinnung weitere ökologische Vorteile:

- In einer Tiefe zwischen 0 und 90 cm wird pro Jahr etwa 1 t  $C_{org}$ /ha im Boden gebunden. (Mastel, 2011)
- Dauerhafter Bewuchs von Flächen ohne Phasen der Brache vermindert Bodenerosion durch Wind und Wasser. (Mastel, 2011)
- Da Miscanthusflächen seltener mit schweren Maschinen befahren werden müssen, ergeben sich positive Effekte in Bezug auf die Bodenverdichtung. (Dr. Eltrop, et al., n.a.)

Der Anbau von Miscanthus als Energiepflanze gilt ab einer Flächengröße von 2 ha als wirtschaftlich (Dr. Becker, et al., 2009). Relevant für die Wettbewerbsfähigkeit sind die realisierbaren Alternativen (im Wesentlichen Ackerfrüchte), Nutzungsalternativen neben der Land- und Energiewirtschaft, die Preise fossiler Brennstoffe, die ökologischen Standortgegebenheiten und die Entfernung zum Abnehmer (Mastel, 2011). Gleiches gilt für KUP. In Altenmittlau erscheinen die Bedingungen gut. Die Fläche ist aufgrund ihrer Vorgeschichte für die Landwirtschaft uninteressant und die zentrale Lage im Gemeindegebiet hält die Transportwege kurz. Nach (HLBG, 2015) beträgt die Ackerzahl der Fläche 65, was auf einen grundsätzlich tauglichen Standort hindeutet.

KUP bestehen aus Baumarten, die bereits wenige Jahre nach der Pflanzung hohe Biomassezuwächse zeigen, ein gutes Stockausschlagsvermögen besitzen und vergleichsweise anspruchslos gegenüber ihrem Standort sind. Zudem sind sie nicht anfällig gegen Krankheiten und Schädlinge. Auch dichter Stand für eine gute Flächennutzung und einfache Vermehrbarkeit sind relevante Merkmale. In Deutschland werden diese Anforderungen vor allem von verschiedenen Pappeln und Weiden, aber auch Aspe, Robinie, Erle und Birke erfüllt. Die beiden letztgenannten eignen sich besonders in Regionen mit niedrigen Jahresdurchschnittstemperaturen besser als andere

KUP-Arten. Ferner unterscheiden sich die Arten in ihrer Eignung bezüglich der maximalen Nutzungsdauer und ihrer Jugendwüchsigkeit. (Skodawessely, et al., 2010) Weitere Arten sind denkbar. Die höchsten Erträge sind jedoch von Pappeln (*Populus*) und Weiden (*Salix*) zu erwarten (Bärwolff, et al., 2012). Dementsprechend basiert der Vergleich mit dem Anbau von *Miscanthus* auf einer KUP aus *Populus* bzw. *Salix*.

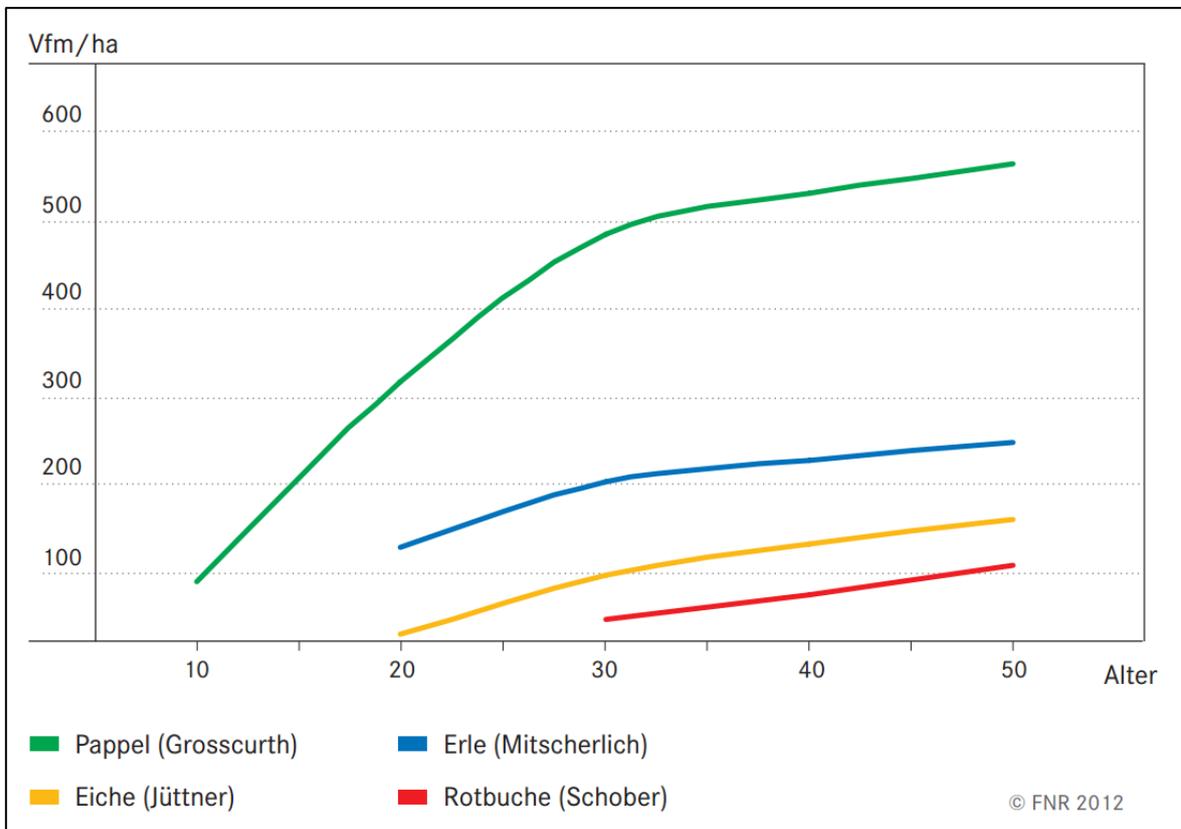


Abbildung 6-6 – Ertragstafelvergleich von Pappel, Buche, Eiche und Roterle (Bärwolff, et al., 2012)

Entscheidende Unterschiede zwischen der Anpflanzung von Pappeln bzw. Weiden und *Miscanthus* liegen im Nutzungsintervall, dem Wassergehalt zum Erntezeitpunkt und dem Trockenmasseertrag (siehe Tabelle 6-11). Im Mittel bleibt der Trockenmasseertrag einer KUP hinter dem von *Miscanthus* zurück, der mittlere Heizwert liegt jedoch darüber. Allen Nutzungsvarianten gemein ist der geringe Arbeitsaufwand, der sich vor allem auf das erste Jahr und den Umbruch der Fläche am Nutzungsende konzentriert.

Tabelle 6-11 – Vergleich KUP und *Miscanthus* (abgewandelt nach (Mastel, 2011))

	KUP mit Pappeln	KUP mit Weiden	<i>Miscanthus x giganteus</i>
erste Nutzung	Nach dem 3. – 6. Jahr		Nach dem 2. Jahr
Nutzungsintervall	3 – 6 Jahre		Jährlich
Erntezeitpunkt	Winter		Frühjahr
Wassergehalt w zum Erntezeitpunkt	54% <sup>1</sup>	50% <sup>1</sup>	15% <sup>2</sup>
Mittlerer Ertrag	10 t TM/(ha*a) <sup>1</sup>	8 t TM/(ha*a) <sup>1</sup>	15 t TM/(ha*a) <sup>2</sup>

Mittlerer Heizwert bei w	18,4 GJ/t TM <sup>1</sup>	18,3 GJ/t TM <sup>1</sup>	14,6 GJ/t TM <sup>2</sup>
Verwendung	Hackschnitzel, Pellets, BtL-Kraftstoff		
Arbeitsaufwand	Pflegetintensiv im ersten Jahr, danach sehr gering; Umbruch nach Nutzungsaufgabe		

<sup>1</sup> (Dr.-Ing. Scholz, et al., 2006) <sup>2</sup> (Dr. Eltrop, et al., n.a.)

Bei einer angenommenen Flächengröße von 5 ha ergibt sich für Miscanthus ein Bruttojahresbrennstoffeintrag von rund 1.100 GJ/a bzw. 304 MWh/a. Durch einen Wirkungsgrad von 90% bei der thermischen Nutzung reduziert sich der Energieertrag auf 274 MWh/a. Ausgehend von einem Energiegehalt von 9,97 kWh/l Heizöl können damit gut 27475 l Heizöl/a substituiert werden. Die CO<sub>2</sub>-Vermeidung beträgt dann etwa 87 t CO<sub>2</sub>/a. Der Bruttojahresbrennstoffeintrag von Pappeln und Weiden beträgt auf einer 5 ha großen Fläche etwa 256 MWh/a bzw. 203 MWh/a. Heizöläquivalente und CO<sub>2</sub>-Vermeidung sind entsprechend geringer (siehe **Tabelle 6-12**).

Insgesamt übersteigt der Ertrag einer Miscanthuspflanzung die Erträge einer KUP aus Weiden oder Pappeln. Diese liegen trotz des höheren Heizwertes (125% bzw. 126% von Miscanthus) bei nur etwa 84% bzw. 67%. Zusätzlich bietet Miscanthus den Vorteil einer jährlichen Ernte, während Pappeln, Weiden und andere Baumarten nur im Abstand von 3 bis 6 Jahren geerntet werden können. Ferner wird für Miscanthus eine längere Nutzungsdauer (>20 Jahre) angenommen, während KUP oftmals maximal eine 20jährige Nutzung erreichen. Letzteres kann mit Betracht auf eine langfristige Festlegung von Kapital und Fläche jedoch auch vorteilhaft sein, wenn sich Alternativen in der Zwischenzeit als gewinnbringender herausstellen.

Der Gasbedarf der Gemeinde Freigericht liegt im Mittel bei rund 106 GWh/a. Durch den Miscanthusanbau auf 5 ha Fläche kann nur ein Bruchteil dieser Energiemenge bereitgestellt werden. Beschränkt man die Nutzung jedoch auf die gemeindeeigenen Liegenschaften mit einem jährlichen Bedarf von 1,7 GWh/a, kann eine Deckung von etwa 18% erreicht werden. Durch eine KUP aus Pappeln oder Weiden liegt die Deckung immerhin noch bei 15% bzw. 12%.

**Tabelle 6-12 – Wertevergleich zwischen Miscanthusanbau, KUP aus Pappeln und KUP aus Weiden**

	<b>KUP mit Pappeln</b>	<b>KUP mit Weiden</b>	<b>Miscanthus</b>
Fläche	5,00 ha	5,00 ha	5,00 ha
Massezuwachs	12 t TM/(ha*a)	8 t TM/(ha*a)	15 t TM/(ha*a)
Mittlerer Heizwert	15,4 GJ/t TM	18,3 GJ/t TM	14,6 GJ/t TM
Bruttojahresbrennstoffeintrag	924 GJ/a	732 GJ/a	1.095 GJ/a
	256 kWh/a	203 kWh/a	304 kWh/a
Energieertrag <sup>1</sup>	230 MWh/a	256 MWh/a	274 MWh/a
Heizöläquivalente	23 m <sup>3</sup> /a	18 m <sup>3</sup> /a	27 m <sup>3</sup> /a

CO <sub>2</sub> -Äquivalente (319 g CO <sub>2</sub> /kWh)	73 t CO <sub>2</sub> /a	58 t CO <sub>2</sub> /a	87 t CO <sub>2</sub> /a
Massezuwachs	67%	53%	100%
Mittlerer Heizwert	126%	125%	100%
Bruttojahres- brennstofftrag	84%	67%	100%
Heizöläquivalente	84%	67%	100%
CO <sub>2</sub> -Äquivalente (319 g CO <sub>2</sub> /kWh)	84%	67%	100%

<sup>1</sup> bei 90% Wirkungsgrad

#### 6.1.4 Holz

Im Wärmebereich ist Holz die wichtigste Quelle unter den Erneuerbaren Energien. Hochwertiges Stammholz wird zwar in der Regel zunächst stofflich verwertet, anschließenden wird es jedoch je nach Belastungsgrad häufig einer thermischen Nutzung zugeführt. Minderwertiges Holz geht direkt in die Wärmeerzeugung. (Mühlenhoff, et al., 2014) Dabei wird oftmals außer Acht gelassen, dass Holz bzw. der Wald, aus dem es stammt, vielfältige weitere Funktionen erfüllt. Zu nennen sind beispielsweise die Wirkung auf das Landschaftsbild und die Erholungsfunktion, aber vor allem auch die naturschutzfachlichen und klimarelevanten Funktionen des Waldes. Gesunde Wälder sind vielseitige Ökosysteme, in denen sich stabile Biozöosen von Fauna und Flora entwickeln können. Zudem filtern Bäume Schadstoffe aus der Luft und binden durch ihr Wachstum CO<sub>2</sub>. Deutschland hat sich daher unter dem Kyoto-Protokoll entschieden, seine Wälder als Kohlenstoffspeicher anrechnen zu lassen. Eine Studie, die daraufhin in Auftrag gegeben wurde, hat ein Gesamtspeichervermögen von 1,2 Mrd. t CO<sub>2</sub> ermittelt. Zusammen mit dem Waldboden als weiteres Speichermedium ergibt sich eine Menge von 2,2 Mrd. t CO<sub>2</sub>. (Mühlenhoff, et al., 2014) Es gilt daher bei der Ermittlung Erneuerbarer Energienpotenziale auf eine nachhaltige Nutzung zu bestehen, um die Funktionsfähigkeit des Waldes zu erhalten.

Der Gemeindewald von Freigericht ist nach dem „Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes“ (PEFC) zertifiziert (Gemeinde Freigericht, 2015). Damit ist seine nachhaltige Bewirtschaftung garantiert. In

**Tabelle 6-13** ist die Flächenzusammensetzung im Gemeindewald nach dem letzten Inventurbericht (Stichjahr 2013) dargestellt. Die reine Baumbestandsfläche beträgt 1.234,3 ha. Dazu kommen Nebenflächen und reine Wegeflächen, sodass sich eine Gesamtfläche von 1.255 ha ergibt.

**Tabelle 6-13 – Flächenanteile im Gemeindewald Freigericht** (Hessen Forst, 2014)

Flächenart	Flächengröße	Anteil an Baumbestandsfläche	Anteil an Betriebsfläche
Wald in regelmäßigem Betrieb	1.215,7 ha	98,5%	97,3%
Wald außer regelmäßigem Betrieb	18,6 ha	1,5%	1,5%
Summe Baumbestandsfläche	1.234,3 ha	100%	98,8%
Nebenfläche ohne Wege	15,5 ha		
Nebenfläche Wege	0 ha		
Summe Nebenflächen	15,5 ha		1,2%
Summe Betriebsfläche	1.249,8 ha		100%

Nach dem Inventurbericht des Hessischen Forstamtes Hanau-Wolfgang bietet der Waldstandort sehr gute Wuchsbedingungen, die einen entsprechend hohen jährlichen Zuwachs von 9,6 Vfm/(ha\*a) ergeben. Für die Ermittlung des Erneuerbare Energienpotenzials ist der vom Forstamt genannte Hiebssatz entscheidend, der für den Freigerichter Gemeindewald eine Ausschöpfung von 98% dieses Zuwachses vorsieht. Eine Weiterentwicklung des Waldes ist damit möglich. Insgesamt können 9.262 Efm/a geschlagen werden. Die Anteile der Baumartengruppen am Hiebssatz sind in **Tabelle 6-14** aufgeführt. Sie orientieren sich an der Zusammensetzung des Baumbestandes.

**Tabelle 6-14 – Anteil der Baumartengruppen am Hiebssatz** (Hessen Forst, 2014)

Baumartengruppe	Beteiligte Baumarten <sup>1</sup>	Anteil am Hiebssatz
Eiche	Alle Eichen	4%
Buche	Alle Baumarten außer Eichen	44%
Fichte	Alle Nadelbäume + Strobe außer anderen Kiefern und Lärchen	20%
Kiefer	alle Kiefern und Lärchen außer Strobe	32%

<sup>1</sup> (Grundmann, 2012)

Baumartengruppen fassen verschiedene Baumarten zusammen, um beispielsweise die Waldinventur zu vereinfachen. Seltenerer Arten werden dabei einer Leitart zugeordnet. Bei der Inventur des Freigerichter Gemeindewaldes von 2014 werden die 4 herkömmlichen Baumartengruppen verwendet, wie sie in **Tabelle 6-14** genannt sind. Die Ermittlung des Energieertragspotenzials richtet sich jeweils nach dem Heizwert der Leitbaumart in den einzelnen Gruppen (siehe **Tabelle 6-15**) Mit dem Heizwert wird der maximal nutzbare thermische Energieertrag aus dem Holz beschrieben. Er ist abhängig vom Wassergehalt und ist größer, je weniger Wasser im Holz enthalten ist (siehe **Abbildung 6-7**). Für das Heizen mit Holz ist eine Restfeuchte von 15 bis 20% empfohlen. Der Heizwert ist nicht mit dem Brennwert zu verwechseln. Dieser bezieht zusätzlich die Wärmeenergie ein, die durch die Kondensation von Wasser aus dem Abgas der Heizung entsteht. (Dr. agr. Hartmann, et al., 2013) Für die Nutzbarmachung dieser Wärmeenergie ist kostenintensive

weiterführende Brennwerttechnik nötig, sodass das Energieertragspotenzial ausschließlich über den Heizwert berechnet wird.

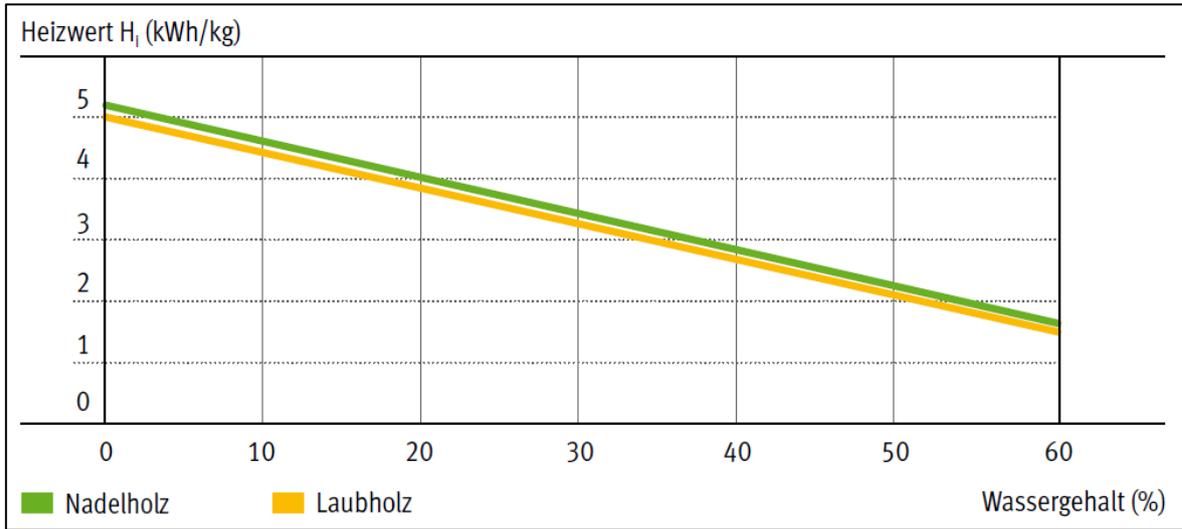


Abbildung 6-7 – Heizwert von Holz in Abhängigkeit vom Wassergehalt (LWF, 2014)

Tabelle 6-15 – Heizwerte der Leitbaumarten in den Baumartengruppen

Baumart	Heizwert <sup>1</sup>
Eiche	2.788 kWh/Fm
Buche	2.724 kWh/Fm
Fichte	1.926 kWh/Fm
Kiefer	2.190 kWh/Fm

<sup>1</sup> Werte bei einem Restwassergehalt von 15% im Holz (LWF, 2014)

Eiche	2692 kWh/Fm
Buche	2631 kWh/Fm
Fichte	1863 kWh/Fm
Kiefer	2118 kWh/Fm

Anhand des Hiebssatzes, den prozentualen Anteilen der Baumartengruppen am Hiebssatz und den Heizwerten der Leitbaumarten kann ein maximaler Energiegehalt von 22,2 GWh/a errechnet werden. Aktuelle Holzheizanlagen haben Wirkungsgrade zwischen 90% und 93% (FNR, 2010). Für die Potenzialermittlung wird von einem 90%igen Wirkungsgrad ausgegangen, sodass sich ein Energieertrag von rund 20 GWh/a ergibt. (siehe Tabelle 6-16).

Tabelle 6-16 – maximaler Energieertrag bei einer Holzernte von 9.626 Efm/a und 90% Wirkungsgrad der Heizanlage

Baumart	Anteil	Mengenanteil	Heizwert <sup>1</sup>	Energiegehalt	Energieertrag
Eiche	4%	370,48 Efm/a	2.788 kWh/Fm	1,033 GWh/a	0,930 GWh/a
Buche	44%	4.075,28 Efm/a	2.724 kWh/Fm	11,101 GWh/a	9,991 GWh/a

Fichte	20%	1.852,40 Efm/a	1.926 kWh/Fm	3,568 GWh/a	3,211 GWh/a
Kiefer	32%	2.963,84 Efm/a	2.190 kWh/Fm	6,491 GWh/a	5,842 GWh/a
Gesamt	100%	9.262,00 Efm/a	9.628 kWh/Fm	22,192 GWh/a	19,973 GWh/a

<sup>1</sup> Werte bei einem Restwassergehalt von 15% (LWF, 2014)

Wird angenommen, dass das Holz auch bei stofflicher Verwendung später thermisch genutzt wird und den fossilen Brennstoff Heizöl ersetzt, wird der Einsatz von insgesamt 2.038 m<sup>3</sup> Heizöl/a vermieden. Bei einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 319 g CO<sub>2</sub>/kWh für Heizöl entspricht das einer Minderung der THG-Emissionen um rund 6.300 t CO<sub>2</sub>/a (siehe **Tabelle 6-17**).

**Tabelle 6-17 – Energieertrag, Heizöläquivalente und potenziell vermeidbare CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die thermische Nutzung von 98% des Zuwachses im Gemeindewald**

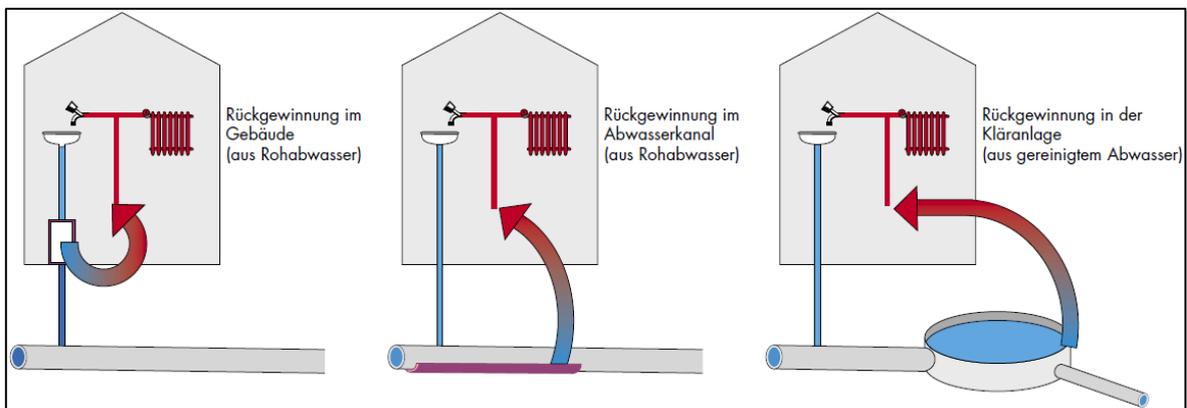
Baumart	Energieertrag	Heizöläquivalente	CO <sub>2</sub> -Vermeidung
Eiche	0,930 GWh/a	94,86 m <sup>3</sup> /a	296,55 t CO <sub>2</sub> /a
Buche	9,991 GWh/a	1.019,49 m <sup>3</sup> /a	3.187,12 t CO <sub>2</sub> /a
Fichte	3,211 GWh/a	327,65 m <sup>3</sup> /a	1.024,29 t CO <sub>2</sub> /a
Kiefer	5,842 GWh/a	596,09 m <sup>3</sup> /a	1.863,51 t CO <sub>2</sub> /a
Gesamt	19,973 GWh/a	2.038,09 m <sup>3</sup> /a	6.371,46 t CO <sub>2</sub> /a

### 6.1.5 Abwasserwärme

Abwasser ist ein Nebenprodukt des modernen Lebens, das durch die tägliche Wasserbenutzung entsteht. Es ist dabei irrelevant, ob das Abwasser in Gewerbe und Industrie oder im privaten Bereich beim Duschen, Kochen und Putzen entsteht. In allen Fällen ist es ein Wärmeenergieträger, wobei diese Energie bisher meistens ungenutzt über den Abwasserkanal abgeleitet wird. In der Regel ist hier die Wärmeenergie von größerer Bedeutung, da Lage- und Strömungsenergie zu gering sind. Bedenkt man, dass die Wärmekapazität von Wasser 4,18 kJ/(m<sup>3</sup>\*K) beträgt, wird das ungenutzte Energiepotenzial deutlich. Bereits bei einem Temperaturentzug von 1 K kann aus einem Kubikmeter Wasser 1,16 kWh thermische Energie gewonnen werden. (Dipl.-Ing. Kobel, 2013) In der Schweiz wird seit rund 30 Jahren erfolgreich Abwasserwärmenutzung betrieben. In Deutschland wurden die ersten Projekte ebenfalls schon vor etwa 20 Jahren umgesetzt und vor allem in den letzten Jahren verstärkt neue derartige Projekte vorangetrieben. (Dipl.-Geogr. Müller, et al., 2010) Abwasserwärme soll zukünftig einen deutlich größeren Anteil am Spektrum der in Deutschland genutzten Erneuerbaren Energiequellen haben.

Für die Abwasserwärmenutzung bestehen verschiedene technische Umsetzungsmöglichkeiten, die sich in erster Linie durch den Entzugspunkt unterscheiden (siehe **Abbildung 6-8**). Zum einen gibt es gebäudeinterne Lösungen, bei denen

Wärmeenergie entzogen wird, bevor das Abwasser in den Kanal abgeleitet wird. Voraussetzung hierfür ist ein hoher und konstanter Abwasseranfall. Krankenhäuser, Industriebetriebe und ähnliche Einrichtungen sind geeignete Anwendungsfälle. Die gewinnbare Energiemenge ist in diesem Fall besonders hoch, weil das Abwasser noch deutlich höhere Temperaturen aufweist als später im Kanal. Ein anderer Energieübergabepunkt ist der Abwasserkanal. Hier liegt das größte Mengenpotenzial, da die Abwässer mehrerer Gebäude zusammentreffen. Größere Kanäle und Druckleitungen liegen zudem in der Regel innerhalb von Siedlungsgebieten, sodass mögliche Abnehmer in unmittelbarer Nähe liegen. Der dritte Übergabepunkt für Wärmeenergie aus dem Abwasser befindet sich auf der Kläranlage. Die Energie wird dabei dem gereinigten Abwasser entzogen, wodurch die technische Konzeption vereinfacht wird. Nachteil ist jedoch, dass Kläranlagen in der Regel außerhalb von Siedlungen liegen und potenzielle Abnehmer dadurch oft zu weit entfernt sind. (DBU, 2005)



**Abbildung 6-8 – Möglichkeiten der Abwasserwärmerückgewinnung nach ihren Entzugspunkten** (DBU, 2005)

Die Energie aus dem Abwasser wird über Wärmetauscher entzogen. Diese sind innerhalb oder außerhalb des Abwasseranals installiert und stellen in Verbindung mit der Wärmepumpe den Sekundärkreislauf dar. Innerhalb dieses Kreislaufs bewegt sich ein Wärmetauschermedium, bei dem es sich in der Regel um Wasser oder ein Wasser-Glykolgemisch handelt. Das Medium nimmt Wärme aus dem Abwasser auf und transportiert sie zum Verdampfer der Wärmepumpe. Dort geht die Wärme in den Kältemittelkreislauf über. Das Kältemittel verdampft, gelangt in den Kompressor und wird dort verdichtet. Dieser Vorgang bewirkt eine Temperaturerhöhung im Dampf, der im Anschluss im Kondensator seine Wärmeenergie an den Primär- bzw. Heizkreislauf abgibt. Durch die Übertragung der Energie verflüssigt sich das Kältemittel wieder, gelangt zum Expansionsventil, das den Druck abbaut und kann erneut Wärme im Verdampfer aufnehmen. Das aufgewärmte Heizmedium des Primärkreislaufs versorgt

Fußbodenheizungen, Radiatoren o. a., gibt damit seine Wärmeenergie im Gebäude ab und kann im Kondensator der Wärmepumpe erneut Energie aufnehmen. Im Sommer kann die Wärmepumpe entgegengesetzt zur Kühlung des Gebäudes betrieben werden, sodass Wärmeenergie aus dem Gebäude in den Abwasserkanal abgeleitet wird.

Um Abwasserwärme wirtschaftlich nutzen zu können, müssen an der Wärmequelle und beim Abnehmer bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden. Das bedeutet, dass auf Abnehmerseite ein Wärmeenergiebedarf von mindestens 100 kW bestehen sollte. Je höher der Bedarf ist, desto wirtschaftlicher kann der Betrieb sein. Es ist auch möglich, mehrere Objekte zusammen zu versorgen. Allerdings dürfen die zu überwindenden Entfernungen für die Wärmeübertragung nicht zu groß sein (siehe **Tabelle 6-18**). Ferner wird ein minimaler Trockenwetterabfluss von 10 l/s bei Systemen außerhalb des Kanals und 15 l/s bei Systemen innerhalb des Kanals benötigt. (Dipl.-Geogr. Müller, et al., 2010) Interne Systeme setzen einen Kanaldurchmesser von mindestens 500 mm voraus (Dipl.-Geogr. Müller, 2013). Zudem ist der Wärmeenergieentzug aus dem Abwasser in Abhängigkeit von der Ausgangstemperatur im Kanal beschränkt. Das an der Kläranlage ankommende Abwasser sollte nicht weniger als 10 °C haben (Dipl.-Umweltng. Buri, et al., 2005), da ansonsten die Reinigungsleistung der Anlage negativ beeinflusst werden könnte. Dieser Zusammenhang beschränkt die zu entziehende Wärmeenergiemenge.

**Tabelle 6-18 – Maximale Distanz zwischen Abnehmer und Wärmeentzugspunkt in Abhängigkeit vom Wärmeleistungsbedarf** (Dipl.-Geogr. Müller, 2013)

	Größe der Abnehmer (Wärmeleistungsbedarf in kW)				
	250 kW	500 kW	1.000 kW	2.000 kW	3.000 kW
Maximale Distanz	100 m	500 m	1.000 m	2.000 m	3.000 m

Die Voraussetzungen im Gemeindegebiet von Freigericht sind für eine wirtschaftliche Abwasserwärmenutzung schwierig. Bezugnehmend auf die potenziellen Energieentzugspunkte aus **Abbildung 6-8** scheiden zwei von drei Möglichkeiten aus. Die Bebauungsstruktur basiert überwiegend auf Ein- und Zweifamilienhäusern, einzelnen Mehrfamilienhäusern mit wenigen Wohneinheiten und Gewerbebetrieben, die keine ausreichend großen Abwassermengen produzieren. Die Grundlage für Abwasserwärmenutzung vor dem Kanal ist demnach nicht gegeben. Auch der Entzug von Wärmeenergie nach der Kläranlage stellt für die Gemeinde Freigericht kein Potenzial dar. Das Abwasser der Ortsteile wird zu den Kläranlagen Neuenhaßlau und Niedermittlau geleitet. Das Abwasser verlässt damit das Gemeindegebiet und es ergibt sich eine zu große Entfernung zu den Abnehmern in Freigericht. Somit bleibt die Energierückgewinnung aus Rohabwasser im Kanal. Auch hier stellt sich die Problematik

vieler kleiner Abnehmer dar, die in der Summe vergleichsweise geringe Mengen Abwasser erzeugen.

Anhand der Zulaufmengen und der Einwohnerwerte der beiden Kläranlagen sowie der Einwohnerzahlen von Freigericht können Abwassermengen von durchschnittlich rund 700 m<sup>3</sup>/d bis 2.100 m<sup>3</sup>/d je Ortsteil errechnet werden. Diese Angaben enthalten den Trockenwetterabfluss, das Schmutzwasser aus der Wasserbenutzung und einen Fremdwasseranteil. Über die Methode des gleitenden Minimums wird der Trockenwetterabfluss abgeleitet. Hier ergeben sich Mengen zwischen 5 l/s und 19 l/s für jeweils einen ganzen Ortsteil. Unter der Voraussetzung, dass eine wirtschaftliche Abwasserwärmenutzung erst ab einem Trockenwetterabfluss von mindestens 10 l/s möglich ist, scheidet eine ortsteilgetrennte Nutzung bereits aus.

**Tabelle 6-19 – Abwassermengen der Ortsteile von Freigericht**

	<b>Prozentualer Anteil am Zufluss</b>	<b>Jahresabwassermenge</b>	<b>Tagesabwassermenge</b>	<b>Trockenwetterabfluss</b>
KA Niedermittlau (2.438.565 m <sup>3</sup> /a)				
Altenmittlau	14%	337.882 m <sup>3</sup> /a	926 m <sup>3</sup> /d	8,13 l/s
Bernbach	12%	300.004 m <sup>3</sup> /a	822 m <sup>3</sup> /d	6,97 l/s
Horbach	10%	255.812 m <sup>3</sup> /a	701 m <sup>3</sup> /d	5,80 l/s
KA Neuenhaßlau (2.192.190 m <sup>3</sup> /a)				
Neuses	14%	316.869 m <sup>3</sup> /a	868 m <sup>3</sup> /d	7,77 l/s
Somborn	35%	772.664 m <sup>3</sup> /a	2.117 m <sup>3</sup> /d	18,94 l/s

Theoretisches Potenzial ergibt sich ausschließlich wenn das Abwasser aus Altenmittlau, Horbach und Bernbach bzw. aus Neuses und Somborn gesammelt abfließt. Auf diese Weise erhöhen sich die zur Verfügung stehenden Trockenwetterabflüsse auf 20,9 l/s und 26,71 l/s. Unter Annahme der untenstehenden Parameter aus **Tabelle 6-20** beläuft sich das Energiepotenzial auf 124 kW<sub>th</sub> bzw. 159 kW<sub>th</sub>. Wenn der Heizbetrieb 2.400 h/a stattfindet, wird demnach eine Energiemenge von knapp 300.000 kWh/a bzw. 381.000 kWh/a gewonnen. In der Summe reduziert sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um 217 t CO<sub>2</sub>/a abzüglich der Emissionen aus der Bereitstellung von Strom für die Wärmepumpe.

Bei den ermittelten Werten handelt es sich um ein theoretisches Potenzial, dessen Realisierung stark vom Wärmebedarf der in Frage kommenden Abnehmer abhängt. Da die Abwasserströme von Altenmittlau, Bernbach und Horbach vermutlich nicht in der Nähe geeigneter Abnehmer zusammentreffen, erscheint eine Umsetzung nach heutigem Stand als unwahrscheinlich. Auch die geringen Abwassertemperaturen während der Heizperiode von 8,8 bis 10,2 °C (mittlere Minimumwerte 2012 – 2013), die am Zulauf der KA Niedermittlau gemessen wurden, sprechen gegen eine wirtschaftlich umzusetzende Abwasserwärmerückgewinnung. Eine andere Situation besteht in Somborn. Das

Abwasser aus diesem Ortsteil fließt zusammen mit dem Abwasser aus Neuses in Richtung Neuenhaßlau. Am Ortsausgang von Somborn in Richtung Gondsroth und Neuenhaßlau sind mehrere gewerbliche Abnehmer angesiedelt. Diese stellen potenziell geeignete Abnehmer dar. Zudem liegen die Abwassertemperaturen am Zulauf der KA Neuenhaßlau bei 11 bis 12 °C (mittlere Minimumwerte 2012 – 2013). Eine Realisierung der Abwasserwärmerückgewinnung aus dem Kanal sollte ggf. mit einer Messkampagne bezüglich Abwasser- bzw. Trockenwettermengen und Wassertemperatur während der Heizperiode beginnen.

**Tabelle 6-20 – zu Grunde gelegte Parameter für die Abschätzung des Wärmeenergieertrags aus Abwasser**

Parameter	Wert
Temperatursenkung im Abwasser	2 K
Jahresarbeitszahl Wärmepumpe	4
Sicherheitsfaktor	0,64 <sup>1</sup>
Heizbetrieb	2.400 h/a

<sup>1</sup> nach (DBU, 2005)

**Tabelle 6-21 – theoretisches Wärmeenergiepotenzial aus Abwasser**

Ortsteile	Trockenwetterabfluss	Energiepotenzial	Energieertrag <sup>1</sup>	CO <sub>2</sub> -Vermeidung
Altenmittlau				
Bernbach	20,90 l/s	124,23 kW <sub>th</sub>	298 MWh/a	95,11 t CO <sub>2</sub> /a
Horbach				
Neuses	26,71 l/s	158,76 kW <sub>th</sub>	381 MWh/a	121,55 t CO <sub>2</sub> /a
Somborn				
Gesamt	47,60 l/s	282,99 kW <sub>th</sub>	679 MWh/a	216,66 t CO <sub>2</sub> /a

<sup>1</sup> bei einem Heizbetrieb von 2.400 h/a

## 6.2 Solarenergie

### 6.2.1 Allgemein

Solarenergie kann sowohl zur Gewinnung von Wärme- und als auch zur Gewinnung von elektrischer Energie genutzt werden. Die Umwandlung geschieht über Solarthermieanlagen bzw. über Photovoltaikanlagen. Der deutschlandweite Ausbau dieser Anlagen hat in den letzten Jahren vor allem durch eine gesicherte Förderung über das EEG große Fortschritte gemacht. Bisher gibt es etwa 1,5 Mio. PV-Anlagen mit einer Gesamtnennleistung von 38,5 GW. Kein anderer Kraftwerkstyp hat in Deutschland eine so hohe installierte Leistung. (Fraunhofer ISE, 2015)

Die Effizienz von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen ist in jedem Fall von den selben Faktoren abhängig. Diese beziehen sich zunächst auf die klimatischen Bedingungen. Wie viel Energie über eine Anlage bezogen werden kann, hängt zunächst von der einfallenden

Sonnenenergie ab. Diese wird über die Globalstrahlung beschrieben. In Deutschland ist die Globalstrahlung sehr unterschiedlich verteilt (siehe **Abbildung 6-9**). Von Nord nach Süd ist ein deutlicher Anstieg der Werte zu erkennen. Ausnahmen bilden die Küstenregionen an Nord- und Ostsee sowie ein Bereich im Osten des Landes, der sich in etwa zwischen Erfurt, Dresden und Berlin erstreckt. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die Globalstrahlung mit der Nähe zum Äquator zunimmt, während sie in der Nähe der Pole die geringsten Werte aufweist. Dieser Regel folgt auch die Verteilung der Globalstrahlung in Hessen. Im nordhessischen Bereich liegen Werte um  $1.000 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , während in Südhessen stellenweise fast  $1.200 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  gemessen werden können. Das Gemeindegebiet Freigericht bewegt sich in etwa um  $1.100 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . Im Sommer kann dieser Wert deutlich übertroffen werden, während er im Winter ebenso deutlich unterschritten werden kann. Jahreszeitliche Schwankungen beeinflussen den Energieertrag, weil die Sonne im Winter weniger lange scheint und ihr Verlauf flacher ist als im Sommer. Je kürzer und flacher der Einfall der Sonnenstrahlen auf die Solarthermie- und Photovoltaikmodule ist, desto geringer ist die umwandelbare Energiemenge. Zudem haben Bedeckung mit Eis, Schnee und Schmutz sowie die Häufigkeit sonnenscheinfreier Zeiten einen Einfluss auf den Ertrag.

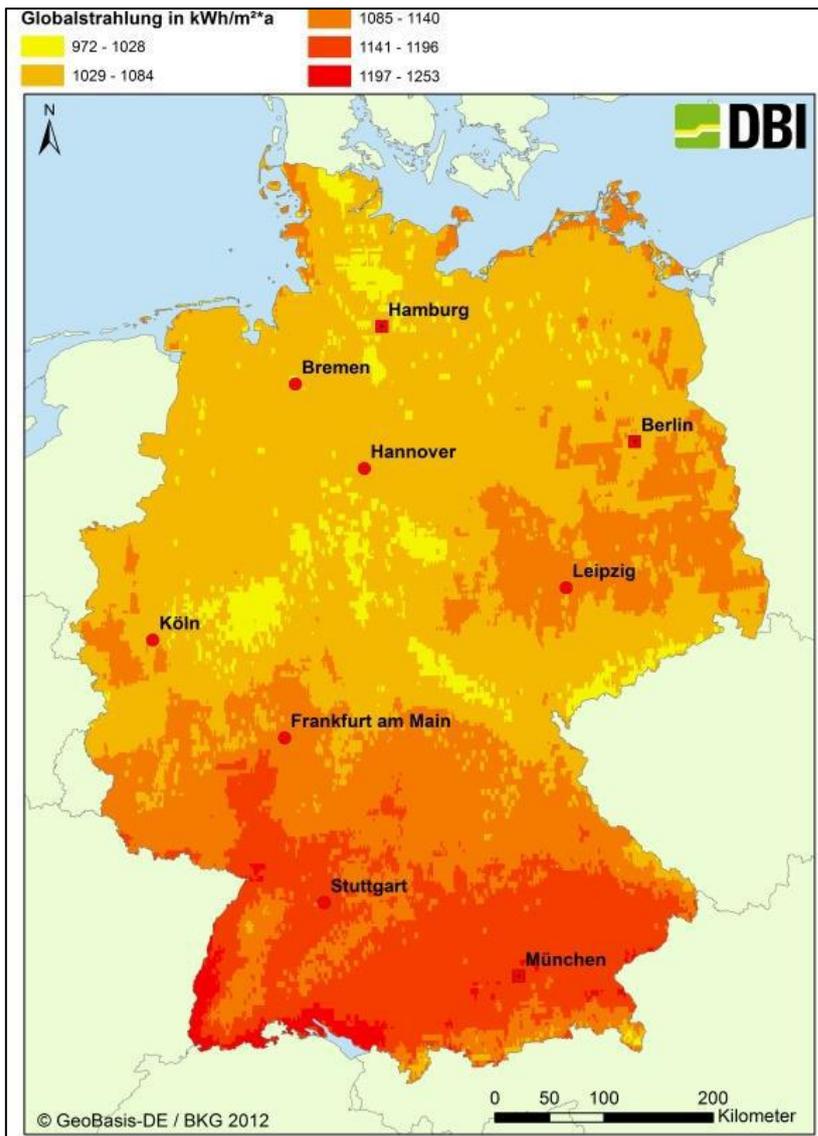
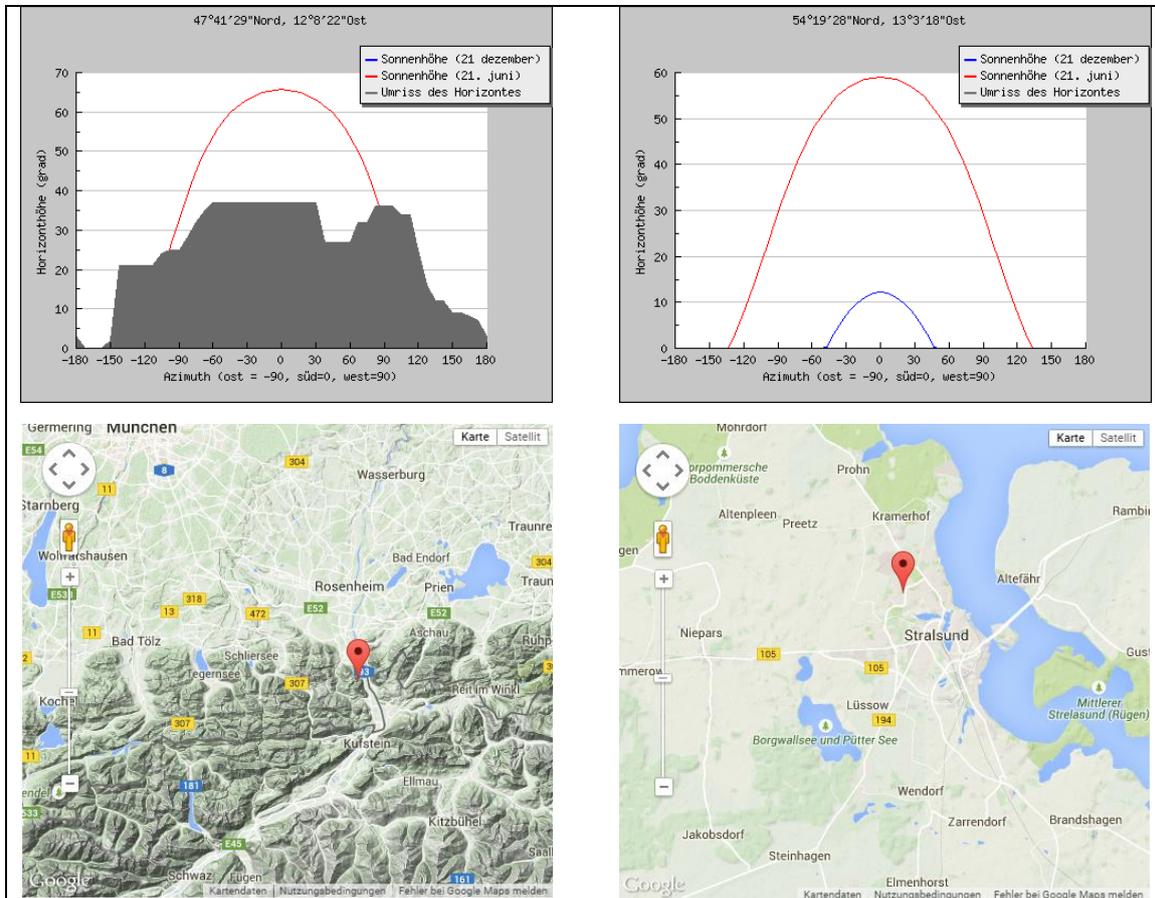


Abbildung 6-9 – Verteilung der Globalstrahlung in Deutschland (EU- Kommission, 2013)

Neben den klimatischen Einflüssen spielen auch die baulichen und geografischen Standortbedingungen eine Rolle. Fläche bzw. nur leicht wellige, unbebaute Gebiete ohne Bäume bieten grundsätzliche bessere Bedingungen für eine effiziente Nutzung von Sonnenenergie als stark bebaute Gebirgsregionen mit baumreichem Umland. Hier verschatten hohe Gebäude und Baumkronen die Anlagen. Zudem wird die Einstrahlung der Sonne immer dann behindert, wenn durch ihren Verlauf ein Berg o. ä. zwischen Sonne und Solarthermie- bzw. PV-Anlage tritt. Unten stehende **Abbildung 6-10** verdeutlicht die Beeinflussung des Ertrags durch geografische Gegebenheiten. Links ist ein Standort südlich der Stadt Rosenheim an der Grenze von Deutschland zu Österreich dargestellt. Zu erkennen ist, dass selbst am 21. Juni, dem Tag mit dem höchsten Sonnenlauf des Jahres, die Bestrahlung einer Solarthermie- oder PV-Anlage teilweise verhindert wird. Im Winter steigt die Sonne dagegen nicht hoch genug, um auf die Anlagen scheinen zu

können. Die Energieausbeute ist dementsprechend trotz hoher Globalstrahlungswerte gering. Zum Vergleich dazu wird ein Standort in der Nähe von Stralsund im Norden Deutschlands herangezogen. Hier kann Sonneneinstrahlung ungehindert sowohl im Winter wie auch im Sommer von Sonnenaufgang bis -untergang auftreten.



