

# Abschlussbericht

---

## Regenerative Energiezentrale eines mittelständischen Betriebs mittels KWKK-Anlage

Gefördert durch den  
Innovationsfonds  
Klima- und Wasserschutz

**badenova**  
*Energie. Tag für Tag*

Projektnummer: **2012-7**  
Projektträger: Innovationsfonds für  
Klima- und Wasserschutz der  
badenova AG &Co. KG  
Projektnehmer: Günter und Martin Zapf Energie GbR mbH  
Projektlaufzeit: 1/11/2011-4/2014  
Datum: 1/10/2014

1	Einführung.....	4
2	Projektbeschreibung.....	6
2.1	Projektidee	6
2.2	Herausforderungen//Chancen und Risiken des Vorhabens	6
2.3	Projektablauf und Terminplan	7
3	Projektplanung.....	9
3.1	Energiekonzept	9
3.2	Ausführungsplanung	12
4	Technische Umsetzung.....	12
4.1	Technische Daten	12
4.2	Anlagenbau	13
4.3	Schemata und Pläne	16
5	Anlagenbetrieb.....	19
5.1	Auswertung der Betriebsergebnisse	19
5.2	Aufgetretene Störungen	20
	Holzvergaser	20
	Resorptionsanlage.....	20
	Holztrocknung.....	21
	Pufferspeicher und Temperaturregler.....	21
	Lösungsansätze im Betrieb.....	22
6	Ökologischer Nutzen.....	23
6.1	Einsparung an Primärenergie	23
6.2	Reduktion der CO <sub>2</sub> -Emission	23
7	Betrachtung der Wirtschaftlichkeit.....	24
7.1	Investitionskosten	24
7.2	Betriebskosten	24
7.3	Verbesserung der Wirtschaftlichkeit	24
8	Wirkung der Umsetzung.....	25
8.1	Auswirkungen auf den zukünftigen Betrieb	25
8.2	Weiterführende, resultierende Maßnahmen	25
9	Öffentlichkeitsarbeit.....	26
9.1	Führungen und Vorträge	26
9.2	Flyer, Presse, Veröffentlichungen	27
10	Zusammenfassung/Fazit.....	29

11      Ausblick ..... 29

## 1 Einführung

Das Hofgut der Familie Zapf ist schon seit mehreren Generationen in Familienbesitz. Aus einem traditionellen Schwarzwaldhof mit Viehzucht Acker- und Waldbau, entwickelten meine Eltern in den letzten Jahrzehnten einen spezialisierten Hühnerhof mit hochwertiger Teigwarenproduktion und Hofschlachtereier. Acker- und Waldbau werden noch betrieben und sind Bestandteil der Hofphilosophie.

Unser Geflügelhof ist in der Größe und dem Umfang der wirtschaftlichen Tätigkeit in den letzten Jahrzehnten stark gewachsen. Mit dem Erkennen der doch sehr volatilen Marktsituationen und deren professionellen Umsetzung ist es gelungen ein gesundes mittelständisches Unternehmen in der Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion zu etablieren.

Hierbei hat die frühe Ausrichtung auf artgerechter Tierhaltung sehr entscheidend dazu beigetragen. Speziell in der Hühnerhaltung ist dieses Thema sehr essentiell für das erfolgreiche Agieren am Markt.

Wir halten mit unserer Erzeugergemeinschaft Zapf-Hof ca. 60.000 Legehennen und produzieren so knapp 20 Mio. Eier pro Jahr. Dabei ist der überwiegende Teil der Hühner in Freilandhaltung, bzw. wird unter Naturland - Richtlinien als Biohennen gehalten. Der Rest wird als Bodenhaltung betrieben.

Auf dem Hofgelände in Gengenbach-Schönberg besitzen wir eine der modernsten Packstellen in ganz Baden-Württemberg. Hier werden wöchentlich ca. 350.000 bis 400.000 Eier sortiert und verpackt. Die Vermarktung erfolgt regional im ganzen südbadischen Raum von Karlsruhe bis Bad Bellingen und von Kehl bis Furtwangen im Schwarzwald.

Unsere Teigwarenproduktion hat ihren Sitz ebenfalls auf dem Hofgelände in Gengenbach-Schönberg. Aus hochwertigem Hartweizengrieß und täglich frisch aufgeschlagenen Eiern stellen wir verschiedenste Sorten Nudeln und Spätzle her. Auch eine Bio-Lohnproduktion für Demeter gehört in unser Portfolio.

In der Woche produzieren wir ca. 1,5 t bis 2,0 t Spätzle frisch und trocken. Gerade die Spätzle-Produktion ist sehr energieintensiv, weil diese gekocht, pasteurisiert und gekühlt werden müssen bzw. die trockenen Spätzle nach dem Kochen aufwendig getrocknet werden. Die gleiche Menge wird auch noch als Nudeln hergestellt. Bei den Teigwaren nutzen wir die gleichen Vermarktungswege wie bei den Eiern.

Unser Strombedarf beläuft sich im Jahr auf ca. 200.000 kWh in Schönberg und einer Leistungsabnahme von ca. 90 kW. Insgesamt brauchen wir mit den angeschlossenen Hühnerställen ca. 400.000 kWh und eine Leistung von ca. 140 kW.

Der Wärmebedarf am Standort Schönberg beläuft sich momentan auf ca. 600.000 kWh geschätzt über den momentanen Hackschnitzelverbrauch von 600 m<sup>3</sup>/Jahr. Durch die durchgeführte Packstellenerweiterung hat sich dieser Bedarf nochmals erhöht.

Wir beschäftigen ca. 40 Mitarbeiter auf unserem Geflügelhof.

Unser Betrieb ist in mehrfacher Hinsicht zertifiziert:

Wir sind:

- Bio Zertifiziert (Eier und Teigwaren)
- IFS Zertifiziert International Feature Standard (Eierpackstelle)
- EU-Zertifiziert (Eiprodukte/Teigwaren)
- QZBW-Qualitätszeichen Baden-Württemberg (Eier)
- KAT Zertifiziert (Kontrollierte artgerechte Tierhaltung)

Aufgrund unserer Philosophie haben wir uns schon sehr früh mit alternativen Energiequellen auseinandergesetzt. Wir betreiben schon seit den 80er Jahren eine Hackschnitzelheizung und auch schon seit etlichen Jahren eine Photovoltaikanlage.

Unser Bestreben ist langfristig klimaneutral und regenerativ unseren Hof führen zu können. Aus diesen Gründen sollte die Energieversorgung durch regionale Energieressourcen gedeckt werden. Hier fiel schnell die Wahl auf den Energieträger Holz als Primärenergieträger. Gründe hierzu waren die eigene vorhandene Waldfläche sowie die räumlich nah vorhandenen Waldgebiete. Da der Energieträger maximal 20 km aus dem Umfeld des Geflügelhofes bezogen werden sollte.

Für die Realisierung des Projekts wurden folgende wissenschaftliche und technische Ziele definiert:

- Wärmeversorgung mit Grundlastmaschinen.
- Bestmögliche exergetische Energienutzung.
- Kälteversorgung mittels Resorptionsmaschine.
- Größtmögliche Autarke Energieversorgung, über den regionalen Energieträger Holz.
- In Zusammenarbeit mit der Hochschule Offenburg soll eine übergeordnete Regelstruktur oder Algorithmen entwickelt werden, welche einem KWKK-Verbund gerecht werden.
- Wirtschaftlicher Betrieb einer hoch Innovativen Energieversorgung.
- Erreichen einer größtmöglichen Energieautarkie.

## **2 Projektbeschreibung**

### **2.1 Projektidee**

In der Projektidee sollte die komplette Energieversorgung des Geflügelhofs Zapf mittels nachwachsender Rohstoffe aus der Region erfolgen. Hierzu sollte der bereits verwendete Energieträger Holz weiterhin genutzt werden, und auch für weitere Produktionsbereiche genutzt werden. Hierdurch entstand die Idee dies mittels Holzvergasung zu bewerkstelligen. Auch wurde in dieser Phase bereits der Entschluss gefasst, von der üblichen Lastauslegung der Wärmeversorgung abzuweichen. Hier wurden neue Wege bestritten. Dies bedeutet, dass die Verbraucher auf verschiedene Temperaturschienen angeordnet sind, um eine möglichst hohe Exergieausbeute zu gewährleisten. Hierdurch wird jede erzeugte Energie möglichst effizient genutzt ohne Heruntermischen der Temperaturen. Des Weiteren wurde die Idee soweit ausgefeilt, das durch Einsatz von Speichern auf allen Schienen Spitzen abgefangen und Tageszeitliche Unterschiede in den Wärme und Kältebedarfen ausgeglichen werden können. Hieraus sollte eine Energieversorgung entstehen, welche mit der minimalst installierten Feuerungsleistung den höchsten Nutzen erbringt. Dies wurde auch in Bezug der Laufzeiten durchgeführt, da nur durch einen möglichst konstanten Betrieb eine Wirtschaftlichkeit der Holzvergaser gegeben ist.

