

UNIVERSITÉ DU
LUXEMBOURG

Bachelorarbeit:

**Energie- und Klimaschutzkonzept der Gemeinde
Vichten**

**Bachelor professionnel en Ingénierie, filière Energie et
Environnement**

Autor : Jaeger Steffi

Matrikelnummer : 0120845109

Betreut von:

Prof.Dr-Ing. Frank Scholzen

Abgabetermin:

15/06/2016

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1. Einleitung	7
2. Klimaschutz in Luxemburg	9
3. Aufgabenstellung.....	10
4. Die Gemeinde Vichten	11
5. Aktuelle Energieversorgung	12
5.1 Analyse der Verbräuche in den gemeindeeigenen Gebäuden.....	12
5.2 Verbrauch an Strom und Wärme der privaten Haushalte	17
5.3 Verbrauch an Strom und Wärme der Betriebe	20
5.4 Aktuelle Energieversorgung in der Gemeinde	21
5.5 Nahwärmenetz/Gasnetz	22
5.6 Analyse der lokalen Produktionsanlagen	23
5.6.1 Aktuelle Energieproduktion aus Erneuerbaren Energien im Gemeindegebiet	23
5.7 Abschätzung der Treibhausgasemissionen durch den aktuellen Verbrauch	25
6. Möglichkeiten zur Energieeinsparung und Energieeffizienz	27
6.1 Gemeindegebäude und Fuhrpark	30
6.2 Private Haushalte	46
7. Potenzialanalyse für den Ausbau Erneuerbarer Energien	48
7.1 Potenziale der Landwirtschaft.....	48
7.1.1 Bestandsaufnahme bestehender Biogasanlagen	48
7.1.2 Potenzial einer Biogasanlage.....	48
7.1.3 Bewertung des landwirtschaftlichen Potenzials	52
7.2 Potenziale der Forstwirtschaft.....	54
7.2.1 Abschätzung des Energieholzes	54
7.2.2 Bewertung des forstwirtschaftlichen Potenzials	56
7.3 Potenziale der Sonnenenergie	57
7.3.1 Abschätzung des Potenzials	57
7.3.2 Bewertung des Solar-Potenzials	58
7.4 Potenziale der Windkraft	59
7.4.1 Bestandsaufnahme bestehender Anlagen	59
7.4.2 Potenzial der Windkraft.....	59

7.5	Potenziale der Wasserkraft.....	60
7.5.1	Bestandsaufnahme bestehender Anlagen	60
7.5.2	Bewertung des Wasserkraftpotentials	60
7.6	Potenziale der Geothermie	61
7.6.1	Analyse der hydrogeologischen Begebenheiten.....	62
7.6.2	Bewertung des Geothermie Potentials.....	62
8.	Vorschlag eines Szenarios.....	63
8.1	Nahwärmenetz	63
8.2	Verbrauchsanalyse	63
8.3	Kesseldimensionierung	64
8.4	Heizölbrennwertkessel.....	65
8.5	Wärmepumpe.....	65
8.6	Stückholz-/Hackschnitzelanlage	66
8.7	Holzpellettheizung	67
8.8	Vergleich der Kosten Heizöl/Pellets	68
8.9	CO ₂ -Bilanz.....	68
9.	Zusammenfassung	69
10.	Quellenverzeichnis.....	70
10.1	Literatur.....	70
10.2	Internet	70
10.3	Bildquellen.....	71

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Veränderung des arktischen Meereises
- Abbildung 2: Abgemagerter Eisbär
- Abbildung 3: Überschwemmte Region
- Abbildung 4: CO₂-Austoss weltweit
- Abbildung 5: Logo Klimapakt
- Abbildung 6: Vichten
- Abbildung 7: Kanton Redingen
- Abbildung 8: Römisches Mosaik in Vichten
- Abbildung 9: Strombedarf der einzelnen Gebäude
- Abbildung 10: Skala Energiebedarf
- Abbildung 11: Wärmebedarf der einzelnen Gebäude
- Abbildung 12: Skala Energiebedarf
- Abbildung 13: Stromverbrauch pro Haushalt
- Abbildung 14: Stromverbrauch in Abhängigkeit der Personen
- Abbildung 15: Hauptheizungsarten
- Abbildung 16: Wärmeschutzklassen von 32 Haushalten
- Abbildung 17: Möglichkeit für ein Nahwärmenetz
- Abbildung 18: Gesamter Strombedarf der Gemeinde
- Abbildung 18: Gesamter Wärmebedarf der Gemeinde
- Abbildung 20: Auszug des MDDI von privaten Photovoltaikanlagen (2016)
- Abbildung 21: Zertifizierung des „Naturstrom“ von Enovos
- Abbildung 22: Standby-Modus von elektrischen Geräten
- Abbildung 23: Gemeindegebäude
- Abbildung 24: Feuerwehrgebäude
- Abbildung 25: Schule
- Abbildung 26: Précoce
- Abbildung 27: Sporthalle
- Abbildung 28: Kirche
- Abbildung 29: Mischhaus
- Abbildung 30: Aal Schmétt
- Abbildung 31: Kirche Michelbuch
- Abbildung 32: Bauperiode
- Abbildung 33: Durchgeführte Sanierungen
- Abbildung 34: Arten der durchgeführten Sanierungen

Abbildung 35: Aufbau einer Biogasanlage

Abbildung 36: Auszug vom Statec/SER der Flächen von unterschiedlichen Pflanzenkulturen

Abbildung 37: Biogaserträge unterschiedlicher Stoffe

Abbildung 38: Landwirtschaftliches Potential

Abbildung 40: Holzmengen im Kanton Redange

Abbildung 41: Auszug „Abschätzung des Photovoltaik Potentials auf Dachflächen in Deutschland“

Abbildung 42 : „Réidener Kanton“

Abbildung 43: Auszug Windkraftpotentialstudie Kanton Réiden

Abbildung 44: Verlauf der „Viichtbaach“

Abbildung 45: Unterschiedliche Verfahren zur Erdwärmenutzung

Abbildung 46 :Einteilung der Zonen für Tiefenbohrungen

Abbildung 47: Vorzugsgebiet für ein Nahwärmenetz

Abbildung 48: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe

Abbildung 49: Pelletpresse

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Stromverbrauch der kommunalen Gebäude
- Tabelle 2: Bewertung der kommunalen Gebäude
- Tabelle 3: Heizölbedarf der kommunalen Gebäude, EnerCoach
- Tabelle 4: Verbrauchsdaten der Gebäude welche mit elektrisch geheizt werden, EnerCoach
- Tabelle 5: Bewertung der kommunalen Gebäude, EnerCoach
- Tabelle 6: Anzahl der Personen in den jeweiligen Haushalten
- Tabelle 7: Hauptheizungsarten der Haushalte
- Tabelle 8: Heizbedarf der 37 Haushalte
- Tabelle 9: Gesamter Heizbedarf der gesamten Haushalte
- Tabelle 10: Einteilung des Wärmebedarfes in unterschiedliche Heizquellen
- Tabelle 11: Kommunale und private Stromproduktion
- Tabelle 12: Kommunale und private Wärmeproduktion
- Tabelle 13: CO₂-Bilanz des Strombedarfes
- Tabelle 14: CO₂ Bilanz des Wärmebedarfes
- Tabelle 15: CO₂-Bilanz von Strom und Wärme der Gemeinde
- Tabelle 16: Flächenangaben der verschiedenen Pflanzenkulturen
- Tabelle 17: Biogasertrag durch Gülle
- Tabelle 18: Biogasertrag durch Mist
- Tabelle 19: Potenzielle Energie durch Exkremente
- Tabelle 20: Potenzielle Energie durch Abfall
- Tabelle 21: Wirkungsgrad BHKW
- Tabelle 22: Gesamte potenzielle Energie
- Tabelle 23: Energiepotential als Scheitholz/Holzhackschnittel
- Tabelle 24: Energiepotential Holzhackschnittel
- Tabelle 25: Faktor zur Bestimmung der Dachfläche
- Tabelle 26: Nutzbare Dachfläche
- Tabelle 27: Einteilung der nutzbaren Dachfläche
- Tabelle 28: Potenzial Stromproduktion
- Tabelle 29: Verbrauchsanalyse der drei Gebäude
- Tabelle 30: Gesamte Wärmeproduktion der drei Gebäude
- Tabelle 31: Kosten Heizöl/Pellets
- Tabelle 32: Jährliche Einsparung an Heizkosten
- Tabelle 33: Emissionsfaktoren
- Tabelle 34: CO₂-Bilan

1. Einleitung

Der Klimawandel gehört zu den aktuellsten Themen weltweit und ist zugleich die größte Herausforderung für die Menschheit. Ursache für den Klimawandel sind Treibhausgase. Es gibt den natürlichen Treibhauseffekt und den anthropogenen Treibhauseffekt. Die natürlichen Treibhausgase verhindern dass die gesamte Wärmestrahlung ins Weltall entweicht und sind somit von großer Bedeutung, denn ohne diesen wäre ein Leben auf der Erde nicht möglich. Der anthropogene Treibhauseffekt sind, die vom Menschen erzeugten, Treibhausgase. Durch die Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) wurde die Konzentration der Treibhausgase in den letzten Jahren zu stark erhöht was sich negativ auf die globale Temperatur auswirkte. Die Erhöhung der globalen Temperatur verbleibt nicht ohne Konsequenzen. Die Natur, die Gesellschaft und die Wirtschaft hat unter der Temperaturerhöhung zu kämpfen, was folgende Konsequenzen mit sich bringt: Verschiebung der Vegetationszonen, Rückgang der Gletscher, Anstieg des Meeresspiegels, Verlust von kultivierbarer Landfläche, Verbreitung von Tropenkrankheiten, Zunahme von Wetterextremen, Migrationsströme großer Bevölkerungsgruppen (Klimaflüchtlinge), Luftverschmutzung und Aussterben von Pflanzen-und Tierarten.

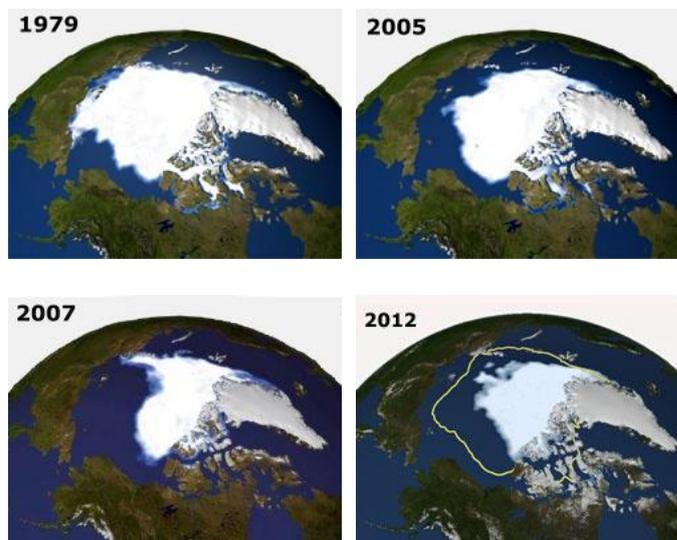


Abbildung 1 : Veränderung des arktischen Meereises

Ein Beispiel der Erderwärmung sind diese erschreckenden Satellitenfotos der NASA welche verdeutlichen wie ernst die Situation ist und wie sehr sich die Erwärmung der Temperatur auf die Ausdehnung des Eises auswirkt.



Abbildung 2: Abgemagerter Eisbär



Abbildung 3: Überschwemmte Region

Wie bereits erwähnt, bringt der Klimawandel viele Folgen mit sich. Bilder welche den Klimawandel gut verdeutlichen sind zum einen abgemagerte Tiere und zum anderen Überschwemmungen. Durch das Schmelzen des Eises finden viele Tiere keine Nahrung mehr. *„In den letzten Jahren veränderte der Klimawandel verstärkt das Leben der Polbewohner“*.¹ Eine weitere Folge ist zudem der Anstieg des Meeresspiegels. *„Es ist unverkennbar, dass weltweit die Zahl der Überschwemmungen zunimmt“*.² Die Tierwelt, wie aber auch die Menschen sind vom Klimawandel betroffen.

Um die Erderwärmung zu verhindern gibt es zwei Möglichkeiten:

- globaler Energieverbrauch reduzieren
- fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzen

Der größte Teil des weltweiten Energiebedarfes wird jedoch noch immer durch fossile Energieträger gedeckt. *„Der Energiebedarf der Menschheit steigt und steigt - und könnte sich bis 2050 verdoppeln“*.³ Durch den zunehmenden Energiebedarf wird die Nachfrage an Strom, Gas, Öl und Kohle...etc. ebenfalls zunehmen, was zu einer erheblichen Steigerung der Emissionen führen wird. Es besteht also Handlungsbedarf. Damit sich das Klima nicht noch weiter erwärmt wurden einige Initiativen ergriffen. Eine davon ist das «Kyoto-Protokoll», ein Klimaschutzabkommen welches beim Weltklimagipfel in Japan durch die Vereinten Nationen gegründet wurde. Dieses Abkommen hat als Ziel die globale Klimaerwärmung zu verhindern und den Ausstoß der Treibhausgasemissionen weltweit zu senken. Dabei ist jedes Land eine Reihe Verpflichtungen gegen den Klimawandel eingegangen, die bis zu einem gewissen Zeitraum eingehalten werden müssen. Eine weitere Initiative ist die sogenannte „Energy Roadmap 2050“ welche von der Europäischen Union gegründet wurde. Sie hat als Ziel, bis 2050, bis zu 80% der Treibhausgasemissionen innerhalb Europa zu reduzieren.

Nur durch Förderung der Erneuerbaren Energien und Senkung des Energiebedarfes können alle diese Ziele erreicht werden und die Erderwärmung gestoppt werden. Um den globalen Energieverbrauch zu reduzieren muss jeder Einzelne seinen Teil dazu beitragen. Man sollte dabei seinen Lebensstil überdenken und Veränderungen, welche sich positiv auf die Reduktion des Energieverbrauches auswirken, vornehmen.

Durch die Nutzung von erneuerbaren Energien können fossile Energieträger geschont werden und somit können die Emissionen um einiges herabgesetzt werden. Anders als die fossilen Energiequellen Erdgas, Kohle und Erdöl, die endliche Ressourcen darstellen und bei ihrer Nutzung zu hohen CO₂-Emissionen führen, basieren die erneuerbaren Energien auf der Nutzung von Ressourcen, die regenerativ sind und damit praktisch unendlich zur Verfügung stehen.

¹Christine Kewitz: „Diese Fotos ausgemergelter Eisbären verdeutlichen das Drama der Erderwärmung“, <http://motherboard.vice.com>, 2015

² <http://www.klima-wandel.eu/ueberschwemmung.html>

³<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/prognose-bis-2050-droht-verdopplung-des-energiebedarfs-a-516942.html>

2. Klimaschutz in Luxemburg

Auch in Luxemburg ist der CO₂-Ausstoß ein wichtiges Thema. Im den 90er Jahren konnte der Ausstoß stark reduziert werden, da die Arbed-Werke auf Elektrostahl umgesetzt wurden, jedoch zählt Luxemburg noch immer zu den Ländern weltweit mit dem größten pro Kopf Ausstoß an CO₂. So werden in Luxemburg etwa 22,1 Tonnen an CO₂ jährlich pro Kopf ausgestoßen. Ursache für diese hohe nationale CO₂-Bilanz ist vor allem der Tanktourismus, welcher viele Ausländer aufgrund der günstigen Tanktarife anlockt.

CO₂-Ausstoß weltweit (2005)

Land	pro Kopf in Tonnen	Gesamt in Millionen Tonnen
Luxemburg	22,1	10
USA	19,8	5.987
Russland	10,8	1.559
Deutschland	10,5	865
Japan	10,1	1.294
Österreich	9,8	80
Großbritannien	9,5	564
Spanien	8,6	369
Italien	8,4	489
Schweiz	6,1	45
Schweden	6,0	54
Indien	1,0	1.123
China	3,6	4.770

Abbildung 4 :CO₂-Austoss weltweit

Luxemburg bleibt nicht verschont und wird zum Handeln angeregt. Durch die Forderungen des Kyoto Protokolls sollte Luxemburg in einem Zeitraum zwischen 2008 und 2012 seine CO₂-Emissionen um 28% im Vergleich zu 1990 senken. Dieses Ziel konnte jedoch nicht erreicht werden.

2010 wurde von der Luxemburgischen Regierung eine Organisation namens « *Partenariat pour la protection de l'environnement et du climat* » gegründet. Die Organisation hat als Ziel, Maßnahmen gegen den Klimawandel zu schaffen und sich somit für den Klimaschutz in Luxemburg einzusetzen. Eine dieser Maßnahmen ist es, bis 2020 die Emissionen um 20% zu reduzieren. Zudem sollen bis 2020, 11% der fossilen Energiequellen durch erneuerbare Energien ersetzt werden.

Daraufhin wurde ebenfalls 2011 der Klimapakt gegründet, mit dem Ziel die Emissionen zu senken und die erneuerbaren Energien zu fördern. Der Klimapakt wird in der darauffolgenden Seiten genauer beschrieben.

3. Aufgabenstellung

Um die Ziele der Europäischen Union auch in Luxemburg realisieren zu können, wurde 2011 ein Gesetzesentwurf realisiert welcher sich auf die Gemeinden bezieht, der sogenannte Klimapakt. Gemeinden, welche sich besonders stark für den Umweltschutz einsetzen und die vorgeschriebenen Punkte des Paktes erfüllen, werden finanziell vom Staat unterstützt. Da die Gemeinde Vichten 2013 ebenfalls dem Klimapakt beigetreten ist, müssen einige Punkte im sogenannten Maßnahmenkatalog erfüllt werden. Einer dieser Punkte ist es, ein Energie- und Klimaschutzkonzept der Gemeinde zu erstellen.

Die Aufgabe dieses Energie- und Klimaschutzkonzeptes ist es eine Grundlage für die Energieplanung zu schaffen. Dabei werden die Verbräuche der letzten Jahre (Ist Zustand) der kommunalen Gebäude, der privaten Haushalte und der Betriebe analysiert und bewertet. Anschließend kommt es zu einer Abschätzung der Treibhausgasemissionen durch den aktuellen Verbrauch. Nachdem der Ist-Zustand analysiert wurde, werden Energieeinsparmöglichkeiten und Potenziale für den Ausbau erneuerbarer Energien vorgestellt. Mithilfe der aufgenommenen Daten werden dann Szenarien präsentiert mit denen die Energieeffizienz verbessert werden könnte.

Mithilfe dieses Dokumentes wird deutlich, ob der energetische Zustand der Gemeinde gut ist oder ob Handlungsbedarf besteht.



Abbildung 5: Logo Klimapakt

4. Die Gemeinde Vichten

Die Gemeinde Vichten ist eine Ortschaft in Luxemburg welche sich im Kanton Redingen befindet, zu der ebenfalls die Ortschaft Michelbuch gehört. Die Lage der Gemeinde befindet sich etwas oberhalb des Zentrums. Die Fläche der beiden Ortschaften beläuft sich dabei auf 12,26 km². Die Zahl der Einwohner ist in den letzten Jahren um einiges gewachsen. 2015 besaß die Gemeinde 1088 Einwohner mit ungefähr 440 Haushalten.



