



**Umwelt-Campus
Birkenfeld**

IfaS Institut
für
angewandtes
Stoffstrommanagement

Forschungsprojekt Grüner Flughafen Hahn

- **Grundlagenanalyse u. Maßnahmenplan zur CO₂-
Vermeidung und Kostenreduktion –
sowie**
- **Technische Machbarkeitsstudie für eine Energieversor-
gung auf Biomassebasis -**

Mit freundlicher Unterstützung des:



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
UMWELT, FORSTEN UND
VERBRAUCHERSCHUTZ

Birkenfeld, April 2010

Projektleitung:

Prof. Dr. Peter Heck

(Geschäftsführender Direktor)

Projektmanager:

Dipl.-Betriebswirt (FH) Thomas Anton

(Bereichsleiter Energieeffizienz und Erneuerbare
Energien)

Projektteam:

Dipl.-Ing. (FH) Marco Grabowski

Wiebke Klingenberger, B. Sc.

Verantwortlich im Sinne des Pressegesetzes für den Inhalt sind die Autoren. Aus der Benutzung der Studie können gegenüber der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz keine Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden. Die Forschungsanstalt ist bemüht, die Studien auf Wahrheit, Inhalte und Herkunft zu prüfen. Sie kann jedoch beispielsweise die Urdaten von Vor-Ort-Erhebungen, gegebenenfalls verwendete Algorithmen und Hintergrundinformationen nicht prüfen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
1 Zielsetzung	1
2 Ist – Darstellung Flughafen Hahn.....	2
2.1 Stoffströme	3
2.1.1 Wärmeversorgung	3
2.1.2 Strom.....	6
2.1.3 Abfall	6
2.1.4 Wasser	7
2.2 Verkehrsabteilung.....	8
2.3 Kühlung des Terminals	8
2.4 Landespolizeischule (LPS)	8
2.5 Firma Hahn Kunststoffe	9
3 Benchmarkwege zum „Grünen Flughafen Hahn“	11
4 Soll – Konzept Flughafen Hahn	14
5 Untersuchungsergebnisse	16
5.1 Photovoltaik & Kleinwindkraftanlagen	16
5.1.1 Freifläche für Photovoltaik	16
5.1.2 Terminal und Dächer der Landespolizeischule	16
5.1.3 Solare Parkplatzüberdachung (Solarcarports)	18
5.1.4 Übersicht Photovoltaikanlagen.....	19
5.1.5 Kleinwindkraftanlagen.....	19
5.2 Wärmeversorgung	22
5.2.1 Flughafen (Variante A).....	22
5.2.2 Flughafen + selbstversorgte Gebäude (Variante B)	25
5.2.2.1 Technische Auslegung Flughafen + selbstversorgte Gebäude	26
5.2.2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	27
5.2.3 Flughafen + selbstversorgte Gebäude + möglicher Ausbau Cargo-Bereich (Variante C)	28
5.2.4 Referenzvariante: Austausch eines Ölkessels	31
5.2.5 Vergleich der Wärmepreise	32
5.2.6 Wärmeversorgung des Sonderterminals (Geb. 314).....	33
5.2.7 Anschluss der 1400er-Gebäude an die bestehende Heizzentrale.....	33
5.2.6.1 Technische Auslegung	33
5.2.6.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	34
5.3 Neue Biogasanlage und Kühlung des Terminals	36

5.3.1	Flughafen + selbstversorgte Gebäude (Variante A)	36
5.3.1.1	Technische Auslegung	36
5.3.1.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	38
5.3.2	Flughafen + selbstversorgte Gebäude + Firma Hahn Kunststoffe (Variante B)	38
5.3.3	Kühlung des Terminals über Grundwasser	41
5.4	Mothermik BHKWs	41
5.4.1.	Ergebnis	41
5.5	Verwertung des Enteisungsmittels und der anfallenden Bioabfälle	42
5.5.1	Enteisungsmittel	42
5.5.2	Fettabscheiderreste	42
5.5.3	Papierfluff	42
5.6	Ground Power Units (GPUs).....	43
5.6.1	Wärme- und Stromerzeugung.....	43
5.6.2	Umrüstung auf Pflanzenöl.....	43
5.7	Elektromobilität	45
5.7.1	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	46
6	Fazit & Handlungsempfehlung	49

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild Flughafen Hahn.....	2
Abbildung 2: Mittelteil	4
Abbildung 3: Terminal-, Verwaltungs- und Cargobereich (Bereich Flughafen).....	5
Abbildung 4: Landespolizeischule	9
Abbildung 5: Nordbereich.....	10
Abbildung 6: Terminal.....	17
Abbildung 7: Parkplätze.....	18
Abbildung 8: Lageplan Flugzeughangars.....	20
Abbildung 9: Gebäude und Netzverlauf Variante A.....	23
Abbildung 10: Gebäude und Trassenverlauf Variante B	26
Abbildung 11: Gebäude und Netzverlauf Variante C	29
Abbildung 12: Vergleich Wärmepreise.....	32
Abbildung 13: anzuschließende Gebäude und Trassenverlauf	34
Abbildung 14: Trassenverlauf und Nahwärmeverbund mit BGA	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Flughafen Hahn	2
Tabelle 2: Verteilung & Kosten Wärmeverbrauch	3
Tabelle 3: Ausstattung der Heizzentrale	5
Tabelle 4: Verteilung & Kosten Stromverbrauch	6
Tabelle 5: Aufgliederung des Abfallaufkommens	7
Tabelle 6: Klima- und Umweltschutzmaßnahmen an anderen Flughäfen	13
Tabelle 7: Untersuchungsszenarien	15
Tabelle 8: Übersicht über die möglichen Anlagen.....	19
Tabelle 9: Übersicht Erträge und Amortisationszeiten für KWKA.....	21
Tabelle 10: Auswahl der KWKA.....	21
Tabelle 11: Gebäudeübersicht Bereich Flughafen	22
Tabelle 12: Energiebilanz Variante A.....	23
Tabelle 13: Investitionskosten Variante A.....	24
Tabelle 14: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante A	25
Tabelle 15: Gebäude mit eigenständigen Heizanlagen.....	25
Tabelle 16: Energiebilanz Variante B.....	26
Tabelle 17: Investitionskosten Variante B.....	27
Tabelle 18: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante B	28
Tabelle 19: Gebäudeübersicht Ausbau Cargo-Bereich	29
Tabelle 20: Energiebilanz Variante C	30
Tabelle 21: Investitionskosten Variante C.....	31
Tabelle 22: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante C.....	31
Tabelle 23: Investitionskosten & Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Ölkessel.....	32
Tabelle 24: Investitionskosten & Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Hackschnitzelkessel	33
Tabelle 25: Rohrnetzkenzahl	34
Tabelle 26: Investitionskosten Anschluss 1400er-Gebäude.....	35
Tabelle 27: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	35
Tabelle 28: Übersicht der technischen Parameter BGA mit AKM	37
Tabelle 29: Übersicht der Kosten BGA mit AKM.....	38
Tabelle 30: Übersicht der technischen Parameter BGA und Hahn Kunststoffe mit AKM.....	40
Tabelle 31: Übersicht der Kosten der technischen Parameter BGA und Hahn Kunststoffe mit AKM.....	40
Tabelle 32: Technische Daten Umrüstung GPU auf Pflanzenöl.....	44
Tabelle 33: Kosten der Umrüstung der GPU auf Pflanzenöl	44
Tabelle 34: Fahrzeugflotte des Flughafens.....	46

Tabelle 35: Auswahl der zu untersuchenden Fahrzeuge	47
Tabelle 36: Berechnungsgrundlagen	47
Tabelle 37: Investitionskosten, Verbrauchsdaten und Fahrleistung der Fahrzeuge	47
Tabelle 38: Verbrauchskosten und CO ₂ -Emissionen der untersuchten Fahrzeuge	48
Tabelle 39: Erforderliche Fahrleistung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen.....	48
Tabelle 40: Ergebnisübersicht der Untersuchungsszenarien	50
Tabelle 41: CO ₂ -Einsparungen	50
Tabelle 42: Kosteneinsparung	51

1 Zielsetzung

Die, sich in Zukunft durch Globalisierung, Bevölkerungswachstum, Nahrungsmittelknappheit, usw. weiter verschärfenden, globalen ökonomischen, ökologischen und sozialen Herausforderungen, können nur durch innovative Lösungsansätze und aktives Handeln gelöst werden. Hierzu müssen nicht nur Privatpersonen oder Kommunen ihren Beitrag leisten, sondern auch Unternehmen. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ist es wichtig eine Vorbildfunktion zu übernehmen und so eine nachhaltige und damit ökologische, ökonomische und soziale Entwicklung zu unterstützen.

Auf dem Weg von der derzeitigen Ist-Situation zum prozessoptimierten, modernen Flughafen mit dem Ziel die wirtschaftliche Position zu verbessern, Kosten zu sparen und gleichzeitig die Umwelt zu schonen, liegen besonders viel versprechende Ansätze im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energien und der Steigerung der Energieeffizienz. Gerade in diesen Bereichen bestehen viele Möglichkeiten Kosten einzusparen, die Umwelt zu entlasten, neue Arbeitsplätze zu schaffen und alte zu sichern sowie eine gewisse Unabhängigkeit von steigenden Energiekosten zu erreichen.

Der vorliegende Abschlussbericht ist das Ergebnis des Forschungsprojektes „Grüner Flughafen Hahn“, welches vom Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz initiiert und vom IfaS-Institut durchgeführt wurde.

Ziel dieses Projekts ist es, die am Flughafen genutzten und vorhandenen Stoffströme, die Verbraucher und Wärmesenken sowie potenzielle Anlagenstandorte für innovative Technologien zu identifizieren, zu quantifizieren und in einer Zusammenfassung abzubilden. Darauf aufbauend kann eine Handlungsstrategie für den Flughafen Hahn entwickelt werden, welche vor allem auf die Senkung der Verbrauchs- und Entsorgungskosten (Energie, Wasser, Abfälle) und den Einsatz erneuerbarer Energieträger (PV, Wind, Biomasse, Elektromobilität usw.) ausgerichtet ist.

2 Ist – Darstellung Flughafen Hahn

Der Flughafen Hahn befindet sich im Hunsrück in Rheinland-Pfalz. Seit 1993 wird der ehemalige Luftwaffenstützpunkt der US-amerikanischen Streitkräfte zivil genutzt und stetig ausgebaut.

Übersicht Flughafen Hahn		
Betreibergesellschaft	Name	Flughafen Frankfurt Hahn Gesellschaft (FFHG)
	Beteiligung Land RLP	82,5%
	Beteiligung Land Hessen	17,5%
Verkehrszahlen	Passagieraufkommen	3,8 mio/a
	Luftfracht	175.000 Tonnen/a
	Flugbewegungen	39.000 Flüge/a
Flughafen	Geländefläche	1.972 ha

Tabelle 1: Übersicht Flughafen Hahn

Die Verteilung der einzelnen Institutionen über das Gelände von Süd-West nach Nord-Ost ist in Abbildung 1 dargestellt.

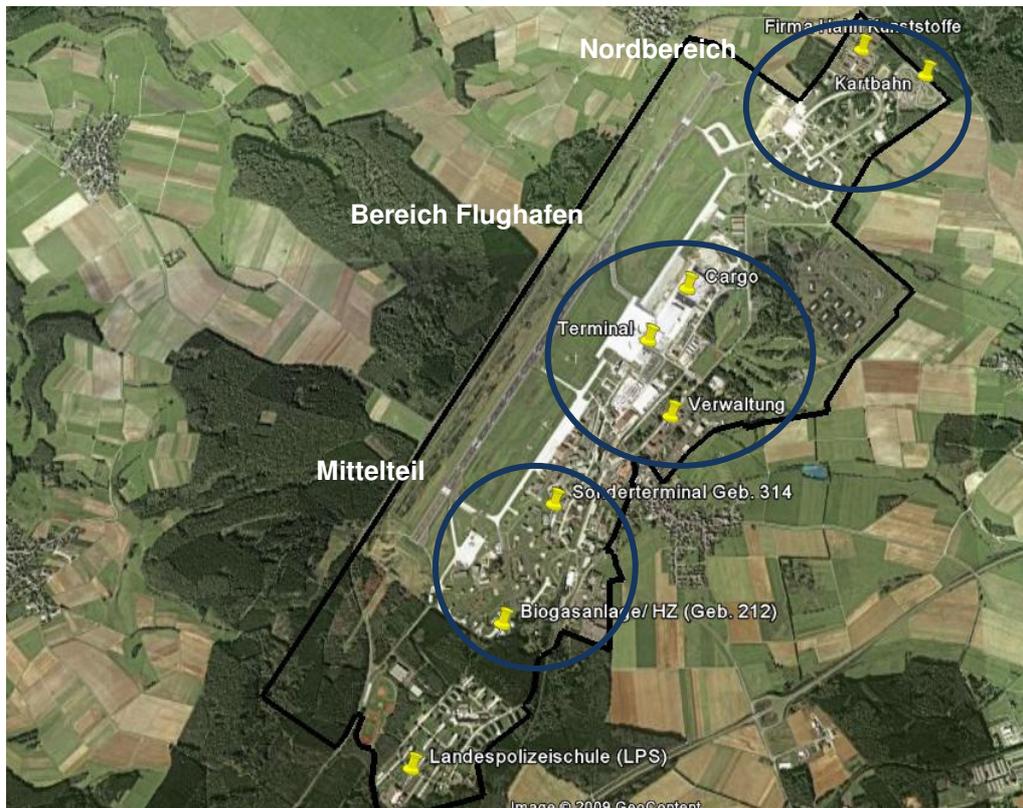


Abbildung 1: Luftbild Flughafen Hahn

Insgesamt haben sich mittlerweile ca. 120 Firmen angesiedelt, was zu etwa 3.300 Arbeitsplätzen am Flughafen Hahn führt.

Zusätzlich befinden sich auf dem Gelände ca. 300 Gebäude und Hangars, welche teilweise ungenutzt sind.

Von den 1.972 ha Gesamtfläche sind ca. 80,4 ha Wald und ca. 214 ha Grünfläche. Dies ermöglicht eine zukünftige Wärmeversorgung auf Basis von Biomasse bis zu 8.000 MWh/a. Des Weiteren ist laut telefonischer Auskunft von Herr Kopp (Landesforsten Rheinland-Pfalz/ Gebietsreferat Hunsrück/ Forstamt Simmern) am 15.06.2009 die Bereitstellung von Hackenschnitzeln langfristig gesichert, da auch in der Umgebung des Flughafens ausreichend Holz zur Verfügung steht.

2.1 Stoffströme

2.1.1 Wärmeversorgung

Der Gesamtwärmebedarf des Flughafens beträgt ca. 13.000 MWh im Jahr (siehe Tabelle 2). Dadurch werden im Jahr etwa 624.000 € an Kosten verursacht.

Wärmeverbrauch	
Wärmeverbraucher	Verbrauch [MWh]
Polzeischule (LPS)	5.215
FFHG/ mobile Heizanlage	2.960
Kunden/ mobile Heizanlage	3.447
eigenständige Heizanlagen (Heizölbetrieb)	1.317
Gesamtwärmeverbrauch	12.939
Kosten [€/a]	623.937

Tabelle 2: Verteilung & Kosten Wärmeverbrauch

Die Wärmeversorgung erfolgte bis Anfang des Jahres 2008 über ein Nahwärmenetz auf Basis von Biogas sowie über die, in der Heizzentrale vorhandenen Gas- und Heizölkessel. Auf Grund diverser Leckagen im Bereich des Flughafens wurde dieser Abschnitt im Januar 2008 komplett von der Biogasanlage getrennt. Zurzeit wird dieser Bereich über zwei mobile Heizanlagen der Firma Emacon (Containerbauweise) mit Heizöl versorgt. Diese Anlagen haben eine installierte Leistung von 200 kW_{th} und 4 MW_{th}.

Die 200 kW_{th}-Anlage steht in der Nähe des Sonderterminals (Geb. 314). Das Terminal befindet sich im Mittelteil des Flughafengeländes und wird nur noch zur Abfertigung von Militärflugzeugen genutzt. Es hat einen Wärmeverbrauch von 245 MWh/a. Neben diesem Sonderterminal gibt es in diesem Bereich noch sieben Gebäude mit eigenständigen, veralteten Heizanlagen, unter anderem die 1400er-Gebäude.

