

HBB Holzbearbeitung Bralitz

Planung und Entwicklung einer CO₂-Abscheidung aus dem Rauchgasstrom einer KWK-Biomassefeuerungsanlage mit anschließender Nutzung in einer Gewächshausanlage am Standort Bralitz

CCU Carbon Capture & Utilization Bralitz

Abschlussbericht

Aktenzeichen: 29772



Projektleitung: R. Leitz (HBB Bralitz)
Projektbearbeitung: K. Richter (HBB Bralitz)

Bewilligungsempfänger: HBB Holzbearbeitung Bralitz GmbH
Oderberger Straße 19
16259 Bralitz

Telefon (033369) 9706
Telefax (033369) 9707
Email info@hbb-bralitz.com
Handelsregister Amtsgericht Frankfurt / O. HRB - Nr. 7207
Geschäftsführer: Ronald Leitz, Antje Maschmann-Fehrensens

Bank
Hypo - Vereinsbank AG Würzburg
IBAN DE 92 790 200 760 001 486 78 0
BIC HYVEDEMM 455

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	29772	Referat	24/2	Fördersumme	125.000 €
----	--------------	---------	-------------	-------------	------------------

Antragstitel **Erstmalige CO₂-Abscheidung aus dem Rauchgas einer Holzfeuerung mit direkter Nutzung in benachbarten Gewächshäusern**

Stichworte CO₂-Abscheidung, Rauchgas

Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)
37 Monate	10.04.2012	30.04.2015	

Zwischenberichte

Bewilligungsempfänger	HBB Holzbearbeitung Bralitz GmbH	Tel	033369 9706
	Oderberger Straße 19	Fax	033369 9707
	16259 Bralitz	Projektleitung	
		Herr Leitz	
		Bearbeiter	
		Herr Leitz	

Kooperationspartner

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

- an eine bestehende KWK-Biomassefeuerungsanlage wird ein Gewächshaus (5 ha) als zusätzlicher Wärme- und CO₂-Abnehmer angeschlossen. Um aus dem Rauchgas der KWK-Biomasseanlage mit einer Feuerungswärmeleistung von 5,5 MW das CO₂ bedarfs- und qualitätsgerecht abzuscheiden, wird eine Gasabscheideanlage entwickelt.
- Ziel und Anlass ist die Nutzung der in der KWK-Biomassefeuerungsanlage anfallenden Wärme und des bisher ungenutzt an die Atmosphäre abgegebenen CO₂.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

- Planung der Gewächshausanlage
- Bedarfsermittlung des Gewächshauses
- Einbindung und Grundlagenplanung der CO₂-Abscheidung
- Planung der CO₂-Abscheidung
- Planung und Realisierung der Steuerungssoftware
- Bau der CO₂-Abscheidung
- Planung der Einbindungsarbeiten der CO₂-Anlage

weitere Arbeitsschritte ergeben sich aus den entsprechenden Fortschritten

Ergebnisse und Diskussion

Die geplante Abgasaufbereitungsanlage wurde installiert. Für die CO₂ Abscheidung ist eine Aufbereitung des Rauchgases notwendig. Die für die Aufbereitung notwendigen Schritte konnten verfahrenstechnisch umgesetzt und steuerungstechnisch angebunden und in Betrieb genommen werden. Hierzu zählen die Rauchgasfiltration, die Rauchgaswäsche und die Rauchgaskühlung. Es wurden mehrere Kühlsysteme installiert und die Anbindung an alle notwendigen Versorgungsmedien wurde abgeschlossen. Aus dem Rauchgas wurde CO₂ mittels Aminwaschverfahren abgeschieden, aufbereitet, zwischengespeichert und der Gewächshausatmosphäre zugeführt.

Das Prinzip der Abtrennung von CO₂ aus dem Rauchgas mittels Aminwäsche konnte erfolgreich umgesetzt werden. Die geplante Abscheideleistung der Anlage konnte bisher nicht in vollem Umfang erreicht werden. Im Zuge der Insolvenz des Anlagenherstellers MT-Biomethan musste die Erstellung und Optimierung, welche notwendig ist, um die angestrebte Abscheideleistung zu erreichen mit einem anderen Anbieter, der DGE GmbH, geplant werden. Die Umsetzung dieser Optimierungsarbeiten dauert aktuell an. Die Fertigstellung und Optimierung der Anlage soll im März 2016 abgeschlossen sein.

Ab April 2016 wird davon ausgegangen, dass die Anlage im vollautomatischen Betrieb die vorgesehene Produktgasmenge übergeben kann.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Bisher bestand keine Möglichkeit die erlangten Kenntnisse der Öffentlichkeit zu präsentieren. Sollte sich hierfür die Möglichkeit ergeben sind wir selbstverständlich daran interessiert Informationen zur Verfügung zu stellen oder zu präsentieren.

Fazit

Das Prinzip der drucklosen Abscheidung von CO₂ aus einem Rauchgasstrom mit anschließender direkter Verwendung ermöglicht eine Verbesserung der CO₂-Bilanz einer solchen industriellen Holzfeuerungsanlage. Im Vergleich zu den aktuell gängigen Praktiken der CO₂ Versorgung einer Gewächshausanlage kann durch das umgesetzte Verfahren eine ökonomische und ökologische Verbesserung des energetischen Gesamtwirkungsgrads und der Rohstoffausnutzung erreicht werden.

Zusammenfassung

Aufgrund des weltweit steigenden Energiebedarfs und der daraus resultierenden Umwelteinflüsse ist eine CO₂-neutrale Energiewirtschaft für die Zukunft unumgänglich. Daher war es das Ziel der HBB Bralitz GmbH ein Gesamtwärmeconcept, für das im Holzbearbeitungsbetrieb unumgängliche Heizkraftwerk, mit einer maximalen Ausnutzung der Energieträger unter umweltrelevanten Gesichtspunkten zu planen und umzusetzen. Die produzierte Wärmemenge von 5 MW wird zum Betrieb einer 800 kW ORC Turbine und zum Trocknen der verarbeitenden Hölzer bereit gestellt. Da die ORC Turbine mit einem definierten Temperaturniveau betrieben werden muss um einen optimalen Wirkungsgrad zu erreichen steht eine große Menge an Abwärme zur Verfügung. Die Abwärme wird zum Heizen einer Gewächshausanlage bereitgestellt. Im durch die DBU geförderten Projekt soll aus dem Rauchgas des Heizkraftwerks CO₂ abgeschieden und dem Gewächshaus dosiert bereit gestellt werden. Hierfür wurde ein innovatives druckloses Aminwaschverfahren verwendet, wodurch CO₂ mit einem geringen energetischen Aufwand aus dem Rauchgas gewaschen und aufbereitet werden kann. Die projektierte Anlage wurde in Kombination mit einem 2000 m³ großen Pufferspeicher errichtet und soll eine Abscheideleistung von 300 kg/h CO₂ haben. Die Schnittstelle zwischen Gewächshaussteuerung, Abgasaufbereitungsanlage und Heizkraftwerk wurde durch das Fraunhofer IFF geplant und umgesetzt. Die Anlagendimensionierung wurde so ausgelegt, dass eine möglichst hohe Anlagenauslastung erreichen werden kann, um dadurch Betriebskosten und Investitionskosten senken zu können. Die CO₂-Abscheidung aus dem Rauchgas einer Feuerungsanlage als Teil des Gesamtkonzepts, der Kopplung zwischen Heizkraftwerk und Gewächshaus ist ein innovativer Ansatz für zukünftige Ressourcennutzung und in der bestehenden Kombination bisher einzigartig.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	3
1 Einleitung	4
1.1 Zielsetzung	4
2 Hauptteil	5
2.1 CO ₂ -Bedarf und Verbrauch	5
2.2 Gesamtkonzept	8
2.3 Projektentwicklung	9
2.4 Projektdurchführung	10
2.5 Technische Beschreibung der Anlage	11
2.5.1 Beschreibung des Verfahrens	11
2.6 Rauchgasaufbereitung	11
2.6.1 Rauchgasvorbehandlung	11
2.6.2 Rauchgaswäsche	13
2.6.3 Sprühwäscher K110	14
2.6.4 Kühlwäscher K120	14
2.6.5 Gasdruckerhöhung	14
2.6.6 Abscheidung des Kohlendioxidanteils in einem drucklosen	14
2.6.7 Dephlegmator W220	15
2.7 Desorbtkreislauf	16
2.7.1 Aminregeneration	16
2.7.2 Sieben-Kammer-Wärmetauscher W320	16
2.7.3 Gasabscheider F330	17
2.7.4 CO ₂ -Reinigung	18
2.8 Kühlung	18
2.9 CO ₂ -Speicher	20
2.10 Thermalölanlage	22
2.11 Energiebedarf der Anlage	22
2.11.1 Heizleistung	22
2.11.2 Kühlleistung	23