Abbildung 6: Vichten

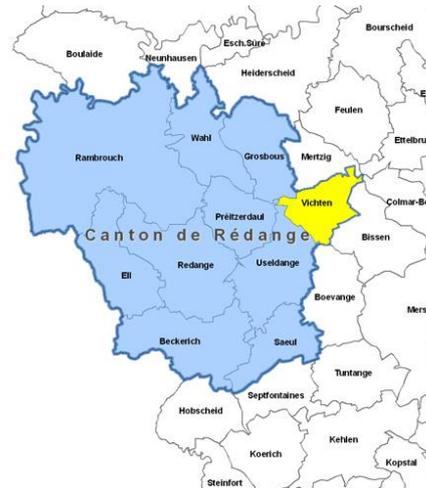


Abbildung 7: Kanton Redingen

Besonders durch die Entdeckung eines historischen Fundes im Jahre 1995 wurde die Gemeinde bekannt. Dabei handelt es sich um ein römisches Mosaik von 240 n. Chr. Eine Kopie des Meisterwerkes wurde zwischen der Kirche und dem Gemeindegebäude angelegt und kann dort jederzeit bewundert werden.



Abbildung 8: Römisches Mosaik in Vichten

5. Aktuelle Energieversorgung

5.1 Analyse der Verbräuche in den gemeindeeigenen Gebäuden

Die Gemeinde Vichten verwaltet mehrere Gebäude. Darunter fallen unter anderem das Gemeindegebäude selbst, das Feuerwehrgebäude, die Schule, die Précoce/Maison-Relais, die Sporthalle/Gemeindeatelier, die Kirche in Vichten, das „Mischhaus“, die „Aal Schmëtt“, sowie die Kirche in Michelbuch. Mithilfe des Programmes „EnerCoach“ welche durch die Zusammenarbeit der Gemeinde ausgefüllt wurde, kann der Strombedarf wie auch der Wärmebedarf der letzten Jahre von den einzelnen Gebäuden bestimmt werden:

➤ Verbrauch an Strom

In der nachfolgenden Tabelle sind alle Stromverbräuche der einzelnen Gebäude in einem Zeitraum zwischen 2013 und 2015 aufgelistet.

Gebäudenutzung	2013	2014	2015	Durchschnittlicher Strombedarf
	kWh	kWh	kWh	kWh/a
Gemeinde	18.210	15.956	15.211	16.459
Feuerwehr	6.350	5.808	6.247	6.135
Schule	40.856	40.803	38.584	40.081
Précoce/Maison Relais	115.141	114.990	108.708	112.946
Sporthalle/Atelier	29.713	29.675	28.433	29.274
Kirche Vichten	6.833	4.113	3.592	4.846
Mischhaus	2.042	2.499	1.795	2.112
Aal Schmëtt	k.A	1.143	1.143	1.143
Kirche Michelbouch	1.200	1.200	1.200	1.200
Gesamter Stromverbrauch	220.345	216.188	204.913	214.196

Tabelle 1: Stromverbrauch der kommunalen Gebäude, EnerCoach

Der durchschnittliche Stromverbrauch der gesamten kommunalen Gebäude liegt bei **214.196 kWh/a**.

Bei den Gebäuden „Aal Schmëtt“ und der Kirche in Michelbuch wurde erst letztes Jahr ein separater Stromzähler angebracht. 2015 konnte somit der reale Stromverbrauch bei den beiden Gebäuden festgelegt werden. Da die zwei Gebäude kaum genutzt werden, wurde für den Stromverbrauch für 2013/2014 der gleiche Wert angenommen. Zum Stromverbrauch von 2013 der „Aal Schmëtt“ gibt es keine Angaben, da dieses Gebäude erst 2014 zu kommunalem Besitz gehörte.

Im nachfolgenden Diagramm wird deutlich, welches Gebäude am wenigsten bzw. am meisten Strom benötigt. So braucht die Kirche in Michelbuch fast kaum Strom, wo hingegen die Maison Relais von allen Gebäuden am meisten Strom benötigt.

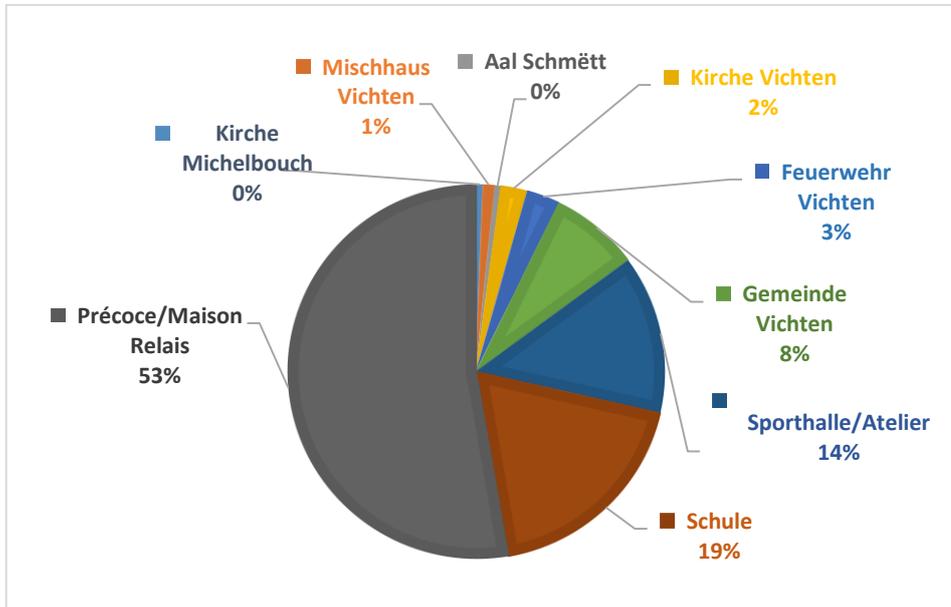


Abbildung 9: Strombedarf der einzelnen Gebäude

Um die einzelnen Gebäude bezüglich des Strombedarfes bewerten zu können, wird die Energiebezugsfläche mit in Betracht gezogen. Unter der Energiebezugsfläche versteht man alle Flächen eines Gebäudes welche geheizt oder klimatisiert werden. Der errechnete Wert wird dann mit einem Referenzwert verglichen. Bei Referenzkennwerten handelt es sich um typische spezifische Energieverbräuche. Anschließend kann analysiert werden, ob das Gebäude einen hohen bzw. niedrigen Stromverbrauch aufweist.

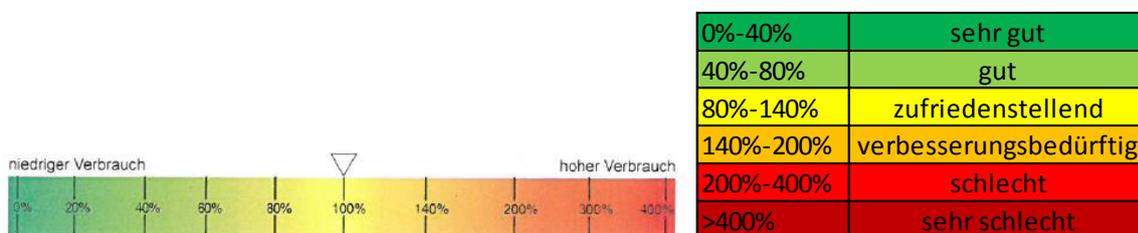


Abbildung 10: Skala Energiebedarf

Die Bewertung der einzelnen Gebäude fällt dabei folgendermaßen aus:

Gebäudenutzung	Durchschnittlicher Strombedarf [kWh/a]	Energiebezugsfläche [m ²]	Endenergie [kWh/m ² a]	Referenzwert [kWh/m ² a]	Erzielter Wert	Bewertung
Gemeinde	16.459	419	39	41	95%	zufriedenstellend
Feuerwehr	6.135	339	18	18	100%	zufriedenstellend
Schule	40.081	2.875	14	38	37%	sehr gut
Maison Relais	112.946	938	120	80	150%	verbesserungsbedürftig
Sporthalle/Atelier	29.274	1.075	27	56	48%	gut
Kirche Vichten	/	/	/	/	/	/
Mischhaus	2.112	180	12	33	36%	sehr gut
Aal Schmétt	1.143	140	8	20	40%	gut
Kirche Michelbouch	/	/	/	/	/	/

Tabelle 2: Bewertung der kommunalen Gebäude, EnerCoach

Wie man erkennen kann ist der Strombedarf bei fast allen Gebäuden zufriedenstellend bis gut. Nur die Maison Relais weist einen schlechten Energieverbrauch bezüglich des Stromes auf. Hier sollten Optimierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

➤ Verbrauch an Wärme

Fast alle kommunalen Gebäude werden mit Heizöl versorgt. Die „Aal Schmett“ und die Kirche in Michelbuch werden mithilfe von Elektrokonvektoren geheizt. In den nachfolgenden Tabellen ist der jährliche Wärmebedarf der einzelnen Gebäude, für den Zeitraum zwischen 2013 und 2015 dargestellt.

Gebäude welche mit Heizöl versorgt werden:

Gebäudenutzung	2013	2014	2015	Durchschnittlicher Verbrauch	Durchschnittlicher Verbrauch
	Liter	Liter	Liter	Liter/Jahr	kWh/a
Gemeinde	7.764	6.298	4.761	6.274	62.116
Feuerwehr	3.882	3.149	3.082	3.371	33.373
Schule	21.153	14.762	17.422	17.779	176.012
Précoce/Maison Relais	15.385	10.012	9.596	11.664	115.477
Sporthalle/Atelier	18.051	17.368	13.913	16.444	162.796
Kirche Vichten	11.061	6.085	6.091	7.746	76.682
Mischhaus	4.577	4.195	3.103	3.958	39.188
Gesamter Wärmebedarf				67.237	665.643

Tabelle 3: Heizölbedarf der kommunalen Gebäude, EnerCoach

Der Energiegehalt von Heizöl beträgt $9,9\text{kWh/Liter}^1$. Somit haben wir bei den Gebäuden welche mit Heizöl versorgt werden, einen Energieverbrauch von ungefähr **665.000 kWh/a**.

Gebäude welche mit elektrisch versorgt werden:

	2013	2014	2015	Durchschnittlicher Verbrauch
	kWh	kWh	kWh	kWh/a
Aal Schmett	k.A	5.989	10.284	8.137
Kirche Michelbuch	22.339	10.680	13.068	15.362
Gesamter Wärmebedarf				23.499

Tabelle 4: Verbrauchsdaten der Gebäude welche mit elektrisch geheizt werden, EnerCoach

Bei den Gebäuden welche mit Elektrisch betrieben werden haben wir einen Energieverbrauch von ungefähr **23.500 kWh/a**.

Der Wärmebedarf bei diesen zwei Gebäuden wird wie bereits erwähnt über einen separaten Zähler erfasst welcher letztes Jahr angebracht wurde. Der Wärmebedarf der „Aal Schmett“ war im Jahre 2015 relativ hoch, da die Elektrokonvektoren auf höchster Stufe eingestellt waren und das ganze Jahr so betrieben wurden. Da das Gebäude kaum genutzt wird, fiel dies keinem auf.

Die gesamten kommunalen Gebäude haben somit einen Endenergieverbrauch von ungefähr **700.000 kWh/a**.

¹ Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels et modifiant 1

Auch hier ist im nachfolgenden Diagramm ist gut zu erkennen, welches Gebäude am meisten an Wärme benötigt. So sieht man gut dass bei der Schule wie auch bei der Sporthalle der Energiebedarf am Größten ist, wo hingegen die Kirche in Michelbuch und die „Aal Schmëtt“ eher wenig an Wärme benötigen.

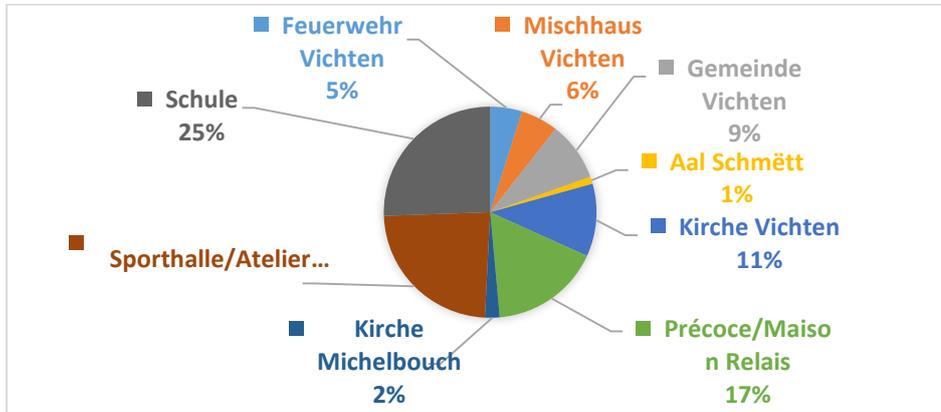


Abbildung 11: Wärmebedarf der einzelnen Gebäude

Wie beim Strom werden auch die Gebäude bezüglich ihres Wärmebedarfes bewertet:

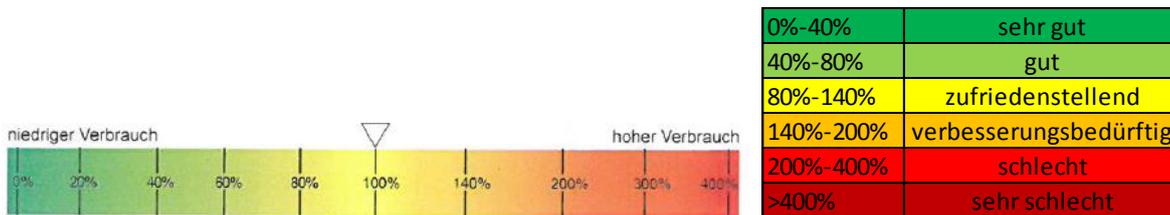


Abbildung 12: Skala Energiebedarf

Die Bewertung der Gebäude fällt dabei folgendermaßen aus:

Gebäudenutzung	Durchschnittlicher Wärmebedarf [kWh/a]	Energiebezugsfläche [m ²]	Endenergie [kWh/m ² a]	Referenzwert [kWh/m ² a]	Erzielter Wert	Bewertung
Gemeinde	62.116	419	148	180	82%	zufriedenstellend
Feuerwehr	33.373	339	98	171	57%	gut
Schule	176.012	2.875	61	134	45%	gut
Maison Relais	115.477	938	123	240	51%	gut
Sporthalle/Atelier	162.796	1.075	151	181	84%	zufriedenstellend
Kirche Vichten	/	/	/	/	/	/
Mischhaus	39.188	180	218	224	97%	zufriedenstellend
Aal Schmëtt	8.137	140	58	268	21%	sehr gut
Kirche Michelbuch	/	/	/	/	/	/

Tabelle 5: Bewertung der kommunalen Gebäude, EnerCoach

Die Bewertung der einzelnen Gebäude fällt relativ gut aus, woraus man schließen kann dass die Gebäudehüllen bei den meisten Gebäuden in einem guten Zustand sind.

5.2 Verbrauch an Strom und Wärme der privaten Haushalte

Um den Energieverbrauch in den Haushalten zu bestimmen wurde von der Gemeinde im Juli 2014 eine Umfrage erstellt. Dabei bekam jeder Haushalt einen Fragebogen zugeschickt, den jeder freiwillig beantworten konnte. In dieser Umfrage wurden Fragen über den Strom- und Wärmebedarf gestellt. Zusätzlich konnte man noch Angaben über Haushalt und Heizungstechnik ausfüllen. An dieser Umfrage haben von insgesamt 440 möglichen Haushalten 42 Haushalte teilgenommen. Da nur 10% an der Umfrage teilgenommen haben sind Verfälschungen der Ergebnisse möglich. Da man zudem nichts überprüfen kann besteht die Möglichkeit dass die von den Haushalten angegebenen Daten fehlerhaft sein könnten. Die Daten der Umfrage liefern uns eine grobe Schätzung und sind nicht für präzise Rechnungen gedacht.

Einige Angaben aus den Fragebogen wurden jedoch nicht in der Bewertung mit berücksichtigt da diese größenmäßig nicht stimmen konnten. So wurden bei manchen Analysen mit weniger als 42 Fragebogen gearbeitet.

Mithilfe der Umfrage konnte festgestellt werden wie groß der Strombedarf bei den teilgenommenen Haushalten ist. Somit konnten die Haushalte in Kategorien mit unterschiedlichen Verbräuchen zugeordnet werden.

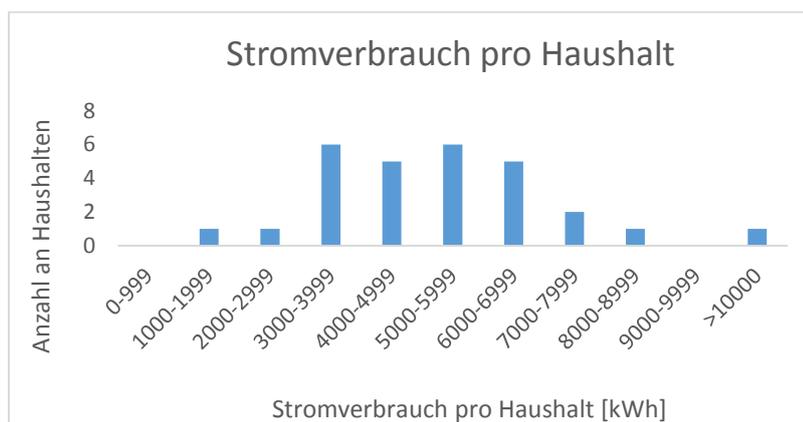


Abbildung 13: Stromverbrauch pro Haushalt

Wie man feststellen kann, belaufen sich die meisten Haushalte bei einem Stromverbrauch zwischen 3000-7000 kWh/a. Der durchschnittliche Stromverbrauch pro Haushalt liegt somit ungefähr bei **5250kWh/a**. Der Strombedarf der gesamten Haushalte (Stand 2015: 440 Haushalte) beträgt hochgerechnet um die **2.310.000 kWh/a**. Der Stromverbrauch ist stark abhängig von der Anzahl der Personen im Haushalt. Mithilfe der Umfrage konnte man feststellen wieviel die Anzahl der Personen in den jeweiligen Haushalten beträgt:

1-Personen Haushalt	6
2-Personen Haushalt	11
3-Personen Haushalt	11
4-Personen Haushalt	8
5-Personen Haushalt	4
6-Personen Haushalt	2

Tabelle 6: Anzahl der Personen in den jeweiligen Haushalten

Wie man erkennt, bestehen die meisten Haushalte aus 2 bis 4 Personen.

