



Die 100% EE-Region

Strategien und Maßnahmen zur nachhaltigen dezentralen Energieversorgung von Regionen mit erneuerbaren Energien

Teil 1 - Gemeinde Fuldata

Dipl.-Ing. (FH) Timm Rössel

Dipl.-Ing. (FH) Michael Brähler

B.Sc. Henning Hahn

Impressum

Seminarkonzeption und Durchführung:
Michael Prytula und Martin Klement

© bei den Autoren, Universität Kassel, 2008

Zitierhinweis

Das vorliegende Dokument ist die pdf-Version eines Seminarbeitrags der jeweils genannten Autoren. Aus dem Dokument sollte in folgender Weise zitiert werden:

Rössel, Timm / Brähler, Michael / Hahn, Henning:
Die 100% EE-Region. Teil 1 - Gemeinde Fuldata
In: Prytula, Michael / Klement, Martin (Hrsg.): Die 100% EE-Region:
Strategien und Maßnahmen zur nachhaltigen dezentralen Energieversorgung von Regionen mit erneuerbaren Energien. Universität Kassel, 2008
URL: <http://www.urbaner-metabolismus.de>

Titelbild: Kartenausschnitt der Gemeinde Fuldata
Quelle: <http://www.fuldata.de/>

Schriftliche Ausarbeitung der

„Konzeptstudie Fuldata!“

Im Seminar

„100 % EE-Region: Strategien und Maßnahmen zur nachhaltigen und dezentralen Energieversorgung von Regionen mit erneuerbaren Energien“

Im Fachbereich Stadt- und Regionalentwicklung

Prof. Dipl.-Ing. M. Prytula

Dipl.-Ing. M. Klement

Vorgelegt von: Dipl.-Ing. (FH) Timm Rössel (Matrikel-Nr. 27217669)

Dipl.-Ing. (FH) Michael Brähler (Matrikel-Nr. 27243057)

B.Sc. Henning Hahn (Matrikel-Nr. 24222505)

1	Einleitung.....	2
2	Hintergrundinformationen über die Gemeinde Fuldata.....	3
2.1	Vorstellung der Gemeinde.....	3
2.2	Die derzeitige Nutzung Erneuerbarer Energien in der Region	3
2.3	Aktivitäten und Initiativen der Gemeinde	4
2.4	Ziele der Gemeinde	5
2.5	Vorschläge zur Umsetzung der Ziele	5
3	Potentialstudie	6
3.1	Viehbestand	6
3.2	Energiegehalt der NaWaRo	9
3.3	Biotonne	9
3.4	Energiegehalt des Waldes	10
3.5	Energiegehalt der schnellwachsenden Baumarten	11
3.6	Biogasanlage.....	12
3.7	Förderung von Bio-Rohstoffen aus der Land-Forstwirtschaft:	14
3.8	Holzhackschnitzelheizwerk	15
4	Photovoltaikanlagen	16
5	Sanierung öffentlicher Gebäude.....	16
6	Fazit.....	20
7	Ausblick	20
8	Abbildungsverzeichnis.....	21
9	Tabellenverzeichnis.....	21
	Literatur	21

1 Einleitung

Das Thema erneuerbare Energien gewinnt im Hinblick auf aktuelle politische Diskussionen um den Klimawandel immer mehr an Bedeutung. Eine Lösung den drohenden Klimawandel zu verhindern bzw. abzuschwächen ist die Reduzierung der anthropogen verursachten CO₂-Emissionen bei der Energieversorgung. Soll diese auf Basis regenerativer Energien nachhaltig erfolgen so erscheint es als sehr wichtig dezentrale und unabhängige Lösungen dafür zu finden. Hierzu gibt es inzwischen einige Vorzeigebispiele (Energiedörfer etc.), welche die konkrete Umsetzung auf lokaler Ebene verdeutlichen. Als Modellbeispiele können die Bioenergiedörfer Jühnde und Ahlheim genannt werden. Ob diese Konzepte auch auf andere Gemeinden bzw. Regionen übertragen werden können wird derzeit noch wissenschaftlich untersucht.

Ziel dieser Arbeit ist es die Gemeinde Fuldata hinsichtlich ihrer Potentiale zur unabhängigen Energieversorgung zu untersuchen. Dabei wurde der momentane Stand der Nutzung regenerativer Energien erfasst und Möglichkeiten aufgezeigt weitere in der Region vorhandene Energiepfade zu erschließen. Aber auch die Sammlung von Vorschlägen zu Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Gemeinden der Region wurde aufgefasst und vorgestellt. Hierfür interviewten die Autoren die Bürgermeisterin und den Stadttechniker der Gemeinde und führten zahlreiche Internetrecherchen und Berechnungen an.

2 Hintergrundinformationen über die Gemeinde Fuldata

2.1 Vorstellung der Gemeinde

Die in der Konzeptstudie untersuchte Gemeinde Fuldata liegt wenige Kilometer nördlich von Kassel an der Fulda. Die Gemeinde hat ca. 12.200 Einwohner und besteht aus sechs, topographisch weit auseinander liegenden Ortsteilen: Ihringshausen, Wahnhausen, Rothwesten, Knickhagen, Eichenberg und Wilhelmshausen. Dabei erstreckt sie sich über eine Fläche von 33 km², überwiegend bergigen Geländes entlang der Fulda. Abbildung 1 veranschaulicht die Lage der Gemeinde mit ihren weit verteilten Ortschaften.