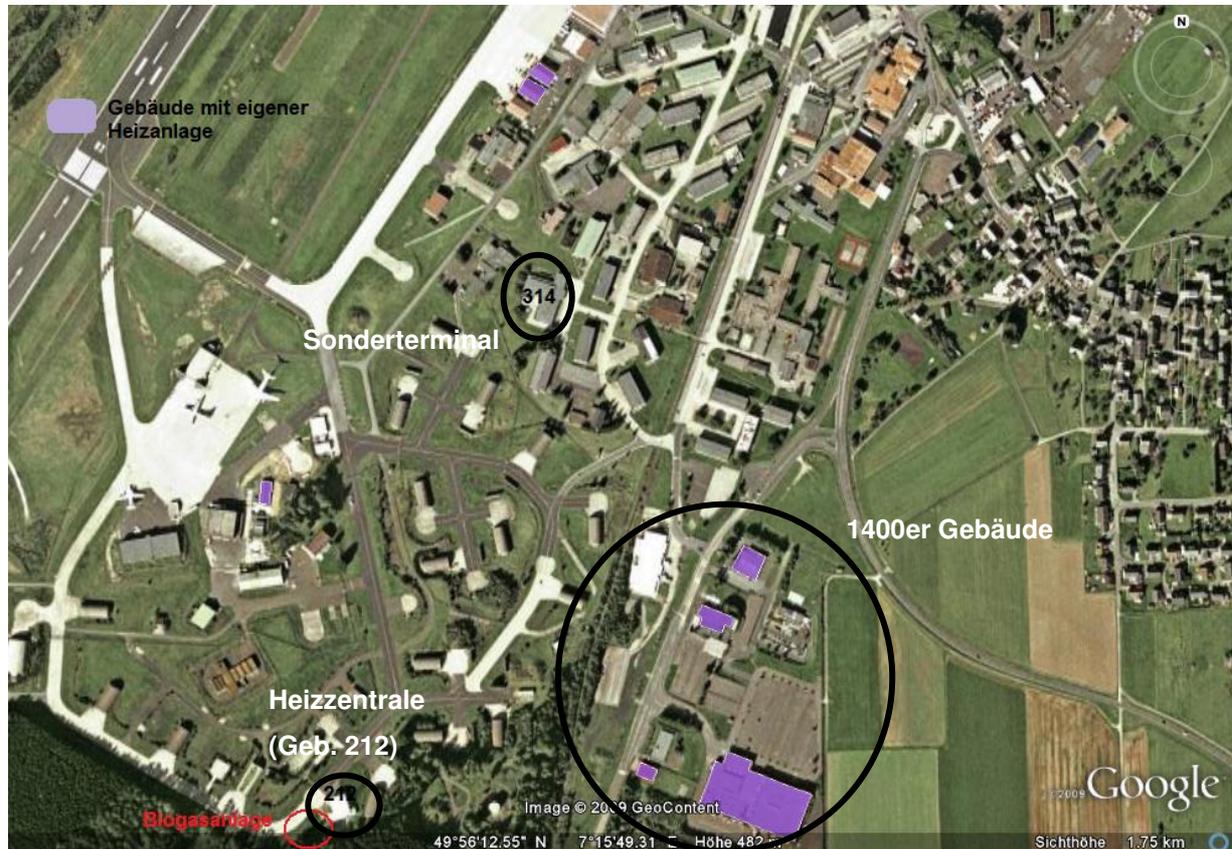


Abbildung 2: Mittelteil¹

Des Weiteren befinden sich in diesem Bereich eine Biogasanlage mit einer Leistung von 600 kW_{el} und 690 kW_{th}, welche von der Firma Resob Ingenieurgesellschaft betrieben wird, sowie die im Geb. 212 befindliche Heizzentrale.

In der Biogasanlage werden Grasschnitt, Gülle, nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) wie z.B. Mais, Getreide und Laub eingesetzt. Die Anlage ist mit einem großen Rückkühler ausgestattet. Neben der Anlage befindet sich eine Gasreglerstation, womit Gas vom Flughafen bezogen werden kann.

In der Heizzentrale befinden sich zwei 12-Zylinder Zündstrahl Motorenheizkraftwerke (BHKW) der Firma Mothermik, welche zurzeit nicht genutzt werden. Diese wurden im Jahr 2000 in Betrieb genommen und sind nur 1 ½ Jahre gelaufen, da es von Beginn an Mo-

¹ Vgl. Google Earth, Abruf am 24.07.2009

torenprobleme gab. Die BHKWs erzeugen mit Erdgas theoretisch eine elektrische Leistung von je $300 \text{ kW}_{\text{el}}$ im Zündstrahlbetrieb und $350 \text{ kW}_{\text{el}}$ im Diesel- und Heizölbetrieb.

Außerdem sind zwei Heizkessel mit 4 MW_{th} und 8 MW_{th} , die beide bivalent (mit Öl und Gas) betrieben werden können, aus dem Jahr 1995 vorhanden. Zusätzlich sind beide Kessel mit Lambdaregelung und Economizer (Abgaswärmetauscher) ausgestattet. Des Weiteren gibt es noch zwei Pufferspeicher mit je 10 m^3 Volumen.

	Zündstrahl MHKW 1		Zündstrahl MHKW 2		Heizkessel 1		Heizkessel 2		Pufferspeicher 1 & 2
Leistung	300 kW	Zündstrahl	300 kW	Zündstrahl	4.000 kW	Öl/Gas	8.000 kW	Öl/Gas	
	350 kW	Diesel	350 kW	Diesel					
Baujahr	2000		2000		1995		1995		
Größe									je 10 m^3

Tabelle 3: Ausstattung der Heizzentrale

Der Flughafenbereich (Terminal, Verwaltung und Cargo) liegt nördlich vom Mittelteil. In diesem Bereich werden die Gebäude über die 4 MW_{th} -Heizanlage mit Wärme versorgt. Auch in diesem Bereich gibt es noch Gebäude mit eigenen, veralteten Heizanlagen.

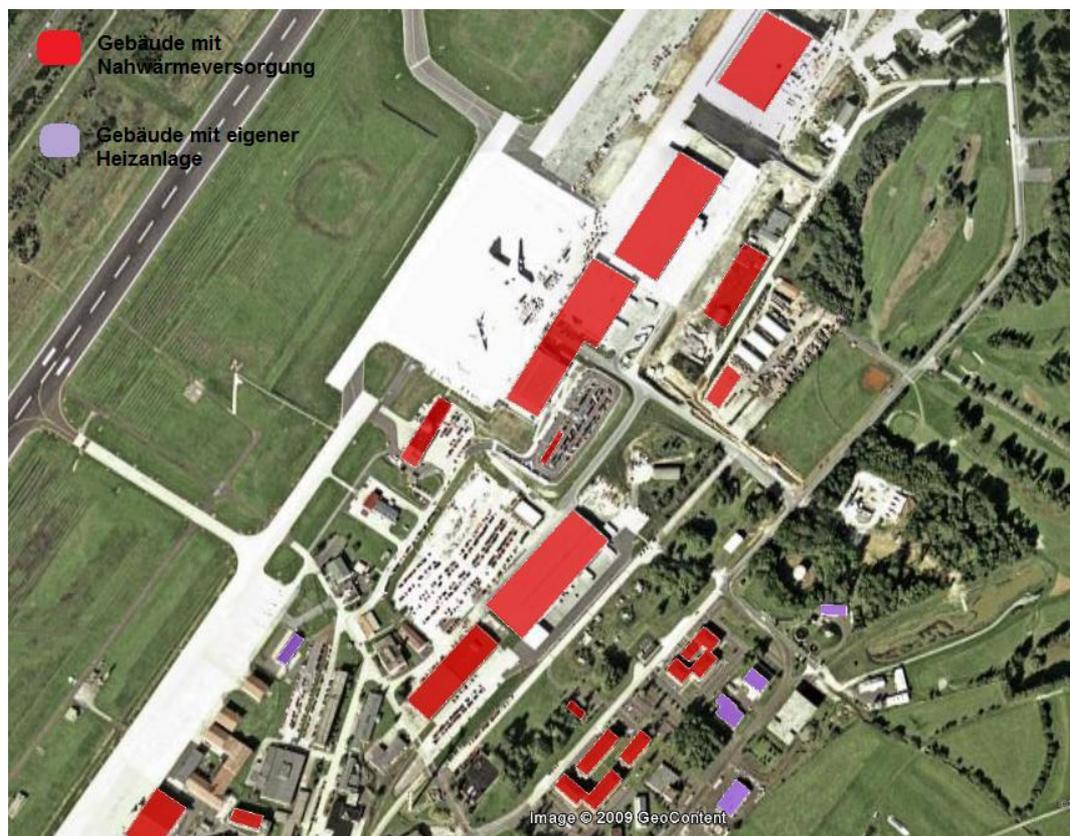


Abbildung 3: Terminal-, Verwaltungs- und Cargobereich (Bereich Flughafen)

2.1.2 Strom

Der Flughafen Hahn besitzt ein eigenes 20 kV- Stromnetz mit etwa 30 Trafostationen. Die Haupteinspeisung erfolgt durch die RWE im Bereich Mainzer Tor (Nähe Geb. 130). Der Gesamtjahresstromverbrauch liegt bei 15.000 MWh (siehe Tabelle 4), wodurch jährlich etwa 1,6 Mio. Euro Stromkosten entstehen.

Stromverbrauch	
Stromabnehmer	Verbrauch [MWh]
FFHG	6.447
HCM	48
AirT	192
LPS	1.268
Resob	694
Sonderabnehmer	1.944
Zweckverband	131
sonstige Kunden	3.960
Gesamtstromverbrauch	14.684
Kosten [€/a]	1.612.270

Tabelle 4: Verteilung & Kosten Stromverbrauch

Die Notstromversorgungen für die Flugbefehrerung, den Tower und das Terminal erfolgen durch Diesel über die Station „Welter“ unterhalb von Geb. 600. Die Station „Epsilon“ sorgt für die Notstromversorgung der Vorfeldbeleuchtung. Diese Stromversorgung ist nicht Bestandteil der Untersuchung, da diese aus Sicherheitsgründen nicht umgeändert werden kann.

2.1.3 Abfall

Das Abfallaufkommen beträgt nahezu 1.000 t pro Jahr. Diese unterteilen sich jeweils in gefährliche und ungefährliche Abfallarten und werden dann noch mal wie in Tabelle 5 aufgliedert. Die Entsorgungskosten liegen bei rund 285.000 €. Im Gegensatz dazu sind die Erlöse für Wertstoffe von etwa 3.500 € sehr gering.

	Bezeichnung	Menge [t]	Kosten [€]	Erlöse [€]	Entsorger
ungefährliche Abfälle	Fettabscheiderinhalte	111,50	11.391,28	0,00	Wilfried Kraft (Biogasanlage)Mayen
	Papier/Pappe/Kunststoff	59,54	26.440,56	1.460,69	
	Altakten	0,00	160,65	0,00	
	Wertstoffgemisch	487,36	201.444,76	0,00	REMONDIS GmbH/Wüschheim
	Holz	33,42	5.002,40	0,00	REMONDIS GmbH/Wüschheim
	Catering-Abfälle/Flugzeuge	0,00	178,50	0,00	REMONDIS GmbH/Wüschheim
	Papier (DSD)	0,70	1.367,74	29,25	REMONDIS GmbH/Wüschheim
	Kunststoff/LVP (DSD)	23,21	16.121,04	0,00	
	Metallschrott	7,76	232,05	2.056,68	REMONDIS GmbH/Wüschheim
Strassenkehricht	38,36	3.452,90	0,00	Ernst Scherer Baustoffe/Kastellaun	
gefährliche Abfälle	Leuchtstofflampen	0,39	317,25	0,00	REMONDIS GmbH/Wüschheim
	Gummiabrieb	1,92	1.843,83	0,00	HIM GmbH/Wiesbaden
	Altöl	7,70	558,11	0,00	RVE/Linkenheim-Hochstetten
	Ölabscheiderinhalte	218,08	10.126,19	0,00	REMONDIS GmbH/Wüschheim REMONDIS Industrie Service/Lünen
	Kerosin	0,15	89,25	0,00	REMONDIS Industrie Service/Lünen
	Ölverschmutzte Betriebsmittel	3,92	3.758,80	0,00	REMONDIS Industrie Service/Lünen
	Altreifen	0,00	171,36	0,00	
	KFZ Frostschutzmittel	0,27	156,45	0,00	REMONDIS Industrie Service/Lünen
	Laborchemikalien	0,02	0,00	0,00	
Bleibatterien	2,60	0,00	0,00	REMONDIS GmbH/Wüschheim	
	Summe	996,90	282.813,12	3.546,62	

Tabelle 5: Aufgliederung des Abfallaufkommens

Hinzu kommen etwa 150.000 m³ Kaliumformiat-Wasser-Gemisch (Salzbasis), die durch die Enteisung der Flugzeuge im Winter anfallen. Diese werden derzeit in Rückhaltebecken mit Wasser verdünnt und über die Abwasserleitung in die neugebaute Kläranlage Kyrrbachtal eingeleitet. Zusätzlich fallen noch ungefähr 600 m³ hochkonzentriertes Glykol-Wasser-Gemisch (Alkoholbasis) durch die Flächenenteisung an, welche zurzeit per LKW zu einer Klärschlammvergasung nach Bad Sobernheim gebracht und dort energetisch verwertet werden.

2.1.4 Wasser

Der Wasserverbrauch der FFHG sowie von deren Kunden beträgt insgesamt 59.943 m³. Bei einem zu zahlenden Wasserpreis von 2,80 €/m³ führt dies zu Wasserkosten von rund 170.000 €/a. Um die Abwassermenge zu berechnen, werden vom Frischwasser pauschal 90% genommen, somit hat die FFHG 53.948 m³ Abwasser. Ein Kubikmeter Abwasser kostet 5,60 €, so dass Abwasserkosten von 302.053 € im Jahr entstehen.

2.2 Verkehrsabteilung

In der Verkehrsabteilung sind 159 Sonderfahrzeuge für den Flugbetrieb, welche 98.573 Gesamtbetriebsstunden im Jahr genutzt werden, sowie 30 Fahrzeuge mit einer Gesamtkilometerleistung von 285.211 km/a vorhanden. Diese 189 Fahrzeuge werden mit Diesel betrieben, der Jahresverbrauch liegt bei ungefähr 700.000 Liter. Unter den 189 Fahrzeugen für den Flugbetrieb befinden sich 27 sog. Ground Power Units (GPU/ Bodenstromaggregate) mit einer Gesamtlaufzeit von ca. 32.000 Std./a.

Hinzu kommen noch diverse Dienstwagen (Leasingfahrzeuge) der FFHG, womit je Fahrzeug ca. 5.000 bis 6.000 km im Jahr gefahren werden.

Die Treibstoffkosten für die Fahrzeuge belaufen sich auf nahezu 672.000 Euro jährlich.

2.3 Kühlung des Terminals

Die Kühlung des Terminals erfolgt über zwei luftgekühlte Kaltwassersätze, welche mit Strom betrieben werden. Diese Kaltwassersätze haben eine installierte Leistung von 426 kW_{el} und 428 kW_{el}.

2.4 Landespolizeischule (LPS)

Die Landespolizeischule hat einen durchschnittlichen Wärmebedarf von 5.215 MWh im Jahr. Die Wärmeversorgung findet über die vorhandene Heizzentrale (Geb. 212) statt. Die Grundlast wird über die Biogasanlage und die Spitzenlast über Heizöl abgedeckt. Des Weiteren hat die LPS einen Strombedarf von fast 1.300 MWh/a. Zur Landespolizeischule gehören 28 Gebäude, wovon bereits bei vier Gebäuden (Geb. 1342, 1343, 1344 und 1382) die Dächer mit Photovoltaik (PV) belegt sind.



Abbildung 4: Landespolizeischule

2.5 Firma Hahn Kunststoffe

Die Firma Hahn-Kunststoffe hat ihren Standort im Nord-Osten des Flughafengeländes mit einer Größe von 45.000 m². Auf dem Gelände befinden sich vier Produktionshallen, diverse Lagerplätze für Rohstoffe (gebrauchter Kunststoff) sowie die Verwaltung. Die Wärmeversorgung des Trockners und des Lagersilos findet mit Heizöl statt und führt zu einem Gesamt-wärmeverbrauch von ca. 4.800 MWh im Jahr. Der Jahresstromverbrauch liegt bei ca. 16.200 MWh, wobei die komplette Verwaltung über Strom beheizt wird. Des Weiteren fallen 2.500 t/a an Papierfluff als Abfallstoff an. Hinzu kommen drei Kältemaschinen mit einer installierten Gesamtleistung von ca. 141 kW_{el}, welche in einem Temperaturbereich zwischen 25°C (EIN) und 10°C (AUS) arbeiten.