Im folgenden Diagramm wird deutlich, wie sich der Stromverbrauch in Abhängigkeit mit den Personen verändert:

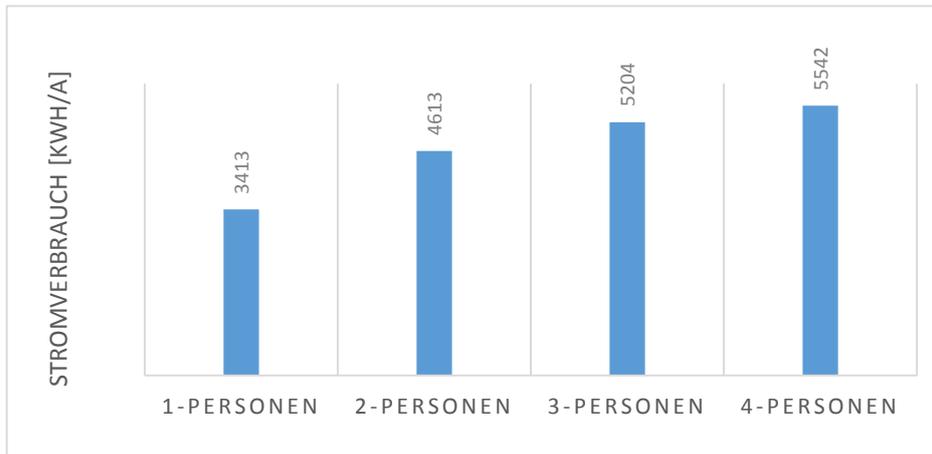


Abbildung 14: Stromverbrauch in Abhängigkeit der Personen

➤ Verbrauch an Wärme

Bei der Umfrage hat sich ergeben dass die Haushalte die an der Umfrage teilgenommen haben, folgende Energiequellen als Hauptheizung nutzen:

Heizöl	25
Scheitholz	5
Elektrisch	3
Pellets	1
Holz hackschnitzel	1
Wärmepumpe	2

Tabelle 7: Hauptheizungsarten der Haushalte

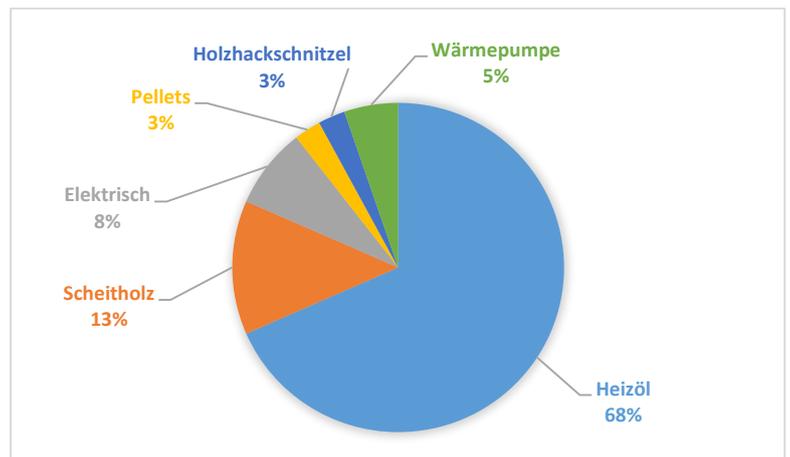


Abbildung 15: Hauptheizungsarten

Gut zu erkennen ist, dass am meisten Heizölanlagen genutzt werden. So heizen 68% der Haushalte vor allem mit Heizöl. Ein Sechstel der Haushalte heizen mit Holz, darunter 13% mit Scheitholz. Nur wenige heizen mit Strom (8%), Pellets (3%), Holz hackschnitzel (3%) oder einer Wärmepumpe (5%).

Folgende Angaben zum Heizbedarf der 37 Haushalte mit unterschiedlichen Energiequellen wurden gemacht:

Energiequelle	Gesamtverbrauch	Energiegehalt	kWh/a	Gesamter Wärmebedarf [kWh/a]
Heizöl	72100 Liter/a	9,9 kWh/Liter	713.790	980.468
Pellets	6800 kg/a	4,5 kWh/kg	30.600	
Brennholz	64,5 Kouert/a	1595 kWh/rm	102.878	
Hackschnitzel	100 m3/a	950 kWh/Sm3	95.000	
Elektrisch	38200 kWh/a	/	38.200	

Tabelle 8: Heizbedarf der 37 Haushalte

Bei der Energiequelle „Elektrisch“ handelt es sich um 3 Elektrische Heizungen und 1 Wärmepumpe.

Der Gesamtbedarf an Wärme der 37 Haushalte beträgt **980.468kWh/a**.

Wärmebedarf der 37 Haushalte [kWh/a]	Durchschnittlicher Wärmebedarf pro Haushalt [kWh/a]	Wärmebedarf der 440 Haushalte [kWh/a]
980.468	26.499	11.659.619

Tabelle 9: Gesamter Heizbedarf der gesamten Haushalte

Der Wärmebedarf von einem Haushalt beträgt somit hochgerechnet 26.499kWh/a. Die 440 Haushalte benötigen hochgerechnet einen Wärmebedarf von ungefähr **11,6 Millionen kWh/a**.

Der Wärmebedarf von 11.659.619 kWh/a lässt sich folgendermaßen einteilen:

	Anteil	Wärmebedarf [kWh/a]
Heizöl	0,68	7.928.541
Pellets	0,03	349.789
Brennholz	0,13	1.515.750
Hackschnitzel	0,03	349.789
Elektrisch	0,13	1.515.750
		11.659.619

Tabelle 10: Einteilung des Wärmebedarfes in unterschiedliche Heizquellen

Wie zu erkennen ist, heizen die meisten Haushalte noch mit Heizöl (68%). Nur wenige heizen mit Pellets, Brennholz, Hackschnitzel oder Elektrisch.

Durch die Umfrage hat sich zusätzlich ergeben dass die meisten Haushalte einen mittelmäßigen bis schlechten Wärmebedarf aufweisen und somit Wärmeschutzklassen zwischen E-H besitzen:

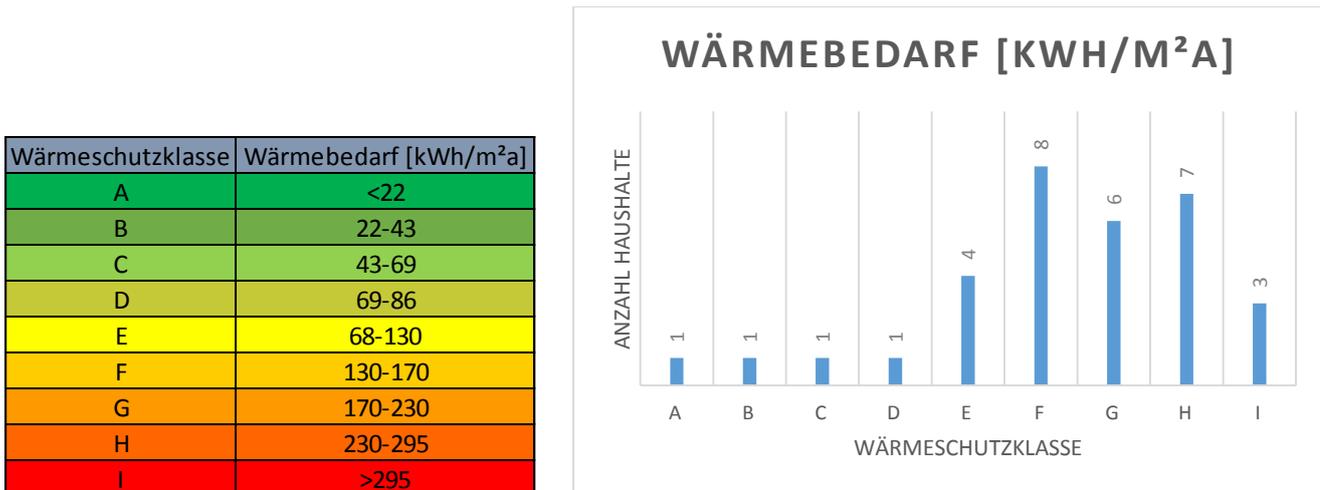


Abbildung 16: Wärmeschutzklassen von 32 Haushalten

Aufgrund der schlechten Bewertung sollte man hier Maßnahmen planen um den Energetischen Zustand der Häuser zu optimieren um somit einen besseren Wärmebedarf zu erzielen.

5.3 Verbrauch an Strom und Wärme der Betriebe

Innerhalb der Gemeinde befinden sich 5 Betriebe. Jeder Betrieb wurde persönlich von mir kontaktiert und um die Verbrauchsdaten gebeten. Leider bekam ich nur von einem Betrieb eine Rückmeldung, so dass die Verbräuche von Strom und Wärme der Betriebe nicht weiter analysiert werden konnten.

5.4 Aktuelle Energieversorgung in der Gemeinde

➤ Strom

Der Strombedarf der gesamten Gemeinde, sei kommunal wie auch privat, beläuft sich auf 2.524.196 kWh/a. Nur 8% vom Gesamtverbrauch werden für die kommunalen Gebäude gebraucht. Die restlichen 92% des gesamten Strombedarfes werden von den privaten Haushalten benötigt.

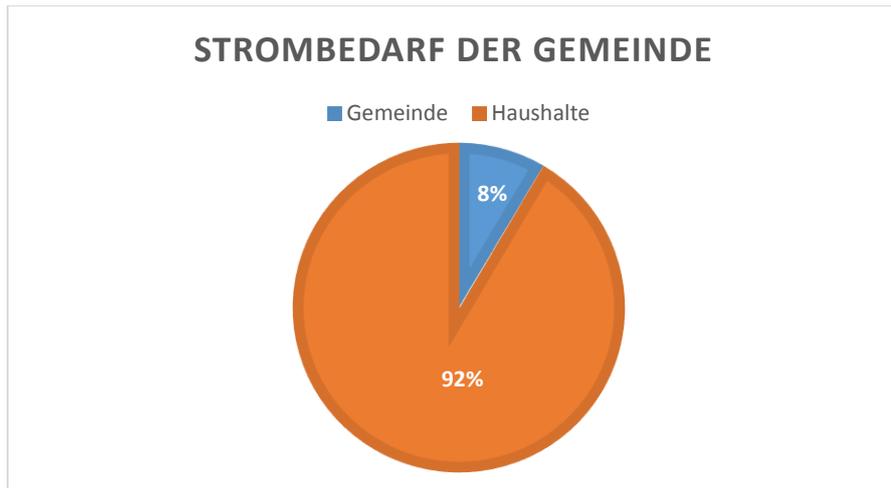


Abbildung 18: Gesamter Strombedarf der Gemeinde

➤ Wärme

Betrachtet man auch hier den Wärmebedarf der kommunalen Gebäude und der privaten Haushalte, so ergibt sich einen Wärmeverbrauch von insgesamt 12.359.619 kWh/a. 6% des gesamten Bedarfes werden durch die kommunalen Gebäude verbraucht. Der restliche Wärmebedarf, welche 94% beträgt, wird von den privaten Haushalten benötigt.

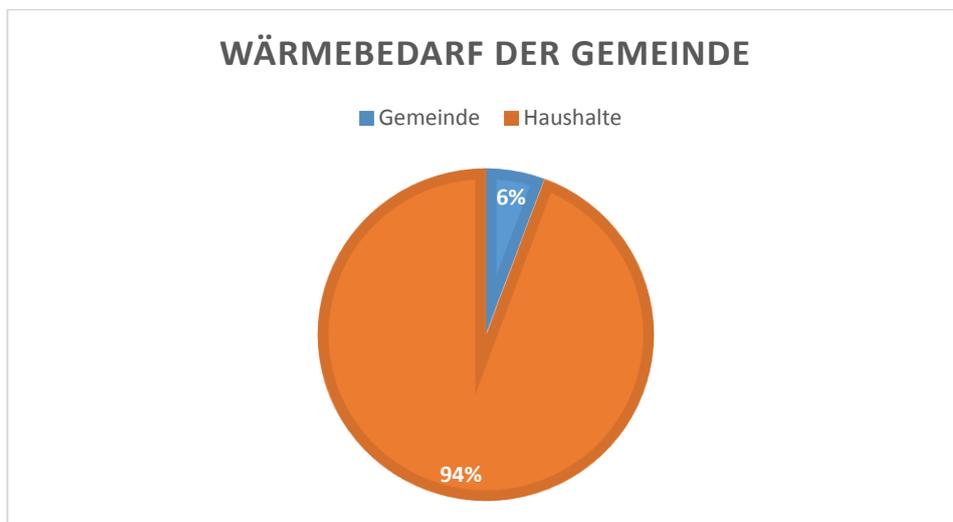


Abbildung 19: Gesamter Wärmebedarf der Gemeinde

5.5 Nahwärmenetz/Gasnetz

Momentan besitzt die Gemeinde Vichten kein Nahwärme-oder Gasnetz.

Energetisch sinnvoll wäre es jedoch gewisse Gebäude oder Wohnsiedlungen mit Nahwärme zu versorgen. Dadurch können Platz, Zeit und Kosten eingespart werden, da man nur eine Zentralheizung benötigt, welche jedoch mehrere Gebäude mit Wärme aus erneuerbaren Energien versorgt. Zudem kann der CO₂ Ausstoß verringert werden im Gegensatz zu mehreren Einzelheizungen, welche mit fossilen Energieträgern betrieben werden.

So wäre es sinnvoll z.B die Gemeinde, die Kirche und das Feuerwehrgebäude mit Nahwärme zu versorgen, da diese 3 Gebäude in unmittelbarer Nähe zueinander stehen und zugleich ein hoher Wärmebedarf besteht. Als Wärmelieferant könnte ein Holzpellet oder- Hackschnitzelheizkessel genutzt werden um die Gebäude mit Wärme zu versorgen. Dies Konzept wird später in Kapitel 8 genauer analysiert.



Abbildung 17: Möglichkeit für ein Nahwärmenetz

Eine weitere Alternative wäre gewesen, die neue moderne Wohnsiedlung « Grossepesch » welche viele Niedrigenergiehäuser besitzt mit Nahwärme zu versorgen. Niedrigenergiehäuser benötigen nicht viel Energie, dennoch könnte man durch Nutzen einer zentralen Heizung beim Bau auf mehrere Einzelheizungen verzichten und somit Geld sparen und den CO₂-Ausstoss reduzieren. Jedoch ist die Nachrüstung eines Nahwärmenetzes in diesem Fall nicht mehr sinnvoll.

5.6 Analyse der lokalen Produktionsanlagen

5.6.1 Aktuelle Energieproduktion aus Erneuerbaren Energien im Gemeindegebiet

Um die Energieproduktion von Strom und Wärme in der Gemeinde zu bestimmen, kann man sich einerseits auf das Dokument „Subsidien Umweltministerium“ vom « Ministère du Développement durable et des Infrastructures » (MDDI) beziehen. Dieses Dokument gibt jedoch nur die Anlagen an welche auf Erneuerbaren Energien basieren und auch vom Staat finanziell unterstützt wurden bzw. werden.

Andererseits kann man die Daten der Umfrage nutzen. Auch hier handelt es sich jedoch auch nur um eine grobe Annahme, da nicht alle Haushalte an der Umfrage teilgenommen haben.

➤ Stromproduktion

Die Stromproduktion der Gemeinde (kommunal, privat) kann anhand des Dokumentes der MDDI bestimmt werden. Im Folgenden sieht man ein Auszug aus dem MDDI (2016), wo alle privaten Photovoltaikanlagen innerhalb der Gemeinde aufgelistet sind:

Valeur ▼	Unité ▼
65,13	kWcrête
31,818	kWcrête
6,84	kWcrête
47,64	kWcrête
8,84	kWcrête
4,84	kWcrête
19,04	kWcrête
181,68	kWcrête
89,44	kWcrête
56,3	kWcrête
19,85	kWcrête
4	kWcrête
3,99	kWcrête

Abbildung 20: Auszug des MDDI von privaten Photovoltaikanlagen (2016)

Kommunal gibt es nur eine Photovoltaikanlage welche sich auf der Maison Relais befindet. Für die privaten und kommunalen Produktionsanlagen gilt also folgendes:

Produktionsanlage	Anzahl	Installierte Leistung [kWp]	Produktion [kWh/a]
Kommunale Photovoltaik Anlage	1	8	6.400
Private Photovoltaik Anlage	13	539	431.526
Gesamte Stromproduktion			437.926

Tabelle 11: Kommunale und private Stromproduktion

1kWp ergibt ca. 800 kWh/a¹.

Innerhalb der Gemeinde werden ungefähr **437.926kWh** an Strom durch private und kommunale Photovoltaikanlagen produziert.

Der Deckungsanteil liegt dabei bei 17%. So können bis zu 17% des Strombedarfs durch lokale Photovoltaikanlagen gedeckt werden.

➤ Wärmeproduktion

Die Gemeinde besitzt jeweils eine thermische Solaranlage für Warmwasser welche sich auf der Maison Relais befindet. Zudem befindet sich noch eine Anlage auf der Sportshalle welche jedoch auch zur Heizungsunterstützung dient.

Privat gibt es 20 thermische Solaranlagen, davon 15 welche nur fürs Warmwasser geeignet sind und 5 für Warmwasser und zur Heizungsunterstützung.

	Produktionsanlage	Anzahl	m2	Produktion [kWh/a]
Gemeinde	Thermische Solaranlage (WW)	1	7	2.704
	Thermischen Solaranlage mit Heizungsunterstützung	1	12	4.504
Privat	Thermische Solaranlage (WW)	15	143	53.667
	Thermischen Solaranlage mit Heizungsunterstützung	5	70	26.351
				87.226

Tabelle 12: Kommunale und private Wärmeproduktion

Kommunal und privat werden **87.226 kWh/a** an Wärme durch thermische Solaranlagen produziert.

Bei einer thermischen Solaranlage liegt der spezifische Kollektorjahresertrag bei 350-400kWh/m²*a.² Um die gewünschten kWh/a zu bestimmen, wird die Kollektorlänge mit dem Mittelwert (375kWh/m²*a) multipliziert. Hier wird die Annahme getroffen dass es sich um Flachkollektore handelt.

¹ www.Solaranlagen-portal.de

² Wesselak V. , Schabbach Th. : *Regenerative Energietechnik*. Springer, 2009

5.7 Abschätzung der Treibhausgasemissionen durch den aktuellen Verbrauch

➤ CO₂ Bilanz des Strombedarfes

Viele der kommunalen Gebäude wie auch eine ganze Reihe von privaten Haushalten werden mit dem grünem Strom „Naturstrom“ von Enovos versorgt. Dieser Strom wird aus erneuerbaren Energien gewonnen. In erster Linie kommt es somit zur keiner Umweltbelastung durch CO₂-Emissionen (0 g/kWh).

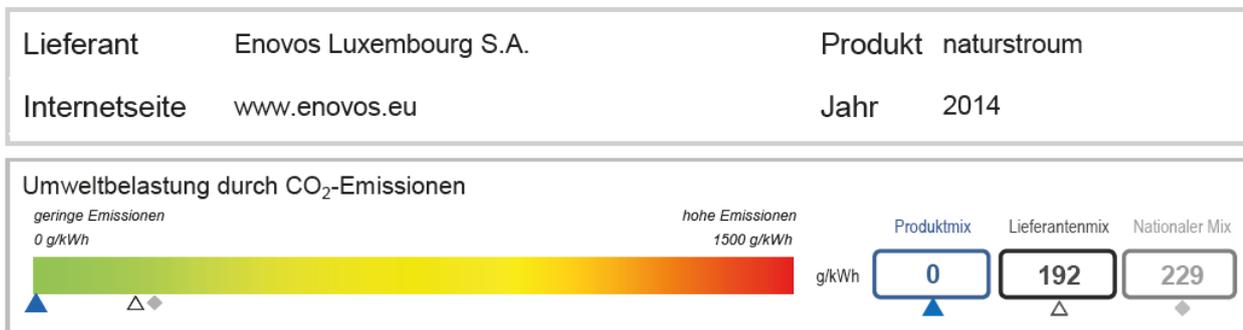


Abbildung 21: Zertifizierung des „Naturstrom“ von Enovos

Dennoch kann man davon nicht hundertprozentig ausgehen, da trotzdem CO₂-Emissionen bei der Produktion entstehen. Um somit die CO₂-Bilanz des Strombedarfes der Gemeinde zu erstellen gehen wir vom nationalen Strom-Mix aus. Der Umweltfaktor vom nationalen Strom-Mix beträgt $0,651 \text{ kgCO}_2/\text{kWh}^1$.