**Abbildung 6-10 – Verlauf des Horizonts mit Sonnenlauf im Sommer und Winter für zwei Standort in Deutschland**

Neben den bisher genannten Aspekten ist auch die Verfügbarkeit geeigneter Dach- und Freiflächen zur Installation der Anlagen von großer Bedeutung. Besonders im urbanen Bereich bietet sich die Belegung von Dachflächen an. Voraussetzung ist hier, dass geneigte Dächer möglichst südexponierte Flächen aufweisen und dazu die statischen Voraussetzungen zur Aufnahme von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen aufweisen. Flachdächer können mit entsprechenden Ständersystemen ausgestattet werden, um die optimale Südausrichtung der Module zu erreichen. Gleiches gilt für Freiflächen. Hier muss zudem zwischen der Gewinnung von Strom und Wärme aus Sonnenenergie und anderen Nutzungen auf den Flächen abgewogen werden.

### 6.2.2 Freiflächenanlagen

Durch die Flächencharakteristik des Gemeindegebiets von Freigericht stehen vor allem Dachflächen im Fokus der Solarpotenzialermittlung. Die Bereiche zwischen den einzelnen Ortsteilen sind weitestgehend landwirtschaftlich genutzt oder von Wald bzw. Forst bedeckt und somit einer wirtschaftlichen Nutzung unterzogen. Die Errichtung von Freiflächenanlagen auf Grünland und Ackerflächen ist zudem seit dem Jahr 2011 untersagt. Demnach bleiben seither Konversionsflächen und freie Flächen in Gewerbe- und Industriegebieten sowie entlang von Autobahnen und Schienenwegen.

Im Rahmen einer Potenzialflächenanalyse des Main-Kinzig-Kreises und SPESSARTregional e.V. wurden bereits Untersuchungen zum Freiflächenpotenzial im Gemeindegebiet von Freigericht angestellt. Bezüglich Konversionsflächen und Flächen entlang BAB wurde im damaligen Projekt kein Potenzial gesehen (siehe **Abbildung 6-11**). Des Weiteren existieren im Gemeindegebiet keine Bahnlinien, entlang derer Flächen für die Solarenergienutzung identifiziert werden können. Es wird daher auch im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts zu den Erneuerbare Energiepotenzialen festgestellt, dass Solarenergie auf Freiflächen im Gemeindegebiet von Freigericht kein großmaßstäbliches Potenzial hat.

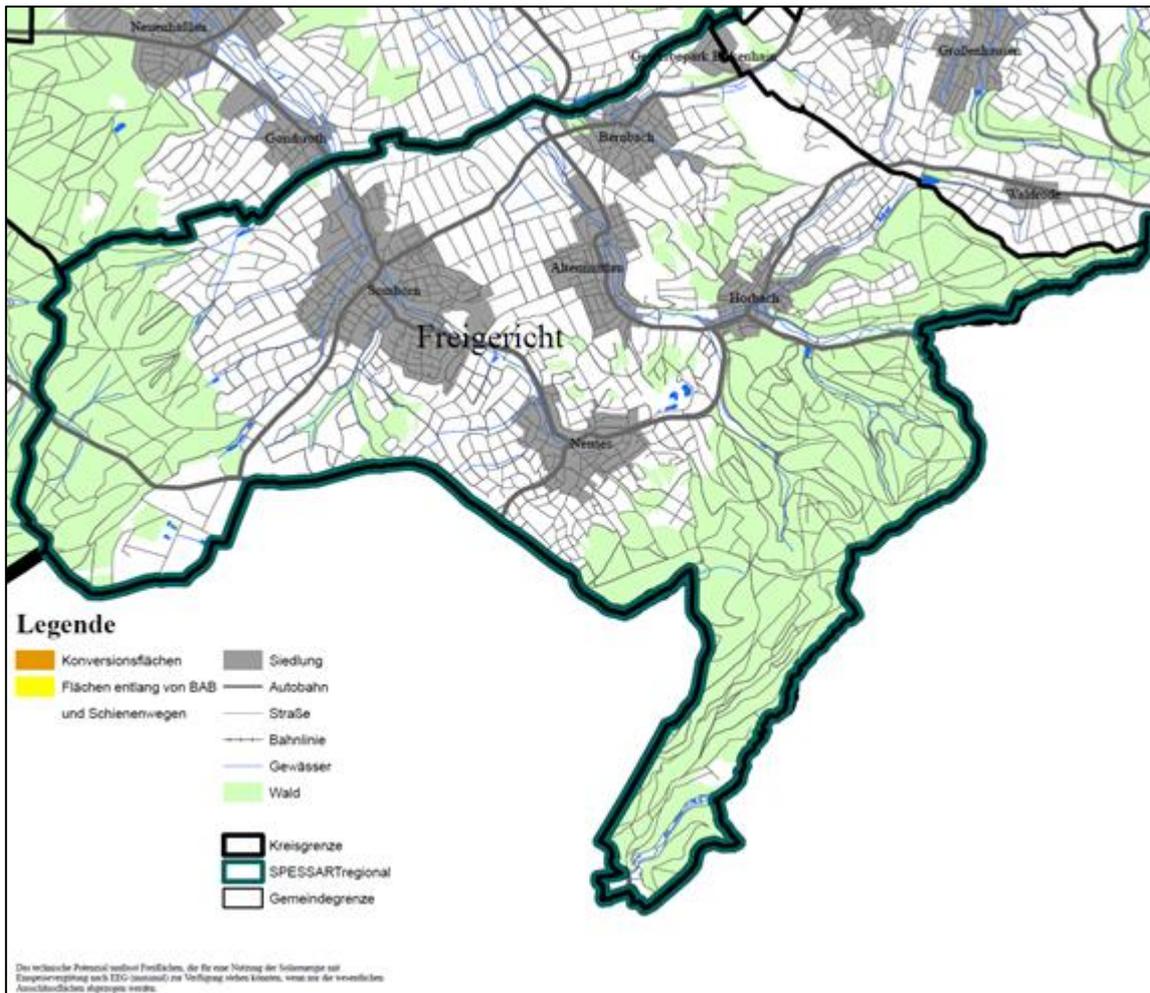


Abbildung 6-11 – Ausschnitt der Solarpotenzialkarte des Projekts Erneuerbar komm! (Main-Kinzig-Kreis, 2012)

### 6.2.3 Dachflächenanlagen

Zur Ermittlung des Solarpotenzials auf Dachflächen wurden durch die Firma AeroWest GmbH und das Büro tetraeder.solar GmbH eine Befliegung des Gemeindegebiets mit anschließender Auswertung der daraus resultierenden Ergebnisse durchgeführt. Im Folgenden werden die Erkenntnisse beider Dienstleister zusammenfassend wiedergegeben und weitere Schlussfolgerungen zum gegebenen Potenzial getroffen. Ferner besteht unter der Adresse <http://www.solare-stadt.de/freigericht/> eine Webseite, auf der die Ergebnisse dargestellt sind. Es können hier Solarthermie- und PV-Potenzial, Einstrahlung und die Eignung der Dachflächen für jedes Gebäude im Gemeindegebiet eingesehen werden. Zudem ist für jedes Gebäude angegeben, auf welcher Fläche wie viel kW<sub>p</sub> installiert werden können, welche finanziellen Vorteile sich ergeben und wie viele Personen versorgt werden können (siehe **Abbildung I-15**). Die theoretische Konfiguration von Anlagen ist ebenfalls möglich (siehe **Abbildung I-16**). Neben dem

Solarpotenzialkataster gibt es weitere Unterseiten „Fragen und Antworten“, „Tipps zur Planung“ und „Links“ (siehe **Abbildung I-17**).

Zur Ermittlung des Solarpotenzials im Gemeindegebiet Freigericht wurden insgesamt 12.338 Gebäude untersucht. Je nach Eignung erfolgte eine Einstufung als geeignet, gut geeignet oder bedingt geeignet. Rund 47% gelten als ungeeignet für die Installation einer Dachflächenanlage und fallen damit aus der Betrachtung heraus (siehe **Tabelle 6-22**).

**Tabelle 6-22 – Gebäudeeignung im Gemeindegebiet Freigericht** (tetraeder.solar ingenieurgesellschaft, 2015)

Gebäudeeignung	Anzahl	Prozentualer Anteil
Insgesamt	12.338	100%
Gut geeignet	3.721	30,16%
Geeignet	2.423	19,64%
Bedingt geeignet	438	3,55%
Nicht geeignet	5.750	46,60%

In der Summe stehen 64,6 ha Dachfläche zur Verfügung, um Sonnenenergie durch Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen nutzbar zu machen. Auch hier erfolgte eine Differenzierung in gut geeignet, geeignet und bedingt geeignet. Zudem wurde in Flachdächer und andere Dächer unterschieden. Das geringere Potenzial bieten dabei im Allgemeinen die Flachdächer. Ihre spezifische Leistung beträgt etwa  $0,5 \text{ kW}_p/\text{m}^2$  während andere Dächer im Schnitt einen Wert von  $1,4 \text{ kW}_p/\text{m}^2$  erreichen.

**Tabelle 6-23 – Fläche, Leistung und spezifische Leistung der Dachkategorien in der Gemeinde Freigericht** (tetraeder.solar ingenieurgesellschaft, 2015)

	Fläche	Leistung	spez. Leistung
Auf gut geeigneten Dächern	197.000 m <sup>2</sup>	28.419 kW <sub>p</sub>	0,144 kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup>
Auf gut geeigneten Flachdächern	137.733 m <sup>2</sup>	6.625 kW <sub>p</sub>	0,048 kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup>
Auf geeigneten Dächern	171.588 m <sup>2</sup>	24.519 kW <sub>p</sub>	0,143 kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup>
Auf geeigneten Flachdächern	21.712 m <sup>2</sup>	991 kW <sub>p</sub>	0,046 kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup>
Auf bedingt geeigneten Dächern	117.432 m <sup>2</sup>	16.843 kW <sub>p</sub>	0,143 kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup>
Auf bedingt geeigneten Flachdächern	-	-	-

Bereits jetzt sind im Gemeindegebiet Freigericht Solaranlagen installiert. Bis 2013 brachten diese einen durchschnittlichen Gesamtertrag von 5,64 GWh/a. Geht man davon aus, dass die gewonnene Energie ausschließlich elektrisch genutzt wird, entspricht das einer CO<sub>2</sub>-Vermeidung von 2.533 t CO<sub>2</sub>/a. Das ermittelte Gesamtpotenzial liegt bei 51 GWh/a. Demnach ist es möglich, weitere 45 GWh/a aus Sonnenenergie zu schöpfen und damit rund 80% des Strombedarfs von Einwohnern, für Straßenbeleuchtung und in den gemeindeeigenen Liegenschaften zu decken. Das entspricht einer zusätzlichen Vermeidung von 20.376 t CO<sub>2</sub>/a. Verglichen mit den durchschnittlichen Emissionen aus

der Stromnutzung in den Jahren 2011 bis 2013 reduziert sich der Ausstoß von Treibhausgasen auf 557 t CO<sub>2</sub>/a..

**Tabelle 6-24 – Zusammenfassung der Ertrags- und Vermeidungspotenziale durch Dachflächenanlagen**

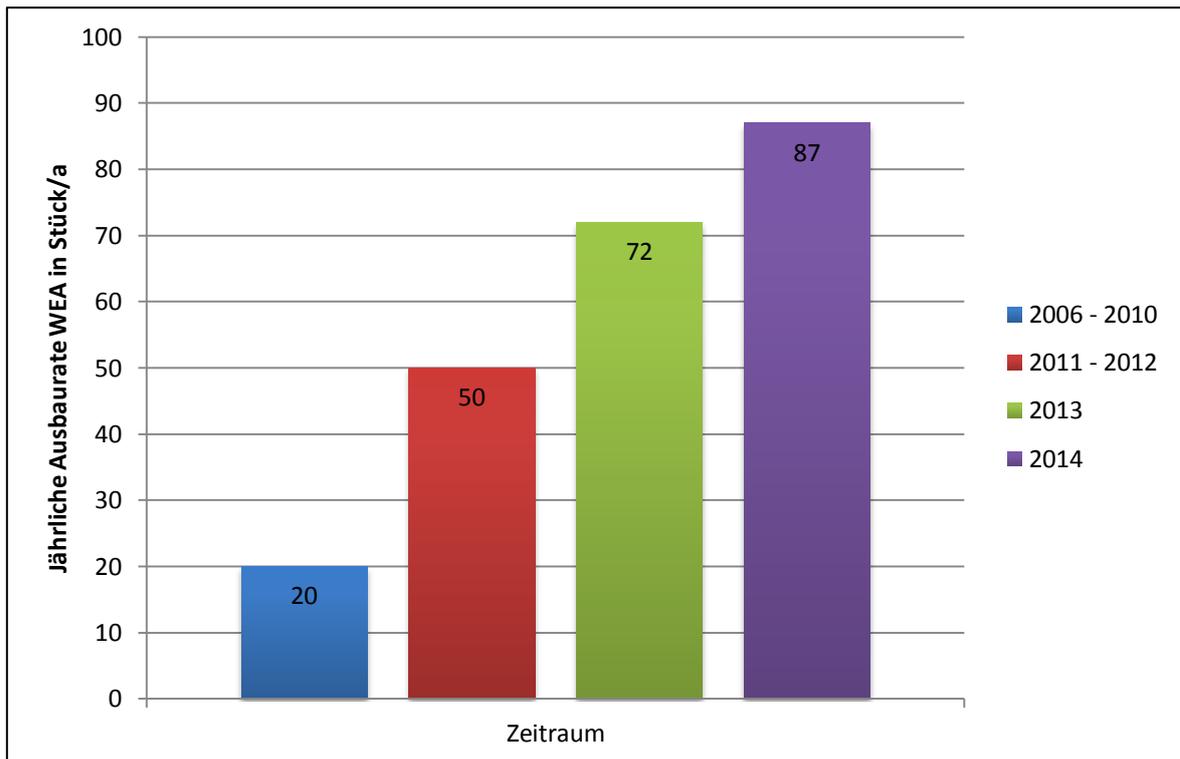
<b>Parameter</b>	<b>Wert</b>
Strombedarf (Durchschnitt 2011 – 2013)	64 GWh/a
Energieertrag durch bestehende Solaranlagen (Stand 2013)	5,64 GWh/a
Max. zusätzlicher Energieertrag durch Ausbau	45 GWh/a
Max. Energieertrag Bestand und Ausbau <sup>1</sup>	51 GWh/a
Anteil an Stromversorgung durch max. Ausbau	79,86 %
	11.035 EW
CO <sub>2</sub> -Emissionen (Durchschnitt 2011 – 2013)	20.933 t CO <sub>2</sub> /a
CO <sub>2</sub> -Vermeidung durch bestehende Solaranlagen (Stand 2013)	2.533 t CO <sub>2</sub> /a
Max. zusätzliche CO <sub>2</sub> -Vermeidung durch Ausbau	20.376 t CO <sub>2</sub> /a
Verbleibende CO <sub>2</sub> -Emissionen	557 t CO <sub>2</sub> /a
	2,66 %

<sup>1</sup> (tetraeder.solar ingenieurgesellschaft, 2015)

## **6.3 Windenergie**

### **6.3.1 Allgemein**

Im Hessischen Energiekonzept betont das Land Hessen die besondere Bedeutung der Windenergienutzung zur Erreichung der bis 2020 gesteckten Ziele bzgl. einer 20-prozentigen Deckung des Energieverbrauchs aus regenerativen Energiequellen außerhalb des Verkehrssektors (HMWEVL, et al., 2010). Die Dynamik beim Zubau von WEA hat im Vergleich zum Zeitraum 2006 bis 2010 zudem deutlich zugenommen, sodass Ende 2014 in Hessen etwa 841 WEA mit einer Gesamtleistung von 1.195 MW in Betrieb waren (siehe **Abbildung 6-12**). (HMWEVL, 2015)



**Abbildung 6-12 – Jährliche Ausbaurrate von Windenergieanlagen in Deutschland zwischen 2006 und 2014 [erstellt nach (HMWEVL, 2015)]**

Nach den Empfehlungen des Energiegipfels wurden für den weiteren Ausbau Windvorrangflächen ausgewiesen, sodass ca. 2% der Landesfläche vorrangig für die Nutzung als Windenergieanlagenstandorte genutzt werden können. Auf Vorrangflächen setzt sich die Nutzung von Windenergie gegenüber anderen möglichen Nutzungen durch. Diese dürfen nur dann stattfinden, wenn sie der Windkraftnutzung nicht entgegenstehen oder sie beeinträchtigen. Gleichzeitig kann mit der Ausweisung von Vorranggebieten in Regionalplänen eine Ausschlusswirkung nach § 8 Abs. 7 ROG für andere Flächen bestimmt werden. Im textlichen Teil zum Entwurf des Regionalplans Südhessen heißt es entsprechend

*„Nach § 8 Abs. 7 Satz 2 ROG können im Regionalplan Vorranggebiete festgelegt werden, die zugleich die Wirkung von Eignungsgebieten für raumbedeutsame Maßnahmen und Nutzungen haben, die bauplanungsrechtlich nach § 35 BauGB zu beurteilen sind. Diese Maßnahmen oder Nutzungen sind damit an anderer Stelle im Planungsraum ausgeschlossen. Hiervon wird im Sachlichen Teilplan Erneuerbare Energien nur für die Windenergie Gebrauch gemacht.*

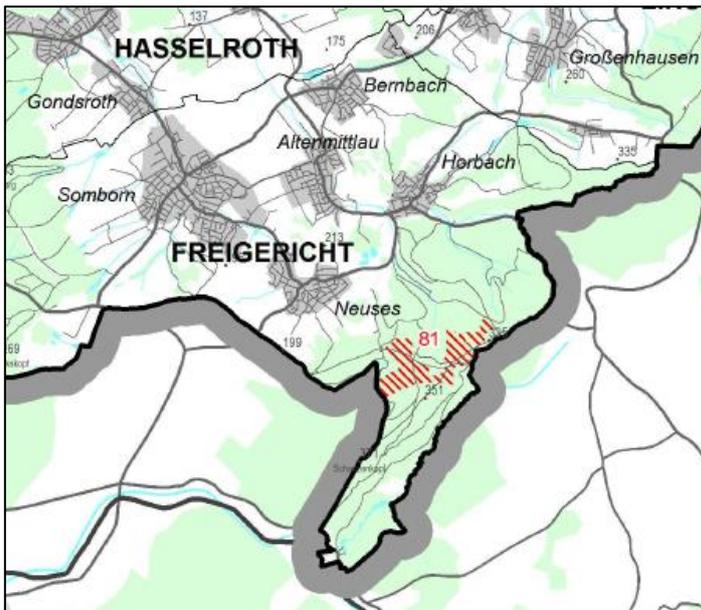
*Der Planungsvorbehalt in § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB räumt der Regionalplanung und der Flächennutzungsplanung die Möglichkeit ein, den übrigen Planungsraum von der Inanspruchnahme durch raumbedeutsame Windenergieanlagen*

*auszuschließen. Vorranggebiete, die zugleich die Wirkung von Eignungsgebieten haben, sind Ziele der Raumordnung. Die Vorranggebiete für Windenergienutzung sind für raumbedeutsame Windenergieanlagen vorgesehen. Andere raumbedeutsame Nutzungen in diesen Gebieten sind ausgeschlossen, soweit sie mit der vorrangigen Funktion der Windenergienutzung nicht vereinbar sind. Der Planungsvorbehalt setzt demnach gebietsbezogene Festlegungen des Plangebers über die Konzentration von Anlagen an bestimmten Standorten voraus, mit denen zugleich ein Ausschluss der Anlagen an anderer Stelle im Plangebiet verbunden sein soll. § 8 Abs. 7 ROG und § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB verleihen derartigen Festlegungen rechtliche Außenwirkung gegenüber dem Bauantragsteller mit der Folge, dass Vorhaben außerhalb der Konzentrationszonen in der Regel unzulässig sind (vgl. BVerwG Urteil vom 13. März 2003 - BVerwG 4 C 4.02 - a. a. O., S. 36 f.).“*

Aufgrund dieser Bestimmungen im Entwurf des Regionalplans Südhessen beschränkt sich die Potenzialermittlung im Bereich Windenergie für die Gemeinde Freigericht auf ein eng gestecktes Gebiet östlich des Ortsteils Neuses (Regierungspräsidium Darmstadt, 2013).

### **6.3.2 Potenzial**

Das Vorranggebiet, das im Entwurf des Regionalplans Südhessen für die Gemeinde Freigericht ausgewiesen ist, trägt die Nummer 81 (siehe **Abbildung 6-13**). Es handelt sich dabei um eine 68,5 ha große Fläche östlich des Ortsteils Neuses, die vollständig bewaldet ist. Diverse andere Schutzgüter werden dieser Fläche ebenfalls zugeordnet, sind aber durch die Ausweisung als Vorrangfläche der Windenergienutzung nachgestellt. Das Gesamt-Konfliktpotenzial wird als gering eingestuft (siehe **Abbildung I-13**). Momentan liegt der Regionalplan Südhessen als Entwurf aus dem Jahr 2013 vor, d.h. durch Stellungnahmen und Einwände kann es zu inhaltlichen Änderungen kommen. Für die Windenergiepotenzialermittlung wird jedoch angenommen, dass das Vorranggebiet Nr. 81 so bestehen bleibt oder sich nur unwesentlich verändert.



**Abbildung 6-13 – ausgewiesenes Vorranggebiet für Windenergienutzung im Gemeindegebiet Freigericht**

Durch den Waldstandort ergeben sich besondere Anforderungen an die Potenzialermittlung. Wälder sind komplexe Ökosysteme und die Auswirkungen auf den Naturhaushalt, das Landschaftsbild samt Erholungsfunktion und auf die biologische Vielfalt sind noch nicht abschließend geklärt. Daher geschieht die Potenzialermittlung auch unter Beachtung naturschutzfachlicher und anderer, die betroffenen Schutzgüter einbeziehender Aspekte.

Um dem Naturschutz Rechnung zu tragen, sollten sich die Naben der WEA ausreichend weit oberhalb der Baumkronen befinden. Es ist daher notwendig, mit Nabenhöhen  $\geq 140\text{m}$  zu planen. Zudem gilt die Windkraftnutzung über Wald erst ab einem Abstand von  $35\text{m}$  zwischen Baumkronen und unterstem Rotorblattpunkt als technisch möglich (Prof. Dr. Keilen, 2012). Der Wald im Gemeindegebiet Freigericht setzt sich im Wesentlichen aus Eichen, Buchen, Fichten und Kiefern zusammen. Es wird daher mit einer maximalen Baumhöhe von  $45\text{m}$  gerechnet.

Die Vorrangfläche Nr. 81 weist in  $140\text{m}$  Höhe Windgeschwindigkeiten von  $5,75\text{ m/s}$  auf (siehe **Abbildung 6-14**). Gemessen an Gebieten mit teilweise mehr als  $7\text{ m/s}$  handelt es sich um ein Schwachwindgebiet, bei dem die Größe des Rotordurchmessers mehr Bedeutung hat als die Generatorleistung. Aus diesem Grund wird für die Potenzialermittlung mit einer sogenannten Schwachwindanlage gerechnet, die einen Rotordurchmesser von  $114\text{m}$  sowie eine Nabenhöhe von  $140\text{m}$  hat und üblicherweise ab Windgeschwindigkeiten unter  $7,5\text{ m/s}$  zum Einsatz kommt (Lütkehus, et al., 2013). Hierzu heißt es in einer

Stellungnahme der TÜV Süd Industrie Service GmbH, München „Die Anlagen der zweiten Generation mit Nabenhöhen von rd. 140 m und Rotordurchmessern von mehr als 100 m sind prinzipiell geeignet, Windenergie über den Baumwipfeln zu „ernten“.“ (Arnold, 2012). Auch andere Quellen belegen, dass die Energieausbeute über Wald mit den höchsten Naben am größten ist (siehe **Abbildung 6-15**). Weitere Eckpunkte zur gewählten Schwachwindanlage sind in **Tabelle 6-25** zusammengestellt.

**Tabelle 6-25 – Kennwerte der gewählten Schwachwindanlage**

<b>Merkmal</b>	<b>Wert</b>
Nabenhöhe	140 m
Rotordurchmesser	114 m
Gesamthöhe	197 m
Generatornennleistung	3,2 MW
Wirkungsgrad	48%
Volllaststunden	1.715 h/a <sup>1</sup>

<sup>1</sup> 10jähriges Mittel der Volllaststunden von Onshore-WEA in Deutschland (Fraunhofer IWES, 2015)

Anhand der baulichen Merkmale zeigt sich, dass die Empfehlung von 35m Mindestabstand zwischen Baumkronen und unterster Rotorblattspitze eingehalten wird:

$$\text{Durchschnittliche Kronenhöhe} + \text{Mindestabstand} = 45\text{m} + 35\text{m} = 80\text{m}$$

$$\text{Nabenhöhe} - (1/2 * \text{Rotordurchmesser}) = 140\text{m} - (1/2 * 114\text{m}) = 83\text{m}$$

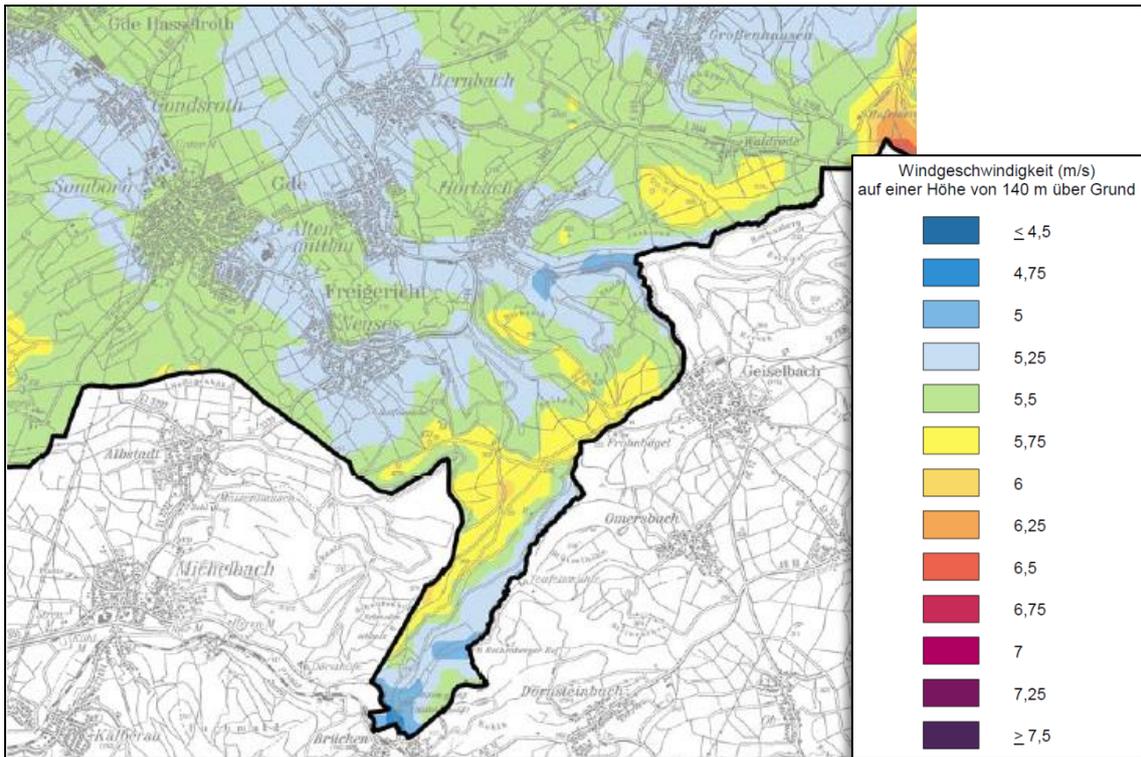


Abbildung 6-14 - Verteilung der Windgeschwindigkeiten (m/s) auf einer Höhe von 140m über Grund (HMWEVL, 2012)

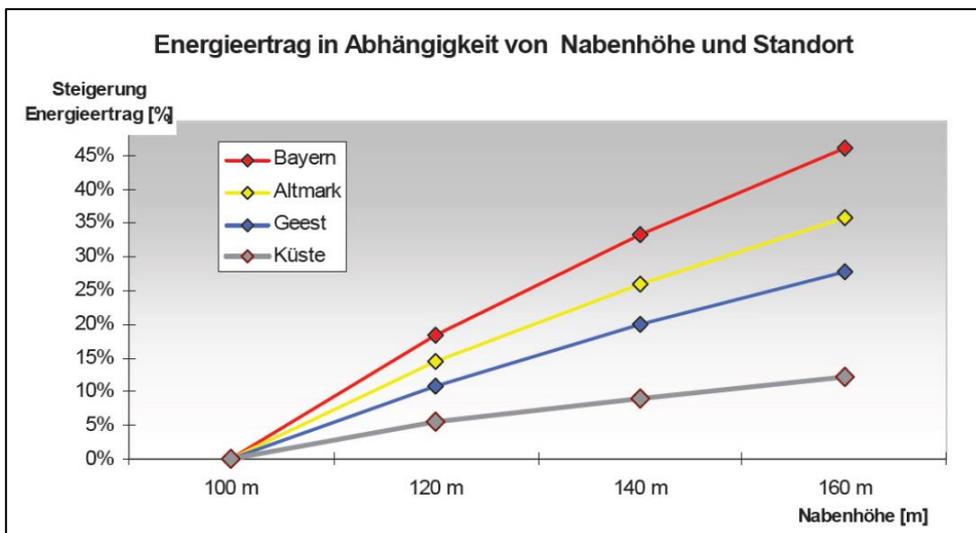
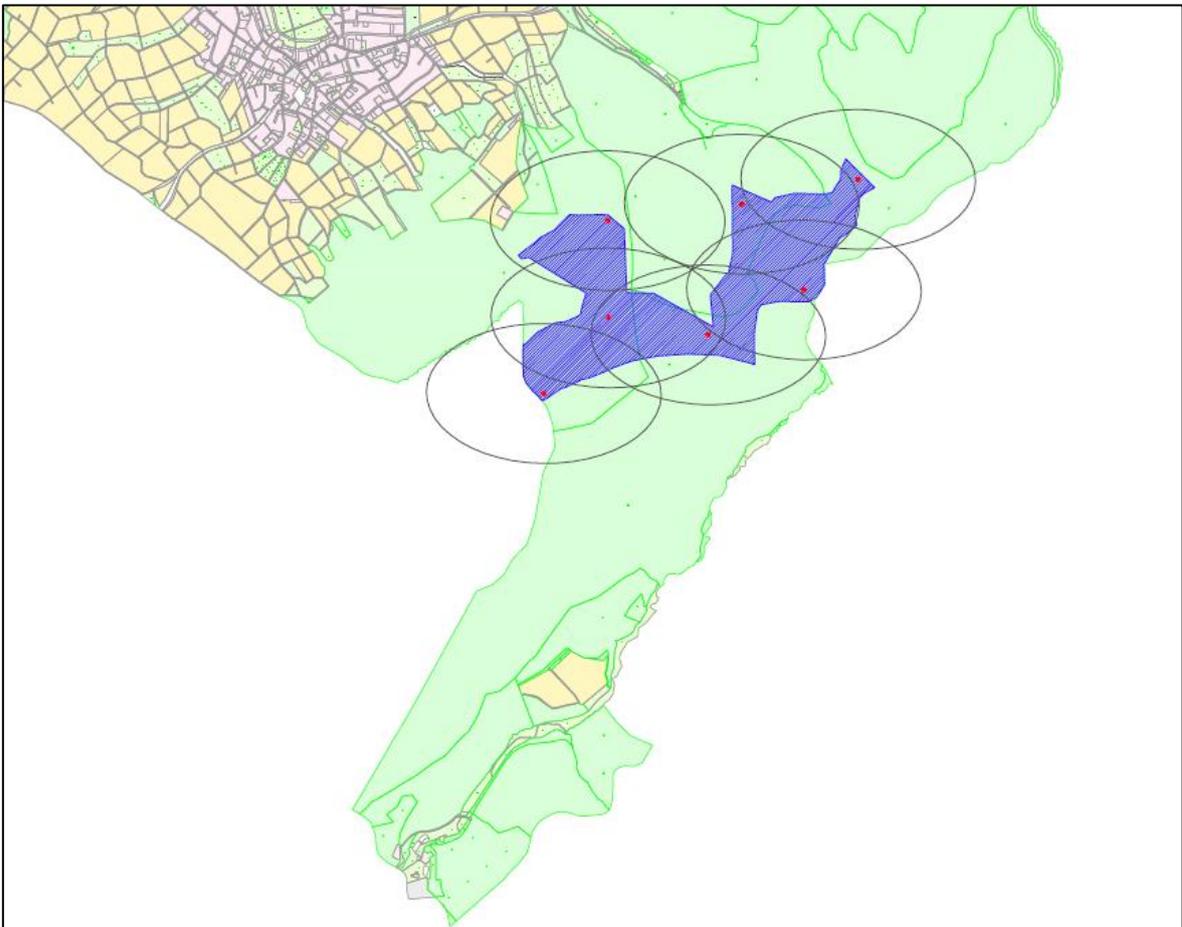


Abbildung 6-15 – Energieertrag in Abhängigkeit von Nabenhöhe und Standort (EFI Wind GmbH, 2012)

Mehrere WEA, die zu einem Windpark zusammengefasst aufgestellt werden, können sich bei ungünstiger Anordnung gegenseitig beschatten. Dies wirkt sich nachteilig auf die Energieausbeute aus und muss vermieden werden. Es ist daher üblich

- in Hauptwindrichtung den 5fachen Rotordurchmesser
- in Nebenwindrichtung den 3 fachen Rotordurchmesser

als Abstand zwischen den einzelnen WEA zu wählen. Vereinfacht kann auch jeweils der 4fache Rotordurchmesser angenommen werden, sodass sich in der Berechnung für den gewählten Anlagentyp ein radialer Mindestabstand von 456m ergibt. Die Verteilung der Anlagen zielt auf die größtmögliche Energieausbeute ab. Diese wird erreicht, in dem möglichst viele WEA an den windreichsten Plätzen gebaut werden. Da im Vorranggebiet Nr. 81 eine gleichmäßige Verteilung der Windgeschwindigkeiten vorherrscht, rückt die Nutzung der windreichsten Plätze in den Hintergrund. Die Verteilung versucht die größte Anzahl WEA zu erreichen. Zu diesem Zweck wird jede WEA als Einzelpunkt betrachtet, um den ein Kreis mit dem radialen Mindestabstand gezogen ist. Die nächstgelegene WEA darf also nicht innerhalb eines anderen Umkreises platziert werden. **Abbildung 6-16** eine mögliche Verteilung von Windenergieanlagen auf der Fläche im Gemeindegebiet von Freigericht.



**Abbildung 6-16 – Verteilung der WEA (rot) im Vorranggebiet (blau) unter Beachtung von Mindestabständen (schwarz) zueinander**

Auf der Vorrangfläche ergibt sich auf diese Weise eine maximal mögliche Anzahl von 6 WEA, wenn zusätzlich auch Geländegegebenheiten in die Betrachtung einbezogen werden. Bei einer angenommenen Volllaststundenzahl von 1.715 h/a nach (Fraunhofer

IWES, 2015) und einer Generatornennleistung von 3,2 MW führt das zu einer theoretischen jährlichen Energieausbeute von 33 GWh/a. Der Wirkungsgrad von max. 48% reduziert die Energieausbeute auf rund 16 GWh/a. Gemessen am durchschnittlichen Strombedarf in der Gemeinde wird eine Deckung von 24,7% Gemeinde erreicht.

Eine Energieausbeute von 16 GWh/a entspricht einer Vermeidung von rund 7.100 t CO<sub>2</sub>/a. Gemessen am CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der durch die aktuelle Stromversorgung in der Gemeinde Freigericht entsteht, wird hier eine Vermeidung von 33,9% der Emissionen erreicht.

## **6.4 Geothermie**

Geothermie bezeichnet die Wärmeenergie im Untergrund. Sie kann als regenerative Energiequelle beispielsweise für die Gebäudebeheizung oder die Erwärmung von Trink- oder Prozesswasser genutzt werden. Über Kraft-Wärme-Kopplung ist auch eine Umwandlung in elektrische Energie möglich. Dieses Potenzial ist nach heutigem Stand der Technik jedoch auf Bereiche mit hohem Temperaturgradienten zwischen Untergrund und Umgebung beschränkt und daher nicht überall verfügbar (Dr.-Ing. Wesselak, et al., 2013).

### **6.4.1 Allgemein**

Grundsätzlich wird zwischen oberflächennaher und Tiefengeothermie unterschieden. Die Einteilung basiert auf der Tiefe, aus der die Energie gewonnen wird. Mit der Tiefe verbunden ist auch ein unterschiedliches verfügbares Temperaturniveau. In Deutschland steigt die Temperatur um durchschnittlich 3 K pro 100 m Tiefe. Bei der oberflächennahen Geothermie bis 400 m Tiefe werden dadurch Temperaturen von 20 bis 25 °C in der Regel nicht überschritten. Der Einsatzbereich dieser Energiequelle ist somit auf thermische Nutzungen wie Gebäudebeheizung unter zwingendem Einsatz von Wärmepumpen beschränkt. Die Wärmepumpen heben das Temperaturniveau an der Oberfläche zusätzlich an. Alternativ ist auch die entgegengesetzte Verwendung im Sommer möglich, bei der überschüssige Raumwärme in den Untergrund geleitet wird. Üblicherweise werden im Zusammenhang mit der oberflächennahen Geothermie Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden und Energiepfähle eingesetzt. Auch Grundwasserbrunnen, die ausschließlich für die geothermische Nutzung errichtet werden, sind ein mögliches System.

Tiefengeothermie beginnt per Begriff ab einer Tiefe von 400 m, wobei technisch erst ab 1.000m Tiefe und Temperaturen von mindestens 60 °C von Tiefengeothermie gesprochen

wird. (Dr. Fritsche, et al., 2010) Die Bohrungen zur Nutzung von Tiefenerdwärme reichen nach heutigem Stand bis zu 5.000 m. Der Einsatz von Wärmepumpen an der Oberfläche ist hier nicht erforderlich. In der Tiefe können Grundwasser, tiefliegende Aquifere oder trockenes Gestein ohne zirkulierende Tiefengewässer genutzt werden. Auf dieser Grundlage wird in hydrothermale und petrothermale Systeme unterteilt. Das Potenzial der petrothermalen Ressourcen liegt in Deutschland klar über dem hydrothermalen. Die technisch-wirtschaftlichen Bedingungen verhindern jedoch derzeit noch eine großmaßstäbliche Nutzung.

Neben den tiefen- und systembezogenen Unterscheidungen besteht in Deutschland eine weitere, administrative Grenze bei 100 m Tiefe. Bis dahin ist das wasserrechtliche Genehmigungsverfahren ausreichend. Darüber hinaus findet zusätzlich ein bergrechtliches Verfahren statt.

#### **6.4.2 Potenzial Tiefengeothermie**

Das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie hat den Leitfaden „Nutzung tiefer Geothermie in Hessen“ (Dr. Fritsche, et al., 2010) veröffentlicht. Darin wird der hessische Teil des Oberrheingrabens (siehe **Abbildung 6-17**) als einziges wirtschaftlich aussichtsreiches Gebiet für die Tiefengeothermie in Hessen benannt. In 1.000 m Tiefe betragen die Temperaturen hier 90 °C (statt im Schnitt 40 bis 50 °C) und in 3.000 m Tiefe mindestens 150 °C (statt 110 bis 130 °C). Zudem hat die Tektonik in diesem Gebiet zu einer tiefreichenden Grundwasserzirkulation geführt, sodass auch die hydraulischen Voraussetzungen hinsichtlich Durchlässigkeit und Ergiebigkeit gegeben sind. Eine Nutzung erfolgt hier über das sogenannte Dublettensystem, bei dem eine Förder- und eine Reinjektionsbohrung gemacht werden. Bohrung 1 bringt heißes Thermalwasser an die Oberfläche und damit in den Nutzerkreislauf und Bohrung 2 leitet das abgekühlte Thermalwasser wieder in den Untergrund zurück. Alternativ kann auch ein koaxiales System verwendet werden, bei dem zwei Rohre ineinander verbaut werden. **Abbildung 6-18** stellt die beschriebenen Systeme schematisch dar.

Im Gemeindegebiet von Freigericht liegen die notwendigen Voraussetzungen des Untergrunds nicht vor bzw. wurden bisher nicht nachgewiesen (siehe **Abbildung 6-17**). Damit ist davon auszugehen, dass kein tiefengeothermisches Potenzial vorhanden ist.