Abbildung 5: Nordbereich

3 Benchmarkwege zum „Grünen Flughafen Hahn“

Um Benchmarkwege für das Projekt „Grüner Flughafen Hahn“ zu formulieren, wurden Klima- und Umweltschutzprogramme von großen Flughäfen analysiert. Diese Analyse bildete die Grundlage für einen Fragebogen, in welchem geklärt wurde, welche Maßnahmen am Flughafen Hahn bereits umgesetzt werden und welche nicht. Das Ergebnis ist in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Klima- und Umweltschutzmaßnahmen an anderen Flughäfen						
Thema	Maßnahmen	Flughafen	am Flughafen Hahn			
			wird gemacht	Erläuterung	wird nicht gemacht	Erläuterung
Fluglärm	Umkehrschub (nach dem Aufsetzen auf die Rollbahn kehren Flugzeuge die Schubrichtung ihrer Triebwerke zum schnelleren Abbremsen um) sollte vom Piloten nur aus Sicherheitsgründen vorgenommen werden	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg	√			
	Triebwerksprobeläufe (entstehen meist durch Wartungsarbeiten) nur in schall- und lärmgedämpften Hallen	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Friedrichshafen			X	
	mobile Versorgung mit Warm- bzw. Kaltluft und Einsatz von Ground Power Units zum Betrieb der elektrischen Bordsysteme der Flugzeuge damit Hilfstriebwerke im Stand nicht benutzt werden müssen	Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg Flughafen Friedrichshafen Flughafen Innsbruck Flughafen Frankfurt	√			
	Lärmessanlagen bzw. -messsysteme, Durchführung von FANOMOS – Untersuchungen	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg Flughafen Frankfurt Flughafen Zürich Flughafen Wien	√	einfacheres System als FANOMOS/ 4 Lärmessstellen		
	Nachtzuschlag bzw. Landeentgelte für besonders lärmintensive Flugzeugtypen → Anreiz für die Fluggesellschaften lärmarme Typen einzusetzen	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Friedrichshafen Flughafen Frankfurt Flughafen Zürich			X	
	Neuberechnung der Lärmzonen bzw. Lärmschutzzonen ausweiten	Flughafen Salzburg Flughafen Hannover	√			
	Finanzierung bzw. Förderprogramme von Schallschutzmaßnahmen (z.B. Einbau von Schallschutzfenster oder Schalldämmlüfter)	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg Flughafen Frankfurt Flughafen Zürich	√			
	Fluglärmbeauftragter zur Bearbeitung von Beschwerden	Flughafen Salzburg	√			
	Objektablösen bzw. Arealankauf in Flughafennähe	Flughafen Salzburg			X	
	regelmäßige Information der Bürger (z.B. mit Broschüren, über Internet, Info-Center usw.) über aktuelle Lärmdaten, über Schallschutzprogramme	Flughafen Frankfurt	√			
Flugrouten hinsichtlich Lärm & Sicherheit optimiert durch die Deutsche Flugsicherung (DFS)/ Minimum Noise Routes	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg Flughafen Frankfurt Flughafen Zürich	√	muss sich jeder Flughafen dran halten			

Klima- und Umweltschutzmaßnahmen an anderen Flughäfen						
Thema	Maßnahmen	Flughafen	am Flughafen Hahn			
			wird gemacht	Erläuterung	wird nicht gemacht	Erläuterung
Abfall	Einsatz von waschbaren Stoffhandtüchern, von Recyclingpapier und von Mehrweg-Putzlappen	Flughafen Hannover	✓	in der KFZ-Werkstatt		
	Toner- & Tintenkartuschen sammeln und zur Wiederverwendung abgeben	Flughafen Hannover	✓			
	Abfallfraktionen in Büros, Firmen etc. genauestens trennen	Flughafen Hannover Flughafen Zürich Flughafen Wien	✓			
	Schulungen der Mitarbeiter zur Abfalltrennung	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg	✓			
	Aufstellen von Abfallbehälter, in denen die verschiedenen Fraktionen getrennt gesammelt werden können, in den Terminals und im Außenbereich	Flughafen Hannover Flughafen Salzburg			X	Untersuchungen ergaben keine Wirtschaftlichkeit
	Fluglinien erhalten Rechnung für ungetrennten Müll	Flughafen Salzburg Flughafen Innsbruck			X	
	beim Austausch von alten Drucker Anschaffung von Druckern mit doppelseitiger Druckfunktion	Flughafen Hannover	✓			
	Papier, Pappe und Plastik in Presscontainern verdichten	Flughafen Hamburg Flughafen Friedrichshafen	✓			
	Einkauf von umweltverträglichen Produkten unter folgenden Kriterien: Verzicht auf unnötige Verpackung, Reparaturfreundlichkeit, Haltbarkeit, umweltfreundliche Produktionsweise	Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg Flughafen Wien			X	
	Verwendung von Recyclingpapier	Flughafen Hannover			X	
Energie	Nahwärme auf Basis regenerativer Energien		✓	Biogasanlage versorgt LPS		
	Austausch/ Überprüfung der gesamten Beleuchtung (1) Einbau eines Tageslichtumlenkungssystem in den Büros und Terminals (2) Ersatz der konventionellen Leuchtstoffröhren durch Long Life Röhren (3) Energiesparlampen, LEDs usw.	Flughafen Hannover	✓	(2) und (3) werden ausgeführt		
	Umbau der alten Gebäude → Erneuerung der Fassaden, der Dämmung → Erneuerung der Fenster	Flughafen Innsbruck	✓	beim Umbau von Geb. 1335 berücksichtigt		
	Stromeinsparungen durch Austausch der alten Plasma- & Röhrenbildschirme gegen TFT-Bildschirme	Flughafen Innsbruck	✓			
	solare Straßenlampen				X	
	Solar					
	bestehende versiegelte Flächen für PV nutzen				X	
	Aufstellen eines solarbetriebenen Wahrzeichen				X	
	Dächer für PV nutzen		✓	nur bei der LPS		
	Solarthermie für Warmwasser				X	
	Solarthermie für Heizung				X	
	Schriftzüge aus PV				X	
	Parkplatzüberdachung aus PV-Modulen				X	
	Parkleitsystem		✓	Parkplatz Info-Anzeige (frei/besetzt) funktioniert über Solar		
PV-versorgte Parkscheinautomaten				X		
Flora & Fauna	wildwachsende Flächen anlegen, auf denen ein Betretungsverbot für Menschen gilt, auch als Rückzugsmöglichkeit für Tiere	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg			X	
	bei Flächenverlust durch Baumaßnahmen müssen Ausgleichsflächen gefunden/ angekauft werden	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Friedrichshafen Flughafen Frankfurt Flughafen Zürich	✓	ist Pflicht		
	botanische Kartierung der Gesamtfläche um Kenntnisse über die vorhandene Flora und Fauna zu erlangen	Flughafen Hannover	✓			
	Errichtung von Biotopen oder Naturschutzgebieten	Flughafen Salzburg Flughafen Friedrichshafen Flughafen Frankfurt Flughafen Zürich	✓			
	ungenutzte, versiegelte Flächen können entsiegelt und somit in Grünfläche umgewandelt werden		✓			
	Dachbegrünungen auf verschiedenen Gebäuden				X	
	in der Nähe der Start- & Landebahn das Gras auf einer Länge von max. 7 cm halten, da sich dort dann erfahrungsgemäß kein Vogel aufhält (kein Risiko von Vogelschlag)		✓			

Klima- und Umweltschutzmaßnahmen an anderen Flughäfen						
Thema	Maßnahmen	Flughafen	am Flughafen Hahn			
			wird gemacht	Erläuterung	wird nicht gemacht	Erläuterung
Wasser	biologisch abbaubares Enteisierungsmittel (Glycole oder Acetate) für die Flugzeugenteisung	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg Flughafen Wien	√			
	Kaliumformiat zur Flächenenteisung	Flughafen Hannover	√			
	Bodenfilteranlage zur Reinigung von Wasser, welches durch Enteisierungsmittel verunreinigt ist	Flughafen Hannover			X	
	ressourcenschonender Umgang mit Enteisierungsmittel zur Schützung von Gewässern	Flughafen Hannover	√			
	Regenwasser wenn möglich auf dem Gelände versickern lassen, überschüssiges Regenwasser für Trockenperioden zur Bewässerung sammeln	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Friedrichshafen	√	beim Golfplatz und bei einigen Parkplätzen		
	Zentralabscheider zum Schutz der Oberflächen-gewässer, somit wird Öl oder Kerosin abgeschieden	Flughafen Hannover Flughafen Salzburg Flughafen Friedrichshafen	√			
	Überwachung des Grundwassers mittels Sonden oder Meßstellen	Flughafen Frankfurt	√			
	Einbau von Wassermengenregler zur Wassereinsparung	Flughafen Innsbruck	√	im Call-Center (Geb. 1335) und im Terminal (Geb. 600)		
	Toilettenspülung über Regen- oder Brauchwasser	Flughafen Zürich			X	
	wasserlose Urinale	Flughafen Hannover	√	im Call-Center (Geb. 1335) und im Terminal (Geb. 600)		
Wasser an Waschbecken nur über Sensor		√	im Call-Center (Geb. 1335) und im Terminal (Geb. 600)			
Luft	Messung und Berechnung von Luftschadstoffemissionen sowie Veröffentlichung der Ergebnisse, Messgrundlage könnten die Richtlinien der EPA sein	Flughafen Hannover Flughafen Hamburg Flughafen Salzburg Flughafen Frankfurt Flughafen Zürich			X	
	Biomonitoring mit Bienen zur Überprüfung der Luftqualität	Flughafen Hannover			X	
	Fahrzeuge in der Flotte mit alternativen Antriebstechniken (z.B. Pflanzenöl, Elektromotor usw.)	Flughafen Hannover			X	
	Einbau von Partikelfiltern in Passagierbusse	Flughafen Zürich	keine Angabe			
	Möglichkeit für die Fluggäste zum Erwerb eines sog. „Klimatickets“	Flughafen Hannover			X	
	schadstoffarme Flugzeuge gezielt fördern				X	
Verkehr	Schulung der Mitarbeiter zur kraftstoffsparender Fahrweise				X	
	Nahverkehrsanbindungen verbessern und ausbauen	Flughafen Hamburg Flughafen Friedrichshafen Flughafen Innsbruck Flughafen Frankfurt Flughafen Zürich	√	Busanbindungen in diverse Richtungen, Reaktivierung der Bahntrasse von Morbach bis Büchenbeuren		
	Förderung von Fahrgemeinschaften bei den Mitarbeitern	Flughafen Innsbruck			X	
	für Botengänge auf dem Gelände Betriebsfahräder anschaffen	Flughafen Salzburg	√	auf dem Vorfeld		

Tabelle 6: Klima- und Umweltschutzmaßnahmen an anderen Flughäfen

Es wurden insgesamt 52 Maßnahmen abgefragt, von denen bereits mehr als die Hälfte (28 Maßnahmen) am Flughafen Hahn verwirklicht sind. Lediglich eine Maßnahme kommt für eine Umsetzung nicht in Frage, weil Untersuchungen dieser Maßnahme bereits keine Wirtschaftlichkeit ergaben. Besonders auffallend ist, dass zum Thema „Luft“ keine einzige Maßnahme durchgeführt wird. Ansonsten sind zu jedem Thema schon mehr als 50% der aufgelisteten Maßnahmen durchgeführt.

4 Soll – Konzept Flughafen Hahn

Im Rahmen des Projektes „Grüner Flughafen Hahn“ soll der Flugplatz Hahn in Zukunft durch Einsatz von erneuerbaren Energien Kohlendioxid (CO₂)-Emissionen einsparen sowie seine Kosten senken. Daher werden folgenden Szenarien im Hinblick auf Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit untersucht.

Untersuchungsszenarien		
Bezeichnung	Beschreibung	
Photovoltaik & Kleinwindkraftanlagen	Identifizierung potentieller Standorte für PV und Kleinwindkraft	Freifläche für PV nord-westlich der Start- und Landebahn
		Hangars im Mittelteil für Kleinwindkraftanlagen
		PV-Carports für alle Parkplätze
		Dächer aller Gebäude der Landespolizeischule mit PV belegen
Nahwärme	neue Wärmeversorgung für den Nord-Ost-Bereich; dieser wurde Anfang 2009 aufgrund von Leckagen vom bestehenden Nahwärmeverbund abgeklemmt und wird derzeit über mobile Heizanlagen versorgt	<i>Variante A: Flughafen</i> Nahwärmeverbund für Gebäude des Terminal-, Verwaltung- und Cargobereich, welche ans bestehende Wärmenetz angeschlossen waren, auf Basis von HHS
		<i>Variante B: Variante A + selbstversorgte Gebäude</i> an das Netz aus Variante A werden noch 8 weitere Gebäude, welche zurzeit über eigenständige, veraltete Heizanlagen versorgt werden, angeschlossen
		<i>Variante C: Variante B + Ausbau Cargo</i> Berücksichtigung des eventuellen Ausbau des Cargo-Bereichs, Erweiterung des Wärmenetzes aus Variante B
		<i>Wärmeversorgung Sonderterminal (Geb. 314)</i> eigenständige HHS-Anlage
		<i>1400er Gebäude</i>
		Anschluß an bestehende Biogasanlage

Untersuchungsszenarien		
Bezeichnung	Beschreibung	
neue Biogasanlage & Kühlung des Terminals	Wärmeversorgung durch eine neue Biogasanlage, Kühlung des Terminals durch Absorptionskälteanlagen	<i>Variante A: Flughafen + 8 Gebäude</i> Wärmeversorgung für Gebäude des Terminal-, Verwaltung- und Cargobereich, welche ans bestehende Wärmenetz angeschlossen waren, und für Gebäude mit eigenständigen Heizanlagen in diesem Bereich Überschusswärme aus Biogasanlage zur Kühlung des Terminals
		<i>Variante B: Variante A + Firma Hahn Kunststoffe</i> Wärmeversorgung für Gebäude des Terminal-, Verwaltung- und Cargobereich, welche ans bestehende Wärmenetz angeschlossen waren, und für Gebäude mit eigenständigen Heizanlagen in diesem Bereich sowie Wärmeversorgung der Firma Hahn Kunststoffe Überschusswärme aus Biogasanlage zur Kühlung des Terminals und zur Abdeckung des Kühlbedarfs der Firma Hahn Kunststoffe
	Kühlung des Terminals über Grundwasser	Kühlwasser wird von 3 Brunnen mit 5 Unterwasserpumpen dem Kühlregister zugeführt, anschließend wird es in einer Sickeranlage versickert (Methode wird am Flughafen Salzburg angewendet)
Mothermik BHKWs	Überprüfung, in wie weit Instandsetzung und Umsetzung in eine neue Heizzentrale möglich ist	
Verwertung des Enteisungsmittels & der anfallenden Bioabfälle	energetische Verwertung des Enteisungsmittels, der Fettabscheiderreste und des Papierfluffs in neuer Biogasanlage	<i>Enteisungsmittel:</i> wurde im Labor auf den Brennwert untersucht
		<i>Fettabscheiderreste:</i>
		<i>Papierfluff:</i>
Ground Power Units	Erzeugung von Wärme und Strom in den Standzeiten	
	Umstellung des Betriebs auf Pflanzenöl	
Elektromobilität	Überprüfung, in wie weit Fahrzeuge gegen Elektromobile getauscht werden können	

Tabelle 7: Untersuchungsszenarien

5 Untersuchungsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der aufgestellten Szenarien ausführlich dargestellt. Bei allen Investitionskosten wurde mit Netto-Preisen gerechnet, die gesetzliche Mehrwertsteuer von 19% wurde nicht berücksichtigt.

5.1 Photovoltaik & Kleinwindkraftanlagen

Zur CO₂-Einsparung und Kostenreduktion werden potentielle Standorte für Photovoltaik (PV)-Freiflächenanlagen sowie für Kleinwindkraftanlagen identifiziert.

Eine Voruntersuchung hat eine mögliche Freifläche für PV oder Kleinwindkraftanlagen aufgezeigt, sie befindet sich nord-westlich der Start- und Landebahn. Als weitere Möglichkeit werden die Hangars im Mittelteil des Flughafens für Kleinwindkraftanlagen in Betracht gezogen. An dieser Stelle würde dadurch ein Show-Case-Effekt entstehen, da diese Fläche sich im Einfahrtbereich des Flughafens befindet und jeder Fluggast daran vorbeifährt.

Auf dem Terminal sowie auf den Dächern der Landespolizeischule, welche noch nicht mit Photovoltaik belegt sind, können PV-Anlagen installiert werden. Eine weitere Möglichkeit wäre, alle großen Parkplätze mit solaren Parkplatzüberdachungen (Solarcarports) auszustatten.

5.1.1 Freifläche für Photovoltaik

Die Freifläche nord-westlich der Start- und Landebahn kann nicht für PV- oder Kleinwindkraftanlagen genutzt werden, weil diese laut telefonischer Auskunft von Herrn Nawroth (Flugsicherung) vom 20.05.2009 aus Sicherheitsgründen für Notlandungen benötigt wird.

5.1.2 Terminal und Dächer der Landespolizeischule

Abbildung 4 (Kapitel 2.4) zeigt den Lageplan der Landespolizeischule. Die blau gekennzeichneten Dachflächen sind bereits mit Photovoltaik belegt. Für alle anderen Dächer wurde mit dem Simulationsprogramm PV-Sol die zu installierende Leistung und die maximalen Investitionskosten bei einer Amortisation nach 20 Jahren berechnet. Insgesamt ist eine Leistung von etwa 532 kWp installierbar, welche einen Ertrag von ca. 469 MWh im Jahr leisten kann. Bei einer Einspeisung ins öffentliche Stromnetz zu einer Vergütung von 24,67 Ct/kWh

(ab 01.07.2010) dürfen maximal Investitionskosten von 2.970 €/kWh entstehen. Wird der Ertrag jedoch ins eigene Stromnetz eingespeist, so erhält man eine Vergütung von 22,76 Ct/kWh (ab 01.07.2010) und spart gleichzeitig 11 Ct/kWh an Stromkosten ein, wodurch sich eine theoretische Vergütung von 33,76 Ct/kWh ergibt und die Attraktivität des Eigenverbrauchs steigert. Für den Eigenverbrauch dürften die Investitionskosten maximal 4.000 € je Kilowattstunde betragen.

Abbildung 6 zeigt die Lage und die Dachflächen des Terminals (rot umrandet). Es handelt sich hier um Flachdächer. Wie bei der Landespolizeischule wurde die installierbare Leistung sowie die maximalen Investitionskosten mit einer Amortisation nach 20 Jahren mit PV-Sol berechnet. Es ist eine Leistung von ca. 785 kWp mit etwa 726 MWh/a Ertrag installierbar. Die Investitionskosten dürfen einen Betrag von 3.100 €/kWh bei Einspeisung ins öffentliche Netz und bei 4.270 €/kWh bei Eigenverbrauch nicht übersteigen (Vergütungssatz wie bei Landespolizeischule).