### **2.2 Herausforderungen//Chancen und Risiken des Vorhabens**

Die größte Herausforderung an dem Wärme und Kälte Verbund ist die Verschaltung der einzelnen Verbraucher über ein Mehrstufiges Kälte sowie Wärmenetz. Hierbei sollen Verbraucher zusammengeschalten werden, welche in Ihren Lastprofilen nicht unterschiedlicher sein können. So benötigt z.B. die Nudelproduktion schlagartig die volle Leistung dagegen sind die thermische Bodenkernaktivierung und die Gebäudeheizung eher als sehr träge Verbraucher anzusehen. Auf der Kälteschiene verhält es sich Ähnlich auch hier sind sehr schnelle und sehr träge Verbraucher am Netz angeschlossen. Da dies noch nie in einem solchem Umfang realisiert worden ist, konnte nicht auf bereits gemachte Erfahrungen zurückgegriffen werden. Knowhow und Erfahrungen müssen hier selbst erarbeitet und aufgebaut werden.

Die Wärmeversorgung mittels Grundlastmaschinen ist eine weitere Herausforderung, da die Wärmeabnahme mit zur Netzstabilität beitragen muss. Hieraus können nicht Standard Regelalgorithmen aus der Haustechnik herangezogen werden, da diese nur den Wärmeverbrauch berücksichtigen aber nicht die Wärmeerzeugung. Die Versorgung mittels Grundlastmaschinen Produziert immer eine gleichgroße Wärmemenge. Diese Wärmemenge kann nur bedingt in den Pufferspeichern gepuffert werden. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit Regelalgorithmen zu verwenden, welche die Verbraucher so in den Lastprofilen schaltet, dass eine möglichst konstante Wärmeabnahme gewährleistet ist.

Die Einbindung einer Resorptionsanlage mit Eisspeicher in den Verbund ist eine weitere Herausforderung. Hierbei ist die verwendete Technologie bereits die Herausforderung. Da diese Anlagentechnik sehr jung ist, und auch nur bisher in der

Gebäudeklimatisierung Ihren Einsatz gefunden hat. Für eine Versorgung der Kälteschiene ist es von Nöten die Kälte als latente Energie zwischen zu Speichern. Aus diesem Grund findet ein Eisspeicher im Kältenetz seinen Einsatz. Diese Eigenschaften tragen dazu bei die Wärmeabnahme über den Tag recht konstant zu halten, Da Kälteproduktion und Abnahme zeitlich unabhängig voneinander ist.

Aus diesen ganzen Eigenschaften ist die Ausarbeitung eines Regelkonzeptes, sowie dessen Umsetzung für einen reibungslosen Betrieb zwingend notwendig. Hier liegt der Größte Arbeitsaufwand, da ein solch vernetztes Verbundnetz in diesem Masse noch nicht aufgebaut worden ist, und jeder Verbraucher sowie Erzeuger Rückwirkungen auf das gesamte Netz hat. Um dies zu kompensieren, und einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten ist eine intelligente übergeordnete Steuerung von Nöten, welche nicht nur Werte einbezieht die gerade im Netz herrschen, sondern auch vorausschauend auf Änderungen im Netz reagiert.

Die Kälteversorgung mittels Resorptionskälte von Produktionsanlagen und Kühlräumen ist dies der erste Anwendungsfall. Aus diesem Grund wird hier Neuland betreten. Jedoch ist nur mit dieser Technik es möglich auf moderaten Vorlauf-temperaturen und auch im Sommerbetrieb erreichbare Rückkühltemperaturen Kälte auf  $-5\text{ °C}$  zu erzeugen. Jede andere Technologie benötigt entweder weitaus höhere Vorlauf-temperaturen, welche nicht zur Verfügung stehen, oder sind in der Anlagengröße in diesem Leistungsbereich nicht verfügbar. Für den Betrieb des mehrstufigen Wärme-netzes ist diese Anlage jedoch ein sehr wichtige Teilkomponente, da in Kombination mit einem Eisspeicher erhebliche Wärmemengen in Kälte umgewandelt werden können, und als latente Kälte für das Kältenetz zwischengespeichert werden können.

### 2.3 Projektablauf und Terminplan

Für die Terminplanung wurde das gesamte Projekt in 3 Unterschritte unterteilt. Dies wurde notwendig aus der Komplexität des gesamten Unterfangens. Grund war auch die Durchführung dieser Maßnahmen während des laufenden Produktionsbetriebes. Welcher unter keinen Umständen gefährdet oder unterbrochen werden durfte. In Stufe 1 wurden von der Konzepterstellung bis zur Inbetriebnahme (IBN) und der Versorgung des bestehenden Wärmesystems alle Schritte aufgenommen. Hierbei wurde die bestehende Wärmeversorgung nicht angetastet. Erst nach erfolgreicher IBN und Erreichen aller erforderlichen Parameter sollte die Umstellung erfolgen. Grund hierfür war die Tatsache, dass die neue Energieversorgung während dem laufenden Produktionsprozess aufgebaut wurde. Um die Produktion während der IBN möglichst wenig zu beeinflussen sollte erst nach erfolgreicher IBN, und Erreichen aller Parameter, die vollständige Umstellung erfolgen.

**Tabelle 1 : Arbeitsschritte Stufe 1**

Stufe 1
Konzepterstellung
Berechnung

<b>Angebotsanfrage Ausarbeitung</b>
<b>Bestellung</b>
<b>Beginn Baumaßnahmen</b>
<b>Aufstellen Installation</b>
<b>Vergaser BHKW</b>
<b>HG Lager Fördertechnik/ Trocknung</b>
<b>Puffer, Verrohrung</b>
<b>Inbetriebnahme (IBN)</b>
<b>Optimierung</b>

In Stufe 2 sollten alle Baulichen Maßnahmen erfolgen, welche mit neuer Technik erfolgten und das Komplette Kältesystem.

**Tabelle 2 Arbeitsschritte Stufe 2**

<b>Stufe 2</b>
<b>Bestellung Kältemaschine/ Eisspeicher</b>
<b>Installation</b>
<b>Inbetriebnahme (IBN)</b>
<b>Anschließen Kälteverbraucher</b>
<b>Installation 110°C Schiene</b>
<b>Optimierung</b>

In Stufe 3 sind hauptsächlich die Arbeiten der Hochschule Offenburg untergebracht, da diese ein funktionsfähiges Netz zur Voraussetzung hat.

**Tabelle 3 Arbeitsschritte Stufe 3**

<b>Stufe 3</b>
<b>Datenerfassung</b>
<b>Puffergrößen Optimierung Software</b>
<b>Puffergrößen Optimierung Bauteile</b>

Die Optimierung der Puffergröße hat sich nicht als notwendig erwiesen. Die Datenerfassung der Hochschule Offenburg ist momentan in vollem Betrieb. Hierbei werden alle Verbräuche der Wärme- Kälte- sowie Stromschiene ermittelt. Die Datenerfassung aller elektrischen Verbraucher mit einer Anschlussleistung grösser 1.5 kW über ein Wochenprofil ist abgeschlossen.

### 3 Projektplanung

Die Projektplanung wurde von Dipl.-Ing. Günter Zapf übernommen. Hierbei konnte oft nicht auf Standartwissen zurückgegriffen werden, da so ein Netzverbund noch nie aufgebaut worden ist, und keine Erfahrungen diesbezüglich vorhanden waren. Alle Abstimmungen, Regelgrößen sowie Regelkonzept mussten selbst entwickelt werden, da bei den beteiligten Firmen kein Knowhow vorhanden war. Dennoch wurde möglichst viel Standarttechnik eingesetzt um auch im Betrieb und Wartung möglichst eine hohe Flexibilität zu erhalten. Bereits in der Planungsphase wurde bewusst auf Standard Heizungsverteiler in den Produktionslinien verzichtet. Es sollten alle Energieerzeuger und Einzelstränge der Wärmeverbraucher direkt auf die Puffer geführt werden. Hiermit sollten bereits in der Planung Fehlzirkulation vermieden, sowie ein sauberer, hydraulischer Aufbau gewährleistet werden. Lediglich auf der 70°C Schiene wurde ein Heizungsverteiler montiert. Aus diesen Überlegungen wurde die erste Idee der neuen Wärmeversorgung als Fließschema zu Papier gebracht. Die Stufung der Heizkreise wurde bereits durch die benötigten Vorlauftemperaturen der einzelnen Prozesse benötigt.

Die gesamte Planung wurde in folgende Gewerke aufgeteilt.