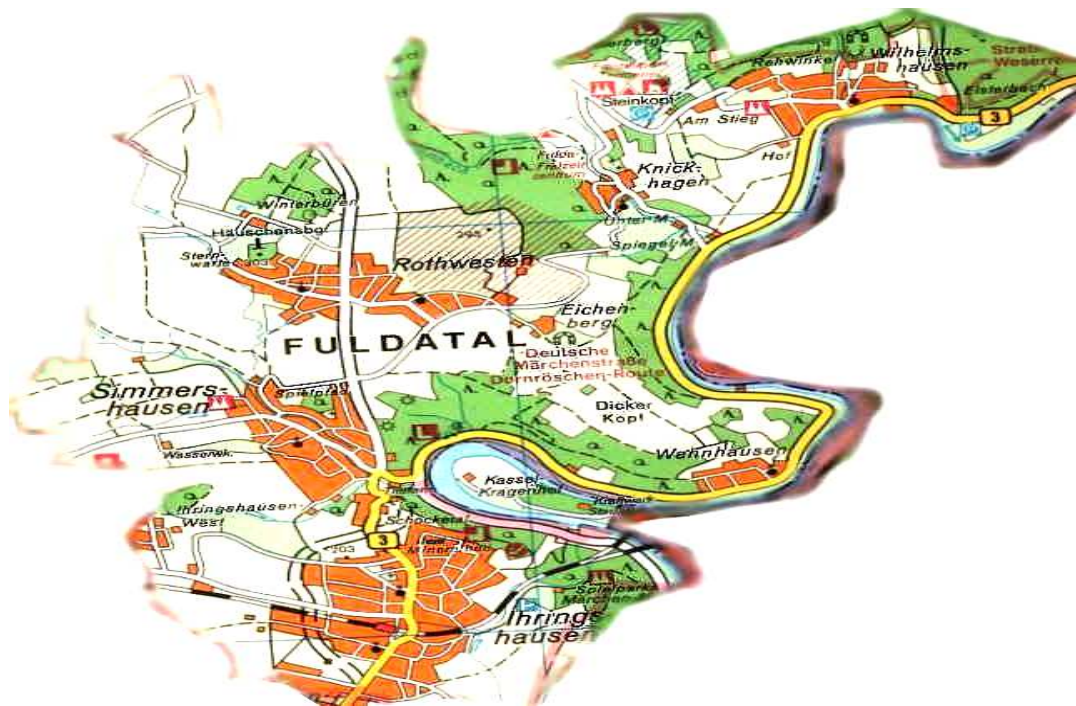


Abbildung 1: Lage der Gemeinde Fuldata

2.2 Die derzeitige Nutzung Erneuerbarer Energien in der Region

In der Region Fuldata werden derzeit erneuerbare Energien zur Stromerzeugung und Wärmebereitstellung genutzt. Mit gutem Beispiel ging hier die Gemeinde vor, die auf dem Dach des Rathauses in Simmershausen eine Photovoltaik (PV) - Anlage mit 15 kW Nennleistung installierte. Des Weiteren sind Anlagen auf den Dächern einiger Bürger vorhanden. Zusätzlich zu PV-Anlagen wurden von der Gemeinde 17 Solarthermie-Anlagen gefördert. Darüber hinaus nutzen drei private Haushalte

Erdwärme zur Warmwasserbereitstellung. Ein Landwirt der Region betreibt eine Biogasanlage, deren Strom er in das öffentliche Netz einspeist. Windkraft wird in Fuldata im Rahmen eines Windparks genutzt.¹

Für die Umweltbildung von Schulen und Kindergärten hat Fuldata ein Wassererlebnisshaus, indem durch einen Verein, ehrenamtlich ein Programm zu außerschulischen Natur- und Umweltthemen angeboten wird. Das Haus ist mit einer Solarthermie-Anlage und Zisternen zur Regenwassernutzung ausgestattet.²

Neben den tatsächlich in der Region schon genutzten regenerativen Energien ist der zukünftige Standort des Forschungsinstituts für Solare Energieversorgungstechnik (Iset) in der alten Kaserne von Rothwesten, einem Ortsteil Fuldatas, zu nennen. Hier hat das „Iset“ geplant ein PV-Testfeld von einem Hektar sowie eine Versuchsbiogasanlage und eine kleinere Windkraftanlage zu errichten.³

2.3 Aktivitäten und Initiativen der Gemeinde

Für die Umsetzung von Projekten in der Gemeinde sind Initiativen und aktive Akteure erforderlich. In Fuldata sind hier die Bürgermeisterin, Frau Werderich, sowie der Stadttechniker, Herr Wendrich, zu nennen.

Von der Gemeinde wurden bisher private Solarthermieanlagen mit 60000 DM gefördert. Nach mündlichen Mitteilungen liegen der Gemeinde noch zahlreiche unbearbeitete Anträge auf eine Förderung vor. Dies lässt auf ein Interesse am Ausbau regenerativer Energien seitens der Bürger schließen. Des Weiteren fördert die Gemeinde Zisternen zur Regenwassernutzung und nimmt an dem überregionalen Förderprogramm SolarLokal teil. Darüber hinaus existieren in Fuldata Initiativen privater Haushalte zur Nutzung von Erdwärme.

¹ Mündl. Mitteilung Frau Werderich und Herr Wendrich

² Vgl. <http://www.wassererlebnishaus-fuldata.de/>

³ Vgl. http://www.gku-se.de/pdf/Art_30-04-2007_hna_Neue_Energie_fuer_Kaserne.pdf

2.4 Ziele der Gemeinde

Ziele der Gemeinde für eine zukünftig stärkere Nutzung von Erneuerbaren Energien in der Region sind folgende:⁴

- Die Optimierung der Heizungsanlagen in öffentlichen Einrichtungen.
- Das Vorhaben den Energieverbrauch durch Straßenbeleuchtungen zu senken.
- Die Wassertemperatur im Freibad senken.
- Nahwärmeversorgung der Kaserne durch die Kompostanlage.
- Verbesserung des Dämmstandards der öffentlichen Gebäude.
- Die Abwärmenutzung der landwirtschaftlichen Biogasanlage (privates Vorhaben).
- Installation von PV-Anlagen auf öffentlichen Dächern .

2.5 Vorschläge zur Umsetzung der Ziele

In dieser Arbeit sollen zu einigen der Ziele der Gemeinde Möglichkeiten zur Umsetzung der Ziele aufgezeigt werden. Dies bezieht sich jedoch im Wesentlichen auf die Verbesserung der Dämmstandards der öffentlichen Gebäude sowie der Installation von PV-Anlagen. Darüber hinaus wird auf die Möglichkeit einer neuen Biogasanlage mit Abwärmenutzungskonzept vorgeschlagen und kalkuliert. Die anderen Gemeindeziele werden hier nicht näher betrachtet werden.

Bei der Umsetzung von Ideen bzw. Plänen zur Versorgung der Gemeinde mit regenerativen Energien ist es nahezu unumgänglich eine Bürgerinitiative ins Leben zu rufen, welche sich regelmäßig an einem „runden Tisch“ trifft. Dies erfolgte in den Bioenergiedörfern Jühnde und Alheim. Dort waren förderten diese Treffen der Umsetzung des regionalen Projekts.