2.11.3 Elektrische Leistung	23
2.12 Produktion	24
2.13 Schnittstellen und Steuerung	24
2.14 Wirtschaftlich Betrachtung	27
2.15 Ökologische Betrachtung	29
2.16 Qualitätsnachweis	30
3 Fazit	32
5Anhang	34

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zielkonzentration Kohlendioxid im Gewächshaus	6
Abbildung 2: Gewächshausanlage GBB Bralitz	7
Abbildung 3: Übersicht Gesamtsystem	8
Abbildung 4: links: Schlauchfilter, rechts: Feinasche	12
Abbildung 5: Fließbild Rauchgaswäsche	13
Abbildung 6: CO ₂ Desorbtkreislauf	17
Abbildung 8: links: Kaltwassersatz rechts: Rückkühlwerk	19
Abbildung 9: Kreislaufpumpe, Druckhaltung Kühlkreislauf, Besprühung	19
Abbildung 10: CO ₂ Weiche	20
Abbildung 11: CO ₂ Weiche, Speicher	21
Abbildung 12: Steuerung Schlauchfilter Fraunhofer IFF	25
Abbildung 13: Betriebsparameter der Abgasaufbereitungsanlage	26
Abbildung 14: Steuerung Rückkühlwerk	27
Abbildung 15: Aktivkohlefilter	30

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Die Fa. Holzbearbeitung Bralitz GmbH betreibt am Standort Oderberger Straße 19 ein biomassegefeuertes Heizkraftwerk zur Wärme- und Stromproduktion. Die bei der Stromproduktion entstehende und nicht zur Beheizung der Liegenschaften und zur Holz Trocknung und –dämpfung genutzte Abwärme des Heizkraftwerkes soll zur Beheizung einer Gewächshausanlage genutzt werden.

Für einen effizienten Betrieb der Gewächshausanlage mit möglichst schnellem Pflanzenwachstum und kurzen Rotationsperioden ist es möglich, zusätzlich zu der Wärme-, Wasser- und Düngemittelzufuhr für das Gewächshaus das Gasvolumen mit Kohlenstoffdioxid anzureichern.

Es ist geplant, einen Teil des Rauchgasvolumenstroms des vorhandenen Heizkraftwerkes zu reinigen, das CO₂ mittels eines innovativen Abscheideverfahrens daraus abzutrennen und der Gewächshausanlage dosiert zuzuführen. Die geplante CO₂-Abscheideanlage wird in die Gesamtanlagensteuerung des Heizkraftwerkes integriert.

Die CO₂-Abscheideanlage wird mit Wärmeenergie aus dem Heizkraftwerk versorgt, um die Gasbestandteile wieder aus dem Waschmittel auszutreiben. Die Anlage ist ebenfalls mit einer entsprechenden Anzahl an elektrischen Verbrauchern, wie Pumpen oder Gebläse, versehen. Um einen effizienten und anforderungsgerechten Betrieb zur geregelten Versorgung der Gewächshausanlage zu gewährleisten ist nach der Inbetriebnahme der Abscheideanlage ein entsprechendes Datenmonitoring durchzuführen. Auf dieser Basis ist es dann geplant, eine Prozessoptimierung hinsichtlich optimaler Versorgung der Gewächshausanlage und effizienten Betrieb der Abscheideanlage in Kombination mit dem Biomasseheizkraftwerk zu gewährleisten. Ergebnis der Prozessoptimierung wird dann die Implementierung der ermittelten Betriebsweise der Anlagensteuerung sein.

Der Betrieb der Gesamtanlage, d.h. der Abscheideanlage sowie der Gewächshausanlage, muss den Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutztechnischen Anforderungen gerecht werden. Damit ist eine Gefahrenanalyse noch vor der Anlagen Inbetriebnahme notwendig, auf deren Basis entsprechende Betriebsanleitungen und

Betriebsanweisungen erarbeitet werden können. Ebenso müssen die Ergebnisse der Gefahrenanalyse in die Anlagensteuerung einfließen, um den noch zu ermittelnden Anforderungen gerecht zu werden.

2 Hauptteil

2.1 CO₂ Bedarf und Verbrauch

Für die Pflanzen ist das CO₂ ein lebensnotwendiger Wachstumsfaktor, während der Sauerstoff ein Abfallprodukt darstellt. Die optimale Pflanzenwachstumsrate und somit auch der Ertrag des Gärtners werden erreicht in dem solare Einstrahlung, Wasser- und Düngerbedarf sowie die Kohlenstoffdioxidkonzentrationen innerhalb der Gewächshausatmosphäre auf einander abgestimmt werden. Da Wasser in der Regel genügend angeboten wird, stellen das Licht und die Kohlenstoffdioxidkonzentration im Gewächshaus den Mangelfaktor dar. Die heute sehr dichten Gewächshäuser reduzieren den Luftaustausch, so dass weniger CO₂ mit der Außenluft in die Gewächshäuser gelangt als die Pflanzen benötigen. Dabei stellt auch der normale Luft-CO₂-Gehalt von 320 bis 360 vpm (0,032 bis 0,036 Vol. %) für viele Pflanzen noch nicht den optimalen Wert für die Assimilation dar. Nach heutigen Erfahrungen liegt das Optimum für viele Pflanzen bei 600 - 1600 vpm CO₂. Gemüsepflanzen benötigen dabei höhere Werte als Zierpflanzen. Da ein Absinken des CO₂-Gehaltes unter die Normal-Konzentration zu erheblichen Wachstumseinbußen führen kann, bedienen sich die Gärtner heute verschiedener Methoden der zusätzlichen CO₂-Anreicherung der Gewächshausluft. Hierfür gibt es verschiedene etablierte technische Umsetzungen. Die gängigste Variante ist die Nutzung von industriell aufbereitetem flüssigen CO₂ in Tanks. Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung der Abgase eines Brenners, wobei hier nur Gas als Brennstoff eingesetzt werden kann. In den meisten Fällen kann die Abwärme eines Gasbrenners während der Sommermonate, wenn der CO₂-Bedarf am größten ist, nicht genutzt werden, wodurch der Wirkungsgrad des Gesamtkonzeptes sinkt. Bei einem Gewächshaus mittlerer Größe liegt der Bedarf durchschnittlich bei 150 – 200 kg CO₂/ha/h bei maximaler Einstrahlung. Unter Berücksichtigung der Sonnenstunden und der solaren Einstrahlung im Jahresverlauf werden ca. 2000 t CO₂ bei einer

Gewächshausgröße von ca. 5 ha im Jahr benötigt, um optimale Wachstumsraten zu erreichen, wobei der Bedarf im Sommer um ein vielfaches höher ist als in den Wintermonaten.

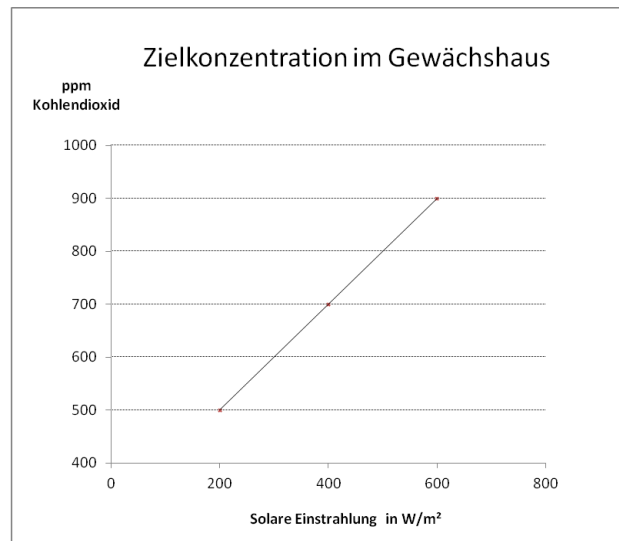


Abbildung1: Zielkonzentration Kohlendioxid im Gewächshaus

Das CO₂ wird unter Berücksichtigung der verfahrenstechnischen Verluste zu einem großen Teil in den Pflanzen gebunden. In modernen Gewächshausanlagen wird die Konzentration von CO₂ im Gewächshaus entsprechend der Vorgaben aus Abbildung 1 geregelt. Hauptstellparameter für die Regelung ist hierbei die Solare Einstrahlung. An warmen Sommertagen kommt es hierbei zu einer starken Lufterwärmung im Gewächshaus. Die Gewächshausinnentemperatur wird üblicherweise über Luftaustausch geregelt, da eine Kühlung in den meisten Fällen aus Kostengründen nicht realisierbar ist. Hierdurch steigt der CO₂-Bedarf nochmals an, um die gewünschte Konzentration einstellen zu können. Das Gewächshaus welches durch die CO₂ Abscheideanlage der HBB Bralitz beliefert wird hat eine Grundfläche von ca. 4,5 ha.