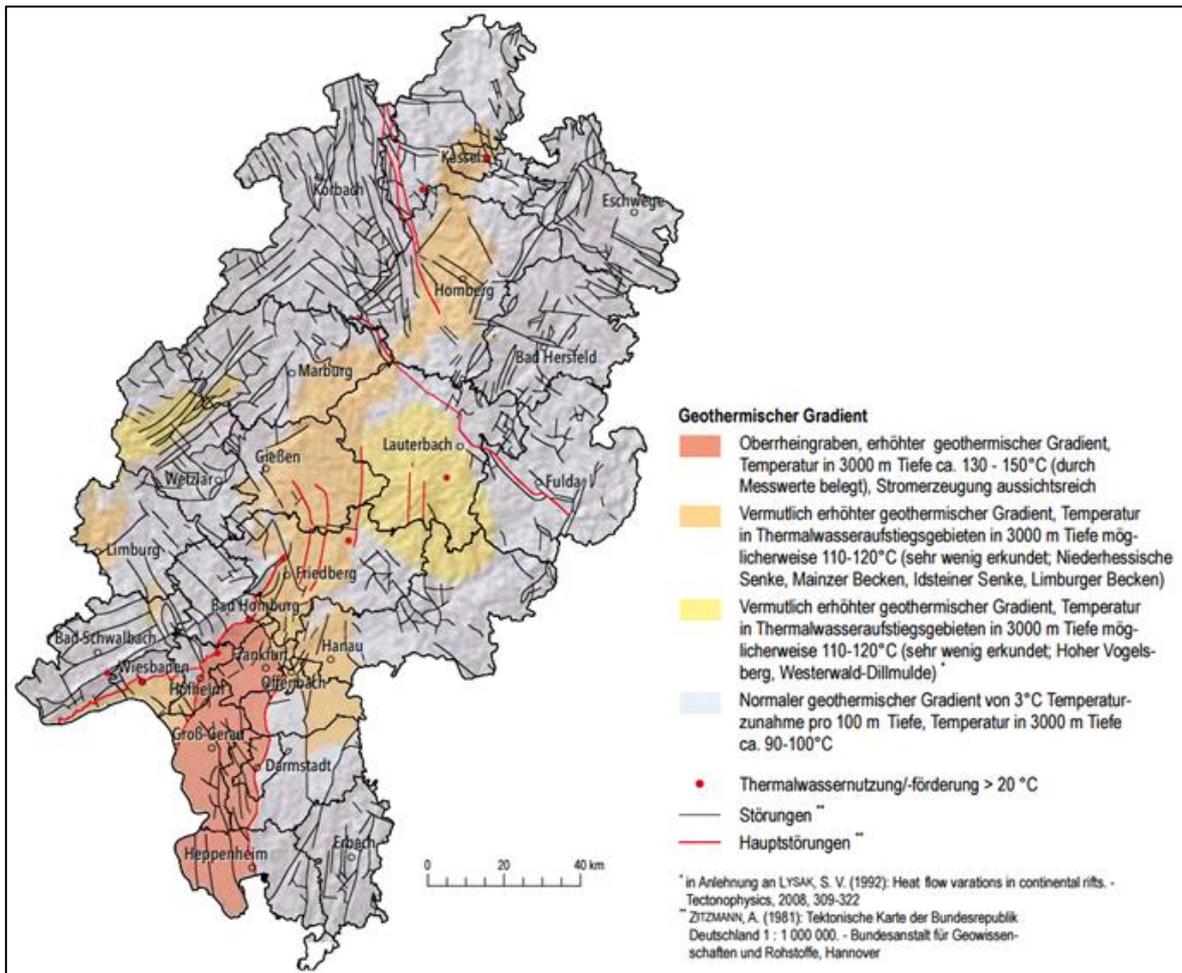


Abbildung 6-17 – geologische Strukturräume mit nachgewiesenem und vermutetem tiefegeothermischen Potenzial in Hessen (Dr. Fritsche, et al., 2010)

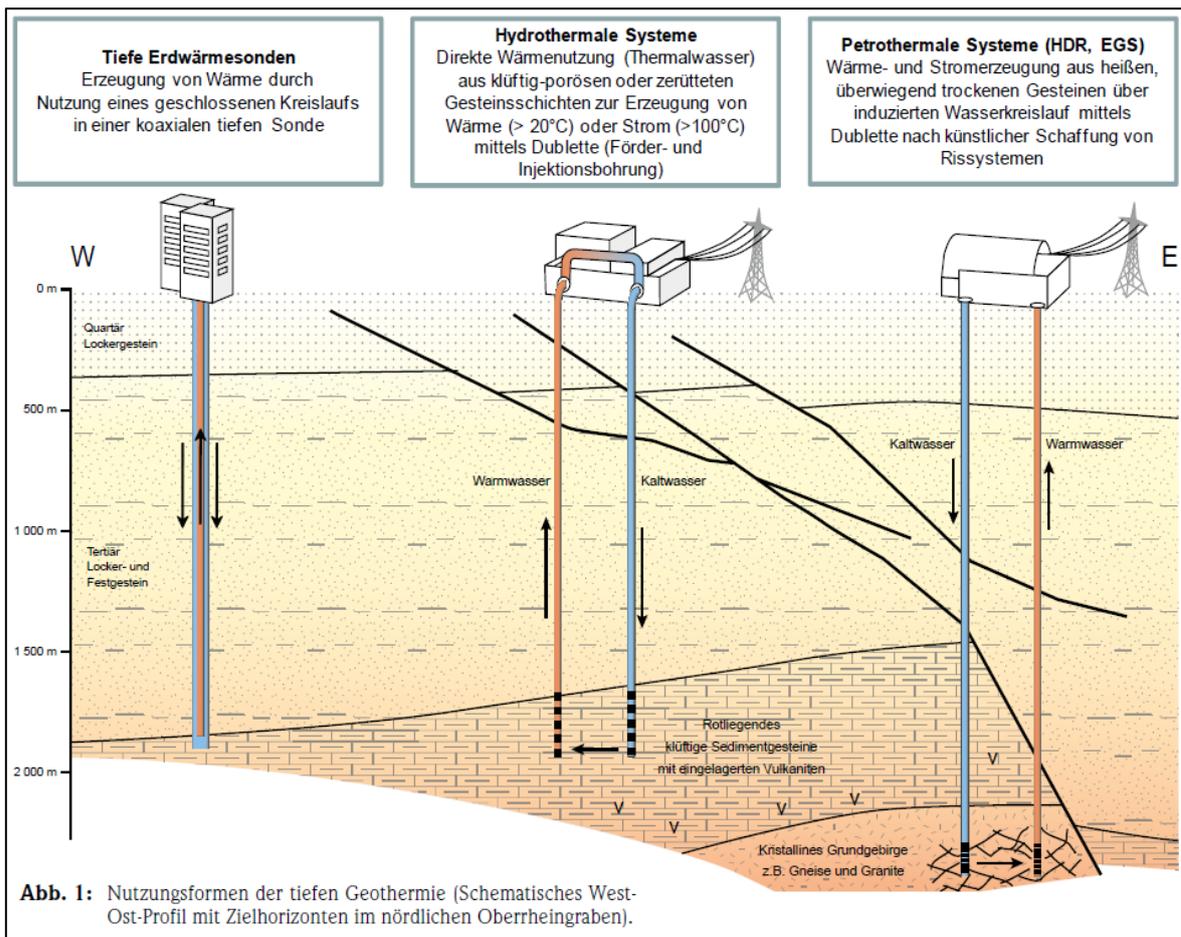


Abbildung 6-18 – Darstellung verschiedener technischer Systeme zur Tiefengeothermienutzung (Dr. Fritsche, et al., 2010)

### 6.4.3 Potenzial oberflächennahe Geothermie

Bei der Nutzung oberflächennaher Erdwärme werden Wärmepumpen eingesetzt, die die Wärme aus dem Untergrund unter Einsatz elektrischer Energie auf ein höheres Niveau anheben. Um Erdwärme abzuschöpfen, werden verschiedene Systeme eingesetzt. Zur Auswahl stehen der Einsatz von Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden oder Energiepfählen. Letztere werden nur in Zusammenhang mit Neubauten verwendet, die auf Grund unzureichend tragfähigen Untergrunds eine Pfahlgründung benötigen. Diese wird dann anhand der Energiepfähle realisiert (siehe **Abbildung 6-19**). In die Pfähle sind Wärmetauscher integriert, über die die Erdwärme erschlossen werden kann. In der Potenzialermittlung bleiben Energiepfähle außen vor, da dieser Anwendungsfall für die Gemeinde Freigericht nicht zu erwarten ist.

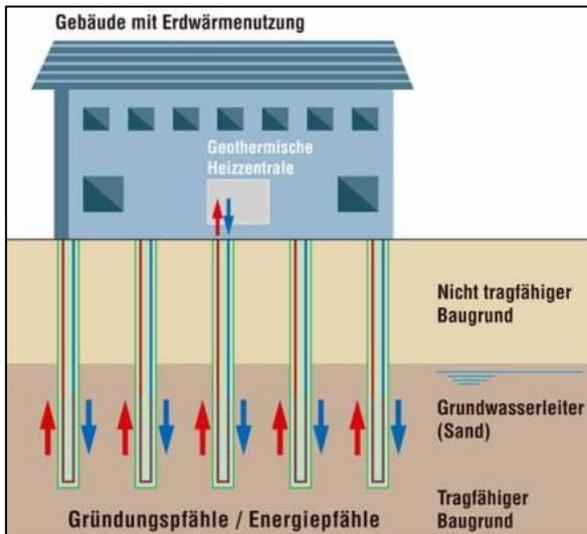


Abbildung 6-19 – Schematische Darstellung des Energiepfahleinsatzes bei Pfahlgründung (Hilgers, et al., n.a.)

Erdwärmesonden dringen ebenfalls senkrecht in den Untergrund ein. In der Regel werden Kunststoffrohre 40 bis 100 m oder auch 200 m tief in den Boden eingebracht. Die Sonden sind doppel-u-förmig, einfach-u-förmig oder als Koaxialsonden mit Innen- und Außenrohr ausgeführt. Sie werden mit einem Trägermedium gefüllt, das die Wärme aus der Tiefe zur Wärmepumpe befördert. Nachteil beim Einsatz von Erdwärmesonden wie auch bei Energiepfählen ist die Gefahr, dass sich bei unsachgemäßer Abdichtung des Ringraums, also dem Abstand zwischen Bohrloch und Sonde bzw. Pfahl, zwei bisher unabhängige Grundwasserstockwerke miteinander verbinden oder Oberflächenwasser in den Untergrund gelangt (HLUG, 2011).

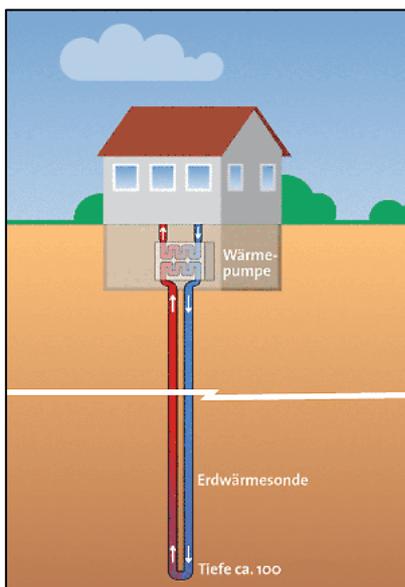
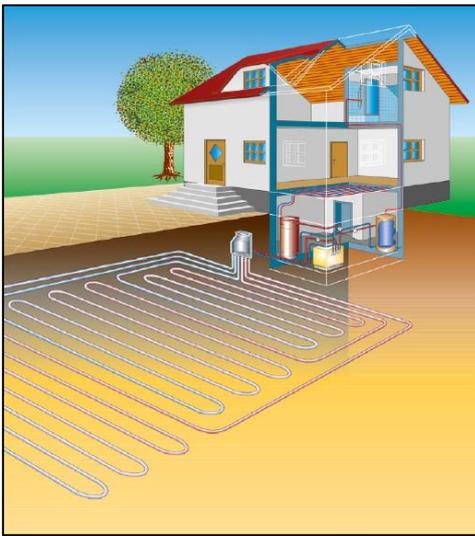


Abbildung 6-20 – Schematische Darstellung eines Erdwärmesondensystems (R&R Pumpentechnik GmbH, n.a.)

Bei der Verwendung von Erdwärmekollektoren sind die Störungen im Untergrund wesentlich geringer, da diese direkt unter der Frostschrift in max. 2 m Tiefe eingebracht werden. Sie sind horizontal bzw. flächig ausgerichtet und haben dadurch den größten Flächenbedarf. Es gilt, dass der Kollektor bis zu zweimal so groß sein muss wie die zu beheizende Fläche. Die genutzte Wärmeenergie entstammt größtenteils der im Sommer eingestrahelten Sonnenenergie, die im Boden gespeichert ist. Dementsprechend empfiehlt sich insbesondere bei diesem System eine Regenerationspause zwischen zwei Heizperioden (Dr.-Ing. Wesselak, et al., 2013).



**Abbildung 6-21 – Schematische Darstellung eines Erdwärmekollektors (HLUG, 2011)**

Weitere Formen der erd- und grundwassergekoppelten Wärmepumpensysteme sind ebenfalls verfügbar. Sie stellen in der Regel Mischformen der genannten Systeme dar oder nutzen eigens errichtete Brunnenanlagen. Für die Erdwärmenutzung im privaten Bereich sind jedoch vor allem Erdwärmekollektor und Erdwärmesonde interessant.

Die Standortbeurteilung des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie unterteilt Flächen für die geothermische Nutzung anhand ihrer hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Eignung (siehe **Abbildung 6-22** und **Abbildung 6-23**). Demnach ist in Bernbach die Verwendung von Erdsonden unzulässig. Ebenso in einem Teil von Somborn. Der restliche Bereich von Somborn sowie Neuses gelten als wasserwirtschaftlich ungünstige Gebiete. Die Fläche des ehemaligen Steinbruchs in Altenmittlau gilt dagegen als hydrogeologisch ungünstig. Der restliche Bereich dieses Ortsteils sowie Horbach haben die Einstufung als hydrogeologisch und wasserwirtschaftlich günstig bekommen.

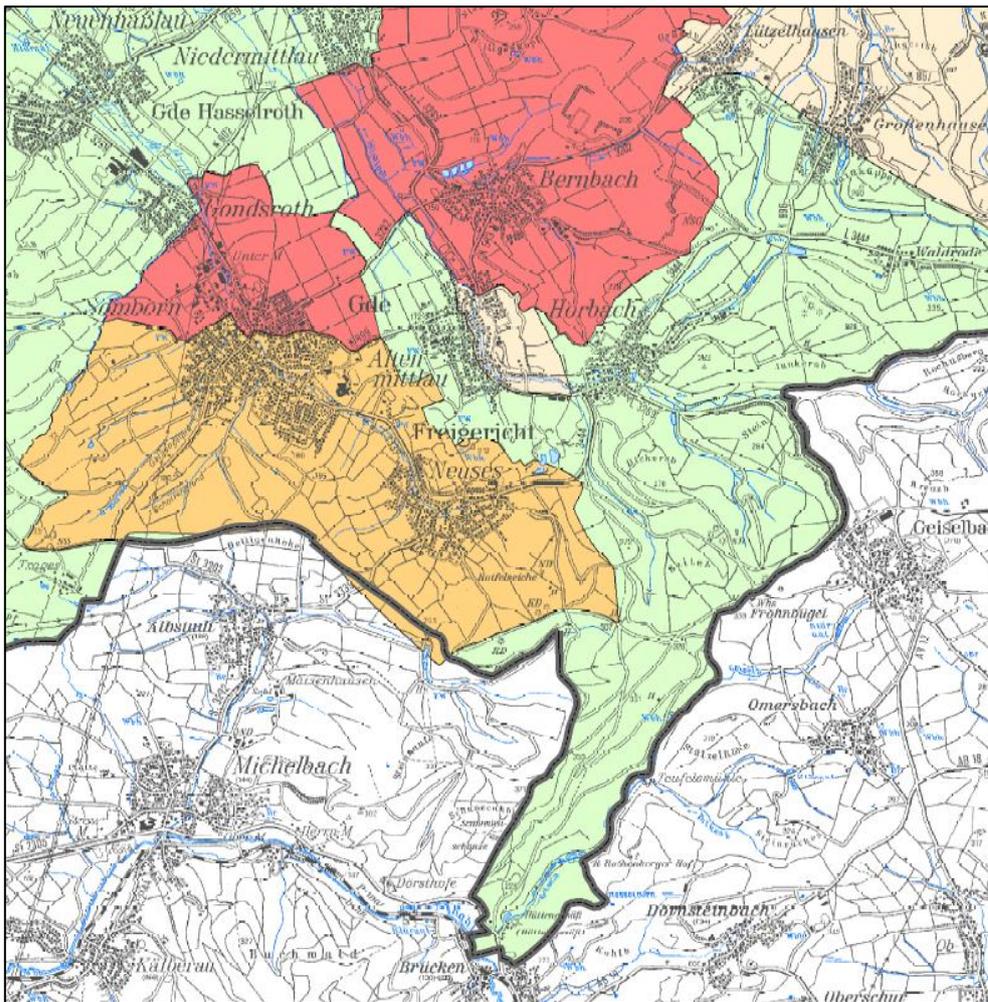
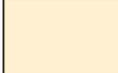


Abbildung 6-22 – Auszug aus der Karte „Hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung für die Errichtung von Erdwärmesonden in Hessen – Main-Kinzig-Kreis“, Bearbeitungsstand: 14. Januar 2015

Bearbeitung: Dezemat W4 - Hydrogeologie, Grundwasser  
Ansprechpartner für diesen Kreis: Dr. Sven Rumohr

 **Hydrogeologisch und wasserwirtschaftlich günstig**  
Gebiete mit mittlerer bis geringer Wasserdurchlässigkeit, ohne eine wesentliche Stockwerkstrennung und ohne Vorkommen von höher mineralisierten Grundwässern bzw. CO<sub>2</sub>-Aufstiegszonen bei gleichzeitiger Lage außerhalb von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten.

 **Hydrogeologisch ungünstig**  
Gebiete mit nennenswerten Grundwasser-, Mineralwasser- oder Heilwasservorkommen, die durch eine Grundwasserüberdeckung geschützt werden. Ungünstig sind auch Gebiete mit hoher Wasserdurchlässigkeit der Gesteine, einer wesentlichen, d.h. weiträumigen Stockwerkstrennung, mit Aufstiegszonen von CO<sub>2</sub> oder hoch mineralisierten Wasser oder mit artesisch gespannten Grundwasservorkommen sowie Tiefengrundwasserleiter (insbesondere im Festgestein), die nicht angefahren oder durchteuft werden sollten. Ungünstig sind zudem Gebiete mit quelfähigen Gesteinen, wie Anhydrit und bestimmten Tonen.

 **Wasserwirtschaftlich ungünstig**  
Gebiete in den Zonen WSG IIIB sowie HQSG III/2 und B.

 **Wasserwirtschaftlich unzulässig**  
Gebiete in den Zonen WSG I, II und III bzw. IIIA sowie HQSG I, II, III, III/1 und A.

**Die dargestellte Standortbeurteilung setzt die Einhaltung der im Leitfaden *Erdwärmennutzung in Hessen* angeführten technischen Anforderungen an Bauausführung und Betrieb voraus.**

**Hydrogeologisch ungünstige Gebiete werden in wasserwirtschaftlich relevanten, ungünstigen und unzulässigen Gebieten nicht dargestellt.**

**Gebiete innerhalb kontaminierter Bereiche von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen oder Grundwasserveränderungen sind in der vorliegenden Karte nicht berücksichtigt.**

**Die dargestellten Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete entsprechen einer für diese Fragestellung interpretierten Form und stellen den Bearbeitungsstand des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) dar. Die rechtsverbindlichen Unterlagen liegen bei den oberen Wasserbehörden in den jeweils zuständigen Regierungspräsidien.**

Abbildung 6-23 – Legende zu Abbildung 6-22

Für die Nutzung von Erdwärme ist die Nähe zum Abnehmer wichtig, da weite Transportwege zu Energieverlusten und zusätzlichem energetischem Aufwand führen. In der Potenzialermittlung kommen daher ausschließlich Siedlungsflächen wie Wohngebiete, Mischgebiete oder Gewerbegebiete in Betracht. Auch ausgewiesene, noch unbebaute Wohn- und Gewerbeflächen werden berücksichtigt. Wie oben beschrieben sind Ortsteile ganz oder teilweise für die Errichtung von Erdwärmesonden ausgeschlossen. Für die restlichen Flächen besteht grundsätzlich die Möglichkeit einer behördlichen Erlaubnis sodass im Folgenden ein theoretisches technisches Potenzial ermittelt wird, das in der Umsetzung jedoch unter Umständen deutlich geringer ausfallen kann. Vor allem auf den hydrogeologisch oder wasserwirtschaftlich ungünstigen Flächen muss damit gerechnet werden, dass Erdwärmennutzung aus technischen Gründen und/oder wegen behördlicher Entscheidungen nicht umgesetzt werden kann. Für Erdwärmekollektoren werden dieselben Flächen betrachtet. Da die Kollektoren vergleichsweise flach eingebracht

werden, ist der Eingriff wasserwirtschaftlich und hydrogeologisch grundsätzlich weniger riskant, sodass eine ggf. notwendige behördliche Genehmigung mindestens überall dort zu erwarten ist, wo auch Erdsonden genehmigt werden.

Der ehemalige Steinbruch in Altenmittlau wird sowohl für Sonden als auch für Kollektoren aus der Potenzialermittlung herausgenommen. Die Fläche ist als hydrogeologisch ungünstig beurteilt und es fehlt aufgrund des Höhenunterschieds gegenüber der Ortschaft an unmittelbar anschließbaren Abnehmern. Eine Umsetzung erscheint daher nicht realistisch.

Um ein theoretisches technisches Potenzial benennen zu können, muss die unbebaute Fläche der betrachteten Gebiete bestimmt werden. Dieser Schritt erfolgt über die Bestimmungen in der Fortschreibung des Flächennutzungsplans vom 29.10.2010 zur Art und zum Maß der baulichen Nutzung nach Baunutzungsverordnung (BauNVO, 2013). Die Art der baulichen Nutzung bestimmt das Maß der baulichen Nutzung u.a. anhand der Grundstückszahl. Für die Potenzialermittlung wird die dadurch maximal überbaubare Fläche von der betrachteten Gesamtfläche abgezogen. Zudem werden für Straßen, Flächen der allgemeinen Nutzung und andere ungeeignete Bereiche pauschal weitere 30% von der Berechnung ausgeschlossen. Übrig bleibt die potenziell zur Verfügung stehende Fläche.

#### **6.4.4 Erdwärmesonde**

Erdwärmesonden können sich gegenseitig negativ in ihrer Leistung beeinflussen, wenn sie zu nahe beieinander errichtet sind. Der minimale Abstand sollte daher bei Sonden bis 50 m Länge 5 m betragen, bei Sonden bis 100 m Länge mindestens 6 m. Ausgehend von einer 100 m langen Sonde ergibt sich somit ein Platzbedarf von  $144 \text{ m}^2$  je Sonde. (Dr. Heske, 2010) Bei einer Nutzung der Erdwärme zur Gebäudeheizung und für Warmwasser wird eine Jahresarbeitsdauer von 2.400 h angenommen. Der entscheidende Faktor für die Wärmebereitstellung ist die spezifische Entzugsleistung, die sich aus den Bedingungen im Untergrund ergibt. Die geologische Karte von Hessen zeigt für die betrachteten Flächen der Gemeinde Freigericht Metamorphe Schiefer, Löss und Lehm sowie Sandstein, Schiefertone und Konglomerate des Rotliegend. Es handelt sich damit um terrestrische Böden ohne besondere Grundwasserbeeinflussung. Es gilt, dass trockene Böden eine allgemein niedrigere spezifische Entzugsleistung bieten als wasserführende. Für die Potenzialermittlung wird ein Wert von  $35 \text{ W/m}$  gewählt. Dieser geht von weniger guten Bedingungen im Untergrund aus und soll eine Überschätzung des Potenzials vermeiden.

**Tabelle 6-26 – zugrunde gelegte Parameter für die Potenzialermittlung bei Erdwärmesonden**

<b>Parameter</b>	<b>Wert</b>
Sondenlänge	100 m
Min. Sondenabstand	6 m
Min. Flächenbedarf	144 m <sup>2</sup>
Verfügbare Fläche in der Gemeinde	69,45 ha
Spez. Entzugsleistung	35 W/m
Jahresarbeitsstunden	2.400 h/a

Auf der theoretisch zur Verfügung stehenden Fläche ist es möglich, insgesamt 4.906 Erdwärmesonden zu errichten. Unter der Voraussetzung, dass diese maximale Anzahl genutzt wird, ergibt sich ein theoretisch möglicher Energieentzug aus dem Boden von 41,2 GWh/a. Wie hoch der tatsächliche Nutzen in Bezug auf die Wärmebereitstellung für die Gemeinde Freigericht sein wird, lässt sich aus diesem Wert nur bedingt ableiten. Es spielen neben dem theoretischen Energieentzug nicht zuletzt die Anzahl der errichteten Sonden, die Größe der versorgten Heizanlagen und die Auslegung bzw. der Wirkungsgrad der zwingend erforderlichen Wärmepumpen eine Rolle.

#### **6.4.5 Erdwärmekollektor**

Der zu erwartende Energieertrag wird ähnlich bestimmt wie es bei Erdwärmesonden der Fall ist. Allerdings spielt hier der Platzbedarf pro Anlage eine untergeordnete Rolle, wenn das flächendeckende theoretische Potenzial ermittelt werden soll. Auch das anstehende Gestein bzw. die Gegebenheiten im Untergrund sind weniger relevant, solange keine Verbindung zum Grundwasser entsteht. Bedeutender ist dagegen die Zuordnung des Standorts zu einer Klimazone nach DIN 4710:2003-01. Freigericht wird demnach der Zone 7 zugeordnet. Nach (BDH, 2011) lässt sich daraus eine mittlere maximale flächenspezifische Entzugsleistung von etwa 25 W/m<sup>2</sup> ableiten. Die Jahresarbeitsstunden und die zur Verfügung stehende Fläche werden wie bei den Erdwärmesonden gewählt. **Tabelle 6-27** fasst alle zugrunde gelegten Parameter zusammen.

**Tabelle 6-27 – zugrunde gelegte Parameter für die Potenzialermittlung bei Erdwärmekollektoren**

<b>Parameter</b>	<b>Wert</b>
Verfügbare Fläche	69,45 ha
Spez. Entzugsleistung	25 W/m <sup>2</sup>
Jahresarbeitsstunden	2.400 h/a

Anhand der zugrunde gelegten Ausgangswerte beträgt der theoretisch mögliche Energieentzug aus dem Boden rund 42,4 GWh/a. Wie bereits bei den Erdwärmesonden gilt auch für die Kollektoren, dass dieser Wert nur eine eingeschränkte Aussagekraft zum tatsächlichen Nutzen für die Gemeinde Freigericht erlaubt. Hindernisse von

Behördenseite sind beim Bau von Erdwärmekollektoren zwar in geringerem Umfang zu erwarten (siehe Kapitel 6.4.3), jedoch spielen hier Abstandsregelungen zu Grundstücksgrenzen und zwischen den einzelnen Kollektoranlagen eine Rolle. Die Ermittlung des technischen bzw. theoretischen Potenzials geht zwangsläufig von einer großen, zusammenhängenden Anlage je Ortsteil aus. Diese muss jedoch als theoretisches Konstrukt gesehen werden und ist nötig, weil Faktoren wie beispielsweise die Ausprägung der Bebauung oder der Verlauf von Leitungen und Grundstücksgrenzen nicht einbezogen werden können. Zudem haben auch hier wieder die Größe der zu versorgenden Heizanlagen und die Auslegung sowie der Wirkungsgrad der Wärmepumpen einen Einfluss auf die Nutzbarkeit des theoretisch verfügbaren Potenzials.

## 6.5 Wasserkraft

Wasserkraft ist weltweit die bedeutendste regenerative Energiequelle im Bereich der Stromversorgung. Sie trägt etwa 16 % zur Gesamtstromversorgung bei. (Dr.-Ing. Wesselak, et al., 2013) In Deutschland existieren nach aktuellem Stand rund 7.300 Wasserkraftanlagen. Der Großteil davon hat eine installierte Leistung von weniger als 100 kW. Die installierte Gesamtleistung liegt dennoch deutschlandweit bei 4.100 MW. Die daraus bereitgestellte Strommenge schwankt in Abhängigkeit vom Wetter. Je geringer die Niederschlagsmengen sind, desto weniger Wasser befindet sich in Flüssen und Seen und desto weniger Strom kann gewonnen werden. In den vergangenen Jahren ergab sich eine jährliche Stromproduktion zwischen 20.000 und 29.000 GWh/a. (BDW, n.a.)

Wasserkraft kann grundsätzlich auf zwei Wegen als Erneuerbare Energiequelle genutzt werden. Zum einen verfügt Wasser aufgrund seiner Fließgeschwindigkeit über Strömungsenergie, die mit Hilfe entsprechender Technik in Strom umgewandelt werden kann. Zum anderen hat Wasser, noch bevor es in Bewegung gerät, Lageenergie. Lageenergie kann bei entsprechender Wassermenge und ausreichendem Höhenunterschied ebenfalls in Strom umgewandelt werden. In einem nachgeschalteten Schritt kann aus dem gewonnenen Strom Wärmeenergie gewonnen werden. Im Gemeindegebiet von Freigericht sind die natürlichen Gegebenheiten zur Wasserkraftnutzung nicht gegeben. Alle Gewässer befinden sich nach WRRL-VIEWER in Abflussklasse 1, was einem Mittleren Niedrigwasserabfluss von weniger als  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  entspricht (HMUKLV, n.a.). Auch Höhenunterschiede, über die die Lageenergie des Wassers nutzbar gemacht werden könnte, sind nicht vorhanden. Dies unterstreicht die Schlussfolgerungen im Regionalplan Südhessen, in dem es auf Seite 136 heißt *„Die regenerative Energieform Wasserkraft besitzt in Südhessen nur begrenztes Potenzial,*

*dass allenfalls durch Anlagenoptimierung oder Wiederinbetriebnahme alter Anlagen zu steigern ist.“ (RP Darmstadt, 2010)*

## **6.6 Bioenergiedorf Bernbach**

In einer separat angefertigten Studie wurde die Idee eines teilweise energieautarken Bernbach untersucht. Bernbach bietet aufgrund seiner Infrastruktur, seiner Größe und seiner Lage im Gemeindegebiet und im Gelände interessante Voraussetzungen für eine solche Untersuchung. Die Studie ist dem Klimaschutzteilkonzept im Anhang beigelegt.

## **6.7 Zusammenfassung der Potenziale**

Für fast alle Erneuerbaren Energiequellen ist im Gemeindegebiet von Freigericht ein Potenzial vorhanden. Teilweise liegen diesen Potenzialen große theoretische Energiegehalte und technische Energieerträge zu Grunde. Insbesondere das Dachflächensolarpotenzial und die oberflächennahe Geothermie mit theoretischen Werten von über 40 GWh/a und einer CO<sub>2</sub>-Vermeidung von 20.000 t CO<sub>2</sub>/a bzw. 13.000 t CO<sub>2</sub>/a stechen in der Potenzialermittlung hervor. Gegenteilig hierzu zeigen sich Wasserkraft und Tiefengeothermie. Wasserkraft bietet im Gemeindegebiet aufgrund der landschaftlichen Voraussetzungen kein Potenzial. Es fehlen größere Gewässer mit ausreichenden Abflusswerten und Fließgeschwindigkeiten. Auch die benötigten Höhenunterschiede im Gelände zur Nutzung der im Wasser enthaltenen Lageenergie sind nicht vorhanden. Tiefengeothermisches Potenzial ist dagegen in Hessen generell nur am Oberrheingraben zu erwarten. Anderenorts sind die geologischen Gegebenheiten im Untergrund und der Temperaturgradient unzureichend. Ein wirtschaftlich erschließbares Potenzial ist daher nicht zu erwarten.

In der Ermittlung der theoretischen Energiegehalte konnte in der Summe ein Potenzial von 217,35 GWh/a mit einer CO<sub>2</sub>-Vermeidung von 81.000 t CO<sub>2</sub>/a ausgemacht werden. Es stünde damit die doppelte Menge des momentanen Energiebedarfs der Gemeinde Freigericht aus Erneuerbaren Energien zur Verfügung. In der Potenzialermittlung wurde jedoch auch Varianten zur Erschließung von Energiequellen betrachtet, sodass beispielsweise die oberflächennahe Geothermie sowohl über Erdwärmesonden als auch über -kollektoren berechnet wurde. Werden die jeweils ertragreicheren Varianten zur Gesamtpotenzialermittlung herangezogen, reduziert sich der theoretische Energieertrag auf 167,66 GWh/a und eine CO<sub>2</sub>-Vermeidung von 65.000 t CO<sub>2</sub>/a. So kann bei Ausschöpfung aller Potenziale dennoch der gesamte Energiebedarf der Gemeinde Freigericht gedeckt werden. Weitere 60 GWh/a bleiben beispielsweise für neu zu erschließende Gewerbe- und Wohngebiete.

**Tabelle I-10** und **Tabelle I-11** im Anhang stellen die Ergebnisse der Potenzialermittlung zusammen und benennen die theoretischen Energiegehalte, thermische und elektrische Energieerträge unter den zu Grunde gelegten Wirkungsgraden sowie die Mengen vermiedener CO<sub>2</sub>-Äquivalente.

## **7 Maßnahmenkatalog**

Verschiedene Studien zeigen, dass ein hoher Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung nur mit einem geeigneten Technologiemix zu realisieren ist. Die fluktuierende Verfügbarkeit der Quellen muss zum Zwecke einer gesicherten Versorgung ausgeglichen werden. Mit Hilfe des Maßnahmenkatalogs soll eine Hilfestellung zur Erreichung dieses Technologiemix in der Gemeinde Freigericht gegeben werden. Er basiert auf der Analyse der Ausgangssituation (genutzte Energiequellen, Verbräuche, Emissionen u.a.), der ermittelten Potenziale im Gemeindegebiet und einer groben Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Daraus abgeleitet werden kurze Handlungsempfehlungen zum jeweiligen Maßnahmenvorschlag. Jede Maßnahme erhält eine kurze Beschreibung, benennt das zu realisierende Potenzial und wird einer Gruppe beteiligter Akteure zugeordnet. Ferner werden zu erwartenden Investitionskosten, Energieausbeute und Einsparungen beziffert. In die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung fallen auf der Ausgabenseite zusätzlich Reinvestitionskosten, Kapitalkosten und Betriebskosten. Dem gegenüber stehen neben monetären Einsparungen bzw. Erlösen aus der Energieabgabe die eingesparten Energie- und THG-Mengen sowie ggf. Fördermittel und Vergütungen. Beide Seiten werden im Kosten-Nutzen-Verhältnis ausgedrückt. Liegt das KNV über dem Wert 1, ist eine Maßnahme nicht wirtschaftlich. Das heißt die Summe aller Kosten im 20jährigen Betrachtungszeitraum liegt über der Summe des monetären Nutzens. Ist der Wert kleiner als 1, zeigt sich ein umgekehrtes Verhältnis und die Maßnahme kann wirtschaftlich umgesetzt werden. Bei einem KNV von 1 ergibt sich wirtschaftlich weder Gewinn, noch Verlust. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung basiert auf der Annahme, dass eine durchschnittliche Preissteigerung von jährlich 3% in den nächsten 20 Jahren vorliegt.

Neben der groben wirtschaftlichen Betrachtung wird jede Maßnahme hinsichtlich ihrer Dringlichkeit und Priorität eingestuft. Die Einschätzung richtet sich weniger nach Zahlen, als vielmehr nach weichen Faktoren wie:

- dem Nutzen für die Zielerreichung,
- dem Investitionsvolumen und anderen Ausgaben,
- den Voraussetzungen für die Umsetzung (Planungsaufwand, allg. Haltung gegenüber der Energiequelle,...),
- dem benötigten zeitlichen Vorlauf (administrative Hindernisse, Informationskampagnen,...).

Eine farbliche Markierung der Dringlichkeitsstufen und Prioritäten macht eine Unterscheidung auf den ersten Blick möglich. Zudem unterstützt diese Einteilung zusammen mit dem Faktor Wirtschaftlichkeit bei der zeitlichen Abstimmung der Maßnahmen.

Dringlichkeit	Umsetzungszeitraum nach Beginn
Sofortmaßnahme	Innerhalb des ersten Jahres
Kurzfristige Maßnahme	Bis 3 Jahre
Mittelfristige Maßnahme	3 bis 10 Jahre
Langfristige Maßnahme	10 Jahre und später

Priorität
Hoch
Mittel
Niedrig

## 7.1 Allgemeine Maßnahmen

### 7.1.1 CO<sub>2</sub>-Bilanz

Umsetzungszeitraum	Sofortmaßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Klimaschutzbeauftragter der Gemeinde, ggf. Klimaschutzmanager
Jährliche Kosten	Maximal 2.400 €

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz gehört zu einem der ersten Schritte bei der Erstellung eines Klimaschutzkonzepts. Sie bildet den Ist-Zustand ab, indem sie Energiequellen, Verbräuche und Emissionen erfasst und für eine weitergehende Auswertung bereitstellt. Auch der Vergleich mit anderen Kommunen und Regionen ist auf Grundlage von CO<sub>2</sub>-Bilanzen möglich. Aber nicht nur der Vergleich nach außen wird erleichtert, auch die Entwicklungen in der eigenen Gemeinde werden sichtbar. Die Auswertung der CO<sub>2</sub>-Bilanz lässt Erfolg, Stagnation oder Misserfolg erkennen, sodass entsprechende Handlungsschritte für den nächsten zeitlichen Abschnitt abgeleitet werden können. Die

CO<sub>2</sub>-Bilanz ist damit ein unverzichtbares Werkzeug für die Erreichung gesetzter Klimaschutzziele und sollte in jedem Fall jährlich fortgeschrieben werden.

Die Fortschreibung einer solchen Bilanz ist im Vergleich zum Nutzen, den sie bringen kann, mit relativ geringem Aufwand verbunden. Zudem fallen die als jährliche Kosten veranschlagten Ausgaben ohnehin an, da es sich hierbei um Arbeitszeit des Klimaschutzbeauftragten bzw. Klimaschutzmanagers der Gemeinde handelt. Wenn nicht in erweiterte Software investiert wird, für die ggf. jährliche Lizenzgebühren anfallen, entstehen keine zusätzlichen Kosten. Die Datenaktualisierung sollte mindestens in jährlichem Rhythmus stattfinden und mindestens die bisher erfassten Daten umfassen. Empfehlenswert ist eine verbesserte Kooperation mit den Versorgungsunternehmen im Gemeindegebiet. Auf diese Weise können die Verbräuche differenzierter ihrem jeweiligen Sektor zugeordnet werden. Die Aussagekraft der Bilanz erhöht sich damit um ein Vielfaches. Ergänzend zu den bisherigen Daten sollten auch die im Gemeindegebiet genutzten Erneuerbaren Energien detailliert in die Bilanzierung aufgenommen werden. Aus der CO<sub>2</sub>-Bilanz wird damit eine Energiebilanz, die u. a. darüber Aufschluss geben kann, wie sich die Energieverbräuche in der Gemeinde entwickeln oder wie hoch das Engagement der Öffentlichkeit ist, sich am Klimaschutz zu beteiligen.

Die Bilanzierung ist Aufgabe der Gemeinde in Zusammenarbeit mit den Versorgungsunternehmen und ggf. den Bürgern, Gewerbe und Handel sowie weiteren beteiligten Interessengruppen. Datenerfassung und Auswertung obliegen dem Klimaschutzbeauftragten der Gemeinde oder ggf. dem Klimaschutzmanager. Es kann ein Bilanz im Exceldateiformat geführt oder auf entsprechende Software Dritter zurückgegriffen werden. Daten und Auswertung sollten in der notwendigen Genauigkeit veröffentlicht werden, sodass die Entwicklungen im Klimaschutz jederzeit eingesehen werden können. Aufgrund des Mehrwerts, den eine Bilanzierung mit sich bringt, sollte diese Maßnahme kurzfristig umgesetzt werden. Da die Erreichung der Klimaschutzziele jedoch grundsätzlich auch ohne eine Bilanz geschafft werden kann, beschränkt sich die Priorität auf mittel.

### 7.1.2 Zielformulierung

Umsetzungszeitraum	Sofortmaßnahme
Priorität	Hoch
Akteure	Gemeindeverwaltung, verschiedene Gruppen oder Einzelpersonen in der Gemeinde
Zielgruppe	Gemeinde Freigericht

Die Konkretisierung der Klimaschutzziele dient u. a. der Erfolgskontrolle nach der Umsetzung von Maßnahmen und steht damit in engem Zusammenhang mit der Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Bilanz. Nähere Ausführung hierzu befinden sich unter Kapitel 8 Controlling-Konzept.

Grundsätzlich ist Klimaschutz auch ohne klare, zahlengebundene Zielformulierungen möglich. Es wird jedoch empfohlen, sich bereits vor Umsetzung der ersten Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energienpotenziale mit den zu verfolgenden Zielen auseinander zu setzen. Dies betrifft neben der Gemeindeverwaltung, die den Klimaschutz initiiert, auch andere Beteiligte. Sportvereine, Schulen und Kindergärten oder Handel und Gewerbe können sich ebenfalls Klimaschutzziele im Rahmen ihrer Möglichkeiten setzen. Folgende und andere Ziele tragen in kleinerem Umfang, dafür aber langfristig zum Umwelt- und Klimaschutz bei.

- Fußballvereine bilden Fahrgemeinschaften zu Auswärtsspielen.
- Mannschaftsportvereine sammeln Teambekleidung und waschen sie gebündelt.
- Schulen und Kindergärten setzen sich Ziele, um Wärme- und Strombedarf zu senken.
- Im Handel werden recyclebare Tragetaschen für den Kunden bevorzugt.
- ...

### 7.1.3 Klimaschutzmanager

Umsetzungszeitraum	Sofortmaßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Gemeindeverwaltung, Gemeinde Freigericht
Energieausbeute	-
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	
Investitionskosten	Jahr 1: 36.000 €/a Jahr 2 & 3: 39.600 €/a Vergütung nach Entgeltgruppe 10 o.11 üblich
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	-
Kosten-Nutzen-Verhältnis	-

Klimaschutz in einer Gemeinde zu etablieren ist eine vielschichtige Aufgabe, die die verschiedensten Bereiche von Öffentlichkeitsarbeit über Wissen zu den Erneuerbaren Energiequellen bis hin zu Fördermittelmanagement und weiteren Themen berührt. Zudem gilt auch hier: Je intensiver an dieser Aufgabe gearbeitet wird, desto schneller stellen sich nachhaltige Erfolge ein. Es ist daher mindestens erforderlich, einen Klimaschutzbeauftragten innerhalb der Gemeindeverwaltung zu benennen. Besser ist jedoch die Schaffung der Stelle eines Klimaschutzmanagers, der sich ausschließlich auf

die Umsetzung der Klimaschutzziele konzentrieren kann. Klimaschutzmanager sind förderfähige Stellen, die zunächst auf 2 Jahre befristet sind. Eine Verlängerung auf 3 Jahre kann und sollte beantragt werden. In dieser Zeit besteht eine kontinuierliche Entwicklung, die den Klimaschutz weit voranbringen kann. Dies liegt u. a. darin begründet, dass ein Klimaschutzmanager nicht durch weitere, thematisch anders gelagerte Aufgaben gebunden ist.

#### 7.1.4 Klimaschutzwebsite

Umsetzungszeitraum	Sofortmaßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Klimaschutzbeauftragter der Gemeinde, ggf. Klimaschutzmanager
Zielgruppe	Gemeinde Freigericht
Energieausbeute	-
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	-
Investitionskosten	2.500 €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	-
Kosten-Nutzen-Verhältnis	-

Klimaschutz muss als gemeinsames Projekt einer Gemeinde mit ihren Bürgern, Vereinen und anderen Interessengruppen gesehen werden. Dementsprechend ist es wichtig, im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit Informationen rund um dieses Thema bereitzustellen. Fachvorträge, Themenabende und andere Veranstaltungen erreichen nur eine begrenzte Zahl Interessierter und geben Momentaufnahmen zum aktuellen Fortschritt in der Gemeinde wieder. Weitreichender und aktueller ist die Unterhaltung einer Klimaschutzwebsite. Sie kann von fast jedem und zu jeder Zeit aufgerufen werden, bündelt alle Informationen mit dem jeweils aktuellen Sachstand und ist daher ein wertvolles Medium innerhalb der Öffentlichkeitsarbeit. Artikel in der ortsansässigen Presse, Plakate, Newsletter, Infopost oder Flyer (ausgelegt bei Frisören, Bäckern etc.) können die Veröffentlichung von Informationen zusätzlich unterstützen.

#### 7.1.5 Energieeffizienz eigener Verbraucher

Umsetzungszeitraum	Kurzfristige Maßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Klimaschutzbeauftragter der Gemeinde, ggf. Klimaschutzmanager
Zielgruppe	Gemeindeverwaltung
Energieausbeute	101 MWh
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	50,46 t/a
Investitionskosten	5.000 €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	701.855 €
Kosten-Nutzen-Verhältnis	-

Um die Emission klimaschädlicher Treibhausgase zu reduzieren, stehen verschiedene Mittel zur Verfügung. Zum einen können fossile Energieträger durch regenerative Quellen ersetzt werden. Zum anderen werden jedoch auch durch eine erhöhte Energieeffizienz Emissionen vermieden. Ziel ist es, mit der eingesetzten Energie so viel Nutzen wie möglich zu erreichen bzw. den gewünschten Nutzen mit möglichst geringem Energieeinsatz zu erreichen.

Zu diesem Zweck sollte die Gemeinde Freigericht ihre elektrischen und thermischen Verbraucher in mehrjährigen Abständen (etwa alle 5 Jahre) untersuchen und mit dem aktuellen Stand der Technik vergleichen. Der erste Energiecheck ist dabei erwartungsgemäß aufwändiger und damit kostenintensiver (etwa 5.000€), während alle folgenden darauf aufbauen können und entsprechend geringeren organisatorischen und finanziellen Aufwand bringen. Ein Kosten-Nutzen-Verhältnis kann momentan nicht bestimmt werden, da die Kosten der Umsetzung identifizierter Ansatzpunkte stark von der jeweiligen Maßnahme abhängen.

Mit dem Austausch der Straßenbeleuchtung durch LED wurde bereits die erste diesbezügliche Maßnahme ergriffen. Andere Ansatzpunkte können zum Beispiel der Einsatz von Bewegungsmeldern sein, wo Beleuchtung benötigt wird. Auch die Energieeffizienzklasse der verschiedenen Bürogeräte ist zu überprüfen. Bei der Sanierung von gemeindeeigenen Liegenschaften sollten energetische Verbesserungen eine wichtige Rolle spielen. Sie beziehen sich u.a. auf Fenster, Heiztechnik, Wärmedämmung oder Leuchtmittel. Die Wertsteigerung am Gebäude und der Imagegewinn für die Gemeinde sind zusätzliche Nebeneffekte. Sowohl Pkw als auch andere gemeindeeigene Fahrzeuge stellen ebenfalls Ansatzpunkte für eine gesteigerte Energieeffizienz dar. Bei Neuanschaffung sollte auf den Verbrauch und die Emissionen geachtet werden. Auch die Größe des Fahrzeugs sollte dem Zweck angepasst sein, um unnötigen Energieverbrauch zu vermeiden. Im Bestand können Verbesserungen durch den Einsatz von Leichtlaufreifen, energieeffiziente Fahrweise und „Sammelfahrten“ erreicht werden. „Sammelfahrten“ sind beispielsweise Fahrgemeinschaften oder auch die Bündelung mehrere Erledigungen pro Fahrt. In der Summe kann eine Energieeinsparung von mindestens 4 % nach Umsetzung der Ergebnisse des ersten Checks erwartet werden.

## **7.2 Maßnahmen Windkraft**

### **7.2.1 Ermittlung der Windhöflichkeit im Vorranggebiet**

Umsetzungszeitraum	Mittelfristige Maßnahme
--------------------	-------------------------

Priorität	Mittel
Akteure	Gemeindeverwaltung, Interessengruppen
Zielgruppe	Gemeinde Freigericht
Energieausbeute	-
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	-
Investitionskosten	12.000 €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	-
Kosten-Nutzen-Verhältnis	-

Limitierender Faktor in der Ermittlung des Windkraftpotenzials auf der ausgewiesenen Vorrangfläche ist die Windgeschwindigkeit. Durch eine Windhöflichkeit im Bereich von 5,75 bis 6 m/s handelt sich um einen Schwachwindstandort, der zugleich auch Waldstandort ist. Beides macht den Einsatz von Schwachwindanlagen mit großen Nabenhöhen notwendig. Das Risiko einer zu geringen Auslastung der Anlagen bleibt jedoch bestehen. Zudem steigt der Ertrag von Windkraftanlagen mit der 3. Potenz der Windgeschwindigkeit. Das heißt die möglichst genaue Bestimmung der Windgeschwindigkeiten ist von sehr großer Bedeutung, weil sich durch diesen Zusammenhang ein besonders großer Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines Windparkprojekts ergibt. (Dipl.-Ing. Kropp, et al., 2014) Ferner ist Windkraft in der Gemeinde Freigericht ein umstrittenes Thema. Windkraftgegner sehen die Gefahr, dass die exponierte Lage der Vorrangfläche zu einer Beeinträchtigung des Landschaftsbildes führt, dass die Erholungsfunktion des Waldes gestört wird oder dass Mensch und Natur negativen Einflüssen ausgesetzt werden.