In Fuldata bietet sich eine Bürgerinitiative mit enger Zusammenarbeit mit der, in der Region schon vorhandenen Energieagentur „Energie 2000 e.V.“ an. Weitere wichtige Teilnehmer sind die Bürgermeister sowie der Stadttechniker und BürgerInnen der Gemeinde. Des Weiteren können zahlreiche in der Region Nordhessen vorhandene Unternehmen hinzugezogen werden. Als Beispiele können SMA, Wagner & CO, HERO und viele andere regionale Unternehmen genannt werden. Diese mögliche Einbeziehung hätte eine regionale Wertschöpfung zu Folge,

⁴ Mündl. Mitteilung Frau Werderich und Herr Wendrich

von der die ganze Region profitiert. Des Weiteren könnte die Integrierung des Forschungsinstituts ISET und der Universität Kassel in das Projekt die Umsetzung des Projekts fördern und Grundlage zahlreicher Studien sein.

3 Potentialstudie

Um einen Überblick über die Möglichkeiten bzw. Potentiale der Gemeinde geben zu können wurde eine Potentialstudie angefertigt. Diese soll über Möglichkeiten der energetischen Nutzung von Biomasse zur thermischen Nutzung und zur Verwertung zu Biogas in einer Biogasanlage dienen. In folgenden Tabellen sind die Flächen die das Gemeindegebiet umfasst aufgeführt.

Tabelle 1: Flächennutzung der Gemeinde

Fläche	Umfang
Wald	664 ha
Landwirtschaft	1.696 ha
Acker	424 ha
Grünland	1.166 ha
Brache	106 ha

3.1 Viehbestand

Ein hohes Potenzial an Biomasse kann durch den Viehbestand der Gemeinde Fuldata nutzbar gemacht werden. Der Energiegehalt aus dem Viehbestand ist zudem ein kostengünstiges Substrat und stabilisiert den Biogasprozess. Der Viehbestand in der Gemeinde besteht aus Rindvieh, Schweinen und Geflügel.

Die folgende Tabelle zeigt die Umrechnungsfaktoren für die Berechnung von Großvieheinheiten (GV). Mit Hilfe dieser Umrechnungsfaktoren kann der Viehbestand je nach Tierart auf Großvieheinheiten umgerechnet werden und ist für die folgenden Berechnungen notwendig.

Tabelle 2: Umrechnungsschlüssel für die Berechnung von Großvieheinheiten (GV)

Umrechnungsschlüssel für die Berechnung von Großvieheinheiten (GV)	
Tierart	GV/Stück
Rindvieh	
Kälber und Jungvieh bis 1 Jahr (einschl. Mastkälber, Starterkälber, Fresser)	0,30
Jungvieh, 1 bis 2 Jahre alt	0,70
Fräsen (älter als 2 Jahre), Mastrinder, Kühe (einschl. Mutter- und Ammenkühe mit den dazugehörigen Saugkälbern)	1,00
Schweine	
Ferkel bis 20 kg	0,02
Ferkel und Läufer über 25 kg bis 45 kg	0,06
Läufer über 45 kg bis 60 kg, Mastschweine, Jungzuchtschweine bis 90 kg	0,16
Zuchtschweine (einschl. Jungzuchtschweine über 90 kg)	
Geflügel	
Legehennen	330,00

In der nächsten Tabelle wird der Viehbestand der Gemeinde ersichtlich.

Tabelle 3: Viehbestand

Viehbestand	Anzahl	GV
Rindvieh	352	255
Schweine	2.656	275
Geflügel	1.062	3

Energiegehalt der Viehhaltung

Die anschließende Tabelle beschreibt den Energiegehalt der in Betracht kommenden Substrate in kWh je t FM (FM = Frischmasse). Die typischen TS-Gehalte werden anhand der Literatur entnommen.

Tabelle 4: Energiegehalt der Substrate

Energiegehalt der Substrate						
Bezeichnung	TS [%]	oTS [%]	Biogasertrag [m ³ /t oTS]	CH ₄ -Gehalt [%]	Methanausbeute [m ³ /t FM]	Energie [kWh/t FM]
Rindergülle	8,50%	85,00%	280,00	55,00%	11,13	111,27
Schweinegülle	6,00%	85,00%	400,00	60,00%	12,24	122,40
Hühnerkot	15,00%	73,80%	500,00	58,10%	32,16	321,58
Mais	33,00%	95,80%	586,10	52,20%	96,72	967,21
Biotonne	67,50%	60,00%	375,00	61,50%	93,40	934,03
Wiesengras	18,00%	91,10%	598,30	53,90%	52,88	528,81

Der Energiegehalt von Rindergülle wird mit Hilfe der Näherungsgleichung 1 berechnet.

Die benötigten Werte werden Tabelle 4, sowie der Heizwert von Methan wird der verwendeten Literatur entnommen.

$$Q_R = TS \cdot oTS \cdot B \cdot G_M \cdot H_{u,M} \quad (\text{Gl. 1})$$

$$Q_R = 0,085 \frac{\text{t TS}}{\text{t FM}} \cdot 0,85 \frac{\text{t oTS}}{\text{t TS}} \cdot 280 \frac{\text{m}^3}{\text{t oTS}} \cdot 0,55 \cdot 10 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} = \underline{\underline{111,27 \text{ kWh/t FM}}}$$

Q_R = Energiegehalt Rindergülle in kWh/t FM

TS = Trockensubstanzgehalt in t TS/t FM

oTS = Organische Bestandteile in t oTS/t TS

B = Biogasertrag in m³/t oTS

G_M = Methan-Gehalt in %

H_{u,M} = Heizwert Methan von 10 kWh/m³

Aus der Gleichung geht hervor, dass 1 t FM Rindergülle einen Energiegehalt von 111,27 kWh besitzt.

Mit Hilfe der Gleichung 2 wird der Energiegehalt des Viehbestandes der Gemeinde Fuldata berechnet.

Die Anzahl der GV werden Tabelle 3, die Energiegehalte werden Tabelle 4 und die jährlich erzeugte Gülle wird der Literatur entnommen.

$$Q_V = Z \cdot G \cdot Q_S \quad (\text{Gl. 2})$$

$$Q_R = 255 \text{ GV} \cdot 18,25 \frac{\text{t FM}}{\text{GV a}} \cdot 111,27 \frac{\text{kWh}}{\text{t FM}} = \underline{\underline{517.680 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

$$Q_{Se} = 275 \text{ GV} \cdot 14,00 \frac{\text{t FM}}{\text{GV a}} \cdot 122,40 \frac{\text{kWh}}{\text{t FM}} = \underline{\underline{471.557 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

$$Q_G = 3 \text{ GV} \cdot 21,00 \frac{\text{t FM}}{\text{GV a}} \cdot 321,58 \frac{\text{kWh}}{\text{t FM}} = \underline{\underline{21.733 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

Q_R = Energiegehalt Rindergülle in kWh/a

Q_{Se} = Energiegehalt Schweinegülle in kWh/a

Q_G = Energiegehalt Geflügelgülle in kWh/a

Z = Zahl der GV in der Gemeinde

G = jährlich erzeugte Gülle in t FM/GV a

Q_s = Energiegehalt des Substrates in kWh/t FM

Das größte Potenzial im Viehbestand ist in der Rindviehhaltung festzustellen. Der Energiegehalt beträgt ca. 517.680 kWh/a. Mit dem Energiegehalt könnten 33 Haushalte mit Wärme versorgt werden.

