

Energiekonzept

„Nahwärmeversorgung in Windischenhaig“

Juli 2011

Dezentrale Versorgung mit Heizöl-NT-Kesseln

Heizzentrale mit Biogas-BHKW

Heizzentrale mit Biogas-BHKW und Holzhackschnitzel-Kessel

**Ökologischer und ökonomischer Vergleich
der verschiedenen Versorgungsvarianten**

Bearbeiterin: Manuela Endres

Energieagentur Nordbayern

Tel: 09221-8239-20

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	WÄRMEBEDARF	9
3	BIOGASERZEUGUNG UND -VERSTROMUNG	11
3.1.1	<i>Allgemeines</i>	<i>11</i>
3.1.2	<i>Kosten der Biogaserzeugung</i>	<i>12</i>
3.1.3	<i>Stromvergütung nach dem EEG.....</i>	<i>13</i>
4	NAHWÄRMESYSTEM.....	15
5	VARIANTENBESCHREIBUNG	17
5.1	VARIANTE 1: DEZENTRALE VERSORGUNG MIT HEIZÖL-KESSELN	17
5.1.1	<i>Anlagentechnik.....</i>	<i>17</i>
5.1.2	<i>Investitionen und Kosten.....</i>	<i>17</i>
5.2	ZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG MIT EINEM BIOGAS-BHKW	18
5.2.1	<i>Variante 2: Nahwärmeversorgung bei 50% Anschlussbereitschaft.....</i>	<i>19</i>
5.2.2	<i>Variante 3: Nahwärmeversorgung bei 100% Anschlussbereitschaft.....</i>	<i>20</i>
6	ANHANG.....	23

1 Zusammenfassung

In Katschenreuth, einem Ortsteil von Kulmbach, ist der Bau einer neuen Biogasanlage durch zwei Landwirte angedacht. Eine erste Prüfung durch eine Biogas-Beratungsfirma ergab eine voraussichtliche Größe der Biogasanlage von rund $190 \text{ kW}_{\text{el}}$ und $200 \text{ kW}_{\text{th}}$. Der dort ortsansässige Landwirt betreibt bereits eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 110 kW . Die anfallende Abwärme der bestehenden Biogasanlage kann genutzt werden, um die Prozesswärme für die neue Biogasproduktion zu liefern. Damit besteht die Möglichkeit, die erzeugte Biogasmenge andernorts zum Einsatz zu bringen, mit dem Vorteil, einen möglichst hohen Anteil der Abwärme des neuen Biogas-BHKW's sinnvoll zu nutzen. Als Abnahmestruktur bietet sich das Dorf Windischenhaig an. Dafür müsste eine Gasleitung mit einer Gesamtlänge von ca. $1,5 \text{ km}$ verlegt werden.

Innerhalb dieser Studie soll geprüft werden, inwieweit eine Nahwärmeversorgung mit einem Biogas-BHKW in der Grundlast in Windischenhaig wirtschaftlich umsetzbar ist. Dazu werden eine zentrale Wärmeversorgungsvariante mit 50% Anschlussquote und mit 100% Anschlussquote näher untersucht und mit der derzeitigen Wärmeversorgung verglichen.

Basisvariante (Variante 1) ist die dezentrale Versorgung der Gebäude über Heizölkessel.

In **Variante 2** (50% Anschlussquote) werden die Gebäude mit einem $200 \text{ kW}_{\text{th}}$ Biogas-BHKW in der Grundlast und einem 400 kW Heizöl-Kessel zur Deckung der Bedarfsspitzen versorgt.

Die Grundlastwärmeversorgung der Gebäude in **Variante 3** (Vollanschluss) erfolgt ebenfalls mit einem Biogas-BHKW mit $200 \text{ kW}_{\text{th}}$. Zusätzlich übernimmt eine 150 kW Holzhackschnitzelkessel die Wärmebereitstellung. Die Spitzenlast wird über einen 800 kW Heizöl-Kessel abgedeckt.

Für alle Varianten werden die jeweiligen Investitionsbeträge, die Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten sowie die Kohlendioxid-Emissionen ermittelt und untereinander verglichen. Mögliche Förderzuschüsse werden mit einbezogen.

Die Ermittlung der Kosten der Energieversorgungsvarianten beziehen sich auf die Berechnungsmethode nach VDI 2067¹. Die Werte wurden unter Berücksichtigung aller Kosten (Zinsen und Tilgung für Investitionen, Brennstoffkosten, Wartung und Instandhaltung) und Einnahmen (z.B. Stromeinspeisevergütung nach EEG) ermittelt. Die Jahresgesamtkosten stellen die Gesamtkosten für die Erzeugung und Belieferung der Gesamtwärme über den Zeitraum von einem Jahr dar. Die Wärmegestehungskosten geben die Kosten pro erzeugter Wärmeeinheit wieder (z.B. ct/kWh Wärme).

**Ausbau
Biogasproduktion
in Katschenreuth**

**Zentrale Wärmeversorgung
mittels
Biogas-BHKW
in Windischenhaig**

¹zeitpunktbezogene Betrachtungsweise der Versorgungsvarianten

Innerhalb dieser Studie wurden folgende Jahresgesamtkosten, netto, für die einzelnen Varianten ermittelt:

Basisvariante Heizölkessel 50%	85.380 EUR/a	Jahresgesamtkosten
Nahwärme, 50% Anschluss	113.070 EUR/a	
Basisvariante Heizölkessel 100%	166.490 EUR/a	
Nahwärme, 100% Anschluss	158.740 EUR/a	

Bei einer Anschlussbereitschaft von 50% in Windischenhaig stellt sich die konventionelle Wärmeversorgung über gebäudeeigene Heizölkessel als die günstigere Wärmeversorgungslösung im Vergleich zu einer zentralen Wärmeversorgung dar. Die Mehrkosten liegen bei ca. 27.690 EUR/a bzw. 32%. Der Berechnung der Basisvariante liegt ein Heizölpreis von brutto 80 ct/Liter zu Grunde.

Bei 100% Anschluss der Bevölkerung in Windischenhaig an das Nahwärmesystem ist die zentrale Wärmebereitstellung um ca. 7.750 EUR/a bzw. 5% günstiger als die Eigenwärmeversorgung der Gebäude über Heizölkessel.

Bei dem Bezug der Jahreskosten auf die erzeugte Jahreswärmemenge ergeben sich folgende Wärmegestehungskosten, netto:

Basisvariante Heizölkessel 50%	10,67 ct./kWh	Wärmegestehungskosten
Nahwärme, 50% Anschluss	14,13 ct./kWh	
Basisvariante Heizölkessel 100%	10,67 ct./kWh	
Nahwärme, 100% Anschluss	10,18 ct./kWh	

Die Wärmegestehungskosten der Basisvariante liegen bei ca. 10,67 ct/kWh. Bei einer zentralen Wärmeversorgung mit 50% Anschluss ist von Wärmegestehungskosten von ca. 14,13 ct/kWh auszugehen. Die zentrale Wärmeversorgung bei 100% Anschlussquote führt zu voraussichtlichen Wärmegestehungskosten von ca. 10,18 ct/kWh.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt, dass eine wirtschaftliche Umsetzung möglich ist. Die hierfür erforderliche Anschlussquote ist vor allem von der weiteren Entwicklung des Heizölpreises abhängig. Aus diesem Grunde wurde zur Entscheidungshilfe eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, die die Entwicklung der Wirtschaftlichkeit der Nahwärmeversorgung bei ansteigendem Heizölpreis für eine 50%ige und 100% Anschlussquote aufzeigt. Durch Interpolation kann z.B. der Schnittpunkt abgeschätzt werden, bei dem voraussichtlich bei einer bestimmten Anschlussquote Kostengleichheit erreicht wird. Die grafische sowie tabellarische Darstellung der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse kann dem Anhang 7 entnommen werden.

Neben den wirtschaftlichen Kriterien, die für die Entscheidung der Umsetzung eines solchen Nahwärmekonzeptes sehr relevant sind, sollten aber

Nahwärmeversorgung bei hoher Anschlussquote möglich

Positive Aspekte der Nahwärmeversorgung

auch andere Punkte, wie Klimafreundlichkeit oder Wertschöpfung für die Region mit Berücksichtigung finden. Je eher klimafreundliche, nachhaltige Energieprojekte umgesetzt werden, desto geringer werden die Auswirkungen und damit auch die Folgekosten des Klimawandels sein. Die Umsetzung eines solchen Projektes kann durch regionale Unternehmen erfolgen, so dass nahezu der gesamte Geldfluss in der Region bleiben kann. Die Bürger in Windischenhaig können davon profitieren, sich von den endlichen fossilen Energieressourcen und den damit verbundenen zu erwartenden Energiepreissteigerungen ein großes Stück unabhängiger zu machen.

Da die Abwärme der Biogasanlage sonst nicht genutzt werden würde, werden innerhalb dieser Studie für die Biogaswärme keine CO₂-Emissionen angesetzt. Die dargestellten CO₂-Emissionen der Nahwärmeversorgung beinhalten lediglich die auftretenden CO₂-Emissionen bei der Spitzenwärmebereitstellung (Brennstoff Heizöl) bzw. der Mittellastbereitstellung (Brennstoff Holzhackschnitzel).