Stromversorgung	Endenergie [kWh/a]	Emissionsfaktor [kg CO ₂ Äq./kWh]	Emissionen [kg CO ₂ Äq./a]	Gesamtemissionen [kg CO ₂ Äq./a]
Gemeinde	214.196	0,651	139.442	1.643.252
Private Haushalte	2.310.000		1.503.810	

Tabelle 13: CO₂-Bilanz des Strombedarfes

Somit werden jährlich 1.643 t CO₂ durch Nutzung von Strom ausgestossen.

¹Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels et modifiant 1

➤ CO₂ Bilanz des Wärmebedarfes

Im Gegensatz zum Strom, treten bei der Wärmeversorgung CO₂-Emissionen auf. Fast alle gesamten Gemeindegebäude werden mit Heizöl versorgt. Bei den Privathaushalten werden zum Heizen neben Heizöl auch zu Pellets, Holzhackschnitzel, Brennholz und zu Elektrisch gegriffen. Alle diese Energiequellen sind nicht emissionsfrei und produzieren somit einen gewissen Anteil an CO₂. In der nachfolgenden Tabelle sind die jeweiligen Emissionen welche pro Jahr entstehen aufgelistet:

Wärmeversorgung	Brennstoffe	Endenergie [kwh/a]	Emissionsfaktor [kg CO ₂ /kWh]	Emissionen [kg CO ₂ /a]
Gemeinde	Heizöl	665.643	0,3	199.693
	Elektrisch	23.499	0,651	15.298
Private Haushalte	Heizöl	7.928.541	0,3	2.378.562
	Pellets	349.789	0,021	7.346
	Brennholz	1.515.750	0,014	21.221
	Hackschnitzel	349.789	0,035	12.243
	Elektrisch	1.515.750	0,651	986.753
				3.621.115

Tabelle 14: CO₂ Bilanz des Wärmebedarfes

Durch die Wärmeversorgung werden jährlich 3.621 t CO₂ ausgestoßen.

➤ CO₂-Bilanz von Strom und Wärme

	CO ₂ -Austoss [kg CO ₂ /a]	Gesamter CO ₂ -Austoss [kg CO ₂ /a]
Stromversorgung	1.643.252	5.264.367
Wärmeversorgung	3.621.115	

Tabelle 15: CO₂-Bilanz von Strom und Wärme der Gemeinde

Die Gesamtemissionen von Strom und Wärme belaufen sich dabei auf 5.264t CO₂/a.

6. Möglichkeiten zur Energieeinsparung und Energieeffizienz

Weltweit wird der größte Teil des Energiebedarfes noch durch fossile Energieträger gedeckt. Die Erschöpfung vieler fossiler Energieträger (Erdöl, Erdgas, Kohle etc...) und die dadurch ständig ansteigenden Preise regen zum Umdenken an. Mehr und mehr setzt man auf erneuerbare Energien und sucht nach Möglichkeiten die Freisetzung von Treibhausgasen so gering wie möglich zu halten. Die Gemeinde Vichten hat ebenfalls Potential zur Energieeinsparung, sei dies kommunal oder privat. Durch kleine Verhaltensänderungen und Sanierungen könnten in verschiedenen Fällen erhebliche Mengen an Energie eingespart werden. Folglich, sind vereinzelte Punkte zur Energieeinsparung aufgelistet. Verschiedene Änderungen können ohne größere Investitionen durchgeführt werden.

➤ Stromeinsparung

Viele Menschen sind sich nicht bewusst, wieviel Strom man alleine durch kleine Änderungen einsparen kann. Die Gemeinde könnte Sensibilisierungskampagnen starten womit man die Bürger auf folgende Aspekte Aufmerksam machen könnte:

Die einfachste Form Strom zu sparen ist das Ausschalten von nicht benutzten elektrischen Geräten. Oft befinden sich Geräte stundenlang im sogenannten Standby-Modus, verbrauchen dabei Strom obwohl sie gar nicht genutzt werden. Durch ein einfaches Ausschalten dieser Geräte kann der Strombedarf um einiges verringert werden und zusätzlich kann man Geld sparen.

In der nachfolgenden Abbildung sieht man den Verbrauch der Geräte im Standby-Modus:

Gerät	Leistung Watt	Verbrauch kWh/a	Berechnungs- grundlagen
PC mit Bildschirm	40	70	8 Std. / Tag - 220 Tage / Jahr
Tintenstrahlfarbdrucker	45	79	8 Std. / Tag - 220 Tage / Jahr
Laserdrucker schwarz-weiß	25	44	8 Std. / Tag - 220 Tage / Jahr
Scanner	12	21	8 Std. / Tag - 220 Tage / Jahr
Fotokopierer	70	123	8 Std. / Tag - 220 Tage / Jahr
Telefax	10	88	24 Std. / Tag - 365 Tage / Jahr
Anrufbeantworter	3	26	24 Std. / Tag - 365 Tage / Jahr
Schnurloses Telefon	6	53	24 Std. / Tag - 365 Tage / Jahr
Farbfernseher	7	51	20 Std. / Tag - 365 Tage / Jahr

Abbildung 22: Standby-Modus von elektrischen Geräten

Anhand der Abbildung wird deutlich wieviel die elektrischen Geräte dennoch verbrauchen obwohl sie sich im Standby-Modus befinden.

„In einer neueren Untersuchung zum Stromverbrauch privater Haushalte wurden auch die Standby-Verluste in rund 1300 Haushalte in der EU gemessen, wobei der durchschnittliche Haushalt 169 kWh Strom pro Jahr allein für Standby und Schein-Aus verbraucht hat. Dies entspricht in etwa 6,3% des jährlichen Stromkonsums eines Haushalts.“¹ Laut der Studie könnte also durch Ausschalten der Haushaltsgeräte 169 kWh an Strom eingespart werden, was bei einem Strompreis von ungefähr 0,16€/kWh (0,11810€/kWh Stromtarif von Enovos ohne zusätzliche Gebühren) um die 27€ pro Jahr ausmachen würde. Für viele lohnt sich der Aufwand bei einem solchen geringen Betrag nicht, so dass sich diese Stromeinsparmöglichkeit wahrscheinlich nicht durchsetzen wird. In den kommunalen Gebäuden, wie z.B in der Gemeindeverwaltung oder in der Schule wäre das Einsparpotential aufgrund der zahlreichen elektrischen Geräten größer.

Auch die Beleuchtung spielt eine wichtige Rolle im Bereich des Stromverbrauches. „Immerhin etwa sieben bis zehn Prozent des Stromverbrauches im Haushalt werden für Licht verbraucht“². Das Ersetzen von alten Glühlampen durch neue LED-Beleuchtung kann den Bedarf herabsetzen. Beim Kauf der neuen Beleuchtung sollte man jedoch darauf achten dass es sich um eine Energiesparlampe handelt.

Ein weiterer sinnvoller Punkt, wäre zudem die Spülmaschine an den Warmwasserkreislauf anzuschließen. Dadurch kann an Strom gespart werden den man sonst zusätzlich bräuchte um das Wasser in der Spülmaschine zu erhitzen.

Alte elektrische Geräte durch neue zu ersetzen wäre ebenfalls ein wichtiger Bestandteil. So kann man z.B beim Kauf eines neuen Kühlschranks (A+++)³ bis zu 60% an Energie einsparen gegenüber einem alten Kühlschrank (A).³ Um die Bürger zum Umtausch anzuregen könnte die Gemeinde finanzielle Unterstützung beim Kauf eines neuen Gerätes anbieten.

Ein letzter wichtiger Punkt ist alte Heizungspumpen durch neue zu ersetzen. Hierbei sollt man auf neue regelbare Hocheffizienzpumpen setzen.

¹ http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/SELINA_Informationebrochuere_Standby.pdf

² <http://www.enovos.lu/de/privatkunde/energieeffizienz/energiespartipps-fuer-zu-hause>

³ <http://www.wie-energiesparen.info/stromsparen-im-haushalt/haushaltsgeraete/tipps-kuehlschrank-und-gefriergeraete/>

➤ Wärmeeinsparung

Da erst nach der Einführung des E-Passes im Jahr 2007 verstärkt auf eine energieeffizientere Bauweise geachtet wurde, ist es oft schon sinnvoll bei älteren Häusern eine Sanierung durchzuführen. Durch eine komplette Sanierung kann der Energiebedarf um 50-70% herabgesetzt werden. Bei einer kompletten Sanierung müssen Fenster, Außenwände, Boden und Kellerdecke in Betracht gezogen werden.

Wie bereits in Kapitel 4.1.2 erwähnt wurde, weisen die meisten Häuser in der Gemeinde einen mittelmäßigen bis schlechten Wärmebestand auf. Dabei erreichen die meisten Häuser nur eine Wärmeschutzklasse zwischen E-H. Somit wäre auch hier eine Sensibilisierungskampagne seitens der Gemeinde sinnvoll. Hier könnte man alle Bürger, welche Häuser mit einem schlechten Wärmebestand besitzen, auf folgende Aspekte aufmerksam machen und zugleich beraten:

Große Heizwärmeverluste entstehen bei ungedämmten Fenstern und Wänden. *„Im ungedämmten Altbau verlieren Fenster und Außenwände 35-40% der Wärme“*.¹ Fenster und Außenwände stellen somit eine große Schwachstelle für die Wärmeisolierung eines Hauses dar. Einfachverglaste Fenster welche man noch häufig bei älteren Häusern findet, sollte man durch zwei – oder dreifachverglaste Fenster ersetzen. Die Wände sollten mit einem Dämmmaterial von mindestens 12cm versehen werden.

Die Dämmung des Daches ist auch von großer Bedeutung. Wird der oberste Bereich nicht zu Wohnzwecken genutzt, sollte man die Geschossdecke dämmen. Gut eignen sich hierfür Styroporplatten oder Mineralwolle. Die Dicke des Materials sollte dabei um die 20 cm liegen. Zudem ist die Dämmung der Geschossdecke relativ günstig und einfach anzubringen. Wird der oberste Bereich zu Wohnzwecken genutzt, sollte es zu einer Dämmung der Dachschräge kommen. Dies kann mithilfe einer Zwischensparrendämmung erfolgen. Auch hier sollte das Dämmmaterial eine Dicke von mindestens 20 cm besitzen.

Die Dämmung des Bodens bzw. der Kellerdecke sollte ebenfalls bei einer Sanierung mitberücksichtigt werden. Meistens greift man zur Kellerdeckendämmung, da dies am einfachsten und am günstigsten ist. Welche Methode man jedoch bevorzugt, hängt davon ab ob der Keller geheizt wird oder nicht.

Des Weiteren, gibt es noch andere Möglichkeiten um Wärme einzusparen: In älteren Gebäuden kommt es oft vor, dass die Heizungsrohre nicht isoliert sind. Durch Anbringen einer Dämmung an den Rohren können die Verluste und somit der Verbrauch reduziert werden. Zudem sind die Kosten für das Dämmmaterial sehr gering. *„Bei einer Isolierung von 3mm Dicke kann ungefähr 6 Liter Heizöl bzw. 6m³ Gas pro Meter Heizungsrohr eingespart werden.“*²

Bestehende Heizungsanlagen, welche schon älter als 20 Jahre sind sollte man durch eine neue energieeffizientere Anlage ersetzen, da diese nicht mehr den heutigen Erwartungen entsprechen.

Auch kleine Änderungen können viel bewirken, man muss jedoch bereit sein einiges zu ändern und die Mitmenschen zum Umdenken anzuregen. Die Gemeinde sollte versuchen mit gutem Beispiel voranzugehen um somit die Bürger und die Betriebe zum Umdenken anzuregen.

¹ <http://www.enovos.lu/de/privatkunde/energieeffizienz/energieberatung-fuer-sanierung-und-neubau>

² <http://modernus.de/heizungsrohre-isolieren-verkleiden-daemmen/kosten-preise-material-anleitung>

6.1 Gemeindegebäude und Fuhrpark

- Gemeinde

Nutzung des Gebäudes	Gemeindeverwaltung	
Adresse	1, rue de l'Eglise L-9188 Vichten	
Baujahr	2001 (Sanierung)	
Gebäudenutzfläche in m²	419	

Abbildung 23: Gemeindegebäude

Gebäudehülle

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand angebaut	2cm Gipsputz 30cm Hohlblock 2cm Kalkputz	0,90	schlecht
Außenwand alt	2 cm Gipsputz 50 cm Sandstein 2 cm Kalkputz	2,14	schlecht
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Dachschräge	1,25cm Gipskartonplatte 16cm Steinwolle als Zwischensparrendämmung 2cm Fichte	0,29	Gut
Fenster	2-fach Wärmeschutzverglasung im Holzrahmen (Baujahr 2000)	1,40	Gut

Gebäudetechnik

Energieträger für Heizanlage	Heizöl
Kesselart	Niedertemperaturkessel
Hersteller/Typ	Öl/Gas –Spezialheizkessel von WOLF
Baujahr	2001
Wärmeleistungsbereich	48-60 kW
Pumpenart	geregelte Pumpen
Wärmeabgabe	Plattenheizkörper
Warmwasserbereitung	über Heizkessel
Bewertung der Heizanlage	schlecht

Gebäudehülle:

Die Gebäudehülle der Gemeinde weist einen mittelmäßigen Dämmzustand auf. Das Gebäude wurde 2001 saniert und somit ist der Zustand der Fenster und der Dachschräge recht gut. Außenwände und Boden hingegen müssten jedoch mit einer Dämmung versehen werden. **Durch Anbringen eines Dämmputzes oder eines Wärmedämmverbundsystemes welches aus Mineralwolle- oder Hartschaumplatten besteht, könnte der energetische Zustand der Außenwände verbessert werden. Eine Dämmung der Bodenplatten wäre in diesem Fall auch sinnvoll.**

Anlagentechnik:

Bei der Heizanlage der Gemeinde welche mit Heizöl betrieben wird handelt es sich um einen Niedertemperaturkessel. Die Investition eines solchen Kessels ist vergleichsweise günstig dennoch ist die Bewertung relativ schlecht. Niedertemperaturkessel verbrauchen zwar 20 bis 30 Prozent weniger Brennstoff als ein Konstanttemperaturkessel, jedoch werden fast zehn Prozent der Energie ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Heute ist technisch gesehen erheblich mehr möglich. **Gut eignen würde sich hier ein Brennwertkessel welcher den Energieinhalt (Brennwert) des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig nutzt. Ebenfalls wäre hier eine Pelletheizung welche das Gemeindegebäude, die Kirche und das Feuerwehrgebäude gleichzeitig mit Wärme versorgen würde, sehr lukrativ.**

- Feuerwehr

Nutzung des Gebäudes	Feuerwehrgebäude	
Adresse	1, rue de l'Eglise L-9188 Vichten	
Baujahr	2001	
Gebäudenutzfläche in m²	339	

Abbildung 24: Feuerwehrgebäude

Gebäudehülle

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Gipsputz 24cm Betonblock 6cm Styropor 2cm Kalkputz	0,41	mittel
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Dachschräge	1,25cm Gipskartonplatte 16cm Steinwolle als Zwischensparrendämmung 2cm Fichte	0,29	gut
Fenster	2-fach Wärmeschutzverglasung im Kunststoffrahmen (Baujahr 2000)	1,40	gut

Gebäudetechnik

Energieträger für Heizanlage	Heizöl
Kesselart	Niedertemperaturkessel
Hersteller/Typ	Öl/Gas –Spezialheizkessel von WOLF
Baujahr	2000
Wärmeleistungsbereich	48-60 kW
Pumpenart	Geregelte Pumpen
Wärmeabgabe	Plattenheizkörper
Warmwasserbereitung	Durchlauferhitzer
Bewertung	gut

Gebäudehülle:

Das Feuerwehrgebäude wurde 2001 neu errichtet und weist einen mittelmäßigen bis guten energetischen Zustand auf. Dennoch könnte man auch hier eine zusätzliche Dämmung an den Außenwänden und am Boden durchführen um den Zustand zu verbessern. Gut eignen würden sich auch hier Dämmplatten aus Hartschaum oder Mineralfasern. Die Dämmung des Bodens kann mithilfe von Dämmplatten erfolgen z.B aus Hartschaum oder Holz.

Anlagentechnik:

Das Feuerwehrgebäude besitzt, wie das Gemeindegebäude einen Niedertemperaturkessel. Auch hier ist es sinnvoller einen Brennwertkessel zu nutzen. (siehe Bewertung der Anlagentechnik der Gemeinde). Außerdem wurde letztes Jahr der Boiler durch einen Durchlauferhitzer ersetzt, da dort kaum Warmwasser benötigt wird. Der Boiler hält in einem Vorratsbehälter ständig eine gewisse Warmwassermenge bereit, wodurch unnötig Energie verloren geht. Ein Durchlauferhitzer hingegen erhitzt erst dann das Wasser, wenn Warmwasser benötigt wird.

- Schule

Nutzung des Gebäudes	Schule	
Adresse	32, rue Principale L-9190 Vichten	
Baujahr	1968 (Altbau) 2013 (Neubau)	
Gebäudenutzfläche in m²	2875	

Abbildung 25: Schule

Gebäudehülle „Neubau“

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Gipsputz 24cm Hohlblock 14cm Styropor 2cm Kalkputz	0,22	Gut
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, 12cm PUR Schaum, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Oberste Geschossdecke	1,25cm Gipskartonplatte 24cm Zellulose 2 cm Fichte	0,15	Gut
Fenster	3-fach Wärmeschutzverglasung im Aluminiumrahmen	0,60	sehr gut

Gebäudehülle „Altbau“

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Gipsputz 30cm Vollziegel 2cm Kalkputz	1,78	Schlecht
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Dachschräge	Ungedämmte Dachbalken, 2cm Dachplatten	3,40	Schlecht
Fenster	2-fach Wärmeschutzverglasung im Aluminiumrahmen (Baujahr 2004)	1,40	Gut

Gebäudehülle „Altbau isoliert“

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2 cm Gipsputz 30cm Vollziegel 14cm Hartschaum, EPS 2cm Kalkputz	0,24	Gut
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Dachschräge	1,25cm Gipskartonplatte 24cm Zellulose 2cm Fichte	0,15	Gut
Fenster	2-fach Wärmeschutzverglasung im Aluminiumrahmen	1,40	gut

Gebäudetechnik

Energieträger für Heizanlage	Heizöl
Kesselart	2x Niedertemperaturkessel
Hersteller/Typ	Öl/Gas –Spezialheizkessel von WOLF
Baujahr	2004
Leistung	80-110 KW
Pumpenart	Geregelte Pumpen
Wärmeabgabe	Plattenheizkörper
Warmwasserbereitung	Warmwasserbereitung über Elektroboiler
Bewertung der Heizanlage	schlecht

Zusätzliche Eigenschaften der Gebäudetechnik

Be-/Entlüftungsanlage	Sanitäranlagen sind mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgestattet
------------------------------	--

Gebäudehülle

Die Schule kann in 3 unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden. Ein Teil der Schule wurde 2013 neu errichtet (Neubau), ein bereits bestehender Teil von 1968 wurde ebenfalls 2013 saniert (Altbau saniert) und der andere Teil ist seit 1968 kaum verändert (Altbau).