Abbildung 2: Gewächshausanlage GBB Bralitz

In der Gewächshausanlage Bralitz werden Gurken und Paprika angebaut. Das Gewächshaus ist in 4 Segmente geteilt, in welchen der Bedarf an Wärme und die Konzentration an CO₂ getrennt geregelt werden kann. Bei der optimalen Abstimmung aller Parameter kann der Ertrag um bis zu 20% gesteigert werden. Wird die CO₂ Versorgung plötzlich unterbrochen, sinkt der Ertrag um mehr als 20%. Hauptgrund hierfür ist die auf den CO₂-Gehalt und die solare Einstrahlung angepasste Düngemittelkonzentration und Wassermenge. Daher ist eine zuverlässige Bereitstellung einer konstanten Menge zwingend erforderlich. Die Empfindlichkeit bezüglich einer dauerhaft optimalen CO₂-Konzentration variiert mit Pflanzen und Sorten. Durch die direkte Nutzung im Gewächshaus sinken die Anforderungen an Wassergehalt und Temperatur des Gases.

2.2 Gesamtkonzept

Ziel des Gesamtkonzeptes ist die vollständige Abwärmenutzung, die durch die Anbindung der Gewächshausanlage an das Wärmenetz realisiert werden soll. Damit wird der thermische Wirkungsgrad der gesamten KWK-Biomassefeuerungsanlage mit der Gewächshausanlage erhöht und so ein weiterer Beitrag zur Ressourcenschonung geleistet. Die Gesamtwirkungsgradsteigerung des Systems ist nicht Gegenstand der Förderung, aber eine notwendige Zielstellung für die Entwicklung einer Abgasaufbereitungsanlage zur Abscheidung von CO₂.

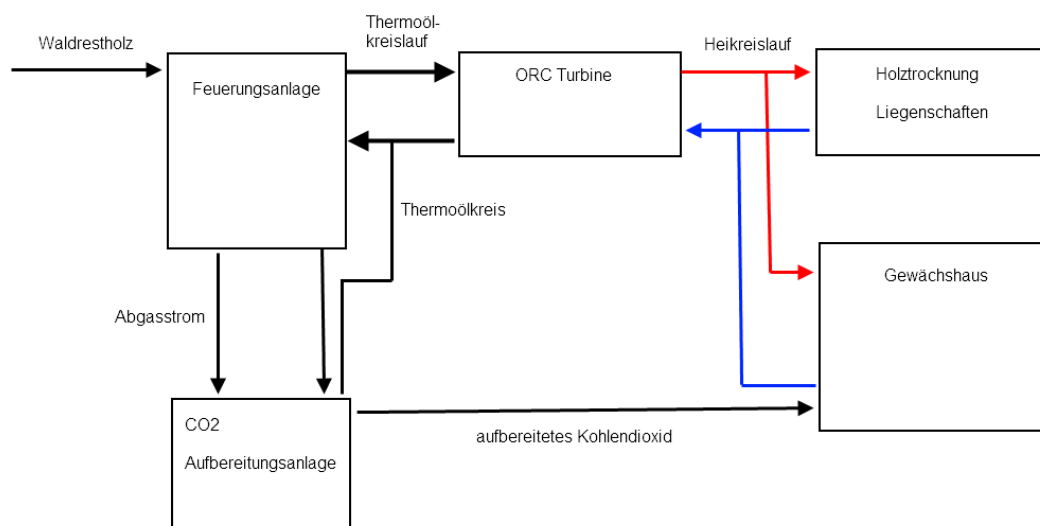


Abbildung 3: Übersicht Gesamtsystem

2.3 Projektentwicklung

In der Planungsphase wurde in Zusammenarbeit mit einem möglichen Gewächshausbetreiber die notwendige Menge an CO₂ sowie die im Jahresverlauf wechselnden Anforderungen für CO₂ und Wärme definiert. Verschiedene Angebote mehrerer Anlagenhersteller wurden geprüft. Es wurde ein Tagesbedarf von maximal 8 t pro Tag durch den Gewächshausbetreiber angegeben. Da der Bedarf an CO₂ an die solare Einstrahlung gekoppelt ist verteilt sich diese Menge auf ca. 9 Stunden bei maximaler Einstrahlungsdauer. Geplant war eine Anlage mit einer CO₂ Abscheideleistung von ca. 800 kg/h zu installieren. Die Auslastung einer solchen Anlage läge aber nur bei < 50%. Aus verfahrenstechnischer, betriebswirtschaftlicher und ökonomischer Betrachtung wird eine möglichst hohe Anlagenauslastung angestrebt. Um eine möglichst hohe Auslastung einer solchen Anlage erreichen zu können ist ein Pufferspeicher notwendig. Dieser ermöglicht einen 24 Stundenbetrieb der Abscheideanlage in den Sommermonaten, eine Notversorgung des Gewächshauses bei kurzzeitigen Störungen und eine Senkung der Investitions- und Betriebskosten. Entsprechend des Bedarfs von 800 kg in 9 Stunden ergibt sich ein Tagesbedarf von ca. 7,2 t CO₂. Bei einem Anlagenbetrieb von 24 h resultiert eine notwendige Abscheideleistung von 300 kg/h. Mit einem Pufferspeicher einer Größe von 2000 m³ wäre dann eine Bereitstellung von 720 Kg/h über einen Zeitraum von 9 Stunden möglich. Dies würde eine dauerhafte Bereitstellung von 90% der maximalen geforderten Menge ermöglichen wodurch eine Ausnutzung der Anlage > 85% im Jahr möglich ist. Die maximale Menge an benötigtem CO₂ wird, entsprechend der Auswertung meteorologischer Messreihen, im Regelfall an maximal 20 Tage im Jahr benötigt. Die Anlage wurde zusammen mit der Firma MT Biomethan geplant und projektiert. Der Energiebedarf und die anfallenden Betriebskosten lagen bei der angebotenen Anlage durch MT Biomethan im Vergleich zu anderen Anbietern am niedrigsten. Darüber hinaus sollte die Anlage in Deutschland gefertigt werden, wodurch lange Transportwege umgangen werden können. Die Signalübergabe und Verarbeitung der bestehenden Steuerungen, sowie die Auslegung und Ansteuerung verschiedener Bauteile, wurde durch das Fraunhofer IFF geplant. Bei der Planung und Projektierung

wurden alle behördlichen, bautechnischen und sicherheitsrelevanten Randbedingungen und Aspekte berücksichtigt.

2.4 Projektdurchführung

Für die Projektumsetzung wurde ein Bauzeiten- und Ablaufplan ¹ erstellt. Die Baustellenvorbereitung begann in der KW 26 2014. Der Aufbau und die Installation der Anlage verliefen weitestgehend nach Plan. Die geplante Inbetriebnahme durch MT Biomethan konnte durch den Insolvenzantrag der Firma nicht wie geplant stattfinden. Die Anlage wurde im Dezember 2014 kalt in Betrieb genommen und befindet sich seitdem im Probetrieb, da aufgrund des Insolvenzverfahrens und vorhandenen Mängel an der Anlage keine gesamttechnische Abnahme erfolgen konnte. Aktuell ist kein stabiler durchgehender Anlagebetrieb möglich. Darüber hinaus erreicht die Anlage nicht die geforderte Abscheiderate. Um das Projekt erfolgreich abschließen zu können, wurde ein Gutachten durch die Firma DGE GmbH erstellt. In diesem Gutachten wurde die Anlage analysiert und eine entsprechende technische Anpassung zum Erreichen der Leistung, und einem stabilen Anlagenbetrieb, erarbeitet. Aufgrund des andauernden Rechtsstreites können aktuell keine Angaben zum geplanten Umbau bzw. Projektabschluss gemacht werden. Während der Planungs- und Bauphase wechselte der Gewächshausbetreiber. Dadurch ergaben sich kleiner Änderungen bezüglich CO₂ und Wärmeabnahme. Dadurch mussten Anpassungen durch das Fraunhofer IFF und MT Biomethan durchgeführt werden, welche noch nicht in vollem Umfang abgeschlossen sind, aber in der technischen Anpassung durch die DGE GmbH berücksichtigt wurden.