- Förderung, Lagerung und Trocknung des Hackgutes
- Holzvergaser und BHKW
- Puffer und Wärmeverteilung
- Kältekreis mit Resorptionsanlage mit Eisspeicher und Rückkühlkreislauf
- Neue Elektrische Anbindung des Hofes an das öffentliche Netz

#### 3.1 Energiekonzept

Für das Energiekonzept musste sehr viel Ingenieurwissen und Erfahrung eingebracht werden. Da hier nicht die klassische Vorgehensweise anzuwenden war. Hier wurde so vorgegangen, dass mit einer vorgegebenen Energiemenge der Energiebedarf in allen Bereichen gedeckt werden kann. Im Gegensatz zur klassischen Auslegung wurde hier die Vorgehensweise herumgedreht. Da mit einer vorgegebenen Energiemenge der größtmögliche Nutzungsgrad erreicht werden sollte, musste in vielen Bereichen auch unkonventionelle Wege beschritten werden. Dies stellte sich gerade in Bezug auf die Versorgung von Produktionsprozessen als nicht einfach heraus. Des Weiteren sollte die erzeugte Energie möglichst effizient genutzt werden. Aus diesem Grund wurde ein gestuftes Wärmenetz entwickelt, welches die Verbraucher auf das benötigte Wärmeniveau verteilte. Hier wurde die Notwendigkeit der durch die Einzelprozesse vorgegebenen Vorlauftemperaturen zum Vorteil genutzt, da hierdurch der größtmögliche Exergetische Nutzen gezogen werden kann. Dies Beruht darauf, dass keine Absenkung durch Heruntermischung von Vorlauftemperaturen erfolgt. Der einzige Verbraucher bei dem eine solche

Heruntermischung erfolgt, ist die thermische Bodenkernaktivierung der neuen Lagerhalle, da für einen einzigen Verbraucher die Errichtung einer separaten Temperaturschiene installationstechnisch und wirtschaftlich keinen Sinn macht. Die gleiche Vorgehensweise wurde bei der Kälteversorgung getroffen.

Herausforderung war hier die Vielzahl an unterschiedlichen Verbrauchern. Diese unterscheiden sich extrem in der zeitlichen Wärmebereitstellung, Vorlauftemperaturen sowie in Ihrem Regelverhalten. Hierdurch wurden die Verbraucher bei der Aufteilung auf die einzelnen Schienen nach Prioritäten unterteilt. Somit sollte die Versorgungssicherheit der sensiblen Verbraucher gewährleistet werden, auch bei Ausfall von einer oder mehreren Maschinen.

Da durch die intelligente Aufteilung schon alleine durch den Netzaufbau die kritischen Verbraucher immer Vorrang genießen. Hierdurch sollte schon in der Planung einer unnötigen komplexen übergeordneten Steuerung entgegengewirkt werden. Hier wurde besonders auf den Punkt Versorgungssicherheit sehr viel Wert gelegt. Es sollte auch bei dem Konzept möglichst viel Sicherheit bereits mit dem Anlagenaufbau abgedeckt werden. Aus diesen Gründen und Überlegungen wurde folgendes Schema und Konzept entwickelt.



**Abbildung 1: Druckwasser beheiztes Kochbad zur Spätzle und Maultaschenproduktion**

Es wurde ein Berechnungstool entwickelt, um die Wärme- und Kälteströme im Extremfall zu berechnen. Dies wurde nötig, da alle Schienen hydraulisch miteinander gekoppelt sind, und die Rückläufe der oberen Schienen gleichzeitig auch Vorlauf der darunter gelegenen ist. Hierdurch kann es in bestimmten Betriebszuständen zum aufaddieren der Energieströme kommen. Hier kann es auch im Extremfall zeitlich begrenzt zu höheren Energieströmen kommen als die Erzeugung in der Lage ist. Für die exakte Pufferauslegung und Messtechnikanfrage waren diese Berechnungen unabdingbar, gerade auch in Bezug auf eine saubere hydraulische Auslegung. mittels dieser Berechnung kann ein maximaler Lastgang für jede Temperaturschiene über den Zeitraum einer Woche erstellt werden. Mit Berücksichtigung der unterschiedlichen Produktionsprozesse. Hierbei wurden alle Wärmeabnehmer größer 5 kW berücksichtigt, und den einzelnen Kreisläufen zugeordnet.

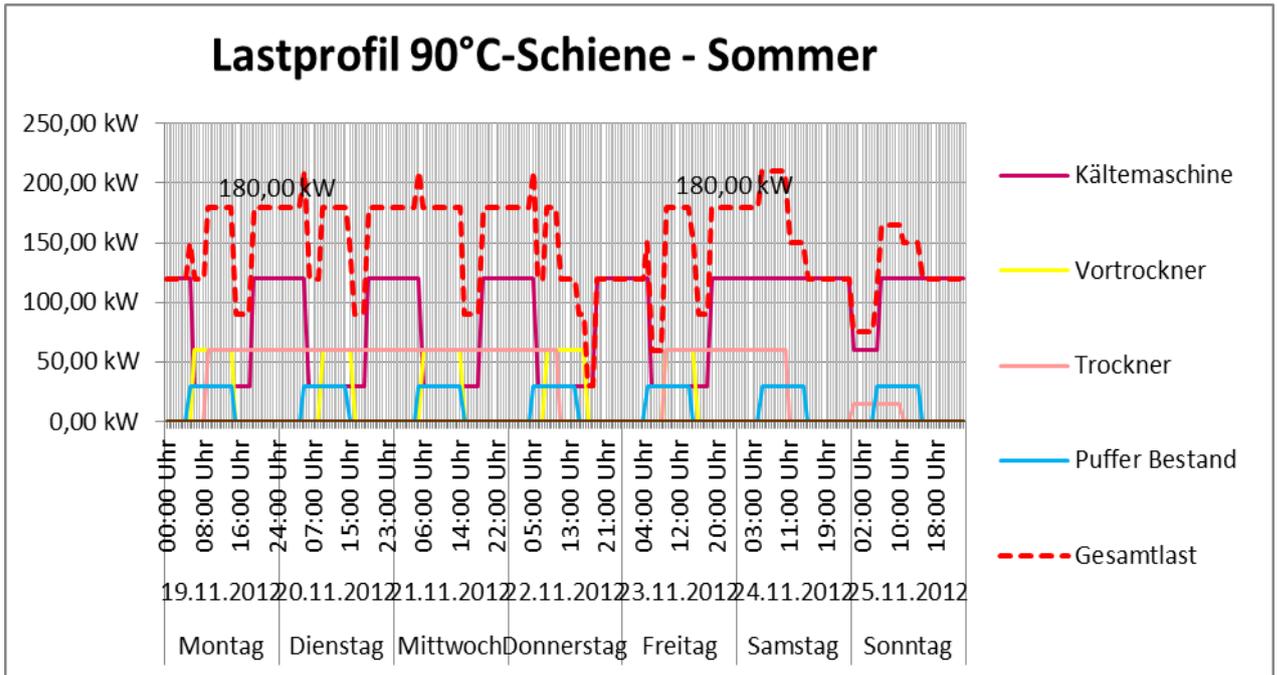


Abbildung 2: Beispiel des abgeschätzten Lastganges über eine Woche im Sommerfall der 90°C Schiene

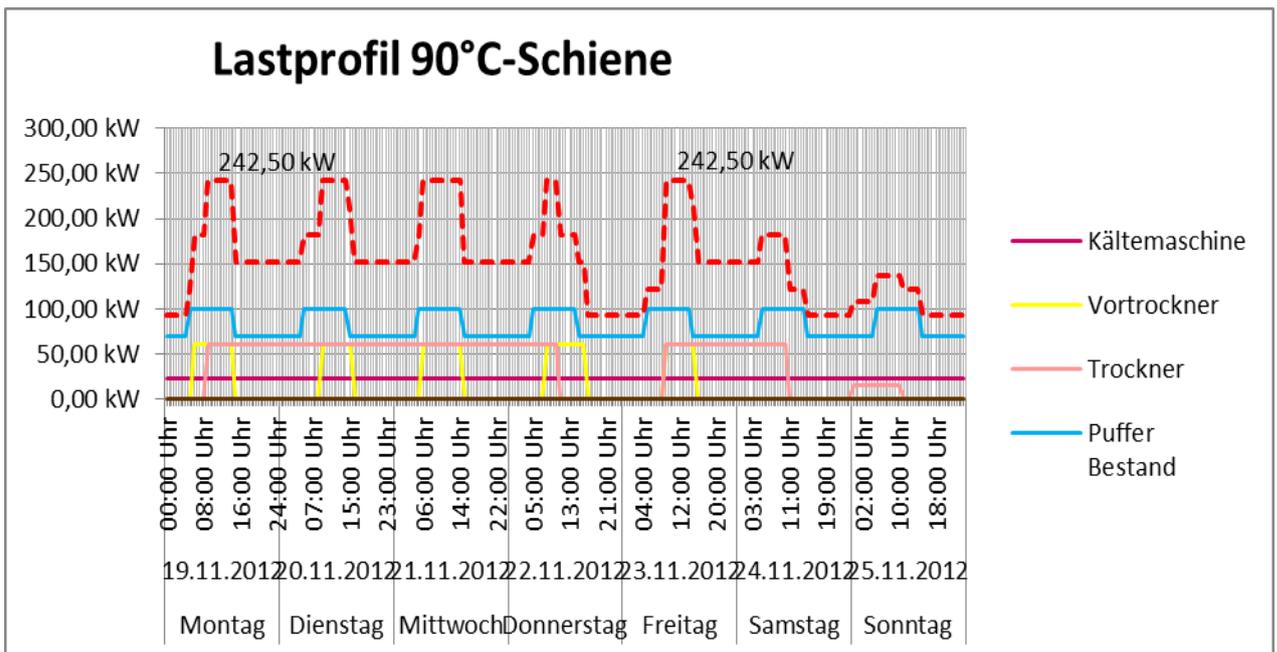


Abbildung 3: Beispiel des abgeschätzten Lastganges über eine Woche im Winterfall der 90°C Schiene

### 3.2 Ausführungsplanung

Die Ausführungsplanung wurde nicht so genau in Pläne gefasst. Grund hierzu war die Tatsache, dass Herr Günter Zapf während der gesamten Bauphase vor Ort sein musste. Hierdurch konnte viel auch mündlich den Handwerkern mitgeteilt werden. Auch sind die mitarbeitenden Firmen mit einer so genau ausgearbeiteten Planungsvorgabe in der Regel nicht vertraut, und dies hätte zu Komplikationen geführt. Auch zeigte sich das während der Bauphase und IBN mehrere Änderungen am Netz vollzogen werden musste, da vorgegebene Parameter und Leistungen von Zulieferern nicht eingehalten wurden und auch keine Lösung vorhanden war oder angeboten wurde. Aus diesen Gründen wurden Änderungen zwar im P&ID vermerkt, es wurden aber keine exakten Rohrführungspläne oder ähnliches erstellt.