Folgende absolute Mengen an CO₂ sind bei den einzelnen Varianten zu erwarten:

Basisvariante Heizölkessel 50%	303 t/a	CO₂-Emissionen, absolut
Nahwärme, 50% Anschluss	34 t/a	
Basisvariante Heizölkessel 100%	588 t/a	
Nahwärme, 100% Anschluss	91 t/a	

Stellt man die CO₂-Emissionen der Basisvariante den Emissionen der zentralen Varianten gegenüber, so ergeben sich folgende Prozentwerte:

Basisvariante Heizölkessel 50%	100 %	CO₂-Emissionen in Prozent
Nahwärme, 50% Anschluss	11 %	
Basisvariante Heizölkessel 100%	100 %	
Nahwärme, 100% Anschluss	15 %	

Bei einer Anschlussbereitschaft von 50% können durch die Nahwärmeversorgung etwa 269 t CO₂ /a (= 89%) bzw. knapp 80.000 Liter Heizöl eingespart werden. Im Falle einer Anschlussquote von 100% können ca. 497 t CO₂ /a (= 85%) bzw. rund 150.000 Liter Heizöl eingespart werden.

Anmerkungen:

Die aufgeführten Kosten beziehen sich auf die zu Grunde gelegten Ausgangsdaten zur Wirtschaftlichkeitsberechnung der einzelnen Varianten. Da es sich hierbei um eine Vorstudie handelt, kann es im Verlaufe einer weiteren intensiveren Prüfung der Umsetzung dieses Konzeptes zu Abweichungen von einzelnen Parametern kommen, die dementsprechend auch Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Projektes haben.

So können genauere Angaben über den erforderlichen Wärmebedarf, aber auch der Anschlussbereitschaft nur durch eine Bürgerbefragung/Fragebogenaktion erhalten werden. Da es oftmals innerhalb der EEG-Richtlinie zu Auslegungsschwierigkeiten kommt (z.B. Güllebonus bei Einspeisung ins Gasnetz, Erweiterung der Anlage oder Neuanlage, etc.) sollten über den örtlichen Netzbetreiber die Stromeinspeisungsvergütungsansätze für dieses Projekt abgeklärt werden. Des Weiteren muss beim örtlichen Netzbetreiber eine Netzverträglichkeitsprüfung für die Stromeinspeisung durchgeführt werden. In dem Zuge können die voraussichtlichen Kosten für den Netzanschluss genauer ermittelt werden. Weitere Unsicherheiten bestehen bezüglich dem Erwerb eines geeigneten Grundstückes für die Nahwärmezentrale, da in Windischenhaig kein städtisches Grundstück zur Verfügung steht. Der in der Studie angesetzte Biogaspreis entspricht den von der EAN angesetzten Herstellungskosten zzgl. einer Rendite von 5%. Der letztendlich zu zahlende Biogaspreis ist Verhandlungssache.

Von äußerster Wichtigkeit für die erfolgreiche Umsetzung dieses Projektes ist neben einer hohen Anschlussquote vor allem die Zeitdauer der Umsetzung zu sehen. Da das EEG zum Ende des Jahres 2011 novelliert werden soll und es hierbei noch keinerlei Klarheit über die Entwicklung der neuen Vergütungsansätze für Biomasseverstromung gibt, müsste/sollte die Inbetriebnahme des Biogas-BHKW's bis voraussichtlich Ende November 2011 anvisiert werden.

Für die geplante gemeinschaftliche Produktion des Biogases über die zwei Landwirte, muss eine Änderung des Flächennutzungs- und des Bauungsplanes erfolgen (Änderung: landwirtschaftliche Nutzung auf gewerbliche Nutzung). Von der Antragsstellung bis zur Genehmigung können bis zu einem Jahr vergehen. Wie im obigen Absatz aufgezeigt, besteht aber die Dringlichkeit auf Grund der EEG-Novellierung, dass die Inbetriebnahme des BHKW's bis Ende November möglich ist. Mit dem Bau der Anlage kann nicht vor Erhalt der Genehmigung begonnen werden. Für die erfolgreiche Umsetzung dieses Projektes ist somit eine schnelle Bearbeitung der Anträge bei den entsprechenden Ämtern/Behörden unbedingt erforderlich.

Die Ereignisse in Japan haben in Deutschland sowohl bei den Bürgern als auch den Politikern zu einem Umdenken geführt. Unsichere Kernkraftwerke wurden kurzfristig vom Netz genommen und sollen zum Teil gar nicht mehr in Betrieb gehen. Anders als noch vor einem halben Jahr vertraglich geregelt, soll der Ausstieg aus der Kernkraft wieder stärker forciert werden. Folglich muss der Ausbau der Erneuerbaren Energien beschleunigt werden. Unter diesen Umständen kann eine Novellierung des EEG auch zu einer Erhöhung der Fördersätze führen. Eine gewisse Flexibilität in Bezug

auf den Inbetriebnahmezeitpunkt des Biogas-BHKW's (Ende 2011 bzw. Anfang 2012) ist auf Grund der momentan nicht vorhersagbaren Fördersituation somit sicherlich vorteilhaft.

2 Wärmebedarf

Zur überschlägigen Ermittlung des Wärmebedarfs des Stadtteils Windischenhaig wurden entsprechende Daten beim Stadtbauamt Kulmbach abgefragt.

Windischenhaig umfasst 273 Einwohner sowie ca. 110-120 Haupt- und Nebengebäude. Davon sind 78 Gebäude bewohnt. D.h. die durchschnittliche Familiengröße pro Wohngebäude liegt in Windischenhaig bei 3,5 Einwohnern. Von den Wohngebäuden sind 10 Gebäude in den letzten 15 Jahren gebaut worden. Die anderen Gebäude sind somit vor der Wärmeschutzverordnung `95 gebaut und verfügen wenn, dann nur durch nachträgliche Sanierung über einen verbesserten Wärmeschutz.

In Windischenhaig gibt es einen landwirtschaftlichen Betrieb im Vollerwerb sowie drei Betriebe im Nebenerwerb. Im Bereich Gewerbe/Handel/Dienstleistung sind keine größeren Unternehmen ansässig. Ebenso ist Industrie in Windischenhaig nicht vertreten.

Auf Grund der dargestellten Situation wird von einem durchschnittlichen Wärmebedarf von 20.000 kWh pro Wohngebäude ausgegangen. Davon fallen ca. 18% als Warmwasserbedarf (inkl. Zirkulationsverluste im Gebäude) an.

Innerhalb dieser Studie werden zwei Nahwärmeversorgungssituationen näher untersucht, um Aufschluss über die wirtschaftliche Umsetzbarkeit zu erhalten. Zum einen wird eine Anschlussbereitschaft von knapp über 50%, entsprechend 40 Wohngebäuden, angesetzt. Zum anderen wird die Situation bei 100% Vollanschluss (78 Wohngebäude) geprüft.

Der Gesamtwärmebedarf bei 50% Anschluss entspricht ca. 800 MWh/a (= Heizöläquivalent von 80.000 Litern). Bei 100% Anschluss aller Wohngebäude an ein Nahwärmesystem in Windischenhaig muss ein Gesamtwärmebedarf von jährlich ca. 1.560 MWh bereitgestellt werden. Zur ausreichenden Wärmeversorgung während der kältesten Tage im Jahr ist eine Spitzenleistung von etwa 400 kW bei 50% Anschluss bzw. etwa 800 kW bei 100% Anschluss notwendig.

78 Wohngebäude

**20.000 kWh pro
Wohngebäude**

Nachfolgend ist der Wärmebedarf von Windischenhaig zusammengefasst dargestellt:

50% Anschluss	Gebäudewärmebedarf	656 MWh/a
	Warmwasserbedarf	144 MWh/a
	Gesamtwärmebedarf	800 MWh/a
	Spitzenleistung	400 kW
100% Anschluss	Gebäudewärmebedarf	1.280 MWh/a
	Warmwasserbedarf	280 MWh/a
	Gesamt-Wärmebedarf	1.560 kW
	Spitzenleistung	800 kW

(MWh/a = Megawattstunden pro Jahr, kW = Kilowatt)

Tabelle 1: Wärmebedarf Windischenhaig

Zusätzlich entstehen Nahwärmeleitungsverluste in Höhe von voraussichtlich ca. 15 – 25% des Jahreswärmebedarfs. Die Leitungsverluste können vorwiegend über die Abwärme des Biogas-BHKW's mit abgedeckt werden.

Die Wärmedaten wurden in ein Simulationsprogramm eingegeben, um u. a. den Anteil der Grundlast-, Mittel- und Spitzenlastbereitstellung zu ermitteln. Auf die Ergebnisse wird in den Unterpunkten zu den einzelnen Varianten näher eingegangen.

Wärmebedarf Nahwärmeversorgung

Leitungsverluste

Simulation der Wärmebereitstellung

3 Biogaserzeugung und -verstromung

3.1.1 Allgemeines

Ein Landwirt, ansässig außerhalb von Katschenreuth, betreibt eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 110 kW. Zusammen mit einem weiteren Landwirt ist angedacht, die Biogasproduktion zu erhöhen. Der zusätzliche Biogasertrag liegt voraussichtlich bei jährlich ca. 752.000 m³. Mit dieser Biogasmenge könnte ein weiteres Biogas-BHKW in der Größenordnung von rund 190 kW_{el} und 200 kW_{th} betrieben werden.