¹ Übersicht Planung Bauzeiten im Anhang

2.5 Technische Beschreibung der Anlage

2.5.1 Beschreibung des Verfahrens

Die Abgasaufbereitungsanlage besteht aus der Rauchgasvorreinigung, einer Aminwaschkolonne sowie der Regeneration der Aminlösung in der Containeranlage und einem CO₂-Speicher. Das in einer vorgeschalteten Feuerungsanlage erzeugte Rauchgas wird mittels Rohrleitungssystem der Abgasaufbereitungsanlage zugeführt. Die Abgasaufbereitungsanlage dient dazu, das im Rauchgas enthaltene Kohlendioxid herauszufiltern und in konzentrierter Form einer Gewächshausanlage zur Verfügung zu stellen. Das HEAT-Verfahren (Hoch-Effiziente-Aufbereitungs-Technik) von MT-Biomethan basiert auf dem Verfahren einer drucklosen Aminwäsche.

2.6 Rauchgasaufbereitung

2.6.1 Rauchgasvorbehandlung

Das Heizkraftwerk mit einer Leistung von ca. 5 MW wird ausschließlich mit unbehandeltem Waldrestholz befeuert. Das entstandene Rauchgas wird in 2 Stufen auf ca. 215°C gekühlt. Anschließend wird es mit einem Schwerkraftabscheider vorgereinigt. Nach dem Rauchgassaugzugventilator werden ca. 20% des Rauchgases als Rauchgasstrom mit einem CO₂ Volumenanteil von ca. 12% für die Abgasaufbereitungsanlage verwendet. Um die Abgasaufbereitungsanlage betreiben zu können, ist eine Feinstaubreinigungsstufe notwendig. Dies wird mit einem Schlauchfilter der Firma ETM realisiert. Um die Filteranlage und die Abgasaufbereitungsanlage im Falle einer unkontrollierten Verbrennung im Heizkraftwerk vor unerwünschten Rauchgasbestandteilen zu schützen, wurde vor dem Schlauchfilter eine Rauchgasklappe installiert, welche bei Störungen im Heizkraftwerk geschlossen wird.



Abbildung 4: links: Schlauchfilter, rechts: Feinasche

2.6.2 Rauchgaswäsche

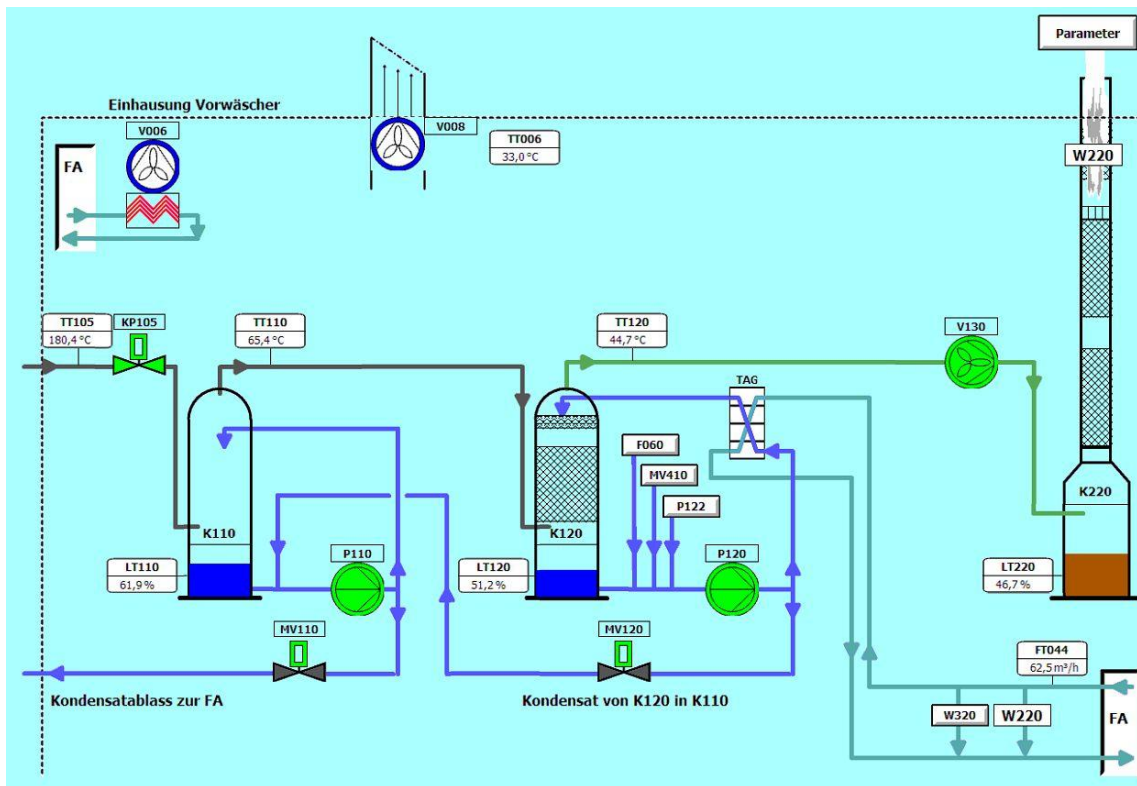


Abbildung 5: Fließbild Rauchgaswäsche

Das Rauchgas gelangt durch die Eingangsklappe KP105 in die Abgasaufbereitungsanlage. Im Falle eines Problems in der Feuerungsanlage kann die Klappe KP105 durch die Feuerungsanlage durch Öffnen eines potentialfreien Kontaktes geschlossen werden. Ein Schließen dieses potentialfreien Kontaktes wird von der Abgasaufbereitungsanlage als Betriebsfreigabe gewertet. Bei der Gasvorbehandlung in den beiden Vorwäschern K110 und K120 der Abgasaufbereitungsanlage findet eine Kühlung, Vorreinigung, Trocknung und des Rauchgases statt. Aufgrund der Bindungsaffinität von NO_2 und SO_2 zur Waschlösung sollen diese Anteile beim Waschprozess im Vorwäscher aus dem Rauchgas ausgewaschen werden. Um eine Übersäuerung des Waschwassers durch Schwefeloxide zu verhindern wird der pH-Wert im Waschwasser durch Zugabe verdünnter Natriumhydroxidlösung eingestellt.

2.6.3 Sprühwäscher K110

Das Rauchgas erreicht mit Temperaturen von bis zu 190°C den Wäscher K110. Im Sprühwäscher K110 wird das Rauchgas in intensiven Kontakt mit einem Sprühnebel aus Wasser gebracht. Durch die Verdunstung des Wassers kühlt sich das Rauchgas auf ca. 65°C ab. Dabei erhöht sich der Wasserdampfgehalt des Rauchgases. Gleichzeitig werden unerwünschte Gasbestandteile, wie Schwefeloxide, Stickoxide und Staub mit dem Wasser aus dem Rauchgas herausgewaschen. Das durch die Verdunstung verlorene Umlaufwasser wird mit dem Kondensat aus dem Kühlwäscher K120 aufgefüllt.

2.6.4 Kühlwäscher K120

Das vorgekühlte Rauchgas wird in einen zweiten Wäscher K120 geleitet. In diesem Wäscher befindet sich eine Füllkörperpackung zur Vergrößerung der Kontaktfläche zwischen Gas und Flüssigkeit. Das umgewälzte Waschwasser wird im Wärmetauscher W120 auf ca. 39°C gekühlt, so dass auch das Rauchgas auf diese Temperatur gekühlt wird. Die Kühlung und Trocknung des Rauchgases ist notwendig, um dem Wasserhaushalt des Aminkreislaufes aufrecht zu erhalten.

2.6.5 Gasdruckerhöhung

Das Rauchgas wird im Gebläse V130 um 50 mbar verdichtet und verlässt dieses mit einem Überdruck von ca. 10 - 20 mbar, um die Druckverluste in der Aminwaschkolonne und den Unterdruck am Rauchgaseingang zu kompensieren.