Abbildung 6: Terminal

5.1.3 Solare Parkplatzüberdachung (Solarcarports)

Eine Übersicht über die Verteilung der Parkplätze am Flughafen Hahn ist in Abbildung 7 dargestellt. Da die einzelnen Parkplätze sehr groß sind, kann man hier eine hohe Leistung von insgesamt 8.857 kWp an Photovoltaik installieren. Diese installierte Leistung führt zu einem Ertrag von ca. 6.570 MWh im Jahr. Die Berechnung der maximalen Investitionskosten zeigt, dass bei Einspeisung ins öffentliche Stromnetz die Solarcarports höchstens 2.500 €/kWh und bei Eigenverbrauch höchstens 3.400 €/kWh kosten dürfen.

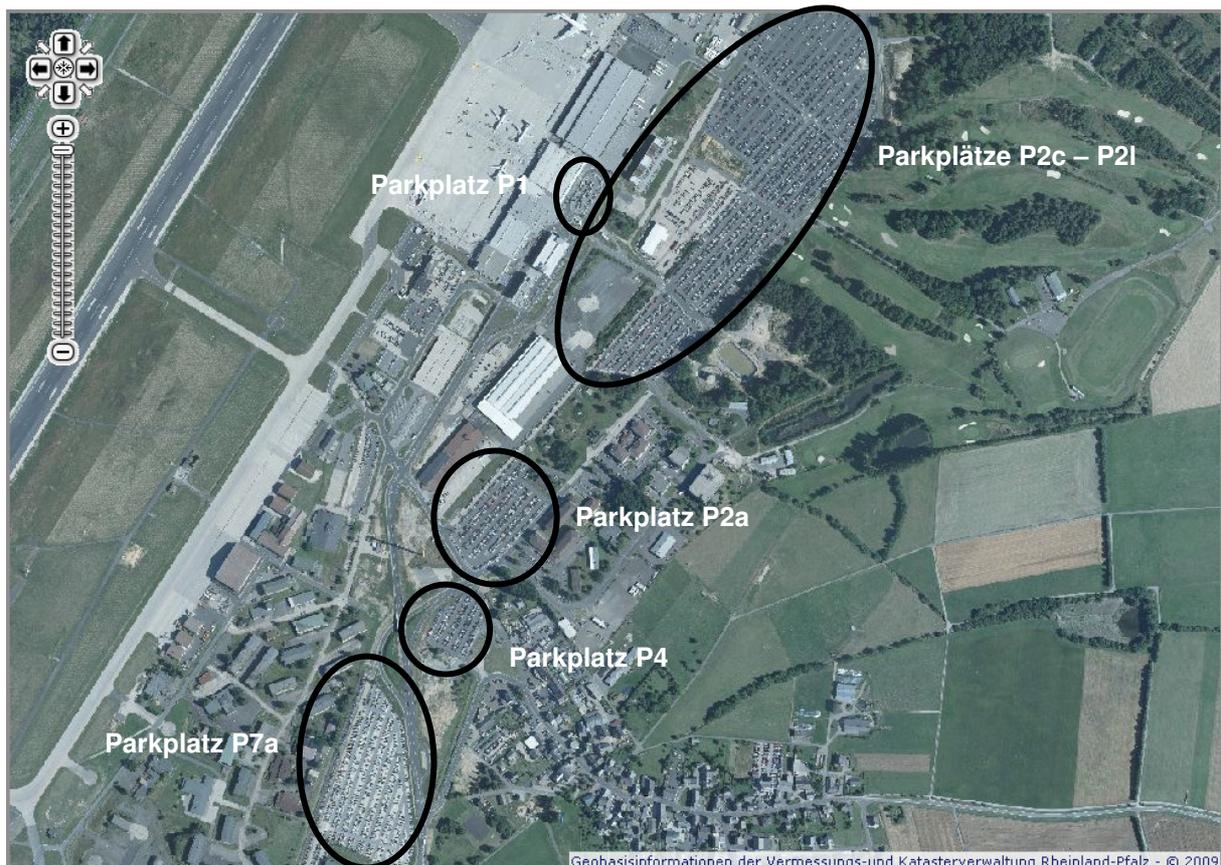


Abbildung 7: Parkplätze

Bezüglich der Schneeräumung im Winter sieht Herr Fuchs von der Firma Schletter (Hersteller der Aufständungen von Solarcarports) keine Probleme, da erfahrungsgemäß unter den Carports nur wenige Schneeverwehungen entstehen. Des Weiteren kann die Traufhöhe wunschgemäß gestaltet werden, so dass die Fahrwege mit einem konventionellen Schneepflug geräumt werden können.²

Beispiele für verschiedene Formen von Solarcarports sind unter http://www.juwi.de/fileadmin/user_upload/Solarenergie/Checkliste_Carport_und_Anhang_A_und_B_2010-01-15.pdf (Seite 4) zu finden.

² E-Mail von Herrn Hans Fuchs/Firma Schletter am 08.04.2010

5.1.4 Übersicht Photovoltaikanlagen

In Tabelle 8 ist eine Übersicht über die möglichen PV-Anlagen gegeben.

Anlagenbezeichnung	Leistung [kWp]	Ertrag [kWh/a]	Ertrag je inst. Leistung [kWh/kWp*a]	Vergütung [€/kwh]		max. Investitionskosten [€/kWp]	
				Eigenverbrauch (22ct Vergütung + 11ct Einsparung)	Einspeisung	Eigenverbrauch	Einspeisung
Parkplätze	8.857	6.570.089	742	0,3376	0,2467	3.429	2.505
Landespolizeischule	532	468.551	881	0,3376	0,2467	4.073	2.976
Terminal	785	725.680	924	0,3376	0,2467	4.271	3.121

Tabelle 8: Übersicht über die möglichen Anlagen

Die max. Investitionskosten sind lediglich Richtwerte. Kosten die Anlagen weniger, so amortisieren sich diese schneller und bringen früher Gewinne.

5.1.5 Kleinwindkraftanlagen

Es wurden technische und ökonomisch sinnvolle Standorte für die Stromerzeugung mit Kleinwindkraftanlagen (KWKA) untersucht. Als mögliche Standorte werden elf leer stehende und ungenutzte Flugzeughangars wie in Abbildung 8 gezeigt in Betracht gezogen. Die Hangars befinden sich östlich der Zufahrtsstraße. Da jeder Besucher diese Stelle bei der Anfahrt zum Flughafen sieht, würde ein Show-Case-Effekt entstehen.



Abbildung 8: Lageplan Flugzeughangars

Um eine gegenseitige Beeinflussung der Windräder durch Strömungsabriss zu vermeiden muss der dreifache Rotordurchmesser als Abstand zueinander eingehalten werden. Deshalb können pro Hangar zwei KWKA installiert werden.

In Tabelle 9 sind drei Anlagentypen bei unterschiedlichen durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten von 3,5 bis 4,5 m/s und Nabelhöhen von 10 m und 15 m betrachtet worden. Da es keine Windhäufigkeitsmessung für den Standort gibt, wurde auf Werte des Statistischen Windfeldmodells des Deutschen Wetterdienstes für die Region zurückgegriffen³.

³Vgl.

http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KU1/KU12/Klimagutachten/Windenergie/Download_Karte_D_10m,templated=raw.property=publicationFile.pdf/Download_Karte_D_10m.pdf, Abruf am 10.01.2010

Die Erträge beziehen sich auf die Einspeisevergütung des EEG für Windkraftanlagen (WKA) bei einer Inbetriebnahme in 2010. Bei der Einspeisevergütung für WKA gibt es keine Unterscheidung bei der Größe der installierten Leistung. Somit sind die KWKA durch die höheren Investitionskosten, hier zwischen 3.400 € und 9.400 € pro installiertem Kilowatt, im Vergleich zu großen WKA mit einem Preis von ca. 1.000 Euro pro installiertem Kilowatt deutlich schlechter gestellt.

	Höhe	Flughafen Hahn mit 3,5 m/s				Flughafen Hahn mit 4 m/s				Flughafen Hahn mit 4,5 m/s				Anlagenpreis	Anlagenpreis [€/kW]
		kWh	Ertrag	EEG Ertrag	Amortisation [a]	kWh	Ertrag	EEG Ertrag	Amortisation [a]	kWh	Ertrag	Ertrag EEG	Amortisation [a]		
Ampair 600	10m	131	45	12	453	219	75	20	272	438	150	40	136	5.420 €	7.743
	15m	245	84	22	295	394	135	36	184	539	185	49	134	6.600 €	9.429
UGE 4K	10m	1.752	601	160	117	2.190	751	200	93	2.628	901	239	78	18.600 €	4.650
	15m	2.015	691	184	110	2.540	871	231	87	3.066	1.052	279	72	20.200 €	5.050
Easywind 6AC	10m	1.314	451	120	174	1.752	601	160	130	2.628	901	239	87	20.780 €	3.463
	15m	1.752	601	160	140	2.453	841	223	100	4.380	1.502	399	56	22.380 €	3.730

Tabelle 9: Übersicht Erträge und Amortisationszeiten für KWKA

Bei einer Installation der KWKA in 2010 wird eine Einspeisevergütung nach EEG von 9,11 Cent pro eingespeiste Kilowattstunde an den Betreiber ausgezahlt. Die rechnerischen Amortisationszeiten bewegen sich zwischen 56 und 136 Jahren.

Bei einer Abnahme von 22 KWKA wurde mit einem Preisvorteil von 25% kalkuliert. Es wurde mit einer Stromeigennutzung des Flughafens gerechnet. Daraus reduzieren sich bei dem Anlagentyp der die geringsten Amortisationszeiten hat, in einer Nabenhöhe von 15 m, die Amortisation auf unwirtschaftliche 54 Jahre.

Flughafen Hahn mit 4 m/s					
	Höhe [m]	Erzeugung [kWh/a]	Stromeigennutzung [€]	Amortisation [a]	Anlagenpreis [€]
22 Anlagen UGE 4K	10	48.180	5.316	58	306.900
	15	55.888	6.166	54	333.300

Tabelle 10: Auswahl der KWKA

5.2 Wärmeversorgung

Für den bereits, vom bestehenden Nahwärmenetz, abgeklemmten Bereich wird nach einer wirtschaftlichen Wärmeversorgung gesucht. Es wurden verschiedene Varianten für ein neues Nahwärmenetz auf Basis von Holzhackschnitzel untersucht. Des Weiteren wurden Wärmeversorgungen für das Sonderterminal und die 1400er-Gebäude betrachtet.

5.2.1 Flughafen (Variante A)

Gebäude des Flughafenbereiches, welche bereits an das bestehende Nahwärmenetz angeschlossen waren, sollen über ein neu geplantes Netz mit Wärme versorgt werden. Dabei handelt es sich um folgende Gebäude:

Gebäudeübersicht Bereich Flughafen		
Gebäudenr.	Gebäudeart	Wärmebedarf [kWh/a]
411	Halle	1.441.970
510	Tower/Feuerwehr	511.260
600	Terminal	748.761
619	Hotel	119.640
662	Büro/Werkstatt/Lager	23.630
663	Büro	200.020
664	Büro	196.800
667	Büro	326.490
669	Büro	218.730
840	Cargo-Halle	665.950
850	Cargo-Halle	1.246.050
880	Büro	86.560
890	Büro	325.080
501A	Halle	189.460
501C	Halle	78.690
Gesamt		6.379.091

Tabelle 11: Gebäudeübersicht Bereich Flughafen

5.2.1.1 Technische Auslegung Flughafen

Ein Lageplan mit dem Netzverlauf und allen beteiligten Objekten ist in Abbildung 9 dargestellt. Der Standort der neuen Heizzentrale ist auf der rechten Seite blau gekennzeichnet.



Abbildung 9: Gebäude und Netzverlauf Variante A

Die Nutzenergie, welche in Zukunft durch das Nahwärmenetz bereit gestellt werden muss, beträgt für alle beteiligten Objekte zusammen etwa 6.500 MWh im Jahr. Tabelle 12 zeigt die Energiebilanz für die umgesetzten Energie- und Brennstoffmenge für das Nahwärmenetz, welches mit Holzhackschnitzel versorgt werden soll.

Energiebilanz		
Vorgaben	Jahreswärmebedarf [kWh/a]	6.379.091
	Wärmemenge inkl. Verluste [kWh/a]	7.899.803
Heizzentrale	Kesselleistung gesamt [kW]	3.160
	Kesselleistung HHS-Kessel [kW]	1.264
	Kesselleistung Öl-Kessel [kW]	1.896
Brennstoff	Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]	8.777.559
	Endenergiebedarf HHS [kWh/a]	7.022.047
	Endenergiebedarf Öl [kWh/a]	1.755.512

Tabelle 12: Energiebilanz Variante A

Für das Leitungsnetz werden nur Kunststoffverbundmantelrohre (Stahlmediumrohr mit Kunststoffmantel zur Isolierung) verwendet. Um Kosten für die Oberflächenwiederherstellung einzusparen, erfolgt die Verlegung der Leitungen möglichst unter Grünflächen. Anhand von Luftbildern wurden die Rohrnetzlängen der einzelnen Abschnitte ausgemessen, die gesamte Rohrnetzlänge beträgt ca. 2.800 Meter.

Eine wichtige Kennzahl, die sich aus der Dimensionierung des Leitungsnetzes ergibt, ist die Rohrnetz Kennzahl in MWh/m*a, da das Vorhaben ab einem Wert von 0,5 MWh/m*a durch das KfW-Förderprogramm „Erneuerbare Energien“ förderfähig ist und sich wirtschaftlich betreiben lässt. Für diese Auslegung erhält man eine Kennzahl von 2,9 MWh/m*a, also kann man Zuschüsse von der KfW-Bank erhalten und ein wirtschaftlicher Betrieb ist voraussichtlich gegeben.

Der Erdbunker zur Lagerung der HHS muss ein Volumen von ca. 255 m³ haben, um einen fünftägigen Volllastbetrieb zu gewährleisten. Das Heizöllager umfasst etwa 180.000 Liter (Jahresbedarf an Heizöl) in mehreren Öltanks.

Des Weiteren befinden sich in der Heizzentrale Pufferspeicher von insgesamt 20.000 Liter, mehrere Abgassysteme sowie sämtliche Peripherien, welche zum Betrieb der Heizanlagen benötigt werden.

5.2.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beinhaltet sämtliche Kosten für die Errichtung und den Betrieb des Nahwärmenetzes. Hierfür müssen zuerst die Investitionskosten überschlägig ermittelt werden. In Tabelle 13 sind die Investitionskosten abzüglich der Förderungen nach dem Förderprogramm „Erneuerbare Energien“ der KfW-Bank dargestellt.

Investitionskosten Nahwärmenetz	
Posten	Betrag [€]
Kosten Heizanlage	351.579,67
Kosten Heizzentrale	33.620,00
Kosten Brennstofflager	48.513,65
Kosten Heizöllager	39.888,80
Kosten Hausübergabestationen	103.526,00
Kosten Nahwärmenetz	1.027.335,78
Summe	1.604.463,90
sonstiges (5%)	80.223,20
Planungskosten (10%)	160.446,39
Investitionskosten	1.845.133,49
Förderung KfW-Bank	-275.824,00
Gesamtinvestitionskosten	1.569.309,49

Tabelle 13: Investitionskosten Variante A

Mit Hilfe der Annuitätenmethode werden die gesamten Investitionskosten über eine Laufzeit von 20 Jahren auf Jahreskosten umgelegt. Der Kreditzinssatz beträgt 6%. Die daraus resultierenden jährliche Kapitalkosten betragen ca. 136.500 €. Nach VDI 2067 werden zu den

Kapitalkosten noch Verbrauchskosten für Holzhackschnitzel, Öl und Strom sowie Betriebskosten und sonstige Kosten (z.B. Versicherung, Verwaltung usw.) addiert. Es wurde für die Hackschnitzel ein Preis von 16,70 €/Srm⁴ (0,025 €/kWh) und ein Ölpreis von 0,69 €/l⁵ (0,069 €/kWh) angenommen.

Daraus ergibt sich ein Wärmepreis von 6,83 Ct/kWh (siehe Tabelle 14).

Jahreskosten Nahwärmenetz	
	Betrag [€/a]
Kapitalkosten	136.529,93
Verbrauchskosten	322.399,74
Betriebskosten	30.847,46
sonstige Kosten	50.167,34
Jahreskosten [netto]	539.944,47
Wärmepreis [€/kWh]	0,0683

Tabelle 14: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante A

5.2.2 Flughafen + selbstversorgte Gebäude (Variante B)

In der Nähe des Terminals und der Verwaltung befinden sich acht Gebäude mit jeweils eigenständiger Wärmeversorgung über Heizöl. Die Heizanlagen in diesen Gebäuden sind zum Teil veraltet, so dass diese Gebäude an den Nahwärmeverbund aus Variante A angegliedert werden sollen. In Tabelle 15 sind diese Gebäude noch einmal dargestellt.

Gebäude mit eigenständigen Heizanlagen Bereich Flughafen					
Gebäudenr.	Gebäudeart	Ölverbrauch [l/a]	Wärmebedarf [MWh/a]	Nennleistung [kW]	Baujahr Kessel
332	Werkstatt	28.144	226,95	300	1985
348	Werkstatt	17.835	143,82	260	1986
417	Terminal für allg. Luftf.	5.330	42,98	54	1985
614	Werkstatt/Büro	10.014	80,75	230	1993
618	Lager/Büro	6.364	51,32	34	1988
649	Werkstatt/Büro	5.045	40,68	80	1982
652	Halle	5.578	44,98	250	1982
656	Werkstatt/Büro	6.481	52,26	60	1984
Gesamt		84.791	683,75	1.268	

Tabelle 15: Gebäude mit eigenständigen Heizanlagen

⁴ Vgl: <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnipreise.html>, Abruf am 26.04.2010

⁵ Vgl: <http://www.tecson.de/pheizoel.htm>, Abruf am 26.04.2010

5.2.2.1 Technische Auslegung Flughafen + selbstversorgte Gebäude

Abbildung 10 zeigt einen Lageplan der Nahwärmeversorgung mit dem Netzverlauf und allen beteiligten Objekten. Der Standort der Heizzentrale ist im Bild rechts blau gekennzeichnet.