Aus Gründen des Klimaschutzes und des sinnvollen Umgangs mit den vorhandenen Energieressourcen, gewinnt zunehmend die Nutzung der bei der biogenen Stromerzeugung anfallenden Abwärme an Bedeutung. Da bereits ein BHKW vorhanden ist, dessen Abwärme nur zu einem geringen Teil verwendet wird, könnte die restliche Abwärme als Prozesswärme für die neue Biogasproduktion genutzt werden.

Als Wärmeverbraucher bietet sich die Ortschaft Windischenhaig an. Die Entfernung von der Biogasproduktionsstätte zum Ortsanfang beträgt entlang landwirtschaftlicher Flurwege ca. 1,5 km. Der mögliche Verlauf der Biogasleitung ist in Anlage 1 grafisch dargestellt.

Biogas wird durch anaerobe Bakterien beim Abbau organischer Substanz unter Luftabschluss erzeugt. Landwirtschaftliche Biogasanlagen werden überwiegend im mesophilen Bereich von meist ca. 39° C gefahren. Das erzeugte Biogas kann dann über eine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage (Blockheizkraftwerk – BHKW) direkt in elektrische Energie umgewandelt werden. Als „Nebenprodukt“ entsteht Abwärme. Je nach Anlagentyp, Behälter, Oberfläche, Anzahl und Größe der Fermenter werden zwischen ca. 20 und 40 % der anfallenden Abwärme für die Aufrechterhaltung der Prozesstemperatur im Fermenter benötigt.

Bei der geplanten Anlage muss dem Fermenter jährlich eine Wärmemenge von ca. 350.000 kWh zugeführt werden, um eine effektive Biogasproduktion zu erhalten. Nach einer ersten Abschätzung wird davon ausgegangen, dass die Abwärme aus der bestehenden Biogasanlage für die Aufrechterhaltung des Biogasprozesses auch zu Spitzenzeiten ausreichend ist. Dadurch besteht der Vorteil, das zweite Biogas-BHKW direkt an den Ort zu platzieren, an dem sich auch die Wärmenachfrage befindet. Die Kosten für die Verlegung einer Biogasleitung liegen unter den Kosten für die Verlegung einer Nahwärmeleitung. Zu dem können Wärmeverluste über diese Entfernung vermieden werden.

Das Biogas fällt in der Regel über das gesamte Jahr kontinuierlich an. Der Bedarf an thermischer Energie im Privatbereich ist dagegen stark abhängig von den Außentemperaturen, denn der überwiegende Anteil

**Ausbau
Biogaserzeugung**

**Sinnvolle
Wärmenutzung**

**Prozesswärme
für Biogas-
produktion**

**Biogas-BHKW
für Nahwärme-
versorgung**

des Wärmebedarfs ist für die Gebäudebeheizung erforderlich. Da das Biogas kontinuierlich anfällt und die Stromerzeugung durch Biogas höher vergütet wird als die Stromerzeugung mittel Erdgas, laufen Biogas-BHKW's in der Regel stromorientiert und nicht wärmeorientiert. Die anfallende Abwärme im Sommer kann deshalb meist nicht komplett genutzt werden.

Wärmenutzung

Jedoch ist gerade bei der Wärmeversorgung von Wohnhäusern ein Biogas-BHKW für die Grundlastwärmeversorgung fast unerlässlich, da im Sommer für die Warmwasserbereitstellung relativ hohe Leitungsverluste entstehen. Diese können über die Biogas-Abwärme gut mitgetragen werden. Müsste hierfür extra Brennstoff eingesetzt werden, würden die zusätzlichen Brennstoffkosten die Wirtschaftlichkeit einer solchen Nahwärmeversorgung deutlich verschlechtern.

3.1.2 Kosten der Biogaserzeugung

Zur Erzeugung einer jährlichen Biogasmenge von ca. 752.000 m³ ist eine Investition für Fermenter und Endlager (Bau und Technik) von voraussichtlich netto ca. 662.000 EUR notwendig.

Durch Abschreibung der baulichen Maßnahmen über 20 Jahre und der technischen Anlagenkomponenten über 10 Jahre entstehen bei einem Zinssatz von 5,0% kapitalgebundene jährliche Kosten in Höhe von ca. 56.700 EUR. Daneben müssen Kosten für Versicherung mit ca. 5.000 EUR/a, Kosten für Reparatur und Instandhaltung mit ca. 16.000 EUR/a, Personeller Zeitaufwand für den Betrieb der Biogasanlage mit ca. 10.500 EUR/a, Kosten für Umweltgutachter und Prozess-Betriebshilfsstoffe mit ca. 3.600 EUR, sowie Prozessstromkosten mit ca. 20.970 EUR berücksichtigt werden. Dies führt zu jährlichen Kosten in Höhe von **ca. 112.770 EUR**.

Betriebskosten

Zusätzlich muss die Anlage „gefüttert“ werden. Für Wirtschaftsdünger und Zuschlagsstoffe fallen jährlich rund **158.550 EUR** an Kosten an. Dabei wurde mit folgenden Preisen gerechnet: Maissilage 40 EUR/t, Gras-, Ganzpflanzensilage jeweils 35 EUR/t, Getreide 180 EUR/t, Rindergülle 5 EUR/t. Für die Gärrestausbringung wurde ein Kostenaufwand von 9.000 EUR veranschlagt.

Substratkosten

Unter Einbezug aller anfallenden jährlichen Kostenkomponenten belaufen sich die Kosten zur Erzeugung von 752.000 m³ Biogas auf insgesamt ca. **271.320 EUR/a**. Das Biogas weist einen Energieinhalt von ca. 5,4 kWh/m³ auf, so dass die produziert jährliche Energiemenge bei ca. 4.060.800 kWh liegt. Es entstehen somit Energieerzeugungskosten für das Biogas in Höhe von ca. 6,68 ct/kWh. Unter Berücksichtigung einer Rendite von 5%, wird innerhalb der nachfolgenden Wirtschaftlichkeitsbe-

7,0 ct/kWh Biogas-Einkaufspreis

trachtungen für die Nahwärmeversorgung ein Biogas-Einkaufspreis von **7,0 ct/kWh** ab Hof angesetzt.

3.1.3 Stromvergütung nach dem EEG

Das Erneuerbare Energie Gesetz (EEG) ist letztmalig zum 01.01.2009 geändert worden.

Für in Biogasanlagen erzeugten Strom kann neben der Grundvergütung u. a. auch ein Güllebonus, ein Nachwachsende-Rohstoffe-Bonus (NaWaRo-Bonus) sowie ein KWK-Bonus erhalten werden.

Für die Biogasproduktion sind als Eingangsstoffe Wirtschaftsdünger in Form von Rindergülle mit 1.800 t sowie als Zuschlagstoffe Getreide, Mais-, Gras- und Ganzpflanzensilage mit insgesamt rund 3.200 t jährlich angedacht. Der massenspezifische Anteil der Rindergülle beträgt knapp 36%. Zum Erhalt des Güllebonus muss u. a. der massenspezifische Gülleanteil bei mindestens 30% liegen. Dieses Kriterium wird eingehalten. Der NaWaRo-Bonus wird gewährt, wenn u. a. nur Eingangsstoffe in Form von Gülle oder nachwachsenden Rohstoffen für die Biogasproduktion verwendet werden.

Insgesamt ist anhand der aufgeführten Eingangsstoffe eine jährlich produzierte Energiemenge von rund 4.060.800 kWh ($=\{1.800 \text{ t} \times 32 \text{ m}^3/\text{t} + 150 \text{ t} \times 600 \text{ m}^3/\text{t} + 1.000 \text{ t} \times 200 \text{ m}^3/\text{t} + 2.050 \text{ t} \times 195 \text{ m}^3/\text{t}\} \times 5,4 \text{ kWh}/\text{m}^3$) zu erwarten.

Unter diesen Voraussetzungen bietet sich ein Biogas-BHKW mit einer Leistung von 190 kW_{el} und 200 kW_{th} an. Der elektrische Wirkungsgrad des BHKW's liegt bei 38%, der thermische Wirkungsgrad bei 40%. Die Stromerzeugungsausbeute liegt unter diesen Voraussetzungen bei ca. 1.543.100 kWh/a. Die dabei entstehende Abwärmemenge beträgt rund 1.624.320 kWh/a.

Der in der Biogasanlage erzeugte und ins Stromnetz eingespeiste Strom wird nach dem EEG für die Zeitdauer des Inbetriebnahmejahres und die 20 darauffolgenden Kalenderjahre vergütet. Folgende Vergütungssätze würden bei einer Inbetriebnahme im Jahr 2011 zum Ansatz kommen.

Die Grundvergütung bis anteilig 150 kW beträgt 11,43 ct/kWh. Die Grundvergütung von anteilig 151 bis 500 kW liegt bei 9,00 ct/kWh. Der Güllebonus liegt bis zu einer Leistung von 150 kW bei anteilig 3,92 ct/kWh sowie zwischen 151 und 500 kW bei anteilig 0,98 ct/kWh. Der NaWaRo-Bonus beträgt 6,86 ct/kWh. Der KWK-Bonus wird mit 2,94 ct/kWh gewährt. Dieser Bonus gilt für die Strommenge, die bei der Auskopplung der verwerteten überschüssigen Wärmemenge erzeugt wird. Berechnet wird er, indem die zertifizierte Stromkennzahl des BHKW's ($\eta_{\text{elektr.}}/\eta_{\text{therm.}}$) mit der erfassten Wärmemenge der thermisch genutzten

**1.800 t Rinder-
gülle**

**3.200 t
nachwachsende
Rohstoffe**

**Energiegehalt
Biogas
ca. 4.036 MWh/a**

**BHKW mit 190 kW_{el}
und 200 kW_{th}**

**Stromvergütungs-
ansätze für 2011**

Energie multipliziert wird (z.B. 710.000 kWh x 1,2 x 0,38/0,40; inklusive Leitungsverluste 20%).