3.2 Energiegehalt der NaWaRo

Um den Energiegehalt der landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau von Substraten für eine Biogasanlage zu berechnen, wird die folgende Formel verwendet. Bei der Berechnung wird davon ausgegangen, dass die gesamte landwirtschaftliche Fläche zu Verfügung gestellt wird.

Der Energiegehalt der Maissilage und des Wiesengrases werden der verwendeten Literatur und die Anbauflächen werden Tabelle 1 entnommen.

$$Q_N = Q_M \cdot E_M \cdot A_M + Q_{Wie} \cdot E_{Wie} \cdot A_{Wie} \quad (\text{Gl. 3})$$

$$Q_N = 967,21 \frac{\text{kWh}}{\text{t FM}} \cdot 43,00 \frac{\text{t FM}}{\text{ha a}} \cdot 530 \text{ ha} \\ + 528,81 \frac{\text{kWh}}{\text{t FM}} \cdot 7,50 \frac{\text{t FM}}{\text{ha a}} \cdot 1.116 \text{ ha} = \underline{\underline{26.667.159 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

Q_N = Energiegehalt NaWaRo in kWh/a

Q_M = Energiegehalt Maissilage in kWh/t FM

E_M = Ertrag Maissilage in t FM/ha a

A_M = Anbaufläche Maissilage in ha (Ackerland und Brachland)

Q_{Wie} = Energiegehalt Wiesen gras in kWh/t FM

E_{Wie} = Ertrag Wiesen gras in t FM/ha a (Grünland)

A_{Wie} = Anbaufläche Wiesen gras in ha

Der Energiegehalt der landwirtschaftlichen Flächen beträgt 26.667.159 kWh/a. Da die Landwirte, wie zuvor bereits erwähnt, ca. 25% der gesamten Fläche zur Verfügung stellen, ist mit einem Energieertrag von 6.667.000 kWh/a zu rechnen. Mit dem Energiegehalt könnten 422 Haushalte mit Wärme versorgt werden.

3.3 Biotonne

Der Biomüll hat in der Biogastechnik ein großes Potential. Aus energetischer Sicht ist die Vergärung von Biomüll der Kompostierung vorzuziehen. Am sinnvollsten jedoch ist, die Kompostierung und die Biomüllvergärung zu verbinden. Stoffe wie Holz,

Papier und Pappen sollen weiterhin kompostiert werden, während Speisereste, Lebensmittelindustrieabfälle und Altfette vergärt werden sollen.

Der Energiegehalt einer Tonne Frischmasse Biomüll und somit die Gasausbeute schwankt aufgrund der heterogenen Zusammensetzung stark und kann pauschal nicht, bzw. nur sehr ungenau bestimmt werden. Eine Sortierung des Biomülls ist notwendig, bevor dieser in einer Biogasanlage Verwertung finden kann. Zusätzlich muss der Biomüll zerkleinert werden, um eine stabile Gasausbeute zu sichern. Eine Hygienisierung ist ebenfalls unerlässlich, um die Gefahren eines Krankheitserregers zu vermeiden. Dies sind enorme Kostenfaktoren. Eine Biogasanlage die mit Biomüll aus der Biotonne betrieben wird ist aus diesen Gründen derzeit nicht wirtschaftlich zu betreiben. Zudem wird auf Basis des EEG der NaWaRo-Bonus nicht gewährt.

Energiegehalt der Biotonne

Mit der folgenden Gleichung wird der Energiegehalt der Biotonne errechnet.

$$Q_B = m_B \cdot Q_s \quad (\text{Gl. 4})$$

$$Q_B = 6.500 \frac{\text{t FM}}{\text{a}} \cdot 934,03 \frac{\text{kWh}}{\text{t FM}} = \underline{\underline{6.071.203 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

Q_B = Energiegehalt Biotonne in kWh/a

m_B = Biotonnenabfallaufkommen in t FM/a

Q_s = Energiegehalt in kWh/t FM

Aus der Biotonne könnten 6.071.203 kWh/a gewonnen werden und ca. 385 Haushalte mit Wärme versorgt werden. Da der Energiegehalt einer Tonne Frischmasse Biomüll nicht konstant ist, kann auf diese Biomasse nicht zurückgegriffen werden.

3.4 Energiegehalt des Waldes

Der Energiegehalt des Waldes wird mit Hilfe des jährlichen nachhaltigen Holzeinschlages und des Energiegehaltes für einen Festmeter bestimmt. Der Energiegehalt für einen Festmeter beträgt 2.940 kWh und der jährliche Holzeinschlag wird mit 13 fm/ha a angenommen. Mit Hilfe der folgenden Gleichung wird der Energiegehalt des Waldes berechnet.

Der Energiegehalt des Holzes wird mit folgender Gleichung bestimmt.

$$Q_W = W_b \cdot H_{fm} \cdot H_{u,F} \quad (\text{Gl. 5})$$

$$Q_W = 664 \text{ ha} \cdot 13 \frac{\text{fm}}{\text{ha a}} \cdot 2.940 \frac{\text{kWh}}{\text{fm}} = \underline{\underline{25.378.080 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

Q_W = Energiegehalt des Waldes in kWh/a

$H_{u,F}$ = Heizwert je Festmeter in kWh/fm (bei 15-18% Feuchte)

H_{fm} = Holzeinschlag in fm/ha a

Somit könnten ca. 25.378.080 kWh/a aus Waldholz nutzbar gemacht werden. Da aber das Holz aus ökonomischen Gründen zum größten Teil verkauft wird, kann nur mit ca. 25% des Energiegehaltes berechnet werden. Der Energiegehalt beträgt somit 6.344.000 kWh/a und es könnten 338 Haushalte⁵ mit Wärme versorgt werden.

3.5 Energiegehalt der schnellwachsenden Baumarten

Da die landwirtschaftlichen Flächen zum Anbau von schnellwachsenden Baumarten geeignet sind, wird eine Berechnung durchgeführt. Bei dieser Berechnung werden das komplette Ackerland und das Brachland als Anbaufläche in Betracht gezogen.