Um eine Diskussionsgrundlage zu schaffen, sollten zunächst gezielte Messungen zu den tatsächlich nutzbaren Windgeschwindigkeiten durchgeführt werden. Unter Umständen zeigen sich eindeutige Ergebnisse, durch die die Windenergie in Freigericht ad acta gelegt oder der zu erwartende Nutzen unter Abwägung aller Einwände neu erörtert werden kann.

### 7.2.2 Windpark im Vorranggebiet

Umsetzungszeitraum	Langfristige Maßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Gemeindeverwaltung, Interessengruppen
Zielgruppe	Gemeinde Freigericht
Energieausbeute	Bis zu 10,5 GWh/a
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	Bis zu 4.700 t CO <sub>2</sub> /a
Investitionskosten	14.144.000 € für 4 WEA
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	72.906.506 €
Kosten-Nutzen-Verhältnis	0,74

Die Vorrangfläche bietet Platz für maximal 6 Windenergieanlagen mit einer Nabenhöhe von 140 m und einem Rotordurchmesser von 114 m. Durch die Form der Fläche und ihre West-Ost-Ausrichtung besteht die Gefahr der gegenseitigen Beschattung. Es wird daher vorgeschlagen, ggf. nur 4 Windenergieanlagen zu errichten und diese so zu platzieren, dass für jede Anlage eine optimale Windausbeute möglich ist. Gleichzeitig verringern sich dadurch die anfallenden Gesamtkosten für diese Maßnahme, wenngleich diese noch immer im zweistelligen Millionenbereich liegen.

Die Finanzierung der Maßnahme könnte unter Beteiligung von Bürgern, ortsansässigem Gewerbe und anderen Interessierten realisiert werden. Das Konzept eines Bürgerwindparks schafft zudem einen positiven Bezug zur Windenergie, weil neben den Klimaeffekten auch eine attraktive Geldanlage geboten wird.

### 7.3 Maßnahmen Solarenergie

#### 7.3.1 Informationskampagne zu Solarenergie

Umsetzungszeitraum	Sofortmaßnahme
Priorität	Hoch
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Private, Gewerbetreibende und andere
Energieausbeute	-
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	-
Investitionskosten	3.000 €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	-
Kosten-Nutzen-Verhältnis	-

Mehr als 50% aller Dächer in der Gemeinde Freigericht haben sich als geeignet erwiesen, eine Dachsolaranlage aufzunehmen. Der überwiegende Teil davon befindet sich nicht im Besitz der Gemeinde Freigericht, das heißt hier ist vor allem die Öffentlichkeit gefragt. Aufgabe der Gemeindeverwaltung ist es, Private, Gewerbetreibende und andere für das vorhandene Potenzial zu sensibilisieren und Interesse an der Solarenergie zu wecken bzw. auszuweiten. Möglich ist das beispielsweise durch Infoveranstaltungen, in denen über das Potenzial, die Umsetzungsmöglichkeiten und finanzielle Aspekte (Investitionskosten, Unterhaltung, Vergütung etc.) aufgeklärt wird. Auch bei der Umsetzung kann die Gemeinde unterstützen, da auf gemeindeeigenen Liegenschaften bereits Solaranlagen installiert sind und Erfahrungen weitergegeben werden können.

Die Realisierung des ermittelten Potenzials ist vergleichsweise einfach. Ebenso die Unterhaltung der Solaranlagen. Dem hohen Investitionsvolumen von insgesamt 99,2 Mio. Euro stehen Einsparungen bei den Energiekosten und Einspeisevergütungen nach dem

EEG gegenüber. Letztere sind mit einer Degression belegt, das heißt der Vergütungssatz reduziert sich mit jedem Monat, den eine Solaranlage später in Betrieb genommen wird. Es ist daher sinnvoll, die Nutzung des ermittelten Solarpotenzials mit hoher Priorität in Angriff zu nehmen. Auf diese Weise ergibt sich eine höhere Wirtschaftlichkeit und zugleich wird ein großes Potenzial möglichst zeitnah ausgeschöpft.

### 7.3.2 Solarpotenzialnutzung auf gemeindeeigenen Liegenschaften

Umsetzungszeitraum	Kurzfristige Maßnahme
Priorität	Hoch
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Gemeindeverwaltung
Energieausbeute	328.653 kWh/a
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	147,6 t CO <sub>2</sub> /a
Investitionskosten	601.450 €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	2.273.989 €
Kosten-Nutzen-Verhältnis	0,35

Die Gemeinde besitzt in allen Ortsteilen mehrere Liegenschaften. Aus oben genannten Gründen sollte das ermittelte Potenzial der gemeindeeigenen Dachflächen zeitnah ausgeschöpft werden. Unter den Liegenschaften befinden sich zudem Objekte mit sehr hohem Energiebedarf. Zu nennen sind vor allem Feuerwehrrhallen und andere hallenartige Gebäude. Aufgrund der vergleichsweise großen Dachflächen können hier Solaranlagen mit höherer Nennleistung installiert werden. Dementsprechend große Entlastungen bei den Energiekosten und für das Klima sind zu erwarten.

### 7.3.3 Solarpotenzialnutzung auf nicht gemeindeeigenen Liegenschaften

Umsetzungszeitraum	Kurzfristige Maßnahme
Priorität	Hoch
Akteure	Gemeindeverwaltung, Gemeinde Freigericht
Zielgruppe	Gemeindeverwaltung, Gemeinde Freigericht
Energieausbeute	45 GWh/a
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	20.229 t CO <sub>2</sub> /a
Investitionskosten	98,6 Mio. €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	311.588.575 €
Kosten-Nutzen-Verhältnis	0,55

Wie unter 7.3.1 beschrieben, verteilt sich das Dachflächensolarpotential überwiegend auf Gebäude, die nicht im Besitz der Gemeinde sind. Über eine Informationskampagne können die Eigentümer animiert werden, dieses Potenzial für sich zu erschließen. Dennoch wird es Flächen geben, die weiterhin ungenutzt bleiben. In diesen Fällen bietet sich ein Pachtmodell an. Gemeinde, Bürger oder Gewerbe pachten geeignete

Dachflächen, investieren in eine Solaranlage und erschließen das ungenutzte Potenzial für sich. Das Pachtverhältnis kann derart gestaltet werden, dass dem Besitzer der Dachfläche keinerlei Aufwand entsteht. Er stellt lediglich die Fläche zur Verfügung. Der Pächter und Betreiber der Solaranlage trägt Kosten und Aufwand wie üblich, hat jedoch eine zusätzliche finanzielle Belastung durch die zu zahlende Pacht. Das erschlossene Klimaschutzpotenzial bleibt gleich.

Das Pachtmodell stellt eine gleichberechtigte Alternative zur Nutzung eigener Dachflächen dar und sollte daher mit dem selben Umsetzungszeitraum und der selben Priorität gesehen werden. Auch die Dachflächen gemeindeeigener Liegenschaften können zur Verpachtung bereitgestellt werden.

## 7.4 Maßnahmen Biomasse

### 7.4.1 Biogasanlage 1.000 kW<sub>el</sub>

Umsetzungszeitraum	Mittelfristige Maßnahme
Priorität	Hoch
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Gemeindeverwaltung, Gemeinde Freigericht
Energieausbeute	11,5 GWh/a
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	5.874 t CO <sub>2</sub> /a
Investitionskosten	4.000.000 €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	79.344.859 €
Kosten-Nutzen-Verhältnis	0,37

Um das Biomassepotenzial der Gemeinde Freigericht nutzen zu können, ist der Bau einer Biogasanlage notwendig. Ein geeignetes Gelände sollte innerhalb des Gemeindegebiets gefunden werden. Auf diese Weise kann die gewonnene Biomasse vor Ort genutzt werden, die Transportwege werden kurz gehalten und die Wertschöpfung innerhalb der Gemeinde profitiert. Bau und Betrieb der Biogasanlage kann allein von der Gemeinde übernommen werden. Die Kooperation mit einem oder mehreren Landwirten oder Investoren kann aufgrund des Investitionsvolumens und anderer Kosten jedoch sinnvoll sein.

Der Bau einer Biogasanlage ist an gesetzliche Regelungen gebunden, die sich auf Grundwasserschutz, Abstandsregelungen, Immissionsschutz und anderes beziehen. Daher muss in einem ersten Schritt ein geeignetes Grundstück gefunden werden, das die angesprochenen Voraussetzungen erfüllt. Zudem darf eine Mindestgröße der Fläche nicht unterschritten werden, da neben der Anlage selbst auch periphere Anlagen und sonstige Infrastruktur benötigt werden.

Für Errichtung und Betrieb einer Biogasanlage ist – in Abhängigkeit von der Größe – mit hohen Ausgaben zu rechnen. Diese setzen sich zusammen aus Anschaffungskosten für die Anlage und ihre Peripherie, Kosten für Planung, Genehmigung und Gutachten, Zinsen etc. Nach der Inbetriebnahme der Anlage entstehen weitere Kosten zur Unterhaltung wie beispielsweise für Wartung und Instandhaltung, Versicherungsbeiträge, Betriebsmittel oder Personal. Dem gegenüber stehen jedoch Einnahmen aus Wärme- und Stromabgabe und Förderungen nach dem EEG und dem KWK-Gesetz. Auch nicht rückzahlbare Investitionszuschüsse können unter Umständen zur Verfügung stehen. Um das Biomassepotenzial weitestgehend auszuschöpfen, muss eine Biogasanlage mit einer installierten Leistung von 1.000 kWh<sub>el</sub> errichtet werden. Die Investitionen belaufen sich in diesem Fall auf etwa 4 Mio. €.

Die Investitionskosten, die benötigten Voruntersuchungen und Genehmigungen sowie die Bauzeit stellen zeit- und kostenintensive Hürden dar, die es zu nehmen gilt. Dennoch trägt das Biomassepotenzial einen bedeutenden Anteil zum Klimaschutz in der Gemeinde Freigericht bei, sodass der Bau einer Biogasanlage trotz des zeitlichen, planerischen und finanziellen Aufwands eine hohe Priorität zugesprochen bekommt.

#### 7.4.2 Biomassebereitstellung

Umsetzungszeitraum	Mittelfristige Maßnahme
Priorität	Hoch
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Landwirte der Gemeinde Freigericht

Um die Biogasanlage der Gemeinde Freigericht optimal betreiben zu können und dabei den größten Effekt für den Klimaschutz zu erhalten, muss die Versorgung mit geeigneter Biomasse unter bestimmten Voraussetzungen stattfinden. Das Material sollte über kurze Transportwege angeliefert werden und ein ökologisch verträgliches Flächenmanagement mit geeigneten Fruchtfolgen und guter Sortenwahl stattfinden. Um dies in geeignetem Maß – auch in Bezug auf die zur Verfügung stehenden Mengen – sicherzustellen, sollten die ansässigen Landwirte angesprochen werden. Aufgabe der Gemeindeverwaltung ist es, die Landwirte von der Energiegewinnung aus Biomasse zu überzeugen und über vertragliche Festlegungen die Mengen und Rahmenbedingungen für Anbau und Lieferung zu vereinbaren.

Die Biomassebereitstellung steht in engem Zusammenhang mit der Realisierung der Biogasanlage und wird daher erst nach Fertigstellung von Bedeutung sein. Priorität und Umsetzungszeitraum orientieren sich daher an Maßnahmenvorschlag 7.4.1.

### 7.4.3 Holzverarbeitung

Umsetzungszeitraum	Mittelfristige Maßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Holz verarbeitender Betrieb Bernbach

Im Ortsteil Bernbach ist ein Holz verarbeitender Betrieb angesiedelt. Durch eine Kooperation zwischen der Gemeinde und diesem Betrieb können kurze Transportwege bei der Vorbereitung des im Gemeindeforst geschlagenen Holzes für die energetische Nutzung garantiert werden. Je kürzer die Wege sind, desto geringer sind die dabei entstehenden Emissionen. Zudem bringt ein ortsansässiger Betrieb eine höhere Flexibilität in Bezug auf Nachfrage und Angebot. Nicht zuletzt spielt auch die Wertschöpfung innerhalb der Gemeinde eine Rolle.

Wenn im Rahmen der Maßnahmenrealisierung ein entsprechender Bedarf entsteht, sollte eine Zusammenarbeit geprüft und die vorhandenen örtlichen Kapazitäten genutzt werden.

### 7.4.4 Nahwärmenetz Bernbach

Umsetzungszeitraum	Langfristige Maßnahme
Priorität	Niedrig
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Gemeinde Freigericht
Erneuerbare Energie aus Holz	2,4 GWh/a (kleine Netzvariante) 7,8 GWh/a (große Netzvariante)
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	759,67 t/a (kleine Netzvariante) 2.473,78 t/a (große Netzvariante)
Investitionskosten	722.500 € (kleine Netzvariante) 2.265.000 € (große Netzvariante)
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	3.427.257 € (kleine Netzvariante) 11.160.532 € (große Netzvariante)
Kosten-Nutzen-Verhältnis	1,37 (kleine Netzvariante) 1,18 (große Netzvariante)

In einer separaten Studie wurde untersucht, ob eine zumindest teilweise autarke Wärmeversorgung des Ortsteils Bernbach über eine Holzhackschnitzelheizanlage möglich ist. Die Ergebnisse sind in der Studie nachzulesen. Das gesamte Projekt umfasst große Investitionssummen, lange Vorlaufzeiten und großen planerischen Aufwand. Die grobe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung identifiziert die Maßnahme unter heutigen Bedingungen (Preise, Förderungen,...) als unwirtschaftlich. Das Nahwärmenetz Bernbach wird daher in beiden Varianten als Langfristmaßnahme mit niedriger Priorität betrachtet.

#### 7.4.5 Kurzumtriebsplantage ehemaliger Steinbruch Altenmittlau

Umsetzungszeitraum	Mittelfristige Maßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Gemeinde Freigericht
Energieausbeute	0,3 GWh/a
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	97,03 t/a
Investitionskosten	12.000 €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	2.104.566€
Kosten-Nutzen-Verhältnis	0,03

5 ha des ehemaligen Steinbruchgeländes, das derzeit renaturiert wird, könnten für die Biomassegewinnung genutzt werden. Eine Kurzumtriebsplantage für den Anbau von Miscanthus, Pappel oder Weide führt die Fläche einer Nutzung zu, ohne dass dies grundsätzlich der Renaturierung entgegensteht. Alternativ können andere Flächen mit einer minimalen Größe von 2 ha ermittelt werden. In der Regel würde dies jedoch bisherige alternative Nutzungen wie Ackerbau verdrängen und damit dem Grundsatz widersprechen, dass Biomasseproduktion nicht die Lebensmittelproduktion beeinträchtigen darf. Die Errichtung einer Kurzumtriebsplantage unterstützt Maßnahmenvorschlag 7.4.4. Da das ehemalige Steinbruchgelände bereits der Renaturierung unterliegt und Biomasse zur Wärmeenergiegewinnung im Gemeindeforst gewonnen werden kann, ist die Errichtung einer Kurzumtriebsplantage aus Miscanthus, Pappel oder Weide nicht zwingend erforderlich. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis dieser Maßnahme ist jedoch so günstig, dass wirtschaftliche Gründe für die Umsetzung sprechen. Die Errichtung einer Kurzumtriebsplantage wird daher als mittelfristige Maßnahme von mittlerer Priorität gesehen.

#### 7.4.6 Abwasserwärmepotenzial Gewerbegebiet Somborn

Umsetzungszeitraum	Langfristige Maßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Gewerbe und Anlieger Hanauer Straße Somborn

Im Bereich der Hanauer Straße, Wehrweide, Raiffeisenstraße im Ortsteil Somborn befindet sich ein Gewerbegebiet, an dem aufgrund der Kanalführung und des ansässigen Gewerbes ein wirtschaftlich nutzbares Abwasserwärmepotenzial vermutet werden kann. Dies gilt es durch eine mehrmonatige Messkampagne zu Abwassermenge und -

temperatur während der Heizperiode zu belegen. Da die Abwasserwärmenutzung von den späteren Abnehmern abhängig ist, sollten diese im Vorfeld angesprochen und ein Interesse am Projekt ermittelt werden. Ein entsprechender Kontakt kann ggf. über den Gewerbeverein Freigericht 1980 e. V. hergestellt werden.

Durch die im Voraus notwendigen Gespräche, die Messkampagne und die planerischen Herausforderungen muss die Abwasserwärmenutzung als mittel- bis langfristige Maßnahme betrachtet werden. Auch die hohen finanziellen Aufwendungen benötigen zeitlichen Vorlauf bei Gemeinde und Abnehmern. Ob eine Abwasserwärmenutzung möglich ist, in welchem Umfang sie stattfinden kann und wie hoch der Nutzen dieser Maßnahme ist, kann ohne weitere Untersuchungen nicht bestimmt werden. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist daher nach heutiger Datenlage nicht möglich.

## 7.5 Maßnahmen oberflächennahe Geothermie

### 7.5.1 Informationskampagne zu Geothermie im privaten Bereich

Umsetzungszeitraum	Mittelfristige Maßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Klimaschutzbeauftragter der Gemeinde, ggf. Klimaschutzmanager
Zielgruppe	Bürger der Gemeinde Freigericht
Energieausbeute	-
CO <sub>2</sub> -Vermeidung	-
Investitionskosten	3.000 €
Energiekosteneinsparung nach 20 Jahren	-
Kosten-Nutzen-Verhältnis	-

Es ist davon auszugehen, dass Geothermie im privaten und im kleineren gewerblichen Bereich nur in sehr geringem Umfang Anwendung finden wird. Fehlende Aufklärung über diese Erneuerbare Energiequellen führt dazu, dass Erdwärmenutzung wenig bekannt ist oder vor allem Großprojekte der Tiefengeothermie mit dem Thema verknüpft werden. Auch Bedenken bezüglich Platzangebot und Aussehen des Grundstücks nach Abschluss der Arbeiten halten vor allem Privatleute von der Erdwärmenutzung ab, bevor sie sich mit deren Potenzialen auseinander gesetzt haben. Das Flächenangebot für oberflächennahe Geothermie konzentriert sich jedoch vorrangig auf Privatgrundstücke, sodass sie ohne die Einwohner der Gemeinde nahezu vollkommen ungenutzt bleiben wird. Auch zu allen anderen Erneuerbaren Energien sollte Aufklärung betrieben werden. Für die Erdwärmenutzung besteht allerdings aus oben genannten Zusammenhängen heraus ein besonderes Erfordernis.

## 7.5.2 Geothermie in Gewerbegebieten

Umsetzungszeitraum	Langfristige Maßnahme
Priorität	Mittel
Akteure	Gemeindeverwaltung
Zielgruppe	Ansässige Unternehmen der Gewerbegebiete

In Gewerbegebieten erlaubt die aktuelle Baunutzungsverordnung eine Überbauung von bis zu 80% der jeweiligen Grundstücksfläche. Zusätzliche versiegelte und für Geothermie ungeeignete Flächen ergeben sich unter anderem aus den Zufahrtstraßen. Insgesamt ist das Angebot an Flächen für die Erdwärmennutzung stark eingeschränkt. Gleichzeitig befinden sich jedoch mehrere Abnehmer mit vergleichsweise hohem Energiebedarf in unmittelbarer Nähe. Es empfiehlt sich daher eine weitergehende Untersuchung bezüglich der Installation von Erdwärmesonden in den Gewerbegebieten der Gemeinde unter Einbeziehung der dort ansässigen Unternehmen. Bei finanzieller Beteiligung von Gemeinde und Unternehmen ist eine größere Dimensionierung des Projekts mit entsprechend tieferer Bohrung und höherer Energieausbeute denkbar. Da diese Maßnahme jedoch auch unter Beteiligung mehrerer Parteien eine große finanzielle Herausforderung mit viel planerischem und baulichem Aufwand ist, wird der Umsetzungszeitraum langfristig gesehen. Das vermutete hohe Potenzial der Erdwärmennutzung führt zu einer mittleren Priorität innerhalb des Maßnahmenkatalogs.

## 7.6 Umsetzungszeitplan der Maßnahmen

Mit Bezug auf die vorgenommene Einteilung aller Maßnahmen in Sofort- bis langfristige Maßnahmen mit niedriger bis hoher Priorität sowie unter Beachtung des teilweise ermittelten Kosten-Nutzen-Verhältnisses, wird untenstehend eine Umsetzungsreihenfolge vorgeschlagen (siehe auch **Tabelle I-13** im Anhang)

**Tabelle 7-1 – mögliche Reihenfolge der Umsetzung der Sofort- bis langfristigen Maßnahmen**

Sofortmaßnahmen: Umsetzung innerhalb eines Jahres			
	Maßnahme	Investitionskosten	Anmerkung
1.	Zielformulierung	keine	– Ohne Kosten sofort umsetzbar durch die Gemeindeverwaltung
2.	Klimaschutzmanager	keine	– Sofort umsetzbar durch die Gemeindeverwaltung – zusätzliche monatliche Personalkosten nach TvöD
3.	Klimaschutzwebsite	2.500€	– Mit geringen Kosten sofort umsetzbar durch die Gemeindeverwaltung
4.	CO <sub>2</sub> -Bilanz	2.400 €	– Mit geringen Kosten sofort umsetzbar durch die Gemeindeverwaltung
5.	Informationskampagne zu	3.000 €	– Mit geringen Kosten sofort umsetzbar

## Solarenergie

durch die Gemeindeverwaltung

## Kurzfristige Maßnahmen: Umsetzung innerhalb der ersten 3 Jahre

	<b>Maßnahme</b>	<b>Investitionskosten</b>	<b>Anmerkung</b>
6.	Energieeffizienz eigener Verbraucher	5.000 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mit geringen Kosten kurzfristig umsetzbar durch die Gemeindeverwaltung</li> <li>– mit Hilfe eines Dienstleisters</li> </ul>
7.	Solarpotenzialnutzung auf gemeindeeigenen Liegenschaften	601.450 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– etappenweises Vorgehen</li> <li>– kurzfristiger Beginn der Umsetzung durch Gemeindeverwaltung möglich</li> </ul>
8.	Solarpotenzialnutzung auf nicht gemeindeeigenen Liegenschaften	98.598.550 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung durch Bürger, Gewerbe und andere;</li> <li>– durch breite Kostenverteilung kurzfristiger Beginn möglich</li> </ul>

## Mittelfristige Maßnahmen: Umsetzung in 3 bis 10 Jahren

	<b>Maßnahme</b>	<b>Investitionskosten</b>	<b>Anmerkung</b>
9.	Kurzumtriebsplantage ehemaliger Steinbruch Altenmittlau	12.000 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung bei bestehendem Bedarf</li> <li>– durch Gemeindeverwaltung</li> <li>– eventuell in Zusammenarbeit mit Bürgern &amp; Investoren</li> </ul>
10.	Informationskampagne zu Geothermie im privaten Bereich	3.000 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung durch Gemeindeverwaltung</li> <li>– hohe Investitionskosten bei späterer Realisierung der Erdwärmenutzung</li> </ul>
11.	Ermittlung der Windhöflichkeit im Vorranggebiet	12.000 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung durch Gemeindeverwaltung</li> </ul>
12.	Biomassebereitstellung	Keine	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung durch Gemeindeverwaltung bei geplanter Errichtung einer Biogasanlage</li> </ul>
13.	Biogasanlage 1000 kW <sub>el</sub>	4.000.000 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung durch Gemeindeverwaltung in Zusammenarbeit mit Landwirten &amp; Bürgern</li> <li>– Ggf. auch Umsetzung ohne Gemeindeverwaltung</li> </ul>
14.	Holzverarbeitung	Keine	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung durch Gemeindeverwaltung bei Bedarf</li> </ul>

## Langfristige Maßnahmen: Umsetzung in 10 Jahren oder später

	<b>Maßnahme</b>	<b>Investitionskosten</b>	<b>Anmerkung</b>
15.	Geothermie in Gewerbegebieten	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung durch Anlieger</li> <li>– Ggf. mit Unterstützung durch Gemeindeverwaltung</li> </ul>
16.	Windpark im Vorranggebiet	14.144.000 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nach Ermittlung der Windhöflichkeit</li> <li>– Umsetzung durch Gemeindeverwaltung in Zusammenarbeit mit Bürgern, Gewerbe, Investoren</li> <li>– Ggf. als reiner Bürgerwindpark</li> </ul>
17.	Abwasserwärmepotenzial	0 €	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umsetzung durch Anlieger</li> </ul>

Gewerbegebiet Somborn		– Ggf. mit Unterstützung durch Gemeindeverwaltung
18. Nahwärmenetz Bernbach	Kleine Variante: 722.500 €	– Umsetzung momentan unwirtschaftlich
	Kleine Variante: 2.265.000 €	– Umsetzung evtl. bei veränderten Rahmenbedingungen

## 8 Controlling-Konzept

Erneuerbare Energien in der Gemeinde zu etablieren, ist ein kontinuierlicher, langfristiger Prozess. Das Erstellen eines Klimaschutzteilkonzepts zur Identifizierung der diesbezüglichen Potenziale stellt daher nur einen der ersten Schritte dar, auf den viele weitere folgen müssen. Mit Hilfe eines Controlling-Konzepts wird die Gemeinde bei ihrem Vorhaben koordinativ unterstützt.

Für eine nachhaltige Umsetzung der Maßnahmen ist das Abstecken eines zeitlichen Rahmens gemäß der vorgenommenen Priorisierung wichtig. Ein Vorschlag ist in Kapitel 7.6 gegeben. Auf diese Weise entsteht ein Fahrplan, an dem sich die Gemeinde orientieren kann. In engem Zusammenhang damit steht das personelle und finanzielle Management. Basierend auf zeitlichen Umsetzungszielen wird ersichtlich, wann und in welchem Umfang finanzielle Mittel im Gemeindehaushalt zur Verfügung gestellt werden müssen. Finanziellen Engpässen wird damit vorgebeugt. Zudem sollten Zuständigkeiten frühzeitig festgelegt werden. Damit ist sichergestellt, dass sich die jeweiligen Verantwortlichen frühzeitig mit ihrer Aufgabe auseinandersetzen können und Konflikte vermieden werden. Diese entstehen gelegentlich intern, konzentrieren sich jedoch in aller Regel auf Interessengruppen verschiedensten Ursprungs, die von umzusetzenden Maßnahmen betroffen sind. Je mehr Vorlauf ein Projekt hat, desto besser kann ein eventuell notwendiges Konfliktmanagement stattfinden. Der Konsens mit Bürgern, Vereinen und anderen Interessengruppen ist für eine nachhaltige Etablierung Erneuerbarer Energien von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Die frühzeitige Information und Beteiligung interessierter Öffentlichkeit ist daher Bestandteil jeder umzusetzenden Maßnahme. Anregungen und Einwände müssen Beachtung finden.

Weiterer Bestandteil des Controllings ist die regelmäßige Kontrolle der Ausgangssituation. Die Potenzialermittlung und die darauf aufbauende Priorisierung abgeleiteter Maßnahmen stellt nur eine Momentaufnahme dar, auch wenn sie sich auf die Verbrauchsdaten mehrerer Jahre stützt. Es ist daher unerlässlich, die Daten der Ist-Bilanz jährlich fortzuschreiben und eventuell neue Rückschlüsse auf die Dringlichkeit der Umsetzung einzelner Maßnahmen zu ziehen. Zudem kann über die fortlaufende Datenerfassung Erfolg, Stagnation und Misserfolg sichtbar gemacht werden. Aufwand und Nutzen hierfür

stehen in einem sehr günstigen Verhältnis zueinander, die Bilanzierung in Excel transparent und fortschreibbar gestaltet ist. Gegebenenfalls steht auf dem Markt auch Software verschiedener Anbieter zur Verfügung, die bei der fortlaufenden Bilanzierung unterstützt. Die notwendigen Daten zu Verbräuchen und den jeweiligen Treibhausgasemissionen je Kilowattstunde können leicht von Energie- und Gasversorgern eingeholt werden. Auch der Ausbaustand Erneuerbarer Energien im privaten und gewerblichen Bereich ist leicht nachvollziehbar.

Bezüglich der Erfolgskontrolle empfiehlt sich die Formulierung klarer Zwischenziele in Bezug auf Verbrauch, Emissionen und den Ausbau der Erneuerbaren Energien. Die Bundesregierung macht es bereits vor. So heißt es beispielsweise im Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 – Eckpunkte des BMUB *„Unser nächstes Etappenziel ist es, die Treibhausgasemissionen bis 2020 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 zu senken.“* (BMUB, 2014) Für die Gemeinde Freigericht sollten ähnliche Ziele und Etappen formuliert werden. Diese könnten sich wie folgt darstellen:

- „Bis zum Jahr ... wird der Energieverbrauch um ... gesenkt.“
- „Innerhalb eines Zeitraums von ... Jahren sollen sich die Treibhausgasemissionen im Schnitt um jeweils ... t CO<sub>2</sub>/a reduzieren. Danach wird über ein neue zu erreichende Minderung dieser Emissionen entschieden.“
- „Die Erneuerbaren Energien erreichen in den nächsten ... Jahren einen Ausbaugrad von ... kWh Nennleistung.“

Die Zielformulierung sollte in jedem Fall realistisch gewählt werden, um eine Zielerreichung möglich zu machen. Gleichzeitig dürfen Ziele jedoch auch nicht zu niedrig gesetzt werden, um die Etablierung der Erneuerbaren Energien nicht zu behindern bzw. unnötig zu verlangsamen. Eine Hilfestellung kann der nationale und internationale Vergleich mit anderen Gemeinden und Regionen bieten. Der regelmäßige Austausch unterstützt neben der Zielformulierung auch bei der Umsetzung und gibt weitere Anreize.

Mit Hilfe der oben genannten Bestandteile des Controllings sollte es möglich sein, die identifizierten Potenziale der Gemeinde Freigericht auf lange Sicht weitestgehend einer Nutzung zuzuführen und dadurch als Gemeinde einen Beitrag zum globalen Klimaschutz zu leisten.

Um das Controlling deutlich zu erleichtern, sollte ein sogenanntes Controllingtool angelegt werden. Es handelt sich dabei um eine tabellarische Zusammenstellung aller Eckpunkte zu jeder Maßnahme. Es sollte mindestens die untenstehenden Punkte umfassen (siehe

**Tabelle 8-1).** Zudem erleichtert die Verwendung eines Farb- und oder Symbolsystems die Erfassung des Fortschritts auf einen Blick. Zu markierende Zustände können u. a. sein:

- Projekt wurde noch nicht begonnen
- Projektfortschritt gemäß Zeitplan
- Projekt liegt hinter dem Zeitplan zurück
- Projekt ist erfolgreich abgeschlossen

Mit Hilfe des Controllingtools können aktuelle Auswertungen vorgenommen werden, es erleichtert die frühzeitige Reaktion auf Probleme und Hindernisse bei der Umsetzung und es erlaubt ggf. notwendige Anpassungen während der Umsetzungsphase. Des Weiteren macht es Auswertungen zum Projektverlauf nach Abschluss möglich und gibt auf diese Weise Hilfestellung zur Vermeidung von Fehlern bei nachfolgenden Projekten.

**Tabelle 8-1 – Mindestinhalte eines tabellarischen Controllingtools**

Auflistung der Maßnahmen gemäß ihrer Umsetzungsreihenfolge	Vorschlag unter Kapitel 7.6
Zeitplan für jede Maßnahme	Beginn, Ende, Zwischenziele ("Meilensteine")
Umsetzungsverantwortlicher	je Projekt einzeln festzulegen
Akteure neben dem Verantwortlichen	Kooperationen, Ansprechpartner etc.
Erfassung des Projektfortschritts	mind. alle 6 Monate, je nach Projektgröße; hier auch Rückmeldungen zu Problemen erfassen
Erfassung der Erfolge	CO <sub>2</sub> , Energiebedarf; sonstige Indikatoren

## 9 Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit

Um die Erneuerbaren Energien erfolgreich in der Gemeinde etablieren zu können, muss die Öffentlichkeit intensiv einbezogen werden. Anders als bei internen Umstellungen wie der Nutzung eines Ökostromtarifs kommen die Bürger zukünftig direkt mit den ergriffenen Maßnahmen in Berührung. Daher ist es besonders wichtig, bereits im Vorfeld technische und administrative Hintergründe zu erklären und damit Verständnis für die Notwendigkeit bestimmter Entscheidungen zu wecken. Auf diese Weise wird Widerstand oder Ablehnung gegenüber Veränderungen, die mit der Nutzung Erneuerbarer Energien in verschiedenen Bereichen auftreten werden, vorgebeugt. Für die Erreichung gesetzter Ziele bedeutet Widerstand zudem nicht nur zeitliche Verzögerungen, sondern unter Umständen auch erhebliche Mehrkosten in der Realisierung von Maßnahmen.

Um die hochgesteckten Klimaziele zu erreichen, ist die Gemeinde auf aktives Mitwirken von Bürgern, Gewerbe und anderen Gruppen angewiesen. So befindet sich der überwiegende Teil der Dachflächen in privatem Besitz. Lehnen die Bürger die Erneuerbaren Energien ab oder sind sie nicht ausreichend darüber informiert, werden sie

das Solarpotenzial ihrer Dächer ungenutzt lassen. Gleiches gilt für die Geothermie oder die Steigerung der Energieeffizienz bzw. die Senkung des Energiebedarfs.

Öffentlichkeitsarbeit basiert vor allem auf einer gut gewählten Kommunikationsstrategie, mit der Ziele und Hintergründe schlüssig übermittelt werden. In einem ersten Schritt muss daher zunächst das übergeordnete Ziel formuliert und publiziert werden. Im Anschluss daran gilt es, der Öffentlichkeit die drei Wege der Zielerreichung samt den identifizierten Potenzialen aufzuzeigen und die zeitlichen Vorstellungen in Bezug auf die Umsetzung nahezubringen. Erst nach dieser Phase des Informierens sollten konkrete Maßnahmen ergriffen werden. Demzufolge muss Öffentlichkeitsarbeit bereits zu Beginn stattfinden. Ausreichend Vorlauf und das „Mitnehmen von Anfang an“ sind Schlüsselpunkte einer wirksamen Öffentlichkeitsarbeit. Zudem sollte auch für jedes Teilprojekt ein ähnlicher Ablauf stattfinden. Zunächst über die Erneuerbare Energiequelle informieren, ihre Vorteile und Potenziale aufzeigen, einen zeitlichen Rahmen darstellen und nach Abstimmung aller Interessen in die Umsetzung gehen. Um die Bürger vom Klimaschutz zu überzeugen, sollten neben den umwelt- und klimarelevanten Argumenten auch wirtschaftliche und sonstige Vorteile angeführt werden. Diese liegen allgemein gesprochen bei der Senkung der Energiekosten (durch erhöhte Effizienz, durch gesenkten Verbrauch, durch Unabhängigkeit von EVU,...), bei den Wettbewerbsvorteilen umweltbewusst handelnder Firmen (Umweltverträglichkeit und Klimaschutz als Kaufargument) und beim Imagegewinn, der sich für die gesamte Gemeinde ergibt. Auch finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten für private und geschäftliche Investoren können ein Argument für den Klimaschutz in der Gemeinde sein.

Ziel der Öffentlichkeitsarbeit sollte es sein, jeden Bürger in Freigericht über Klimaschutz und seine Notwendigkeit aufzuklären und die Inhalte des Klimaschutzkonzepts zumindest in groben Zügen zu verbreiten. Nur so kann flächendeckend Zustimmung oder gar Begeisterung geweckt werden. Die Möglichkeiten hierfür sind breit gefächert, sodass sich grundsätzlich jeder Bürger angesprochen fühlen kann. Die Kommunikation innerhalb der Öffentlichkeitsarbeit sollte dabei stets zielgruppenorientiert stattfinden. Nachfolgend sind einige Anregungen aufgeführt, die um vieles weitere ergänzt werden können.

- Informationsveranstaltungen
  - wechselnde Themenschwerpunkt rund um den Klimaschutz
  - verschiedene Zielgruppen (Alter, Interesse, Wissensstand, Hausbesitzer/Mieter,...)
  - als Vorträge, Workshops oder in anderem Format
  - ...

- Events
  - Kinder-/Familiertage
  - Ausflüge zu Beispielprojekten etc.
  - ...
- Internetseite
  - Allgemeine Information
  - Aktuelle Entwicklungen
  - Fortschritt bei der Potenzialerschließung in Freigericht
  - Termine
  - Ansprechpartner
  - ...
- Arbeitsgruppen
  - Zum Austausch untereinander
  - Zum Austausch mit der Gemeinde
  - Zum Austausch mit Experten
  - ...
- Infomaterial
  - Flyer
  - Zeitungsartikel
  - Newsletter
  - ...

Um die zahlreichen Handlungsfelder zielgerichtet angehen zu können, ist die Schaffung der Stelle eines Klimaschutzmanagers denkbar. Ein Klimaschutzmanager ist grundsätzlich förderfähig und kann mehrere, vor allem koordinative Aufgaben in Personalunion wahrnehmen (siehe **Tabelle 9-1**). Er stellt eine zentrale Anlaufstelle für innen und außen dar, an der alles zusammentrifft, was mit dem Klimaschutz in der Gemeinde in Verbindung steht. Neben den unten aufgeführten Aufgaben fallen einem Klimaschutzmanager weitere Einsatzbereiche wie das Fortschreiben und Auswerten der Bilanz zu. Auch die kontinuierliche Verfolgung des Zeitplans wird durch den koordinativen Charakter des Klimaschutzmanagers unterstützt.

**Tabelle 9-1 – Auszug auf den Teilaufgaben eines Klimaschutzmanagers innerhalb einer Gemeinde**

<b>Rolle des...</b>	<b>Inhalt</b>
Multiplikators	Branchenrelevantes Wissen zu Erneuerbaren Energien Bsp.: technische Entwicklungen, Förderprogramme

---

Kommunikators	Zwischen den (Konflikt-)Parteien
Organisators	Von Informationsveranstaltungen, Freizeitveranstaltungen u. a.
Controllers	Für die Umsetzung von Maßnahmen gemäß Zeitplan

---

Für die Kommunikation zwischen Bürgern, Gewerbe, Vereinen und anderen Interessengruppen mit der Gemeinde kann der oben vorgeschlagene zentrale Klimaschutzmanager eingesetzt oder auf bestehende personelle Ressourcen zurückgegriffen werden. Auch externe Unterstützung ist denkbar. Wichtig ist in jedem Fall, dass individuell auf die jeweilige Situation eingegangen und dem Gemeindecharakter entsprochen wird. Einfaches „Überstülpen“ eines vorgefertigten Konzepts sollte nicht der Weg sein.

Neben der Kommunikation zu Zeitplänen, privaten und wirtschaftlichen Möglichkeiten und der Vermittlung von Allgemeinwissen zum Thema Klimaschutz ist auch die Vorbildfunktion der Gemeinde von großer Bedeutung. Schon in der Vergangenheit wurden Klimaschutzmaßnahmen ergriffen (Umstellung auf Ökostromtarif, LED-Straßenbeleuchtung,...). Diese und alle folgenden müssen öffentlichkeitswirksam publiziert werden, damit die Gemeinde als Vorbild wahrgenommen wird und eine animierende Wirkung entstehen kann.

Ein weiteres mögliches Instrument für wirksame Öffentlichkeitsarbeit kann ein Logo sein, unter dem alle Infoveranstaltungen, Maßnahmen und Events zusammenlaufen. Auch Werbematerialien, Briefpapier, Flyer und anderes kann mit diesem Logo versehen werden. Wichtig sind ein hoher Wiedererkennungswert und die Verbindung zu den Klimaschutzzielen der Gemeinde. Wird das Klimaschutzlogo zusammen mit einer Botschaft publiziert, geht diese auf alle Veranstaltungen und Produkte über, die damit markiert sind. Auch über die Gemeindegrenzen hinweg können so die Anstrengungen, die die Gemeinde Freigericht für den Klimaschutz unternimmt, sichtbar gemacht werden.

## 10 Literaturverzeichnis

**Aigner, A., et al. 2012.** Energiepflanzen für Biogasanlagen Bayern. [Hrsg.] Abt. Öffentlichkeitsarbeit Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. *ernergiepflanzen.info*. 08 2012.

**Arnold, Thomas. 2012.** Ausweisung von Vorrangflächen - Bei Waldstandorten für Windenergieanlagen differenzieren. *ew SPECIAL Windenergie*. 2012, 19, S. 60 - 61.

**Bärwolff, Manuela, et al. 2012.** Energie aus der Landwirtschaft. [Hrsg.] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). [Redakt.] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)/Abteilung Öffentlichkeitsarbeit. *Bioenergie*. 2012.

**BauNVO. 2013.** Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO). *Baunutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 11. Juni 2013 (BGBl. I S. 1548) geändert worden ist*. [Verordnung]. 2013.

**BDH. 2011.** Auslegung von oberflächennahen Erdwärmekollektoren. [Hrsg.] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V. [Informationsblatt]. 03 2011. Nr. 43.

**BDW. n.a..** Wasserkraft - Installierte Leistung und Stromproduktion. *Bundesverband Deutscher Wasserkraftwerke*. [Online] n.a. [Zitat vom: 23. 10 2015.] <http://www.wasserkraft-deutschland.de/wasserkraft/installierte-leistungstromproduktion.html>.

**BfN. 2015.** Artenschutz-Report 2015 Tiere und Pflanzen in Deutschland. [Hrsg.] Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Bundesamt für Naturschutz. [Redakt.] F. Emde, et al. [Bericht]. 05 2015.

**BfN, Bundesamt für Naturschutz, [Hrsg.]. 2011.** Windkraft über Wald. *Positionspapier des Bundesamtes für Naturschutz*. Bonn : s.n., 2011.

**BiomasseV. 2001.** Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse. *Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), die zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 21. Juli*. [Verordnung]. 21. 06 2001.

**Biopower Nordwestschweiz AG. n.a..** Wieviel Energie steckt im Bioabfall? *Biopower Nordwestschweiz*. [Online] n.a. [Zitat vom: 19. 10 2015.] <http://www.biopower.ch/Fachwissen/Wieviel-Energie-steckt-im-BioabfallII/PiKne/>.

**BMUB. 2014.** Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 Eckpunkte des BMUB. *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*. [Online] 29. 04 2014. [Zitat vom: 26. 10 2015.] [http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/klima-klimaschutz-download/artikel/aktionsprogramm-klimaschutz-2020-br-eckpunkte-des-bmub/?tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=289](http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/klima-klimaschutz-download/artikel/aktionsprogramm-klimaschutz-2020-br-eckpunkte-des-bmub/?tx_ttnews%5BbackPid%5D=289).

—. **2009.** Das Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm. *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit*. [Online] 01. 06 2009. [Zitat vom: 24. 06 2015.] [http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/detailansicht/artikel/das-integrierte-energie-und-klimaschutzprogramm-iekp/?tx\\_ttnews%255bbackPid%255d=215](http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/detailansicht/artikel/das-integrierte-energie-und-klimaschutzprogramm-iekp/?tx_ttnews%255bbackPid%255d=215).

**Davidson, Ben. 2012.** Making the Corn Cob Mix. *dtn The Progressive Farmer*. [Online] 16. 10 2012. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://www.dtnprogressivefarmer.com/dtnag/common/link.do?symbolicName=/ag/blogs/template1&blogHandle=agequipment&blogEntryId=8a82c0bc2a8c8730012cf023bcd71d1f>.

**DBU. 2005.** Heizen und Kühlen mit Abwasser - Energierückgewinnung aus Abwasserkanälen. [Hrsg.] Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V. und Institut Energie in Infrastrukturanlagen. 10 2005.

**Dipl.-Geogr. Müller, Ernst A. und Dr. Butz, Jan. 2010.** Abwasserwärmenutzung in Deutschland. *Korrespondenz Abwasser, Abfall*. [Fachbeitrag]. 2010. S. 437 - 442.

**Dipl.-Geogr. Müller, Ernst A. 2013.** Zeitalter der Abwasserwärmenutzung hat in Deutschland begonnen. [Seminarvortrag]. Hamburg : s.n., 18. 02 2013.

**Dipl.-Ing. (FH) Rössel, Timm, Dipl.-Ing. (FH) Brähler, Michael und B.Sc. Hahn, Henning. 2008.** Teil 1 - Gemeinde Fulda. [Hrsg.] Michael Prytula und Martin Klement. *Die 100% EE-Region Strategien und Maßnahmen zur nachhaltigen dezentralen Energieversorgung von Regionen mit erneuerbaren Energien*. s.l. : Universität Kassel, 2008.

**Dipl.-Ing. Kobel, Beat. 2013.** Heizenergie aus Abwasser. [Hrsg.] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft Abwasser und Abfall e. V. (DWA). [Seminarvortrag]. Hamburg : s.n., 18. 02 2013.

**Dipl.-Ing. Kropp, Matthias und Bürgerinitiative Gegenwind im Taunus. 2014.** Wirtschaftlichkeit von Windparks. [Präsentation]. Butzbach : s.n., 01. 10 2014.

**Dipl.-Umwelting. Buri, René und Dipl.-Ing. Kobel, Beat. 2005.** Energie aus Kanalabwasser - Leitfaden für Ingenieure und Planer. Osnabrück/Bern : s.n., 11 2005.