2.6.6 Abscheidung des Kohlendioxid mittels Druckloser Aminwäsche

In der drucklosen Aminwäsche durchströmt das gekühlte Rauchgas den mit strukturierter Packung gefüllten Waschturm K220. Im Gegenstrom - von oben nach unten fließt die Aminwaschlösung, die über ein Flüssigkeitsverteilungssystem im Kopfbereich des Waschturms gleichmäßig über den Kolonnenquerschnitt und über der Packung verteilt wird. Aufgrund der von der Packung bereit gestellten großen Oberfläche kommt es innerhalb der Packung zu einem intensiven Stoffaustausch zwischen der Gas- und der Flüssigkeitsphase, wobei das Kohlenstoffdioxid aufgrund der spezifischen chemischen Eigenschaften von der Aminwaschlösung absorbiert wird

und aus der Gasphase ausscheidet. Diese chemische Form der Gasabsorption, auch Chemiesorption, hat im Vergleich mit physikalischen Absorptionsverfahren, bei der die treibende Kraft ein hoher Partialdruck der abzutrennenden Gaskomponente über dem Absorbens ist, den spezifischen Vorteil, dass die Aufnahmekapazität der Waschlösung für das abzuscheidende Gas um ein Vielfaches höher ist und deshalb nur geringe Waschmittelmengen umgewälzt werden müssen. Die drucklose Prozessführung erspart zudem eine energieintensive Verdichtung des Rauchgases und ermöglicht eine kostengünstige Anlagentechnik und einen verschleißarmen Betrieb, woraus erhebliche wirtschaftliche Vorteile resultieren. Im Gegensatz zum Kohlenstoffdioxid lösen sich Stickstoff und Sauerstoff aufgrund ihres unpolaren Charakters nicht in der Waschflüssigkeit und verlassen den Waschturm als gereinigtes Abgas ohne nennenswerte Reduktion. Die Betriebstemperatur des Amins beträgt ca. 40 °C im Kolonnenkopf. Während der Absorption erwärmt sich die Aminwaschlösung um ca. 10°C. Da es sich bei der Waschflüssigkeit um eine wässrige Aminlösung handelt, sättigt sich das Rauchgas bei der Durchströmung des Waschturms entsprechend der Betriebstemperatur mit Wasserdampf. Die absolute Gasfeuchte beträgt bei einer Gastemperatur von 40 °C im Sättigungszustand ca. 51 g/m³. Dieser Wasserverlust muss mit dem Wassereintrag des Rauchgases ausgeglichen werden. Dafür wird die Amintemperatur auf dem Kolonnenkopf so geregelt, dass Wassereintrag und Wasseraustrag sich die Waage halten. Im unteren Teil des Waschturms (Kolonnensumpf) wird die beladene Aminwaschlösung, die sich auf ca. 45- 55 °C erwärmt hat, aufgefangen und anschließend mit Hilfe einer Kreiselpumpe zur Wiederherstellung der Aufnahmefähigkeit für Kohlendioxid in den Regenerationsprozess gepumpt.

2.6.7 Dephlegmator W220

Um einen Austrag von Aminbestandteilen mit dem gereinigten Rauchgas zu verhindern, ist über dem Flüssigkeitsverteiler für die Aminwaschlösung eine weitere strukturierte Packung angeordnet. Über dieser Packung befindet sich der Kühler W220, der das gereinigte Rauchgas um ca. 3K abkühlt und so einen Kondensatstrom erzeugt, der über die zusätzliche Packung nach unten rieselt. Dampfförmige Aminbestandteile werden

von dem Kondensatstrom absorbiert und wieder zurück in den Aminkreislauf transportiert.

2.7 Desorbtkreislauf

2.7.1 Aminregeneration

Die verwendete wässrige Aminlösung wird in der Waschkolonne K220 mit CO₂ beladen. Damit die Aminlösung erneut in dem Waschkreislauf eingesetzt werden kann, muss sie vom CO₂ befreit werden. Dies wird durch Erwärmen der mit CO₂ beladenen Aminlösung erreicht. Die Aminlösung wird unter ca. 3 bar schrittweise auf ca. 130 °C erwärmt. Dabei wird das gelöste CO₂ gasförmig freigesetzt. Die so regenerierte Aminlösung kann nach dem Abkühlen erneut eingesetzt werden.

2.7.2 Sieben-Kammer-Wärmetauscher W320

Für einen kompakten Anlagenaufbau wird ein 7-Kammer-Wärmetauscher eingesetzt, der zur Erwärmung der beladenen Waschlösung und zur Kühlung des abgetrennten CO₂ und der regenerierten Waschlösung dient. Die beladene Waschlösung wird von dem regenerierten Amin und dem abgetrennten CO₂ erwärmt. Dabei entweicht ein Teil des absorbierten CO₂. Im Gegenzug werden die regenerierte Waschlösung und das CO₂ abgekühlt. Die erwärmte, beladene Waschlösung gelangt danach in den Abscheider F330. Die abgekühlte regenerierte Waschlösung wird nach der Abkühlung mit der beladenen Waschlösung in einer weiteren Kammer auf Solltemperatur von ca. 40°C gekühlt. Die Solltemperatur richtet sich nach dem Wasserhaushalt der Aminwäsche: Ist der Füllstand in der Anlage zu hoch, wird auch die Amintemperatur erhöht, um die Wasserverluste über das gereinigte Rauchgas zu erhöhen. Ist der Füllstand der Anlage zu niedrig, dann wird die Temperatur gesenkt, um die Wasserverluste zu senken. Das abgekühlte CO₂ wird ebenfalls weiter gekühlt. In einer der Kammern wird das Kohlendioxid mit Kühlwasser auf ca. 40°C gekühlt.

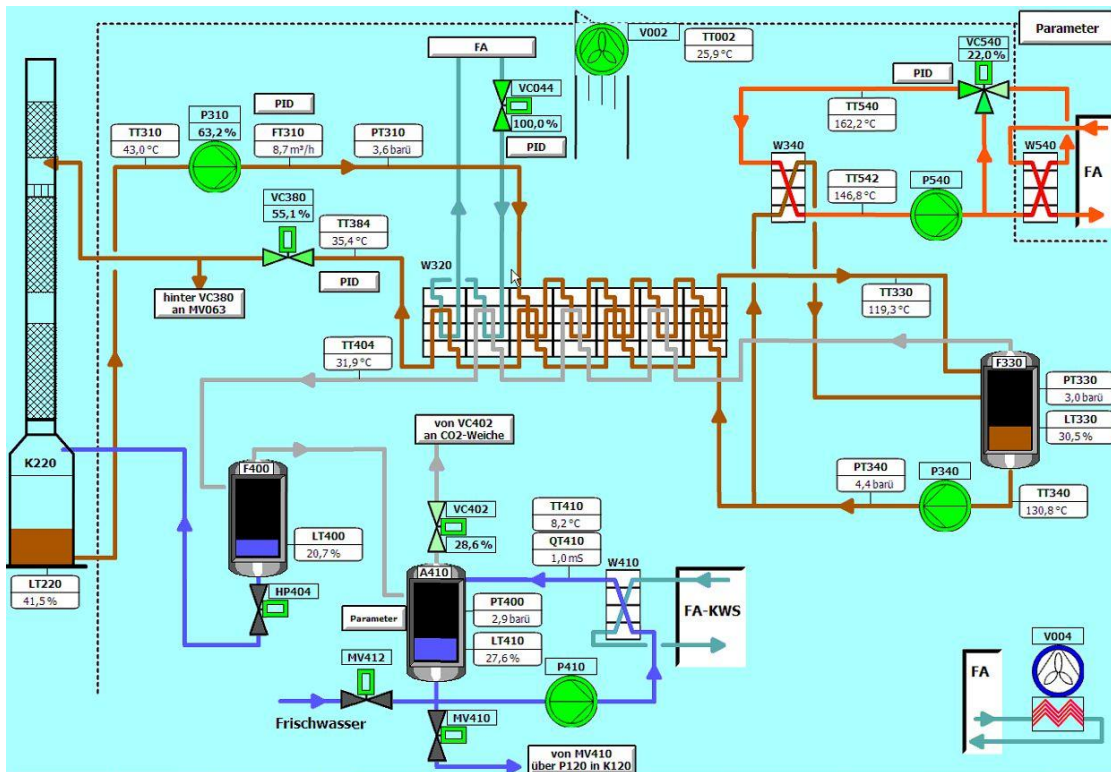


Abbildung 6: CO₂ Desorbtkreislauf

2.7.3 Gasabscheider F330

Die teilregenerierte Waschlösung strömt nach dem W320 in den oberen Teil des Gasabscheider F330. Die flüssige Phase strömt durch eine Füllkörperpackung nach unten, während das CO₂ den Behälter nach oben verlässt. Im unteren Teil des F330 sammelt sich die Waschlösung. Dort wird sie mit der Pumpe P340 abgesaugt. Ein Teilstrom der regenerierten Waschlösung wird in dem Wärmetauscher W340 noch einmal erhitzt. Dabei entsteht Wasserdampf, der in den unteren Teil des Behälters F330 geleitet wird. Der Wasserdampf strömt durch die Füllkörper nach oben. Dabei erwärmt der Wasserdampf die herunterströmende Waschlösung, wodurch sie wiederum CO₂ abgibt. Die Heizleistung des W340 wird mit Hilfe des Stellventils VC540 so gesteuert, dass die Temperatur TT340 im unteren Teil des F330 konstant dem Sollwert entspricht.