In dem Jahr, in dem die Anlage in Betrieb gegangen ist, gelten die dann gültigen Vergütungssätze für das Inbetriebnahmejahr und die 20 darauffolgenden Kalenderjahre für diese Anlage fest.

Unter Verwendung der aufgeführten Vergütungssätze für das Jahr 2011 ist nachfolgend die zu erwartende jährliche Einspeisevergütung dargestellt. Die genaue Berechnung ist der Anlage 2 zu entnehmen.

Grundvergütung:	167.340 EUR
Gülle-Bonus:	53.380 EUR
NaWaRo-Bonus:	102.160 EUR
KWK-Bonus bei 50% Anschluss:	23.800 EUR
KWK-Bonus bei 100% Anschluss:	32.180 EUR

Tabelle 2: EEG-Vergütung der Biogasanlage

Die Einspeisevergütung bei einer Inbetriebnahme des Biogas-BHKW`s im Jahr 2011 beträgt voraussichtlich insgesamt ca. 346.680 EUR/a bei einer Anschlussquote von 50% an die Nahwärmeversorgung. Dies entspricht bei einer eingespeisten Strommenge von ca. 1.504.530 kWh/a (inkl. 2,5% Abzug für Trafoverluste und Sicherheitsabschlag) einer durchschnittlichen Stromvergütung von 23,04 ct/kWh_{el}. Bei 100% Anschluss an die Nahwärmeversorgung erhöht sich der KWK-Bonus, da anteilig mehr Biogas-Abwärme genutzt werden kann. Die voraussichtliche Stromeinspeisevergütung beträgt dann ca. 355.060 EUR/a (= ca. 23,60 ct/kWh).

**ca. 23 ct/kWh
Stromvergütung**

Ab Dezember 2011 ist eine erneute Novellierung des EEG`s geplant. Wie die Vergütungssätze sich verändern werden, ist gerade durch die aktuelle Diskussion um den Ausstieg aus der Atomkraft nicht abschätzbar. Aus Gründen der wirtschaftlichen Absicherung sollte deshalb eine Inbetriebnahme des Biogas-BHKW`s bis voraussichtlich spätestens November 2011 als Ziel anvisiert werden. D.h. bei der Entscheidung, ob eine Nahwärmeversorgung mit einem Biogas-BHKW in der Grundlast umgesetzt wird, muss der sehr kurze Zeitraum bis zur notwendigen Inbetriebnahme mit einbedacht werden.

**Mögliche Inbetrieb-
nahme bis November
2011**

4 Nahwärmesystem

In Nahwärmesystemen wird die Wärme zentral erzeugt. Die Wärme wird dann über ein Wärmeleitungsnetz zu den angeschlossenen Wärmeverbraucher transportiert. Das Nahwärmenetz besteht in der Regel aus einer Hauptwärmetrasse, von der Stichleitungen zu den zu versorgenden Objekten gehen. Das Verbindungsglied zwischen der Nahwärmeleitung und der internen Wärmeverteilung im jeweiligen Gebäude ist die Hausübergabestation.

Aus ökologischer Sicht bietet ein Nahwärmesystem den Vorteil, dass hier eine innovative Wärmeversorgungslösung umgesetzt werden kann, die für eine alleinige Versorgung eines Einfamilienhauses auf Grund des geringen Wärmebedarfs nicht rentabel wäre. Von Vorteil ist bei der zentralen Variante auch, dass bei veränderten Rahmenbedingungen nach z.B. 20 Jahren, die Wärmeversorgung der angeschlossenen Gebäude über eine andere zentrale Erzeugungsanlage ökonomisch und ökologisch sinnvoll erfolgen kann. Hier ist die Auswahl der Wärmebereitstellungsgentechnik wesentlich größer als bei der Einzelwärmeversorgung.

Nahwärmesysteme gewährleisten ein hohes Maß an Versorgungssicherheit. Ein Fernüberwachungssystem leitet auftretende Störungen sofort an das zuständige Fachpersonal weiter. Somit kann innerhalb von kurzer Zeit eingegriffen und die Betriebsstörung behoben werden. Zusätzlich weist das Nahwärmenetz eine gewisse Wärmepufferwirkung auf, so dass über die im Nahwärmenetz gespeicherte Energiemenge noch eine Grundlastversorgung über mehrere Stunden erfolgen kann. Bei schneller Störungsbehebung wird somit die aufgetretene Störung bei den Verbrauchern erst gar nicht bemerkt; anders als im Eigenheim mit eigenem Heizsystem, wo in der Regel die Störung erst bemerkt wird, wenn das Haus bereits ausgekühlt ist.

Die Verlegung von Nahwärmenetzen orientiert sich in der Regel am Straßenverlauf. Von Vorteil ist es, wenn die Rohrleitungsverlegung im Rahmen von Erschließungsarbeiten mit durchgeführt werden kann, um Kosten für Erd- und Oberflächenwiederherstellungsarbeiten einzusparen. Geplante Erschließungsarbeiten in Windischenhaig, die zu einer Kostenreduzierung der Wärmetrassenverlegung führen könnten, sind soweit nicht bekannt.

Bei einer Besichtigung vor Ort wurde festgestellt, dass die Verhältnisse für eine Wärmetrassenverlegung in Windischenhaig nicht optimal sind. Auf Grund des starken Gefälles im Ort gestaltet sich die Verlegung der Hausanschlüsse voraussichtlich aufwendiger. Zu dem ist die Hauptstrasse bereits sehr stark mit Versorgungskanälen belegt.

Langfristig größere Auswahl an Versorgungssystemen

Hohes Maß an Versorgungssicherheit

Wärmetrassenverlegung eher aufwendiger

Bei einer Anschlussbereitschaft von ca. 50% an eine Nahwärmeversorgung in Windischenhaig wird bei relativ homogener Verteilung der anzuschließenden Gebäude nur eine Anschlussdichte von etwa 320 kWh/m installierte Haupttrasse erreicht. Bei 100% Anschluss liegt die Wärmeanschlussdichte bei ca. 624 kWh/m Haupttrasse.

Generell ist es für die Wirtschaftlichkeit eines Nahwärmesystems wichtig, von Anfang an eine möglichst hohe Auslastung zu erhalten. D.h. bereits zu Beginn der Aufnahme der Nahwärmeversorgung sollte ein möglichst hoher Anteil der Gebäudeeigentümer an das Nahwärmenetz angeschlossen sein. Eine Förderung des Wärmenetzes nach dem KfW-Programm Nutzung Erneuerbaren Energien im Wärmemarkt ist erst ab einem Mindestwärmeabsatz von 500 kWh/m Trasse möglich. Da hier neben der Haupttrasse auch die Leitungslängen der Hausanschlüsse für die Wärmedichteberechnung mit angesetzt werden, ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine mögliche Nutzung dieses Förderprogramms nicht gegeben.

Das Verbindungsglied zwischen Nahwärmenetz und Verbraucher ist die Wärmeübertragungsstation. Sie regelt die Wärmeübergabe an den Verbraucher. In der Regel werden hierfür indirekte Hausübergabestationen verwendet. Dies verfügen über einen oder zwei Wärmetauscher zur Übertragung der Nahwärme an die hausinterne Wärmeverteilung. Die gelieferte Wärmemenge wird mit einem Wärmemengenzähler erfasst.

Bei zwei Wärmetauschern gibt der kleinere Wärmetauscher die Wärme an das Heizungssystem ab. Der größere Wärmetauscher überträgt die Wärme an das Warmwasserleitungsnetz. Mit diesem System ist kein zusätzlicher Warmwasserboiler erforderlich, da die Übertragungsleistung ausreicht, um den Warmwasserbedarf zu decken. Alternativ gibt es preisgünstige Kompaktstationen mit nur einem Wärmetauscher, dafür aber mit integriertem Warmwasserspeicher.

Die Ermittlung der Wärmetrassenlänge bezieht sich auf einen möglichen Trassenverlauf anhand der Haupt- und Nebenstraßen in Windischenhaig. Dies führt zu einer Gesamtlänge der Wärmetrasse von ca. 2,5 km. In der Anlage 3 ist der Trassenverlauf in der Ortschaft grafisch dargestellt. Für den Bau des Wärmenetzes wurden durchschnittliche Kosten von 400 EUR pro Meter Wärmeleitung angesetzt. Für die Hausanschlussleitungen wurden 12 m pro anzuschließendes Gebäude bei ebenfalls 400 EUR/m veranschlagt. Der Wärmeanschluss in den Gebäuden einschließlich Hausübergabestation wurde mit 3.500 EUR pro Gebäude gerechnet. Nach diesen Kostenansätzen liegen die voraussichtlichen Gesamtkosten für den Bau des Nahwärmenetzes mit 50% Anschlussbereitschaft bei ca. 1.330.000 EUR und im Falle eines Vollanschlusses bei ca. 1.650.000 EUR.