- Dr. agr. Hartmann, Hans, et al. 2013.** [Hrsg.] Technologie- und Förderzentrum Bayern (TFZ) und Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). [Redakt.] Abteilung Öffentlichkeitsarbeit Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). *Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen*. [Leitfaden]. 09 2013. 3-00-011041-0.
- Dr. Becker, Carlo W., et al. 2009.** Renaturierung als Strategie nachhaltiger Stadtentwicklung - Ergebnisse des Forschungsprojekts. [Hrsg.] Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) Bundesministerium für Verkehr und Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn Bundesinstitut für Bau-. [Redakt.] Friederike Vogel BBSR. *Werkstatt: Praxis*. Bonn : s.n., 2009. 62. 978-3-87994-962-5.
- Dr. Eltrop, Ludger, et al. n.a..** Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. [Hrsg.] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. [Redakt.] Abt. Öffentlichkeitsarbeit Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. [Buch]. n.a. 3-00-015389-6.
- Dr. Fritsche, Johann-Gerhard, et al. 2010.** Nutzung tiefer Geothermie in Hessen. [Hrsg.] HMULV und HLUG. 08 2010.
- Dr. Fritz, Maendy, et al. 2009.** Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff - Ergebnisse aus bayerischen Forschungsarbeiten. [Hrsg.] Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TZF) und ABteilung Landespflege Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG). [Redakt.] Maendy Dr. Fritz, et al. *Berichte aus dem TFZ*. Straubing : s.n., 10 2009. Bd. 18. 1614-1008.
- Dr. Heske, Claus. 2010.** Auslegung von Erdwärmesonden mit Tabellen und PC-Software. [Hrsg.] CDM Consult GmbH. *Workshop "Oberflächennahe Geothermie"*. Lennestadt-Meggen : s.n., 28. 01 2010.
- Dr. Wichmann, Peter.** Biogas - Biogaspotentiale. *Boxer-Infodienst Regenerative Energien*. [Online] Dr. Peter Wichmann Regenerative Energien - Projekte, Himmelkron (V.i.S.d.P.). [Zitat vom: 15. 10 2015.] [http://www.boxer99.de/biogas\\_biogaspotentiale.htm](http://www.boxer99.de/biogas_biogaspotentiale.htm).
- Dr.-Ing. Scholz, Volkhard, et al. 2006.** Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen. *KTBL-Datensammlung Energiepflanzen*. [Merkblatt]. Potsdam-Bornim : s.n., 06 2006.
- Dr.-Ing. Wesselak, Viktor, et al. 2013.** *Regenerative Energietechnik*. [Hrsg.] Institut für Regenerative Energietechnik Fachhochschule Nordhausen. 2. Auflage. Nordhausen : Springer Vieweg, 2013. 978-3-642-24164-2.

**Dr.-Ing.Kern, Michael, et al. 2010.** Aufwand und Nutzen einer optimierten Bioabfallverwertung hinsichtlich Energieeffizienz, Klima- und Ressourcenschutz. [Hrsg.] Umweltbundesamt. [Redakt.] Fachgebiet III 2.4 Abfalltechnik und Abfalltechniktransfer Tim Hermann. [Bericht]. Dessau-Roßlau : s.n., 08 2010. 1862-4804.

**DWD. 2011.** Deutscher Wetterdienst. *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur*. [Online] 25. Februar 2011. [Zitat vom: 04. September 2015.] [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=dwdwww\\_menu2\\_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2011%2F20110225\\_\\_DeutschlandwetterWinter2010\\_\\_2011\\_\\_news.html](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_menu2_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2011%2F20110225__DeutschlandwetterWinter2010__2011__news.html).

— **2012.** Deutscher Wetterdienst. *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur*. [Online] 28. Februar 2012. [Zitat vom: 04. September 2015.] [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=dwdwww\\_menu2\\_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2012%2F20120228\\_\\_Deutschlandwetter\\_\\_Winter2011\\_\\_12\\_\\_news.html](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_menu2_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2012%2F20120228__Deutschlandwetter__Winter2011__12__news.html).

— **2013.** Deutscher Wetterdienst. *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur*. [Online] 27. Februar 2013. [Zitat vom: 04. September 2015.] [http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=dwdwww\\_menu2\\_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2013%2F20130227\\_\\_DeutschlandwetterimWinter\\_\\_news.html](http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_menu2_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2013%2F20130227__DeutschlandwetterimWinter__news.html).

— **2015.** Deutschlandwetter im Sommer 2015 Heiß, trocken und sonnig - ein Sommer mit vielen Rekorden. [Hrsg.] Deutscher Wetterdienst. [Pressemitteilung]. Offenbach : s.n., 28. 08 2015.

**EEG. 2014.** Gesetz über den Ausbau erneuerbarer Energien. *Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S. 1066), das durch Artikel 4 des Gesetzes vom 22. Juli 2014 (BGBl. I S. 1218) geändert worden ist*. 2014.

**EFI Wind GmbH. 2012.** Download. *EFI Wind GmbH*. [Online] 15. Februar 2012. [Zitat vom: 11. September 2015.] <http://www.efiwind.de/index.php?id=81>.

**EnergyMap.info. 2015.** EEG-Anlagenregister. [Hrsg.] Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. 2015.

**EU- Kommission. 2013.** Yearly sum of global irradiation on a horizontal surface (kWh/m<sup>2</sup>) period 1981-1990. *Joint Research Centre*. [Online] European Commission, 03. Januar 2013. [Zitat vom: 08. September 2015.] [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/download/solar\\_radiation\\_classic\\_laea\\_download.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/download/solar_radiation_classic_laea_download.html).

- FNR. 2014.** Basisdaten Bioenergie Deutschland 2014. [Hrsg.] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). 2014.
- **2015.** Biomassepotenziale von Rest- und Abfallstoffen Status quo in Deutschland. [Hrsg.] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). *Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe*. 2015. Bd. 36.
- **n.a..** Energiepflanzen Ackergras. *FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.* [Online] n.a. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://energiepflanzen.fnr.de/energiepflanzen/mehrjaehrige-energiepflanzen/ackergras/>.
- **n.a..** Energiepflanzen Rübe. *FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.* [Online] n.a. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://energiepflanzen.fnr.de/energiepflanzen/einjaehrige-energiepflanzen/ruebe/>.
- **n.a..** Energiepflanzen Sonnenblume. *FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.* [Online] n.a. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://energiepflanzen.fnr.de/energiepflanzen/einjaehrige-energiepflanzen/sonnenblume/>.
- **n.a..** Energiepflanzen Sorghumhirsen Zuckerhirse. *FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.* [Online] n.a. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://energiepflanzen.fnr.de/energiepflanzen/einjaehrige-energiepflanzen/sorghumhirsen/zuckerhirse/>.
- **2010.** Marktübersicht Hackschnitzel-Heizungen. [Hrsg.] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). [Redakt.] Abt. Öffentlichkeitsarbeit Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. 05 2010.
- Fraunhofer ISE. 2015.** Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. [Hrsg.] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesystem ISE. 16. 10 2015.
- Fraunhofer IWES. 2015.** [Hrsg.] Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES). [Redakt.] Katrin Janssen, et al. *Windenergie Report Deutschland 2014*. [Bericht]. Kassel : Fraunhofer Verlag, 2015.
- GBU. n.a..** Biogasanlagen in der Entsorgungswirtschaft. *Gesellschaft für Bodenanalytik und Umwelttechnik mbH.* [Online] n.a. [Zitat vom: 16. 10 2015.] <http://www.gbunet.de/frame-set/Frame-Set%20BG-IND-d.html>.
- Gemeinde Freigericht. 2015.** Planen, Bauen Natur, Umwelt Verkehr. *Gemeinde Freigericht.* [Online] 2015. [Zitat vom: 12. 08 2015.] <http://www.freigericht.de/staticsite/staticsite.php?menuid=376&topmenu=310>.

**GENESIS. 2013.** Regionaldatenbank Deutschland. [Online] 31. 12 2013. [Zitat vom: 07. 10 2015.]

<https://www.regionalstatistik.de/genesis/online/data;jsessionid=58BB64C88FB85AE289CAD7E7D7780347?operation=previous&levelindex=4&levelid=1447748639834&levelid=1447748607340&step=3>.

**Grundmann, Volker. 2012.** Facetten des Waldes - Der hessische Wald in Zahlen, Grafiken und Text - Vergleich 1994 und 2009. [Hrsg.] Hessen Forst Servicezentrum Forsteinrichtung und Naturschutz (FENA). [Redakt.] Lars Möller und Volker Grundmann. Gießen : s.n., 04 2012. Bd. 2, S. 13. 1611-0366.

**GTV. 2014.** Einstieg in die Geothermie. *Bundesverband Geothermie*. [Online] 2014. [Zitat vom: 21. 10 2015.] <http://www.geothermie.de/wissenswelt/geothermie/einstieg-in-die-geothermie.html>.

**Haller, Julia. 2015.** Miscanthus. [Hrsg.] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). [Redakt.] Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. *Energiepflanzen*. 2015.

**Hessen Forst. 2014.** *Schlussverhandlung zur Forsteinrichtung im Gemeindewald Freigericht*. Hessisches Forstamt Hanau-Wolfgang. Hanau : s.n., 2014.

**Hessisches Statistisches Landesamt. 2015.** Statistik Hessen - Bevölkerung der Hessischen Gemeinden. *Statistik Hessen*. [Online] 2015. [Zitat vom: 23. 02 2015.] <http://www.statistik-hessen.de/themenauswahl/bevoelkerung-gebiet/regionaldaten/bevoelkerung-der-hessischen-gemeinden/index.html>.

**Hilgers, Claudia, Strauß, Rolf-Peter und Theiß, Eric. n.a..** Energiepfähle. *Baunetz Wissen Heizung*. [Online] BauNetz Media GmbH, n.a. [Zitat vom: 21. 10 2015.] [http://www.baunetzwissen.de/glossar-begriffe/Heizung\\_Energiepfaehle\\_249960.html](http://www.baunetzwissen.de/glossar-begriffe/Heizung_Energiepfaehle_249960.html).

**HLBG. 2015.** [geoportal.hessen.de](http://www.geoportal.hessen.de). *hessen.de*. [Online] 2015. [Zitat vom: 02. 09 2015.] <http://www.geoportal.hessen.de/portal/karten.html?WMC=39>.

**HLUG. 2011.** Leitfaden für Erdwärmesondenanlagen zum Heizen und Kühlen. 4. Auflage [Hrsg.] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. *Erdwärmennutzung in Hessen*. Wiesbaden : s.n., 2011. 978-3-89026-366-3.

**HMUKLV. n.a..** WRRL Hessen. *Gewässerschutz für Europa*. [Online] n.a. [Zitat vom: 23. 10 2015.] <http://wrrl.hessen.de/Main.html?role=default>.

**HMWEVL und HMUKLV, [Hrsg.]. 2010.** Staatsanzeiger für das Land Hessen. *Handlungsempfehlungen des Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung*

und des Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zu Abständen von raumbedeutsamen Windenergieanlagen zu schutzwürdigen Räumen und Einrichtung. Wiesbaden : s.n., 17. Mai 2010. Nr. 22/2010, S. 1506.

**HMWEVL. 2015.** Windenergie. *www.energieland.hessen.de*. [Online] 2015. [Zitat vom: 10. September 2015.] <http://www.energieland.hessen.de/windenergie>.

—. **2012.** Windpotenzialkarten Hessen nach Landkreisen. *www.energieland.hessen.de*. [Online] 03. Mai 2012. [Zitat vom: 08. September 2015.] <http://www.energieland.hessen.de/windpotenzialkarten>.

**Kaltschmitt, M., et al. 2013.** Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung. [Hrsg.] Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). [Redakt.] Abteilung Öffentlichkeitsarbeit Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR). *Bioenergie*. 2013. 3-00-014333-5.

**Kruse, Peter. n.a.** General Information. *triticale-infos*. [Online] n.a. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://triticale-infos.eu/general-information/index.html>.

**Lütkehus, Insa, Salecker, Hanno und Adlunger, Kirsten. 2013.** Potenzial der Windenergie an Land - Studie zur Ermittlung des bundesweiten Flächen- und Leistungspotenzials der Windenergienutzung an Land. [Hrsg.] Umweltbundesamt. [Redakt.] Insa Lütkehus, et al. Dessau-Roßlau : s.n., 06 2013.

**LWF. 2014.** Der Energiegehalt von Holz. [Redakt.] Stefan Geßler. *Merkblatt 12 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft*. Freising : Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), 07 2014.

**lwk nrw. n.a.** 6. Grünroggen als Winterzwischenfrucht. [Hrsg.] Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. *Steckbrief Energiepflanzen Pflanzen für die Produktion von Biogas*. n.a.

**Madel, Andreas. n.a.** BHKW Funktionsweise. *Heizsparer*. [Online] n.a. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/bhkw/bhkw-funktionsweise>.

**Main-Kinzig-Kreis. 2012.** Umwelt, Naturschutz, ländl Raum Erneuerbar komm! *MKK Main-Kinzig-Kreis*. [Online] 15. 05 2012. [Zitat vom: 14. 07 2015.] [http://www.mkk.de/cms/de/aemter-und-betriebe/aemter-liste/umwelt-naturschutz-laendlicher-raum/erneuerbar\\_komm/potentialanalyse.html](http://www.mkk.de/cms/de/aemter-und-betriebe/aemter-liste/umwelt-naturschutz-laendlicher-raum/erneuerbar_komm/potentialanalyse.html).

**Mastel, Klaus. 2011.** Bioenergie aus Kurzumtriebsplantagen und Miscanthus - ist das nachhaltig? *landinfo*. 05 2011. S. 28 - 32.

**Mücke, Timo. n.a..** Impressionen Ganzpflanzensilage. *Timo Mücke Landwirtschaftliches Lohnunternehmen Transporte und Agrarhandel*. [Online] n.a. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://www.lu-muecke.de/ganzpflanzensilage-impressionen.html>.

**Mühlenhoff, Jörg, et al. 2014.** Renew's Spezial Sonderausgabe Hintergrundinformationen der Agentur für Erneuerbare Energien. [Hrsg.] Agentur für Erneuerbare Energien e. V. *Holzenergie in Deutschland - Status Quo und Potenziale*. 02 2014.

**Müller, R. 2014.** Mit Zuckerrüben Energie gewinnen. *Agrar Cockpit Das Nachrichtenportal der Landwirtschaft*. [Online] 11. 11 2014. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://agrar-cockpit.de/energie/mit-zuckerrueben-energie-gewinnen/>.

**mütek Systemtechnik. n.a..** Grassilage. *mütek Systemtechnik - Hartmut Müller GmbH*. [Online] n.a. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <http://www.hartmut-mueller-gmbh.de/de/test-und-vorfuhrzentrum/grassilage>.

**Nagel, Paul-Bastian, Dahmen, Marie und Dr. Schwarz, Tim. 2012.** Handreichung zu Windenergieanlagen an Infrastrukturtrassen. [Hrsg.] Bund-Länder-Initiative Windenergie. Berlin : s.n., 18. 06 2012.

**Prof. Dr. Keilen, Karl. 2012.** Windenergie im Wald - aus Sicht eines walddreichen Bundeslandes: Ökonomie, Erschließung, Betrieb, Wirkungen. [Vortrag]. Erfurt, Kaisersaal : s.n., 20. September 2012.

**R&R Pumpentechnik GmbH. n.a..** Erdwärme. *R&R Pumpentechnik*. [Online] n.a. [Zitat vom: 21. 10 2015.] <http://www.rr-erdwaerme.de/html/erdwaerme.html>.

**Regierungspräsidium Darmstadt, [Hrsg.]. 2013.** Sachlicher Teilplan Erneuerbare Energien Flächensteckbriefe - Entwurf 2013. Darmstadt : s.n., Dezember 2013.

**—. 2013.** Sachlicher Teilplan Erneuerbare Energien Text und Umweltbericht - Entwurf 2013. Darmstadt : s.n., Dezember 2013.

**Reichert, Jutta. 2013.** Übersicht zu den landesplanerischen Abstandsempfehlungen für die Regionalplanung zur Ausweisung von Windenergiegebieten. [Hrsg.] [www.windwahn.de](http://www.windwahn.de). 09. August 2013.

**RP Darmstadt. 2010.** Regionalplan Südhessen/Regionaler Flächennutzungsplan 2010. [Hrsg.] Regierungspräsidium Darmstadt und Regionalverband FrankfurtRheinMain. 2010.

**Skodawessely, Pretzsch und Bemann, [Hrsg.]. 2010.** *Beratungshandbuch zu Kurzumtriebsplantagen. Entscheidungsgrundlagen zur Etablierung von*

*Kurzumtriebsplantagen in Deutschland*. s.l. : Eigenverlag der TU Dresden, 2010. 978-3-86780-146-1.

**tetraeder.solar ingenieurgesellschaft. 2015.** Zusammenfassung der Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse für die Gemeinde Freigericht. 2015.

**Umweltbundesamt. 2014.** Der CO<sub>2</sub>-Rechner. *klimAktiv*. [Online] Dezemebr 2014. [Zitat vom: 03. September 2015.] [http://uba.klimaktiv-co2-rechner.de/de\\_DE/page/](http://uba.klimaktiv-co2-rechner.de/de_DE/page/).

**Wikipedia. 2015.** Südbrookmerland Landwirtschaft. *Wikipedia*. [Online] 09. 10 2015. [Zitat vom: 15. 10 2015.] <https://de.wikipedia.org/wiki/S%C3%BCdbrookmerland>.

## I Anhang

Abbildung I 1 – Urkunde der Gemeindeverwaltung Freigericht über den Bezug von Ökostrom .....	<b>Seite 108</b>
Tabelle I 1 – Gesamter Endenergiebedarf der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 109</b>
Abbildung I 2 – Gesamter Endenergiebedarf der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 110</b>
Tabelle I 2 – Energiebedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 111</b>
Abbildung I 3 – Strombedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 112</b>
Abbildung I 4 – Gasbedarf gemeindeeigener Liegenschaften nach Ortsteilen in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 113</b>
Tabelle I 3 – Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 114</b>
Tabelle I 4 – Prozentualer Anteil der gemeindeeigenen Liegenschaften am Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften von Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 115</b>
Abbildung I 5 – Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 116</b>
Tabelle I 5 – Energiebedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 117</b>
Abbildung I 6 – Strombedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 118</b>
Abbildung I 7 – Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 119</b>
Tabelle I 6 – Treibhausgasemissionen des gesamten Endenergiebedarfs der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 120</b>
Abbildung I 8 – Treibhausgasemissionen des gesamten Endenergiebedarfs der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 121</b>
Tabelle I 7 – Treibhausgasemissionen aus Strom- und Gasbedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 122</b>
Abbildung I 9 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 123</b>
Tabelle I 8 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 124</b>
Abbildung I 10 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 125</b>
Tabelle I 9 – Treibhausgasemissionen aus Strom- und Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 126</b>
Abbildung I 11 – Treibhausgasemissionen aus dem Strombedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 127</b>
Abbildung I 12 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013 .....	<b>Seite 128</b>

Abbildung I 13 – Vorranggebiet für die Windnutzung im Gemeindegebiet Freigericht .....	<b>Seite 129</b>
Abbildung I 14 – Zusammenfassung der Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse .....	<b>Seite 130</b>
Abbildung I 15 – Solarpotenzialkataster der Gemeinde Freigericht .....	<b>Seite 131</b>
Abbildung I 16 – Beispiel einer theoretischen Anlagenkonfiguration .....	<b>Seite 132</b>
Abbildung I 17 – weitere Inhalte zum Thema Solarpotenzial .....	<b>Seite 133</b>
Tabelle I 10 – Zusammenstellung aller ermittelten Potenziale in der Gemeinde Freigericht inklusive Varianten .....	<b>Seite 134</b>
Tabelle I 11 – Zusammenstellung der ermittelten Potenziale unter Ausschluss der weniger ertragreichen Varianten .....	<b>Seite 135</b>
Tabelle I 12 – Zusammenstellung von monetärem Aufwand und Nutzen aller Maßnahmen .....	<b>Seite 136</b>
Tabelle I 13 – Umsetzungszeitplan der Maßnahmenvorschläge gemäß der Einstufung in Sofort-, kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen sowie der Priorisierung .....	<b>Seite 138</b>
Abbildung I 18 – Artikel der Gelnhäuser Neue Zeitung zu einer Veranstaltung im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts in der Gemeinde Freigericht .....	<b>Seite 139</b>
Abbildung I 19 – Artikel des Gelnhäuser Tageblatts zu einer Veranstaltung im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts in der Gemeinde Freigericht .....	<b>Seite 140</b>
Abbildung I 20 – weitere Veröffentlichung zur Klimaschutzdiskussion innerhalb der Gemeinde Freigericht .....	<b>Seite 141</b>
Anhang – Zusatzstudie für ein Nahwärmenetz in Bernbach auf Basis erneuerbarer Energien .....	<b>Seite 142</b>



Abbildung I-1 – Urkunde der Gemeindeverwaltung Freigericht über den Bezug von Ökostrom

**Tabelle I-1 – Gesamter Endenergiebedarf der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013**

		<b>Strombedarf</b>	<b>Gasbedarf</b>	<b>Gesamt</b>
2011	Altenmittlau	9.649 MWh/a		
	Bernbach	10.600 MWh/a		
	Horbach	5.635 MWh/a		
	Neuses	9.504 MWh/a		
	Somborn	30.519 MWh/a		
	Summe Freigericht	65.906 MWh/a	100.213 MWh/a	166.119 MWh/a
2012	Altenmittlau	9.364 MWh/a		
	Bernbach	10.122 MWh/a		
	Horbach	5.046 MWh/a		
	Neuses	9.221 MWh/a		
	Somborn	29.634 MWh/a		
	Summe Freigericht	63.387 MWh/a	106.620 MWh/a	170.006 MWh/a
2013	Altenmittlau	8.956 MWh/a		
	Bernbach	9.972 MWh/a		
	Horbach	5.149 MWh/a		
	Neuses	8.971 MWh/a		
	Somborn	29.234 MWh/a		
	Summe Freigericht	62.282 MWh/a	110.835 MWh/a	173.117 MWh/a
Ø 2011 – 2013	Altenmittlau	9.323 MWh/a		
	Bernbach	10.231 MWh/a		
	Horbach	5.277 MWh/a		
	Neuses	9.232 MWh/a		
	Somborn	29.796 MWh/a		
	Summe Freigericht	63.858 MWh/a	105.889 MWh/a	169.747 MWh/a

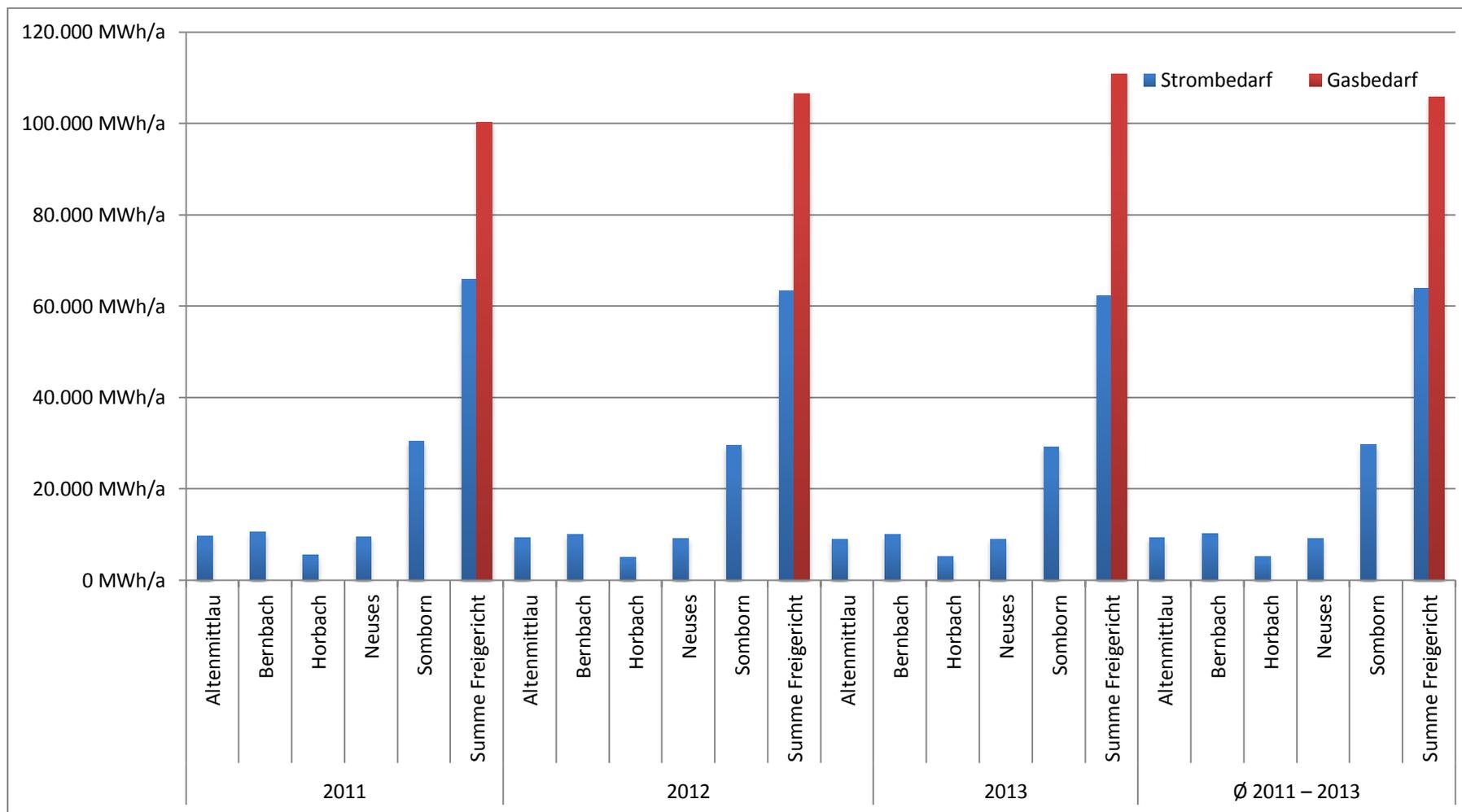


Abbildung I-2 – Gesamter Endenergiebedarf der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013

Tabelle I-2 – Energiebedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013

		<b>Strombedarf Straßenbeleuchtung</b>	<b>Strombedarf gemeindeeig. Liegenschaften</b>	<b>Strombedarf gemeindeeig. Verbraucher gesamt</b>	<b>Gasbedarf gemeindeeig. Liegenschaften</b>
2011	Altenmittlau	79 MWh/a	39 MWh/a	118 MWh/a	269 MWh/a
	Bernbach	78 MWh/a	25 MWh/a	103 MWh/a	191 MWh/a
	Horbach	64 MWh/a	20 MWh/a	85 MWh/a	175 MWh/a
	Neuses	105 MWh/a	12 MWh/a	117 MWh/a	337 MWh/a
	Somborn	289 MWh/a	253 MWh/a	542 MWh/a	689 MWh/a
	Summe Freigericht	616 MWh/a	350 MWh/a	965 MWh/a	1.660 MWh/a
2012	Altenmittlau	76 MWh/a	37 MWh/a	113 MWh/a	242 MWh/a
	Bernbach	79 MWh/a	23 MWh/a	102 MWh/a	199 MWh/a
	Horbach	38 MWh/a	18 MWh/a	57 MWh/a	160 MWh/a
	Neuses	102 MWh/a	12 MWh/a	113 MWh/a	303 MWh/a
	Somborn	259 MWh/a	225 MWh/a	485 MWh/a	701 MWh/a
	Summe Freigericht	555 MWh/a	315 MWh/a	870 MWh/a	1.605 MWh/a
2013	Altenmittlau	83 MWh/a	40 MWh/a	123 MWh/a	290 MWh/a
	Bernbach	76 MWh/a	24 MWh/a	100 MWh/a	206 MWh/a
	Horbach	51 MWh/a	21 MWh/a	72 MWh/a	167 MWh/a
	Neuses	100 MWh/a	13 MWh/a	113 MWh/a	355 MWh/a
	Somborn	241 MWh/a	165 MWh/a	406 MWh/a	676 MWh/a
	Summe Freigericht	551 MWh/a	263 MWh/a	814 MWh/a	1.694 MWh/a
Ø 2011 – 2013	Altenmittlau	79 MWh/a	39 MWh/a	118 MWh/a	267 MWh/a
	Bernbach	78 MWh/a	24 MWh/a	102 MWh/a	198 MWh/a
	Horbach	51 MWh/a	20 MWh/a	71 MWh/a	167 MWh/a
	Neuses	102 MWh/a	12 MWh/a	114 MWh/a	331 MWh/a
	Somborn	263 MWh/a	214 MWh/a	478 MWh/a	688 MWh/a
	Summe Freigericht	574 MWh/a	309 MWh/a	883 MWh/a	1.653 MWh/a

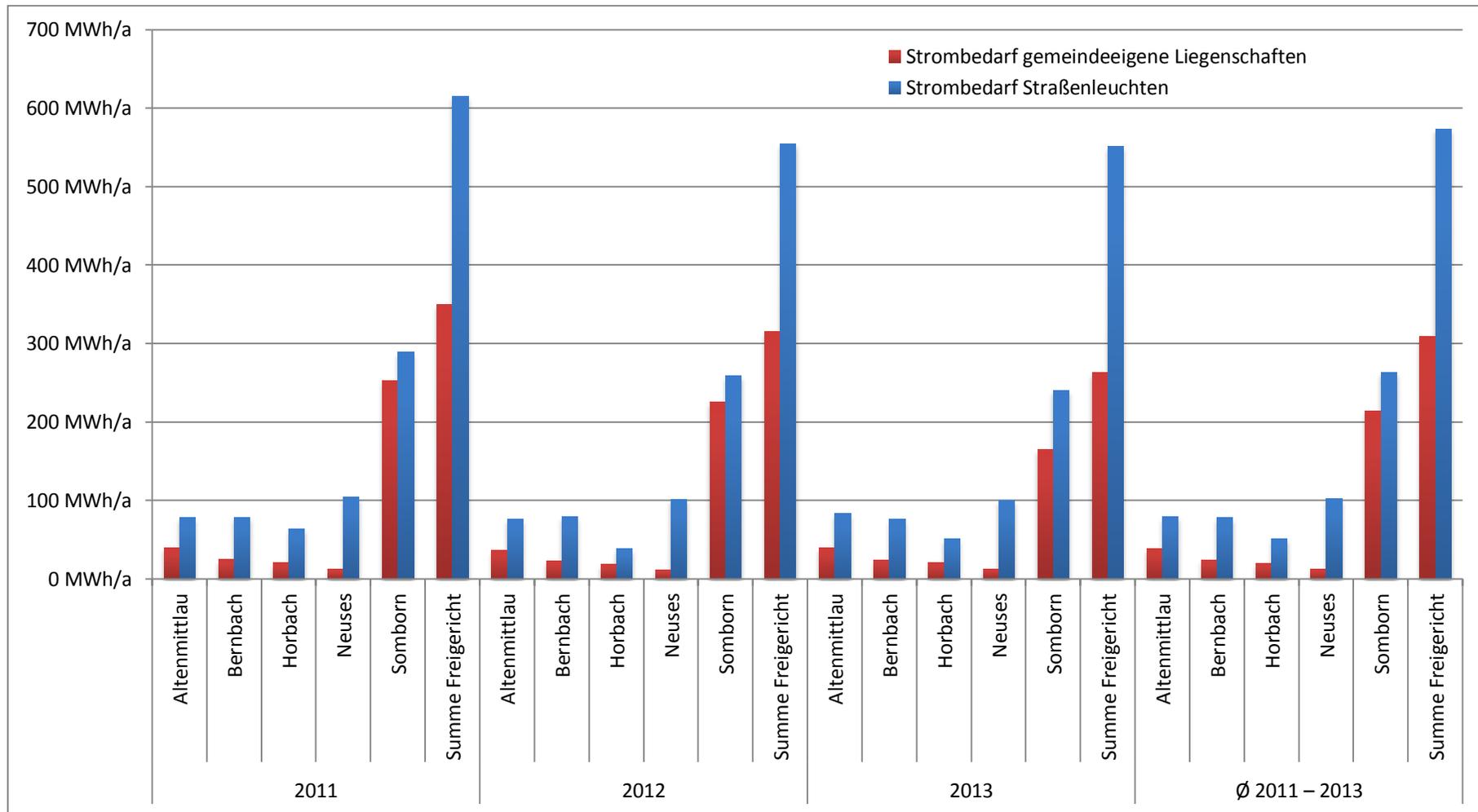


Abbildung I-3 – Strombedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013

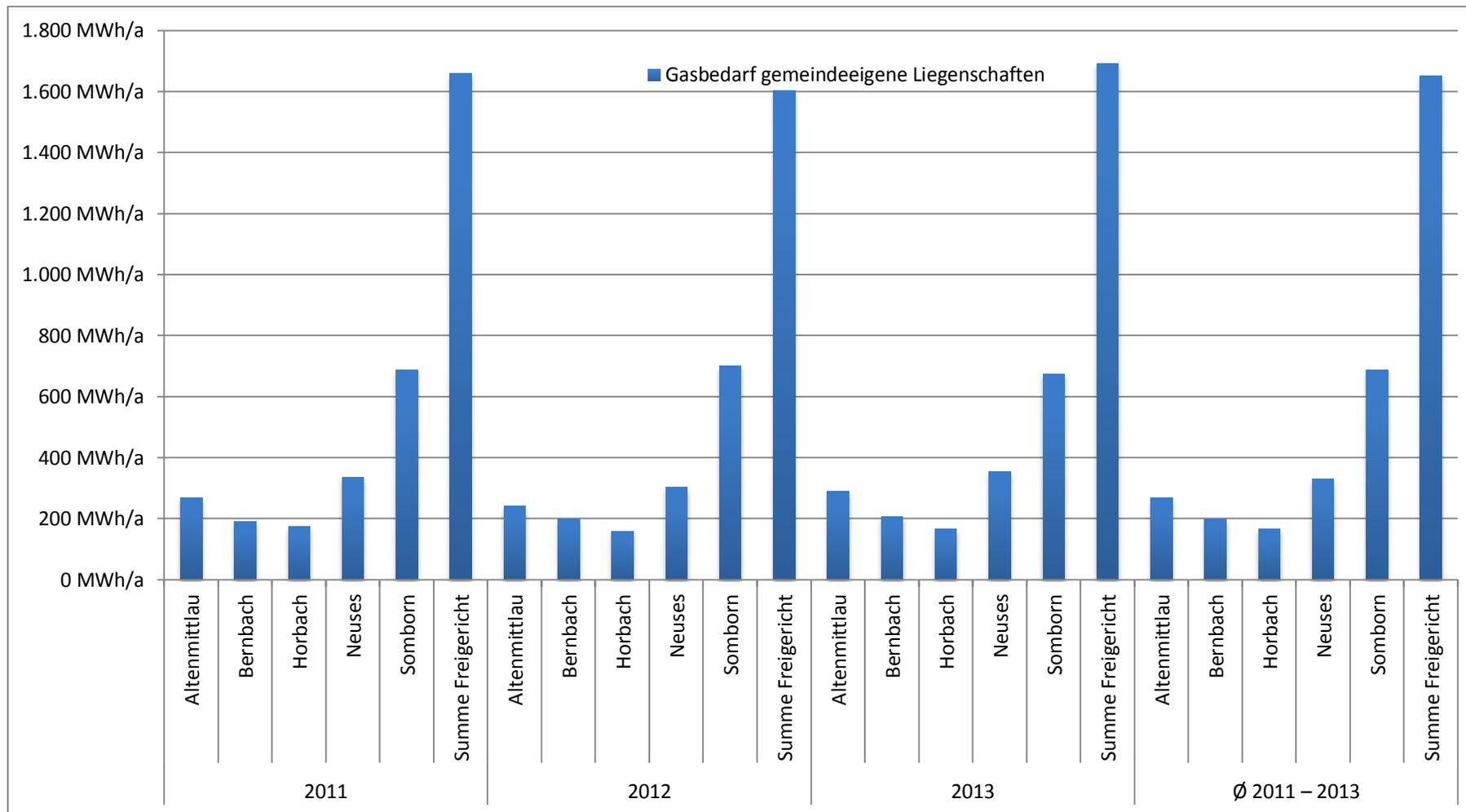


Abbildung I-4 – Gasbedarf gemeindeeigener Liegenschaften nach Ortsteilen in den Jahren 2011 bis 2013

Tabelle I-3 – Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013

Standort	Nutzung	2011	2012	2013
Altenmittlau				
Freigerichthalle	Freigerichthalle	98 MWh/a	93 MWh/a	95 MWh/a
Hauptstraße 43	Feuerwehrgerätehaus	38 MWh/a	28 MWh/a	60 MWh/a
Hauptstraße 68	Kindergarten, Jugendraum, Praxis, Wohnung	133 MWh/a	122 MWh/a	135 MWh/a
Bernbach				
Birkenhainer Str. 41	Altes Rathaus/ Vereinsnutzung	21 MWh/a	29 MWh/a	24 MWh/a
Kleinbahnstr. 1	Turnhalle	88 MWh/a	103 MWh/a	117 MWh/a
Regenbogenstr. 2+2a	Feuerwehr, Jugendraum	82 MWh/a	67 MWh/a	65 MWh/a
Horbach				
Dorfstr. 38/40	Altes Rathaus/Alte Kapelle/Vereinsnutzung	66 MWh/a	72 MWh/a	57 MWh/a
Kirchstr. 13	Kindergarten, Wohnung	73 MWh/a	72 MWh/a	75 MWh/a
Parkstr. 2	Feuerwehr, Jugendraum	36 MWh/a	16 MWh/a	35 MWh/a
Neuses				
Kapellenstr.	Alte Kapelle/Vereinsnutzung	27 MWh/a	26 MWh/a	30 MWh/a
Hanauer Landstr. 8	Wohnhaus	40 MWh/a	45 MWh/a	50 MWh/a
Schulstr. 4 + 6	Feuerwehr + 2 Wohnhäuser	271 MWh/a	232 MWh/a	275 MWh/a
Somborn				
Alte Hauptstr. 24	Heimatismuseum	31 MWh/a	36 MWh/a	41 MWh/a
Alte Hauptstr. 26	Gaststätte und Vereinsnutzung	156 MWh/a	150 MWh/a	90 MWh/a
Am Sportfeld 16	Kindergarten, Jugendraum, Vereine	93 MWh/a	125 MWh/a	90 MWh/a
Dangelweg 4	Wohnhaus	46 MWh/a	68 MWh/a	80 MWh/a
Konrad-Adenauer-Ring	Kindergarten			
Willy-Brandt-Str. 1-3	Kindergarten Neubau			
Konrad-Adenauer- Ring	Feuerwehr	125 MWh/a	101 MWh/a	105 MWh/a
Rathaustr. 13	Verwaltung, Kegelbahn	238 MWh/a	221 MWh/a	270 MWh/a

**Tabelle I-4 – Prozentualer Anteil der gemeindeeigenen Liegenschaften am Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften von Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013**

Standort	Nutzung	2011	2012	2013
<b>Altenmittlau</b>				
Freigerichthalle	Freigerichthalle	5,9%	5,8%	5,6%
Hauptstraße 43	Feuerwehrgerätehaus	2,3%	1,7%	3,5%
Hauptstraße 68	Kindergarten, Jugendraum, Praxis, Wohnung	8,0%	7,6%	8,0%
		16,2%	15,1%	17,1%
<b>Bernbach</b>				
Birkenhainer Str. 41	Altes Rathaus/ Vereinsnutzung	1,2%	1,8%	1,4%
Kleinbahnstr. 1	Turnhalle	5,3%	6,4%	6,9%
Regenbogenstr. 2+2a	Feuerwehr, Jugendraum	4,9%	4,2%	3,8%
		11,5%	12,4%	12,2%
<b>Horbach</b>				
Dorfstr. 38/40	Altes Rathaus/Alte Kapelle/Vereinsnutzung	4,0%	4,5%	3,4%
Kirchstr. 13	Kindergarten, Wohnung	4,4%	4,5%	4,4%
Parkstr. 2	Feuerwehr, Jugendraum	2,2%	1,0%	2,1%
		10,5%	10,0%	9,9%
<b>Neuses</b>				
Kapellenstr.	Alte Kapelle/Vereinsnutzung	1,6%	1,6%	1,8%
Hanauer Landstr. 8	Wohnhaus	2,4%	2,8%	3,0%
Schulstr. 4 + 6	Feuerwehr + 2 Wohnhäuser	16,3%	14,5%	16,2%
		20,3%	18,9%	21,0%
<b>Sornborn</b>				
Alte Hauptstr. 24	Heimatmuseum	1,9%	2,2%	2,4%
Alte Hauptstr. 26	Gaststätte und Vereinsnutzung	9,4%	9,4%	5,3%
Am Sportfeld 16	Kindergarten, Jugendraum, Vereine	5,6%	7,8%	5,3%
Dangelweg 4	Wohnhaus	2,7%	4,3%	4,7%
Konrad-Adenauer -Ring	Kindergarten	-	-	-
Willy-Brandt-Str. 1-3	Kindergarten Neubau	-	-	-
Konrad-Adenauer -Ring	Feuerwehr	7,5%	6,3%	6,2%
Rathausstr. 13	Verwaltung, Kegelbahn	14,3%	13,8%	15,9%
		41,5%	20,1%	22,1%
		100%	100%	100%

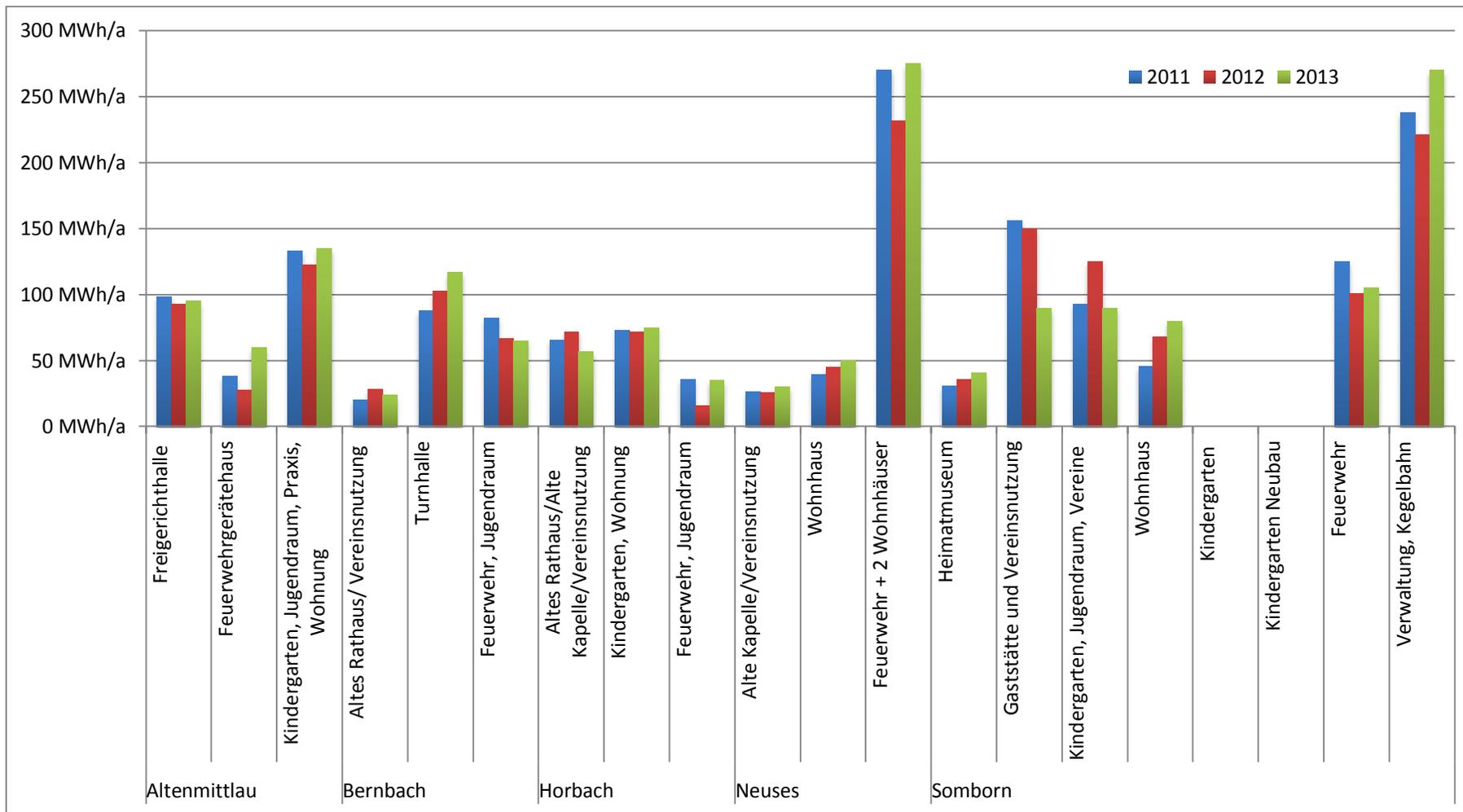


Abbildung I-5 – Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013

Tabelle I-5 – Energiebedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013

		<b>Stromversorgung durch Kreiswerke Main-Kinzig</b>	<b>Stromversorgung durch andere Anbieter</b>	<b>Stromversorgung gesamt</b>	<b>Gasbedarf</b>
2011	Altenmittlau	5.718 MWh/a	3.812 MWh/a	9.530 MWh/a	-
	Bernbach	6.298 MWh/a	4.199 MWh/a	10.497 MWh/a	-
	Horbach	3.330 MWh/a	2.220 MWh/a	5.550 MWh/a	-
	Neuses	5.632 MWh/a	3.755 MWh/a	9.387 MWh/a	-
	Somborn	17.986 MWh/a	11.991 MWh/a	29.977 MWh/a	-
	Summe Freigericht	38.964 MWh/a	25.976 MWh/a	64.941 MWh/a	98.553 MWh/a
2012	Altenmittlau	5.551 MWh/a	3.700 MWh/a	9.251 MWh/a	-
	Bernbach	6.012 MWh/a	4.008 MWh/a	10.020 MWh/a	-
	Horbach	2.993 MWh/a	1.996 MWh/a	4.989 MWh/a	-
	Neuses	5.465 MWh/a	3.643 MWh/a	9.108 MWh/a	-
	Somborn	17.490 MWh/a	11.660 MWh/a	29.149 MWh/a	-
	Summe Freigericht	37.510 MWh/a	25.007 MWh/a	62.517 MWh/a	105.015 MWh/a
2013	Altenmittlau	5.300 MWh/a	3.533 MWh/a	8.833 MWh/a	-
	Bernbach	5.923 MWh/a	3.949 MWh/a	9.872 MWh/a	-
	Horbach	3.046 MWh/a	2.031 MWh/a	5.077 MWh/a	-
	Neuses	5.314 MWh/a	3.543 MWh/a	8.857 MWh/a	-
	Somborn	17.297 MWh/a	11.531 MWh/a	28.828 MWh/a	-
	Summe Freigericht	36.881 MWh/a	24.587 MWh/a	61.468 MWh/a	109.141 MWh/a
Ø 2011 – 2013	Altenmittlau	5.523 MWh/a	3.682 MWh/a	9.205 MWh/a	
	Bernbach	6.078 MWh/a	4.052 MWh/a	10.129 MWh/a	
	Horbach	3.123 MWh/a	2.082 MWh/a	5.205 MWh/a	
	Neuses	5.470 MWh/a	3.647 MWh/a	9.117 MWh/a	
	Somborn	17.591 MWh/a	11.727 MWh/a	29.318 MWh/a	
	Summe Freigericht	37.785 MWh/a	25.190 MWh/a	62.975 MWh/a	104.237 MWh/a