Der Heizwert der Pappeln wird der verwendeten Literatur entnommen.

$$Q_P = A_P \cdot H_{u,P} \quad (\text{Gl. 6})$$

$$Q_P = 1.272 \text{ ha} \cdot 38.565 \frac{\text{kWh}}{\text{ha a}} = \underline{\underline{20.439.450 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

Q_P = Energiegehalt Pappeln in kWh/ha a

A_P = Anbaufläche Pappeln in ha

$H_{u,P}$ = Heizwert Pappeln in kWh/ha (bei 30 % Feuchte)

Der Energiegehalt bei kompletter Verwertung der landwirtschaftlichen Flächen beträgt 20.439.450 kWh/a. Die Landwirte sind nicht bereit die vollständig verfügbare Fläche zur Verfügung stellen. Die Landwirte benötigen den größten Teil der Eigenflächen zum Anbau von Getreide, Kartoffeln bzw. für die Futtergewinnung. Es ist davon

⁵ (berechnet aus Endenergiebedarf pro Haushalt 18.750 kWh/a)

auszugehen, dass im Mittel 25% der Fläche zum Anbau Nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) nutzbar sind. Der Energiehalt beträgt folglich 5.110.000 kWh/a und es könnten 273 Haushalte mit Wärme versorgt werden.

3.6 Biogasanlage

Aufgrund des hohen Potenzials des Viehbestandes und der landwirtschaftlichen Nutzflächen wird eine landwirtschaftliche Biogasanlage ausgewählt. Mit der Entscheidung für eine landwirtschaftliche Biogasanlage wird das Kombinierte Durchfluss-Speicher-Verfahren gewählt. Das Gärrestlager wird mit einer gasdichten Folie versehen. Somit kann zusätzliches Gas gewonnen werden. Ebenfalls können Geruchsprobleme aus dem Gärrestlager ausgeschlossen werden, falls unvergorenes Substrat aus dem Fermenter in das Gärrestlager entweicht.

Das BHKW wird Wärme geführt ausgelegt. Es werden zwei Varianten vorgestellt.

Variante 1

Bei Variante 1 wird die Abwärme des BHKW's für den Fermenter, das Waldschwimmbad sowie die Gesamtschule bereitgestellt.

Die Wärmeabnehmer benötigen folgenden Wärmebedarf:

Freibad benötigt 511.000 kWh/a

Schule benötigt 960.000 kWh/a

Fermenter benötigt 301.948 kWh/a

Dimensionierung der Biogasanlage

Die Fermentergröße beträgt 1.206 m³. Die Fermentergröße ergibt sich aus dem jährlichen Gülleaufkommen, des jährlichen Substrataufkommen an Maissilage und der Verweilzeit. Das Güllelagervolumen von 2.668 m³ ergibt sich aus der Restsubstratmenge (Lagerkapazität ca.180 Tage). Das Fahrsilo wird mit 3.741 m³ ausgelegt. Das Fahrsilo ergibt sich aus dem jährlichen Substrataufkommen an Maissilage.

Das BHKW wird auf Basis der Jahresdauerlinie des Wärmeverbrauchs des Schwimmbads und der Schule sowie der benötigten Fermenterbeheizung ausgelegt.

In der Jahresdauerlinie wird die gemessene Wärmeleistung nach ihrer Größe geordnet aufgetragen. Mit Hilfe einer Jahresdauerlinie kann überprüft werden, ob die installierte Anlagenleistung dem Wärmebedarf angepasst ist, oder ob eine Unter-

oder Überdimensionierung vorliegt. Die Jahresdauerlinie wird ebenfalls für Anlagenneudimensionierungen verwendet. Die jährlich erzeugte Jahresmenge entspricht der Fläche unterhalb der Jahresdauerlinie.

Die folgende Abbildung zeigt die Jahresdauerlinie des Schwimmbads, der Schule, sowie der Fermenterheizung

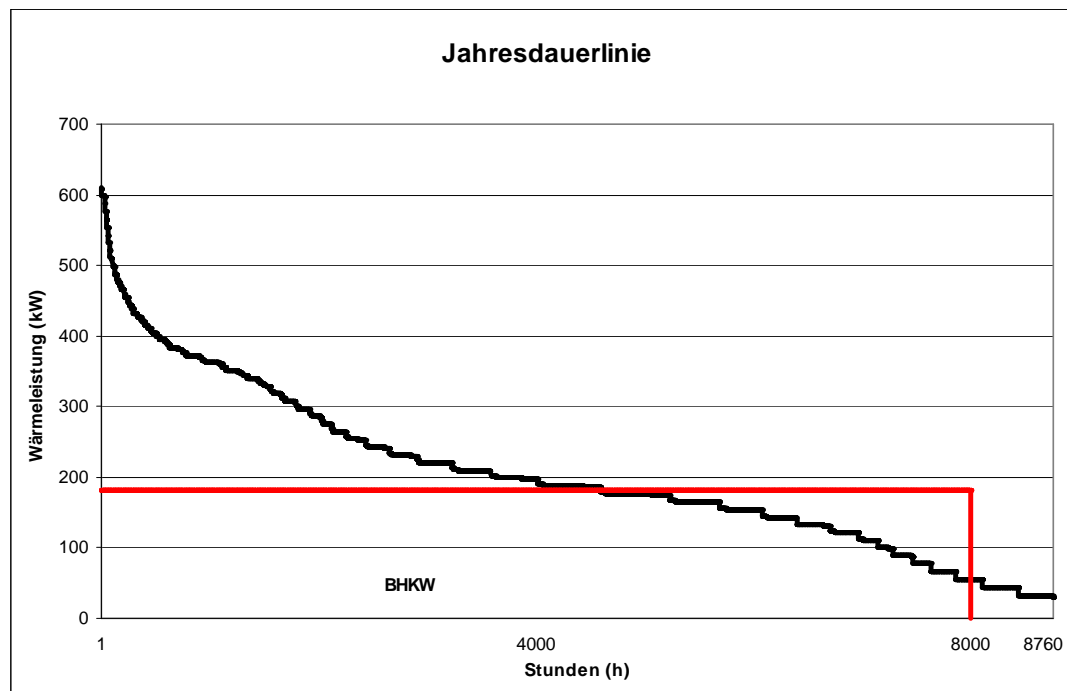


Abbildung 2: Jahresdauerlinie

Das BHKW hat eine elektrische Leistung von 170 kW und eine thermische Leistung von 181 kW. Die jährlichen Betriebsstunden der Biogasanlage werden mit 8.000 h/a festgelegt. Aus der thermischen Leistung des BHKW von 181 kW der zulässigen Betriebsstunden des BHKW setzt sich die Nutzenergie Wärme von 1.448.000 kWh/a zusammen.