Möglichst hohe Auslastung von Beginn an

Kriterium Mindestwärmeabsatz

Wärmetrassenverlauf

Kosten Nahwärmenetz

5 Variantenbeschreibung

5.1 Variante 1: Dezentrale Versorgung mit Heizöl-Kesseln

5.1.1 Anlagentechnik

Die Wärmeversorgung der für die Nahwärmeversorgung in Betracht gezogenen Gebäude erfolgt vorwiegend auf Basis von Heizöl. Ein Erdgasnetz ist in Windischenhaig nicht vorhanden.

Um die Kosten einer möglichen Nahwärmeversorgungslösung bewerten zu können, wird als Standard-Modell eine Wärmeversorgung der Wohngebäude mittels Heizöl-Niedertemperatur(NT)kessel näher untersucht. Für die Berechnung werden die Jahresgesamtkosten auf Grundlage eines neuen Heizöl-NT-Kessels mit einem Jahreswirkungsgrad von 90% ermittelt und auf die jeweilige Anzahl an Gebäuden bei 50% bzw. 100% Anschluss an eine Nahwärmeversorgung hochgerechnet. Dabei werden sowohl zu tätigen Investitionen als auch alle sonstigen anfallenden Kosten berücksichtigt.

**Heizöl-
Niedertemperatur-
anlage**

5.1.2 Investitionen und Kosten

Die Jahresgesamtkosten für die Einzelversorgung eines Gebäudes mit einem Heizöl-Kessel setzen sich u. a. zusammen aus den Kosten für den Kessel als jährlich gleichbleibender Abzahlungsbetrag über die Nutzungszeit (15 Jahre, 3% Zins, inkl. Tilgung), den jährlichen Brennstoffkosten, den jährlichen Kosten für Wartung/Instandhaltung und den Schornsteinfegerkosten.

Den höchsten Anteil an den Jahresgesamtkosten nehmen bei dieser Wärmebereitstellungsart die Brennstoffkosten ein. Der Heizölpreis unterlag in den letzten Jahren sehr starken Schwankungen. So betrug der Heizölpreis Anfang 2007 bei einer Abnahmemenge von 3.000 l ca. 50 ct/l inkl. MWSt. Bis Mitte 2008 ist der Preis dann auf knapp unter 1,00 EUR/l gestiegen. Durch die Wirtschaftskrise und die damit stark zurückgegangene Nachfrage wurde zwischenzeitlich Heizöl zu Preisen wie Anfang 2007 gehandelt. Einhergehend mit dem wirtschaftlichen Aufschwung ist auch der Heizölpreis wieder angestiegen. Im März lag der durchschnittliche Preis für Heizöl in Deutschland bezogen auf eine Einkaufsmenge von 3.000 Litern bei rund 85 ct/Liter inkl. MWSt. (www.tecson.de/pheizoel.htm). Realistischerweise muss, insbesondere durch die Konflikte in Nordafrika und auf der arabischen Halbinsel sowie der Atomdebatte mit einem weiteren Anstieg der Heizölpreise gerechnet werden.

**Entwicklung des
Heizölpreises**

In dieser Studie wird ein Heizölpreis von brutto 80 ct/Liter sowie ein jährlicher Brennstoffbedarf von 2.200 l zu Grunde gelegt.

**Kostenansatz
brutto 80 ct/Liter**

Unter dieser Annahme entstehen Jahresgesamtkosten bei der dezentralen Einzelversorgung der Gebäude in Höhe von brutto **ca. 2.540 EUR**. Dies entspricht Wärmegestehungskosten von brutto **ca. 12,70 ct/kWh** bzw. von netto **ca. 10,67 ct/kWh**.

Wärmepreis
12,10 ct/kWh

Die Brennstoffkosten machen dabei 70% an den Jahresgesamtkosten aus. Der Rest teilt sich auf kapitalgebundene Kosten (7.000 EUR für neue Heizungsanlage über 15 Jahre Nutzungszeit) mit einem Anteil von 23% sowie Kosten für Wartung und Instandhaltung (einschl. Kaminkehrergebühr) in Höhe von 7% auf.

Insgesamt liegen die Gesamtkosten der Wärmebereitstellung bei Einzelwärmeversorgung von 40 Gebäuden über Heizölkessel bei netto **ca. 85.380 EUR/a**. Hochgerechnet auf 78 Wohngebäude liegen die Jahresgesamtkosten bei netto **ca. 166.490 EUR/a**.

Jahresgesamt-
kosten

Der **jährliche CO₂-Ausstoß** von 40 Wohngebäuden, deren Wärmebedarf über Heizölkessel bereitgestellt wird, beträgt **etwa 303 t**. Die gleiche Wärmeversorgung für 78 Wohngebäude führt zu einem jährlichen CO₂-Ausstoß von **etwa 588 t**.

CO₂-Ausstoß

Details zur Berechnung der Variante 1 können **Anhang 4** entnommen werden.

5.2 Zentrale Wärmeversorgung mit einem Biogas-BHKW

In Katschenreuth, einem Ortsteil von Kulmbach, ist der Bau einer neuen Biogasanlage durch zwei Landwirte angedacht. Die voraussichtliche Biogasproduktion liegt bei jährlich ca. 752.000 m³. Damit kann ein Biogas-BHKW mit rund 190 kW_{el} und 200 kW_{th} betrieben werden. Der dort ortsansässige Landwirt betreibt bereits eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 110 kW. Die anfallende Abwärme der bestehenden Biogasanlage kann genutzt werden, um die Prozesswärme für die neue Biogasproduktion zu liefern. Als Wärmeabnehmer bietet sich das Dorf Windischenhaig an.

Biogas-BHKW
mit 200 kW_{th}

Dafür müsste eine Gasleitung mit einer Gesamtlänge von ca. 1,5 km verlegt werden. Eine Begehung vor Ort zeigte, dass die Voraussetzungen für die Verlegung der Biogasleitung vom landwirtschaftlichen Anwesen entlang des Flurweges nach Windischenhaig gut sind. Der Weg ist nur leicht geschottert. Aufwendige Oberflächenwiederherstellungsarbeiten für den Flurweg entfallen. Einen größeren Kostenpunkt stellt jedoch die Verlegung der Gasleitung unter der Staatsstraße St2190 (Straße Kulmbach/Kasendorf) dar.

ca. 1,5 km
Biogasleitung

Das Biogas fällt in der Regel kontinuierlich an. Der Bedarf an thermischer Energie im Privatbereich ist dagegen stark abhängig von den Außentemperaturen, denn der überwiegende Anteil des Wärmebedarfs ist für die

Gebäudebeheizung erforderlich. Im Sommer wird Wärme hauptsächlich zur Warmwasserbereitstellung benötigt. Die komplette Abwärme eines Biogas-BHKW's kann deshalb über das ganze Jahr hin gesehen nicht genutzt werden. Während der kältesten Zeit im Jahr muss die ausreichende Wärmeversorgung über einen zusätzlichen Heizkessel gewährleistet werden. Dieser dient gleichzeitig als Reserve- bzw. Ersatzkessel bei einem eventuellen Ausfall bzw. bei notwendigen Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten am BHKW. In den Sommermonaten wird nicht die gesamte Biogas-Abwärme benötigt.

**Grundlast über
Biogas-BHKW**

5.2.1 Variante 2: Nahwärmeversorgung bei 50% Anschlussbereitschaft

In Variante 2 wird die Wirtschaftlichkeit einer Nahwärmeversorgung bei einer Anschlussbereitschaft in Windischenhaig von 50% der Wohngebäude untersucht. Dafür muss eine Wärmemenge von jährlich ca. 800 MWh an den Hausübergabestationen bzw. einschließlich Wärmeleitungsverlusten eine Wärmemenge von knapp 1.000 MWh bereitgestellt werden. Zur ausreichenden Wärmeversorgung während der kältesten Tage im Jahr ist eine Spitzenleistung von ca. 400 kW erforderlich.

Über das Biogas-BHKW können rund 89% der Wärmebedarfsmenge im Jahr abgedeckt werden. Die übrigen 11% des jährlichen Wärmebedarfs werden über einen Heizöl-Spitzenkessel mit 400 kW erzeugt. Der jährliche Heizölbedarf liegt bei ca. 10.000 Litern.

**89% Wärmebereit-
stellung über
Biogas-BHKW**

Wie unter Punkt 3.1.2 näher erläutert, wird für das Biogas ein Preis von netto 7,0 ct/kWh angesetzt.

Für Wartung/Betrieb/Instandhaltung kommen 20.200 EUR/a zum Ansatz. Aufwendungen für Verwaltung und Versicherung werden mit 5.000 EUR/a berücksichtigt.

Des Weiteren fallen Kosten für den Transport der Wärme zu den Verbrauchern an. Die Stromkosten hierfür belaufen sich auf ca. 3.450 EUR/a (= 23 MWh/a).

Neben den Ausgaben werden Einnahmen über die Einspeisung des erzeugten Stroms ins Netz erzielt. Unter Punkt 3.1.3 werden die verschiedenen relevanten Vergütungsansätze nach dem EEG im Detail aufgezeigt. Insgesamt kann von einer Stromeinspeisungsvergütung von rund 346.680 EUR ausgegangen werden.

Für die Förderung des Wärmenetzes über das KWKG wird eine Förderquote von 20% der Investition angesetzt.

**Förderung über
KWKG**

Bei der Nahwärmevariante mit 50% Anschluss entstehen nach den aufgeführten Kostenansätzen und Einnahmen folgende Kosten:

Gesamtinvestitionen, netto:	ca. 1.949.000 EUR	Kosten
Jahresgesamtkosten, netto:	ca. 113.070 EUR/a	

Im Vergleich zur dezentralen Heizöl-Versorgung würden Mehrkosten pro Jahr in Höhe von ca. 27.690 EUR bzw. 32 % anfallen.