## 4 Technische Umsetzung

Bei der Installation war für die korrekte Umsetzung der Planung eine erhöhte Bauaufsicht von Nöten. Dies bedeutete dass bei allen Baulichen Maßnahmen der Planer vor Ort sein musste, um schnell auf auftretende Fragen zu reagieren und den Handwerkern Auskunft zu geben. Dies war besonders in dem komplexen Wärme und Kältenetz von Bedeutung. Da es sich zeigte, dass die Netzstruktur weit über den Anforderungen eines normal Heizungsbaus hinaus ragt, und gerade hier immer wieder den ausführenden Handwerkern mit Rat und Tat beigestanden werden musste. Ansonsten wurde darauf geachtet, dass möglichst viele Standardkomponenten zum Einsatz kommen. Bei der Pufferauslegung musste mehr dem zur Verfügung stehenden Platz berücksichtigt werden. Hierdurch wurden die Puffergrößen mehr vom Kippmaß beeinflusst als von der angestrebten Puffergröße.

### 4.1 Technische Daten

Stromerzeugung gesamt installiert	135 kW
Wärme Vergaser/BHKW	315 kW
Backup-Heizung Bestand	130 kW
Kältemaschine Resorptionsanlage	80 kW bei -5 °C
Wärmenetztemperaturen	110 °C/ 90 °C/ 70 °C, Vorlauftemperaturen 50 °C, niedrigste Rücklauftemperatur
Puffer 110 °C Schiene	5330 l
Puffer 90 °C Schiene	11500 l
Puffer 70 °C Schiene	7980 l
Kältenetz:	6 °C/12 °C Raumklimatisierung -1° bis 6°C Rücklauf Kühlräume/ Vorlauf für Klimatisierung 5 °C Vorlauf Kühlräume
Eisspeicher	680 kWh latente Kälte

## 4.2 Anlagenbau



Abbildung 4 Raum mit Holzvergäsern und BHKW's

Die Holzvergäser und BHKW's wurden als Einzelanlagen aufgebaut. Dies bedeutet, dass jeder Holzvergäser fest mit einem BHKW verbunden ist. Die Verschaltung zu einer Verbundanlage erfolgt erst bei den Wärmeströmen über die Pufferspeicher. Dieser Aufbau wurde gewählt, um so gering wie möglich von dem Standardprodukt abzuweichen, und Eigenentwicklungen in diesem Bereich so gering wie möglich zu halten.

Die Resorptionsanlage wurde bei der Firma Fischer in Achern gefertigt. Hier kann nur gesagt werden, dass die Verarbeitung und Ausführung Industriequalität entspricht.

Hier müssen aber noch aufgetreten Mängel behoben werden. Dies betrifft nicht die Ausführungsarbeiten der Firma Fischer, sondern Behälter, welche strömungstechnisch ungünstig konstruiert worden sind zu ersetzen, sowie steuer- und regelungstechnische Anpassungen müssen gemacht werden. Auch zeigt sich nach dem Umbau, welche Messwertaufnehmer ersetzt werden müssen.

Es konnte auch in der IBN deutlich tiefere Temperaturen gefahren werden als vom Hersteller garantiert. Dies konnte trotz einigen Mängeln in der Behälterauslegung erreicht werden. Hieraus wird erwartet, dass nach Umbau der Maschine ein weitaus besserer Betrieb zu erwarten ist, als anfangs gerechnet wurde.

Das Rohrnetz wurde von der Firma Ketterer Heizungsbau übernommen. Hier wurden alle Anforderungen aus der Planung ohne Mängel aufgebaut. Auch bei Änderungen während der IBN Phase konnte hier auf einen kompetenten Partner

jederzeit zurückgegriffen werden. Selbst der Aufbau des Kältenetzes, welches nicht ganz klassisch in den Arbeitsbereich der Firma fiel, wurde ohne Probleme errichtet.



Abbildung 5: Resorptionsanlage während der Montage ohne Dämmung

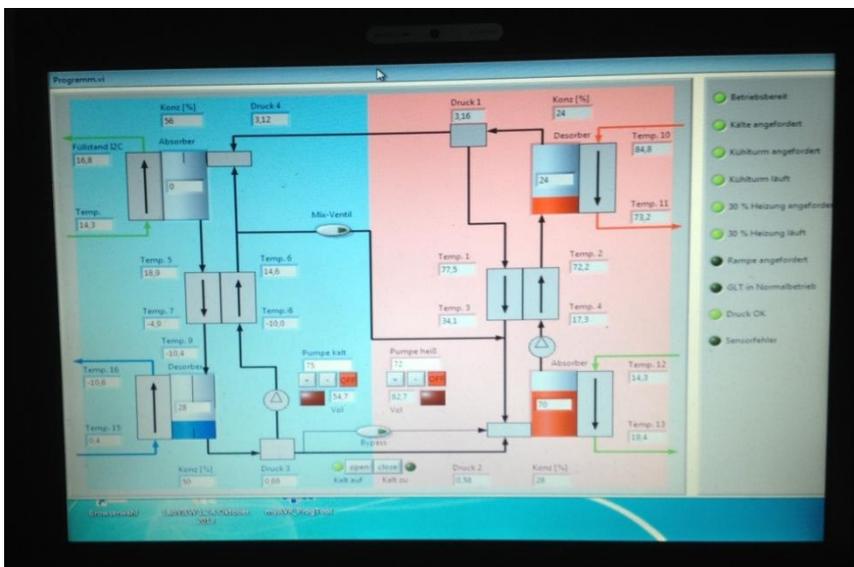


Abbildung 6: Prozessbild der Resorptionsanlage während der Inbetriebnahme



**Abbildung 7 Pufferraum während der Dämmarbeiten**

Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit der Holz Trocknung in den Bunkersilos, wurde aus Gründen der Kontrollfähigkeit auf eine Containertrocknung umgeschwenkt. Hieraus ergab sich auch die positive Nebenwirkung, dass der Bunkerraum für die Bevorratung verdoppelt werden konnte. Und die Austragungstechnik nun redundant arbeitet. Auch wirkte sich die Anschaffung eines Hakenlifters mit Trocknungscontainer positiv auf die Brennstofflogistik aus.



**Abbildung 8: Neu errichtete Containertrocknung**

Im Zuge der Hoferweiterung wurde auch der gesamte Netzanschluss an das öffentliche Netz sowie die elektrische Energieverteilung neu aufgebaut. Hier wurde im Vorfeld bereits eine Netzparallele betriebsweise berücksichtigt.



Abbildung 9: Neue Stromverteilung der Energiezentrale des gesamten Hofes

### 4.3 Schemata und Pläne

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass der Verteiler in der 90 °C Schiene der Abbildung 10 nur aus Darstellungsgründen gezeichnet ist. An dieser Stelle ist kein Verteiler eingebaut oder jemals geplant gewesen. Auch wäre dies aus baulichen und räumlichen Gründen gar nicht realisierbar. Auch sind in diesem Entwurf noch Sicherheiten eingebaut, welche sich in den folgenden Planungsschritten als überflüssig zeigten, und aus diesem Grund nicht installiert worden sind.

Mittels der Gedanken aus der Projektidee und den Anforderungen aus dem Energiekonzept wurden die Planungen soweit verfeinert, dass zuletzt das Fließschema aus Abbildung 11 entwickelt wurde. Die Pläne für die einzelnen Bereiche sowie die dazugehörigen Berechnungen werden an dieser Stelle nicht aufgeführt, da diese den Rahmen dieses Berichtes sprengen würden. Hiermit soll nur die Komplexität des Netzes dargestellt werden. Auch soll durch Abbildung 12 der abweichende Aufbau zu einem klassischen Wärmenetz gezeigt werden. Obwohl viele Einzelkreise als vergleichbar angesehen werden können, muss für das gesamte Wärme- und Kälteversorgungsnetz die Betrachtung differenzierter erfolgen.