Abbildung 10: Gebäude und Trassenverlauf Variante B

Die, für die technische Auslegung, zugrunde liegende Nutzenergie der beteiligten Objekte beträgt ca. 7.000 MWh im Jahr. Diese Nutzenergie muss in Zukunft durch das Nahwärmenetz bereitgestellt werden. Die Energiebilanz für die umgesetzten Energie- und Brennstoffmengen der Nahwärmeversorgung auf Basis von Holzhackschnitzel ist in Tabelle 16 dargestellt.

Energiebilanz		
Vorgaben	Jahreswärmebedarf [kWh/a]	7.062.846
	Wärmemenge inkl. Verluste [kWh/a]	8.746.558
Heizzentrale	Kesselleistung gesamt [kW]	3.499
	Kesselleistung HHS-Kessel [kW]	1.399
	Kesselleistung Öl-Kessel [kW]	2.099
Brennstoff	Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]	9.718.398
	Endenergiebedarf HHS [kWh/a]	7.774.718
	Endenergiebedarf Öl [kWh/a]	1.943.680

Tabelle 16: Energiebilanz Variante B

Für das Leitungsnetz werden nur Kunststoffverbundmantelrohre (Stahlmediumrohr mit Kunststoffmantel zur Isolierung) verwendet. Die Leitungen werden so weit wie möglich unter Grünflächen verlegt um Kosten für die Oberflächenwiederherstellung einzusparen. Die Längen der Leitungswege wurden anhand von Luftbildern ausgemessen, die gesamte Rohrnetzlänge beträgt ungefähr 3.600 Meter.

Die Rohrnetzkenzahl für diese Auslegung beträgt 2,4 MWh/m*a, also kann man Zuschüsse von der KfW-Bank erhalten und ein wirtschaftlicher Betrieb ist voraussichtlich gegeben.

Der Erdbunker zur Lagerung der HHS muss ein Volumen von ca. 282 m³ haben, um einen fünftägigen Vollastbetrieb zu gewährleisten. Das Heizöllager umfasst den Jahresbedarf von etwa 200.000 Liter in mehreren Öltanks.

Des Weiteren befinden sich in der Heizzentrale Pufferspeicher von insgesamt 20.000 Liter, mehrere Abgassysteme sowie sämtliche Peripherien, welche zum Betrieb der Heizanlagen benötigt werden.

5.2.2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beinhaltet sämtliche Kosten für die Errichtung und den Betrieb des Nahwärmenetzes. Hierfür müssen zuerst die Investitionskosten überschlägig ermittelt werden. Tabelle 17 zeigt zusammengefasst die Investitionskosten abzüglich der Förderungen nach dem Förderprogramm „Erneuerbare Energien“ der KfW-Bank.

Investitionskosten Nahwärmenetz	
Posten	Betrag [€]
Kosten Heizanlage	364.805,45
Kosten Heizzentrale	33.620,00
Kosten Brennstofflager	53.515,97
Kosten Heizöllager	46.540,90
Kosten Hausübergabestationen	136.646,00
Kosten Nahwärmenetz	1.276.682,34
Summe	1.911.810,66
sonstiges (5%)	95.590,53
Planungskosten (10%)	191.181,07
Investitionskosten	2.198.582,26
Förderung KfW-Bank	-356.611,20
Gesamtinvestitionskosten	1.841.971,06

Tabelle 17: Investitionskosten Variante B

Die gesamten Investitionskosten werden mit Hilfe der Annuitätenmethode auf Jahreskosten über eine Laufzeit von 20 Jahren umgelegt. Der Kreditzinssatz beträgt 6%. Somit erhält man jährliche Kapitalkosten von ca. 160.000 €. Nach VDI 2067 werden zu den Kapitalkosten noch Verbrauchskosten für Holzhackschnitzel, Öl und Strom sowie Betriebskosten und sonstige Kosten (z.B. Versicherung, Verwaltung usw.) addiert. Für die Hackschnitzel wurde ein Preis von 16,70 €/Srm⁶ (0,025 €/kWh) und ein Ölpreis von 0,69 €/l⁷ (0,069 €/kWh) angenommen.

Der daraus resultierende Wärmepreis liegt bei 6,95 Ct/kWh (siehe Tabelle 18).

Jahreskosten Nahwärmenetz	
	Betrag [€/a]
Kapitalkosten	160.251,48
Verbrauchskosten	356.956,76
Betriebskosten	33.998,00
sonstige Kosten	56.990,30
Jahreskosten [netto]	608.196,54
Wärmepreis [€/kWh]	0,0695

Tabelle 18: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante B

5.2.3 Flughafen + selbstversorgte Gebäude + möglicher Ausbau Cargo-Bereich (Variante C)

Der Cargo-Bereich soll in den nächsten Jahren weiter ausgebaut werden.⁸ Für diesen Fall wird für diesen Bereich der doppelte Wärmebedarf angenommen und zusammen mit den Daten aus Variante B ein Nahwärmenetz, basierend auf Entwicklungswerten, ausgelegt. Dazu werden vier weitere Cargo-Hallen, welche den Platz der Ausbaustufe 1⁹ einnehmen, angenommen und der Gesamtwärmebedarf der bestehenden Cargo-Hallen auf diese gleichmäßig verteilt.

⁶ Vgl: <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnippreise.html>, Abruf am 26.04.2010

⁷ Vgl: <http://www.tecson.de/pheizoel.htm>, Abruf am 26.04.2010

⁸ Auskunft von Herrn Braun (Dipl.-Ing. (FH) Versorgungstechnik/ Mitarbeiter der FFHG) am 14.11.2008

⁹ Auskunft von Herrn Braun (Dipl.-Ing. (FH) Versorgungstechnik/ Mitarbeiter der FFHG) am 22.04.2009

Gebäudeübersicht Ausbau Cargo-Bereich		
Gebäudenr.	Gebäudeart	Wärmebedarf [kWh/a]
840	Cargo-Halle	665.950
850	Cargo-Halle	1.246.050
Summe		1.912.000
"1"	Erweiterung Cargo	478.000
"2"	Erweiterung Cargo	478.000
"3"	Erweiterung Cargo	478.000
"4"	Erweiterung Cargo	478.000
Summe		1.912.000
Gesamt		3.824.000

Tabelle 19: Gebäudeübersicht Ausbau Cargo-Bereich

5.2.3.1 Technische Auslegung Flughafen + selbstversorgte Gebäude + möglicher Ausbau Cargo-Bereich

Der Netzverlauf sowie die anzuschließenden Gebäude sind in dem Lageplan in Abbildung 11 gekennzeichnet. Die angenommenen Cargo-Halle sind weiß im Bild oben rechts dargestellt, die neue Heizzentrale rechts in blau.

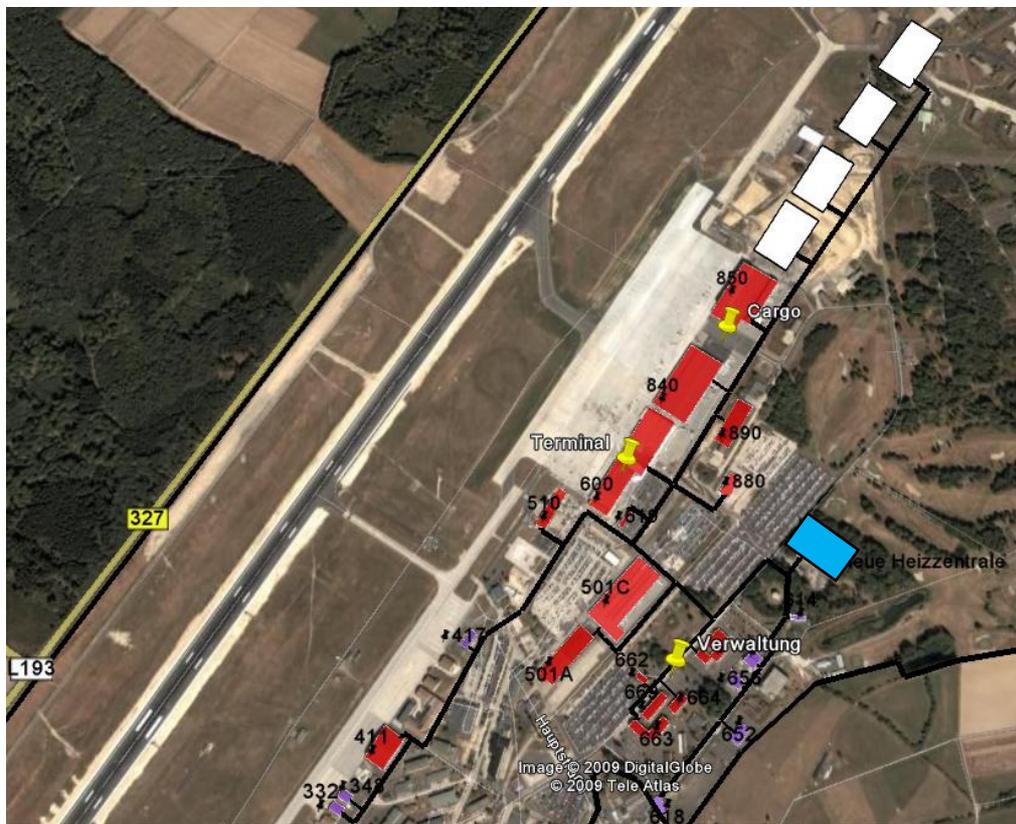


Abbildung 11: Gebäude und Netzverlauf Variante C

Grundlage für die technische Auslegung ist der Nutzenergiebedarf der beteiligten Objekte von 9.000 MWh pro Jahr. In Zukunft muss das Nahwärmenetz diesen Nutzenergiebedarf gewährleisten. Die umgesetzten Energie- und Brennstoffmengen der Nahwärmeversorgung auf Basis von Holzhackschnitzel sind in der nachfolgenden Energiebilanz aufgelistet.

Energiebilanz		
Vorgaben	Jahreswärmebedarf [kWh/a]	8.974.846
	Wärmemenge inkl. Verluste [kWh/a]	11.114.360
Heizzentrale	Kesselleistung gesamt [kW]	4.446
	Kesselleistung HHS-Kessel [kW]	1.778
	Kesselleistung Öl-Kessel [kW]	2.667
Brennstoff	Endenergiebedarf gesamt [kWh/a]	12.349.289
	Endenergiebedarf HHS [kWh/a]	9.879.431
	Endenergiebedarf Öl [kWh/a]	2.469.858

Tabelle 20: Energiebilanz Variante C

Die Rohrleitung bestehen aus Kunststoffverbundmantelrohren (Stahlmediumrohr mit Kunststoffmantel zur Isolierung). Soweit die Möglichkeit besteht, wird das Leitungsnetz unter Grünflächen verlegt um Kosten für die Oberflächenwiederherstellung einzusparen. Die Längen der Leitungswege wurden anhand von Luftbildern ausgemessen, die gesamte Rohrnetzlänge beträgt etwa 4.500 Meter.

Da die Rohrnetzkenzahl für diese Auslegung 2,5 MWh/m*a beträgt, kann man Zuschüsse von der KfW-Bank erhalten und ein wirtschaftlicher Betrieb ist voraussichtlich gegeben.

Zur Lagerung der HHS wird ein HHS-Bunker mit einem Volumen von ca. 358 m³ benötigt, um einen fünftägigen Vollastbetrieb zu gewährleisten. Das Heizöllager umfasst etwa 240.000 Liter in mehreren Öltanks.

Des Weiteren befinden sich in der Heizzentrale Pufferspeicher von insgesamt 27.000 Liter, mehrere Abgassysteme sowie sämtliche Peripherien, welche zum Betrieb der Heizanlagen benötigt werden.

5.2.3.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Sämtliche Kosten für die Errichtung und den Betrieb des Nahwärmenetzes werden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zusammengefasst. Dazu müssen erst die Investitionskosten überschlägig ermittelt werden. Diese sind abzüglich der Förderungen nach dem Förderprogramm „Erneuerbare Energien“ der KfW-Bank in Tabelle 21 aufgelistet.

Investitionskosten Nahwärmenetz	
Posten	Betrag [€]
Kosten Heizanlage	407.313,02
Kosten Heizzentrale	32.400,00
Kosten Brennstofflager	64.730,59
Kosten Heizöllager	53.193,00
Kosten Hausübergabestationen	165.126,00
Kosten Nahwärmenetz	1.528.976,22
Summe	2.251.738,83
sonstiges (5%)	112.586,94
Planungskosten (10%)	225.173,88
Investitionskosten	2.589.499,65
Förderung KfW-Bank	-434.179,20
Gesamtinvestitionskosten	2.155.320,45

Tabelle 21: Investitionskosten Variante C

Die gesamten Investitionskosten über eine Laufzeit von 20 Jahren und einem Zinssatz von 6% mit Hilfe der Annuitätenmethode auf Jahreskosten umgelegt, führen zu jährlichen Kapitalkosten von ca. 187.500 €. Nach VDI 2067 werden zu den Kapitalkosten noch Verbrauchskosten für Holzhackschnitzel, Öl und Strom sowie Betriebskosten und sonstige Kosten (z.B. Versicherung, Verwaltung usw.) addiert. Es wurde für die Hackschnitzel ein Preis von 16,70 €/Srm¹⁰ (0,025 €/kWh) und ein Ölpreis von 0,69 €/l¹¹ (0,069 €/kWh) angenommen.

Der daraus resultierende Wärmepreis liegt bei 6,78 Ct/kWh (siehe Tabelle 22).

Jahreskosten Nahwärmenetz	
	Betrag [€/a]
Kapitalkosten	187.512,88
Verbrauchskosten	458.776,67
Betriebskosten	37.671,44
sonstige Kosten	69.804,12
Jahreskosten [netto]	753.765,10
Wärmepreis [€/kWh]	0,0678

Tabelle 22: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante C

5.2.4 Referenzvariante: Austausch eines Ölkessels

Als Referenzvariante wurde der Austausch eines Ölkessels angenommen. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Tabelle 23 zeigt, dass der Wärmepreis des Austauschs bei 10,42 Ct/kWh liegen würde.

¹⁰ Vgl: <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnipreise.html>, Abruf am 26.04.2010

¹¹ Vgl: <http://www.tecson.de/pheizoel.htm>, Abruf am 26.04.2010

Investitionskosten Ölkessel	
Posten	Betrag [€]
Kosten Heizanlage	12.047,33
Kosten Heizöllager	7.306,60
Summe	19.353,93
sonstiges (5%)	967,70
Planungskosten (10%)	1.935,39
Gesamtinvestitionskosten	22.257,02

Jahreskosten Öl-Kessel	
	Betrag [€/a]
Kapitalkosten	1.936,36
Verbrauchskosten	6.625,20
Betriebskosten	806,43
sonstige Kosten	33,39
Jahreskosten [netto]	9.401,38
Wärmepreis [€/kWh]	0,1042

Tabelle 23: Investitionskosten & Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Ölkessel

5.2.5 Vergleich der Wärmepreise

Ein Vergleich der Wärmepreise (Abbildung 12) zeigt, dass ein Nahwärmenetz auf Basis von HHS rentabler ist, als die Gebäude mit einzelnen Heizanlagen auf Basis von Öl zu versorgen. Den niedrigsten Wärmepreis erzielt man bei Variante C (Flughafen + selbstversorgte Gebäude + Ausbau Cargo-Bereich). Da jedoch die Entwicklung des Flughafens nicht eindeutig feststeht, ist diese Variante derzeit mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Aus diesem Grund wird von den untersuchten Varianten Variante B (Flughafen + selbstversorgte Gebäude) empfohlen. Bei diesem Nahwärmenetz sind nicht nur die Gebäude einbezogen, die bereits vorher an das bestehende Nahwärmenetz angeschlossen waren, es sind auch die einzelversorgten Gebäude mit angeschlossen. Die einzelversorgten Gebäude haben veraltete Heizanlagen, welche in naher Zukunft ausgetauscht werden müssten.