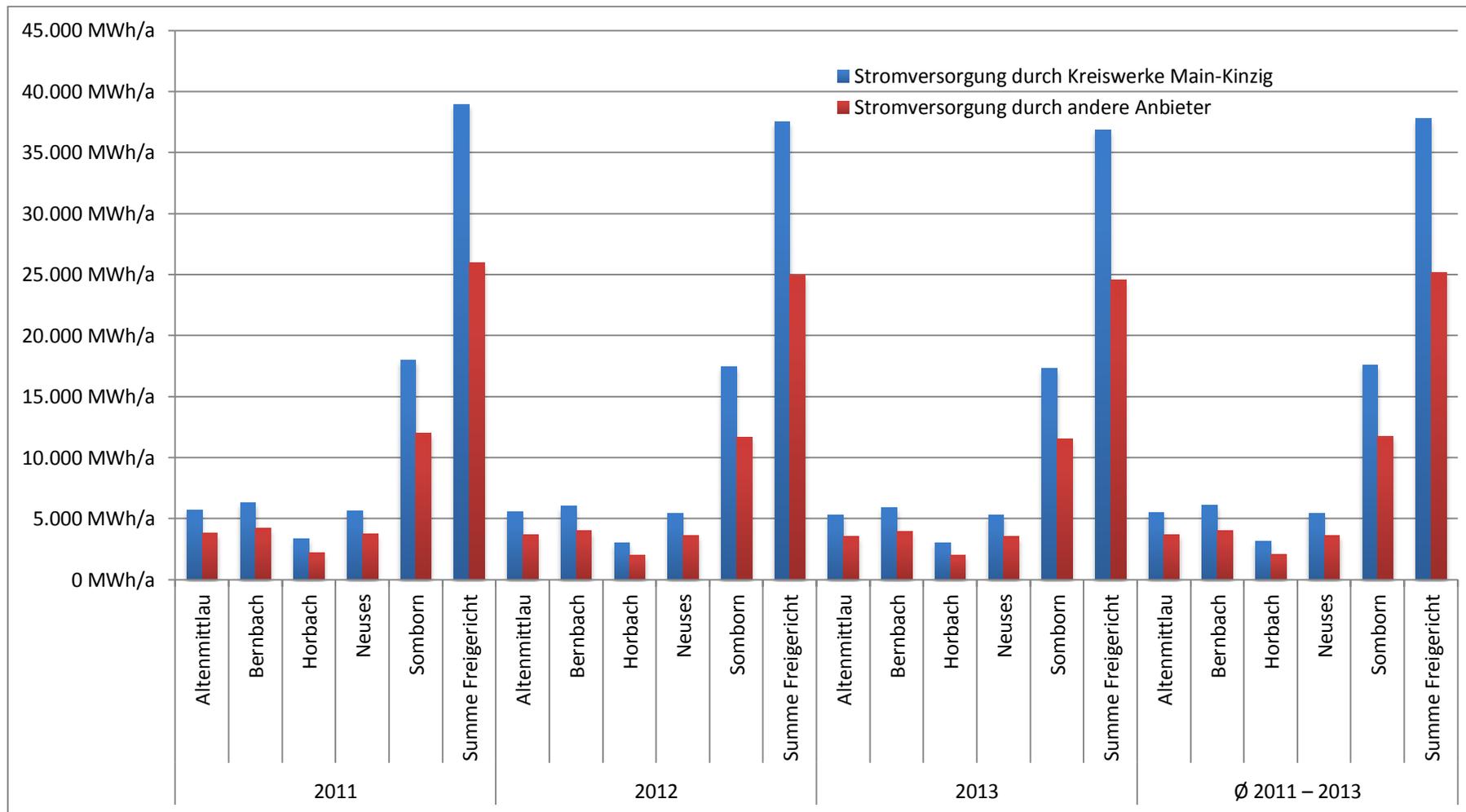


Abbildung I-6 – Strombedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013

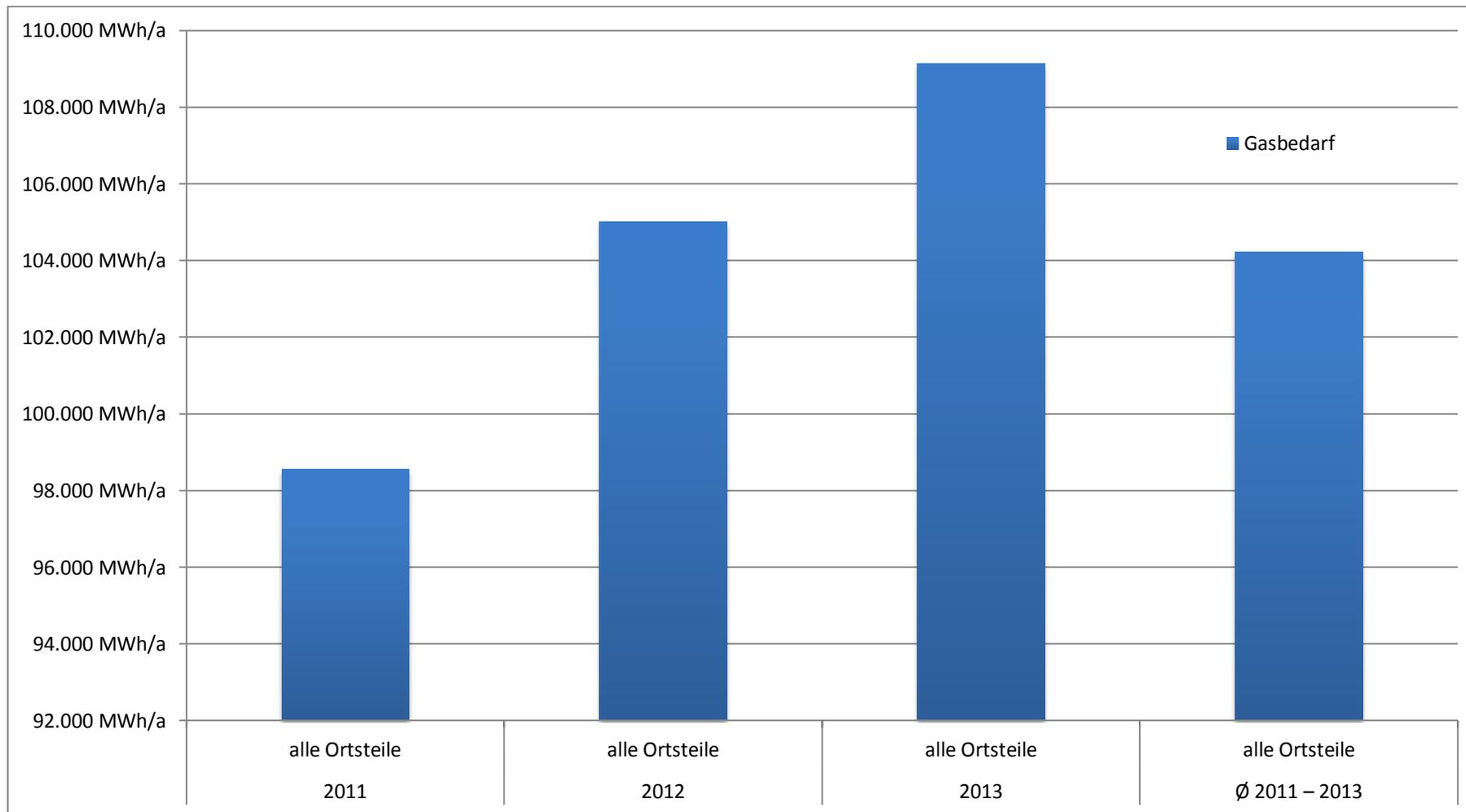


Abbildung I-7 – Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013

Tabelle I-6 – Treibhausgasemissionen des gesamten Endenergiebedarfs der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013

		Strom	Gas	Gesamt
2011	Altenmittlau	3.168 t CO <sub>2</sub> /a		
	Bernbach	3.489 t CO <sub>2</sub> /a		
	Horbach	1.845 t CO <sub>2</sub> /a		
	Neuses	3.120 t CO <sub>2</sub> /a		
	Somborn	9.964 t CO <sub>2</sub> /a		
	Summe Freigericht	21.587 t CO <sub>2</sub> /a	24.753 t CO <sub>2</sub> /a	46.339 t CO <sub>2</sub> /a
2012	Altenmittlau	3.075 t CO <sub>2</sub> /a		
	Bernbach	3.331 t CO <sub>2</sub> /a		
	Horbach	1.658 t CO <sub>2</sub> /a		
	Neuses	3.028 t CO <sub>2</sub> /a		
	Somborn	9.689 t CO <sub>2</sub> /a		
	Summe Freigericht	20.781 t CO <sub>2</sub> /a	26.335 t CO <sub>2</sub> /a	47.116 t CO <sub>2</sub> /a
2013	Altenmittlau	2.936 t CO <sub>2</sub> /a		
	Bernbach	3.281 t CO <sub>2</sub> /a		
	Horbach	1.688 t CO <sub>2</sub> /a		
	Neuses	2.944 t CO <sub>2</sub> /a		
	Somborn	9.583 t CO <sub>2</sub> /a		
	Summe Freigericht	20.432 t CO <sub>2</sub> /a	27.376 t CO <sub>2</sub> /a	47.809 t CO <sub>2</sub> /a
Ø 2011 – 2013	Altenmittlau	3.060 t CO <sub>2</sub> /a		
	Bernbach	3.367 t CO <sub>2</sub> /a		
	Horbach	1.730 t CO <sub>2</sub> /a		
	Neuses	3.031 t CO <sub>2</sub> /a		
	Somborn	9.746 t CO <sub>2</sub> /a		
	Summe Freigericht	20.933 t CO <sub>2</sub> /a	26.155 t CO <sub>2</sub> /a	47.088 t CO <sub>2</sub> /a

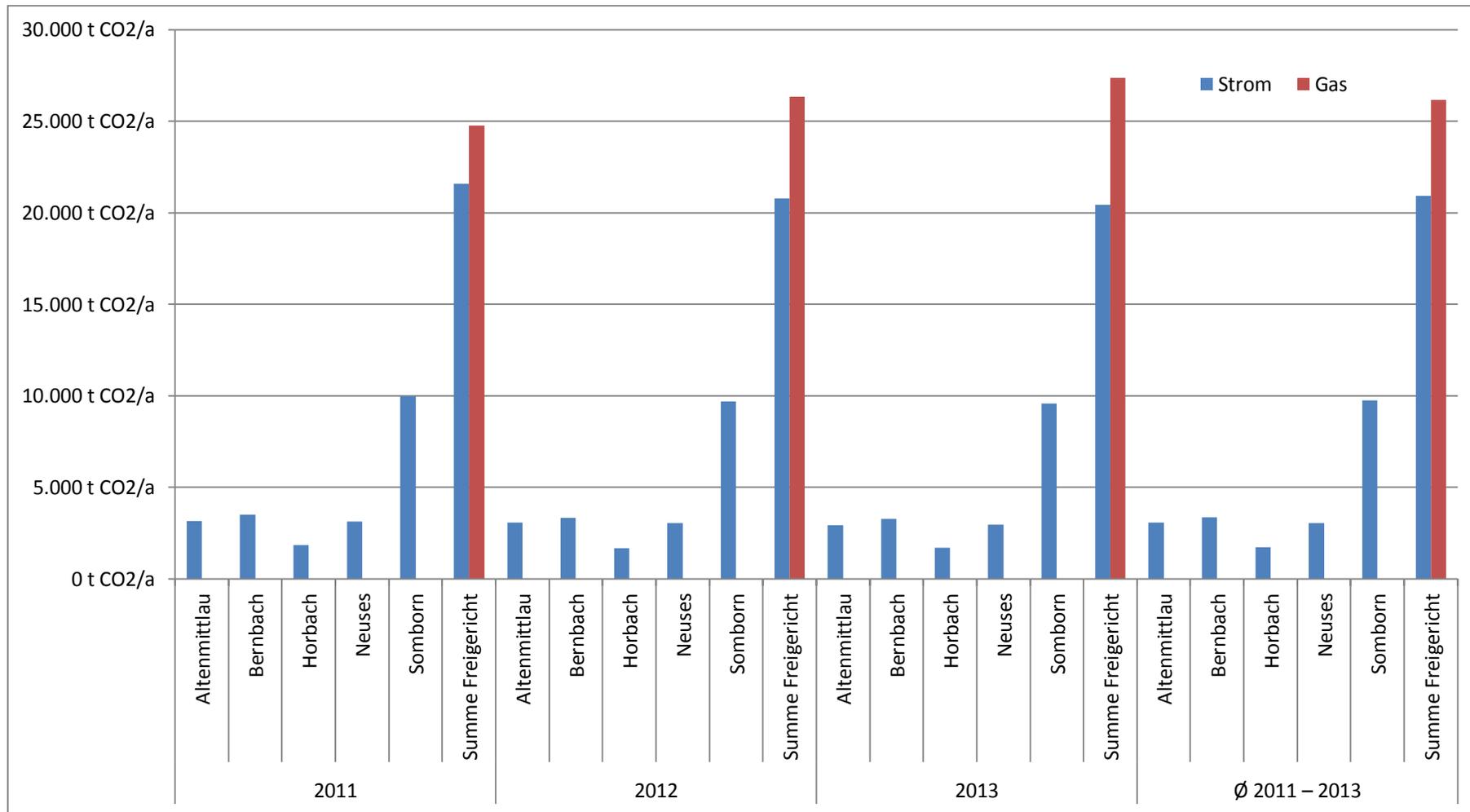


Abbildung I-8 – Treibhausgasemissionen des gesamten Endenergiebedarfs der Gemeinde Freigericht in den Jahren 2011 bis 2013

Tabelle I-7 – Treibhausgasemissionen aus Strom- und Gasbedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013

		<b>Strombedarf Straßenleuchten (Ökostromtarif)</b>	<b>Strombedarf gemeindeeigene Liegenschaften (Ökostromtarif)</b>	<b>Strombedarf gemeindeeigene Verbraucher (Ökostromtarif)</b>	<b>Gasbedarf gemeindeeigene Liegenschaften</b>
2011	Altenmittlau	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	67 t CO <sub>2</sub> /a
	Bernbach	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	47 t CO <sub>2</sub> /a
	Horbach	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	43 t CO <sub>2</sub> /a
	Neuses	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	83 t CO <sub>2</sub> /a
	Somborn	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	170 t CO <sub>2</sub> /a
	Summe Freigericht	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	410 t CO <sub>2</sub> /a
2012	Altenmittlau	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	60 t CO <sub>2</sub> /a
	Bernbach	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	49 t CO <sub>2</sub> /a
	Horbach	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	39 t CO <sub>2</sub> /a
	Neuses	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	75 t CO <sub>2</sub> /a
	Somborn	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	173 t CO <sub>2</sub> /a
	Summe Freigericht	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	396 t CO <sub>2</sub> /a
2013	Altenmittlau	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	72 t CO <sub>2</sub> /a
	Bernbach	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	51 t CO <sub>2</sub> /a
	Horbach	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	41 t CO <sub>2</sub> /a
	Neuses	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	88 t CO <sub>2</sub> /a
	Somborn	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	167 t CO <sub>2</sub> /a
	Summe Freigericht	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	418 t CO <sub>2</sub> /a
Ø 2011 – 2013	Altenmittlau	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	66 t CO <sub>2</sub> /a
	Bernbach	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	49 t CO <sub>2</sub> /a
	Horbach	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	41 t CO <sub>2</sub> /a
	Neuses	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	82 t CO <sub>2</sub> /a
	Somborn	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	170 t CO <sub>2</sub> /a
	Summe Freigericht	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	0 t CO <sub>2</sub> /a	408 t CO <sub>2</sub> /a

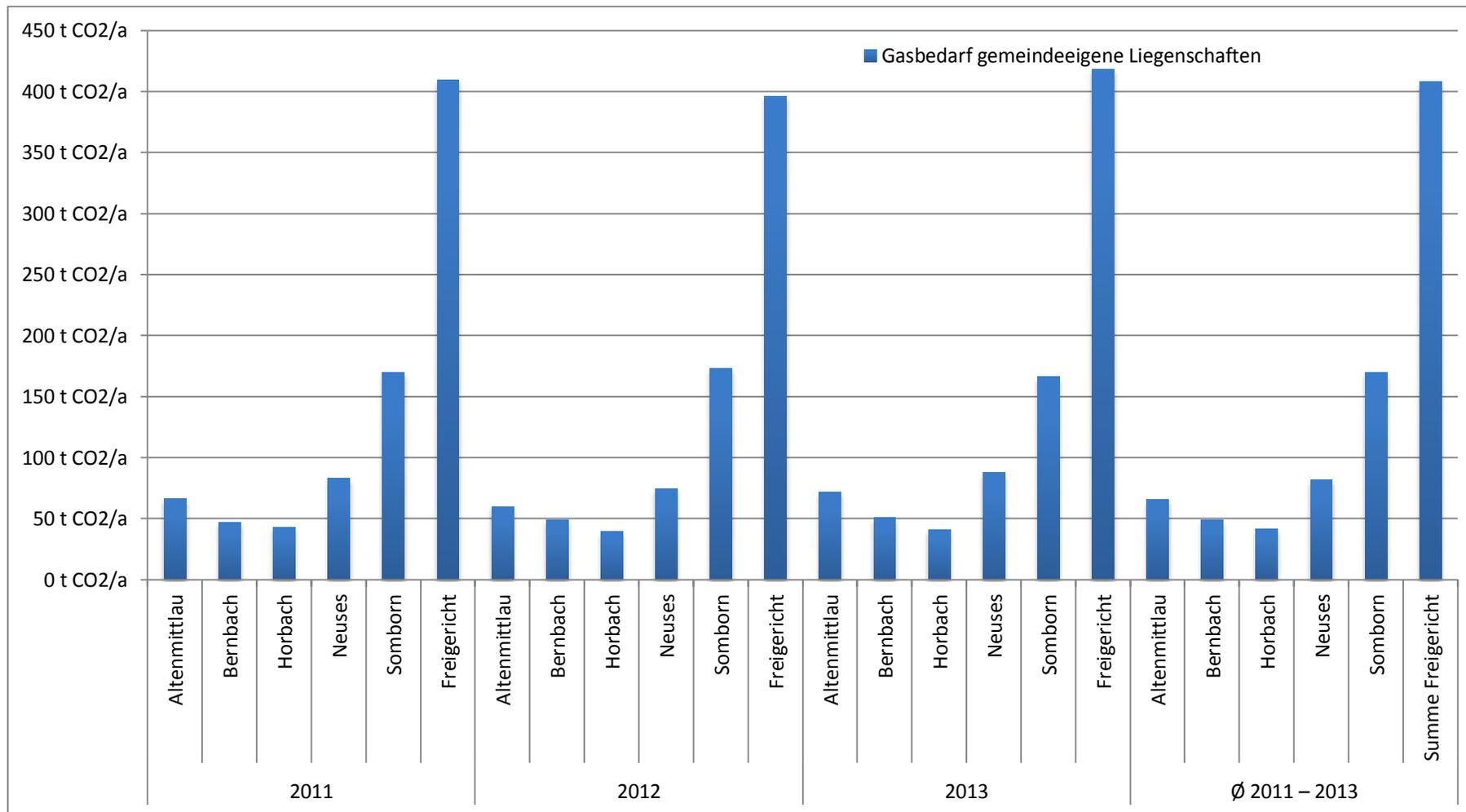


Abbildung I-9 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf gemeindeeigener Verbraucher in den Jahren 2011 bis 2013

**Tabelle I-8 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013**

Standort	Nutzung	2011	2012	2013
Altenmittlau				
Freigerichthalle	Freigerichthalle	24.305 t CO <sub>2</sub> /a	22.848 t CO <sub>2</sub> /a	23.465 t CO <sub>2</sub> /a
Hauptstraße 43	Feuerwehrgerätehaus	9.386 t CO <sub>2</sub> /a	6.793 t CO <sub>2</sub> /a	14.820 t CO <sub>2</sub> /a
Hauptstraße 68	Kindergarten, Jugendraum, Praxis, Wohnung	32.851 t CO <sub>2</sub> /a	30.233 t CO <sub>2</sub> /a	33.345 t CO <sub>2</sub> /a
Bernbach				
Birkenhainer Str. 41	Altes Rathaus/ Vereinsnutzung	5.064 t CO <sub>2</sub> /a	7.064 t CO <sub>2</sub> /a	5.928 t CO <sub>2</sub> /a
Kleinbahnstr. 1	Turnhalle	21.736 t CO <sub>2</sub> /a	25.441 t CO <sub>2</sub> /a	28.899 t CO <sub>2</sub> /a
Regenbogenstr. 2+2a	Feuerwehr, Jugendraum	20.254 t CO <sub>2</sub> /a	16.549 t CO <sub>2</sub> /a	16.055 t CO <sub>2</sub> /a
Horbach				
Dorfstr. 38/40	Altes Rathaus/Alte Kapelle/Vereinsnutzung	16.228 t CO <sub>2</sub> /a	17.710 t CO <sub>2</sub> /a	14.079 t CO <sub>2</sub> /a
Kirchstr. 13	Kindergarten, Wohnung	18.031 t CO <sub>2</sub> /a	17.784 t CO <sub>2</sub> /a	18.525 t CO <sub>2</sub> /a
Parkstr. 2	Feuerwehr, Jugendraum	8.892 t CO <sub>2</sub> /a	3.952 t CO <sub>2</sub> /a	8.645 t CO <sub>2</sub> /a
Neuses				
Kapellenstr.	Alte Kapelle/Vereinsnutzung	6.546 t CO <sub>2</sub> /a	6.348 t CO <sub>2</sub> /a	7.410 t CO <sub>2</sub> /a
Hanauer Landstr. 8	Wohnhaus	9.806 t CO <sub>2</sub> /a	11.115 t CO <sub>2</sub> /a	12.350 t CO <sub>2</sub> /a
Schulstr. 4 + 6	Feuerwehr + 2 Wohnhäuser	66.814 t CO <sub>2</sub> /a	57.304 t CO <sub>2</sub> /a	67.925 t CO <sub>2</sub> /a
Somborn				
Alte Hauptstr. 24	Heimatmuseum	7.657 t CO <sub>2</sub> /a	8.892 t CO <sub>2</sub> /a	10.004 t CO <sub>2</sub> /a
Alte Hauptstr. 26	Gaststätte und Vereinsnutzung	38.532 t CO <sub>2</sub> /a	37.050 t CO <sub>2</sub> /a	22.230 t CO <sub>2</sub> /a
Am Sportfeld 16	Kindergarten, Jugendraum, Vereine	22.971 t CO <sub>2</sub> /a	30.875 t CO <sub>2</sub> /a	22.230 t CO <sub>2</sub> /a
Dangelweg 4	Wohnhaus	11.239 t CO <sub>2</sub> /a	16.845 t CO <sub>2</sub> /a	19.760 t CO <sub>2</sub> /a
Konrad-Adenauer-Ring	Kindergarten	-	-	-
Willy-Brandt-Str. 1-3	Kindergarten Neubau	-	-	-
Konrad-Adenauer- Ring	Feuerwehr	30.875 t CO <sub>2</sub> /a	24.947 t CO <sub>2</sub> /a	25.935 t CO <sub>2</sub> /a
Rathaustr. 13	Verwaltung, Kegelbahn	58.786 t CO <sub>2</sub> /a	54.587 t CO <sub>2</sub> /a	66.690 t CO <sub>2</sub> /a

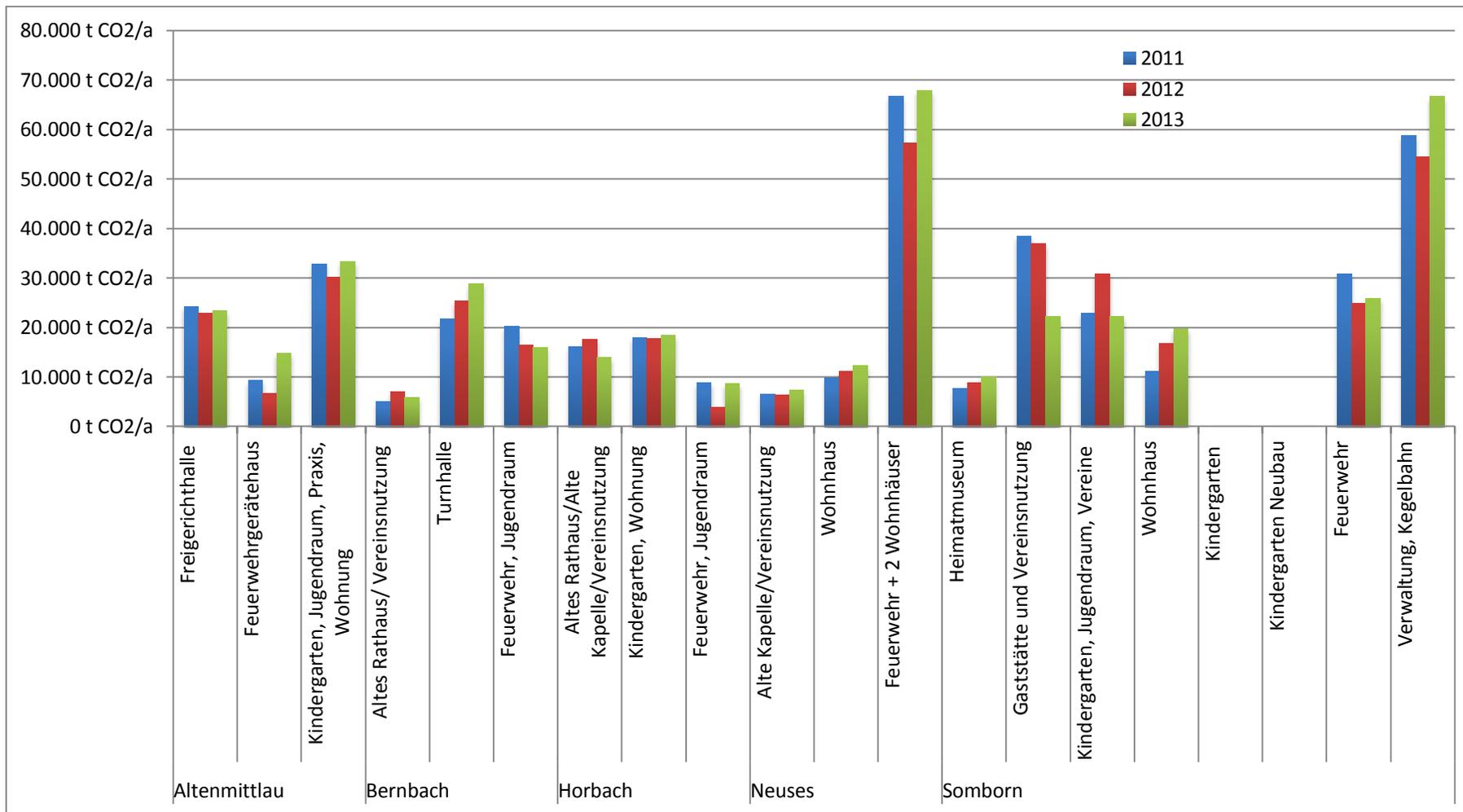


Abbildung I-10 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der gemeindeeigenen Liegenschaften in den Jahren 2011 bis 2013

Tabelle I-9 – Treibhausgasemissionen aus Strom- und Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013

		<b>Stromversorgung durch Kreiswerke Main-Kinzig</b>	<b>Stromversorgung durch andere Anbieter</b>	<b>Stromversorgung gesamt</b>	<b>Gasbedarf</b>
2011	Altenmittlau	1.726 t CO <sub>2</sub> /a	1.442 t CO <sub>2</sub> /a	3.168 t CO <sub>2</sub> /a	
	Bernbach	1.901 t CO <sub>2</sub> /a	1.588 t CO <sub>2</sub> /a	3.489 t CO <sub>2</sub> /a	
	Horbach	1.005 t CO <sub>2</sub> /a	839 t CO <sub>2</sub> /a	1.845 t CO <sub>2</sub> /a	
	Neuses	1.700 t CO <sub>2</sub> /a	1.420 t CO <sub>2</sub> /a	3.120 t CO <sub>2</sub> /a	
	Somborn	5.430 t CO <sub>2</sub> /a	4.534 t CO <sub>2</sub> /a	9.964 t CO <sub>2</sub> /a	
	Summe Freigericht	11.764 t CO <sub>2</sub> /a	9.823 t CO <sub>2</sub> /a	21.587 t CO <sub>2</sub> /a	24.343 t CO <sub>2</sub> /a
2012	Altenmittlau	1.676 t CO <sub>2</sub> /a	1.399 t CO <sub>2</sub> /a	3.075 t CO <sub>2</sub> /a	
	Bernbach	1.815 t CO <sub>2</sub> /a	1.516 t CO <sub>2</sub> /a	3.331 t CO <sub>2</sub> /a	
	Horbach	904 t CO <sub>2</sub> /a	755 t CO <sub>2</sub> /a	1.658 t CO <sub>2</sub> /a	
	Neuses	1.650 t CO <sub>2</sub> /a	1.378 t CO <sub>2</sub> /a	3.028 t CO <sub>2</sub> /a	
	Somborn	5.280 t CO <sub>2</sub> /a	4.409 t CO <sub>2</sub> /a	9.689 t CO <sub>2</sub> /a	
	Summe Freigericht	11.325 t CO <sub>2</sub> /a	9.456 t CO <sub>2</sub> /a	20.781 t CO <sub>2</sub> /a	25.939 t CO <sub>2</sub> /a
2013	Altenmittlau	1.600 t CO <sub>2</sub> /a	1.336 t CO <sub>2</sub> /a	2.936 t CO <sub>2</sub> /a	
	Bernbach	1.788 t CO <sub>2</sub> /a	1.493 t CO <sub>2</sub> /a	3.281 t CO <sub>2</sub> /a	
	Horbach	920 t CO <sub>2</sub> /a	768 t CO <sub>2</sub> /a	1.688 t CO <sub>2</sub> /a	
	Neuses	1.605 t CO <sub>2</sub> /a	1.340 t CO <sub>2</sub> /a	2.944 t CO <sub>2</sub> /a	
	Somborn	5.222 t CO <sub>2</sub> /a	4.360 t CO <sub>2</sub> /a	9.583 t CO <sub>2</sub> /a	
	Summe Freigericht	11.135 t CO <sub>2</sub> /a	9.297 t CO <sub>2</sub> /a	20.432 t CO <sub>2</sub> /a	26.958 t CO <sub>2</sub> /a
Ø 2011 – 2013	Altenmittlau	1.667 t CO <sub>2</sub> /a	1.392 t CO <sub>2</sub> /a	3.060 t CO <sub>2</sub> /a	
	Bernbach	1.835 t CO <sub>2</sub> /a	1.532 t CO <sub>2</sub> /a	3.367 t CO <sub>2</sub> /a	
	Horbach	943 t CO <sub>2</sub> /a	787 t CO <sub>2</sub> /a	1.730 t CO <sub>2</sub> /a	
	Neuses	1.652 t CO <sub>2</sub> /a	1.379 t CO <sub>2</sub> /a	3.031 t CO <sub>2</sub> /a	
	Somborn	5.311 t CO <sub>2</sub> /a	4.435 t CO <sub>2</sub> /a	9.746 t CO <sub>2</sub> /a	
	Summe Freigericht	11.408 t CO <sub>2</sub> /a	9.525 t CO <sub>2</sub> /a	20.933 t CO <sub>2</sub> /a	25.746 t CO <sub>2</sub> /a

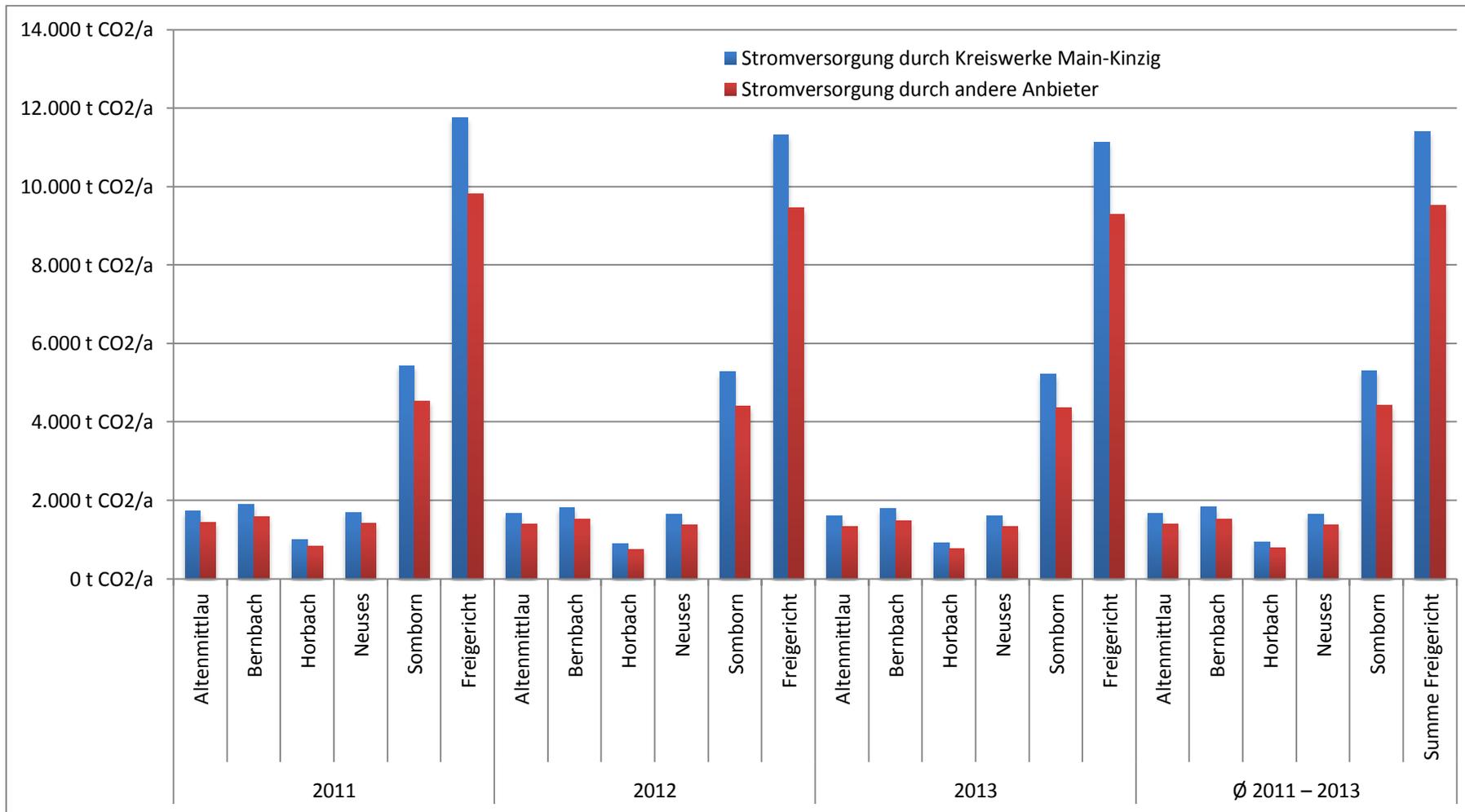


Abbildung I-11 – Treibhausgasemissionen aus dem Strombedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013

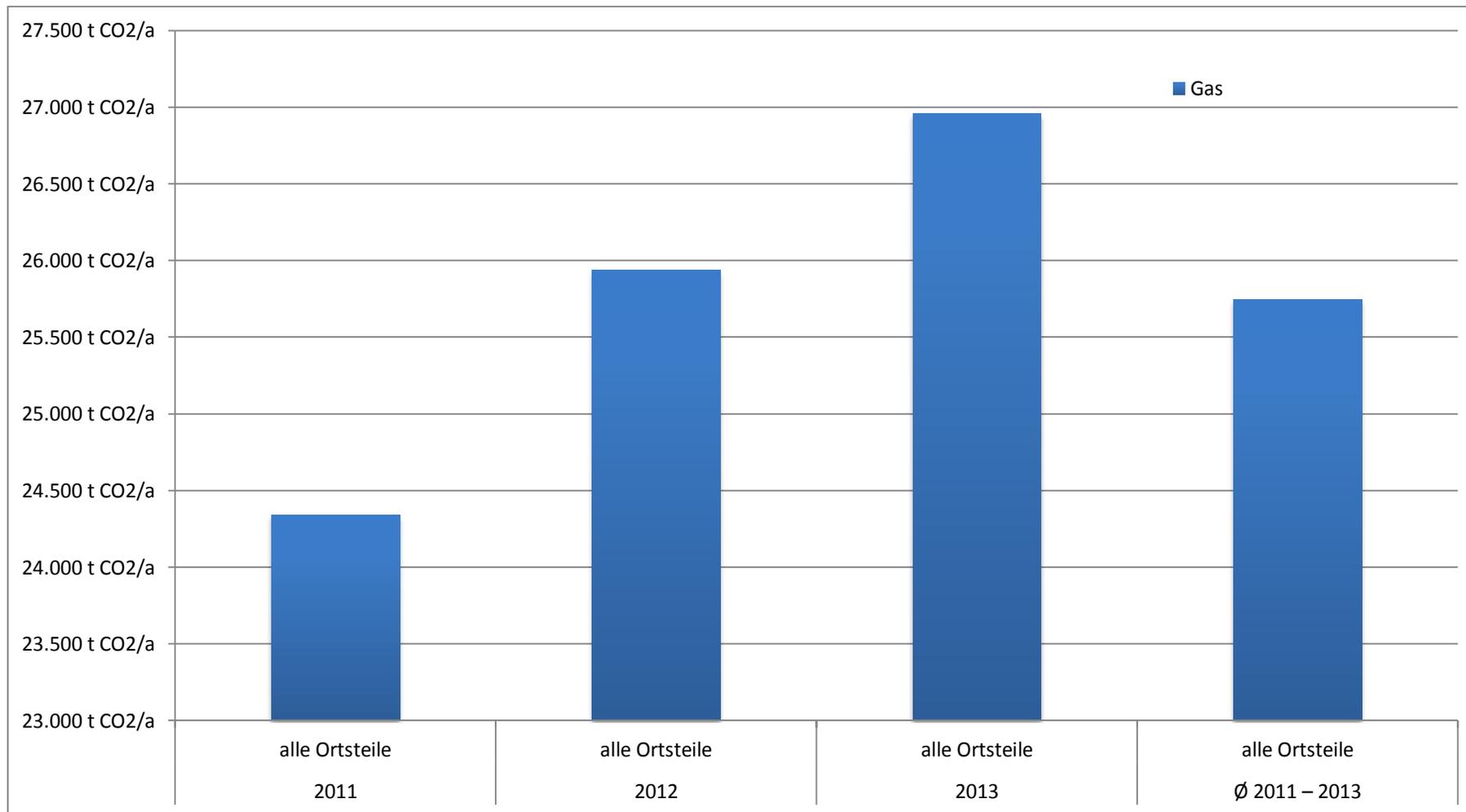


Abbildung I-12 – Treibhausgasemissionen aus dem Gasbedarf der Gruppe Einwohner in den Jahren 2011 bis 2013

Vorranggebiet Nummer		81						
<b>Kreis(e):</b>	Main-Kinzig-Kreis							
<b>Kommune(n):</b>	Freigericht							
<b>Windhöffigkeit:</b> [140 m ü. Grund]	5,75 – 6 m/s							
<b>Flächengröße:</b>	68,50 ha							
<b>Kartenmaßstab:</b>	1:25000							
<b>Charakteristik:</b>	<p>Von bewaldeten Höhenzügen umschlossen öffnet sich der Vordere Spessart mit einer Höhe von 300 bis 436 m ü. NN zur Untermainebene. In einem deutlichen Bruchrand, mit einer Höhendifferenz von bis zu 300 m, bricht die Landschaft im Hahnenkamm zur Mainebene ab. Weite Talungen mit flachen Hängen sind kennzeichnend für das Gebiet, südlich der Aschaff-Talsenke herrscht kleinkuppiges Relief vor. Ein buntes Mosaik aus Wiesen, Feldern, Waldparzellen und Siedlungen verleiht dem Gebiet den Charakter einer offenen Parklandschaft. Zusammenhängende größere Waldareale befinden sich nur noch im Bereich des Bruchrandes.</p>							
<b>Ergebnis SUP:</b>	<p><u>Wesentliche betroffene Schutzgüter:</u></p> <table border="0"> <tr> <td>68,5 ha Wald</td> <td>3,6 ha Wald mit Bodenschutzfunktion</td> </tr> <tr> <td>7,1 ha Wald mit Erholungsfunktion</td> <td>0,3 ha Saatgutbestand</td> </tr> <tr> <td>68,5 ha Naturpark/Geopark</td> <td>66,9 ha Kaltluftentstehungsgebiet</td> </tr> </table>		68,5 ha Wald	3,6 ha Wald mit Bodenschutzfunktion	7,1 ha Wald mit Erholungsfunktion	0,3 ha Saatgutbestand	68,5 ha Naturpark/Geopark	66,9 ha Kaltluftentstehungsgebiet
68,5 ha Wald	3,6 ha Wald mit Bodenschutzfunktion							
7,1 ha Wald mit Erholungsfunktion	0,3 ha Saatgutbestand							
68,5 ha Naturpark/Geopark	66,9 ha Kaltluftentstehungsgebiet							
<b>Hinweise zur SUP und weiteren Kriterien:</b>	<p><u>Artenschutz: Bewertung des Gesamt-Konfliktpotenzials:</u></p> <table border="0"> <tr> <td>68,5 ha</td> <td>gering</td> </tr> <tr> <td>0 ha</td> <td>mittel</td> </tr> <tr> <td>0 ha</td> <td>hoch</td> </tr> </table> <p>Detailbewertung zu Avifauna und Fledermäuse sind der artenschutzrechtlichen Bewertung zu entnehmen.</p>		68,5 ha	gering	0 ha	mittel	0 ha	hoch
68,5 ha	gering							
0 ha	mittel							
0 ha	hoch							
<b>Abwägung</b>	Erfolgt nach der 1. Offenlage							
<b>Hinweise für die Genehmigungsplanung:</b>								

Abbildung I-13 – Vorranggebiet für die Windnutzung im Gemeindegebiet Freigericht (Regierungspräsidium Darmstadt, 2013)



**tetraeder.solar**  
ingenieurgesellschaft  
potenzialanalysen für erneuerbare energien - geoinformation

### Zusammenfassung der Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse für die Gemeinde Freigericht

**Gebäudeeignung**

Insgesamt	12.338	Gebäude
Gut geeignet	3.721	Gebäude (30,16 %)
Geeignet	2.423	Gebäude (19,64 %)
Bedingt geeignet	438	Gebäude (3,55 %)
Nicht geeignet	5.750	Gebäude (46,6 %)

**Dachsegmente**

Gut geeignet	197.000	qm
Gut geeignetes Flachdach	137.733	qm
Geeignet	171.588	qm
Geeignetes Flachdach	21.712	qm
Bedingt geeignet	117.432	qm
Bedingt geeignetes Flachdach	-	qm

**Maximal installierbare Leistung**

Auf gut geeigneten Dächern	28.419	kWp
Auf gut geeigneten Flachdächern	6.625	kWp
Auf geeigneten Dächern	24.519	kWp
Auf geeigneten Flachdächern	991	kWp
Auf bedingt geeigneten Dächern	16.843	kWp
Auf bedingt geeigneten Flachdächern	-	kWp

**Auswertung**

Gesamtes Potenzial	77.397	kWp
Bestandsleistung	6.554	kWp
Derzeit ungenutztes Potenzial	70.843	kWp

**Nutzung des Gesamtpotenzials**

Stromertrag	51	GWh
Bilanziell zu versorgende Bürger (1.500 kWh / Jahr und Bürger)	34.252	Bürger
CO <sub>2</sub> -Einsparung bei 460 g / kWh	25.175	t
Investitionsvolumen (1.400 Euro pro kWp)	99,20	Mio. Euro
Kommunale Wertschöpfung (25%)	24,80	Mio. Euro

**Abbildung I-14 – Zusammenfassung der Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse** (tetraeder.solar ingenieurgesellschaft, 2015)



Abbildung I-15 – Solarpotenzialkataster der Gemeinde Freigericht

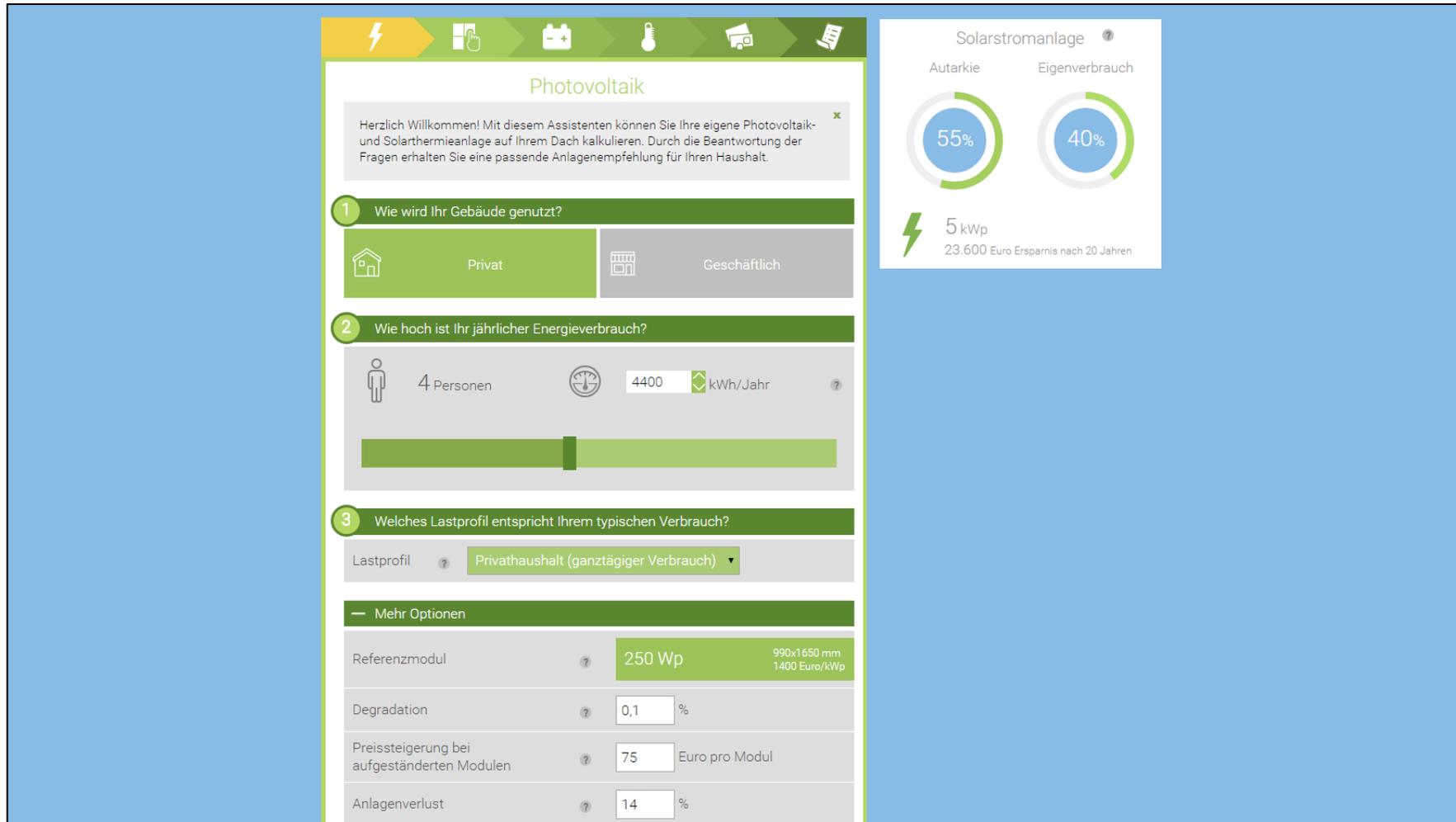


Abbildung I-16 – Beispiel einer theoretischen Anlagenkonfiguration



[Kontakt](#) | [Impressum](#) | [Haftungsausschluss](#) | [Widerspruchsrecht](#)

STARTSEITE

SOLARPOTENZIALKATASTER

FRAGEN UND ANTWORTEN

TIPPS ZUR PLANUNG

LINKS

### Fragen und Antworten

---

Im Folgenden finden Sie Antworten auf die am häufigsten gestellten Fragen zu Solarpotenzialkatastern und der Errichtung und Nutzung von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen.