Der energetische Zustand des Neubaus ist relativ gut, so dass hier eine erneute Sanierung unwirtschaftlich wäre. Der Altbau, welcher saniert wurde, besitzt ebenfalls einen guten bis mittelmäßigen energetischen Zustand. Das Dach und die Außenwände wurden bei der Sanierung mit einer Dämmung versehen, sowie die Fenster welche eine zweifache Verglasung erhielten. Der Boden hingegen wurde mit keiner Dämmung versehen, so dass hier noch Bedarf zur Sanierung besteht.

Der Altbau, welcher nicht saniert wurde befindet sich in einem schlechten energetischen Zustand. Hier müsste eine komplette Sanierung des Gebäudes durchgeführt werden.

Anlagentechnik

Hier handelt es sich, ebenfalls wie in den anderen kommunalen Gebäuden um einen Niedertemperaturkessel. Auch hier wäre ein Brennwertkessel sinnvoller. Die Maison Relais wie auch die Sporthalle/Atelier werden seit diesem Jahr (2016) mit Pellets beheizt. Auch hier wäre es sinnvoll gewesen die Schule gleichzeitig auch mit Pellets zu beheizen, da diese 3 Gebäude in unmittelbarer Nähe stehen. Aus Kostengründen wurde die Schule nicht an den neuen Heizkreis der Pelletheizung angeschlossen.

- Précoce/Maison relais + Sporthalle/Atelier

Nutzung des Gebäudes	Ganztagesbetreuung für Kinder	
Adresse	32, rue Principale L-9190 Vichten	
Baujahr	2003	
Gebäudenutzfläche in m²	935	

Abbildung 26: Précoce

Gebäudehülle

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Gipsputz 24cm Hohlblock 6 cm Styropor 2cm Kalkputz	0,41	mittel
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Dachschräge	1,25cm Gipskartonplatte 16cm Steinwolle als Zwischensparrendämmung 2cm Fichte	0,25	gut
Fenster	2-fach Wärmeschutzverglasung in Metallrahmen (Baujahr 2003)	1,40	gut

Gebäudetechnik

Energieträger für Heizanlage	Heizöl
Kesselart	Niedertemperaturkessel
Hersteller/Typ	Öl/Gas -Spezialheizkessel von WOLF
Baujahr	2003
Leistung	85-100 kW
Pumpenart	geregelt Pumpen
Wärmeabgabe	Plattenheizkörper
Warmwasserbereitung	Zentraler Boiler
Bewertung der Heizanlage	schlecht

Nutzung des Gebäudes	Sportshalle /Gemeindeatelier	 <p>Abbildung 27: Sporthalle</p>
Adresse	32, rue Principale L-9190 Vichten	
Baujahr	etwa 1993	
Gebäudenutzfläche in m² (Brutto)	1075	

Gebäudehülle

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Gipsputz 30cm Betonhohlblock 2cm Kalkputz	0,60	mittel
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Dachschräge	Metalldach (Sandwichpaneel)	0,40	mittel
Flachdach	20cm Stahlbetondecke 10cm Kies 0,3cm Bitumenabdichtung	3,48	schlecht
Fenster	2-fach Isolierverglasung in Aluminiumrahmen	2,5	mittel

Gebäudetechnik

Energieträger für Heizanlage	Heizöl
Kesselart	Niedertemperaturkessel
Hersteller/Typ	Öl/Gas –Spezialheizkessel
Baujahr	1993
Leistung	126kW
Pumpenart	geregelte Pumpen
Wärmeabgabe	Plattenheizkörper
Warmwasserbereitung	Heizkessel
Bewertung der Heizanlage	schlecht

Gebäudehülle:

Die Maison Relais wurde zusammen mit dem Neubau der Schule 2003 neu errichtet. Die Sporthalle und das Gemeindeatelier befinden sich in einem gemeinsamen Gebäude. Die Gebäudehülle der Sporthalle/Atelier befinden sich in einem schlechte energetischen Zustand. Hier müsste auch eine komplette Sanierung der Wände, des Bodens und des Daches durchgeführt werden. Hier könnte man ebenfalls einen Dämmputz oder ein Wärmedämmverbundsystem an die Außenwände anbringen. Die Isolierung des Bodens könnte durch Dämmung der Bodenplatten erfolgen. Hierbei eignen sich gut Polystyrol-Hartschaumplatten (XPS) oder Schaumglas.

Anlagentechnik:

Die zwei Gebäude wurden bis Endes des Jahres 2015 mit einem Niedertemperaturkessel versorgt. Nun werden die Maison Relais und die Sporthalle mit einer Pelletheizung versorgt. Die bestehenden Niedertemperaturkessel der jeweiligen Gebäude bleiben jedoch vorhanden und dienen zusätzlich als Heizungsunterstützung.

Zudem wurde auf dem Dach der Maison Relais und der Sporthalle eine thermische Solaranlage angebracht. Die thermische Solaranlage der Maison Relais ist nur für Warmwasser ausgelegt, wohingegen die Anlage auf der Sporthalle zudem zur Heizungsunterstützung dient. Durch Anbringen einer Pelletheizung und einer thermische Solaranlage ist die Anlagentechnik auf dem neuesten Stand der Technik, womit kein Bedarf an Veränderungen besteht.

- Kirche in Vichten

Nutzung des Gebäudes	Kirche	
Adresse	1, rue de l'Eglise L-9188 Vichen	
Baujahr	etwa 1900	
Gebäudenutzfläche in m²	200	

Abbildung 28: Kirche

Gebäudehülle

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Zementputz 60cm Naturstein 2cm Kalkputz	2,14	schlecht
Bodenplatte	Kies ,Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Oberste Geschossdecke	Holzbalkendecke (2cm Gipsputz + 2cm Holz) ungedämmt	2,85	schlecht
Fenster	Einzelverglasung	5,0	schlecht

Gebäudetechnik

Energieträger für Heizanlage	Heizöl
Kesselart	Niedertemperaturkessel
Hersteller/Typ	Öl/Gas –Spezialheizkessel von WOLF
Baujahr	1989
Leistung	160 KW
Pumpenart	Geregelte Pumpen
Wärmeabgabe	Warmluftgebläse
Warmwasserbereitung	Elektroboiler
Bewertung der Heizanlage	schlecht

Gebäudehülle:

Da die Kirche vor 1900 gebaut wurde, befindet sich die Gebäudehülle in einem schlechten Zustand. Durch die seltene Nutzung ist eine Sanierung wirtschaftlich schwierig zu realisieren.

Anlagentechnik:

Bei der Heizanlage der Kirche handelt es sich ebenfalls um einen Niedertemperaturkessel. Wegen der schlechten Bewertung wäre hier ebenfalls ein Brennwertkessel oder eine zentrale Pelletheizung sinnvoll. Die Pelletheizung könnte die Gemeinde, das Feuerwehrgebäude wie aber auch die Kirche gleichzeitig mit Wärme versorgen.

- Mischhaus

Nutzung des Gebäudes	Mehrzweckgebäude/Vereinsgebäude	
Adresse	41, rue Principale L-9190 Vichten	
Baujahr	um 1990	
Gebäudenutzfläche in m² (Brutto)	180	

Abbildung 29: Mischhaus

Gebäudehülle

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Gipsputz 30cm Betonhohlblock 2cm Kalkputz	0,90	schlecht
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Dachschräge	1,25cm Gipskartonplatte 12cm Steinwolle als Zwischensparrendämmung 2cm Fichte	0,4	mittel
Fenster	2-fach Wärmeschutzverglasung im Holzrahmen	1,40	gut

Gebäudetechnik

Energieträger für Heizanlage	Heizöl
Kesselart	Niedertemperaturkessel
Hersteller/Typ	Öl/Gas -Spezialheizkessel
Baujahr	1990
Leistung	24-31,3 kW
Pumpenart	Geregelte Pumpen
Wärmeabgabe	Plattenheizkörper
Warmwasserbereitung	über Heizanlage
Bewertung der Heizanlage	schlecht

Gebäudehülle:

Beim Mischhaus handelt es sich um ein Gebäude, welches um 1990 gebaut wurde. Außenwände und Boden befinden sich in keinem guten energetischen Zustand. Die Fenster hingegen besitzen eine zweifache Verglasung. Auch hier wäre das Anbringen eines Dämmputzes/Wärmedämmverbundsystems und Bodenplatten sinnvoll. Die Dachschräge besitzt eine Zwischensparrendämmung von ungefähr 2cm, was jedoch nicht ausreicht. Ein neuer Dämmstoff mit ungefähr 20cm Dicke wäre energetisch sinnvoller.

Anlagentechnik:

Letztes Jahr wurde der Niedertemperaturkessel vom Jahre 1990 durch einen neuen moderneren und energieeffizienteren Kessel ersetzt. Hier besteht also keinen Bedarf zu weiteren Maßnahmen.

- Aal Schmëtt

Nutzung des Gebäudes	Vereinsraum (Viichter Geschichtsfrënn)	
Adresse	3, rue du Lavoir L-9189 Vichten	
Baujahr	etwa 1900, 1997 (teilweise Sanierung)	
Gebäudenutzfläche in m²	140	

Abbildung 30: Aal Schmëtt

Gebäudehülle

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Zementputz 50 cm Naturstein (Sandbruchstein) 2cm Kalkputz	2,35	Schlecht
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Dachschräge	1,25cm Gipskartonplatte 16cm Steinwolle als Zwischensparrendämmung 2cm Fichte	0,29	Gut
Fenster	2-fach Wärmeschutzverglasung im Holzrahmen (Baujahr 1997)	1,40	Gut

Gebäudetechnik

Heizanlage/Wärmeabgabe	Elektrokonvektor STIEBEL ELTRON
Warmwasserbereitung	Keine Warmwasserbereitung
Bewertung der Heizanlage	schlecht

Gebäudehülle:

Die Gebäudehülle des Vereinsgebäudes weist bis auf die Fenster und das Dach (wurden 1997 erneuert) einen schlechten energetischen Zustand auf. Hier müsste man eine komplette Sanierung des gesamten Gebäudes durchführen. Da dieses Gebäude jedoch nur sehr selten genutzt wird ist die Verbesserung der Gebäudehülle aufgrund der Wirtschaftlichkeit schwierig zu realisieren.

Anlagentechnik:

Bei der Heizanlage des Vereinsgebäudes handelt es sich um mehrere Elektrokonvektoren. Die Bewertung der Konvektoren ist relativ schlecht. Da dieses Gebäude jedoch nur selten besucht wird, muss kaum geheizt werden. Darum ist die Lösung mit Elektrokonvektoren in diesem Fall rentabler als andere Heizanlagen.

- Kirche in Michelbuch

Nutzung des Gebäudes	Kirche	
Adresse	route d'Ettelbrück	
Baujahr	etwa 1900	
Gebäudenutzfläche in m²	85	

Abbildung 31: Kirche in Michelbuch

Gebäudehülle

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/m ² K]	Bewertung
Außenwand	2cm Zementputz 50cm Naturstein (Sandbruchstein) 2cm Kalkputz	2,35	schlecht
Bodenplatte	Kies, Stahlbeton, Estrich, Fliesen	1,92	mittel-schlecht
Oberste Geschossdecke	Holzbalkendecke (2cm Gipsputz + 2cm Holz) ungedämmt	2,85	schlecht
Fenster	Einzelverglasung	5,0	schlecht

Gebäudetechnik

Heizanlage/Wärmeabgabe	Elektrokonvektor STIEBEL ELTRON
Warmwasserbereitung	Keine Warmwasserbereitung
Bewertung der Heizanlage	Schlecht

Gebäudehülle:

Die Gebäudehülle der Kirche in Michelbuch ist auch hier in einem schlechten energetischen Zustand. Durch die verschiedenen Geometrieanordnungen in der Kirche und wegen der seltenen Nutzung ist eine energetische Verbesserung der Gebäudehülle wirtschaftlich unrealistisch. Möchte man trotzdem den energetischen Zustand der Kirche verbessern, wäre hier eine komplette Sanierung des Bodens, der Außenwände, des Daches und der Fenster notwendig.

Anlagentechnik:

In der Kirche werden zum Heizen Elektrokonvektoren genutzt. Wie bereits erwähnt ist die Bewertung eines Konvektors relativ schlecht, was jedoch in diesem Fall rentabler für die Kirche ist, da diese kaum noch genutzt wird und relativ klein ist. Eine Sanierung der Heizungsanlage wäre hier unwirtschaftlich.

6.2 Private Haushalte

In den privaten Haushalten besteht ebenfalls Bedarf zur Sanierung. Auch hier wurden wieder die Ergebnisse der Umfrage genutzt, da man ebenfalls das Baujahr des Hauses angeben konnte. Bei den 37 nutzbaren Fragebogen kam man zu folgendem Ergebnis:

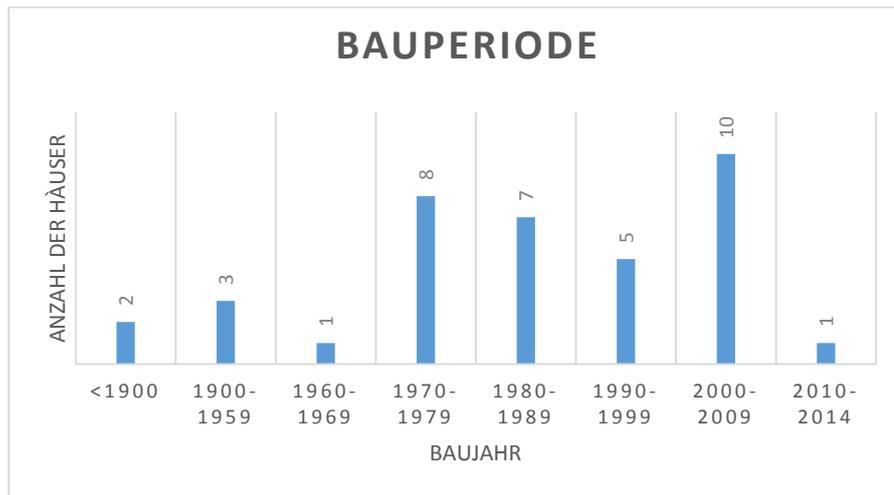


Abbildung 32: Bauperiode

Wie man erkennen kann wurden die meisten Häuser zwischen 1970 und 2010 gebaut. Vor 1970 wurden nicht viele Häuser gebaut. Besonders in den letzten 14 Jahren wurden viele neue Häuser in der Gemeinde errichtet. Die Häuser welche vor 2000 errichtet wurden kann man schon zu den Altbauten zählen und einige davon hätten Bedarf zur Sanierung.

Durch die Umfrage, an denen 37 Haushalte teilgenommen haben, hat sich herausgestellt wieviel Häuser bereits eine Sanierung durchgeführt haben:

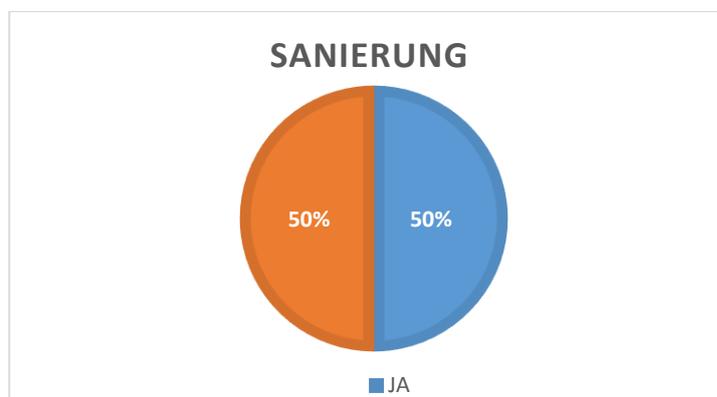


Abbildung 33: Durchgeführte Sanierungen

Genau die Hälfte der teilgenommen Haushalten haben in den letzten Jahren eine Sanierung durchgeführt.

Dabei handelte es sich um folgende Sanierungsart:

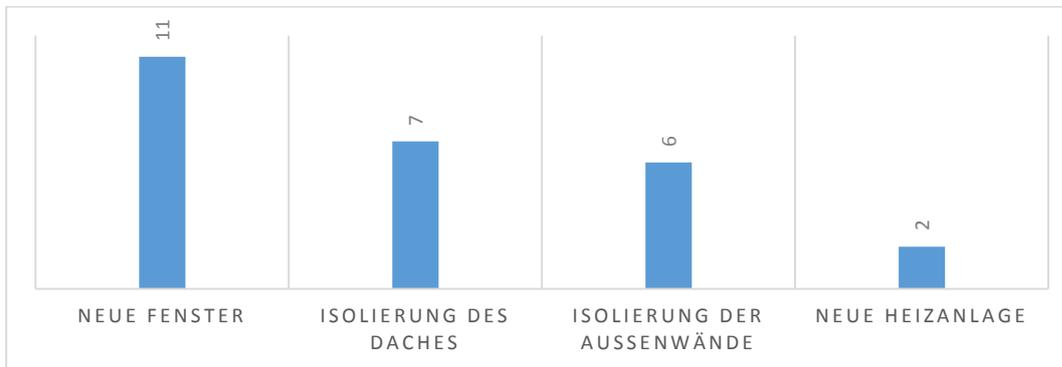


Abbildung 34: Arten der durchgeführten Sanierungen

Einige Haushalte haben in den letzten Jahren nur eine Sanierung durchgeführt, andere Haushalte mehrere. Dabei wurden am häufigsten neue Fenster eingebaut. Eine Isolierung des Daches und der Außenwände wurde ebenfalls bei vielen unternommen. Nur 2 Haushalte haben ihre alte Heizanlage durch eine neue ersetzt. Wie man erkennt wurden in den letzten Jahren einige Sanierungen durchgenommen, dennoch besteht noch Potential zu mehr. Besonders Häuser die vor 1990 gebaut wurden, haben großen Bedarf zur Sanierung. Hier sollte es zu einer kompletten Sanierung der Gebäudehülle und der Anlagentechnik kommen, da der energetische Zustand nicht mehr dem heutigen Stand entspricht. Die Bürger werden bei der Sanierung ihres Hauses nicht alleine gelassen, da finanzielle Unterstützung vom Staat möglich ist:

«Pour l'amélioration de la performance énergétique d'une maison d'habitation existante, respectant les exigences et critères requis déterminés à l'annexe II, le Ministre peut accorder les aides financières précisées ci-après et sous réserve que l'assainissement ait été réalisé sur base d'un conseil en énergie spécifié à l'article 12. On entend par maison d'habitation existante, un bâtiment utilisé intégralement à des fins d'habitation après assainissement énergétique ou une partie d'un bâtiment utilisée à des fins d'habitation après assainissement énergétique et âgé de plus de 10 ans lors de l'introduction de la demande d'aide financière. L'aide financière peut se rapporter aux éléments de construction de l'enveloppe thermique de la maison et à la ventilation mécanique contrôlée.»¹

Um vom Staat finanziell unterstützt zu werden besagt das « Règlement Grand-Ducal » vom 12 Dezember 2012, dass das zu sanierende Gebäude älter als 10 Jahre sein muss. Zudem muss vor der Sanierung eine Energieberatung durchgeführt werden, wobei die Gebäudehülle wie auch die Anlagentechnik in Betracht gezogen werden müssen. Die Gemeinde selbst bietet bisher keine finanziellen Unterstützungen an, was jedoch viele Bürger zum Umdenken anregen würde.