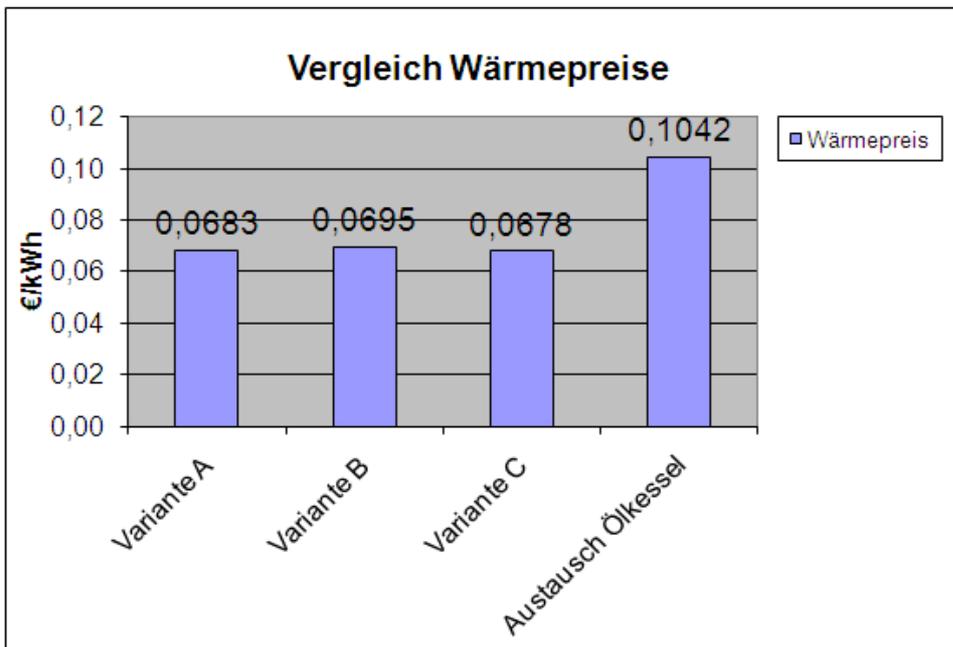


Abbildung 12: Vergleich Wärmepreise

5.2.6 Wärmeversorgung des Sonderterminals (Geb. 314)

Die Wärmeversorgung des Sonderterminals findet momentan über die mobile Heizzentrale mit 200 kW Leistung statt. Der Austausch dieser Anlage gegen einen Holzhackschnitzelkessel mit einer Leistung von 85 kW wird empfohlen, weil mit 9,21 Ct/kWh (Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Tabelle 24) ein niedrigerer Wärmepreis realisierbar ist, als bei einem Austausch des Ölkessels (Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Ölkessel siehe Tabelle 23).

Investitionskosten Hackschnitzelkessel	
Posten	Betrag [€]
Kosten Heizanlage	27.826,60
Kosten Heizraum & Brennstofflager	17.406,70
Summe	45.233,30
sonstiges (5%)	2.261,67
Planungskosten (10%)	4.523,33
Investitionskosten	52.018,30
Förderung KfW-Bank	-3.000,00
Gesamtinvestitionskosten	49.018,30

Jahreskosten Hackschnitzelkessel	
	Betrag [€/a]
Kapitalkosten	4.264,59
Verbrauchskosten	2.526,60
Betriebskosten	13.848,51
sonstige Kosten	1.994,30
Jahreskosten [netto]	22.634,00
Wärmepreis [€/kWh]	0,0921

Tabelle 24: Investitionskosten & Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Hackschnitzelkessel

5.2.7 Anschluss der 1400er-Gebäude an die bestehende Heizzentrale

Die 1400er-Gebäude, welche sich südlich des Sonderterminals befinden, werden zurzeit über eigenständige, veraltete Heizanlagen mit Wärme versorgt. Es wird empfohlen, diese Gebäude an die vorhandene Biogasanlage anzuschließen, weil die Heizanlagen demnächst erneuert werden müssen.

5.2.6.1 Technische Auslegung

Abbildung 13 zeigt die Lage der Gebäude, welche angeschlossen werden sollen, sowie den Rohrnetzverlauf anhand eines Luftbildes.

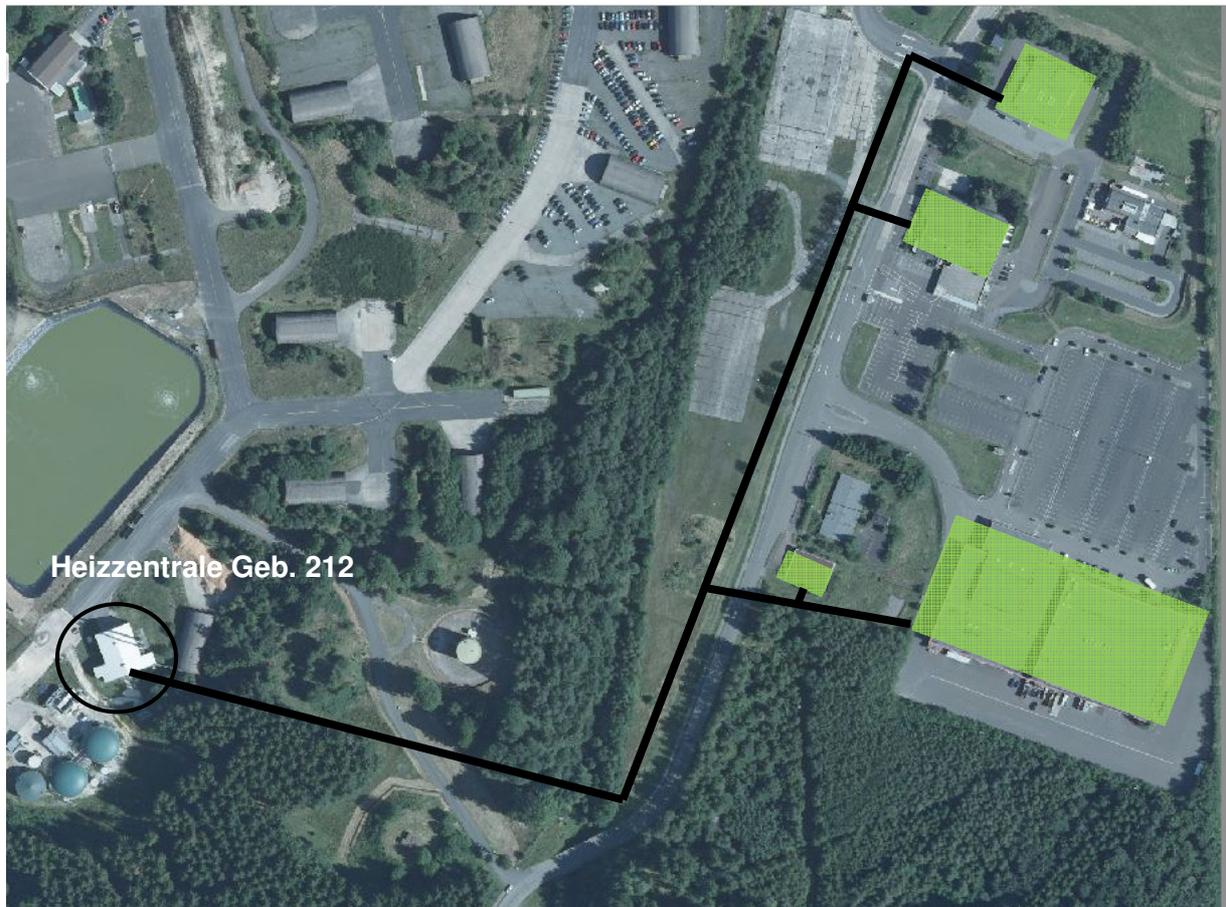


Abbildung 13: anzuschließende Gebäude und Trassenverlauf

Da diese Gebäude an die vorhandene Biogasanlage/Heizzentrale angeschlossen werden sollen, werden nur die Rohrnetzlängen und die Hausübergabestationen berechnet. Die Kessel sind bereits in der Heizzentrale vorhanden.

Die Netzlänge beträgt ca. 887 Meter. Mit der zu übertragenden Wärmemenge von 631.000 kWh/a ergibt sich eine Rohrnetzkenzahl von 712 kWh/m*a. Somit ist dieses Vorhaben durch die KfW-Bank förderfähig und die Wirtschaftlichkeit des Betriebs ist gegeben.

Rohrnetzkenzahl [kWh/m*a]	712
übertragene Wärmemenge[kWh/a]	631.039
Gesamtlänge des Rohrnetzes	886,50

Tabelle 25: Rohrnetzkenzahl

5.2.6.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Investitionskosten, welche für die Errichtung notwendig sind, werden für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung überschlägig ermittelt. Dies sind die Kosten für die Verrohrung und die Verlegung des Netzes, sowie für die Hausübergabestationen. Bei den Gesamtinvestitions-

kosten in Tabelle 26 sind die möglichen Förderungen durch die KfW-Bank bereits abgezogen.

Investitionskosten Anschluß 1400er-Gebäude an Biogasanlage	
Posten	Betrag [€]
Kosten Hausübergabestationen	15.540,00
Kosten Nahwärmenetz	227.995,85
Summe	243.535,85
sonstiges (5%)	12.176,79
Planungskosten (10%)	24.353,58
Investitionskosten	280.066,22
Förderung KfW-Bank	-78.120,00
Gesamtinvestitionskosten	201.946,22

Tabelle 26: Investitionskosten Anschluss 1400er-Gebäude

Diese Investitionskosten werden auf eine Laufzeit von 20 Jahren mit einem Zinssatz von 6% umgelegt. Die jährlichen Kapitalkosten betragen etwa 17.600 €/a. Hinzu kommen noch die Verbrauchskosten für Biogas und Strom sowie Betriebskosten und sonstige Kosten (z.B. Versicherung, Verwaltung usw.). Es wurde von einem am Flughafen Hahn üblichen Wärmepreis für Biogas von 2,8 Ct/kWh ausgegangen.

Anhand der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sieht man, dass sich der Wärmepreis bei Anschluss an die vorhandene Biogasanlage/Heizzentrale günstiger darstellt, als der Austausch der einzelnen Heizölkessel.

Jahreskosten Anschluß 1400er Gebäude	
	Betrag [€/a]
Kapitalkosten	17.569,32
Verbrauchskosten	31.110,25
Betriebskosten	2.481,98
sonstige Kosten	5.506,55
Jahreskosten [netto]	56.668,09
Wärmepreis [€/kWh]	0,0898

Tabelle 27: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Anschluss 1400er-Gebäude

5.3 Neue Biogasanlage und Kühlung des Terminals

5.3.1 Flughafen + selbstversorgte Gebäude (Variante A)

Im Zusammenhang mit der neuen Nahwärmeversorgung (Kapitel 5.2) des Flughafenbereichs wird als weitere Untersuchungsvariante eine neue Biogasanlage geplant. Diese soll sowohl den Wärmebedarf dieses Bereichs abdecken, als auch die Kühlung des Terminals über Absorptionskälteanlagen unterstützen. Hierfür wird der Nahwärmeverbund aus Kapitel 5.2.2 (Flughafen + 8 selbstversorgte Gebäude) um die Anbindung der neuen BGA erweitert, wie in Abbildung 14 in rot dargestellt. Der sommerliche Wärmeüberschuss aus der Biogasanlage wird mit der AKM zur Kühlung des Terminals genutzt.

5.3.1.1 Technische Auslegung

In Abbildung 14 sind die anzuschließenden Gebäude und der Trassenverlauf des Nahwärmeverbunds mit geplanter Biogasanlage (oben rechts) dargestellt.

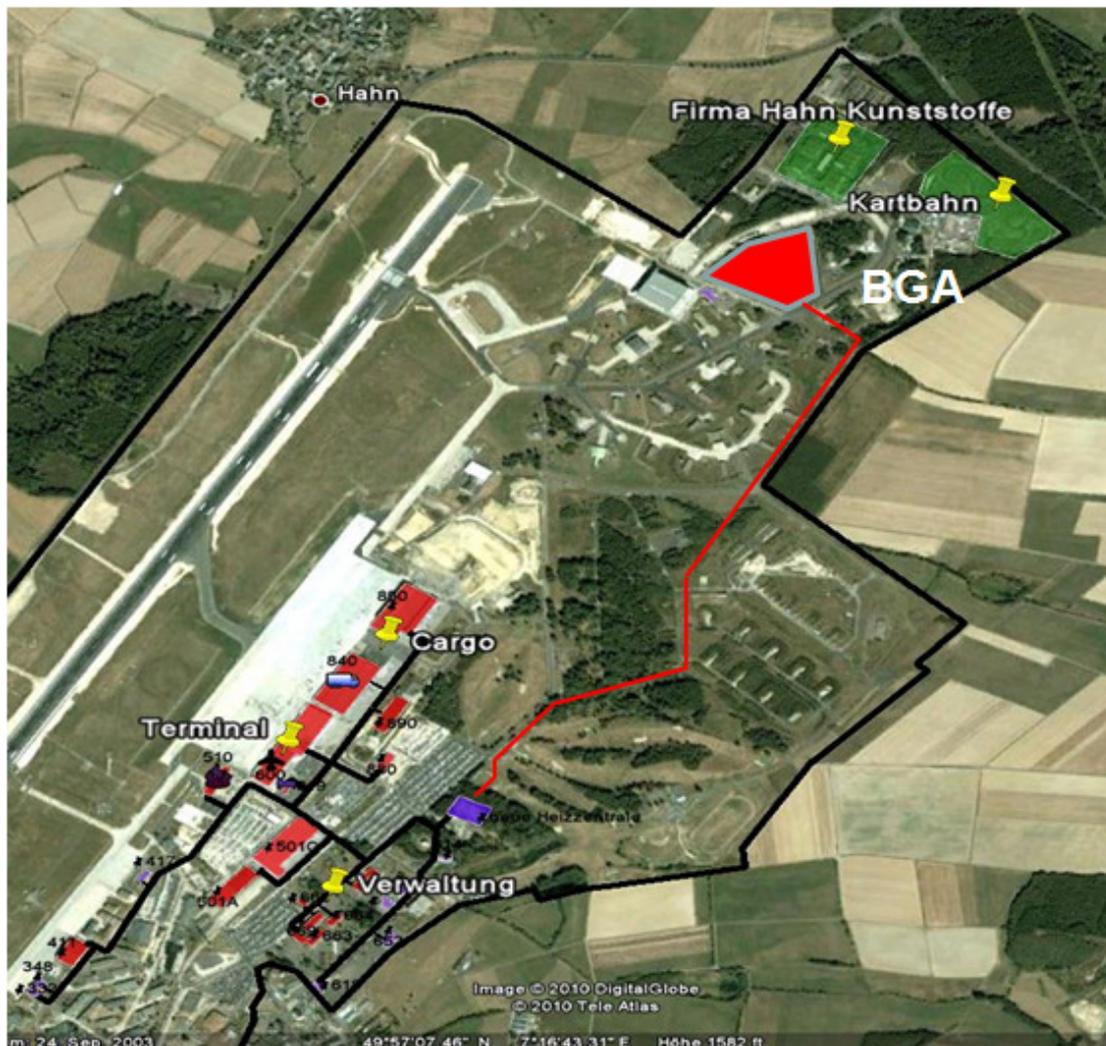


Abbildung 14: Trassenverlauf und Nahwärmeverbund mit BGA

Der Wärmebedarf wurde aus Kapitel 5.2.2 (Flughafen + selbstversorgte Gebäude) übernommen und um den Nutzenergiebedarf der Kälteanlagen des Terminals erweitert. Aufsummiert ergibt sich daraus ein Nutzenergiebedarf von 12.700 MWh/a. Bei einer Trassenlänge des Nahwärmeverbunds von 7.686 m resultiert daraus eine Rohrnetzkenzahl von 1.653 kWh/m*a. Um die benötigte Nutzenergie bereitzustellen wird ein BHKW mit einer installierten thermischen Leistung von ca. 700 kW_{th} und ein HHS-Kessel mit einer Leistung von 1.400 kW zur Grundlastabdeckung betrachtet. Die Spitzenlastabdeckung soll über einen Ölkessel mit einer installierten Leistung von 2.100 kW abgedeckt werden.

Die erforderlichen landwirtschaftlichen Flächen zum Substratanbau und die Gülle für die BGA stehen laut Landwirtschaftskammer in der näheren Umgebung ausreichend zur Verfügung.

Um die überschüssige Abwärme der BGA im Sommer sinnvoll nutzbar zu machen und einen Teil der vorhandenen strombetriebenen Kältekompressionsanlagen (KKM) zu ersetzen bzw. zu unterstützen, wurde eine Absorptionskältemaschine (AKM) betrachtet. Die AKM wurde auf die überschüssige Wärme in den Sommermonaten ausgelegt. Die sich daraus ergebende Wärmemenge reicht aus um eine AKM mit einer installierten Leistung von 540 kW_{th} zu betreiben. Um eine bessere Regelbarkeit zu erreichen wurden zwei gleichgroße AKM untersucht. Der COP (coefficient of performance oder Leistungszahl) einer Absorptionskältemaschine zeigt das Verhältnis zwischen eingesetzter Energie zu erhaltener Kälteenergie. Durch den COP von 0,75 der AKM muss mehr Wärmeleistung bereitgestellt werden als Kälteleistung erzeugt wird. In diesem Berechnungsfall muss eine Wärmeleistung von 2* 266 kW_{th} zur Verfügung stehen. Multipliziert mit der Volllaststundenzahl von 4.200 h (halbjährlicher Kühlungsbedarf) ergibt sich ein Wärmebedarf von 2.234 MWh/a.

Technische Parameter BGA AKM Terminal		
Bezeichnung	Wert	Einheit
Endenergiebedarf	15.248.446	kWh/a
Nutzenergiebedarf	12.707.038	kWh/a
Netzlänge	7686,1	m
Rohrnetzkenzahl	1.653	kWh/m*a
Größe BHKW th	744	kW _{th}
Größe BHKW el	703	kW _{el}
HHS-Grundlastkessel	1400	kW
Öl-Spitzenlastkessel	2099	kW
AKM instal. Leistung	2* 266	kW
Wärmebedarf für Kälteerzeugung	2.234.400	kWh/a

Tabelle 28: Übersicht der technischen Parameter BGA mit AKM

5.3.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Investitionskosten belaufen sich auf ca. 9,2 Mio. Euro, abzüglich der Förderungen für den Holzhackschnitzelkessel, die Hausübergabestation und den Nahwärmeverbund in Höhe von 0,7 Mio. Euro ergeben sich Netto-Investitionskosten von 8,5 Mio. Euro. Die sich daraus resultierenden, auf die Laufzeiten bezogenen Kapitalkosten sind in Tabelle 29 dargestellt.