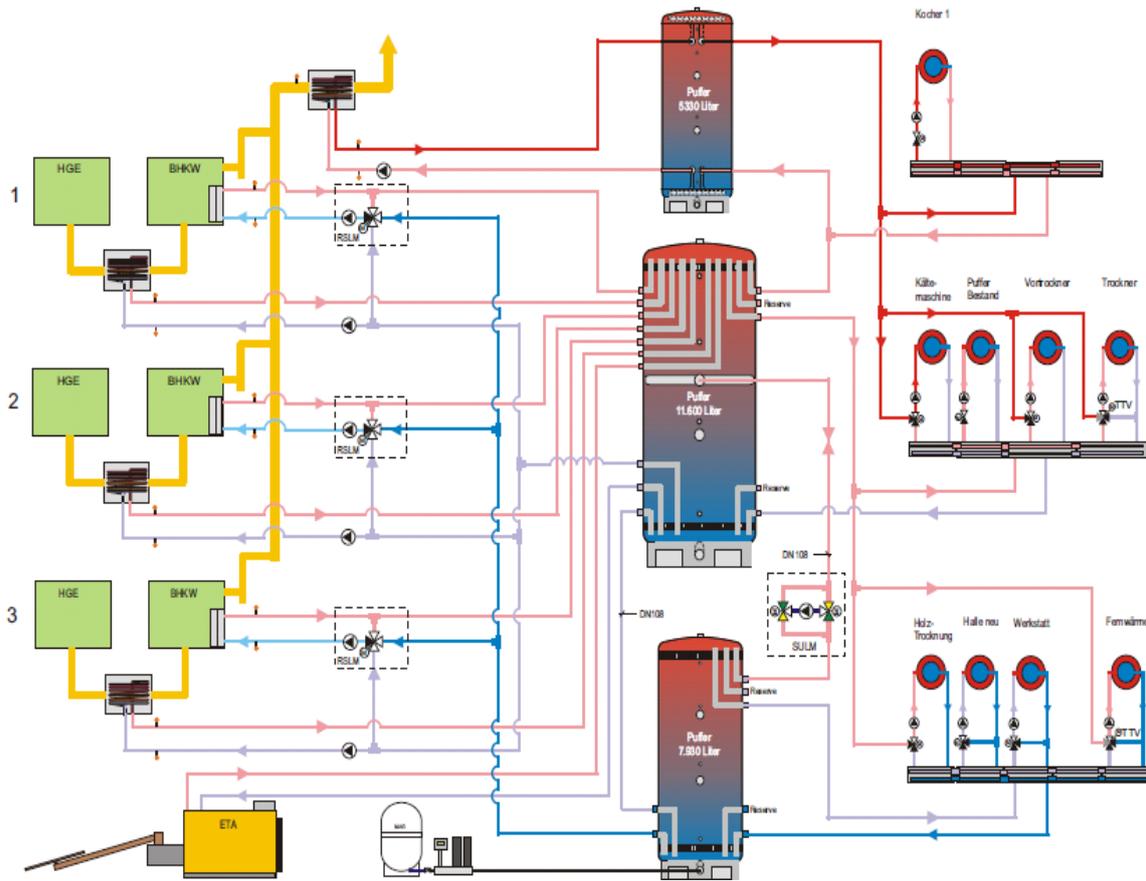


Abbildung 10: Erster Planungsentwurf des Wärmenetzes

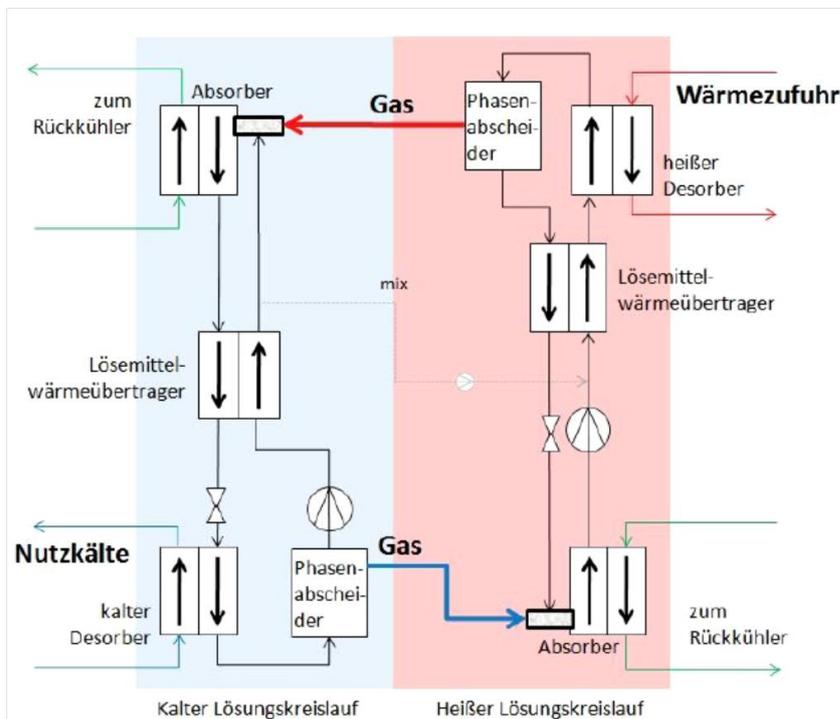


Abbildung 11: Funktionsschema der Resorptionskältemaschine

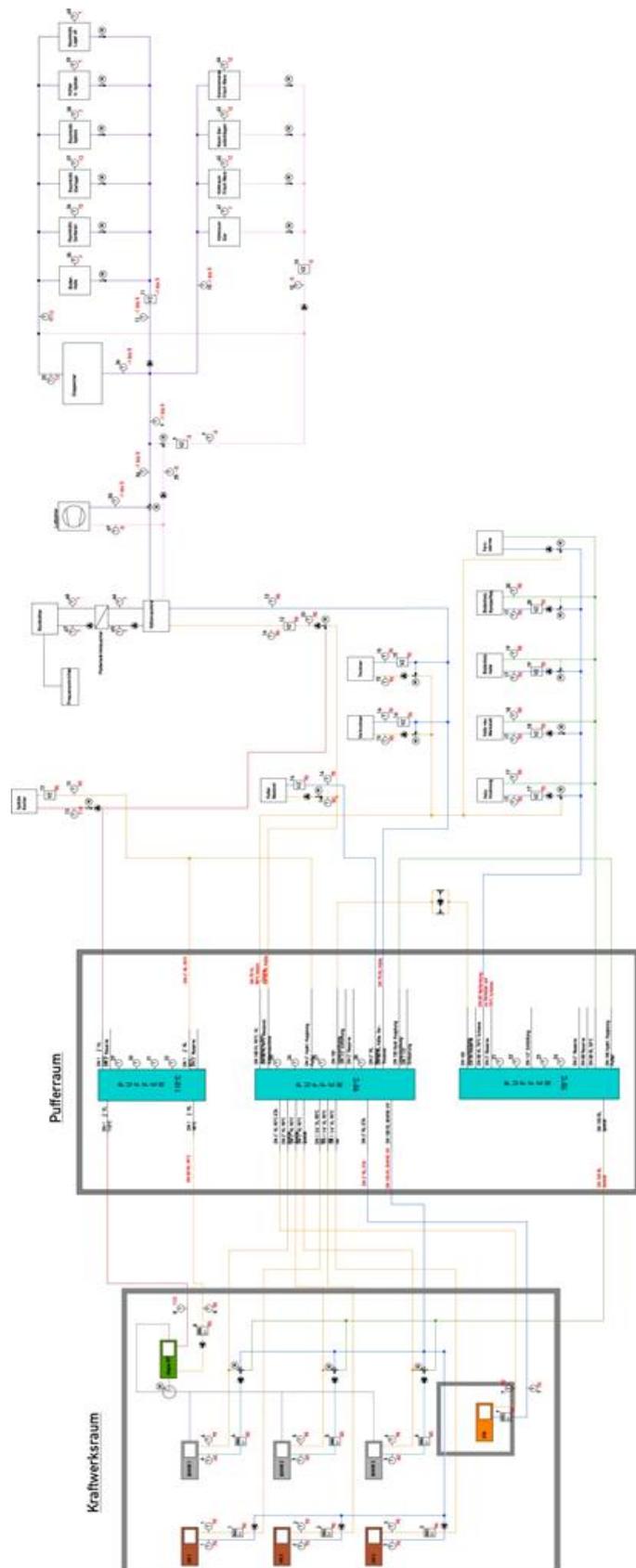


Abbildung 12: Ausgearbeitetes Fließschema der Wärme- und Kälteverteilung

## 5 Anlagenbetrieb

### 5.1 Auswertung der Betriebsergebnisse

Nach erheblichen Anfangsproblemen konnte momentan ein zufriedenstellender Betrieb erzielt werden. Hierbei war anfangs das größte Problem, dass die Anlagen weit mehr Energie lieferten als vom Hersteller angegeben. Dies kann man auf die guten Brennstoffeigenschaften in der Region zurückführen. Hier musste viel Arbeit investiert werden, um die Regelparameter richtig einzustellen, damit die Anlagen nicht bis zu 130 % ihrer Nennlast betrieben wurden. Auch stellten die geforderten Vorlauftemperaturen eine Herausforderung dar. Dies konnte aber mit sehr viel Eigenwissen realisiert werden, und kann im Dauerbetrieb mittlerweile ohne Problem gewährleistet werden.