¹ Règlement grand-ducal du 12 décembre 2012 instituant un régime d'aides pour la promotion de l'utilisation rationnelle de l'énergie et la mise en valeur des énergies renouvelables dans le domaine du logement

7. Potenzialanalyse für den Ausbau Erneuerbarer Energien

7.1 Potenziale der Landwirtschaft

7.1.1 Bestandsaufnahme bestehender Biogasanlagen

Bis jetzt gibt es in der Gemeinde selbst noch keine Biogasanlagen. Im Folgenden wird das mögliche Potenzial von Biogas analysiert, welches durch nachwachsende Rohstoffe innerhalb der Gemeinde produziert werden kann.

7.1.2 Potenzial einer Biogasanlage

Bei der Fermentation (Fermenter) von nachwachsenden Rohstoffen entsteht Biogas welches genutzt wird um Strom und Wärme herzustellen. Dabei wird das entstandene Biogas entweder ins Netz eingespeist oder in einem Blockheizkraftwerk für die Strom-und Wärmeproduktion genutzt. Nachhaltige Rohstoffe wie Gülle bzw. Mist von Tieren, Ernterückstände und organische Abfälle werden dabei verwendet.

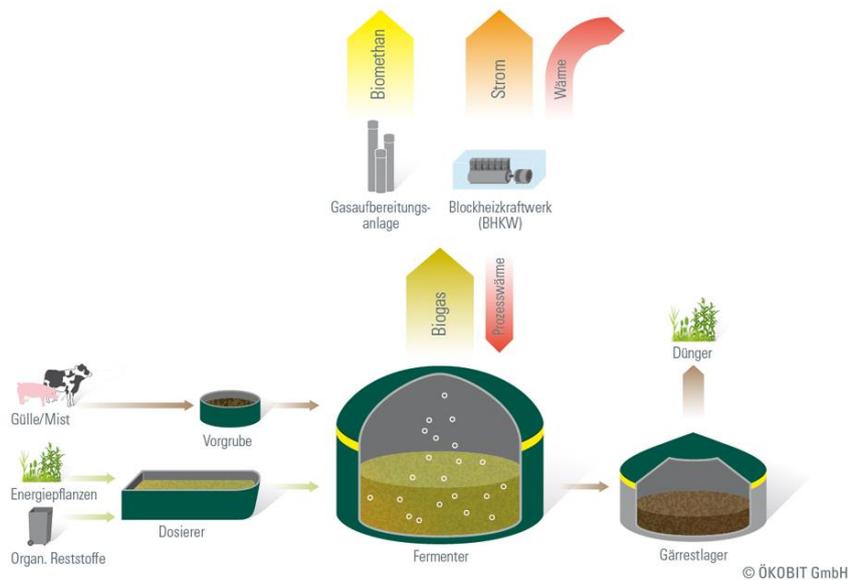


Abbildung 35: Aufbau einer Biogasanlage

Biogasanlagen sind daher von großer Bedeutung, da ohnehin anfallende Stoffe energetisch genutzt werden können. Jedoch macht es nur Sinn wenn das Potenzial an anfallenden Rohstoffen groß genug ist.

- Energiepflanzen

Mithilfe der Daten der Statec/SER konnten die Flächen der verschiedenen Pflanzenkulturen und der Weiden innerhalb der Gemeinde bestimmt werden:

ENQUÊTE SUR LA STRUCTURE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES (FSS): AVRIL 2014

	commune Vichten
Total	
- Nb exploitations	18
- SAU totale (ha)	1131
Terres arables	
- Nb exploitations	15
- Surface (ha)	527
Prairies et pâturages	
- Nb exploitations	16
- Surface (ha)	604

Abbildung 36: Auszug vom Statec/SER der Flächen von unterschiedlichen Pflanzenkulturen

In der Gemeinde gibt es insgesamt 527ha Ackerfläche mit unterschiedlichen Pflanzenkulturen und 604ha Fläche mit Weiden. Dabei ergibt sich eine Nutzfläche von insgesamt 1131ha.

Die Ackerfläche teilt sich dabei in folgende Pflanzenkulturen auf:

	Pflanzenkultur	Fläche [ha]	[ha]	Gesamte Nutzfläche [ha]
Ackerland	Getreide	172	527	1131
	Hülsenfrüchte	k.A		
	Wurzelgemüse	k.A		
	Handelsgewächse	35		
	Energiepflanzen	k.A		
	Futterpflanze	304		
	Andere	7		
Weiden	Wiese	604	604	

Tabelle 16: Flächenangaben der verschiedenen Pflanzenkulturen

k.A: keine Angabe, da es sich bei diesen Flächen um weniger als 2-3 Betriebe handelt. Deshalb wurden diese aus vertraulichen Gründen vom Statec nicht angegeben.

Das Potenzial an Biogas durch Ernterückstände und Energiepflanzen wird jedoch in diesem Fall nicht berücksichtigt, da alles für die Tiere genutzt wird. Energiepflanzen sollten als Nahrungsmittel genutzt werden und nicht zur Energiegewinnung.

- Tierexkremente

Der Ertrag an Biogas durch Tierexkremente wird in den nächsten Seiten genauer analysiert. Hier konnte die Anzahl der unterschiedlichen Tiere innerhalb der Gemeinde auch durch Daten des Statec/SER ermittelt werden.

Biogasertrag durch Nutzen der anfallenden Gülle:

	Tier	Anzahl*	Ausscheidung [t/Kopf/a]**	Ausscheidung [t/a]	Biogasertrag Gülle [m ³ CH ₄ /t]	Gesamter Biogasertrag [m ³ CH ₄ /a]
Rinder	Kalb (0-6 Monate)	336	2,85	958	25	23.940
	Rind (6-12 Monate)	379	6,27	2.376	25	59.408
	Rind (1-2 Jahre)	560	8,55	4.788	25	119.700
	Rind (>2 Jahre)	203	10,83	2.198	25	54.962
	Milchkuh	486	21,09	10.250	25	256.244
	Mutterkuh	434	17,1	7.421	25	185.535
Pferde	Pferde	12	14,4	173	70	12.096
Geflügel	Hühner	k.A	0,1	/	80	/

Tabelle 17: Biogasertrag durch Gülle

Biogasertrag durch Nutzen des anfallenden Mistes:

	Tier	Anzahl*	Ausscheidung [t/Kopf/a]**	Ausscheidung [t/a]	Biogasertrag Mist [m ³ CH ₄ /t]	Gesamter Biogasertrag [m ³ CH ₄ /a]
Rinder	Kalb (0-6 Monate)	336	2,85	958	45	43.092
	Rind (6-12 Monate)	379	6,27	2.376	45	106.935
	Rind (1-2 Jahre)	560	8,55	4.788	45	215.460
	Rind (>2 Jahre)	203	10,83	2.198	45	98.932
	Milchkuh	486	21,09	10.250	45	461.238
	Mutterkuh	434	17,1	7.421	45	333.963
Pferde	Pferde	12	14,4	173	70	12.096
Geflügel	Hühner	k.A	0,1	/	80	/

Tabelle 18: Biogasertrag durch Mist

*Statec/SER

**Annexe I Reglement Grand Ducale 25.04.08

Biogaserträge der verschiedenen Stoffe:

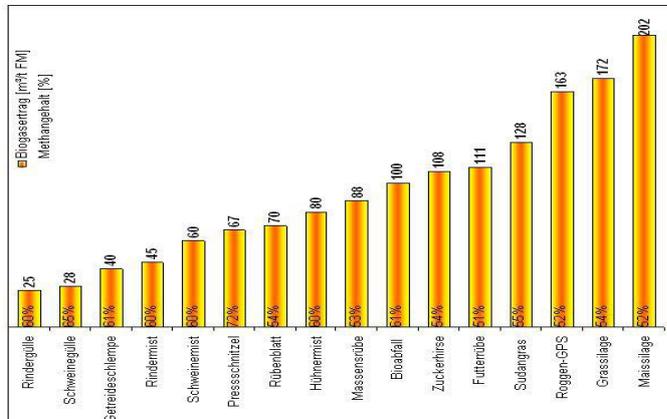


Abbildung 37: Biogaserträge unterschiedlicher Stoffe

Somit ergibt sich folgendes an potenzieller Energie:

Gesamter Biogasertrag Gülle [m³CH₄/a]	Potenzielle Energie [MWh]*	Gesamte Potenzielle Energie [MWh]	Gesamter Biogasertrag Mist [m³CH₄/a]	Potenzielle Energie [MWh]*	Gesamte Potenzielle Energie [MWh]
23.940	150	4.449	43.092	269	7.948
59.408	371		106.935	668	
119.700	748		215.460	1.347	
54.962	344		98.932	618	
256.244	1.602		461.238	2.883	
185.535	1.160		333.963	2.087	
12.096	76		12.096	76	

Tabelle 19: Potenzielle Energie durch Exkrememente

*Der Energiegehalt von 1m³ Biogas liegt bei 5-7,5 kWh → Gewählt: 6,25kWh/m³.

Die potenzielle Energie welche mithilfe der Gülle gewonnen werden kann beträgt 4449MWh. Durch Nutzen des Mistes kann hingegen 7948MWh an Energie gewonnen werden. Der Ertrag an gewonnener Energie ist beim Mist höher als bei der Gülle, da der Mist bei den Rindern einen höheren Biogasertrag liefert.

- Organische Abfälle

Der anfallende organische Abfall konnte durch Daten des Sidec und Statec bestimmt werden:

	Anzahl Einwohner	Hausmüll pro Kopf [kg/a]*	Anteil an Bioabfall in der grauen Mülltonne [%]**	Organischer Abfall pro Kopf [kg/a]	Gesamter organischer Abfall [t/a]	Biogasertrag [m ³ CH ₄ /t]	Gesamter Biogasertrag [m ³ CH ₄ /a]	Potenzielle Energie [MWh]	Gesamte Potenzielle Energie [MWh]
Hausmüll	1015	223	30	67	68	70	4753	30	52
Gras					28	130	3588	22	

Tabelle 20: Potenzielle Energie durch Abfall

Hier in der Gemeinde wird pro Jahr ungefähr 223kg Hausmüll pro Kopf produziert. In einer Abfallanalyse des Sidec wurden unterschiedliche Mülltonnen in verschiedenen Gemeinden analysiert und davon der organische Anteil bestimmt. Dieser liegt bei rund 30%, was somit 67kg an organischem Abfall pro Kopf ausmacht. In der gesamten Gemeinde fallen somit pro Jahr ungefähr 68 Tonnen an organischem Hausmüll und 28 Tonnen an Gras an. Dabei ergibt sich eine Potenzielle Energie von insgesamt 52MWh.

7.1.3 Bewertung des landwirtschaftlichen Potenzials

„Im BHKW wird die im Biogas enthaltene Energie zu ca. 30 % in elektrische Energie und zu ca. 55 % in thermische Energie umgewandelt“¹

Thermischer Wirkungsgrad	Elektrischer Wirkungsgrad
55%	30%

Tabelle 21: Wirkungsgrad BHKW

Somit ergibt sich folgendes für die Potenzielle Energie:

	Potenzielle Energie [MWh/a]	Thermische Energie [MWh/a]	Elektrische Energie [MWh/a]
Pflanzen	0	0	0
Hausmüll	52	29	16
Gülle	4449	2.447	1.335
Mist	7948	4.371	2.384

Tabelle 22: Gesamte potenzielle Energie

*Statec

**Abfallanalyse Sidec 2013-2014

¹<http://biogas-infoboard.de/pdf/Kohrt.pdf>

Da die Energiepflanzen bzw. Ernterückstände vollständig für die Tiere genutzt werden, besteht hier kein Potenzial. Durch Nutzen organischer Abfälle kann zudem kaum Energie gewonnen werden. Die Weiterverarbeitung von Gülle bzw. Mist wäre jedoch sinnvoll, da große Mengen an thermischer und elektrischer Energie genutzt werden könnten. Dies kann man auch noch mal bildlich in folgendem Diagramm erkennen:

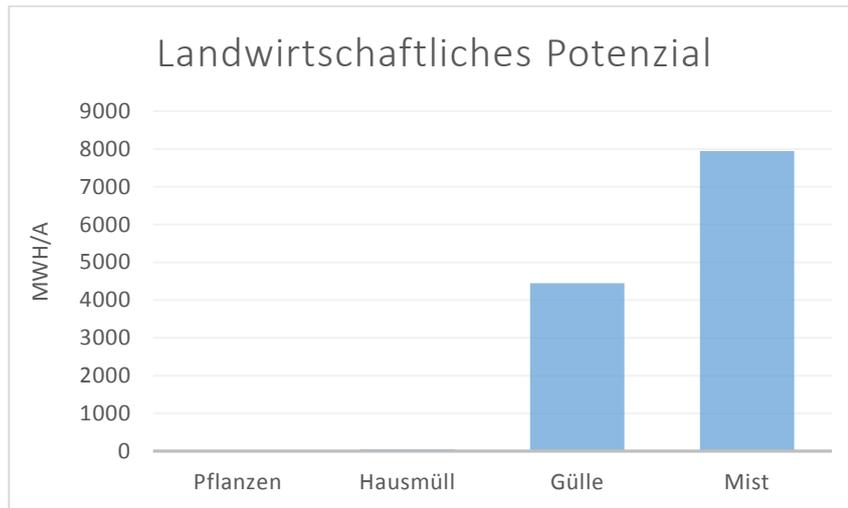


Abbildung 38: Landwirtschaftliches Potential

Zum Vergleich: In Redingen gibt es eine Biogasanlage, die jedes Jahr mit ungefähr 15.000t Mist und 30.000m³ Gülle beliefert wird. Innerhalb unserer Gemeinde werden pro Jahr um die 30.000t Mist und 30.000m³ Gülle produziert. Würde man hier eine gleiche Biogasanlage errichten, könnte die Nachfrage an Gülle/Mist also gedeckt werden. Jedoch wird die Biogasanlage in Redingen noch mit Abfällen (4000t/a) und Energiepflanzen versorgt. In unserem Fall werden die Energiepflanzen jedoch zu 100% für die Tiere genutzt und der anfallende Abfall (68t/a) ist sehr gering.

Eine Biogasanlage würde also nur dann Sinn machen wenn man auf andere Abnehmer aus anderen Dörfern zurückgreifen könnte.

7.2 Potenziale der Forstwirtschaft

7.2.1 Abschätzung des Energieholzes

Die Gemeinde Vichten besitzt im ganzen 303 ha Waldfläche. Davon besitzt die Gemeinde selbst nur 1 ha Waldfläche, die restlichen 302 ha sind private oder staatliche Waldflächen. Wie man auf der Karte gut erkennen kann besitzt Vichten eher wenig Waldfläche gegenüber den anderen Dörfern des „Réidener Kantons“:

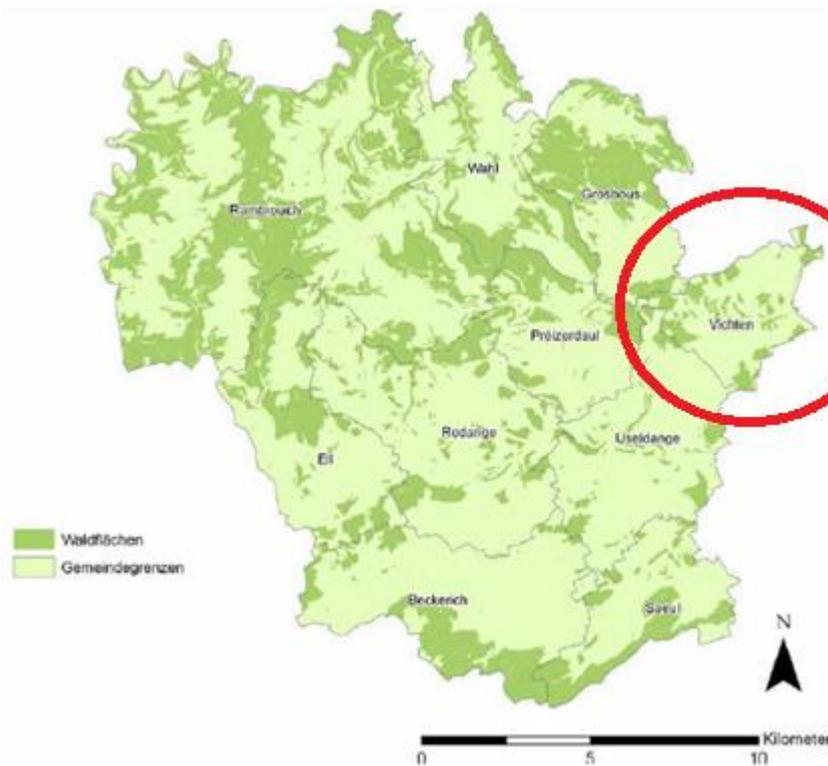


Abbildung 39: Waldfläche Kanton Redange

Das Holz wird je nach Verwertung in unterschiedliche Kategorien untergeordnet: Stamm- und Furnierholz sowie Energie- und Industrieholz. Stamm- und Furnierholz gehören zu dem „besseren“ Holz und wird in der Industrie weiter verarbeitet und nicht für energetische Zwecke genutzt. Das Industrieholz wird in der Papier- und Holzwerkstoffindustrie genutzt. So ist in unserem Fall nur das Energieholz von Bedeutung und wird für energetische Zwecke genutzt.

Im Folgenden wird das Energieholz genauer analysiert. Unter der Annahme dass 50% des gewonnenen Holzes als Industrieholz genutzt wird und unabhängig von den Besitzverhältnissen (Privat, Staat...) kann laut der Studie „Energieholz im Kanton Redange“ jährlich ungefähr 360 Fm an Energieholz gewonnen werden:

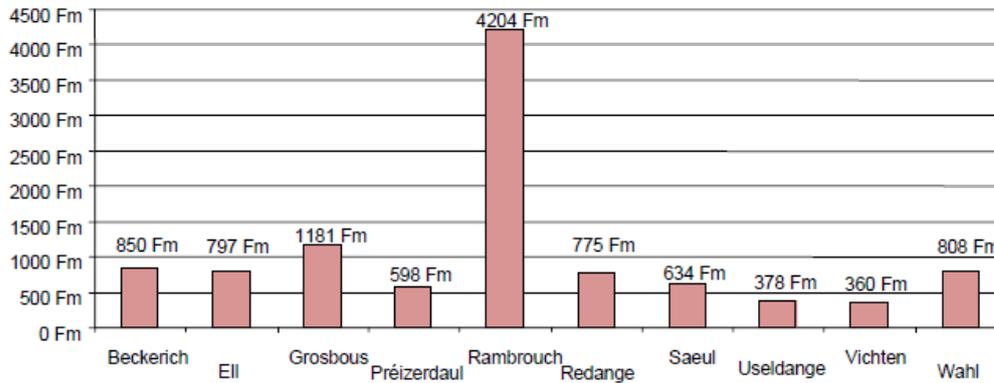


Abbildung 40: Holzmengen Kanton Redange

Das gewonnene Energieholz wird in Form von Scheitholz oder Holzhackschnitzel genutzt. Bei einem Energiepotenzial von jährlich 360 Fm, macht dies ungefähr 765.000 kWh aus, welches 77.273 Liter Heizöl entspricht. Geht man davon aus das der durchschnittliche Heizölverbrauch pro Haushalt bei ungefähr 2000 Litern liegt, könnte man mit diesem Energiepotenzial ungefähr 38 Haushalte versorgen:

Energieholz [Fm]	Scheitholz/Holzhackschnitzel [Srm]*	[kWh]**	Heizöl [Liter]***
360	900	765.000	77.273

Tabelle 23: Energiepotential als Scheitholz/Holzhackschnitzel

Konzentriert man sich jedoch nur auf die Nutzung von Holzhackschnitzel, so wird die Annahme getroffen das 60% des Energieholzes für Scheitholz genutzt werden. Die übrigen 40% werden dann für Holzhackschnitzelanlagen genutzt. Anstatt von 900 Srm können jetzt nur noch 360 Srm genutzt werden. Mit dem verbleiben Energiepotenzial könnte man jetzt nur noch 15 Haushalte durch Hackschnitzelanlagen versorgen.