Kosten BGA AKM Terminal		
Bezeichnung	Betrag [€/a]	Einheit
Kapitalkosten	772.146	€
Verbrauchs-kosten	620.555	€
Betriebskosten	18.490	€
sonstige Kosten	113.119	€
Jahreskosten [netto]	1.575.410	€
Wärmepreis	0,0611	[€/kWh]

Tabelle 29: Übersicht der Kosten BGA mit AKM

Die Netto-Jahreskosten belaufen sich auf ca. 1,6 Mio. Euro. Darin sind die Jahreskosten, die Verbrauchs-, Betriebs- und sonstige Kosten enthalten. Bei einer abgesetzten Wärmemenge von 12.700 MWh/a ergeben sich Wärmeerzeugungskosten für den Nahwärmeverbund von ca. 6 Ct/kWh. Verglichen mit dem Wärmeerzeugungspreis der Referenzvariante (siehe Tabelle 23) von 10,42 Cent/kWh ergeben sich für den durch die BGA gespeisten Nahwärmeverbund jährliche Einsparungen von 547.000 €.

Ausgehend davon, dass der sommerliche Wärmeüberschuss der BGA, der sonst ungenutzt über elektrische Kühler zurückgekühlt werden muss, kostenfrei für die Versorgung der AKM zur Verfügung gestellt wird (der Anlagenbetreiber erhält 3 Cent/kWh Kraft-Wärme-Kopplungsbonus für die genutzte Wärme aus der Stromproduktion), ergibt sich ein Kälteerzeugungspreis von ca. 2 Cent/kWh. Bei Austausch der vorhandenen, strombetriebenen KKM ergibt sich bei einem Strompreis von 11,31 Cent/kWh ein Kälteerzeugungspreis von 5 Cent/kWh. Daraus resultiert für die Kälteerzeugung eine Einsparung der Jahreskosten von ca. 76.000 €.

Damit spart die neue BGA in Kombination mit einer AKM nicht nur ca. 3.563 t CO₂ ein, es werden ebenfalls die jährlichen Kosten um 623.000 € reduziert.

5.3.2 Flughafen + selbstversorgte Gebäude + Firma Hahn Kunststoffe (Variante B)

In Verbindung mit Variante A wird auch eine neue Biogasanlage in der Nähe der Firma Hahn Kunststoff GmbH geplant. Hierfür müssten noch weitergehende Gespräche mit den Verant-

wortlichen der Firma geführt werden. Ein grundsätzliches Interesse wurde von der Geschäftsführung bei einem Vor-Ort-Termin signalisiert

Das Gelände der Hahn Kunststoff GmbH hat eine Größe von 45.000 m² und liegt, wie in Abbildung 14 dargestellt im Nordosten des Flughafengeländes. Auf dem Gelände befinden sich vier Lager- bzw. Produktionshallen, das Verwaltungsgebäude und Lagerplatz für die Rohstoffe (gebrauchter Kunststoff). Der Jahresgesamtwärmebedarf beträgt ca. 4.800 MWh und wird über Ölkessel bereitgestellt. Der jährliche Strombedarf liegt bei ca. 16.200 MWh, darin enthalten sind der Kühlungsbedarf für die Produktion der über strombetriebene Kältekompressionsmaschinen ganzjährig abgedeckt wird und die strombasierte Gebäudeheizung der Verwaltung. Um Kosten und CO₂-Emissionen zu senken soll die strombetriebene Kühlung umgestellt und über wärmebetriebene Absorptionskältemaschinen getauscht werden. Da der Temperaturbereich für die Produktionsmaschinenkühlung sich zwischen 25°C bis minimal 10°C beträgt, bietet sich die Umstellung auf wärmegetriebene AKM an, vorausgesetzt wie in diesem Fall es steht ausreichend kostenneutrale Wärme zur Verfügung.

Der Wärmebedarf wurde aus Kapitel 5.3.1 übernommen und um den Nutzenergiebedarf der Firma Hahn Kunststoff erweitert. Aufsummiert ergibt sich daraus ein Nutzenergiebedarf von ca. 22.800 MWh/a. Bei einer Trassenlänge des Nahwärmeverbunds von 8.151 m resultiert daraus eine Rohrnetzkenzahl von 2.794 kWh/m*a. Um die benötigte Nutzenergie bereitzustellen wird ein BHKW mit einer installierten thermischen Leistung von ca. 2.148 kW_{th} und ein HHS-Kessel mit einer Leistung von 1.400 kW zur Grundlastabdeckung betrachtet. Die Spitzenlastabdeckung soll über Ölkessel mit einer installierten Leistung von 2.100 kW abgedeckt werden.

Um den Kühlungsbedarf bzw. die Kältegrundlast der Firma zu decken müssten die drei vorhandenen KKM mit einer installierten Gesamtleistung von 141 kW_{el} gegen AKMs mit ca. 200 kW Kälteleistung ausgetauscht werden. Hierfür wurde eine AKM mit einer Gesamtkälteleistung von 266 kW gewählt. In Verbindung mit dem Kühlungsbedarf für das Terminal ergibt sich ein zusätzlicher Wärmebedarf für die Kühlung von ca. 4.564 MWh pro Jahr.

Die erforderlichen landwirtschaftlichen Flächen zum Substratanbau und die Gülle für die BGA stehen laut Landwirtschaftskammer in der näheren Umgebung ausreichend zur Verfügung.

Kosten BGA Flughafen + 8 Gebäude + Hahn Kunststoffe AKM		
Bezeichnung	Wert	Einheit
Endenergiebedarf	27.331.775	kWh/a
Nutzenergiebedarf	22.776.479	kWh/a
Netzlänge	8.151	m
Rohrnetzkenzahl	2.794	kWh/m*a
Größe BHKW th	2.148	kW _{th}
Größe BHKW el	1.946	kW _{el}
HHS-Grundlastkessel	1.400	kW
Öl-Spitzenlastkessel	2.099	kW
Absorptionskältemaschinen	1.064	kW
Wärmebedarf für Kälteerzeugung	4.564.560	kWh/a

Tabelle 30: Übersicht der technischen Parameter BGA und Hahn Kunststoffe mit AKM

5.3.2.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Investitionskosten betragen ca. 20,3 Mio Euro, abzüglich der Förderungen für den Holzhackschnitzelkessel, die Hausübergabestationen und des Nahwärmeverbundes in Höhe von 1,65 Mio Euro ergeben sich Netto-Investitionskosten von ca.18,7 Mio Euro. Die sich daraus resultierenden auf die Laufzeiten bezogene Kapitalkosten sind in Tabelle 31 dargestellt.

Kosten BGA Flughafen + 8 Gebäude + Hahn Kunststoffe AKM		
Bezeichnung	Betrag [€/a]	Einheit
Kapitalkosten	1.442.143	€
Verbrauchs-kosten	1.137.642	€
Betriebskosten	18.490	€
sonstige Kosten	229.685	€
Jahreskosten [netto]	2.904.611	€
Umsatzsteuer	546.663	€
Jahreskosten [brutto]	3.453.194	€
Wärmepreis [brutto]	0,0487	€/kWh

Tabelle 31: Übersicht der Kosten der technischen Parameter BGA und Hahn Kunststoffe mit AKM

Die Netto-Jahreskosten belaufen sich auf ca. 3,45 Mio. Euro. Darin sind die Jahreskosten, die Verbrauchs-, Betriebs- und sonstige Kosten enthalten. Bei einem Nutzenergiebedarf von ca. 22.800 MWh/a abzüglich des Wärmebedarfs für die Kälteerzeugungen ergeben sich Wärmeerzeugungskosten für den Nahwärmeverbund von ca. 5 Ct/kWh. Verglichen mit dem Wärmeerzeugungspreis der Referenzvariante (siehe Tabelle 23) von 10,42 Cent/kWh ergeben sich für den durch die BGA gespeisten Nahwärmeverbund jährliche Einsparungen von ca. 1,23 Mio. €.

Ausgehend davon, dass der sommerliche Wärmeüberschuss der BGA, der sonst ungenutzt über elektrische Kühler zurückgekühlt werden muss, kostenfrei für die Versorgung der AKM zur Verfügung gestellt wird (der Anlagenbetreiber erhält 3 Cent/kWh Kraft-Wärme-Kopplungsbonus für die genutzte Wärme aus der Stromproduktion), ergibt sich ein Kälteerzeugungspreis von ca. 2 Cent/kWh. Bei Austausch der vorhandenen, strombetriebenen KKM ergibt sich bei einem Strompreis von 11,31 Cent/kWh ein Kälteerzeugungspreis von ca. 5 Cent/kWh. Daraus resultiert für die Kälteerzeugung eine Einsparung der Jahreskosten, von ca. 58.000 € zuzüglich des KWK-Bonus von 69.905 €, ergeben sich Gesamteinsparungen pro Jahr von 127.862 €.

Damit spart die neue BGA in Kombination mit Absorptionskältemaschinen nicht nur ca. 5.178 t CO₂ ein, es werden ebenfalls die jährlichen Kosten um 1.137.682 € reduziert.

5.3.3 Kühlung des Terminals über Grundwasser

Am Flughafen Salzburg wird das Terminal über Grundwasser gekühlt. Hierzu wird das Kühlwasser von drei Brunnen mit fünf Unterwasserpumpen dem Kühlregister zugeführt, anschließend wird es in einer Sickeranlage versickert. Diese Art der Gebäudekühlung wurde auch für den Flughafen Hahn überprüft. Jedoch funktioniert dies am Flughafen Hahn laut telefonischer Auskunft von Herrn Dr. Dreher (Landesamt für Geologie und Bergbau/ Referat für regionale Hydrogeologie) vom 15.06.2009 nicht, da durch das vorhandene Schiefer-Ton-Gestein zu wenig Wasservorkommen herrscht.

5.4 Mothermik BHKWs

Des Weiteren wurde überprüft, ob im Zusammenhang mit der neuen Biogasanlage die vorhandenen BHKWs eingesetzt werden können. Dazu müssten diese erst instand gesetzt werden, da schon in der Anfangszeit ein Motorproblem aufgetreten ist. Diese könnten dann in der neuen Heizzentrale integriert werden.

5.4.1. Ergebnis

Trotz mehrerer Anfragen an die Firma Mothermik gab es keine Informationen über die BHKWs. Dadurch sind die Kosten für die Instandsetzung und die Umsetzung in eine neue Heizzentrale nicht einschätzbar.

Bei Umsetzung in eine neue Heizzentrale würden die BHKWs als eine Anlage gelten (momentan als zwei getrennte Anlagen). Dafür wäre ein neues, umfangreiches Genehmigungsverfahren notwendig.

5.5 Verwertung des Enteisungsmittels und der anfallenden Bioabfälle

Die Enteisungsmittel, Fettabscheiderreste und der Papierfluff wurden im Hinblick auf eine energetische Verwertung in der zweiten Biogasanlage (siehe Kapitel 5.3) untersucht. Auch wurde überprüft, ob man die Abfallstoffe verbrennen kann.

5.5.1 Enteisungsmittel

Eine Untersuchung des Brennwertes von dem Glycol-Wasser-Gemisch im Labor am Umwelt-Campus ergab, dass sich das Gemisch nicht entzündete. Somit war ein Brennwert nicht feststellbar.

Da Glycol nicht auf der „Positivliste der rein pflanzlichen Nebenprodukte und ihrer Standard-Biogaserträge“ (Substrate für Biogasanlagen nach EEG Anlage 2 Nr. V) auftaucht, würde der NawaRo-Bonus verloren gehen und somit ist eine Verwendung in der zweiten Biogasanlage ist nicht möglich.

5.5.2 Fettabscheiderreste

Die Masse der anfallenden Fettabscheiderreste auf dem Flughafen Hahn ist als alleiniger Input-Stoff für eine Abfallvergärungsanlage zu gering. Aus diesem Grund wird empfohlen, eine Biomasse-Potential-Studie für den Umkreis zu erstellen, um das genaue Potential an Input-Stoffen festzustellen.

5.5.3 Papierfluff

Die Verwendung des Papierfluffs in der zweiten Biogasanlage ist nicht möglich, da Papier Lignin enthält und dieser Inhaltsstoff in Biogasanlagen ein Hemmstoff ist.

Eine Verbrennung dieses Abfallstoffs erfordert ein Genehmigungsverfahren nach der 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung (17. BImSchV), welches sehr kostenintensiv ist.

5.6 Ground Power Units (GPUs)

Ground Power Units sind Bodenstromaggregate, die die Flugzeuge am Boden mit elektrischer Energie versorgen. Diese GPUs können entweder direkt ans Stromnetz des Flughafens angeschlossen werden oder selbstständig als Generator betrieben werden.

Bei den GPUs am Flughafen Hahn handelt es sich um Anhänger, die morgens aufs Flugfeld gefahren werden und tagsüber dort verbleiben. Sie werden als Generatoren betrieben. Diese Generatoren laufen im Dieselbetrieb, die Umstellung des Betriebs auf Pflanzenöl (PÖL) wäre ein Pilotprojekt in Deutschland.

Eine weitere Möglichkeit wäre, die Nutzung der GPUs zur Wärme- und Stromerzeugung während den Standzeiten.

5.6.1 Wärme- und Stromerzeugung

Die Idee, in den Standzeiten Wärme und Strom mit den GPUs zu erzeugen wird aufgrund von Anschluss- und Montageaufwendungen und fehlender Flexibilität verworfen.

5.6.2 Umrüstung auf Pflanzenöl

Für die Stromversorgung der Flugzeuge auf dem Flugfeld stehen 27 sog. Ground Power Units (GPU/ Bodenstromaggregate) zur Verfügung, diese haben eine jährliche Gesamtlaufzeit von ca. 32.000 Std./a. Daraus ergeben sich durchschnittlich 1.185 Jahresbetriebsstunden für jedes Aggregat. Auf Basis dieser Angaben und Herstellerangaben zu dem Verbrauch wurde die technische Auslegung für ein exemplarisches Bodenstromaggregat ausgeführt. In Tabelle 32 sind die verwendeten technischen Parameter dargestellt. Aus der Nennleistung des Generators und der Betriebsstunden ergibt sich die erzeugte elektrische Arbeit von ca. 165.900 kWh/a. Der tatsächliche Dieselpreis wurde vom Flughafen Hahn übermittelt und war mit 0,97 € pro Liter nur sieben Eurocent teurer als das kaltgepresste regional hergestellte Pflanzenöl. Die Umrüstungskosten pro Aggregat wurden per Angebot angefragt und mit 2.500 € angesetzt.

	Umrüstung GPU auf Pflanzenöl	Umrüstung GPU auf Pöl doppelte Jahresstunden	Dieselpetrieb (Referenz)	
Bezeichnung	Wert			Einheit
Betriebsstunden GPU	1.185	2.370	1.185	[h]
Leistung Motor	197	197	197	[kW]
Nennleistung Generator	140	140	140	[kW]
erzeugte el. Leistung	165.926	331.852	165.926	[kWh/a]
Gesamtvolumen Diesel			14.062	[l/a]
Dieselpreis			0,97	[€/l]
Gesamtvolumen Pflanzenöl	16.593	33.185		[l/a]
Pflanzenölpreis	0,90	0,90		[€/l]
Motorölpreis	10	10	10	[€/l]
Umrüstung GPU auf Pflanzenöl	2.500	2.500		[€]

Tabelle 32: Technische Daten Umrüstung GPU auf Pflanzenöl

Um die Ausflockung des Pflanzenöls beim Verbrennungsvorgang und die daraus resultierende Agglomeration der Partikel zu minimieren und damit die Standzeit des Aggregates zu erhalten müssen die Wartungsintervalle 1,5 mal so häufig wie bei reinem Dieselpetrieb durch geführt werden. Dadurch erhöhen sich die Wartungsintervalle und -kosten bei Pflanzenölbetrieb, diese sind in Tabelle 33 in die Verbrauchskosten mit eingeflossen.

	Umrüstung GPU auf Pflanzenöl	Umrüstung GPU auf Pöl doppelte Jahresstunden	Dieselpetrieb (Referenz)	
Bezeichnung	Betrag	Betrag	Betrag	Einheit
Kapitalkosten	308	308	0	[€/a]
Verbrauchskosten	16.119	32.237	14.430	[€/a]
Betriebskosten	493	493	394	[€/a]
sonstige Kosten	1.346	2.636	1.203	[€/a]
Jahreskosten [netto]	18.266	35.674	16.027	[€/a]
Jahreskosten [brutto]	21.736	42.452	19.072	[€/a]
Stromerzeugungskosten [brutto]	0,1310	0,1279	0,1149	[€/kWh _{el}]

Tabelle 33: Kosten der Umrüstung der GPU auf Pflanzenöl

Obwohl zwischen den Brennstoffpreisen nur eine geringe Differenz ist, stellt sich aufgrund der Umrüstkosten und der erhöhten Wartungsintervalle zum momentanen Zeitpunkt die Umrüstung der GPUs auf Pflanzenölbetrieb nicht als wirtschaftlich sinnvoll dar. Auch wenn die Laufzeit der Aggregate verdoppelt wird reduziert sich der Stromerzeugungspreis nur von 0,131 €/kWh_{el} auf 0,128 €/kWh_{el}. Damit ist der reine Dieselpetrieb mit 0,1149 Euro pro erzeugte Kilowattstunde Strom bei den zugrundeliegenden Treibstoffpreisen günstiger. Erst ab

einem Dieselpreis von 1,13 Euro pro Liter ergibt sich ein wirtschaftlicher Vorteil von der Umrüstung der GPU.