Das gestufte Wärmekonzept kann als voller Erfolg verzeichnet werden. Hier hat sich der konsequente Aufbau in Bezug auf die Hydraulik als sehr positiv herausgestellt. Es konnten keine Fehlzirkulation trotz komplexem Aufbau festgestellt werden. Dies bezieht sich auf der Wärme als auch auf den Kältekreis.

Durch verbesserte Einstellungen konnte auch der Brennstoffausnutzungsgrad erhöht werden. Dies zeigt die Kurzanalyse des Reststoffes aus den Holzvergasern, hier liegt der Wert für den Restkohlenstoff üblicherweise bei der verwendeten Technik bei 75 % und höher. Dieser Wert konnte durch geschickte Parameterwahl auf 65 % in der anfallenden Masse reduziert werden.

**Tabelle 4: Kurzanalyse der Reststoffanteile im Gas**

#### Kurzanalyse

H <sub>2</sub> O	ma-%	4,56	-	-
Flüchtige	ma-%			
Asche bei 650 °C	ma-%	25,40	26,62	-
Fixed-C	ma-%			

#### Elementaranalyse

C	ma-%	65,70	68,84	93,81
H	ma-%	0,08	0,09	0,12
N	ma-%	0,43	0,45	0,62
S	ma-%	0,27	0,28	0,39
O	ma-%	3,55	3,72	5,07

#### Heiz-/Brennwertanalyse nach DIN 51900-1

H <sub>o</sub>	kJ/kg	15710,47	16461,10	22432,16
H <sub>u</sub>	kJ/kg	15578,71	16323,16	22244,19

Aus dieser Untersuchung zeigt sich jedoch deutlich das Potential welches in dem Reststoff noch vorhanden ist, da trotz hoher Umsetzungsrate dieser noch einen Brennwert wie Holz aufweist.

## 5.2 Aufgetretene Störungen

### Holzvergaser

Bei der Holzvergasung gab es anfangs Probleme in der IBN Phase. Da die Anlagen als Einzelanlagen gefertigt sind, und nicht für ein Verbundsystem gebaut. Dies konnte aber schnell über die übergeordnete Regelung behoben werden. Diese Probleme mussten erst bei der IBN erkannt werden, da diese im Vorfeld nicht auffindbar waren.

Weitere Probleme wurden durch die inhomogene Holzfeuchte des Brennstoffes hervorgerufen. Nach Umstellung auf ein anderes Trocknungsverfahren zeigten sich die damit einhergehenden Probleme im Vergasungsprozess nicht mehr.

### BHKW

Bei den BHKW traten sehr schnell Motorschäden auf, welche auf die Geforderten Temperaturen und zu hohe Motorleistungen zurückzuführen ist. Auch muss an dieser Stelle betont werden, das Holzgas in seiner Zusammensetzung sehr starken Schwankungen unterworfen ist. Was für einen Konstanten Betrieb nicht förderlich ist, da die Verwendeten Motoren keine Leistungsregelung aufweisen.

### Resorptionsanlage

Das größte Problem bei der Resorptionsanlage ist die Insolvenz der Herstellerfirma Makatec. Durch die Insolvenz ist hier kein Zugriff auf Ersatzteile mehr möglich. Hauptproblem im Aufbau sind Druckschwankungen innerhalb der Anlage, welche auf ungünstige Formen der Behälter und schlechte Gaseindüsung zurückzuführen ist. Hier ist ein Umbau der Anlage bereits in Planung. Die Steuerung ist ein weiteres Problem der Anlage. Hier wurde ein Microcontrollerboard verwendet, sowie eigenentwickelte Füllstandsensoren. Auch muss die Zuverlässigkeit des Controllers angemerkt werden, da sich dieser immer wieder aufhängt und die Anlage dann in sehr kritischen Zuständen betreibt. Für diesen Arbeitsbereich wurde bereits Kontakt mit der TU Dresden aufgenommen, welche selber eine Forschungsanlage besitzt. Hier sollen Erfahrungen ausgetauscht werden, sowie Lösungen erarbeitet.

## Holztrocknung

Es zeigte sich das durch Entmischung des Hackgutes keine konstante Holzfeuchte innerhalb des Silos einstellte. Hier hätte eine mechanische Lösung am Abwurf in die Silos Abhilfe geschaffen. Es wurde aber auf eine Containertrocknung umgestellt. Die Gründe waren erprobte Technik, Redundanz in der Lagertechnik, und eine Zwischenkontrolle des Hackgutes. Gerade die Zwischenkontrolle erwies sich im nach hinein als sehr praktikabel, da nur noch Brennstoff mit den benötigten Brennstoffparametern eingelagert wird. Auch konnte so die Bevorratung im Volumen verdoppelt werden. Gerade dieser Punkt ist in Bezug auf die übergeordnete Steuerung von Vorteil, sowie der Brennstoffversorgung in den Wintermonaten. Dies führt letztendlich wiederum zu einer erhöhten Verfügbarkeit sowie Ausfallsicherheit in Bezug auf den Brennstoff.

## Pufferspeicher und Temperaturregler

Bei den Pufferspeichern war in der ersten Planung noch eine Umschichtung von den 90°C Puffer in den 70°C Puffer geplant. Durch die Insolvenz der Firma EnergieControll konnte diese aber nicht mehr installiert werden, da die Umschichtregelung nicht mehr geliefert werden konnte. Aus diesem Grund wurde auf die Umschichtung komplett verzichtet. Bei den Reglern für die BHKW's verhielt es sich ähnlich. Hier musste im Betrieb festgestellt werden, dass die Regler in der Startphase zu schnell und im Betrieb zu langsam reagierten. Ein Aufschwingen der Regler konnte nicht durch Einstellung der PID Werte verhindert werden. Aus diesem Grund wurden diese Regler auch über die übergeordnete Steuerung realisiert.



Abbildung 13: 4-Wege-Mischer mit Regeleinheit

In Abbildung 13 ist der 4-Wegemischer zur konstante Haltung der Motortemperatur sowie Vorlauftemperatur abgebildet. Auch diese Komponente musste selbst entwickelt werden, da die üblichen Pumpenregelungen von BHKW's nicht den Anforderungen für eine Produktion genügen. Durch die Eigenentwicklung war auch der Einsatz von geregelten Pumpen machbar. Hiermit konnte nicht nur eine

konstante Vorlauftemperatur, sondern auch noch eine energieeffiziente Pumpenregelung installiert werden.

### **Lösungsansätze im Betrieb**

Bei den Lösungsansätzen soll die Lebenszeit erhöht werden, sowie das Phänomen der Ascheselbstentzündung entgegengewirkt werden. Es gibt auch Überlegungen mehrere Bauteile durch temperaturbeständige Stähle zu ersetzen. Die fehlende Abstimmung des Anlagenverbundes wird mittels der übergeordneten Steuerung übernommen. Die gelieferten Zusatzschränke werden auch sukzessiv ausgetauscht, und die Steuerung wird auch mittels der übergeordneten Steuerung realisiert. Hierdurch kann die Verfügbarkeit weiter erhöht werden, da Störungen in der Zuführung und des Abtransportes der Anlagen nicht erkannt werden. Auch sollen bereits aufgetretene, durch nicht rückgemeldete Störungen an Antriebsmotoren, Schäden an der Technik vermieden werden, indem diese Signale mittels der übergeordneten Steuerung verarbeitet werden. An Holzvergasern wurden schon einige kleine Verbesserungen vorgenommen. Momentan ist ein eigenentwickelter Reformerröster in der Versuchsphase.

Bei den BHKW's wurden bereits andere Zündkerzen mit Erfolg getestet. Hier konnte ein besseres Zünden des Holzgases festgestellt werden, sowie waren Ablagerungen an den Zündkerzen deutlich geringer, und die Lebenszeit der getesteten Zündkerzen ist bedeutend höher als die vom Hersteller verwendeten. Auch ist die Umrüstung der Motoren auf Holzgas in Arbeit. Gerade hier besteht großes Potential, da lediglich die Ventilsitze und Zündung auf Holzgas oder Gasbetrieb umgebaut sind. Die Rumpfsektion des Motors ist immer noch ein Motor welcher auf Benzinbetrieb gebaut ist. Durch weitere Optimierung des Holzgases soll die Eignung des Gases für einen Einsatz in einer Kolbenmaschine verbessert werden. Hierzu sind vor allem Zündeigenschaft und Flammgeschwindigkeit im Focus. Durch diese Maßnahmen soll langfristig auf den Einsatz von Turboladern verzichtet werden können. Da die verwendeten Motoren Saugmotoren sind, sind diese für einen Turbobetrieb nicht geeignet. Dies zeigt sich deutlich in den unterschiedlichen Lebenszeiten der 30 kW Anlagen zu den 45 kW Anlagen.