Energieholz [Fm]	Holzhackschnitzel [Fm]	[Srm]	[kWh]	Heizöl [Liter]
360	144	360	306.000	30.909

Tabelle 24: Energiepotential Holzhackschnitzel

*1 Fm (Festmeter Holz, Quader aufgespaltenes Holz) entspricht etwa 2,5 Srm

** 1Srm (Schüttraummeter, Quader gehacktes Holz) entspricht etwa 850 kWh

*** 1 Liter Heizöl entspricht etwa 9,9 kWh

Bei diesen Annahmen ist man von der gesamten Waldfläche ausgegangen, hier wurden sowohl private wie auch öffentliche Waldflächen in Betracht gezogen. Dadurch kann man davon ausgehen dass das errechnete Energiepotenzial nicht erreicht werden kann, da es sich bei dem größten Teil um Privatwald handelt, welcher nicht ohne Einwilligung der Besitzer genutzt werden darf.

7.2.2 Bewertung des forstwirtschaftlichen Potenzials

Das Potenzial der Forstwirtschaft ist auch hier gering, da es in der Gemeinde nur wenig Waldflächen gibt, zudem sind die meisten Waldflächen in Privatem Besitz. Da die Gemeinde nur 1ha Waldfläche besitzt besteht hier kaum Potential.

7.3 Potenziale der Sonnenenergie

7.3.1 Abschätzung des Potenzials

Die Gemeinde besitzt eine Software namens „ArcGis“ von der Firma Esri, welche Informationen über die geologischen Gegebenheiten der gesamten Gemeinde besitzt. Um das Potenzial an Sonnenenergie zu bestimmen, benötigt man zunächst die gesamte verbaute Fläche. Diese notwendigen Daten können mithilfe des Programmes bestimmt werden. Die Summe aller verbauten Flächen, sowohl kommunal als auch privat beträgt **97.461 m²**. Um jetzt die gesamte nutzbare Dachfläche zu bestimmen werden folgende Annahmen getroffen:

2.1.4 Berechnung des Dachflächen-Potentials

Steildächer

Im Wohnbereich treten fast ausschließlich Rechteck-/Bungalow-Bauten mit Steildächern auf [SCH-92]. Aus der Gebäudegrundfläche lässt sich bei Steildächern über den Neigungswinkel α die Dachfläche ermitteln (Abbildung 4). Die vorwiegend anzutreffende Dachneigung liegt zwischen 20° und 50° [SCH-02]. Zur weiteren Berechnung wird als Mittelwert der Dachneigung $\alpha = 35^\circ$ [KAL-93] gewählt.

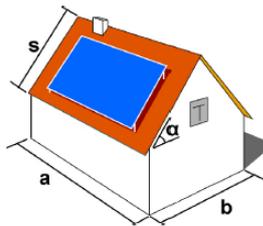


Abbildung 4: Veranschaulichung zur Ermittlung der Dachfläche bei Steildächern

Abbildung 41: Auszug „Abschätzung des Photovoltaik Potentials auf Dachflächen in Deutschland“

Es wird vereinfacht angenommen dass die Dachneigung der Dächer 35 Grad betragen:

Dachneigungswinkel	Faktor*
35 Grad	1,2207

Tabelle 25: Faktor zur Bestimmung der Dachfläche

Um die Dachfläche zu bestimmen wird bei einem Dachneigungswinkel von 35 Grad die Grundfläche des Hauses mit einem Faktor von 1,2207 multipliziert. Zudem wird bei der Abschätzung des Solarpotenzials angenommen dass nur ein Viertel der Dachfläche für Solarzwecke genutzt wird (Verlust durch Kamin, Antennen, Nordseite... etc).

* <http://www.dbs-dachbaustoffe.de/dbservice/dbs-linksammlung/dachflaechenberechnung/>

So ergibt sich folgendes für die nutzbare Dachfläche:

Summe aller verbauten Flächen [m ²]	Summe aller Dachflächen [m ²]	Für Solaranlagen nutzbare Fläche [m ²]
97.461	118.970	29.743

Tabelle 26: Nutzbare Dachfläche

Für Solarzwecke steht schätzungsweise eine Fläche von ungefähr 29700 m² zur Verfügung.

Bei den verbauten Flächen handelt es sich um 476 Komplexe (öffentliche Gebäude, private Haushalte, Garagen...etc). Thermische Solaranlagen welche nur zur Warmwasseraufbereitung genutzt werden, wird ungefähr pro Person 1,5m²* Kollektorfläche benötigt. Geht man von einem 4-Personen Haushalt aus, so benötigt man eine Kollektorfläche von ungefähr 6m².

Die nutzbare Dachfläche kann zu einem Teil für thermische Anlagen, zum anderen Teil für PV-Anlagen eingeteilt werden:

Anzahl Gebäude	Fläche für thermische Solaranlagen (6m ² pro Haus) [m ²]	Fläche für Photovoltaikanlagen [m ²]
476	2.856	26.887

Tabelle 27: Einteilung der nutzbaren Dachfläche

Wenn alle Gebäude mit Solarkollektoren versehen werden würden, könnte man eine Fläche von ungefähr 2.800m² für thermische Zwecke und 26.800m² für Photovoltaik nutzen..

Da 1 kWp etwa 8m²** an Fläche entspricht und 1 kWp 800 kWh/a sind, erhalten wir folgendes an Potenzial welches durch Photovoltaikanlagen gedeckt werden könnte:

Potenzial für PV [kWp]	Potenzial Stromproduktion [kWh/a]
3.361	2.688.655

Tabelle 28: Potenzial Stromproduktion

Alleine durch die PV-Anlagen könnten jährlich 2,6 Millionen kWh an Strom genutzt werden. Bei einem durchschnittlichen Stromverbrauch von 5250 kWh/a pro Haushalt könnte man 512 Haushalte mit Strom versorgen.

7.3.2 Bewertung des Solar-Potenzials

Im Solar-Bereich besteht Potenzial zu mehr. Hier kann man alleine durch PV-Anlagen um die 500 Haushalte mit Strom versorgen. Jedoch müsste man jede nutzbare Dachfläche in der Gemeinde mit Kollektoren versehen, was relativ unrealistisch ist.

* <http://www.solarthermie.net/faq/wie-hoch-liegen-die-solarthermie-kosten-pro-m2>

**<http://www.photovoltaiik.org/wissen/kwp>

7.4 Potenziale der Windkraft

7.4.1 Bestandsaufnahme bestehender Anlagen

Windkraftanlagen sind in der Gemeinde in Vichten keine zu finden.

7.4.2 Potenzial der Windkraft

Windkraftanlagen dienen dazu die Energie des Windes in elektrische Energie umzuwandeln. Dabei werden die Flügel des Windrades durch den Wind in Bewegung versetzt (Bewegungsenergie). Die entstandene Bewegungsenergie wird daraufhin durch einen Generator in Strom umgewandelt.

Im Sommer 2015 wurde eine Studie vom „De Réidener Kanton“ im Rahmen des Klimapaktes durchgeführt, welche das Potenzial an Wind in den einzelnen Gemeinden analysieren sollte. An der Studie haben die 10 Gemeinden des „De Réidener Kanton“ teilgenommen:



Abbildung 42 : Réidener Kanton

Die Ergebnisse der Studie haben gezeigt dass das größte Potenzial an Wind in der Gemeinde Rambrouch liegt, folgend von Ell und Redange/Préizerdaul:

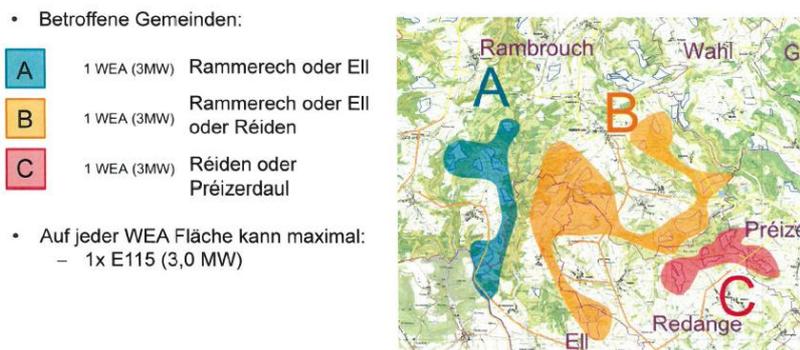


Abbildung 43: Auszug Windkraftpotentialstudie Kanton Réiden

Zudem hat die Studie gezeigt, dass in Vichten der Bau einer Windkraftanlage nur wenig Sinn macht, aufgrund des geringen Windpotenzials.

7.5 Potenziale der Wasserkraft

7.5.1 Bestandsaufnahme bestehender Anlagen

Wasserkraftanlagen sind keine innerhalb der Gemeinde zu finden.

7.5.2 Bewertung des Wasserkraftpotentials

Fließt Wasser von einem höher gelegenen Reservoir zu einem tiefer gelegenen Reservoir so entsteht kinetische Energie. Die Bewegungsenergie des Wassers treibt auch hier einen Generator an und wandelt diese in elektrische Energie um. Je höher das Gefälle des Wassers und je größer die Wasserpumpe, desto mehr Energie kann gewonnen werden.

In Vichten gibt es die sogenannte „Viichtbaach“ welche durch das Dorf hindurch fließt und am Ende in Boevange in die „Attert“ mündet.

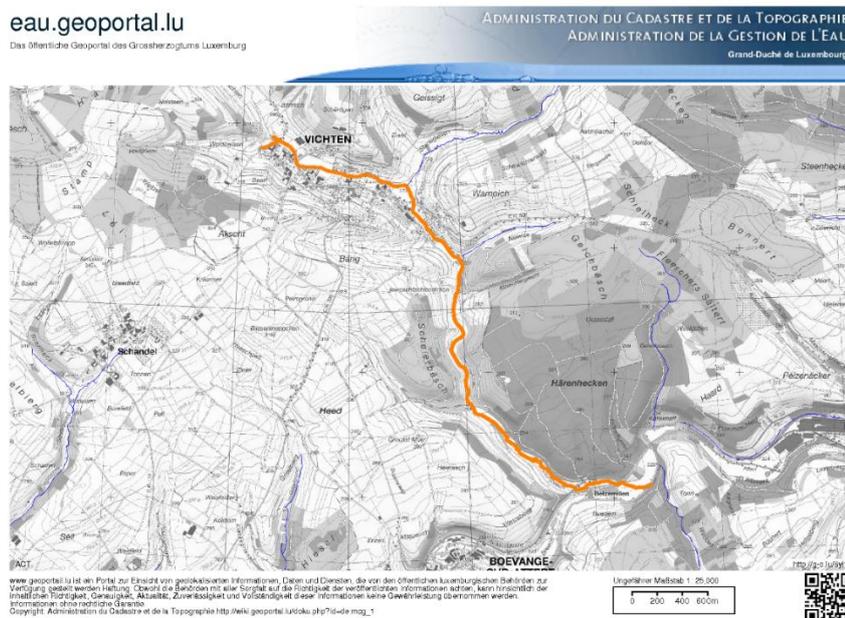


Abbildung 44: Verlauf der „Viichtbaach“

Das Höhenpotenzial wie auch die Durchflussmenge der „Viichtbaach“ ist sehr gering, so dass auch hier kein Potenzial für Wasserkraftwerke besteht.

7.6 Potenziale der Geothermie

Die Geothermie ist ein Verfahren wodurch man dem Erdreich Wärme entzieht für Heiz- und Kühlzwecke. Zudem kann es auch zur Stromerzeugung oder für Systeme mit Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden. Je nach Tiefe unterscheidet man zwischen zwei Systemen: die oberflächennahe Geothermie und die Tiefenbohrungen. Die meisten Bohrungen welche in Luxemburg durchgeführt werden liegen um die 50-130m.

Die Erdwärmennutzung kann mit unterschiedlichen Verfahren durchgeführt werden:

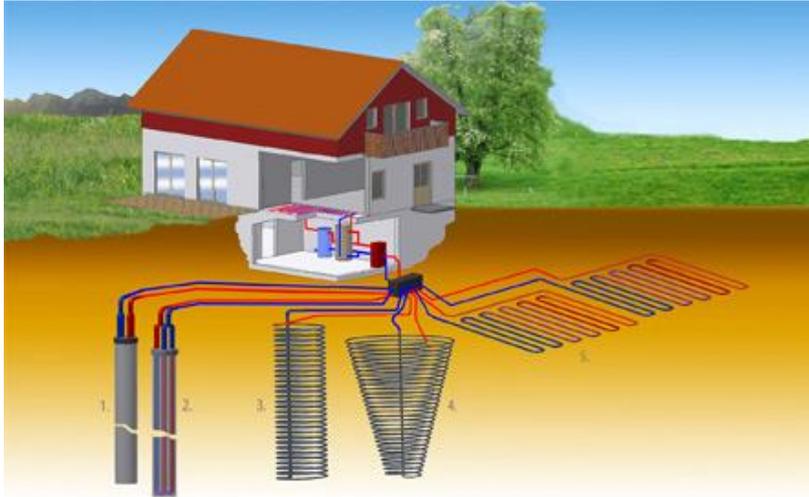


Abbildung 45: unterschiedliche Verfahren zur Erdwärmennutzung

1. Grundwasserbohrung
2. Tiefenbohrung
3. Erdwärmekorb zylindrisch
4. Erdwärmekorb konisch
5. Flächenkollektor

Um in Luxemburg Tiefenbohrungen durchführen zu können, benötigt man jedoch einige Genehmigungen. Zuerst muss geprüft werden in welcher Zone sich das jeweilige Gebiet befindet. So gibt es Zonen in denen ein hohes Gefährdungspotenzial gegenüber der Grundwasserversorgung herrscht. In diesen Zonen werden keine Genehmigungen erteilt. Des Weiteren gibt es Zonen, in denen Tiefenbohrungen bis zu einer bestimmten Tiefe erlaubt sind. Hier wird jede Anfrage individuell geprüft. Zuletzt gibt es noch die Zone mit geringem Gefährdungspotenzial. Hier wird prinzipiell immer eine Genehmigung erteilt. Erdwärmekorb und Flächenkollektor sind die am Meisten angewandten Verfahren, da es sich dabei nicht um Tiefenbohrungen handelt. Ein Nachteil bei diesen Verfahren ist, dass man jedoch sehr viel Platz benötigt.

„Tiefbohrungen sind nach dem "Commodo-Gesetz" ("Loi modifiée du 10 juin 1999 relative aux établissements classées") genehmigungspflichtig.

Geothermische Vorhaben mit einer Sondenleistung grösser 15kW sind Genehmigungs-kategorie 1, wonach nach der Verordnung vom 7.März 2003 (RGD du 7 mars 2003 concernant l'évaluation des

incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement") eine Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) nach

Einzelfallprüfung durchzuführen ist. Vorhaben mit Sondenleistungen kleiner oder gleich 15kW sind wiederum nach Einzelfallprüfung durch die Umweltverwaltung im Regelfall Genehmigungs-kategorie 3 und erfordern gemäß der Verordnung vom 18. Februar 2010 (RGD du 18 février 2010 modifiant le règlement grand-ducal modifié du 16 juillet 1999 portant nomenclature et classification des établissements classés) keine UVU.“¹

7.6.1 Analyse der hydrogeologischen Begebenheiten

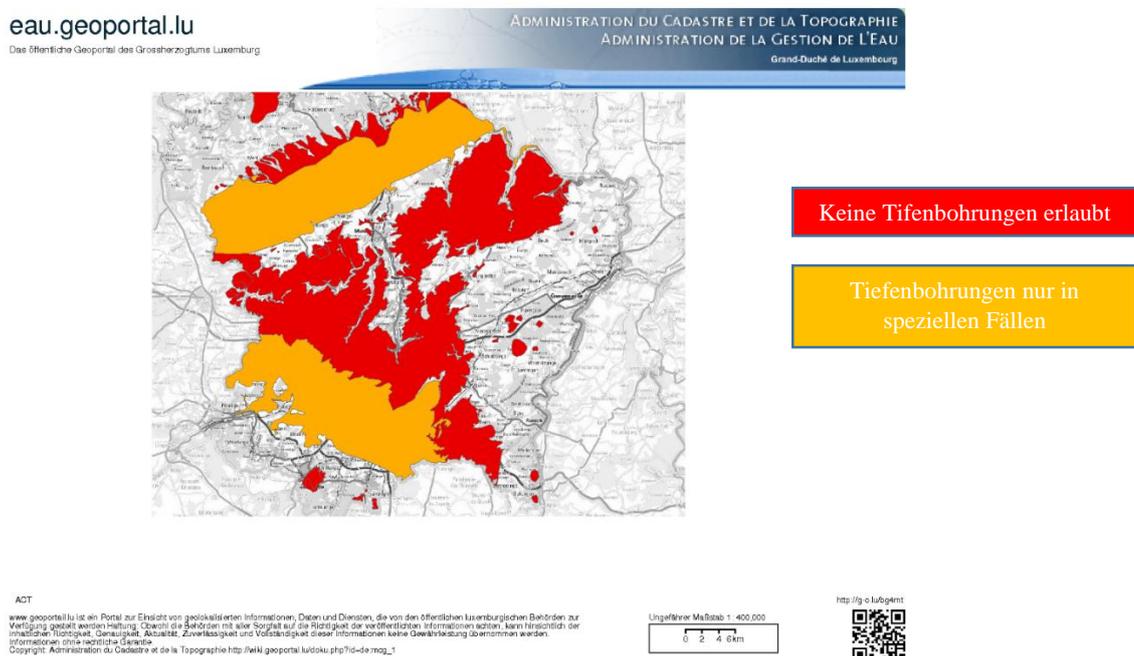


Abbildung 46: Einteilung der Zonen für Tiefenbohrungen

Auf der Karte sind gelbe und rote Zonen eingezeichnet. Die roten Markierungen zeigen alle die Gebiete, in denen keine Tiefenbohrungen erlaubt sind da dort Gefahr gegenüber dem Grundwasser besteht. In den orangenen Markierungen liegen alle die Gebiete, in denen ebenfalls keine Tiefenbohrungen erlaubt sind oder die nur in speziellen Fällen genehmigt werden.

7.6.2 Bewertung des Geothermie Potenzials

Die Gemeinde Vichten befindet sich in der orangenen Zone. Es werden also nur Tiefenbohrungen in äußersten Fällen akzeptiert. Oberflächennahe Geothermie wie z.B. Flächenkollektoren oder Erdwärmekörper können jedoch in der Gemeinde angewendet werden, da es sich nicht um Tiefenbohrungen handelt.