Von der produzierten jährlichen Wärme von 1.448.000 kWh/a werden 301.948 kWh/a für die Fermenterbeheizung bereitgestellt. Die Wärmeabnahme des Schwimmbads und der Schule beläuft sich auf 981.647 kWh/a. Es können 67% der benötigten Wärme des Schwimmbads und der Schule gedeckt werden. Inklusive Fermenter können 89% der bereitgestellten Wärme genutzt werden.

In dieser Variante ist eine jährlich Kosteneinsparung von 9.816 €/a möglich. Durch die Verwendung des BHKW's können jährlich ca. 242 t CO₂/a eingespart werden. Mit Variante 1 werden 1.079.812 kWh/a an Primärenergie eingespart.

Variante 2

Bei Variante 2 soll neben dem Fermenter, dem Waldschwimmbad und der Gesamtschule die Sporthalle mit Hilfe einer Nahwärmeleitung an das BHKW angeschlossen werden. Der Wärmebedarf der Sporthalle beläuft sich auf 403.000 kWh/a. Die abgenommene Wärme durch Schwimmbad, Schule und Sporthalle beträgt 1.031.946 kWh/a. Dies entspricht 70% der benötigten Wärme. Insgesamt können 92% der Wärme genutzt werden. Die jährliche Kostenersparnis für die Gemeinde beträgt 10.319 €/a. Es können jährlich 255 t CO₂/a und 1.135.141 kWh/a Primärenergie eingespart werden.

Aus wirtschaftlicher Sicht ist Variante 1 zu wählen, da bei Variante 2 die Kosten der Nahwärmeleitung deutlich über denen der Variante 1 liegen. Bei einer Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 181 kW belaufen sich die Investitionskosten auf ca. 750.000 €. Für die wirtschaftliche Betrachtungsweise werden die jährlichen Gesamterlöse aus Strom- und Wärmeverkauf den jährlichen Gesamtkosten gegenübergestellt. Die jährlichen Gesamtkosten setzen sich aus kapitalgebundenen Kosten, kapitalgebundenen Wartungskosten, sonstige Kosten und den verbrauchsgebundenen Kosten zusammen. Diese Gesamtkosten konnten im Rahmen der Arbeit nicht untersucht werden. Die jährlichen Gesamterlöse werden ca. 300.000 €/a betragen.

3.7 Förderung von Bio-Rohstoffen aus der Land-Forstwirtschaft:

Diese Förderung wird vom Hessischen Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz bereitgestellt. Ziel des Landes Hessens ist, die Verwendung von NaWaRo bis zu ihrer Etablierung auf dem Markt, aus Gründen der Emissionsminderung, der ökologischen Nachhaltigkeit und der Förderung des ländlichen Raums zu unterstützen. Das Land Hessen leistet Zuschüsse für Vorhaben, die der umweltverträglichen Energiegewinnung durch NaWaRo aus der Land- und Forstwirtschaft in Hessen dienen.

Marktgängige Biogas-Anlagen und angeschlossene Biogas-Blockheizkraftwerke:

Die eingesetzten Substrate müssen zu 51% Einsatzstoffe aus der Landwirtschaft sein. Investitionskostenzuschüsse von maximal 30% der förderfähigen Ausgaben und eine kostenfreie fachliche Beratung zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Anlage durch eine Beratungsstelle des Landes Hessens für einen Zeitraum von 4 Jahren ab der Inbetriebnahme werden gewährleistet. Die maximale Förderhöhe

beträgt 75.000 € pro Anlage. Eine Emissionsmessung mit den einzuhaltenden Emissions-Parametern der TA-Luft ist zur Inbetriebnahme nachzuweisen.

Nahwärmenetze:

Einem Nahwärmenetz kann ein Zuschuss von 100 €/Trassenmeter und 250 € pro angeschlossenes Gebäude gewährt werden. Die maximale Förderhöhe ist mit 100.000 € pro Nahwärmenetz festgesetzt.

3.8 Holzhackschnitzelheizwerk

Aufgrund des hohen Potenzials des jährlichen Holzeinschlags und der Schnellwachsenden Baumarten ist es möglich ein Holzhackschnitzelheizwerk planen. Es werden 3 verschiedene Varianten untersucht.

Bei **Variante 1** soll das Holzhackschnitzelheizwerk neben der Gesamtschule errichtet werden. Mit Hilfe einer Nahwärmeleitung sollen die Gesamtschule, das Waldschwimmbad, die Sporthalle sowie der Kindergarten versorgt werden.

Das Holzhackschnitzelheizwerk soll bei **Variante 2** neben der Gemeindeverwaltung geplant werden. Die Gemeindeverwaltung, der Bahnhof, die Grundschule und die Sporthalle sollen an das Heizwerk angeschlossen werden.

Bei **Variante 3** werden noch private Haushalte durch das Holzhackschnitzelheizwerk versorgt.

Durch das hohe Potenzial des Holzes sind die 3 vorgestellten Varianten möglich.

Marktgängige Holzfeuerungsanlagen ab 50 kW

Die eingesetzten Brennstoffe müssen vorwiegend aus Rohholz oder aus Stroh und Energiepflanzen gewonnen werden, außerdem können Sägewerksnebenprodukte eingesetzt werden. Die Anlagen müssen Kesselwirkungsgrade von mind. 90% bei Pelletfeuerungsanlagen und mind. 88% bei Holzhackschnitzelfeuerungsanlagen aufzeigen. Der Zuschuss von Pellet- und Holzhackschnitzelfeuerungsanlagen zur Wärmeerzeugung beträgt bis zu 30% der förderfähigen Investitionsausgaben, jedoch höchstens 10.000 € pro Objekt bei Anlagen bis 100 kW. Bei Anlagen ab 101 kW werden höchstens 200.000 € pro Objekt gefördert.

4 Photovoltaikanlagen

Um die dezentrale, regenerative Stromerzeugung auch in Fuldata weiterzuführen stehen 8 Dächer öffentlicher Gebäude in der Gemeinde zur Verfügung. Die durchschnittliche Leistung pro Anlage ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten auf ungefähr 8 kW begrenzt.⁶ Das Konzept soll sich an dem derzeit ausgeführten Beispiel des Rathauses orientieren. Das bedeutet, dass Fremdinvestoren die Dachflächen mieten und dort die Photovoltaikanlagen betreiben. Daraus resultieren sichere Mieteinnahmen für die Gemeinde und das Planungsrisiko kann weitergereicht werden. Mögliche Investoren sind die Anwohner der Gemeinde Fuldata selbst oder auch der Betreiber der Anlage auf dem Rathaus.