Es zeigt sich, dass bei dieser Anschlussquote und den für die Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Grunde gelegten Ausgangsparametern (Energiedaten, Kostenansätze) eine Wirtschaftlichkeit der Nahwärmeversorgung nicht gegeben ist. Eine Kostengleichheit wird lt. Sensitivitätsanalyse bei einem Heizölpreis brutto von ca. 1,25 EUR/l erreicht.

Die Berechnung der Nahwärmeversorgungsvariante ist in **Anhang 5** aufgezeigt.

5.2.2 Variante 3: Nahwärmeversorgung bei 100% Anschlussbereitschaft

In Variante 3 wird die Wirtschaftlichkeit einer Nahwärmeversorgung bei einer Anschlussbereitschaft in Windischenhaig von 100% der Wohngebäude untersucht. Dafür muss eine Wärmemenge von jährlich ca. 1.560 MWh an den Hausübergabestationen bzw. einschließlich Wärmeleitungsverlusten eine Wärmemenge von etwa 1.900 MWh bereitgestellt werden. Zur ausreichenden Wärmeversorgung während der kältesten Tage im Jahr ist eine Spitzenleistung von ca. 800 kW erforderlich.

Über das Biogas-BHKW können rund 62% der Wärmebedarfsmenge im Jahr abgedeckt werden. Während im Sommer komplett die Wärmebereitstellung einschl. Leitungsverluste durch die Biogas-Abwärme erfolgen kann, übernimmt das BHKW im Winter nur einen Teil der Grundlastversorgung. Für weitere ca. 25% der Jahreswärmebereitstellung ist ein Holzhackschnitzelkessel mit einer Leistung von 150 kW_{th} vorgesehen. Die restlichen 13% werden über einen Heizölkessel mit einer Nennwärmeleistung von 800 kW erzeugt. Dieser Kessel übernimmt während der kältesten Tage im Jahr die Spitzenversorgung und dient gleichzeitig als Reservekessel bei einem Ausfall oder bei Wartung/Instandhaltungsarbeiten der biogenen Anlagentechniken. Der jährliche Heizölbedarf liegt bei ca. 22.000 Litern.

Durch die Verwendung eines größeren Pufferspeichers könnte der Anteil der Biogas-Abwärme erhöht werden. Überschüssige Abwärme könnte nachts zwischengespeichert werden und in den Morgenstunden zu Bedarfsspitzenzeiten in das Nahwärmesystem mit eingespeist werden. Neben der Einsparung von Brennstoff wirkt sich eine Erhöhung der Biogaswärmenutzung positiv auf die Stromvergütung in Form des KWK-Bonus aus. Ein ausreichend großer Pufferspeicher unterstützt auch den Betrieb

**Zusätzlich 150 kW
Holzhackschnitzel-
kessel**

des Holzhackschnitzelkessels, da dann weniger Anfahrtverluste entstehen und der Kessel vermehrt auf Volllast gefahren werden kann. Bei einer Wärmeaufnahmekapazität von ca. 500 kWh (2,5 h a 200 kW) wäre eine Pufferspeichergröße von ca. 21.000 Litern (bei 20°C Temperaturspreizung) erforderlich. Dadurch könnten pro Jahr ca. 100 MWh Biogaskwärme zusätzlich genutzt werden.

Der Holzhackschnitzelkessel einschl. Lagervolumen von ca. 60 m³ kann als kostengünstige Doppelstock-Containerlösung umgesetzt werden. Um die Wärmemenge von ca. 400 MWh im Jahr über den Holzhackschnitzelkessel bereitzustellen, sind jährlich ca. 590 SRM Holzhackschnitzel notwendig. Bei einer Auslastung des Holzhackschnitzelkessels von 19 h Volllast am Tag in der kältesten Zeit ist das Lagervolumen damit für ca. 12 Tage ausreichend.

Wie unter Punkt 3.1.2 näher erläutert, wird für das Biogas ein Preis von netto 7,0 ct/kWh angesetzt.

Für den Brennstoff Holzhackschnitzel fallen jährliche Kosten von ca. 11.750 EUR an. Dabei wurde mit einem Holzhackschnitzelpreis von netto 25 EUR/MWh bzw. 77,50 EUR/t gerechnet. Zu Grunde gelegt ist dabei die Holzhackschnitzelpreisabfrage von C.A.R.M.E.N. im IV. Quartal 2010 für Nordbayern (= brutto 74,54 EUR/t).

Für Wartung/Betrieb/Instandhaltung kommen bei dieser Variante 22.200 EUR/a zum Ansatz. Aufwendungen für Verwaltung und Versicherung werden mit 6.200 EUR/a berücksichtigt

Des Weiteren fallen für den Wärmetransport Pumpstromkosten in Höhe von Kosten von ca. 4.500 EUR/a (ca. 30 MWh/a) an.

Neben den Ausgaben werden Einnahmen über die Einspeisung des erzeugten Stroms ins Netz erzielt. Unter Punkt 3.1.3 werden die verschiedenen hierfür relevanten Vergütungsansätze nach dem EEG im Detail aufgezeigt. Insgesamt kann von einer Stromeinspeisungsvergütung von rund 355.060 EUR ausgegangen werden.

Die CO₂-Emissionen für die Variante 3 betragen pro Jahr ca. 91 Tonnen. Durch die zentrale Nahwärmeversorgung mittels Biomasse können die CO₂-Emissionen um ca. 497 t bzw. 85% gegenüber der Einzelobjektversorgung mit Heizöl gesenkt werden. Somit wird ein deutlicher ökologischer Vorteil erreicht. Hierbei ist mit berücksichtigt, dass für Holz durch Aufbereitung und Transport ebenfalls CO₂-Emissionen entstehen.

Die Förderung nach dem KWKG wird mit 20% der Investition des Wärmenetzes berücksichtigt.

Bei der Variante 3 mit Vollanschluss entstehen mit Einbezug der Förderung über die KfW folgende Kosten:

Gesamtinvestitionen, netto: ca. 2.373.160 EUR

**590 SRM
Holzhackschnitzel**

CO₂-Emissionen absolut

**Förderung über
KWKG**

Kosten

Jahresgesamtkosten, netto: **ca. 158.740 EUR/a**

Im Vergleich zur dezentralen Heizöl-Wärmeversorgung fallen die Kosten bei der Nahwärmeversorgungsvariante um ca. 7.750 EUR/a (= 5%) günstiger aus.

Es zeigt sich, dass in Windischenhaig eine biogene Nahwärmeversorgungslösung mittels einem Biogas-BHKW und einem Holzhackschnitzelkessel wirtschaftlich umsetzbar wäre. Ausschlaggebend hierfür sind aber eine große Anschlussbereitschaft und die Möglichkeit einer schnellen Umsetzung. Wichtig wäre, dass die Inbetriebnahme des Biogas-BHKW's bis Ende November 2011 (EEG-Novellierung!!!) erfolgen könnte.

Die Berechnung für die Nahwärmeversorgungsvariante mit 100% Anschluss ist dem **Anhang 6** zu entnehmen.

6 Anhang

Anhang 1: Plan zum möglichen Verlauf der Biogasleitung

Anhang 2: Berechnung Stromeinspeisevergütung nach EEG

Anhang 3: Plan zum möglichen Verlauf der Nahwärmetrasse

Anhang 4: Berechnung Basisvariante, Heizöl-Kessel (dezentral)

Anhang 5: Berechnung Variante 2, Nahwärme 50% Anschlussquote

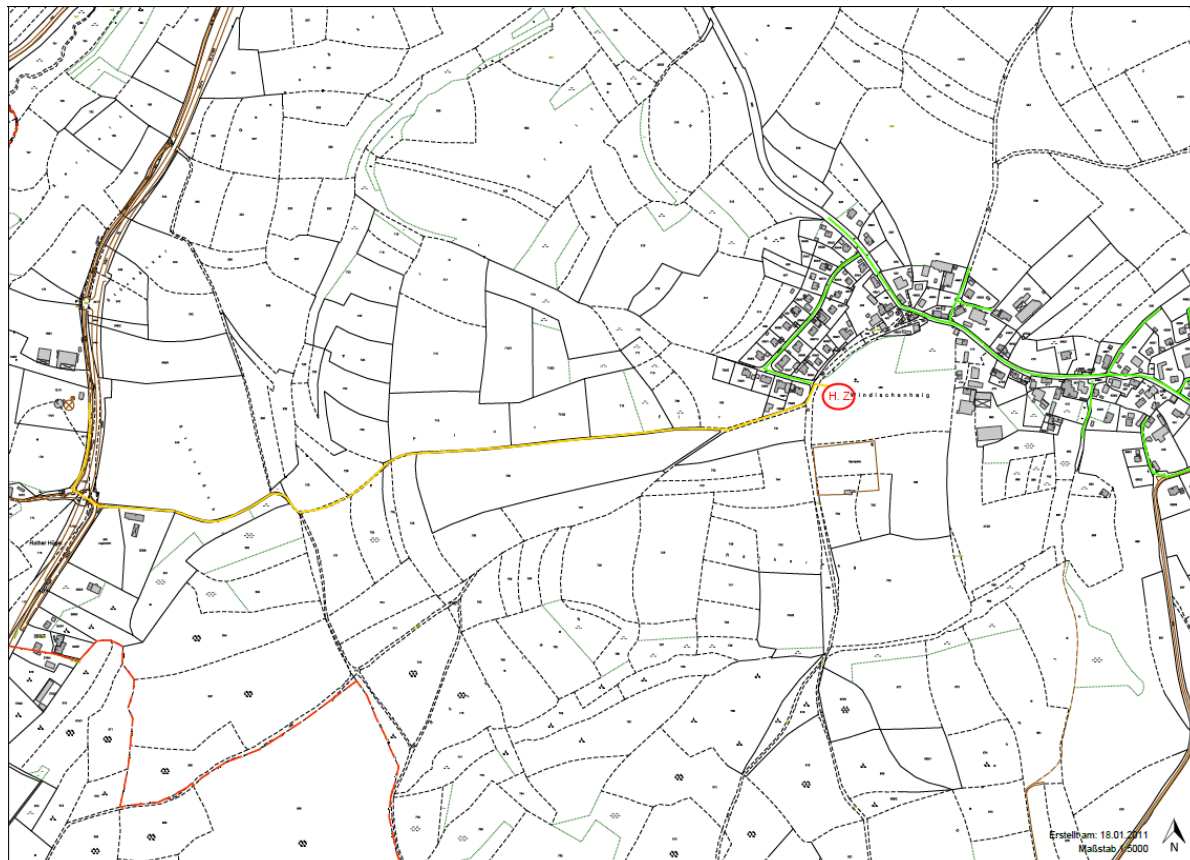
Anhang 6: Berechnung Variante 3, Nahwärme 100% Anschlussquote