2.7.4 CO₂-Reinigung

Das abgetrennte CO₂ gelangt nach der Kühlung in den F400. Das dabei entstandene Kondensat wird im Abscheider F400 vom CO₂ abgetrennt. Das Kondensat aus dem Abscheider F400 gelangt über den Kugelhahn HP404 in die Kolonne K220 zurück. Der HP404 regelt den Füllstand im F400 auf ca. 15%. Das CO₂ gelangt danach in den Kühlwäscher K410. Dort wird das CO₂ mit Umlaufwasser in Kontakt gebracht, dass mit Kaltwasser aus der Kompressionskältemaschine W020 im Plattenwärmetauscher W410 auf ca. 5°C gekühlt wurde. Dabei kühlt sich das CO₂ weiter ab und es fällt Kondensat aus. Überschüssiges Kondensat wird in den K120 ausgeschleust. In dem umlaufenden Kondensat wird der Leitwert QT410 überwacht. Sollte Amin oder Ammoniak in den Wäscher K410 gelangen, wird sich der Leitwert drastisch erhöhen. Das CO₂ wird danach durch das Regelventil VC402 entspannt. Dabei sinkt der Drucktaupunkt. Eine weitere Trocknung des Produktgases ist nicht nötig. Das VC402 regelt den Regenerationsdruck im Gasabscheider F330. Bevor das CO₂ zum Gasspeicher geleitet wird, wird das Gas mit eine Photoionisationsdetektor (PID) QT420 untersucht. Dieser Sensor reagiert auf Kohlenwasserstoffe im Produktgas. Sollte der vorgeschriebene Grenzwert von 20 ppm überschritten werden, wird der Anlagenbetrieb unterbrochen.

2.8 Kühlung

Die Kühlung wird von einem externen Rückkühlwerk bereitgestellt. Der Durchfluss des Kühlwassers wird mit dem Durchflusssensor FT044 geprüft. Die Kühlkreislaufpumpe ist geregelt. Alle Komponenten der Kühlung wurden bei der Firma Günthner geordert und durch das Fraunhofer IFF Signal- und Steuerungstechnisch angebunden. Eine Überschreitung der Grenzwerte stoppt den Anlagenbetrieb. Um eine ausreichende Kühlleistung bei Außentemperaturen oberhalb von 30°C zu gewährleisten, ist eine Besprühungsanlage vorgesehen. Das Kaltwasser für den K410 wird von einem externen Kaltwassersatz bereitgestellt. Die Wirkung der Kühlung im K410 wird überwacht. Eine Überschreitung der Grenzwerte stoppt den Anlagenbetrieb.



Abbildung 7: links: Kaltwassersatz rechts: Rückkühlwerk



Abbildung 8: Kreislaufpumpe, Druckhaltung Kühlkreislauf, Besprühung

2.9 CO₂-Speicher

Das Kohlendioxid wird nach dem Verlassen des Regenerationscontainers zur CO₂-Weiche geleitet. Dort kann das CO₂ direkt zur nachgeschalteten Gewächshausanlage weiter geleitet oder im Gasspeicher zwischengepuffert werden. Der Gasspeicher besteht aus einem Betonfundament, zwei Gasspeicherfolien und einer Tragluftfolie. Alle drei Folien sind an dem Betonfundament mit einer Klemmschiene befestigt. Die untere Gasspeicherfolie liegt auf einem Sandbett auf. Die oben liegende Tragluftfolie wird durch ein Tragluftgebläse mit einem Druck von ca. 3 mbar in Form gehalten. Zwischen diesen beiden Folien befindet sich die zweite Gasspeicherfolie. Sie ist frei beweglich und trennt das Tragluftpolster von dem eingespeicherten CO₂.

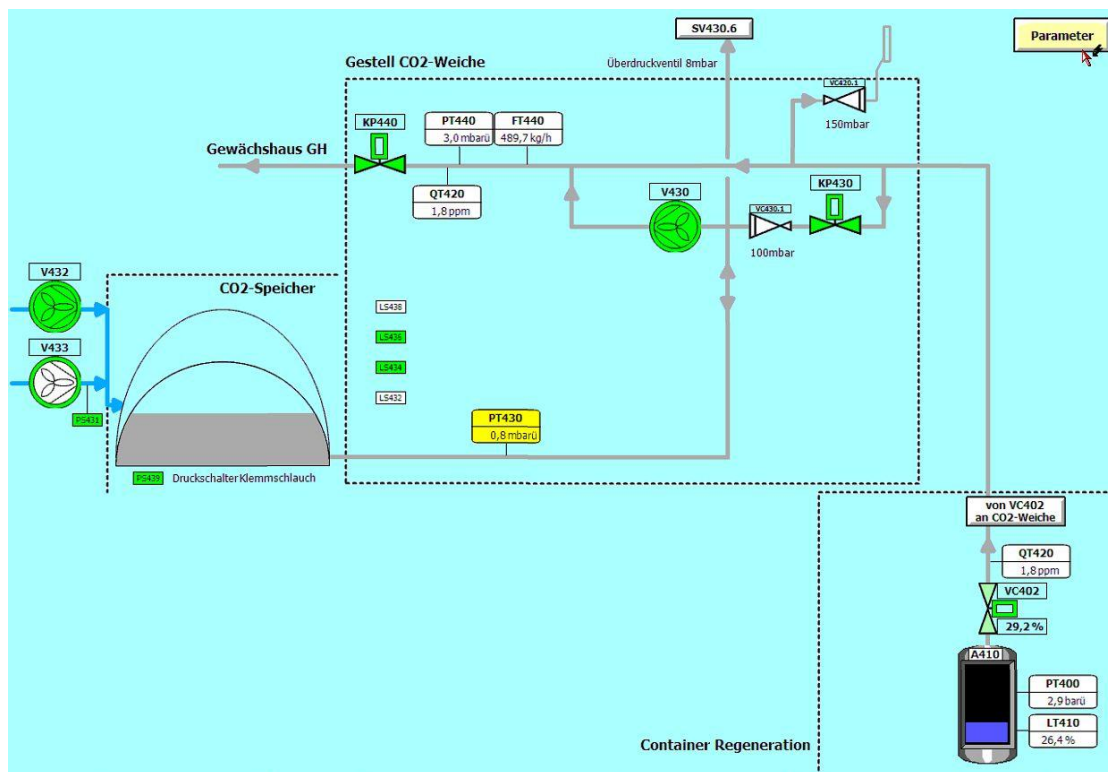


Abbildung 9: CO₂ Weiche

Der Gasspeicher hat eine Füllstandserfassung und eine Druckmessung PT430. Meldet die Füllstandserfassung Gasspeicher voll, dann wird die Einspeicherung von Kohlendioxid durch Schließen der Klappe KP430 unterbrochen. Meldet der

Drucksensor Unterdruck, dann wird die Gasentnahme durch Stoppen des V430 unterbrochen. Vor Übergabe des CO₂ an das Gewächshaus wird die gelieferte Menge mit dem Durchflusssensor FT440 erfasst. Besteht kein Bedarf an Kohlendioxid oder gibt es eine Störung in der Gewächshausanlage, dann kann das Gewächshaus die Ausgangsklappe KP440 in der CO₂-Leitung durch Unterbrechen eines potentialfreien Kontaktes schließen.