Für weitere Informationen nutzen Sie die [Linksammlung](#) mit Links zu Internetseiten mit umfangreichen Informationen rund um das Thema Erneuerbare Energien.

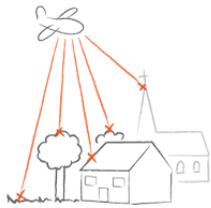
**Themen**

- [Entstehung der Solarpotenzialkataster](#)
- [Solarthermieanlagen](#)
- [Denkmalschutz](#)
- [Weitere Fragen](#)

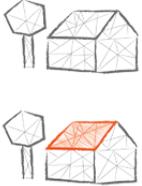
### Entstehung

---

Wie entsteht ein Solarpotenzialkataster?



Grundlage für die Solarpotenzialanalyse sind Laserscannerdaten, die aus einer Überfliegung des Stadtgebietes stammen.



Aus diesen Informationen wird ein vereinfachtes Modell der Häuser und der umgebenden Objekte (z.B. Bäume) erstellt. Im nächsten Schritt werden die Dachflächen automatisch erkannt.



Einstrahlung und Verschattung werden berechnet. Stark verschattete Bereiche werden als nicht geeignet identifiziert. Für die übrigen Dachflächen wird die Einstrahlung für den Verlauf eines ganzen Jahres bestimmt.

EINSTRÄHLUNG

Einstrahlung ist nicht gleich Ertrag:

Abbildung I-17 – weitere Inhalte zum Thema Solarpotenzial

Tabelle I-10 – Zusammenstellung aller ermittelten Potenziale in der Gemeinde Freigericht inklusive Varianten

	Erneuerbare Energiequelle	Energiegehalt	CO <sub>2</sub> - Vermeidung	Energieertrag elektrisch	CO <sub>2</sub> - Vermeidung	Energieertrag thermisch	CO <sub>2</sub> - Vermeidung
1	Biomasse						
1.1	Abwasserwärme	679 MWh/a	217 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	-	-
1.2	Agrarische Biomasse	15.127 MWh/a	5.810 t CO <sub>2</sub> /a	6.066 MWh/a	2.725 t CO <sub>2</sub> /a	6.399 MWh/a	2.041 t CO <sub>2</sub> /a
1.3	Biomasse-Reststoffe	920 MWh/a	352 t CO <sub>2</sub> /a	363 MWh/a	163 t CO <sub>2</sub> /a	396 MWh/a	126 t CO <sub>2</sub> /a
1.4	Holz	22.192 MWh/a	7.079 t CO <sub>2</sub> /a			19.973 MWh/a	6.371 t CO <sub>2</sub> /a
1.5	Miscanthus	304 MWh/a	97 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	274 MWh/a	87 t CO <sub>2</sub> /a
1.6	KUP Pappel	256 MWh/a	82 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	230 MWh/a	73 t CO <sub>2</sub> /a
1.7	KUP Weide	203 MWh/a	65 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	183 MWh/a	58 t CO <sub>2</sub> /a
2	Geothermie						
2.1	Oberflächennah						
2.1.1	Erdwärmekollektor	41.210 MWh/a	13.146 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	-	-
2.1.2	Erdwärmesonde	42.393 MWh/a	13.523 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	-	-
2.2	Tiefengeothermie	-	-	-	-	-	-
3	Solarenergie						
3.1	Dachflächenanlagen						
3.1.1	Bestand	5.638 MWh/a	2.533 t CO <sub>2</sub> /a	5.638 MWh/a	2.533 MWh/a	-	-
3.1.2	Zubau	45.362 MWh/a	20.376 t CO <sub>2</sub> /a	45.362 MWh/a	20.376 MWh/a	-	-
3.2	Freiflächenanlagen	-	-	-	-	-	-
4	Wasserkraft	-	-	-	-	-	-
5	Windenergie	32.928 MWh/a	14.791 t CO <sub>2</sub> /a	15.805 MWh/a	7.100 t CO <sub>2</sub> /a	-	-
6	Bioenergiedorf Bernbach						
6.1	kleine Variante	2.381 MWh/a	704,89 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	2.381 MWh/a	705 t CO <sub>2</sub> /a
6.2	große Variante	7.755 MWh/a	2.295,42 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	7.755 MWh/a	2.295 t CO <sub>2</sub> /a

Tabelle I-11 – Zusammenstellung der ermittelten Potenziale unter Ausschluss der weniger ertragreichen Varianten

	Erneuerbare Energiequelle		Energiegehalt	CO <sub>2</sub> - Vermeidung	Energieertrag elektrisch	CO <sub>2</sub> - Vermeidung	Energieertrag thermisch	CO <sub>2</sub> - Vermeidung
1	Biomasse							
1.1	Abwasserwärme		679 MWh/a	217 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	-	-
1.2	Agrarische Biomasse		15.127 MWh/a	5.810 t CO <sub>2</sub> /a	6.066 MWh/a	2.725 t CO <sub>2</sub> /a	6.399 MWh/a	2.041 t CO <sub>2</sub> /a
1.3	Biomasse-Reststoffe		920 MWh/a	352 t CO <sub>2</sub> /a	363 MWh/a	163 t CO <sub>2</sub> /a	396 MWh/a	126 t CO <sub>2</sub> /a
1.4	Holz		22.192 MWh/a	7.079 t CO <sub>2</sub> /a			19.973 MWh/a	6.371 t CO <sub>2</sub> /a
1.5	Miscanthus		304 MWh/a	97 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	274 MWh/a	87 t CO <sub>2</sub> /a
2	Geothermie							
2.1	Oberflächennah	Erdwärmesonde	42.393 MWh/a	13.523 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	-	-
3	Solarenergie							
3.1	Dachflächenanlagen	Zubau	45.362 MWh/a	20.376 t CO <sub>2</sub> /a	45.362 MWh/a	20.376 MWh/a	45.362 MWh/a	20.376 t CO <sub>2</sub> /a
5	Windenergie		32.928 MWh/a	14.791 t CO <sub>2</sub> /a	15.805 MWh/a	7.100 t CO <sub>2</sub> /a	-	-
6	Bionenergie Bernbach							
6.1	große Variante		7.755 MWh/a	2.295,42 t CO <sub>2</sub> /a	-	-	7.755 MWh/a	2.295 t CO <sub>2</sub> /a
		Summe	167.660 MWh/a	64.542 t CO <sub>2</sub> /a	67.596 MWh/a	30.364 t CO <sub>2</sub> /a	34.797 MWh/a	10.922 t CO <sub>2</sub> /a

Tabelle I-12 – Zusammenstellung von monetärem Aufwand und Nutzen aller Maßnahmen

	Investitions- kosten	Betriebs- kosten	Reinvestitions- kosten	Kapital- kosten	Einsparungen Energiekosten	Förderung	Gesamt- kosten	KNV
Allgemein								
CO <sub>2</sub> -Bilanz	2.400 €	- €	- €	70.758 €	- €	- €	73.158 €	
Zielformulierung	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
Klimaschutzmanager	- €	115.200 €	- €	40.727 €	- €	74.880 €	81.047 €	2,08
Energieeffizienz eigener Verbraucher	5.000 €	- €	5.261 €	4.901 €	701.855 €	- €	- 686.693 €	0,02
Klimaschutzwebsite	2.500 €	13.812 €	5.261 €	2.820 €	- €	- €	24.392 €	
Windkraft								
Ermittlung der Windhöffigkeit	12.000 €	- €	37.169 €	3.433 €	- €	- €	52.602 €	
Windpark im Vorranggebiet	14.144.000 €	22.452.690 €	22.696.968 €	3.985.465 €	72.906.506 €	12.512.640 €	- 22.140.023 €	0,74
Solarenergie								
Informationskampagne	3.000 €	- €	9.292 €	1.441 €	- €	- €	13.733 €	
Solarpotenzial auf gemeindeeigenen Liegenschaften	601.450 €	412.977 €	- €	58.256 €	2.273.989 €	763.484 €	- 1.964.790 €	0,35
Solarpotenzial auf nicht gemeindeeigenen Liegenschaften	98.598.550 €	117.878.004 €	- €	12.431.788 €	311.588.575 €	104.614.818 €	- 187.295.051 €	0,55
Agrarische Biomasse								
Biogasanlage 1.000 kW <sub>el</sub> Biomassebereitstellung	4.000.000 €	20.796.638 €	6.418.826 €	2.485.090 €	79.344.859 €	11.735.299 €	- 57.379.604 €	0,37
	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
Holz								
Holzverarbeitung	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
Nahwärmenetz Bernbach kleine Variante	722.500 €	3.894.089 €	- €	265.121 €	3.427.257 €	140.400 €	1.314.053 €	1,37
Nahwärmenetz Bernbach große Variante	2.265.000 €	10.812.881 €	- €	751.035 €	11.160.532 €	516.000 €	2.152.384 €	1,18
Miscanthus, Pappel, Weide								







Abbildung I-18 – Artikel der Gelnhäuser Neue Zeitung zu einer Veranstaltung im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts in der Gemeinde Freigericht



Abbildung I-19 – Artikel des Gelnhäuser Tageblatts zu einer Veranstaltung im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts in der Gemeinde Freigericht

**ENERGIESTAMMTISCH In Horbach wirft man einen neutralen Blick auf die Windkraftnutzung**

FREIGERICHT - (dik), Windkraft neutral betrachten – geht das? Im Main-Kinzig-Kreis stehen sich Befürworter und Gegner dieser regenerativen Energieerzeugung bisweilen recht unversöhnlich gegenüber. Aus der Katholischen Arbeiter Bewegung (KAB) in Horbach hat sich vor einem Jahr ein öffentlicher Stammtisch herausgebildet, der unter der Bezeichnung „Energie-Stammtisch“ regelmäßig Fragen der Energiewende thematisiert. Das jüngste Treffen befasste sich mit dem für manchen mittlerweile zum Reizthema gewordenen „Windenergie“.

**Mehrheit für Energiewende**

Gemäß der eigenen Vorgaben wurde auch dieses Thema neutral vorgestellt, vor allem technische Aspekte und Lösungen wurden betrachtet und diskutiert. Zunächst gab Stammtisch-Vorsitzender Thomas Franz den rund 15 Gästen einen kurzen Überblick über den aktuellen Stand verschiedener Projekte im Bereich der „Erneuerbaren“ und schilderte, dass nach den letzten Umfragen 92 Prozent der Bevölkerung für eine Energiewende sind. Das Thema Windenergie sei allerdings von politischer Seite stellenweise unglücklich angegangen und Auseinandersetzungen mit den sogenannten Windkraftgegnern von beiden Seiten unsachlich geführt worden.

Stammtisch-Mitglied Josef Keller hatte einen ausführlichen Vortrag vorbereitet und lieferte eine Menge sachlicher Fakten. So sei Wind eine der ältesten Energielieferanten der Menschheit – nutzbar gemacht durch Segel und Windmühlen. Als bester Standort für Windkraftanlagen zur Stromerzeugung gelte nach wie vor die (Nord-)See, allerdings sei das Problem des „Stromtransports“ zum Beispiel nach Süddeutschland noch nicht gelöst – gerade gebe es wieder Streitigkeiten über eine Trassenführung.

„Kaum zu glauben, aber leider wahr: Viele Windanlagen auf dem Wasser wurden noch nicht zur Stromeinspeisung in das Stromnetz angeschlossen“, bedauerte Keller. Er beschrieb auch den Aufbau der aktuellen Anlagen-Generation, die einen „Riesenfortschritt in der Leistungsausbeute“ gemacht haben: „Windkraftanlage haben 1980 etwa 30 Kilowatt erzeugt – heute sind es 7,5 Megawatt, was eine Steigerung um den Faktor 250 bedeutet.“ Diese Steigerung sei allerdings auch mit einer erheblichen Vergrößerung einer Windkraftanlage verbunden – so habe sich der Rotordurchmesser von 15 auf 126 Meter und die Nabenhöhe von 30 auf 135 Meter erhöht. Die Erzeugung von Strom durch Windkraft habe weltweit immens zugenommen, so zähle unter anderem China zu den Nationen, die im Vergleich zu anderen die Windkraft am stärksten nutzten.

Mit aktuellen Informationen zu den erneuerbaren Energieträgern in Deutschland, dem „Repowering“, also dem Ersetzen alter durch neuere Windkraftanlagen, der problematischen Netzanbindung sowie einer Übersicht der Pro- und Contra-Argumente beendete Keller seinen Vortrag. Und natürlich gab es anschließend noch eine Menge Diskussionen, die aber, so das Empfinden aller Teilnehmer, sachlich geführt wurde.

**Abbildung I-20 – weitere Veröffentlichung zur Klimaschutzdiskussion innerhalb der Gemeinde Freigericht**



**GKU Gesellschaft für kommunale  
Umwelttechnik mbH, Fulda –  
Ein Unternehmen der RhönEnergie Fulda**

---

# **Zusatzstudie für ein Nahwärmenetz in Bernbach auf Basis erneuerbarer Energien**

Sachbearbeiter:

**Jonathan Noll B.Eng.  
Stefanie Sterzik M.Sc.**

Februar 2015

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>Verzeichnis der Anhänge</b>	<b>iii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Charakteristik Freigericht	2
1.2 Charakteristik Bernbach	4
<b>2 Variantenbeschreibung</b>	<b>4</b>
2.1 Energiebedarfsabschätzung	4
2.2 Bestimmung der Leitungswege	5
2.2.1 Variante 1: kleines Nahwärmenetz	5
2.2.2 Variante 2: großes Nahwärmenetz	7
2.3 Rohrtrasse	7
2.4 Heizzentrale	7
2.5 Öltank	8
2.6 Hausübergabestationen	8
<b>3 Variante 1: Kleines Nahwärmenetz</b>	<b>9</b>
3.1 Bestimmung Kesselleistung	9
3.2 Pufferspeicher	10
3.3 Brennstoffbedarf	10
3.3.1 Hackschnitzelbedarf	11
3.3.2 Ölbedarf	11
3.3.3 CO <sub>2</sub> - Äquivalenz	11
3.4 Brennstofflager	12
<b>4 Variante 2: Großes Nahwärmenetz</b>	<b>12</b>
4.1 Bestimmung der Kesselleistung	12

---

4.2	Pufferspeicher	13
4.3	Brennstoffbedarf	13
4.3.1	Hackschnitzelbedarf	13
4.3.2	Heizölbedarf	14
4.3.3	CO <sub>2</sub> -Äquivalenz	14
4.4	Brennstofflager	14
<b>5</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>	<b>15</b>
5.1	Energiekostenvergleich	15
5.2	Qualität Holzhackschnitzel	16
5.3	Aufstellung der Energiekosten für 10 Jahre	16
5.4	Kostenschätzung	22
5.5	Einzahlungen	23
<b>6</b>	<b>Handlungsempfehlung</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>26</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>27</b>
<b>Anhang</b>		<b>29</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Übersichtslageplan von Bernbach mit Markierung der betrachteten Teilbereiche.....	1
Abbildung 1-2: Darstellung der Gesamtfläche der Gemeinde Freigericht mit Unterteilung in Nutzungsarten (Quelle: (Gemeinde Freigericht, 2015)).....	3
Abbildung 2-1: Verlauf der kleinen Wärmetrasse mit angeschlossenen Abnehmern .....	6
Abbildung 2-2: Verlauf der großen Wärmetrasse mit angeschlossenen Abnehmern.....	7
Abbildung 5-1: Zusammenhang von Wassergehalt und Heizwert (FNR, n.a.) .....	16

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Energiebedarfsabschätzung kleines Nahwärmenetz .....	4
Tabelle 2-2: Energiebedarfsabschätzung großes Nahwärmenetz .....	5
Tabelle 3-1: Auslegung der Kesselleistung für das kleine Nahwärmenetz .....	10
Tabelle 4-1: Auslegung der Kesselleistung für das große Nahwärmenetz.....	13
Tabelle 5-1: Energiekostenvergleich.....	15
Tabelle 5-2: Heizkostenentwicklung kleines Nahwärmenetz 3% Teuerung .....	18
Tabelle 5-3: Heizkostenentwicklung kleines Nahwärmenetz 8% Teuerung .....	19
Tabelle 5-4: Heizkostenentwicklung großes Nahwärmenetz 3% Teuerung.....	20
Tabelle 5-5: Heizkostenentwicklung großes Nahwärmenetz 8% Teuerung.....	21
Tabelle 5-6: Aufstellung der Kostenpositionen (netto).....	22
Tabelle 6-1: Energetische und monetäre Einsparungen durch Wärmeisolierung (verändert nach (n.a., 2015)).....	25

## Verzeichnis der Anhänge

Anh. 1: Beheizte Fläche in Bernbach zur Abschätzung der Energiebedarfsrechnung für das kleine Nahwärmenetz (Variante 1) .....	37
Anh. 2: Beheizte Fläche in Bernbach zur Abschätzung der Energiebedarfsrechnung für das große Nahwärmenetz (Variante 2) .....	38
Anh. 3: Schwefelarmes Heizöl, inkl. MwSt., bezogen auf 3000 l, inkl. Anlieferung Nahbereich (TECSON- Digital in Felde, 2015).....	39

## 1 Einleitung

In der nachstehenden Betrachtung gilt es die Rahmenbedingungen zu ermitteln, unter denen der Ortsteil Freigericht-Bernbach eine autarke Nahwärmeversorgung unter Verwendung von Holzhackschnitzeln aufbauen kann. Diese Studie entstand im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts Erneuerbare Energien-Potenziale der Gemeinde Freigericht des Projektträgers Jülich. Freigericht verfolgt seit langem das Ziel, seinen Energiebedarf zu reduzieren und gleichzeitig den verbleibenden Verbrauch möglichst weitgehend aus erneuerbaren Energien zu decken. Mit solchen Maßnahmen trägt die Gemeinde aktiv zum Klimaschutz bei.

Energiedörfer haben in der Regel eine Größe von 40 - 100 Haushalten (solarcomplex, 2014). Bernbach als Ortsteil von Freigericht hat etwa viermal so viele Haushalte, sodass sich die Studie „Bio-Energiedorf Bernbach“ nicht mit ganz Bernbach befasst, sondern auf ein Teilgebiet beschränkt. Aufgrund räumlicher und infrastruktureller Gegebenheiten konzentriert sich der Blick auf den südlichen bzw. südöstlichen Bereich. In **Abbildung 1-1** ist der genauer betrachtete Bereich von Bernbach dargestellt.



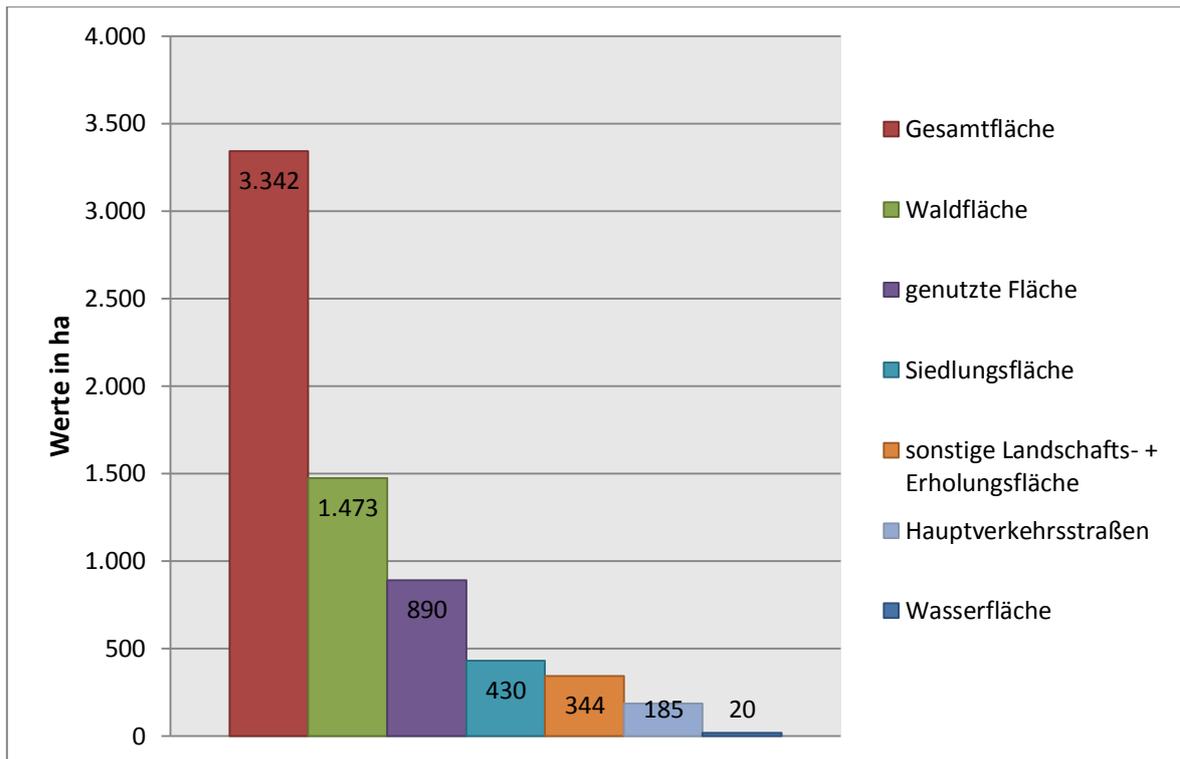
**Abbildung 1-1: Übersichtslageplan von Bernbach mit Markierung der betrachteten Teilbereiche**

Untersucht wurden zwei mögliche Netzvarianten. Beide schließen sowohl private als auch gewerbliche Abnehmer ein. Variante 1 betrachtet dabei einen kleineren Teil Bernbachs im Südosten mit 52 potentiellen privaten Abnehmern sowie den Firmen Senf Metallbau und Landschaftspflege GmbH und Holzhandel Sturmius Dehm. In der zweiten Variante dehnt sich die Betrachtung auf einen größeren Teilbereich Bernbachs aus und umfasst zusätzlich den Süden dieses Ortsteils. Insgesamt können damit 180 private Abnehmer angeschlossen werden. Zudem werden weitere Großabnehmer aufgenommen. Es handelt sich dabei um den Fensterbau Franz GmbH mit mehreren großen Hallen, die Grundschule Regenbogen sowie Kirche und Pfarrgebäude der Kirchengemeinde St. Bartholomäus. Auch der lokale Holzhandel und der Metallbau bleiben einbezogen.

### **1.1 Charakteristik Freigericht**

Die südhessische Gemeinde Freigericht liegt im Main-Kinzig-Kreis und gehört zum Regierungsbezirk Darmstadt. Die Gemeindeverwaltung hat ihren Sitz im größten Ortsteil Somborn. Daneben gibt es weitere 4 ländlich geprägte Teile: Altenmittlau, Bernbach, Horbach und Neuses. Im Jahr 2014 hatte die Gemeinde Freigericht 14.217 Einwohner (Hessisches Statistisches Landesamt, 2015).

Das gesamte Gemeindegebiet umfasst 3.342 ha, wovon der überwiegende Teil Waldfläche ist. Die Siedlungsfläche beträgt nur rund 430 ha und macht damit knapp 19 % der Gesamtfläche aus. Dieser Wert unterstreicht den ländlichen Charakter der Gemeinde. Weitere Flächenangaben enthält **Abbildung 1-2**.



**Abbildung 1-2: Darstellung der Gesamtfläche der Gemeinde Freigericht mit Unterteilung in Nutzungsarten (Quelle: (Gemeinde Freigericht, 2015))**

Die Bebauung der Gemeinde Freigericht ist vornehmlich von Ein- und Zweifamilienhäusern geprägt. Nur wenige Mehrfamilienhäuser sind zu finden. Die räumliche Nähe zum Rhein-Main-Gebiet und die sehr günstige infrastrukturelle Anbindung machen die Gemeinde zu einem beliebten Wohnort. Dies belegen auch die Pendlerzahlen, wonach 984 Einpendlern 4.566 Auspendler gegenüberstehen (Gemeinde Freigericht, 2015).

In jedem Ortsteil steht eine Schule zur Verfügung, wobei die Kopernikusschule in Somborn die einzige weiterführende Schule mit gymnasialer Oberstufe ist. Gleichzeitig gilt sie als die größte allgemeinbildende Schule Deutschlands. Ferner gibt es in jedem Ortsteil von Freigericht eine Kirche, in Somborn zusätzlich auch eine evangelische. Ein Hallenbad steht dort ebenfalls zur Verfügung.

## 1.2 Charakteristik Bernbach

Bernbach liegt im Nordosten des Gemeindegebietes 6 km südlich von Gelnhausen. 2012 lebten hier 2.118 Menschen (Gemeinde Freigericht, 2015). Der Ortsteil ist flach gelegen und wird ringsum landwirtschaftlich genutzt. Die höchste Stelle liegt auf 183 m ü. NN und die tiefste 149 m ü. NN. Wie für die Gemeinde typisch ist auch Bernbach vorwiegend von Ein- und Zweifamilienhäusern geprägt. Die meisten davon sind in den 1970-er Jahren errichtet worden. Hinzu kommen mehrere größere Bauten wie die Kirche samt Pfarrgebäude oder die Grundschule. Ebenso verfügt die Ortschaft über ein angeschlossenes Industriegebiet. Für 2015 ist ein weiteres Baugebiet ausgeschrieben worden

## 2 Variantenbeschreibung

### 2.1 Energiebedarfsabschätzung

Da für die betroffenen Gebäude keine Daten über die tatsächlichen Energiebedarfsmengen vorliegen, wurde eine Energiebedarfsabschätzung durchgeführt. Basierend auf dem Bebauungsplan der Gemeinde Bernbach wurden die einzelnen Gebäude ihren Baujahrzehnten zugeordnet. Dabei ergaben sich aus der Schätzung der Grundfläche der Gebäude und der Geschosshöhe folgende Ergebnisse der **Tabelle 2-1** und **Tabelle 2-2**, die von der SynEnergie GmbH, ebenfalls eine Tochtergesellschaft der RhönEnergie Fulda, ermittelt wurden. Eine detailliertere Ausführung zu beiden Varianten befindet sich in Anhang 1 und Anhang 2.

**Tabelle 2-1: Energiebedarfsabschätzung kleines Nahwärmenetz**

Anzahl	Baujahr / Gebäudeart	kWh/a > Nutzwärme <
31	1980 (teilsaniert) Einfamilienhaus	1.004.400
17	Zweifamilienhaus	833.000
4	Mehr-(4)familienhaus	264.000
1	Holzhandel	160.000
1	Metallbetrieb	120.000
	<b>Energiebedarf</b>	<b>2.381.400</b>

**Tabelle 2-2: Energiebedarfsabschätzung großes Nahwärmenetz**

<b>Anzahl</b>	<b>Baujahr / Gebäudeart</b>	<b>kWh/a &gt; Nutzwärme &lt;</b>
	<i>1970 (teilsaniert)</i>	
57	Einfamilienhaus	1.846.800
34	Zweifamilienhaus	1.666.000
11	Mehr-(4)familienhaus	726.000
	<i>1980 (unsaniert)</i>	
40	Einfamilienhaus	1.380.000
16	Zweifamilienhaus	841.600
4	Mehr-(4)familienhaus	266.400
	<i>1990 – 2014</i>	
8	Einfamilienhaus	192.000
5	Zweifamilienhaus	176.000
1	Fensterbauer	210.000
1	Holzhandel	160.000
1	Kirche	45.000
1	Pfarrgebäude	65.000
1	Metallbetrieb	120.000
1	Regenbogenschule	60.000
	<b>Energiebedarf</b>	<b>7.754.800</b>

## 2.2 Bestimmung der Leitungswege

### 2.2.1 Variante 1: kleines Nahwärmenetz

In **Abbildung 2-1** ist der Hauptstrang des Nahwärmenetzes blau eingezeichnet. Die 52 anzuschließenden Häuser sind gelb markiert und die größeren Abnehmer grün. Der voraussichtliche Standort der Heizzentrale ist rot dargestellt. Die gesamte Leitungslänge bei dieser Variante macht ca. 1.300 m aus. In der Länge sind alle Leitungen von der Heizzentrale bis zu den Anschlüssen am Haus des Abnehmers beachtet.

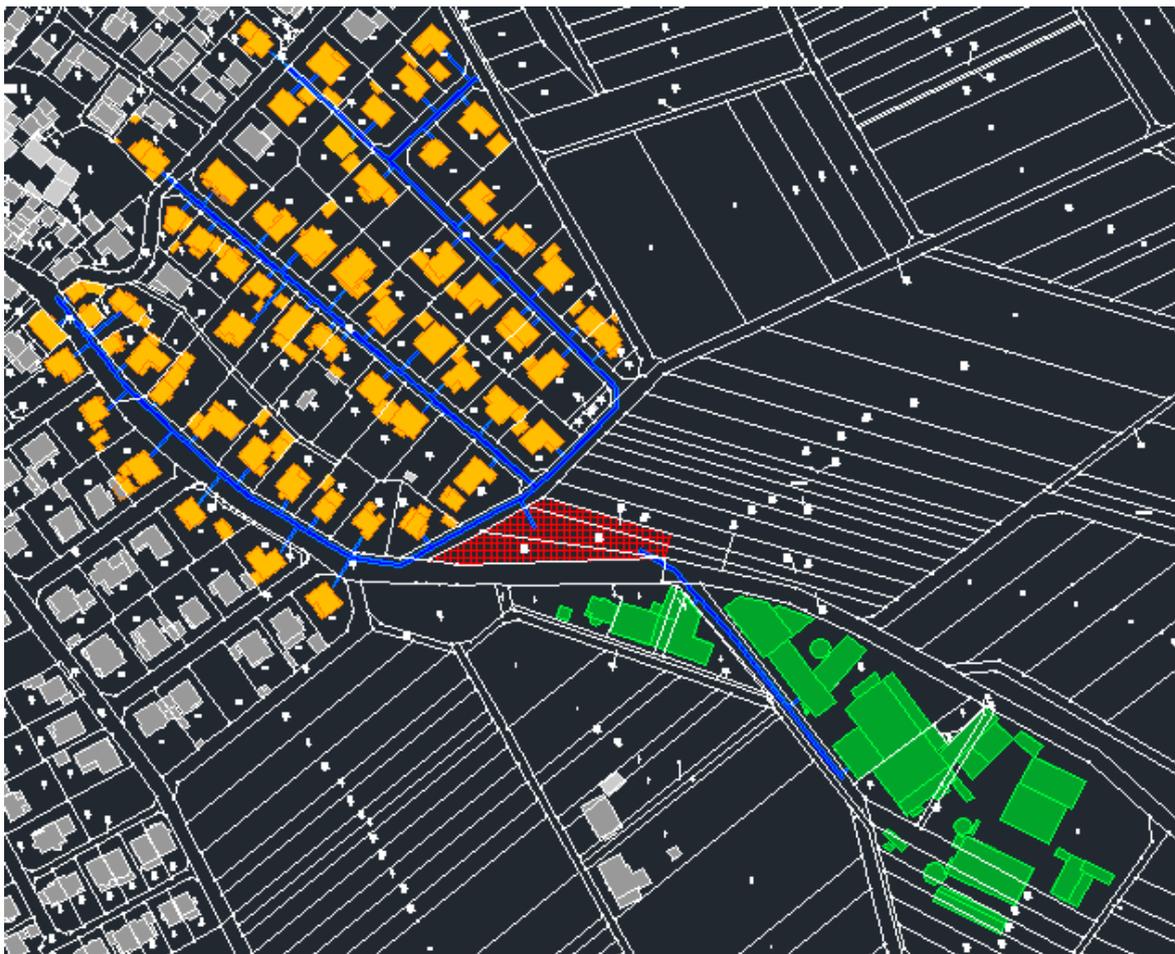


Abbildung 2-1: Verlauf der kleinen Wärmetrasse mit angeschlossenen Abnehmern

### 2.2.2 Variante 2: großes Nahwärmenetz

Bei dieser Variante werden 180 Verbraucher an das Nahwärmenetz angeschlossen. **Abbildung 2-2** zeigt dabei die angeschlossenen Häuser gelb, sowie größere Abnehmer grün. Hier beträgt die Leitungslänge inklusive der Hausanschlussleitungen ca. 5.000 m.



**Abbildung 2-2: Verlauf der großen Wärmetrasse mit angeschlossenen Abnehmern**

### 2.3 Rohrtrasse

Die Rohrleitungen für die beiden Nahwärmenetze müssen so ausgelegt sein, dass die gesamte benötigte Wärmeenergie an den jeweiligen Endverbraucher geliefert werden kann. Aus diesem Grund wurden ca. 10 m Rohrlänge je Hausanschluss hinzugerechnet. Für die Leitungen empfiehlt sich die Verwendung von Kunststoffmediumrohren PEX, die sich durch eine hohe Flexibilität auszeichnen und bereits in anderen Bioenergiedorf-Projekten Anwendung fanden.

### 2.4 Heizzentrale

Für die Unterbringung des Holzhackschnitzel-Kessels und des Öl-Kessels ist der Bau einer abgeschlossenen Leichtbauhalle geplant. Die Halle sollte zudem einen Pufferspeicher, den Ausgleichsbehälter, die Pumpen für das zu versorgende

Nahwärmenetz und den Schaltschrank für die automatische elektronische Steuerung aufnehmen können.

Auf dem Außengelände der Heizzentrale ist eine befahrbare Waage vorgesehen, mit der die angelieferten Holzmengen erfasst werden können. Der Boden ist überall dort zu befestigen, wo sich Lkw, Radlader, Autos u. ä. bewegen werden.

## **2.5 Öltank**

Der benötigte Öltank sollte unterirdisch außerhalb des Betriebsgebäudes in einem Sandbett untergebracht werden. Für die Abdeckung der Spitzenlastzeiten über Heizöl werden in der kleinen Netzvariante etwa 26.460 l/a benötigt. In der großen Variante wird ein Verbrauch von ungefähr 178.213 l/a erwartet. Der Tank sollte daher ein Fassungsvermögen von 30 m<sup>3</sup> bzw. 180 m<sup>3</sup> haben, sodass eine gewisse Unabhängigkeit gegenüber dem Heizölpreis erreicht wird. Wie dem Anhang 3 zu entnehmen ist, unterliegt der Preis für leichtes Heizöl im Jahresverlauf Schwankungen. Kleiner dimensionierte Tanks sind zwar in der Anschaffung günstiger, bringen dafür aber kürzere Befüllrhythmen mit sich. Bei 30 m<sup>3</sup> bzw. 180 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen kann zu Zeiten niedriger Preise für ein ganzes Betriebsjahr vorgesorgt werden. Dies führt unmittelbar zu einer Senkung der Betriebskosten.

## **2.6 Hausübergabestationen**

Hierbei sind indirekte Wärmeübergabestationen vorgesehen, die im Wesentlichen aus einer Absperrarmatur, einem Regelorgan, einem Wärmemengenzähler und einem Wärmetauscher bestehen. Der Wärmekunde hat dabei dafür zu sorgen, dass die Warmwasseraufbereitung hausintern stattfindet, was über einen Pufferspeicher geregelt werden kann. Durch diesen Einbau wird erreicht, dass das hausinterne Heizungssystem von dem eigentlichen Nahwärmenetz abgekoppelt ist und dass die bereits vorhandenen Heizungsrohre des Hauses eine hydraulische Trennung zum System des Nahwärmenetzes erfahren. Dadurch werden klare Schnittstellen geschaffen.

### 3 Variante 1: Kleines Nahwärmenetz

#### 3.1 Bestimmung Kesselleistung

Geht man von einem Nutzenergieverbrauch von 2.381.400 kWh/a bei einer Vollbenutzungsstundenzahl von 2.500 h/a aus, so ergibt sich eine theoretische Heizkesselleistung von 953 kW. Hinzu kommen rund 150 kW Leistung für angenommene Verluste an den Hausübergabestationen (etwa 5 %) und innerhalb des Nahwärmenetzes (etwa 10 %). Folglich beträgt die Nennwärmeleistung 1.100 kW.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Lastspitzen der einzelnen Abnehmer niemals gleichzeitig auftreten. Vielmehr ist es so, dass sich diese Spitzen innerhalb bestimmter Zeiträume verteilen. Folglich kann die installierte Leistung der Kessel in ihrer Summe kleiner sein als der aus dem Wärmeenergiebedarf aller Verbraucher ermittelte Wert. Aus diesem Grund fließt in die Auslegung der Kesselleistung ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,6 ein (Winter, et al., 2001). Die zu installierende Leistung beträgt damit 660 kW.

Um sowohl durchschnittlicher als auch erhöhter Wärmeabnahme gerecht werden zu können, werden drei verschieden dimensionierte Kessel installiert. Kessel 1 ist für die Deckung der Grundlast vorgesehen. Hierfür steht ein Holzhackschnitzel-Kessel (HHS) mit einer installierten Leistung von 330 kW zur Verfügung. Kessel 2 wird in die Wärmebereitstellung einbezogen, wenn sich die Wärmeabnahme erhöht. Seine Leistung liegt bei 30 % der Gesamtleistung und beträgt damit 198 kW. In Zeiten höchster Abnahme (Spitzenlast) kann schließlich ein Öl-Kessel zugeschaltet werden, der weitere 20 % der Gesamtleistung beiträgt.

Die Herleitung aller Werte sowie die Splittung der zu installierenden Gesamtleistung für das Nahwärmenetz Bernbach kann anhand der **Tabelle 3-1** nachvollzogen werden.

**Tabelle 3-1: Auslegung der Kesselleistung für das kleine Nahwärmenetz**

IST-Nutzenergieverbrauch	kWh/a	<b>2.381.400</b>
Vollbenutzungsstunden	h/a	2.500
Theoretisch benötigte Leistung	kW	953
Verlust Heizungsübergabestation 5 %	kW	48
Theoretische Leistung + Verlust HÜ 5 %	kW	1.000
Verlust Netz 10 %	kW	100
Nennwärmeleistung Kessel	kW	1.100
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,60
Installierte Leistung Heizzentrale	kW	<b>660</b>
<i>Kesselaufteilung Grundlast 50 % HHS</i>	<i>kW</i>	<i>330</i>
<i>Kesselaufteilung Spitzenlast 30 % HHS</i>	<i>kW</i>	<i>198</i>
<i>Kesselaufteilung Spitzenlast 20 % Öl</i>	<i>kW</i>	<i>132</i>

### 3.2 Pufferspeicher

Die in der Wärmeabnahme auftretenden Schwankungen in Form von Lastspitzen wurden bereits angesprochen. Des Weiteren treten jedoch auch kleinere Schwankungen knapp oberhalb der 50 %-Grundlast auf. In diesem Fall müsste der zweite Holzhackschnitzel-Kessel zugeschaltet werden. Um dies für kurzfristige Grundlastüberschreitungen zu vermeiden und die Effizienz der Wärmeenergiebereitstellung zu erhöhen, empfiehlt sich der Einsatz eines Pufferspeichers. Anhand der angeschlossenen Verbraucher kann ein 10 m<sup>3</sup> fassender Speicher als ausreichend angenommen werden. Um ein optimales Laden und Entladen des Speichers zu erreichen, sollte jedoch eine genauere Betrachtung anhand tatsächlicher Bedarfswerte durchgeführt werden.

### 3.3 Brennstoffbedarf

Um einen IST-Nutzenergieverbrauch von 2.381.400 kWh/a erzeugen zu können, muss der Wärmeverlust von 10 % über den Schornstein und den Heizkessel berücksichtigt werden. Anhand des Wirkungsgrades von 0,9 und dem Nutzenergiebedarf ergibt sich eine Menge 2.646.000 kWh/a, die aus Brennstoffen bereitgestellt werden muss. Den Zusammenhang stellt Formel 1 dar.

$$P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta}$$

Formel 1

*P<sub>zu</sub>* : zugeführte Leistung

*P<sub>ab</sub>* : Nutzleistung; hier benötigte Nutzenergiemenge von 2.381.400 kWh/a

*η* : Wirkungsgrad; hier 0,9

### 3.3.1 Hackschnitzelbedarf

Bei einer angenommenen Auslastung des Holzhackschnitzel-Kessels im Grundlastbereich von 80 % pro Jahr und einer zusätzlichen Spitzenlastabdeckung von 10 % des Jahres beträgt die jährlich benötigte Energiemenge aus Holzhackschnitzeln 2.381.400 kWh/a. Waldrestholz aus Nadelhölzern hat in der Regel eine Restfeuchte von etwa 30 %. Der Energiegehalt beträgt hier ca. 846 kWh/srm (Hahn, et al., 2014). Entsprechend werden 2.815 srm/a Holzhackschnitzel aus Waldrestholz benötigt, um den oben genannten Energiebedarf decken zu können. Auf diesem Weg wird die Verwendung von 238.140 l/a Heizöl vermieden.

### 3.3.2 Ölbedarf

Heizöl hat einen Energiegehalt von 10 kWh/l (Hahn, et al., 2014). Um die 10 %-ige Spitzenlast in Höhe von 264.600 kWh/a zu decken, werden demnach 26.460 l/a Heizöl benötigt.

### 3.3.3 CO<sub>2</sub>-Äquivalenz

Durch die Nutzung regenerativer Energiequellen sinkt der Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase. Um diese Einsparung zu quantifizieren und vergleichbar zu machen, werden sogenannte CO<sub>2</sub>-Äquivalente herangezogen. An dieser Stelle werden sowohl die Emissionen durch die Nutzung als auch die Emissionen, die sich durch die Prozesskette zur Bereitstellung ergeben, betrachtet.

Für leichtes Heizöl wird ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 319 g/kWh (KEA, 2014) angenommen. Bei der Nutzung von 264.600 kWh Wärmeenergie aus Heizöl werden demnach rund 84 t CO<sub>2</sub>/a emittiert. Die Verbrennung von Holzhackschnitzeln ist klimaneutral, weil nur das durch das Pflanzenwachstum gebundene CO<sub>2</sub> wieder freigesetzt wird. Durch die vorgeschaltete Prozesskette muss dennoch ein Wert von etwa 23 g CO<sub>2</sub>/kWh (KEA, 2014) in die Bilanzierung aufgenommen werden. 2.381.400 kWh/a Wärmeenergie aus Holzhackschnitzeln entsprechen also dennoch 55 t CO<sub>2</sub>/a. In der Summe ergeben sich 139 t CO<sub>2</sub>/a, die unter den zuvor beschriebenen Bedingungen das Klima belasten.