5.7 Elektromobilität

Der Flughafen Hahn verfügt über eine Vielzahl verschiedener Fahrzeuge in unterschiedlichen Bereichen. Auch die Fahrleistungen variieren nach Einsatzgebiet dementsprechend. Wie weiter oben bereits beschrieben wurde, eignet sich der Einsatz von Elektrofahrzeugen insbesondere bei hohem Nutzungsgrad. Vor diesem Hintergrund wurde die Fahrzeugflotte hinsichtlich der jährlichen Kilometerfahrleistung analysiert. Hierzu stellte die Verkehrsabteilung des Flughafens Hahn die folgende Datengrundlage zur Verfügung:

Fahrzeugbezeichnung	Anzahl	Jährlicher Stundeneinsatz 2007
Jet Airstarter Einzelanlage	5	56
Förderbandwagen 7,5-9 m	5	1.263
Bodenstromgerät	27	32.070
Highloader 20/30 to	5	2.788
Highloader 7 to	5	2.536
Zubringer 7 T	9	3.780
Zubringer 14 T	2	460
Toilettenwagen/Wasserwagen	5	1.836
Lichtgiraffe	8	9.684
Flugzeugschlepper 55 to	3	1.671
Flugzeugschlepper 12 to	8	10.941
Frachtschlepper 6 to	8	7.983
Gepäckschlepper 3/4 to	5	6.638
Follow Me	4	k.A.
Mannschaftsbusse Vorfeld	8	k.A.
Koffervagen motorisiert	2	k.A.
Heizgeräte	2	11
Passagiertreppe 2,40-5,80 (motorisiert)	9	4.632
Dieseltankwagen	2	993
Treppenenteisunganhänger	1	5
Wechselader	2	358
FLF	4	942
Sonstige Feuerwehrfahrzeuge	6	201
Kompaktkehrblasgeräte	5	185
Sattelzugmaschinen	10	k.A.
Kehrblasgeräte	10	1.881
Airportstreuer	4	459
Schlepper Winterdienst	8	2.566
Flugzeugenteiser	6	1.156
Kehrmaschinen	4	3.003
Mannschaftsbusse Winterdienst	6	k.A.
Schneefräsen	2	52
Gabelstapler eigen	2	423
Corsa	k.A.	k.A.
Gesamt	> 189	> 98.573

Tabelle 34: Fahrzeugflotte des Flughafens

5.7.1 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Da derzeit nicht für jeden Einsatzbereich Elektrofahrzeuge verfügbar sind, wurde auf der vorliegenden Datenbasis zunächst eine Auswahl der Fahrzeuge getroffen, welche durch ein Elektrofahrzeug ersetzt werden können. Des Weiteren wurden Literaturwerte herangezogen, um die Kraftstoffverbräuche zu errechnen. Da die Datengrundlage nicht vollständig ist, wurden auch teilweise die Einsätze von Fahrzeugen anhand von Literaturangaben abgeschätzt. Unter diesen Ausgangsbedingungen wurden für die weitere Untersuchung folgende Fahrzeuge selektiert:

Fahrzeug		Fahrleistung [km/a]
Diesel	Follow me T4	21.056
	Opel Corsa	6.000
	Mannschaftsbus	12.386

Tabelle 35: Auswahl der zu untersuchenden Fahrzeuge

Als Ausgangsparameter zu weiteren Berechnungen wurden folgende Annahmen getroffen:

Position	Wert
Dieselpreis	0,97 €/ l
Strompreis	0,11 €/ kWh
Diesel-Preissteigerungsrate	10%
Instandhaltungskosten	1 % der Investkosten
Inflationsrate	2,50%
Diesel-CO ₂ -Faktor	0,265 kg CO ₂ / kWh
Strom-CO ₂ -Faktor (erneuerbar)	0,628 kg CO ₂ / kWh

Tabelle 36: Berechnungsgrundlagen

Die Auswahl der Referenzfahrzeuge basiert auf der heutigen Verfügbarkeit von Elektrostraßenfahrzeugen. Zum Vergleich wurden folgende Elektrofahrzeuge herangezogen:

- LUIS (www.luis.de)
- Citaro Hybridbus, Mercedes Benz
- EcoCarrier (www.ecocraft-automotive.de)

Tabelle 37 zeigt den Vergleich der Elektro-Referenzfahrzeuge mit den ausgewählten Fahrzeugen der Flotte des Flughafens Hahn hinsichtlich der Investitionskosten, der durchschnittlichen Kraftstoffverbräuche auf 100 km und der Kilometerfahrleistung. Es ist festzustellen, dass die Investitionskosten der Elektro-Referenzfahrzeuge über den der gegenwärtig eingesetzten Fahrzeuge auf dem Flughafen Hahn liegen, wohingegen die Energieverbräuche deutlich geringer sind.

Fahrzeug		Investitions- kosten [€]	Verbrauch [kWh/100 km]	Fahrleistung [km/a]
Strom	LUIS	40.000	18	21.056
	EcoCarrier ES	20.000	13	6.000
	Citaro Hybrid	750.000	100	12.386
Diesel	Follow Me T4	25.000	90	21.056
	Opel Corsa	15.000	50	6.000
	Mannschaftsbus	700.000	520	12.386

Tabelle 37: Investitionskosten, Verbrauchsdaten und Fahrleistung der Fahrzeuge

Zieht man nun den angenommenen Dieselpreis von 0,97 €/l und Strompreis von 0,11 €/kWh sowie einen Diesel-CO₂-Emissionsfaktor von 0,265 kg/kWh und einen Strom-CO₂-Faktor von

0,628 kg/kWh heran, kommt es hinsichtlich der Verbrauchskosten und CO₂-Emissionen der verglichenen Fahrzeuge zu folgendem Ergebnis:

Fahrzeug		Verbrauchskosten [€/100 km]	CO ₂ - Emissionen [kg/100 km]
Strom	LUIS	1,98	11,30
	EcoCarrier ES	1,43	8,16
	Citaro Hybrid	11,00	62,80
Diesel	Follow Me T4	8,73	27,00
	Opel Corsa	4,85	15,00
	Mannschaftsbus	50,44	156,00

Tabelle 38: Verbrauchskosten und CO₂-Emissionen der untersuchten Fahrzeuge

Sowohl die Verbrauchskosten als auch die CO₂-Emissionen der Elektro-Referenzfahrzeuge liegen unter den ausgewählten Fahrzeugen des Flughafens Hahn. Die Differenz bei den Verbrauchskosten liegt zwischen 70 und 78%, bei den CO₂-Emissionen zwischen 40 und 50%.

Die Einsparung durch die Verbrauchskosten wurde den Mehrinvestitionskosten in einer Sensitivitätsanalyse gegenübergestellt. Ziel war es hierbei die Kilometerfahrleistung der Fahrzeuge unter sonst gleichbleibenden Bedingungen zu errechnen, um eine Amortisationszeit der Mehrinvestitionskosten von ca. 6 Jahren zu erhalten. Das Ergebnis zeigt Tabelle 39:

Fahrzeug		Fahrleistung soll [km/a]	Fahrleistung ist [km/a]	Fahrleistung Differenz [km/a]
Strom	LUIS	ca. 50.000	21.056	ca. 29.000
	EcoCarrier ES	ca. 30.000	6.000	ca. 24.000
	Citaro Hybrid	ca. 70.000	12.386	ca. 68.000

Tabelle 39: Erforderliche Fahrleistung zum Einsatz von Elektrofahrzeugen

Daraus ergibt sich, dass die jährlichen Kilometerleistungen enorm ansteigen müssen, damit sich eine Wirtschaftlichkeit für Elektrofahrzeuge ergibt. Dennoch sollte man die Anschaffung von Elektromobilen nicht aus den Augen verlieren, da sich durch die Elektromobilität hohe CO₂-Emissionen einsparen lassen.

6 Fazit & Handlungsempfehlung

Das Wachstum des Flugverkehrs wird in der heutigen Zeit sehr unterschiedlich beurteilt. Einerseits sind Flughäfen sehr wichtige Verkehrspunkte für die Wirtschaft und „Job-Motoren“ für die umliegende Region, andererseits entstehen aber auch Umwelt- und Klimabelastungen in der Region und für die Anwohner von Flughäfen.¹² So werden in Deutschland ca. 8% der Klimalasten, überwiegend CO₂, dem Flugverkehr zu Grunde gelegt.¹³

Auch der Flughafen Hahn im Hunsrück hat mit dieser Konfliktsituation kämpfen. Deshalb wurden in dem vorhergehenden Bericht verschiedenen Szenarien untersucht um sowohl CO₂ als auch Kosten einzusparen. Tabelle 40 gibt einen Überblick über die einzelnen Szenarien und zeigt, welche Szenarien empfohlen werden.

Untersuchungsszenarien			
Bezeichnung	Beschreibung		Ergebnis
Photovoltaik & Kleinwindkraftanlagen	Freifläche für PV nord-westlich der Start- und Landebahn	nicht umsetzbar	wird für Notlandungen benötigt
	Hangars im Mittelteil für Kleinwindkraftanlagen	umsetzbar	jedoch wegen geringer Windstärke keine Wirtschaftlichkeit
	PV-Carports für alle Parkplätze	umsetzbar	Empfehlung
	alle Gebäude der Landespolizeischule mit PV eindecken	umsetzbar	Empfehlung
Nahwärme	<i>Variante A: Flughafen</i> Nahwärmeverbund für Gebäude des Terminal-, Verwaltung- und Cargobereich, welche ans bestehende Wärmenetz angeschlossen waren, auf Basis von HHS	umsetzbar	jedoch nicht empfehlenswert, da Gebäude mit eigenständigen Heizanlagen nicht mit einbezogen sind
	<i>Variante B: Variante A + selbstversorgte Gebäude</i> an das Netz aus Variante A werden noch 8 weitere Gebäude, welche zurzeit über eigenständige, veraltete Heizanlagen versorgt werden, angeschlossen	umsetzbar	Empfehlung , da auch die eigenständigen Heizanlagen, welche demnächst ausgetauscht werden müssten, mit einbezogen sind.
	<i>Variante C: Variante B + Ausbau Cargo</i> Berücksichtigung des eventuellen Ausbau des Cargo-Bereichs, Erweiterung des Wärmenetzes aus Variante B	umsetzbar	jedoch ist der Ausbau des Cargo-Bereiches derzeit zu ungewiss
	<i>Wärmeversorgung Sonderterminal (Geb. 314)</i> eigenständige HHS-Anlage	umsetzbar	Empfehlung
	<i>1400er Gebäude</i> Anschluß an bestehende Biogasanlage	umsetzbar	Empfehlung
neue Biogasanlage & Kühlung des Terminals	<i>Variante A: Flughafen + 8 Gebäude</i> Wärmeversorgung für Gebäude des Terminal-, Verwaltung- und Cargobereich, welche ans bestehende Wärmenetz angeschlossen waren, und für Gebäude mit eigenständigen Heizanlagen in diesem Bereich Überschusswärme aus Biogasanlage zur Kühlung des Terminals	umsetzbar	Empfehlung
	<i>Variante B: Variante A + Firma Hahn Kunststoffe</i> Wärmeversorgung für Gebäude des Terminal-, Verwaltung- und Cargobereich, welche ans bestehende Wärmenetz angeschlossen waren, und für Gebäude mit eigenständigen Heizanlagen in diesem Bereich sowie Wärmeversorgung der Firma Hahn Kunststoffe Überschusswärme aus Biogasanlage zur Kühlung des Terminals und zur Abdeckung des Kühlbedarfs der Firma Hahn Kunststoffe	umsetzbar	jedoch ist nicht sicher, ob eine Anbindung von Seiten der Firma Hahn Kunststoffe gewünscht ist
	Kühlwasser wird von 3 Brunnen mit 5 Unterwasserpumpen dem Kühlregister zugeführt, anschließend wird es in einer Sickeranlage versickert (Methode wird am Flughafen Salzburg angewendet)	nicht umsetzbar	zu wenig Wasservorkommen durch das vorhandene Schiefer-Ton-Gestein

¹² Vgl. [http://www.umwelt-](http://www.umwelt-cam-)
cam-

pus.de/ucb/fileadmin/users/72_r.klophaus/Veroeffentlichungen/RegionaloekonomischeAuswirkungenKLP_SAP_HEU2005.pdf,
Abruf am 10.03.2009

¹³ Vgl. http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/verkehr/20080409_verkehr_luftverkehrsstudie_hintergrund.pdf,
Abruf am 10.03.2009

Untersuchungsszenarien		
Bezeichnung	Beschreibung	Ergebnis
Mothermik BHKWs	Überprüfung, in wie weit Instandsetzung und Umsetzung in eine neue Heizzentrale möglich ist	nicht umsetzbar trotz Nachfragen gab es keine Informationen über die BHKWs von der Firma Mothermik nicht einschätzbare Kosten für Instandsetzung neues Genehmigungsverfahren wäre notwendig
Verwertung des Enteisungsmittels & der anfallenden Bioabfälle	<i>Enteisungsmittel:</i> wurde im Labor auf den Brennwert untersucht	nicht umsetzbar entzündet sich nicht, Brennwert nicht feststellbar Glycol ist ein Hemmstoff -> Verwendung in neuer Biogasanlage nicht möglich
	<i>Fettabscheiderreste:</i>	umsetzbar es wird die Erstellung einer Biomasse-Potential-Studie empfohlen, um Input-Stoffe für Biogasanlage festzustellen
	<i>Papierfluff:</i>	nicht umsetzbar Inhaltsstoff Lignin ist ein Hemmstoff -> Verwendung in neuer Biogasanlage nicht möglich Verbrennung als Abfallstoff -> erfordert Genehmigungsverfahren nach 17. BImSchV (zu teuer)
Ground Power Units		nicht umsetzbar Einsatz der GPUs muss flexibel bleiben
		umsetzbar Wirtschaftlichkeit nur bei einem PÖL-Preis von 0.4€/l
Elektromobilität		nicht umsetzbar zu geringe Kilometerleistung -> keine Amortisation des Mehrinvests

Tabelle 40: Ergebnisübersicht der Untersuchungsszenarien

Drastisch ansteigende Preise für fossile Energieträger aber auch die Ziele des Kyoto-Protokolls sprechen für eine Umsetzung der Maßnahmen bezüglich Photovoltaik (Kapitel 5.1.2 und 5.1.3), Nahwärmeversorgung (Kapitel 5.3.1) sowie der Wärmeversorgung (Kapitel 5.2.6 und 5.2.7) in den nächsten Jahren. Des Weiteren kann der Einsatz von erneuerbaren Energien für den Flughafen Hahn einen Imagegewinn bedeuten.

Durch die empfohlenen Maßnahmen können am Flughafen Hahn die, in Tabelle 41 dargestellten Mengen an CO₂ eingespart werden und somit würde der Flughafen einen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz leisten.

empfohlene Maßnahmen	CO ₂ - Einsparung [t/a]
Photovoltaik (Parkplätze, LPS und Terminal)	3.975
Nahwärme auf HHS-Basis für Flughafen + 8 Gebäude	1.362
Hackschnitzelkessel für Sonderterminal	28
Anschluß 1400er Gebäude an Biogasanlage	169
Biogasanlage und Kühlung Terminal für Flughafen + 8 Gebäude	3.563

Tabelle 41: CO₂-Einsparungen

Die Umsetzung dieser Maßnahmen bedeutet jedoch nicht nur eine CO₂-Einsparung sondern auch eine Kostenersparnis. Die Investitionskosten sowie die daraus resultierenden, monetären Einsparungen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

empfohlene Maßnahmen		Mittlere Investitionskosten [€]	Vergütung/Wärmepreis [Ct/kWh]	Ertrag/Kosteneinsparung [€/a]
Photovoltaik (Parkplätze, LPS und Terminal)	Einspeisung	32.048.100	24,67	1.915.458
	Eigenverbrauch		33,76	2.621.234
Hackschnitzelkessel für Sonderterminal		49.018	9,21	1.034
Anschluß 1400er Gebäude an Biogasanlage		201.946	8,98	7.338
Biogasanlage und Kühlung Terminal für Flughafen + 8 Gebäude	BGA	8.500.000	6,11	547.000
	AKM		2,00	76.000
Gesamtsumme Wärmeversorgung		8.750.965		631.371

Tabelle 42: Kosteneinsparung

Im Hinblick auf die regionale Wertschöpfung empfiehlt es sich, bei der Durchführung der genannten Maßnahmen, Firmen aus der Region zu beauftragen. Dies sichert nicht nur Arbeitsplätze sondern fördert auch die Wirtschaft in der Region, was in Zeiten der Wirtschaftskrise sehr von Bedeutung ist.

Die Umrüstung der Ground Power Units und der Einsatz von Elektrofahrzeugen sollten, auch wenn sie zurzeit nicht wirtschaftlich sinnvoll sind, weiter verfolgt werden. Hinzu kommt, dass man die am Flughafen Hahn ansässigen Firmen, wie z.B. die Firma Hahn Kunststoffe, in zukünftige Planungen mit einbeziehen sollte. Denn nur so hat der Flughafen Hahn die Chance als Gesamtes seinen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz zu leisten und in Zukunft ein „Grüner Flughafen Hahn“ zu werden.