Abbildung 10: CO₂ Weiche, Speicher

2.10 Thermalölanlage

Für die Regeneration der Aminlösung wird im Mittel eine Energiemenge von ca. 2600 kJ/kg Kohlendioxid benötigt (berechnete Werte). Die Prozesswärme wird auf einem Temperaturniveau von ca. 175 °C benötigt um eine vollständige Regeneration der Waschlösung zu ermöglichen. Steht diese Vorlauftemperatur nicht zur Verfügung kann das Amin nicht vollständig regeneriert werden. Dadurch steigt der notwendige Aminvolumenstrom und der Gesamtwärmebedarf nimmt zu. Die in der AGAA notwendige Wärme wird mit Thermalölsystem der Feuerungsanlage mittels eines Wärmetauschers W540 (Systemtrenner) bereitgestellt. Der Systemtrenner begrenzt die im Schadensfall austretende Thermalölmenge im Regenerationscontainer auf maximal 200 ltr. Im Wärmetauscher W340 gibt das Thermalöl die Wärme an die Aminwaschlösung ab. Die Heizleistung wird mittels des Mischventil VC540 so geregelt, dass die gewünschte Regenerationstemperatur im F330 erreicht wird.

2.11 Energiebedarf der Anlage

Der Gesamtenergiebedarf variiert mit Außentemperatur und Anlageneinstellung. Die größten Schwankungen treten dabei bei der Heizleistung und Kühlleistung auf. Die Änderungen der elektrischen Leistung und der notwendigen Menge an Druckluft ist mit variablen Parametereinstellungen zu vernachlässigen. Der Grund hierfür ist der konstante Betrieb von Filtern, Wäschern und Steuerung.

2.11.1 Heizleistung

Die einzelnen Kammern des Wärmetauschers W320 wurden konstruktiv mit verschiedenen K-Werten entsprechend der notwendigen Übertragungsleistung ausgelegt. Der kleinste Wert bei 510 W/m²K und der höchste bei 2200 W/m²K. Die Wärmeübertragung ist abhängig vom Systemdruck. Mit sinkendem Systemdruck sinkt auch der Wärmeübergang. Dadurch wird eine höhere Vorlauftemperatur im Thermalöl nötig, wodurch der Energiebedarf und die thermische Belastung der Waschmittelösung

steigen. Die Druckverluste im Wärmetauscher steigen mit höherem Druck. Im Datenblatt des Wärmetauschers ist eine Wärmeleistung von 367 kW angegeben für die dieser Wärmetauscher ausgelegt wurde. Um die maximale Abscheiderate an CO₂ zu erreichen, ist ein Aminvolumenstrom von min 9 m³/h notwendig, wodurch der Wärmetauscher im Grenzbereich arbeitet. Dies gilt besonders für die Wärmerückgewinnung und Kühlung des Aminvolumenstroms und des CO₂ Volumenstroms.

2.11.2 Kühlleistung

Die Abgasaufbereitungsanlage verfügt über 2 Kühlkreise. Im Hauptkühlkreis wird der Volumenstrom geteilt. Der größte Teil des Volumenstroms wird zur Kühlung des Rauchgases über den Wärmetauscher W120 bereitgestellt. Der verbleibende Teil wird jeweils dem Wärmetauscher W320 und W220 (Dephlegmator) zugeführt. Die Teilung der Volumenströme ist nicht geregelt und muss von Hand entsprechend der eingestellten Betriebsparameter justiert werden. Dabei wird die Rauchgastemperatur so eingestellt, dass ausreichend Kühlleistung verbleibt um den Regenerationstrom entsprechende der Rauchgastemperatur zu kühlen. Dies ist von den Betriebsparametern und der Außentemperatur abhängig. Im Hauptkühlkreis steht eine Gesamtkühlleistung von ca. 550 kW zur Verfügung. Der Kühlvolumenstrom wird mit einer festen Vorlauftemperatur von 32°C betrieben. Diese wird durch die geregelte Pumpe und die Ventilatoren auf dem Rückkühlwerk geregelt. Für Außentemperaturen von über 30°C ist eine Besprühung des Rückkühlwerks vorgesehen. Der Nebenkühlkreis mit einer Leistung von ca. 5 kW dient zur Kühlung und Trocknung des Produktgases auf ca. 6°C.

2.11.3 Elektrische Leistung

Die Hauptverbraucher elektrischer Leistung sind Pumpen und Ventilatoren. Der Gesamtbedarf an elektrischer Leistung ergibt sich aus dem reinen prozessbezogenen Verbrauchern und den notwendigen externen Verbrauchern wie beispielsweise Beleuchtung, Belüftung, Steuerung und Regelung sowie der Betrieb des Schlauchfilters

und des Rückkühlwerkes. Die prozessbezogene elektrische Leistung liegt bei ca. 25 kW/h. Die gesamte elektrische Leistung inklusive der prozessbezogenem Leistung liegt bei ca. 43 kW. Bei den angegebenen Werten handelt es sich um Tagesmittelwerte im regulären Anlagenbetrieb. Die Bereitstellung von 6 bar Druckluft kann rein elektrisch nicht erfasst werden sondern nur bilanziert angenommen werden, da die Abgasaufbereitungsanlage und das Heizkraftwerk über einen gemeinsamen Druckluftkreis verfügen.

2.12 Produktion

Ziel ist es, einen ausgewogenen Betriebszustand zu erreichen, bei dem der Verbrauch an Energie und die abgeschiedene Menge an CO₂ in einem optimalen Verhältnis stehen. Aufgrund des unregelmäßigen Anlagenbetriebs und geplanten Umbaus können hierzu keine genauen Aussagen gemacht werden. Entsprechend der theoretischen Auslegung sollte eine spezifische Enthalpie von 2715 kJ pro kg CO₂ zugeführt werden. Diese Berechnung wurde für eine Produktionsrate von 300 kg/h gemacht. Da die angestrebte Abscheiderate nicht erreicht wird, muss davon ausgegangen werden, dass der aktuelle Wärmebedarf bzw. Energiebedarf pro Tonne CO₂ höher liegt.

2.13 Schnittstellen und Steuerung

Die Einbindung der Abgasaufbereitungsanlage in die bestehende Steuerung der Heizkraftanlage und der Steuerung des Gewächshauses wurde durch das Fraunhofer IFF geplant und umgesetzt. Um einen Signalaustausch zu ermöglichen, wurden die notwendigen Schnittstellen geschaffen und zusammen geführt. Bedingung ist ein regulärer Betrieb der Heizkraftanlage. Ist die Feuerraumtemperatur > 650°C und der O₂ Gehalt > 4% wird ein Freigabesignal an die Abgasaufbereitungsanlage übergeben. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, oder die Feuerungsanlage geht in Störung, werden beide Rauchgasklappen der Abgasaufbereitungsanlage geschlossen und die Abgasaufbereitungsanlage verbleibt im Stand-by Betrieb bis zur Freigabe.