Anhang 7: Sensitivitätsanalyse Anschlussbereitschaft/Heizölpreis

Anlage 1

Möglicher Verlauf der Biogasleitung

(nachfolgende Abbildung nicht maßstabsgetreu!)



Anlage 2**Berechnung Stromeinspeisevergütung nach EEG****Energiedaten:**

Biogaserzeugungsmenge	752.000 m ³
Energiegehalt	5,4 kWh/m ³
Energiemenge Biogas	4.060.800 kWh

Einsatz in einem Biogas-BHKW

190 kW_{el}, 200 kW_{th}, 500 kW_{PE}

(Wirkungsgrad elektrisch: 38%, Wirkungsgrad thermisch: 40%)

gewonnene elektrische Energie	1.543.104 kWh
gewonnene thermische Energie	1.624.320 kWh
(entspricht Volllaststunden des BHKW` s von 8.120 h, 93% Auslastung)	

Vorraussichtliche Stromerzeugungsmenge: 1.504.526 kWh
(inkl. 1,5% Trafoverluste, 1% Sicherheitsabschlag)

Stromvergütung:

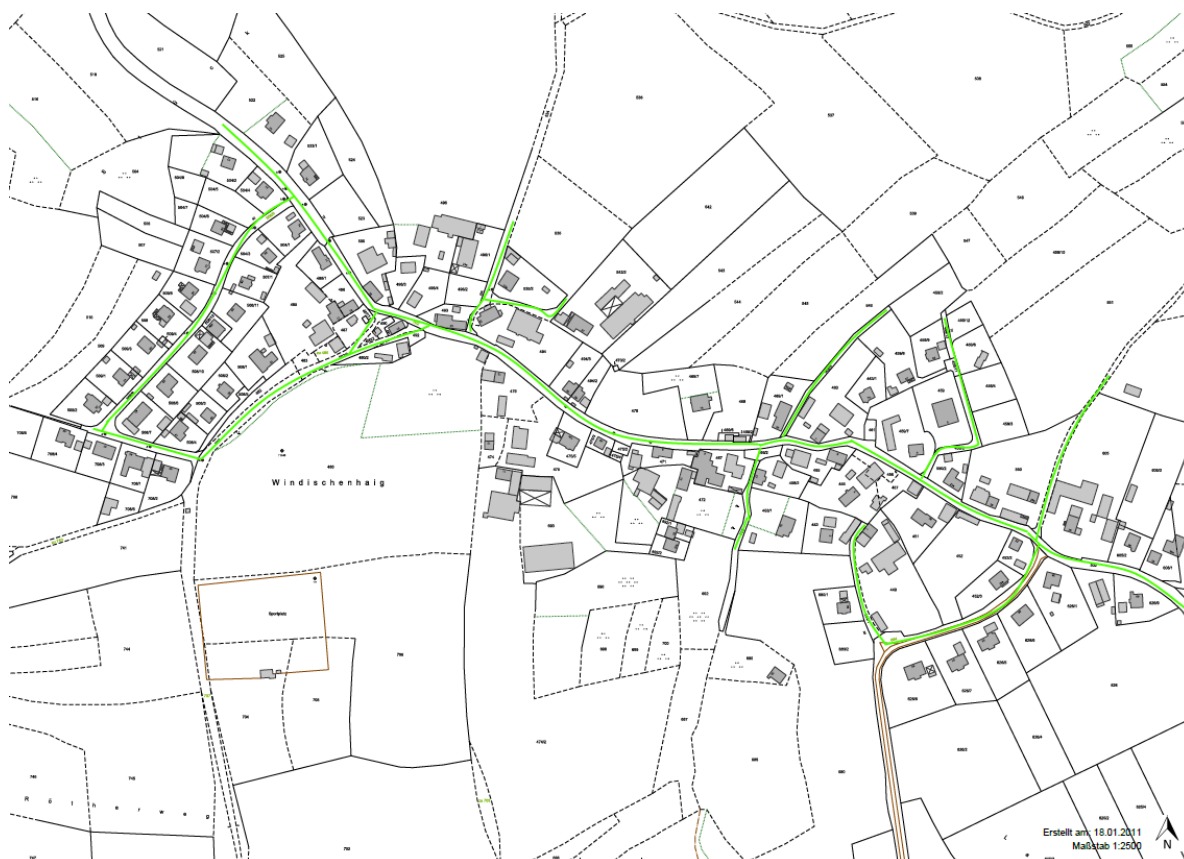
Grundvergütung:	1.314.000 kWh x 11,43 ct/kWh =	150.190 EUR
	190.520 kWh x 9,00 ct/kWh =	17.150 EUR
NaWaRo-Bonus:	1.504.520 kWh x 6,79 ct/kWh =	102.160 EUR
Gülle-Bonus:	1.314.000 kWh x 3,92 ct/kWh =	51.510 EUR
	190.520 kWh x 0,98 ct/kWh =	1.870 EUR
KWK-Vergütung:		
bei 50% Anschluss	0,38/0,40 x 710.000 x 1,2 x 2,94 ct/kWh =	23.800 EUR
bei 100% Anschluss	0,38/0,40 x 960.000 x 1,2 x 2,94 ct/kWh =	32.180 EUR

Vergütung, Gesamt, bei 50% Anschluss 346.680 EUR
Vergütung, Gesamt, bei 100% Anschluss 355.060 EUR

Anlage 3

Plan zum möglichen Verlauf der Nahwärmetrasse

(nachfolgende Abbildung nicht maßstabsgetreu!)



Anlage 4

Berechnung Basisvariante, Heizöl-Kessel (dezentral)

Investitionen und Jahreskosten Heizölkessel

Privathaushalt, Beispielrechnung

	Investition	Nutzungsz eit	Annuität Zins 3 %	Kosten pro Jahr
Heizölkessel, 20 kW inkl. Zubehör, Montage und Inbetriebnahme	7.000	15	0,0838	586 EUR/a
Gesamte Investition und Kosten, brutto	7.000			586 EUR/a

Gesamte Jahreskosten

Kapitalkosten	590 EUR/a
W//Reinigung Kessel, Kaminkehrer	170 EUR/a
Brennstoffkosten Heizöl 8,0 ct./kWh x 22.200 kWh	1.780 EUR/a
Jahresgesamtkosten, brutto	2.540 EUR/a
Jahresgesamtkosten, netto	2.134 EUR/a

Wärmegestehungskosten (2.420 EUR / 20.000 kWh) brutto	12,70 ct/kWh
Wärmegestehungskosten (2.030 EUR / 20.000 kWh) netto	10,67 ct/kWh

CO₂-Emissionen

Diese Variante führt bei einem Heizölbedarf von 2,2 MWh/a und einem CO₂-Ausstoß von 340 kg/MWh (GEMIS 4.07) zu jährlichen CO₂-Emissionen (2,2 MWh a 340 kg/MWh) von

750 kg/a

Hochrechnung auf alle an ein Biomasseheizwerk anzuschliessenden Gebäude

Privathaushalte

Wärmegestehungskosten (brutto) durchschnittlich ca.	12,70 ct/kWh
	127,00 EUR/MWh
Jahresgesamtkosten (brutto) bei 800.000 kWh	101.600 EUR/a
Jahresgesamtkosten (brutto) bei 1.560.000 kWh	198.120 EUR/a
Jahresgesamtkosten (netto) bei 800.000 kWh	85.380 EUR/a
Jahresgesamtkosten (netto) bei 1.560.000 kWh	166.490 EUR/a