Der direkte Vergleich mit der ausschließlichen Verwendung von Heizöl zeigt jedoch noch immer deutliche Einsparungen. Würden 2.646.000 kWh/a nur aus Heizöl bereitgestellt, würden Treibhausgasemissionen von 844 t CO<sub>2</sub>/a entstehen. Das sind 705 t CO<sub>2</sub>/a mehr als bei der geplanten Kombination aus Holzhackschnitzeln und Heizöl.

### **3.4 Brennstofflager**

Die Holzhackschnitzel sollten in einem Brennstofflager außerhalb der Heizzentrale gelagert werden, die sich aber möglichst nah am Holzhackschnitzel-Grundlast-Kessel befindet. Das Brennstofflager kann hierbei als Erdbunker, Wechselcontainer oder überdachte Nebenhalle ausgeführt sein. Um den Grundlast-Kessel zu versorgen, ist das Brennstofflager mit Schubböden und mit einer Schneckenaustragung ausgestattet.

Der Ofen verbrennt bei einer installierten Leistung von 330 kW und einer Vollastlaufzeit von 24 h/d ca. 10 srm/d Holzhackschnitzel. Das Brennstofflager sollte ein Volumen von 70 m<sup>3</sup> aufweisen, damit eine Brennstoffversorgung für ca. 1 Woche garantiert werden kann. Die Holzhackschnitzel sollten dabei größtenteils aus den umliegenden Wäldern des Gemeindegebietes kommen, um eine verbesserte CO<sub>2</sub>-Bilanz zu erreichen. Die Verarbeitung von Waldrestholz zu Hackschnitzeln könnte vom benachbarten Holzhandel durchgeführt werden, um Transportwege möglichst gering zu halten.

## **4 Variante 2: Großes Nahwärmenetz**

### **4.1 Bestimmung der Kesselleistung**

Bei dieser Größe beträgt der Nutzenergieverbrauch 7.754.800 kWh/a bei einer Vollbenutzungsstundenzahl von 2.500 h/a. Somit beträgt die theoretische Heizkesselleistung 3.102 kW. Hinzu kommen die Verluste für die Hausübergabestation mit ca. 5 % (155 kW) und die Verluste im Nahwärmenetz mit ca. 10 % (326 kW). Daraus ergibt sich eine Nennwärmeleistung von 3.583 kW. Hierbei ist wie beim kleinen Nahwärmenetz ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,6 anzunehmen. Somit muss eine installierte Leistung von 2.150 kW erreicht werden. Wie in Variante 1 setzt sich diese aus einem 50%-Grundlast-Kessel für Holzhackschnitzel mit 1.075 kW Leistung, einem 30 %-Holzhackschnitzel-Kessel mit 645 kW Leistung für höhere Bedarfszeiten und einem 20 %-Ölkessel mit 430 kW Leistung für Spitzenlastzeiten zusammen.

**Tabelle 4-1: Auslegung der Kesselleistung für das große Nahwärmenetz**

IST-Nutzenergieverbrauch	kWh/a	<b>7.754.800</b>
Vollbenutzungsstunden	h/a	2.500
Theoretische Leistung	kW	3.102
Verlust Heizungsübergabestation 5 %	kW	155
Theoretische Leistung + Verlust HÜ 5 %	kW	3.257
Verlust Netz 10 %	kW	326
Nennwärmeleistung Kessel	kW	3.583
Gleichzeitigkeitsfaktor		0,60
Installierte Leistung Heizzentrale	kW	<b>2.150</b>
<i>Kesselaufteilung Grundlast 50 % HHS</i>	<i>kW</i>	<i>1.075</i>
<i>Kesselaufteilung Spitzenlast 30 % HHS</i>	<i>kW</i>	<i>645</i>
<i>Kesselaufteilung Spitzenlast 20 % Öl</i>	<i>kW</i>	<i>430</i>

## 4.2 Pufferspeicher

Bei dieser Ausführung sollte ein 40 m<sup>3</sup> großer Pufferspeicher eingeplant werden, damit kleinere Schwankungen im Nahwärmenetz abgefangen werden können. Auch hierbei sollte bei einer genaueren Betrachtung darauf geachtet werden, dass ein Pufferspeicher am effektivsten bei einem ausgeprägten Tag-/Nacht-Rhythmus aus Laden und Entladen arbeitet.

## 4.3 Brennstoffbedarf

Unter Beachtung des Endenergiebedarfs und des Energiebedarfs durch den Holzhackschnitzel-Kessel selbst, ergibt sich für diesen ein Wirkungsgrad von 90 %. Um dennoch die benötigte Nutzenergiemenge zu erhalten, müssen 8.616.444 kWh/a Energie aus Brennstoff bereitgestellt werden (siehe hierzu Kapitel 3.3).

### 4.3.1 Hackschnitzelbedarf

Bei einer geschätzten jährlichen Betriebszeit von 80 % Grundlast und 10 % Spitzenlastabdeckung über Hackschnitzel beträgt die jährlich benötigte Energiemenge aus Holzhackschnitzeln 7.754.800 kWh/a. Bei der gleichen Annahme wie unter Kapitel 3.3.1 werden 9.166 srm/a Holzhackschnitzel benötigt. Dieser Bedarf ersetzt damit 775.480 l/a Heizöl.

### 4.3.2 Heizölbedarf

Um die Lastspitzen abdecken zu können, werden jährlich 861.644 kWh/a Energie aus Heizöl benötigt. Unter der Annahme, dass Heizöl einen Energiegehalt von 10 kWh/l hat, ergibt sich ein Verbrauch von 86.164 l/a.

### 4.3.3 CO<sub>2</sub>-Äquivalenz

Anhand der in Kapitel 3.3.3 angesetzten Werte und des für die große Netzvariante ermittelten Wärmebedarfs ergibt sich in der Summe ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 453 t CO<sub>2</sub>/a. Dieser unterteilt sich in 178 t CO<sub>2</sub>/a für die Verbrennung von Holzhackschnitzeln und 275 t CO<sub>2</sub>/a aus der Verwendung von leichtem Heizöl.

Würde man den Wärmeenergiebedarf der angeschlossenen Abnehmer allein über Heizöl decken, würden 2.749 t CO<sub>2</sub>/a emittiert werden. Die CO<sub>2</sub>-Einsparung durch die betrachtete Netzvariante beträgt demnach 2.295 t CO<sub>2</sub>/a.

## 4.4 Brennstofflager

Die Holzhackschnitzel sollten - wie unter 3.4 beschrieben - gelagert und auf die gleiche Art und Weise dem Holzhackschnitzel-Kessel zugeführt werden.

Der Kessel verbrennt so bei einer installierten Leistung von 1.000 kW und einer Vollastlaufzeit von 24 h ca. 28 sm/d Holzhackschnitzel.

Daher sollte das Brennstofflager ein Volumen von 200 m<sup>3</sup> haben, damit eine Brennstoffversorgung für ca. 1 Woche garantiert werden kann. Die Holzhackschnitzel sollten dabei wie bereits bei der kleinen Variante erwähnt bezogen und produziert werden.

## 5 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

### 5.1 Energiekostenvergleich

Tabelle 5-1: Energiekostenvergleich

<b>Aktuelle Preise</b>		
aktueller Heizölpreis (Jan. 2015)	56,00 €/100l	0,056 €/kWh
Heizölpreis Ø (2012-2014)	81,10 €/100l	0,081 €/kWh
Holzhackschnitzel	25,00 €/srm	0,029 €/kWh
<b>Berechnung</b>		
<i>Kosten zur Abdeckung mit 100 % eines Energieträgers für das kleine Nahwärmenetz</i>		
aktueller Heizölpreis (Jan. 2015)	2.646.000 kWh x 0,056 €/kWh	148.176,00 €
Heizölpreis Ø (2012-2014)	2.646.000 kWh x 0,081 €/kWh	214.326,00 €
Holzhackschnitzel	2.646.000 kWh x 0,029 €/kWh	76.734,00 €
<i>Kosten für die geplante Variante kleines Nahwärmenetz</i>		
aktueller Heizölpreis 10 %	264.600 kWh x 0,056 €/kWh	14.817,60 €
Heizölpreis Ø (2012-2014) 10 %	264.600 kWh x 0,081 €/kWh	21.432,60 €
Holzhackschnitzel 90 %	2.381.400 kWh x 0,029 €/kWh	69.060,60 €
<i>Kosten zur Abdeckung mit 100 % eines Energieträgers für das große Nahwärmenetz</i>		
aktueller Heizölpreis	8.616.444 kWh x 0,056 €/kWh	482.520,86 €
Heizölpreis Ø (2012-2014)	8.616.444 kWh x 0,081 €/kWh	697.931,96 €
Holzhackschnitzel	8.616.444 kWh x 0,029 €/kWh	249.876,88 €
<i>Kosten für die geplante Variante großes Nahwärmenetz</i>		
aktueller Heizölpreis 10 %	861.644 kWh x 0,056 €/kWh	48.252,06 €
Heizölpreis Ø (2012-2014) 10 %	861.644 kWh x 0,081 €/kWh	69.793,16 €
Holzhackschnitzel 90 %	7.754.800 kWh x 0,029 €/kWh	224.889,20 €

Im Zeitraum 1995 bis 2014 hat der Heizölpreis eine Teuerung von 8 % erfahren (Anhang 3). Momentan liegt das Angebot auf dem Markt deutlich über Normalniveau, sodass sich ein vergleichsweise geringer Preis von 56 €/100l ergibt. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass sich das Verhältnis von Angebot und Nachfrage wieder zu Ungunsten des Preises verschiebt.

### 5.2 Qualität Holzhackschnitzel

Bei der Verwendung von Holzhackschnitzeln ist die Qualität des Brennmaterials von großer Bedeutung für den tatsächlich nutzbaren Energiegehalt. Ein hoher Wassergehalt (>30%) und die Größe der einzelnen Holzschnitzel verringern den Heizwert deutlich. Je geringer der Heizwert ist, desto geringer ist die Wärmeausbeute und damit der wirtschaftliche Nutzen der Umstellung auf Holzhackschnitzel. **Abbildung 5-1** verdeutlicht den Zusammenhang zwischen Heizwert und Restfeuchte bei Laub- und Nadelholz.

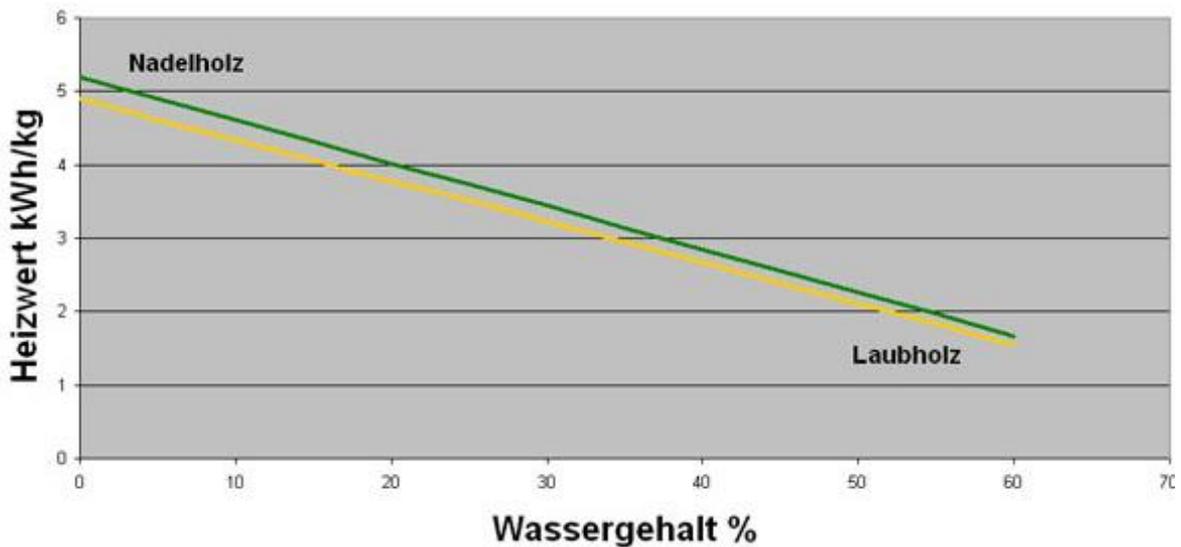


Abbildung 5-1: Zusammenhang von Wassergehalt und Heizwert (FNR, n.a.)

### 5.3 Aufstellung der Energiekosten für 10 Jahre

Die untenstehenden **Tabelle 5-2** bis **Tabelle 5-5** dienen dem Vergleich der Heizkostenentwicklung im Rahmen verschiedener Szenarien für beide Netzvarianten. Betrachtet wird jeweils der Zeitraum von 2015 bis 2025. Für das kleine wie das große Nahwärmenetz wird die Entwicklung der Kosten mit einer Teuerungsrate von 3 % bzw. 8 % dargestellt. Als Brennstoff wird einerseits ausschließlich Heizöl und andererseits die für Bernbach geplante Kombination aus Holzhackschnitzeln und Heizöl angenommen. Dazu erfolgt eine Unterscheidung für den Heizölpreis in Bezug auf den Preis. Es wird sowohl mit dem Stand Februar 2015 (56€/100l) als auch mit dem Durchschnitt der Jahre 2012-2014 (81,10€/100l) gerechnet. Ziel ist es, die möglichen Einsparungen durch die Kombination von Hackschnitzeln und Heizöl gegenüber der ausschließlichen Nutzung von Heizöl zu zeigen.

Ausgehend von der reinen Heizölnutzung mit dem Preis von Februar 2015 entstehen in diesem Jahr Heizkosten in Höhe von 148.176€ bzw. 482.521€ (siehe hierzu auch **Tabelle 5-1**). Momentan liegt die Erdölförderung auf einem außergewöhnlich hohen Niveau, durch das der Marktpreis auffallend niedrig ist. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die geförderten Mengen in absehbarer Zeit wieder gedrosselt werden und der Preis entsprechend steigt. Deshalb werden die Kosten für Heizöl auch mit dem durchschnittlichen Preis von 2012 bis 2014 angegeben. Diese lägen für 2015 bei über 214.000€ bzw. knapp 700.000€. Stellt man diesen Werten die Kosten für die Kombination aus Heizöl und Hackschnitzeln gegenüber, ergeben sich bereits für 2015 Einsparungen zwischen rund 64.000€ und 400.000€. Durch die angenommenen Teuerungsraten summieren sich diese Einsparungen bis Ende 2025 auf bis zu 6,7 Mio. Euro für die große Netzvariante auf.

Tabelle 5-2: Heizkostenentwicklung kleines Nahwärmenetz 3% Teuerung

Jahr	Heizöl 2015	Heizöl Ø	Nahwärmenetz Bernbach		Differenz 2015	Differenz Ø
			HHS + Heizöl 2105	HHS + Heizöl Ø		
2015	148.176,00 €	214.326,00 €	83.878,20 €	90.493,20 €	64.297,80 €	123.832,80 €
2016	152.621,28 €	220.755,78 €	86.394,55 €	93.208,00 €	66.226,73 €	127.547,78 €
2017	157.199,92 €	227.378,45 €	88.986,38 €	96.004,24 €	68.213,54 €	131.374,22 €
2018	161.915,92 €	234.199,81 €	91.655,97 €	98.884,36 €	70.259,94 €	135.315,44 €
2019	166.773,39 €	241.225,80 €	94.405,65 €	101.850,89 €	72.367,74 €	139.374,91 €
2020	171.776,60 €	248.462,58 €	97.237,82 €	104.906,42 €	74.538,77 €	143.556,15 €
2021	176.929,89 €	255.916,45 €	100.154,96 €	108.053,61 €	76.774,94 €	147.862,84 €
2022	182.237,79 €	263.593,95 €	103.159,61 €	111.295,22 €	79.078,18 €	152.298,72 €
2023	187.704,92 €	271.501,76 €	106.254,39 €	114.634,08 €	81.450,53 €	156.867,69 €
2024	193.336,07 €	279.646,82 €	109.442,03 €	118.073,10 €	83.894,05 €	161.573,72 €
2025	199.136,15 €	288.036,22 €	112.725,29 €	121.615,29 €	86.410,87 €	166.420,93 €
<b>Σ</b>	<b>1.708.027,14 €</b>	<b>2.745.043,62 €</b>	<b>1.074.294,85 €</b>	<b>1.159.018,42 €</b>	<b>823.513,09 €</b>	<b>1.586.025,20 €</b>

Tabelle 5-3: Heizkostenentwicklung kleines Nahwärmenetz 8% Teuerung

Jahr	Heizöl 2015	Heizöl Ø	Nahwärmenetz Bernbach		Differenz 2015	Differenz Ø
			HHS + Heizöl 2105	HHS + Heizöl Ø		
2015	148.176,00 €	214.326,00 €	83.878,20 €	90.493,20 €	64.297,80 €	123.832,80 €
2016	160.030,08 €	231.472,08 €	90.588,46 €	97.732,66 €	69.441,62 €	133.739,42 €
2017	172.832,49 €	249.989,85 €	97.835,53 €	105.551,27 €	74.996,95 €	144.438,58 €
2018	186.659,09 €	269.989,03 €	105.662,38 €	113.995,37 €	80.996,71 €	155.993,66 €
2019	201.591,81 €	291.588,16 €	114.115,37 €	123.115,00 €	87.476,45 €	168.473,16 €
2020	217.719,16 €	314.915,21 €	123.244,59 €	132.964,20 €	94.474,56 €	181.951,01 €
2021	235.136,69 €	340.108,43 €	133.104,16 €	143.601,34 €	102.032,53 €	196.507,09 €
2022	253.947,62 €	367.317,10 €	143.752,49 €	155.089,44 €	110.195,13 €	212.227,66 €
2023	274.263,43 €	396.702,47 €	155.252,69 €	167.496,60 €	119.010,74 €	229.205,87 €
2024	296.204,51 €	428.438,67 €	167.672,91 €	180.896,33 €	128.531,60 €	247.542,34 €
2025	319.900,87 €	462.713,76 €	181.086,74 €	195.368,03 €	138.814,13 €	267.345,73 €
<b>Σ</b>	<b>2.466.461,75 €</b>	<b>3.567.560,75 €</b>	<b>1.396.193,53 €</b>	<b>1.506.303,43 €</b>	<b>1.070.268,22 €</b>	<b>2.061.257,32 €</b>

Tabelle 5-4: Heizkostenentwicklung großes Nahwärmenetz 3% Teuerung

Jahr	Heizöl 2015	Heizöl Ø	Nahwärmenetz Bernbach		Differenz 2015	Differenz Ø
			HHS + Heizöl 2105	HHS + Heizöl Ø		
2015	482.520,86 €	697.931,96 €	273.141,26 €	294.682,36 €	209.379,60 €	403.249,60 €
2016	496.996,49 €	718.869,92 €	281.335,50 €	303.522,83 €	215.660,99 €	415.347,09 €
2017	511.906,38 €	740.436,02 €	289.775,56 €	312.628,52 €	222.130,82 €	427.807,50 €
2018	527.263,57 €	762.649,10 €	298.468,83 €	322.007,37 €	228.794,74 €	440.641,73 €
2019	543.081,48 €	785.528,57 €	307.422,89 €	331.667,59 €	235.658,58 €	453.860,98 €
2020	559.373,92 €	809.094,43 €	316.645,58 €	341.617,62 €	242.728,34 €	467.476,81 €
2021	576.155,14 €	833.367,26 €	326.144,95 €	351.866,15 €	250.010,19 €	481.501,11 €
2022	593.439,80 €	858.368,28 €	335.929,30 €	362.422,13 €	257.510,50 €	495.946,14 €
2023	611.242,99 €	884.119,33 €	346.007,18 €	373.294,80 €	265.235,81 €	510.824,53 €
2024	629.580,28 €	910.642,91 €	356.387,39 €	384.493,64 €	273.192,89 €	526.149,26 €
2025	648.467,69 €	937.962,19 €	367.079,01 €	396.028,45 €	281.388,67 €	541.933,74 €
<b>Σ</b>	<b>6.180.028,59 €</b>	<b>8.938.969,95 €</b>	<b>3.498.337,45 €</b>	<b>3.774.231,46 €</b>	<b>2.681.691,14 €</b>	<b>5.164.738,49 €</b>

Tabelle 5-5: Heizkostenentwicklung großes Nahwärmenetz 8% Teuerung

Jahr	Heizöl 2015	Heizöl Ø	Nahwärmenetz Bernbach		Differenz 2015	Differenz Ø
			HHS + Heizöl 2105	HHS + Heizöl Ø		
2015	482.520,86 €	697.931,96 €	273.141,26 €	294.682,36 €	209.379,60 €	403.249,60 €
2016	521.122,53 €	753.766,52 €	294.992,56 €	318.256,95 €	226.129,97 €	435.509,57 €
2017	562.812,33 €	814.067,84 €	318.591,97 €	343.717,50 €	244.220,37 €	470.350,33 €
2018	607.837,32 €	879.193,27 €	344.079,32 €	371.214,91 €	263.757,99 €	507.978,36 €
2019	656.464,30 €	949.528,73 €	371.605,67 €	400.912,10 €	284.858,63 €	548.616,63 €
2020	708.981,45 €	1.025.491,02 €	401.334,12 €	432.985,07 €	307.647,32 €	592.505,96 €
2021	765.699,96 €	1.107.530,31 €	433.440,85 €	467.623,87 €	332.259,11 €	639.906,44 €
2022	826.955,96 €	1.196.132,73 €	468.116,12 €	505.033,78 €	358.839,84 €	691.098,95 €
2023	893.112,44 €	1.291.823,35 €	505.565,41 €	545.436,48 €	387.547,03 €	746.386,87 €
2024	964.561,43 €	1.395.169,22 €	546.010,64 €	589.071,40 €	418.550,79 €	806.097,82 €
2025	1.041.726,35 €	1.506.782,75 €	589.691,49 €	636.197,11 €	452.034,85 €	870.585,64 €
<b>Σ</b>	<b>8.031.794,93 €</b>	<b>11.617.417,69 €</b>	<b>4.546.569,42 €</b>	<b>4.905.131,53 €</b>	<b>3.485.225,51 €</b>	<b>6.712.286,16 €</b>

## 5.4 Kostenschätzung

Tabelle 5-6: Aufstellung der Kostenpositionen (netto)

Kostenpunkt (Nettokosten)	kleines Netz	großes Netz
Heizungsanlage Grundlast HS	86.000 €	237.000 €
Heizungsanlage Spitzenlast HS	53.000 €	145.000 €
Heizungsanlage Spitzenlast Öl	9.000 €	24.000 €
Öltank	12.000 €	110.000 €
Gebäude	40.000 €	40.000 €
Pufferspeicher	6.000 €	15.000 €
Bunker	10.000 €	24.000 €
Erschließung	20.000 €	20.000 €
Baukosten	40.000 €	40.000 €
Übergabestationen	127.500 €	450.000 €
Planungskosten	20.000 €	10.000 €
Wärmenetz	299.000 €	1.150.000 €
<b>Gesamtkosten</b>	<b>722.500 €</b>	<b>2.265.000 €</b>

Die obige Kostenaufstellung basiert auf Angaben aus vergleichbaren Projekten und dient als erste Abschätzung. Die endgültigen Kosten müssen unter Beachtung der aktuellen Preise und der Gegebenheiten vor Ort ermittelt werden.

Die obige Kostenaufstellung versucht die anfallenden Investitionskosten zu schätzen, die für die Umsetzung der kleinen bzw. der großen Netzvariante anfallen. Grundlage hierfür sind Kosten vergleichbarer Projekte. Anhand der dort tatsächlich aufgetretenen Ausgaben wurden Werte für Bernbach abgeleitet. Mehr als eine Orientierung kann jedoch nicht gegeben werden. Entscheidend für die tatsächliche Höhe der Investitionskosten sind letztlich die Angebote von Herstellern und Baufirmen, die Zahl der Wärmeabnehmer und die Gegebenheiten vor Ort, die in einer Studie nicht ausreichend Berücksichtigung finden.

Für beide Varianten stellt die Wärmetrasse selbst die größte Ausgabe dar. Pro Trassenmeter ergeben sich Kosten in Höhe von etwa 230 €/m. Hierin einbezogen sind unter anderem die Netzleitung und die Grabungskosten. Ein weiterer bedeutender Kostenpunkt sind die Übergabestationen von der Wärmeleitung zu den Häusern. Für jede Station muss mit einem Preis von ungefähr 2.500 € gerechnet werden. Die

Gesamtsumme ist dabei direkt abhängig von der Anzahl der Haushalte, die sich anschließen lassen wollen. Den dritten großen Posten stellt die Heizungsanlage dar. Für die kleine Netzvariante liegt der Preis bei rund 150.000 € für alle drei Kessel und für die große Variante aufgrund der Dimensionierung bei über 400.000 €.

## 5.5 Einzahlungen

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung müssen neben den anfallenden Unterhaltungskosten auch einmalige Investitionseinzahlungen und laufende Einzahlungen betrachtet werden. Welche Einzahlungen tatsächlich auftreten und wie hoch diese sein werden, kann auch hier nicht abschließend bestimmt werden. Es darf jedoch davon ausgegangen werden, dass zumindest eine Förderung in Anspruch genommen werden kann. Hierfür kommt insbesondere eine Förderung durch die KfW infrage. Unter der Voraussetzung, dass mindestens 50 % der Energie für das Nahwärmenetz aus regenerativen Quellen stammt und ein Mindestwärmeabsatz von 500 kWh/(Trm\*a) erreicht wird, beträgt der Fördersatz in Form eines Tilgungszuschusses 60 €/Trm. Der Höchstbetrag liegt hier bei 1 Mio. €. (KfW, 2015) Dieser wird weder in der kleinen noch in der großen Netzvariante überschritten, sodass für die gesamte Leitungslänge eine Förderung möglich ist. Es handelt sich in der kleinen Netzvariante um 46.800 € und in der großen Variante um 192.000 €. Zusätzlich bietet die KfW eine Bezuschussung für Übergabestationen an, wenn das dazugehörige Gebäude kein Neubau sondern bereits Bestand ist. Pro Station werden 1.800 € gegeben. (KfW, 2015) Für die 52 Häuser der ersten Variante ergibt sich eine Gesamtsumme von 93.600 €. Bei 180 angeschlossenen Gebäuden beträgt die Summe insgesamt 324.000 €.

Andere Fördermöglichkeiten bestehen ebenfalls (Jürgens, 2011). Letztlich muss die Entscheidung für eine Förderung anhand der endgültigen Ausführung des Nahwärmenetzes erfolgen.

Neben der einmaligen Einzahlung durch eine Bezuschussung fallen natürlich laufende Einzahlungen durch den Verkauf der Wärmeenergie an die Abnehmer an. Der endgültige Preis wird durch die Investitionskosten, die laufenden Kosten für Wartung, Holz und Personal sowie durch den Ölpreis bestimmt. Um den Anschluss an das Nahwärmenetz für die Einwohner von Bernbach attraktiv zu machen, sollte sich der Preis pro Kilowattstunde jedoch immer unter dem aktuellen Preis für alternative (herkömmliche) Quellen bewegen. Ein Gleichgewicht zwischen der Finanzierung der Wärmeversorgung und der Zufriedenheit der Abnehmer sollte das Ziel sein. Günstig ist dabei, dass die einzelnen Abnehmer durch die Zentralisierung selbst kaum noch einen Aufwand für die Wärmeversorgung erbringen müssen. Der Einkauf von Heizöl entfällt, Wartungs- und

Reparaturkosten für die hausinterne Heizungsanlage entfallen und durch die Deinstallation der Anlage im Haus und evtl. des Tanks auf dem Grundstück gewinnen Hausbesitzer Platz zurück, der anderweitig genutzt werden kann.

## **6 Handlungsempfehlung**

Die durchgeführte Betrachtung deutet bei der heutigen Ausgangslage auf hohe Kosten bei der Realisierung eines Bioenergie-Nahwärmenetzes hin. Diese Kosten sind vor allem durch die Dimensionierung der Anlagenvarianten bedingt. Da die Größe solcher Anlagen maßgeblich vom zu deckenden Energiebedarf abhängig ist, gilt es zunächst Maßnahmen zu ergreifen, mit denen der Energiebedarf nachhaltig gesenkt werden kann. In der Folge können technische Einheiten wie Kessel oder Pufferspeicher kleiner und damit kostengünstiger ausgeführt werden. Zu erreichen ist die Senkung des Energiebedarfs in erster Linie durch die Mitwirkung der Bürgerinnen und Bürger, die über einfache Maßnahmen ihren individuellen Bedarf drosseln können.

Die Studie lässt nach heutigem Stand auf hohe Investitionskosten für ein Nahwärmenetz auf Basis erneuerbarer Energien schließen. Zudem kann mit den beiden betrachteten Netzvarianten nur ein Teil von Bernbach versorgt werden. Die meisten Einwohner würden zunächst von einer Anbindung ausgeschlossen sein. Möglicherweise möchten sich von den potentiell anschließbaren Haushalten nicht alle auf die Versorgung durch das Nahwärmenetz umstellen. Die Gründe hierfür sind verschieden und reichen von grundsätzlicher Ablehnung bis hin zu einer vorhandenen neuwertigen Heizungsanlage im eigenen Haus. In jedem Fall würde die Wirtschaftlichkeit des Projekts beeinträchtigt. Sollte der Mindestwärmeabsatz von 500 kWh/(Trm\*a) nicht mehr erreicht werden, entfällt zudem die Förderung durch die KfW (siehe hierzu Kapitel 5.5). Alles in allem erscheint die Investition in ein Nahwärmenetz in Bernbach nach aktueller Sachlage als stark risikobehaftet. Es wird daher empfohlen, im Vorfeld Maßnahmen zu ergreifen, die zu geringeren spezifischen Investitionskosten führen. Zwei Wege können hier gegangen werden. Zum einen besteht die Möglichkeit, den Anschlussbereich auszuweiten und dabei die aktuelle Anlagendimension beizubehalten. Eine andere Möglichkeit besteht in der Reduzierung der Anlagengröße, während weiterhin von 52 bzw. 180 Abnehmern ausgegangen wird. In beiden Fällen sollte zuvor dafür gesorgt werden, dass der Energiebedarf pro Abnehmer gesenkt wird. Alternativ wäre die Ergänzung durch eine weitere Energiequelle wie Biomasse oder Solarenergie möglich. Dies führt jedoch durch zusätzlich benötigte Anlagenteile zu steigenden Investitionskosten und wird daher zunächst nicht in Betracht gezogen. Auch denkbar wäre, die Versorgung über

Erneuerbare Wärmeenergiequellen lediglich als Ergänzung zur bestehenden konventionellen Versorgungslage zu sehen.

Zur Senkung des Energiebedarfs pro Abnehmer sollte der Umgang mit Energie im Alltag verbessert werden. Es greifen hier bereits einfache Maßnahmen, die ohne oder mit nur sehr geringen Investitionskosten umgesetzt werden können. Heizkörper sollten beim Lüften immer abgestellt werden, Zugluft durch schlecht schließende Türen vermieden werden oder die allgemeine Raumtemperatur gesenkt werden. Eine um 1 °C geringere Raumtemperatur lässt den Wärmeenergiebedarf um 6 % sinken (EnergieAgentur.NRW, 2010). Auch eine optimale Luftfeuchtigkeit sorgt für einen geringeren Heizenergiebedarf. Hintergrund ist das subjektive Empfinden des Menschen, durch das trockene Luft grundsätzlich als kälter empfunden wird.

Weitergehende Schritte zur Senkung des Wärmeenergiebedarfs sind Sanierungsmaßnahmen an den Gebäuden. Die meisten betrachteten Häuser sind aus den 1970er und 1980er Jahren. Sind Dämmung von Außenwänden und Dach sowie Fenster und Türen noch aus dieser Zeit, besteht ein enormes Potential zur Senkung des Energiebedarfs. Untenstehende Beispielrechnung bezieht sich auf die Optimierung der Wärmeisolierung eines freistehenden, zweistöckigen Hauses mit einer Wohnfläche von 160 m<sup>2</sup>. Es wurde 1970 gebaut und hat vor der Sanierung einen Heizölverbrauch von 3.720 l/a. Für die Berechnung der monetären Einsparungen wird ein Energiepreis von 0,062 €/kWh und eine Preissteigerung von 5 % angenommen.

**Tabelle 6-1: Energetische und monetäre Einsparungen durch Wärmeisolierung (verändert nach (n.a., 2015))**

	<b>Oberste Geschoss- decke</b>	<b>Fassade</b>	<b>Kellerdecke</b>	<b>Erneuerung Fenster</b>	<b>Alle Maßnahmen</b>
<b>Kosten der Sanierung</b>	2.300	14.000	1.600	11.000	28.900
<b>Energie- einsparung</b>	25 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	50 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	18 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	10 kWh/(m <sup>2</sup> *a)	103 kWh/(m <sup>2</sup> *a)
	4.000 kWh/a	8.000 kWh/a	2.880 kWh/a	1.600 kWh/a	16.480 kWh/a
<b>Ersparnis im 1. Jahr nach der Sanierung</b>	248 €	496 €	179 €	99 €	1.022 €
<b>Ersparnis insg. in 20 Jahren</b>	8.200 €	16.401 €	5.904 €	3.280 €	33.785 €

Die Gemeinde Freigericht kann ihre Bürger bei der Senkung des Wärmeenergiebedarfs im Rahmen ihrer Möglichkeiten unterstützen. Das Angebot von Informationsveranstaltungen, bei denen das nötige Wissen samt Tipps und Tricks zum Energiesparen vermittelt wird, ist ein erster Schritt. Andere Themen, die im Zusammenhang mit einer Reduzierung des Energiebedarfs stehen, sind Informationen zu Finanzierungsmöglichkeiten für Hausbesitzer bei energetischen Optimierungen oder Hintergründe zu baulichen Lösungen. Auch die Schaffung von Anreizen für die Umsetzung von Maßnahmen sollte in Betracht gezogen werden.

## **7 Zusammenfassung**

Im Rahmen des Klimaschutzteilkonzepts Ermittlung der Erneuerbaren Energienpotentiale wurde die Frage nach der Machbarkeit eines Nahwärmenetzes für den Ortsteil Bernbach untersucht, um die Nutzung fossiler Energiequellen in der Wärmeversorgung der Gemeinde reduzieren zu können. Zu diesem Zweck wurden zwei mögliche Umsetzungsvarianten entwickelt, die sich im Wesentlichen in der Größe der Heizanlage und dem anzuschließenden Gebiet unterscheiden. Sowohl Privathaushalte als auch große Abnehmer wurden in die Betrachtung einbezogen. Basis der Wärmeversorgung ist die hauptsächliche Verwendung von Holzhackschnitzeln mit Unterstützung durch Heizöl zu Spitzenlastzeiten. Verschiedene Szenarien der Preisentwicklung haben für beide Varianten Einfluss auf die Beurteilung der Machbarkeit.

Im Fazit wird die autarke Versorgung von Bernbach über eine Heizanlage auf Holzhackschnitzelbasis kritisch gesehen. Zum einen ist mit sehr hohen Investitionskosten zu rechnen, ohne dass dabei der gesamte Ortsteil angeschlossen ist. Zum anderen sollte zunächst der allgemeine Wärmeenergiebedarf des Ortsteils gesenkt werden. Empfohlen wird an dieser Stelle insbesondere eine Unterstützung der Bürger durch die Gemeinde in Form von Informationsveranstaltungen zu diversen Themen. Nach erfolgreicher Optimierung der Energiebedarfslage ist der Aufbau eines autarken Nahwärmenetzes für den Ortsteil Bernbach langfristig durchaus wirtschaftlich realisierbar.

## 8 Literaturverzeichnis

**Beckers, Frank. 2011.** Stromverbrauch bei Standby-Geräten reduzieren. *Stromsparen einfach - Tipps, Ratgeber und Informationen zum effektiven Strom sparen*. [Online] 2011. [Zitat vom: 17. 02 2015.] <http://www.stromsparen-einfach.de/stromverbrauch-standby.php>.

**Eichler, Markus. n.a..** Standby Kosten: sinnloser Stromverbrauch, unnötige Stromkosten. *Wie Energiesparen? Info! Gute Tipps und Möglichkeiten um Strom- und Energiekosten zu sparen*. [Online] n.a. [Zitat vom: 17. 02 2015.] <http://www.wie-energiesparen.info/stromsparen-im-haushalt/haushaltsgeraete/standby-kosten/>.

**EnergieAgentur.NRW. 2010.** *Heizung - Potenziale zur Energieeinsparung*. Düsseldorf : s.n., 2010.

**FNR. n.a..** FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. [Online] n.a. [Zitat vom: 28. 01 2015.] <http://bioenergie.fnr.de/heizen-mit-holz/hackschnitzel/>.

**Gemeinde Freigericht. 2015.** Gemeinde Freigericht - Zahlen, Daten, Fakten. *Gemeinde Freigericht*. [Online] 2015. [Zitat vom: 20. 01 2015.] <http://www.freigericht.de/staticsite/staticsite.php?menuid=8&topmenu=311>.

**Hahn, Jürgen, et al. 2014.** Der Energiegehalt von Holz. [Hrsg.] Bayerische Landesanstalt f Wald u Forstwirtschaft. 07 2014, Merkblatt 12.

**Hessisches Statistisches Landesamt. 2015.** Statistik Hessen - Bevölkerung der Hessischen Gemeinden. *Statistik Hessen*. [Online] 2015. [Zitat vom: 23. 02 2015.] <http://www.statistik-hessen.de/themenauswahl/bevoelkerung-gebiet/regionaldaten/bevoelkerung-der-hessischen-gemeinden/index.html>.

**Jürgens, Inga. 2011.** *Rentabilitätsanalyse für ein Nahwärmenetz auf Grundlage einer Hackschnitzelheizung*. Kiel : s.n., 12 2011.

**KEA. 2014.** KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH. [Online] 2014. [Zitat vom: 12. 02 2015.] <http://www.kea-bw.de/service/emissionsfaktoren/>.

**KfW. 2015.** Erneuerbare Energien Premium - Mit Kredit und Tilgungszuschuss in Wärme investieren. *Kreditanstalt für Wiederaufbau*. [Online] 2015. [Zitat vom: 17. 02 2015.] <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-%28271-281%29/>.

**n.a. 2015.** Heimliche Power-Klauer: Standby-Modus. *Energie sparen im Haushalt*. [Online] 2015. <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/tipps-zum-energiesparen/strom-sparen-im-haushalt/stromverbrauch-standby.html>.

—, 2015. Wärmeisolierung. *Energiesparen im Haushalt*. [Online] 2015. [Zitat vom: 17. 02 2015.] <http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/modernisierung-haus/nachtraegliche-waermedaemmung/waermedaemmung-kosten/waermeisolierung-haus-preis.html>.

**solarcomplex**. 2014. solarcomplex AG. *solarcomplex AG Die zentrale Kraft für erneuerbare Energien am Bodensee*. [Online] 2014. [Zitat vom: 21. 01 2015.] <http://www.solarcomplex.de/energieanlagen/bioenergiedoerfer.html>.

**TECSON-Digital in Felde**. 2015. Tecson - Kompetenz in Tankmesstechnik. [Online] 2015. [Zitat vom: 02. 02 2015.] <http://www.tecson.de/pheizoel.html>.

**Winter, Walter, Haslauer, Thomas und Obernberger, Ingwald**. 2001. Untersuchung der Gleichzeitigkeit in kleine und mittleren Nahwärmenetzen. *Euroheat & Power*. 09 & 10 2001.

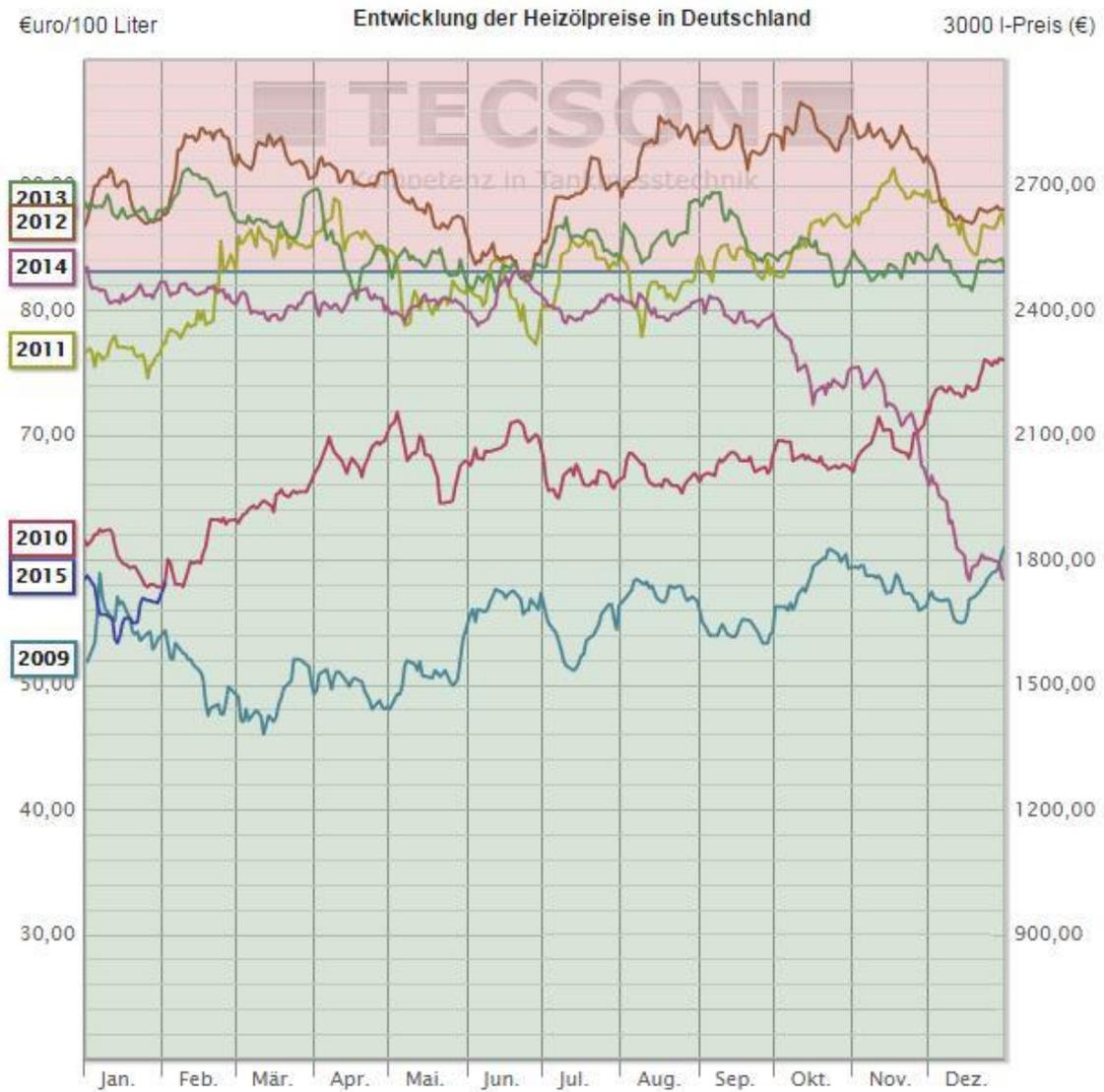
## Anhang

Anzahl	Baujahr / Gebäudeart	beheizte Fläche > m <sup>2</sup> <	Nutzwärme je Haus > kWh/a <	Heizkessel > Alter <	Heizöl > l/a <	kWh/a > Nutzwärme <
31	1980 (teilsaniert) Einfamilienhaus	120	32.400	20 - 25 Jahre	4.320	1.004.400
17	Zweifamilienhaus	204	49.000	20 - 25 Jahre	6.533	833.000
4	Mehr-(4)familienhaus	300	66.000	20 - 25 Jahre	8.800	264.000
1	Holzhandel	1250	160.000		18.824	160.000
1	Metallbetrieb	750	120.000		14.118	120.000
<b>Energiebedarf</b>						<b>2.381.400</b>

**Anh. 1:** Beheizte Fläche in Bernbach zur **Abschätzung** der Energiebedarfsrechnung für das kleine Nahwärmenetz (Variante 1)

Anzahl	Baujahr / Gebäudeart	beheizte Fläche > m <sup>2</sup> <	Nutzwärme je Haus > kWh/a <	Heizkessel > Alter <	Heizöl > l/a <	kWh/a > Nutzwärme <
	<i>1970 (teilsaniert)</i>					
57	Einfamilienhaus	120	32.400	20 - 25 Jahre	4.320	1.846.800
34	Zweifamilienhaus	204	49.000	20 - 25 Jahre	6.533	1.666.000
11	Mehr-(4)familienhaus	300	66.000	20 - 25 Jahre	8.800	726.000
	<i>1980 (unsaniert)</i>					
40	Einfamilienhaus	144	34.500	12 - 18 Jahre	4.313	1.380.000
16	Zweifamilienhaus	245	52.600	12 - 18 Jahre	6.575	841.600
4	Mehr-(4)familienhaus	360	66.600	12 - 18 Jahre	8.325	266.400
	<i>1990 - 2014</i>					
8	Einfamilienhaus	166	24.000	0 - 25 Jahre	2.927	192.000
5	Zweifamilienhaus	282	35.200	0 - 25 Jahre	4.293	176.000
1	Fensterbauer	3000	210.000		24.706	210.000
1	Holzhandel	1250	160.000		18.824	160.000
1	Kirche	350	45.000		5.294	45.000
1	Pfarrgebäude	200	65.000		7.647	65.000
1	Metallbetrieb	750	120.000		14.118	120.000
1	Regenbogenschule	300	60.000		7.059	60.000
<b>Energiebedarf</b>						<b>7.754.800</b>

**Anh. 2:** Beheizte Fläche in Bernbach zur **Abschätzung** der Energiebedarfsrechnung für das große Nahwärmenetz (Variante 2)



**Anh. 3:** Schwefelarmes Heizöl, inkl. MwSt., bezogen auf 3000 l, inkl. Anlieferung Nahbereich (TECSON-Digital in Felde, 2015)