## 6 Ökologischer Nutzen

Durch den Einsatz eines regionalen Energieträgers werden die Umweltbelastungen durch den Transport möglichst gering gehalten. Auch wird durch den Einsatz der Resorptionskälte der benötigte Stromverbrauch gesenkt. Durch den Einsatz von Waldhackgut wird ein Energieträger genutzt, welcher nicht in direkter Konkurrenz mit anderen Wertschöpfungsprozessen steht. Der Flüssiggasverbrauch konnte auch auf ein Minimum reduziert werden. Die Gasbrenner wurden nur als Notsystem beibehalten, um bei Störungen die Produktionsprozesse aufrecht zu halten. Durch die Summierung dieser Punkte ist es möglich den gesamten Energieverbrauch des Hofes komplett mittels dem Regionalen Energieträger Holz zu decken. Auch konnte der Stromverbrauch gesenkt werden, somit wird ein Überschuss an Strom um den Faktor 3 produziert, welcher in das öffentliche Netz eingespeist wird.

### 6.1 Einsparung an Primärenergie

Die Einsparung an Primärenergie kann momentan nicht genau beziffert werden, da zur gleichen Zeit wie der Aufbau erfolgte, auch eine Erweiterung der Produktion einherging. Es ist nur durch die Messkampanien der Hochschule Offenburg und die Abrechnungen der Energieversorger deutlich zu erkennen, dass der Energieverbrauch von Strom und Gas trotz erhöhter Produktion und neuen Produktionseinheiten sich deutlich verringert hat. Eine genaue Bilanzierung ist erst nach der genauen Auswertung der Messdaten möglich.

### 6.2 Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emission

Auch hier kann keine genaue Aussage getroffen werden. Schon bereits vor der Projektphase bezog der Geflügelhof Zapf biogenen Strom, somit war bereits die Stromversorgung CO<sub>2</sub>-neutral. Hier kann nur der Verbrauch an Gas herangezogen werden. Da in den Produktionsbereichen in denen überhaupt Gas Verwendung fand auch die Produktionsmenge sich erhöhte kann hier kein vorher nachher Effekt genau aufgezeigt werden. Momentan sind die Gasbrenner noch als Notsystem installiert. Langfristig soll der Anlagenbetrieb so stabil gestaltet werden, dass auf den Energieträger Gas total verzichtet werden kann. Zu diesem Zeitpunkt versorgt sich der Geflügelhof Zapf zu 100 % mit eigener Energie aus der Region mittels des Energieträgers Holz. Rein Bilanzell gesehen deckt der Geflügelhof sich bereits jetzt weit über 100% seines Energiebedarfes aus dem Installierten Maschinen.

## **7 Betrachtung der Wirtschaftlichkeit**

### **7.1 Investitionskosten**

In der Kostenaufstellung für 2014 wurden die Kosten für die Messtechnik der Resorptionsanlage bzw. die damit einhergehenden Personalkosten und Umbaukosten abgeschätzt. Hier liegen momentan nur in Teilgewerken Vorab Angebote vor. Der Forschungsauftrag mit der Hochschule Offenburg wurde auch mit Absprache der Hochschule Offenburg und dem Innovationsfonds der Badenova aus der Finanzierung genommen. Diese Kosten werden über andere Forschungsvorhaben gedeckt. Durch den hohen Innovationcharakter sind auch viele Nachträgliche Investitionen von Nöten gewesen, welche im Vorfeld nicht abzuschätzen waren. Auch wurde durch die Versorgung einer Produktion sehr hohe Ansprüche an die Technik gestellt, welche nur bedingt von den Standardprodukten erreicht wurden. Dies alles führte zu sehr vielen Nachbesserungen in der Anlagen und Steuerungstechnik.

### **7.2 Betriebskosten**

Die Betriebskosten sind momentan höher als in der Kalkulation erwartet. Grund hierfür ist die Abweichung von dem Standardprodukt. Hierdurch wurden viele Schäden verursacht. Gerade hierzu sind sehr frühe Motorschäden zu erwähnen. Auch mussten viele Bestandteile im System erneuert oder so umgebaut werden damit ein reibungsloser Betrieb gewährleistet werden konnte. Aus diesen Gründen sind die momentan anfallenden Betriebskosten noch nicht repräsentativ und können nicht auf andere Vergasungsanlagen oder Systeme übertragend werden.

### **7.3 Verbesserung der Wirtschaftlichkeit**

Hier sind schon einige Ideen in der Erprobungsphase. Hauptaugenmerk liegt hier auf Erhöhung des Vergasungswirkungsgrades sowie einer besseren Brennstoffausnutzung. Des Weiteren ist angedacht die Gasqualität zu verbessern. Da Holzgas in seinen physikalischen Eigenschaften zur Nutzung in einer Kolbenverbrennungsmaschine nur bedingt geeignet ist. Hier ist ein großes Potential zur Effizienzsteigerung vorhanden. Was auch zur Verlängerung der Lebenszeit der eingesetzten Motoren führen würde, da die Motoreinstellung so geändert werden könnte, dass diese weniger Verschleiß unterliegen. Aus diesen Faktoren soll am Ende eine erhöhte Verfügbarkeit erzielt werden, und der Einsatz des Energieträgers Holz gesenkt werden, was sich alles positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken wird. Hauptziel ist hier die ressourcenschonende Nutzung des Energieträgers Holz, da dieser Rohstoff nachwachsend ist, aber auch nur in begrenzter Menge vorhanden. Hier soll beigetragen werden auch in der Bioenergie zu einer Nachhaltigen Nutzung zu gelangen.

## **8 Wirkung der Umsetzung**

### **8.1 Auswirkungen auf den zukünftigen Betrieb**

Hier ist vor allem die Energieversorgung mittels eines regionalen Energieträgers hervorzuheben. Dies gibt einem Produktionsbetrieb in unserer heutigen Zeit Unabhängigkeit von den internationalen Energiemärkten. Hierdurch kann man durchaus von einer erhöhten Versorgungssicherheit im Bereich der Energieversorgung sprechen. Da Internationale Krisen weniger Einfluss auf die Bereitstellung und Versorgung mit dem Grundbrennstoff haben.

### **8.2 Weiterführende, resultierende Maßnahmen**

In Zusammenarbeit mit der Hochschule Offenburg soll die Regelstruktur weiter verbessert werden, und für andere Anwendungsfälle einsetzbar sein.

Im Bereich der Holzvergasung sind bereits mehrere Ansätze in der Entwicklung, um den Brennstoffausnutzungsgrad und die Wirkungsgrade zu steigern. Gerade in der Wirkungsgradsteigerung liegt noch sehr viel Potential, hier liegt nicht Augenmerk auf einer Erhöhung der produzierten Energie, sondern in Verminderung des eingesetzten Brennstoffes. Grund hierfür ist die Tatsache, dass ein nachwachsender Rohstoff auch nur begrenzt zur Verfügung steht wenn dieser nachhaltig genutzt werden soll.

Durch die Vielzahl von unterschiedlichen Verbrauchern und deren Regelcharakteristiken können viele Teile oder Erfahrungen auf andere Anwendungsfälle und Gebiete übertragen werden. Dies zeigt sich im Interesse vieler mittelständischer Betriebe an dem Energiesystem. Hier liegt aber das Augenmerk nicht auf der Holzvergasung, sondern an einer intelligenten und energiesparenden Versorgung von Produktionen oder Gebäuden. Welche auch mit völlig unterschiedlicher Wärmeerzeugung realisiert werden könnte.

Auch ist der Netzparallelbetrieb in der Hauptelektroverteilung bereits vorgesehen. Eine Umstellung auf Netzparallelbetrieb wird höchstwahrscheinlich in den nächsten Jahren erfolgen. Ab diesem Zeitpunkt wird nur noch Energie aus dem öffentlichen Netz benötigt wenn es zu erheblichen Problemen innerhalb der hofeigenen Energieerzeugung und Netzstruktur kommt.

## 9 Öffentlichkeitsarbeit

### 9.1 Führungen und Vorträge

Die erste große öffentliche Präsentation des Anlagenverbundes fand im Rahmen eines Hoffestes am 15. September 2012 statt. Durch sehr gutes Wetter und Werbung fanden weit mehr als 10.000 Besucher an dem Wochenende den Weg zum Geflügelhof Zapf. Die Besucher kamen aus allen sozialen Schichten, und haben mit sehr viel Interesse den Hof und die Energieversorgung besichtigt. Das nachhaltige Energiekonzept stieß bei allen Besuchern auf Zustimmung, da dies auch die Philosophie des Hofes der regionalen Produkte von der Erzeugung bis hin zur Energieversorgung konsequent umsetzt.



Abbildung 14: Reges Interesse auf dem Hof-Tag

Gerade die Einzigartigkeit des Energiekonzeptes führte dazu, dass sehr viele Besichtigungen mittlerweile veranstaltet wurden. Hier ist Interesse vom Forstwirt bis hin zu Fachplanern aus der Gebäudetechnik vorhanden. Auch geht das Interesse bereits über die Grenzen Deutschlands hinaus, so konnten schon Besuchergruppen aus Frankreich, Schweiz, Kanada und Japan begrüßt werden. Auch ist sehr zu bemerken, dass das Interesse von Energieversorgern geweckt worden ist, welche zu den klassischen Atomkraftwerksbetreibern zählen.

Vorträge wurden auch schon vor unterschiedlichstem Publikum gehalten. Dies führte sogar zu Schulungen von Japanischen Architekten und Techniker, welche von der Deutschen Energiewende und deren Beispielcharakter fasziniert sind, und von den Erfahrungen profitieren möchten.