5 Sanierung öffentlicher Gebäude

Eine „100% - EE - Region“ kann nicht allein durch die Substitution fossiler Energieträger durchgesetzt werden. Weiterhin muss der Energieverbrauch der Region bzw. in diesem konkreten Fall der Gemeinde Fuldata deutlich gesenkt werden, damit der Deckungsanteil der regenerativen Energien am Energieverbrauch stark ansteigen kann. Daher ist es notwendig die öffentlichen sowie auch die privaten Gebäude zu sanieren.

Der aktuelle bauliche Standard der öffentlichen Gebäude unterscheidet sich deutlich untereinander. Zusätzlich unterscheiden sich auch die Bauabschnitte einzelner Gebäudeteile. Nur eine Sporthalle in Ihringshausen ist gegenwärtig saniert worden. Daher ist die Zielsetzung den wärmetechnischen Baustandard der öffentlichen Gebäude deutlich zu verbessern. Jedoch ist durch die beschriebenen Differenzen der Standards eine gehaltvolle Aussage in diesem Rahmen nicht zu treffen, da dies eine detaillierte Analyse aller Gebäude erfordert. Daher wird im Folgenden eine oberflächliche Analyse anhand eines Gebäudes durchgeführt, mit der Annahme, dass typische Standardausführungen der Bauteile im Bestand vorliegen.

Das gewählte Objekt ist die Sporthalle in Rothwesten.

⁶ Nach Angaben von Frau Werderich und Herr Wendrich

Folgende Bauteile wurden zur energetischen Bewertung zugrunde gelegt:

- **AW1:** 30cm Stahlbeton + Putz und innen Holzverschalung **$U=1,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})^7$**
- **AF1:** 2 Scheiben Isolierverglasung **$2,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$** Holzrahmen⁸
- **BO:** **$0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})^9$**
- **DA:** Flachdach **$0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})^{10}$**

Die Abbildung 3 zeigt ein angenommenes Modell der Sporthalle.

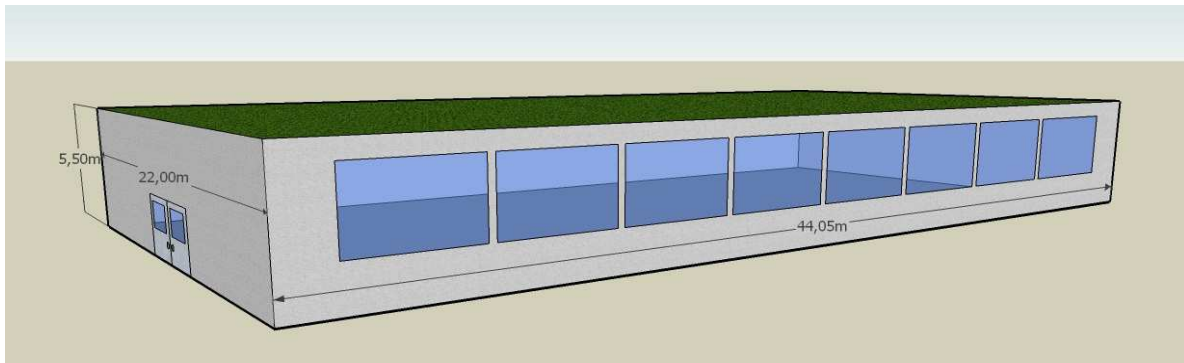


Abbildung 3: Modell einer typischen Sporthalle

Weitere Parameter sind:

- 8h Nachtabsenkung
- 20°C Raumtemperatur
- interne Wärmeeinträge unberücksichtigt

Der Trinkwarmwasserbedarf wurde anhand Standardwerte der DIN V 18599 im Profil Sporthalle ermittelt:

- 1,5 kWh/P*d¹¹
- 75 Personen pro Tag
- 288 Tage pro Jahr (6 Tage/ Woche | 48 Wochen/ Jahr)
- **$Q_{\text{TWW}}= 32400 \text{ kWh/a}$**

⁷ Berechneter U-Wert

⁸ Standardwerte für diese Ausführung

⁹ vgl. dena Arbeitshilfe zur Erstellung von Energieausweisen

¹⁰ vgl. dena Arbeitshilfe zur Erstellung von Energieausweisen ab Baujahr 1969

¹¹ vgl. DIN V 18599, Teil 10

Folgende Verbrauchswerte sind von der Gemeindeverwaltung angegeben worden:

- 219.231 kWh/a
- 226,22 kWh/(m²a)

Mit Hilfe der Solar-Computer Software „Energiebedarf VDI 2067/10+11“ wurde folgender Nutzwärmebedarf (ohne Trinkwarmwasser) mit der Gebäudesimulation ermittelt.

- $Q_h = 141.287 \text{ kWh/a}$

Aus diesem Heizwärmebedarf und der Energiebedarf zur Trinkwarmwassererzeugung ergibt sich folgender Gesamt-Nutzenergiebedarf:

- $Q_{\text{Nutz}} = Q_h + Q_{\text{TWV}} = 173.687 \text{ kWh/a}$
- $q_{\text{nutz}} = 179 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

Zur energetischen Sanierung wurde folgendes Szenario simuliert. Die vertikale Gebäudehülle soll mit einem Wärmedämmverbundsystem und die transparenten Bauteile mit einer 3-Scheiben Wärmeschutzverglasung versehen werden. Dies führt zu folgenden Wärmedurchgangskoeffizienten:

- **AW2:** 12cm WDVS WLG 035 $U=0,24 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ¹²
- **AF2:** 3-fach WSV mit $U=1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ¹³

Nach erneuter Gebäudesimulation mit der erneuerten Gebäudehüllfläche hat sich folgender Heizwärmebedarf eingestellt:

- $Q_h = 84.852 \text{ kWh/a}$

Daraus resultiert ein Nutzwärmebedarf Q_{Nutz} von 117.252 kWh/a. Der spezifische Nutzwärmebedarf beträgt $q_{\text{nutz}} = 121 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$.

Anhand dieser Simulationsergebnisse wird deutlich, dass mit der energetischen Sanierung der opaken und transparenten Bauteile mit Ausnahme der horizontalen Bauteile sich eine Einsparung von ca. 40% einstellt. Dies stellt Abbildung 4 dar.