CO₂-Emissionen und Brennstoffbedarf

bei 800.000 kWh Wärmebereitstellung

beträgt der Brennstoffbedarf Heizöl ca. 890 MWh/a

Heizöl: 890 MWh x 340 kg/MWh **303 t/a**

Gesamte CO₂-Emissionen **303 t/a**

bei 1.560.000 kWh Wärmebereitstellung

beträgt der Brennstoffbedarf Heizöl ca. 1.730 MWh/a

Heizöl: 1.730 MWh x 340 kg/MWh **588 t/a**

Gesamte CO₂-Emissionen **588 t/a**

Anlage 5

Berechnung Variante 2, Nahwärme 50% Anschlussquote

Investitionen u. Jahreskosten Wärmeversorgung 50% Anschlussquote

Investitionen (netto, inkl. Montage/Inbetriebnahme)

	Investitionen	Nutzgs.- zeitraum	Annuität Zins 5,0 %	Kosten pro Jahr
Biogas-BHKW 190 kW _{el} , 200 kW _{th} , inkl. Generalüberholung	185.000 EUR	12	0,1128	20.873 EUR/a
Stromnetzanschluss	50.000 EUR	20	0,0802	4.012 EUR/a
Heizöl-Spitzkessel 400 kW	23.000 EUR	20	0,0802	1.846 EUR/a
Heizöl-Tank, 10.000 Liter	7.000 EUR	30	0,0651	455 EUR/a
Verrohrung, Armaturen	40.000 EUR	20	0,0802	3.210 EUR/a
Netzregelung, Visualisierung	20.000 EUR	20	0,0802	1.605 EUR/a
Rauchgasableitung	8.000 EUR	20	0,0802	642 EUR/a
Gebäude, Grundstück	90.000 EUR	40	0,0583	5.245 EUR/a
Gasleitung, 1.500 m x 180 EUR/m	270.000 EUR	25	0,0710	19.157 EUR/a
Hausübergabestationen, 40 HH	140.000 EUR	25	0,0710	9.933 EUR/a
Wärmetrasse: 2.500 m x 400 EUR/m + 480 m x 400 EUR/m	1.192.000 EUR	30	0,0651	77.541 EUR/a
Planung und Sonstiges, 8% d. Investition	162.000 EUR	25	0,0710	11.494 EUR/a
Förderung KWKG (BAFA), max. 20% d. Invest.	-238.000 EUR	25	0,0710	-16.887 EUR/a
Gesamte Investition und Kosten	1.949.000 EUR			139.127 EUR/a

Jahresgesamtkosten (netto)

Kapitalkosten	139.130 EUR/a
Wartung./Betrieb./Instandhaltung, BHKW	16.500 EUR/a
Wartung, Betrieb, Instandhaltung, 2,5% d. Investition o. Trasse	3.700 EUR/a
Verwaltung, Versicherung, ca. 1,5% der Invest. o. Trasse	5.000 EUR/a
Kosten Energieträger Heizöl, 100 MWh/a x 65,0 EUR/MWh	6.500 EUR/a
Kosten Energieträger Biogas, 4.061 MWh/a x 70,0 EUR/MWh	284.270 EUR/a
Stromerlös Biogasanlage: Grundvergütung, KWK-, NaWaRo-, Gülle-Bonus	-345.480 EUR/a
Kosten für Hilfsenergie Strom, 23 MWh x 150 EUR/MWh	3.450 EUR/a
Jahresgesamtkosten netto	113.070 EUR/a

Wärmegestehungskosten (113.070 EUR / 800 MWh) netto 141,34 EUR/MWh

Jahreskostenunterschied zu dezentraler Versorgung (Variante 1) 27.690 EUR/a
bei einem Heizölpreis von brutto 80 ct/Liter 32,4 %

Brennstoffbedarf und CO₂-Emissionen

Die Biogasanlage kann einen Wärmeanteil liefern in Höhe von ca. **1.600 MWh/a**

Die für die Nahwärmeversorgung nutzbare Wärme (niedriger Wärmebedarf im Sommer!) der Biogasanlage liegt bei ca. **710 MWh/a**

Da die Wärme von Biogasanlage in der Regel nicht genutzt wird, wird hier für die Biogaswärme keine CO₂-Emission angesetzt

Bei einem Gesamtbedarf von 800 MWh/a, muss der Heizöl-Kessel einen Wärmebedarf abdecken von **90 MWh/a**
 daraus folgt ein Heizölbedarf von (n= 0,90) **100 MWh/a**

CO₂-Emissionen

Heizöl: 100 MWh x 340 kg/MWh	34 t/a
Gesamte CO₂-Emissionen	34 t/a

CO₂-Einsparung zu Basisvariante	269 t/a
CO₂-Einsparung zu Basisvariante	89 %

Anlage 6

Berechnung Variante 3, Nahwärme 100% Anschlussquote

Investitionen u. Jahreskosten Wärmeversorgung 100% Anschlussquote

Investitionen (netto, inkl. Montage/Inbetriebnahme)

	Investitionen	Nutzgs.- zeitraum	Annuität Zins 5,0 %	Kosten pro Jahr
Biogas-BHKW 190 kW _{el} , 200 kW _{th} , inkl. Generalüberholung	185.000 EUR	12	0,1128	20.873 EUR/a
Stromnetzanschluss	60.000 EUR	20	0,0802	4.815 EUR/a
Holzessel 150 kW _{th} inkl. Beschickung, Entaschung, Reinigung, Filter, Lageraustragung in Container	55.000 EUR	15	0,0963	5.299 EUR/a
Heizöl-Spitzenkessel 800 kW	30.000 EUR	20	0,0802	2.407 EUR/a
Heizöl-Tank, 10.000 Liter	7.000 EUR	30	0,0651	455 EUR/a
Verrohrung, Armaturen	45.000 EUR	20	0,0802	3.611 EUR/a
Netzregelung, Visualisierung	22.000 EUR	20	0,0802	1.765 EUR/a
Rauchgasableitung	9.000 EUR	20	0,0802	722 EUR/a
Gebäude, Grundstück	120.000 EUR	40	0,0583	6.993 EUR/a
Gasleitung, 1.500 m x 180 EUR/m	270.000 EUR	25	0,0710	19.157 EUR/a
Hausübergabestationen, 78 HH a 3.500 EUR	273.000 EUR	25	0,0710	19.370 EUR/a
Wärmetrasse: 2.500 m x 400 EUR/m + 940 m x 400 EUR/m	1.376.000 EUR	30	0,0651	89.511 EUR/a
Planung und Sonstiges, 8% d. Investition	196.160 EUR	25	0,0710	13.918 EUR/a
Förderung KWKG (BAFA), max. 20% d. Investition	-275.000 EUR	25	0,0710	-19.512 EUR/a
Gesamte Investition und Kosten	2.373.160 EUR			169.385 EUR/a

Jahresgesamtkosten (netto)

Kapitalkosten	169.380 EUR/a
Wartung,/Betrieb,/Instandhaltung, BHKW	16.500 EUR/a
Wartung, Betrieb, Instandhaltung, 2,5% d. Investition o. Trasse	5.700 EUR/a
Verwaltung, Versicherung, ca. 1,5% der Invest. o. Trasse	6.200 EUR/a
Kosten Energieträger Holzhackschnitzel, 470 MWh/a x 25,0 EUR/MWh	11.750 EUR/a
Kosten Energieträger Heizöl, 220 MWh/a x 65,0 EUR/MWh	14.300 EUR/a
Kosten Energieträger Biogas, 4.061 MWh/a x 70,0 EUR/MWh	284.270 EUR/a
Stromerlös Biogasanlage: Grundvergütung, KWK-, NaWaRo-, Gülle-Bonus	-353.860 EUR/a
Kosten für Hilfsenergie Strom, 30 MWh x 150 EUR/MWh	4.500 EUR/a
Jahresgesamtkosten netto	158.740 EUR/a

Wärmegestehungskosten (158.740 EUR / 1.560 MWh) netto 101,76 EUR/MWh

**Jahreskostenunterschied zu dezentraler Versorgung (Variante 1) -7.750 EUR/a
bei einem Heizölpreis von brutto 80 ct/Liter -4,7 %**

Brennstoffbedarf und CO₂-Emissionen

Die Biogasanlage kann einen Wärmeanteil liefern in Höhe von ca. **1.600 MWh/a**

Die für die Nahwärmeversorgung nutzbare Wärme (niedriger Wärmebedarf im Sommer!) der Biogasanlage liegt bei ca. **960 MWh/a**

Da die Wärme von Biogasanlage in der Regel nicht genutzt wird, wird hier für die Biogaswärme keine CO₂-Emission angesetzt

Bei einer Leistung von 150 kW_{th} Jahr liefert der Holzessel eine Wärmemenge von **400 MWh/a**

Daraus folgt bei $\eta = 0,85$ ein Bedarf an Holzhackschnitzel von **470 MWh/a**

Der Heizöl-Kessel deckt den restlichen Wärmebedarf von **200 MWh/a**

daraus folgt ein Heizölbedarf von ($n=0,9$) **220 MWh/a**

CO₂-Emissionen

Holz-Hackschnitzel: 470 MWh x 35 kg/MWh **16 t/a**

Heizöl: 220 MWh x 340 kg/MWh **75 t/a**

Gesamte CO₂-Emissionen 91 t/a

CO₂-Einsparung zu Basisvariante 497 t/a

CO₂-Einsparung zu Basisvariante 85 %

Anhang 7

Sensitivitätsanalyse Anschlussbereitschaft/Heizölpreis

Sensitivitätsanalyse		
Heizölpreis (brutto) in EUR/Liter	50% Anschlussquote	100% Anschlussquote
80	32%	-5%
90	23%	-11%
100	15%	-16%
110	8%	-21%
120	2%	-26%
130	-4%	-29%