## 9.2 Flyer, Presse, Veröffentlichungen

Für das Hoffest wurden 2 Poster erstellt, um den Besuchern möglichst einfach die komplexe Netzstruktur nahe zu bringen.

**Hintergrund:**  
Der Geflügelhof Zapf ist ein Familienbetrieb mit regionaler Ausrichtung. Über diesen Gedanken entstand die Idee, die Energieversorgung der Lebensmittelproduktion und die Klimatisierung der Betriebsräume über regenerative und regionale Energiequellen zu realisieren. Die Gestaltung einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung als lokales Energienetz würde die nachwachsenden Energieressourcen rund um den Geflügelhof nutzen und so den gesamten Wärme- und Kältebedarf sowie den Strombedarf decken.

**Funktionsweise der Energiebereitstellung:**  
Als Energieträger nutzen wir Holz aus der Region. Dieses Holz wird zu Hackschnitzel verarbeitet und in zwei Silos gespeichert. Über Förderschnecken werden drei Holzvergaser mit dem Hackgut beschickt. Diese Holzvergaser wandeln im Festbettverfahren die Hackschnitzel in Holzgas um und treiben drei BHKWs (Blockheizkraftwerke) zur Wärme- und Stromgewinnung an. Der überschüssige Strom wird ins Stromnetz eingespeist und die Wärme der BHKWs ganzjährig für die Nudelproduktion, im Sommer zur Kühlung und im Winter für die Gebäudeheizung genutzt. Die Nutzung der Abwärme bei den Holzvergasern und den BHKWs stellt weitere Wärmebeiträge zur Verfügung. Sollten auch diese die Wärmenachfrage nicht decken können, sorgt ein Hackschnitzelheizkessel für zusätzliche Wärme.

**Ziele dieses Projektes:**

- Die bestehenden Kompressionskälteanlagen werden durch eine moderne Resorptionskälteanlage ersetzt
- Ein zusammenhängendes, intelligentes Energienetz versorgt unseren Hof gleichzeitig mit Strom, Wärme und Kälte
- Klimaschädliche Emissionen werden durch die Hackschnitzel aus der Waldpflege minimal gehalten
- Der Produktionsbetrieb arbeitet konsequent ökologisch und nachhaltig
- Wir fördern die regionale Wertschöpfung und tragen zum Aufbau des Energienetzes der Zukunft bei

Weitere Informationen zur Energiezentrale finden Sie unter: [www.gefluegelhof-zapf.de](http://www.gefluegelhof-zapf.de)

Gefördert aus dem Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova AG & Co. KG




Abbildung 15: Poster 1 Hoffest Motivationserklärung

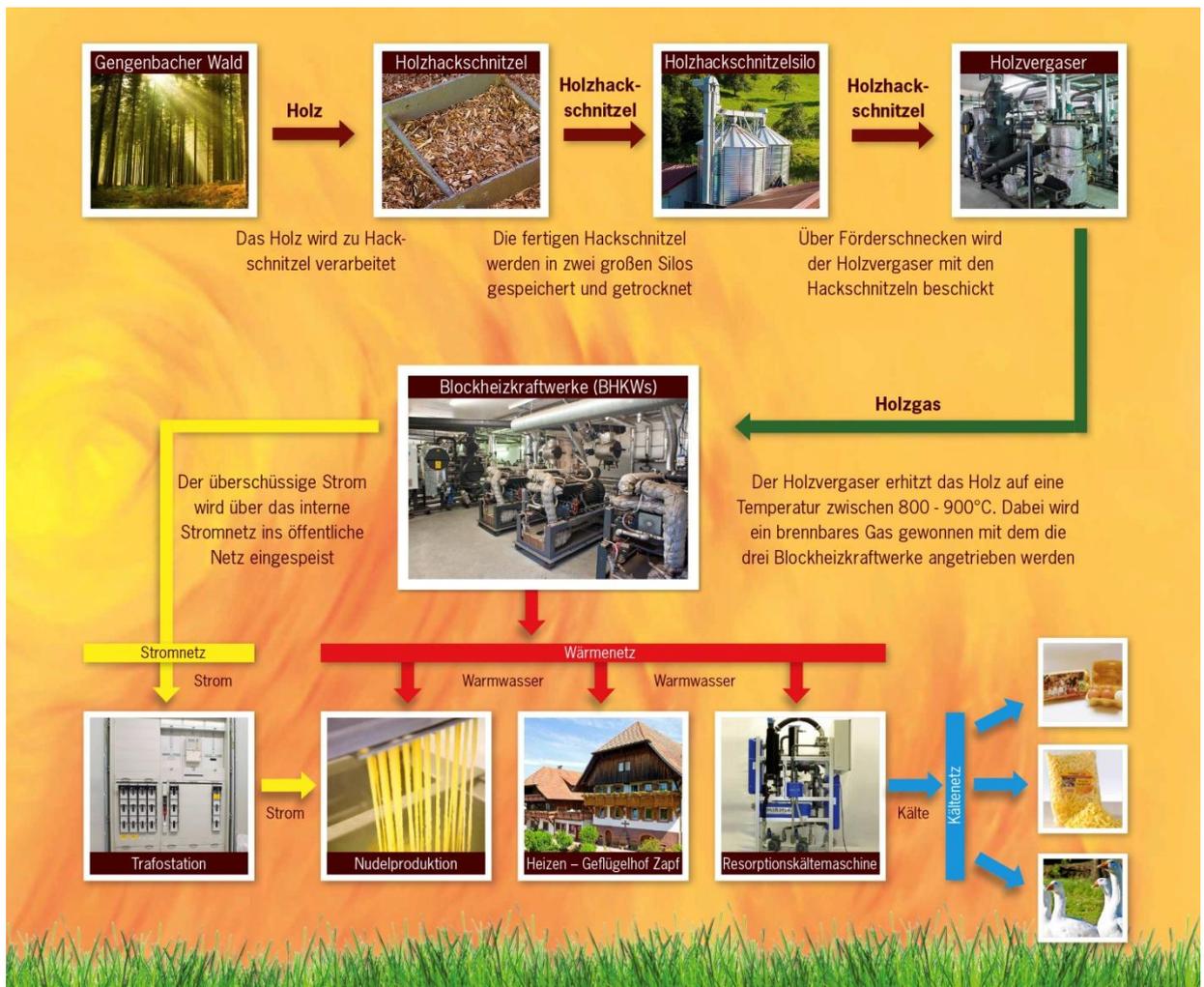


Abbildung 16: Poster 2 Hoffest als grobe Anlagenübersicht bzw. Prozessbild

## 10 Zusammenfassung/Fazit

Von Anfang an waren die große Innovationen und die einhergehenden Risiken uns bekannt. Leider musste aber in der IBN Phase und dem Aufbau festgestellt werden, dass einige Hersteller die Leistungsdaten aus der Bestellung nicht eingehalten haben oder einhalten konnten. Dies konnte nur mit sehr viel Eigenleistung kompensiert werden. Für eine Energieversorgung einer Produktion ist die verwendete Technik nur mit sehr viel Motivation und Idealismus zu betreiben. Für diesen Anwendungsfall, ohne fachkundiges Personal, sollte daher andere Wärmeerzeugungsverfahren Anwendung finden.

Das gestufte Wärme und Kältenetz hat sich als voller Erfolg dargestellt. Auch die Aufteilung der Verbraucher nach Temperaturbedarf und Prioritäten hat sich besonders in der IBN Phase bereits als sehr gute Installationsmethode herausgestellt. Hier hatte es sich gezeigt, dass eine Produktionssicherheit bereits durch einen intelligenten Aufbau gegeben werden kann.

Auch ist die Versorgung mittels streng getrennter Wärmeströme erhöht worden, wodurch die Produktionsprozesse bis zu 30% effektiver gestaltet werden konnten, ohne die Temperaturen im Netz zu verändern. Auch dies ist ein Grund, was für eine gestufte Wärmeversorgung spricht.

## 11 Ausblick

Mit der Zusammenarbeit mit der Hochschule Offenburg und den damit entwickelten intelligenten Regelalgorithmen soll die Energieversorgung am Geflügelhof Zapf nicht nur ein Beispielprojekt bleiben, sondern auch für die Weiterentwicklung von Regelalgorithmen für andere Einsatzgebiete sein. Der große Vorteil hierbei ist, dass in diesem kleinen Energienetz alle Verbraucher vorhanden sind, welche in jeglichem anderen Heiz- und Kältenetz vorkommen können. Hierdurch sind erstmalig die Grundlagen und die Struktur realisiert worden, um solche Algorithmen überhaupt in der Realität zu testen. Der Hochschule Offenburg eröffnet sich durch die Kooperation erstmals die Möglichkeit, neue Entwicklungsansätze zeitnah an einem Reallabor zu testen und zu validieren. Hierzu wurden im Projekt umfassende Vorbereitungen für ein detailliertes Monitoring des komplexen KWKK-Energienetzes geleistet. Durch diese Arbeit sollen Erfahrungen mit einer so komplexen Netzstruktur auch für andere Anwendungen und Anwender verfügbar gemacht werden.