¹² Berechneter U-Wert

¹³ Typischer Standardwert für diese Ausführung

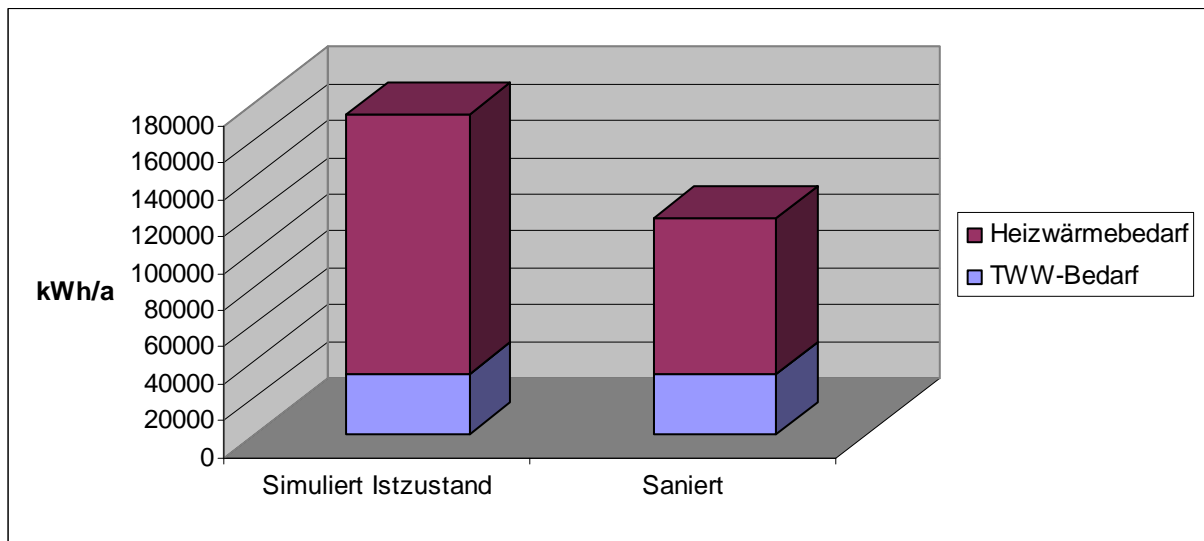


Abbildung 4: Einsparpotential

Diese ermittelte Einsparung kann ohne erheblichen Aufwand bei laufendem Betrieb durchgeführt werden. Lediglich zum Austausch der transparenten Bauteile sollte ein Zeitraum außerhalb der Nutzung gewählt werden. Hier bieten sich die Sommerferien an.

Zur Substitution fossiler Energieträger und der damit verbundenen Senkung des Primärenergiebedarfs kann zusätzlich zu den Dämmmaßnahmen eine Solarthermie-Anlage zur Trinkwarmwasserbereitung installiert werden. Durch diese könnte in den Sommermonaten bei ausreichender Anlagengröße der Kessel abgeschaltet werden und somit Bereitschaftsverluste minimiert werden.

Weiterhin kann zur Senkung des Primärenergiebedarfs und zur weiteren Annäherung zur „100%-EE-Region“ ein Pelletkessel installiert werden. Dieser würde den Primärenergiebedarf der Sporthalle um weitere ~4/5 senken (Primärenergiefaktor: Holz=0,2 | Erdgas=1,1).

6 Fazit

Eine **Biogasanlage** würde eine CO₂-neutrale Produktion von Strom und Wärme bedeuten und somit einen deutlichen Beitrag zur „100%-EE-Region“ leisten. Zusätzlich wäre es eine Einnahmequelle für den ländlichen Raum.

Ein Wärmeerzeuger mit dem Energieträger **Holzhackschnitzel** ist in allen vorgestellten Varianten möglich. Es würde eine deutliche Einsparung von fossilen Energieträgern bedeuten und somit eine CO₂-neutrale Produktion von Wärme gewährleisten.

Die Installation der **Photovoltaik-Anlagen** ist sofort umsetzbar ohne Kosten und Risiko für die Gemeinde. Es müsste lediglich ein Investor gesucht werden.

Die **Sanierung der öffentlichen Gebäude** ist hingegen nicht derart leicht durchzuführen. Das Potential schwer abschätzbar und benötigt eine detaillierte energetische Bewertung der einzelnen Gebäude. Zudem ist eine energetische Sanierung von Bestandsgebäuden mit sehr hohen Investitionskosten verbunden, jedoch energetisch eine der sinnvollsten Maßnahmen.

Zu erwähnen ist, dass sämtliche Analysen dieser Ausarbeitung auf theoretischen Annahmen und Angaben der Gemeinde Fulda beruhen.

7 Ausblick

Die Gemeinde Fulda könnte eine Vorbildfunktion in der Region übernehmen. Hinzu könnte die Gemeinde unabhängiger vom Energiepreis und den damit zusammenhängenden Preissteigerungen wirtschaften. Auch weitere Arbeitsplätze für die Anlagenbetreuung könnten geschaffen werden und die Ausgaben für Energie bleiben größtenteils in der Gemeinde.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage der Gemeinde Fuldata	3
Abbildung 2: Jahresdauerlinie	13
Abbildung 3: Modell einer typischen Sporthalle	17
Abbildung 4: Einsparpotential	19

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Flächennutzung der Gemeinde	6
Tabelle 2: Umrechnungsschlüssel für die Berechnung von Großvieheinheiten (GV)	7
Tabelle 3: Viehbestand	7
Tabelle 4: Energiegehalt der Substrate	7

Literatur

Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V.: Energieeinsparung im Wohngebäudebestand; Berlin 2007

Deutsche Energie Agentur: Energetische Bewertung von Bestandsgebäuden; Arbeitshilfe für die Ausstellung von Energiepässen; Berlin, 2004

DIN V 18599: Energetische Bewertung von Gebäude; Beuth Verlag, Berlin, 2007

Marl Aktuell & Sonntagsblatt, <http://www.marlaktuell.de/?p=13676>, 13.01.2008

<http://www.denet.de>

Henning Eckel - KTBL: Energiepflanzen; Darmstadt 2007

FNR: Handreichung, Biogasgewinnung und -nutzung; Gülzow 2006

Hans Peter Ebert: Heizen mit Holz; 3. überarbeitete Auflage, ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg, 1993

<http://www.wassererlebnishaus-fuldata.de/>, Stand 4.04.08

<http://www.fuldata.de/>, Stand 4.04.08

http://www.gku-se.de/pdf/Art_30-04-

[2007_hna_Neue_Energie_fuer_Kaserne.pdf](#), Stand 4.04.08

<http://www.energie2000ev.de/>, Stand 12.01.08