Das Potenzial an Geothermie in der Gemeinde ist somit begrenzt, da einige Vorschriften eingehalten werden müssen.

¹http://www.eau.public.lu/publications/divers/Guide_pratique_sur_la_geothermie.pdf

8. Vorschlag eines Szenarios

8.1 Nahwärmenetz

In den darauffolgenden Seiten wird ein neues Projekt welches zur Verbesserung der Energieeffizienz beitragen soll, analysiert. Ziel dieses Konzeptes ist es, eine neue Heizanlage zu planen, welche die Gebäude zu jedem Zeitpunkt mit Wärme versorgen kann. Ein wichtiges Kriterium welche die Heizanlage mit sich bringen sollte, ist der ökologische Aspekt. So sollte die neue Anlage auf erneuerbare Energien zurückgreifen.

Das neue geplante Nahwärmenetz soll mehrere kommunale Gebäude gleichzeitig mit Wärme versorgen. Bei diesen Gebäuden handelt es sich um das Gemeindegebäude, das Feuerwehrgebäude und die Kirche. Wie man im folgendem Bild erkennen kann, stehen die drei Gebäude in unmittelbarer Nähe zueinander:



Abbildung 47: Vorzugsgebiet für ein Nahwärmenetz

8.2 Verbrauchsanalyse

Wie bereits in den Kapitel 4.1 und 5.1 erwähnt wurde handelt es sich bei den Heizanlagen um Niedertemperaturkessel welche mit Heizöl betrieben werden. Mithilfe der Heizöl-Lieferungen kann der durchschnittliche Verbrauch erfasst werden. Der Mittelwert der Heizölmengen der letzten 3 Jahre liefert uns einen verlässlichen Wert.

Die folgende Tabelle gibt die durchschnittlichen Verbräuche der drei Gebäude an.

	Durchschnittlicher Verbrauch [Liter/a]	Durchschnittlicher Verbrauch [kWh/a]*	Gesamter Verbrauch [kWh/a]
Kirche	7.746	76.682	172.171
Gemeinde	6.274	62.116	
Feuerwehr	3.371	33.373	

Tabelle 29: Verbrauchsanalyse der drei Gebäude

Die Gebäude benötigen einen Gesamtverbrauch von ungefähr 172.171 kWh/a.

*1 Liter Heizöl \cong 9,9 kW

8.3 Kesseldimensionierung

Die Abschätzung der Kesseldimensionierung erfolgt nach VDI 2067 Blatt 2. Für die Berechnung benötigt man den Verbrauch der Gebäude, sowie auch den Jahresnutzungsgrad des neuen Kessels und die Jahresvolllaststunden. Laut VDI 2067 Blatt 2 gilt folgendes für die Kesseldimensionierung:

$$Kesselleistung = \frac{\text{Wärmeproduktion}}{\text{Volllaststunden} \times \text{Jahresnutzungsgrad}}$$

Folgendes gilt für die alten Heizanlagen:

	Durchschnittlicher Verbrauch [kWh/a]*	Geschätzter Jahresnutzungsgrad [%]	Durchschnittliche Wärmeproduktion Kessel [kWh/a]	Gesamte Wärmeproduktion [kWh/a]
Kirche	76.682	65	49.843	121.460
Gemeinde	62.116	75	46.587	
Feuerwehr	33.373	75	25.030	

Tabelle 30: Gesamte Wärmeproduktion der drei Gebäude

Der Jahresnutzungsgrad von alten Kesseln liegt zwischen 65%-85%. Da die Kessel der Gemeinde und der Feuerwehr vom Jahre 2000 sind, wurde ein Jahresnutzungsgrad von 75% angenommen. Die Heizanlage der Kirche ist vom Jahr 1989, so dass hier ein Jahresnutzungsgrad von 65% gewählt wurde.

Des Weiteren wird angenommen dass der Jahresnutzungsgrad des neuen Kessels bei 85% liegt und die Jahresvolllaststunden 1700 betragen. Dabei ergibt sich folgendes für die Kesselleistung:

$$Kesselleistung = \frac{\text{Wärmeproduktion}}{\text{Volllaststunden} \times \text{Jahresnutzungsgrad}} = \frac{121460\text{kWh}}{1700\text{h} \times 0,85} = 85\text{kW}$$

Die Kesselleistung der Heizanlage muss also mindestens 85kW betragen.

8.4 Heizölbrennwertkessel

Öl/Gaskessel sind die am meisten verbreiteten Heizanlagen. In den achtziger Jahren kamen die ersten serienreifen Öl/Gaskessel mit Brennwerttechnik auf den Markt und sind mittlerweile ein fester Bestandteil unserer Gesellschaft.

Anders als bei Niedertemperaturkesseln können die neuen Brennwertkessel die im Abgas enthaltene Kondensationswärme nutzen. Dies führt dazu dass die Abgastemperatur bei heizölbetriebenen Brennwertkesseln wesentlich niedriger ist (70°C) als bei den alten Niedertemperaturkesseln (130-150°C).

Im unserem Fall eignet sich ein neuer Brennwertkessel jedoch nicht, da eine optimale Betriebsweise nur dann stattfindet wenn tiefe Rücklauftemperaturen erreicht werden. So müsste unser Heizkreis an eine Fußbodenheizung oder Wandheizung angeschlossen sein. Die Wärmeabgabe in den drei Gebäuden verläuft jedoch über Plattenheizkörper oder Konvektoren, welches höhere Rücklauftemperaturen mit sich bringt. Den maximalen feuerungstechnischen Wirkungsgrad könnte also nicht erreicht werden. Eine Sanierung/Umrüstung auf Fußbodenheizung wäre mit vielen Kosten verbunden. Zudem würde man bei einem Heizölbrennwertkessel nicht auf erneuerbare Energien zurückgreifen, so dass eine Nutzung dieser Heizanlage wenig Sinn macht.

8.5 Wärmepumpe

Bei Wärmepumpen wird einem kalten Reservoir (Außen Luft, Wasser, Erdreich) Wärme entzogen. Die Wärme wird an das flüssige Arbeitsmittel abgegeben, wobei dieses dann verdampft. Anschließend wird im Verflüssiger, der Druck mithilfe eines Verdichters soweit erhöht dass das Arbeitsmittel wieder kondensiert. Die dabei entstandene Kondensationswärme kann nun für Heizzwecke genutzt werden. So kann mithilfe von Wärmepumpe, kostenlos der Umwelt Wärme entzogen werden, um diese für Heizzwecke zu nutzen. Nur 1/3 bis 1/4 der Energie wird für elektrischen Strom benötigt (Kompressor). So können Wärmepumpen als erneuerbare Energien angesehen werden, falls der Strom auch aus erneuerbaren Energien bezogen wird.

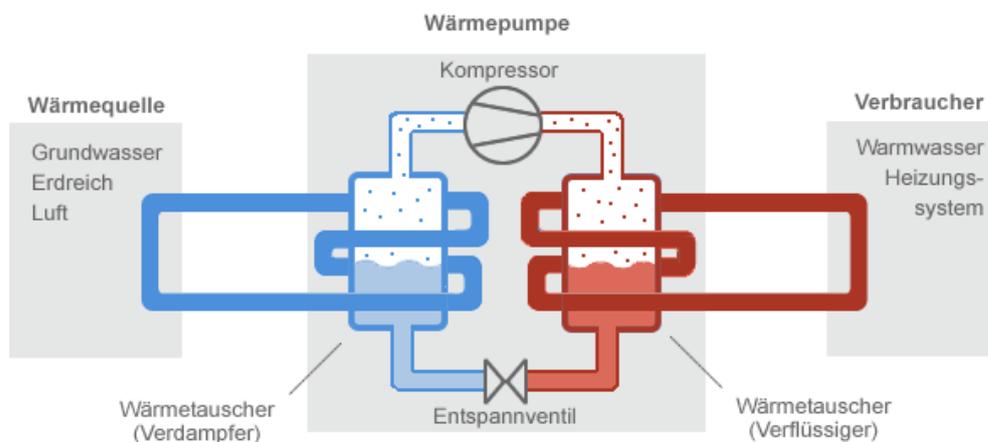


Abbildung 48: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe

Die Wärmepumpe lässt sich umso wirtschaftlicher betreiben, je höher die Temperatur der aufgenommenen Wärme ist. Je geringer die Temperaturdifferenz, umso höher die Leistungszahl. So

muss zudem darauf geachtet werden dass auf der „warmen Seite“ die Wärme bei möglichst niedriger Temperatur abgegeben werden kann. Dies ist bei Nutzung von Fußbodenheizung oder groß dimensionierten Heizkörpern möglich. Wie bereits erwähnt wurde, wäre einen Umbau viel zu teuer, so dass der Einsatz von Wärmepumpen auch hier wenig Sinn macht.

8.6 Stückholz-/Hackschnitzelanlage

In den letzten 10-15 Jahren hat sich viel getan im Bereich der Technik von holzbefeuerten Anlagen. Eine ständiges Nachlegen von Holz sowie eine ständige Überwachung der Brennkammer ist durch modernere und von selbst regelbare Heizanlagen nicht mehr notwendig. In einem großen Speicher (Pufferspeicher) wird das Holz gelagert und wird bei Bedarf von selbst in den Brennraum geführt. So konnte der Komfort durch automatisierte Kessel gesteigert werden. Die Brennertechnik hat sich in den letzten Jahren zudem sehr verbessert, so dass man hier von einer effizienten Betriebsweise ausgehen kann mit guten Abgaswerten.

Für die Aufbereitung von Holz zum fertigen Brennstoff wird kaum Energie benötigt. Zudem besteht der Brennstoff zu 100% aus Erneuerbaren Energien. Ein weiterer Vorteil ist dass der Primärenergiefaktor sehr gut ist. Der Primärenergiefaktor von Stückholz beträgt $fp=0,01^1$ und von Holzhackschnitzel $fp=0,06^1$.

Von Nachteil ist jedoch dass bei solchen Heizanlagen viel Platz benötigt wird um einen Pufferspeicher für den Brennstoff zu bauen. Zudem führt dies zu hohen Kosten.

Eine solche Heizanlage wäre von Vorteil wenn die Gemeinde viele eigene Wälder besitzen würde, so bräuchte man kein Holz einzukaufen und man wäre von keinem Lieferanten abhängig. Jedoch besitzt die Gemeinde kaum eigene Wälder. So ist die Nutzung einer Stückholz-/Hackschnitzelanlage auch hier nicht sinnvoll.

¹ Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels

8.7 Holzpellettheizung

Der Stand der Technik von Holzpellettheizungen hat sich in den letzten 10 Jahren ebenfalls stark verbessert. Auch hier kann man mittlerweile auf Anlagen zurückgreifen welche einen effizienten Betrieb aufweisen mit guten Abgaswerten. Durch modernere automatisierte Kessel ist ein sicherer Betrieb gewährleistet. Die Leistung kann je nach Bedarf geregelt werden.

Holzpellets werden aus Holzabfällen hergestellt. Zuerst muss das Holz fein gemahlen und getrocknet werden. Anschließend werden die Pellets unter hohem Druck durch eine Pelletpresse gepresst. Im folgenden Bild sieht man eine Pelletpresse, welche zu Herstellung von Pellets benötigt wird:



Abbildung 49: Pelletpresse

Ein Nachteil von Pelletanlagen ist dass die Qualität je nach Hersteller stark variieren kann. So sollte man darauf achten, Pellets zu nutzen welcher der europäischen Qualitätsnorm EN14961-2 entsprechen.

Von Vorteil ist dass der Energieaufwand welcher zur Herstellung von Pellets benötigt wird relativ gering ist im Vergleich zu anderen fossilen Energiequellen. Zudem sind die Preise von Pellets recht stabil im Gegenzug zu Heizöl oder Gas. Der Primärenergiefaktor von Pellets ist außerdem relativ gut ($fp=0,07^1$). Des Weiteren befindet sich im Nachbardorf in Bissen eine Pellet-Produktionsanlage namens „Kiowatt“. Dort werden nur Pellets hergestellt welcher der Qualitätsnorm gerecht sind. Durch Nutzung der Pellets der Firma „Kiowatt“, greift man auf Pellets in der Umgebung zurück und kann so lange Transportwege verhindern. Die Nutzung einer Holzpellettheizung wäre in diesem Fall eine optimale Lösung.

¹ Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels

8.8 Vergleich der Kosten Heizöl/Pellets

Im Folgenden werden die anfallenden Kosten von Heizöl und Pellets genauer analysiert:

Kosten Heizöl [€/kWh]*	Kosten Pellets [€/kWh]**
0,0724	0,043

Tabelle 31: Kosten Heizöl/Pellets

Der gesamte jährliche Verbrauch der Gemeinde, der Feuerwehr und der Kirche entspricht ungefähr 172.171 kWh pro Jahr. Die Kosten von Heizöl belaufen sich dabei auf ungefähr 12.500 € pro Jahr. Würde man jedoch Pellets verwenden, so hätte man nur noch um die 7500 € pro Jahr. Dabei würde man pro Jahr um die 5000 € einsparen-

Jährlicher Verbrauch [kWh]	Kosten Heizöl [€/a]	Kosten Pellets [€/a]	Einsparung [€/a]
172.171	12.465	7.403	5.062

Tabelle 32: Jährliche Einsparung an Heizkosten

8.9 CO₂-Bilanz

Zur Berechnung der CO₂-Bilanz benötigt man folgende Emissionsfaktoren:

Emissionsfaktoren*	
Heizöl [kgCO ₂ /kWh]	0,3
Pellets [kgCO ₂ /kWh]	0,021

Tabelle 33: Emissionsfaktoren

Dabei ergibt sich folgendes für die CO₂-Bilanz:

Verbrauch [kWh/a]	172.171
CO ₂ Emissionen vorher [kg CO ₂ /a]	51.651
CO ₂ Emissionen nachher [kg CO ₂ /a]	3.616
Einsparung CO ₂ [kg CO ₂ /a]	48.036

Tabelle 34: CO₂-Bilanz

Durch Nutzen von Pellets könnten jährlich 48.036 kg an CO₂ eingespart werden.

*Statec

**Preisliste Husting Reiser

9. Zusammenfassung

Schlussfolgernd kann man sagen dass in den letzten Jahren das Thema Energieeinsparung kaum berücksichtigt wurde und somit eine Verbesserung der Energieeffizienz kaum stattgefunden hat. Einige kommunale Gebäude befinden sich momentan in einem schlechten energetischen Zustand. Hier sollte die Gemeinde in den nächsten Jahren einige Sanierungen planen. Die Anlagentechniken von verschiedenen Gebäuden sollte man ebenfalls durch neue, modernere ersetzen welche zudem auf erneuerbare Energien zurückgreifen.

Durch die Umfrage hat sich ergeben, dass viele Häuser der Bürger sich ebenfalls in einem mittelmäßigen bis schlechten Zustand befinden. Hier sollte man mehr Sensibilisierungskampagnen starten um den Bürgern zu helfen und sie zum Thema Energieeinsparung zu informieren.

Die Gemeinde wie auch die privaten Haushalte sollten mehr erneuerbare Energien nutzen, einerseits um Kosten zu sparen, andererseits um den CO₂-Ausstoss zu mindern.

In den kommenden Jahren sollte die Energieversorgung und Energieeffizienz eine prioritäre Rolle spielen.

10. Quellenverzeichnis

10.1 Literatur

Vorlesung Heizungstechnik (Prof. Dr-Ing. Frank Scholzen)

Statec/SER

Annexe I Règlement Grand Ducal 25.04.08

Abfallanalyse Sidec 2013-2014

Reinhard Schubert : *Energie, Handwerk und Technik*

Règlement grand-ducal du 12 décembre 2012 instituant un régime d'aides pour la promotion de l'utilisation rationnelle de l'énergie et la mise en valeur des énergies renouvelables dans le domaine du logement

Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels et modifiant l

Wesselak V. , Schabbach Th. : *Regenerative Energietechnik*. Springer, 2009

Christine Kewitz: "Diese Fotos ausgemergelter Eisbären verdeutlichen das Drama der Erderwärmung", <http://motherboard.vice.com>, 2015

10.2 Internet

<http://biogas-infoboard.de/pdf/Kohrt.pdf>

<http://www.klima-wandel.eu/ueberschwemmung.html>

<http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/prognose-bis-2050-droht-verdopplung-des-energiebedarfs-a-516942.html>

www.Solaranlagen-portal.de

http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/SELINA_Informationebrochueere_Standby.pdf

<http://www.enovos.lu/de/privatkunde/energieeffizienz/energiespartipps-fuer-zu-hause>

<http://www.wie-energiesparen.info/stromsparen-im-haushalt/haushaltsgeraete/tipps-kuehlschrank-und-gefriergeraete/>

<http://www.enovos.lu/de/privatkunde/energieeffizienz/energieberatung-fuer-sanierung-und-neubau>

<http://modernus.de/heizungsrohre-isolieren-verkleiden-daemmen/kosten-preise-material-anleitung>

<http://www.dbs-dachbaustoffe.de/dbservice/dbs-linksammlung/dachflaechenberechnung/>

<http://www.solarthermie.net/faq/wie-hoch-liegen-die-solarthermie-kosten-pro-m2>

<http://www.photovoltaik.org/wissen/kwp>

http://www.eau.public.lu/publications/divers/Guide_pratique_sur_la_g__othermie.pdf

10.3 Bildquellen

Abbildung 1: NASA Satellitenfotos

Abbildung 2: Lea Kosch: „Zum Tode verurteilt“, <http://www.huffingtonpost.de>, 2015

Abbildung 3: Stefan Schmit: „Richtiges Unwetter“, <http://www.zeit.de/index>, 2015

Abbildung 4: https://www.lpb-bw.de/klimaschutz_weltweit.html

Abbildung 5: <http://www.klima.lu/gemeinde-vichten>

Abbildung 6: <http://www.vichten.lu/>

Abbildung 7: <http://www.vichten.lu/>

Abbildung 8 :<http://tageblatt.lu/>

Abbildung 10: Energiepass Gemeng Vichten

Abbildung 12: Energiepass Gemeng Vichten

Abbildung 20: Auszug des MDDI von privaten Photovoltaikanlagen (2016)

Abbildung 21: TÜV SÜD Zertifikat Naturstrom, Enovos

Abbildung 22: <http://www.enovos.lu/de/privatkunde/energieeffizienz/energiespartipps-fuer-zu-hause>

Abbildung 35: http://www.oekobit-biogas.com/uploads/pics/biogasanl_funktion_01.png

Abbildung 36: Statec/SER

Abbildung 37: <https://cdn.daa.net/images/biogasanlage/biogasertrag-substrate.jpg>

Abbildung 39 : Bericht Energieholz im Kanton Réiden

Abbildung 40: Bericht Energieholz im Kanton Réiden

Abbildung 41: „Abschätzung des Photovoltaikpotentials auf den Dachflächen von Deutschland“, 2010

Abbildung 42: <http://www.reidener-kanton.lu/>

Abbildung 43: Windkraftpotentialstudie Kanton Réiden

Abbildung 44: <http://www.Geoportail.lu>

Abbildung 45: http://www.simaka.de/cms/front_content.php?idcat=2

Abbildung 46: <http://www.Geoportail.lu>

Abbildung 48: www.waermpumpenportal.de

Abbildung 49: <http://www.pelletpreis.ch>