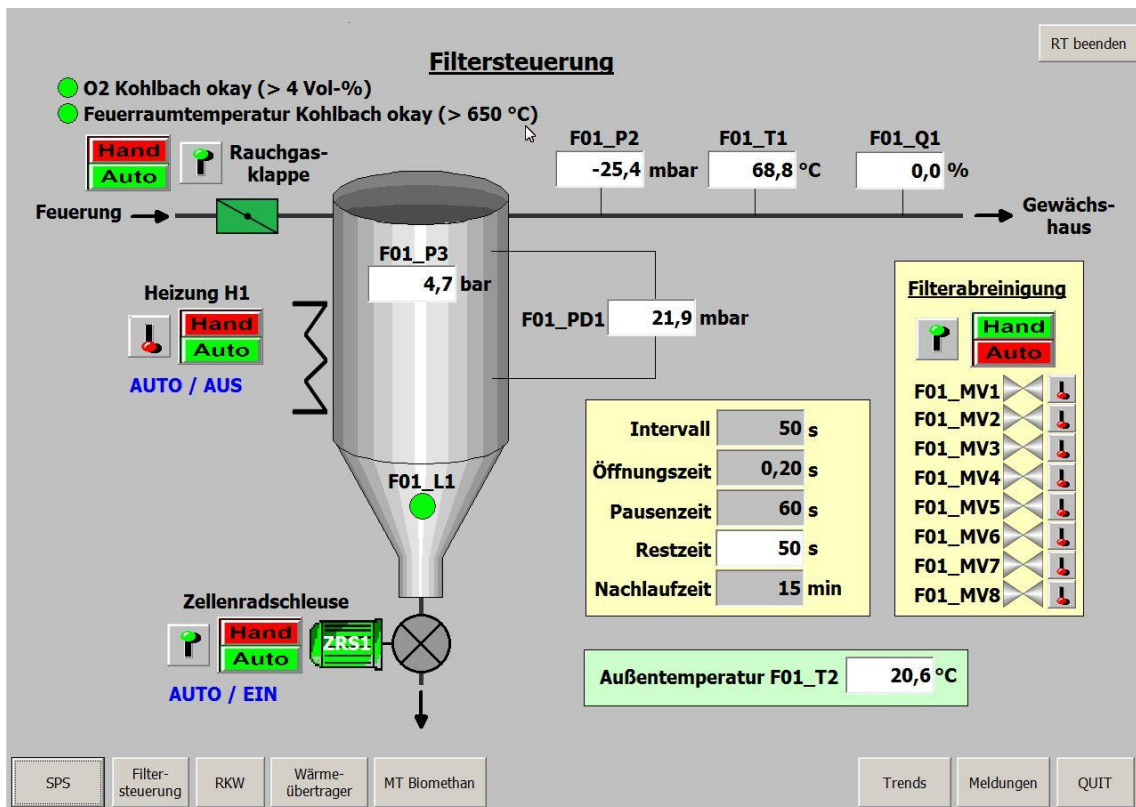


Abbildung 11: Steuerung Schlauchfilter Fraunhofer IFF

Die Steuerung der Filteranlage ist unabhängig von der Steuerung der Abgasaufbereitungsanlage. Die Abreinigung der Filterschläuche durch Druckluftimpulse kann an das Brennmaterial angepasst werden, da der Ascheanteil im Rauchgas variiert. Der Betrieb der Filteranlage ist an den der Abgasaufbereitungsanlage gekoppelt und wird im Anlagenbetrieb gestartet.

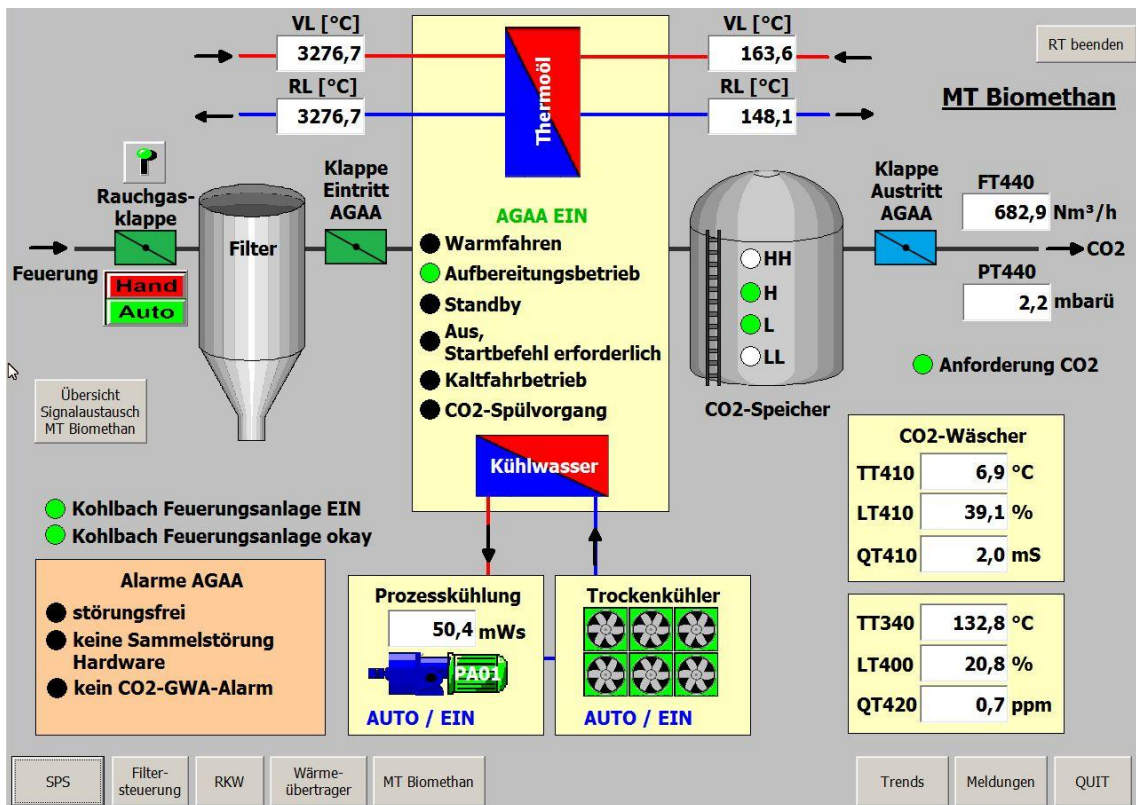


Abbildung 12: Betriebsparameter der Abgasaufbereitungsanlage

Abbildung 13 zeigt eine Übersicht des kompletten CO₂ Abscheidebetriebs. Dies beinhaltet die Position der Klappen, Übergabemenge und Betriebsparameter. Die in Abbildung 13 rechts unten angezeigten Parameter werden gespeichert und dienen zum Nachweis des regulären Anlagenbetriebs. Diese Liste wird jedoch im Zuge des Umbaus erweitert und angepasst. Es wird der Füllstand des CO₂ Speichers angezeigt und die Vor- und Rücklauftemperaturen des gesonderten Thermoölkreis.

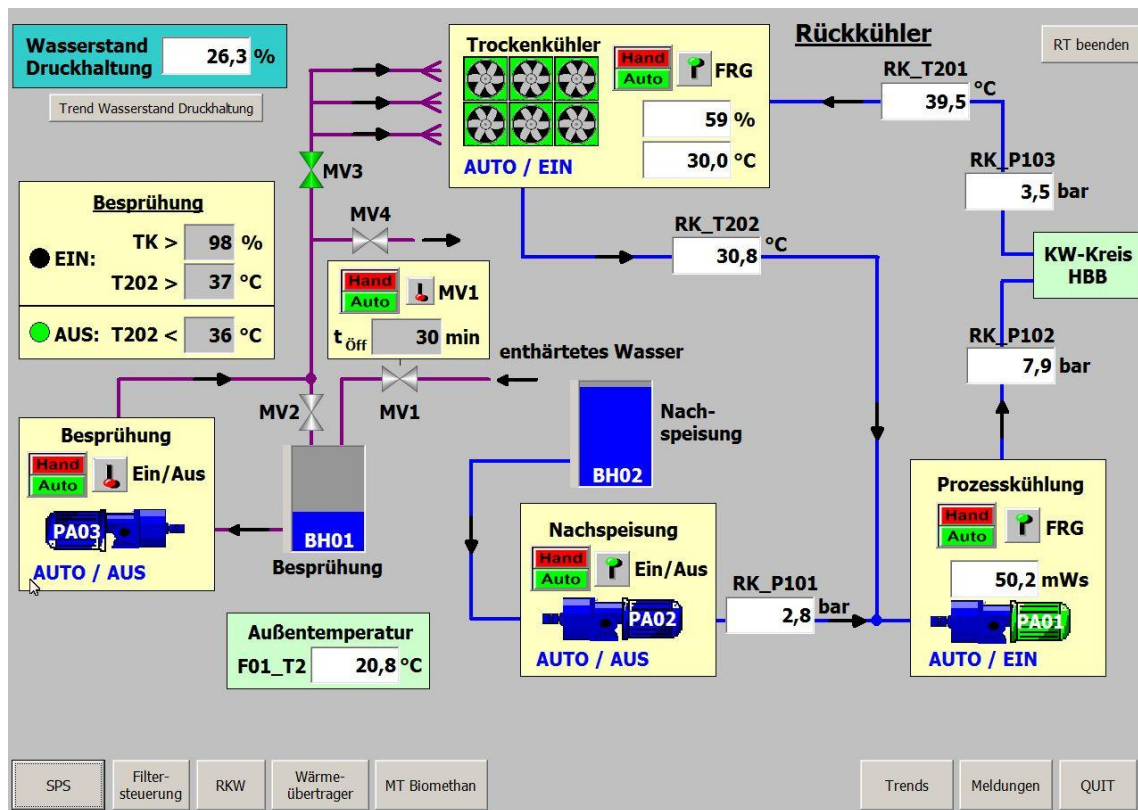


Abbildung 13: Steuerung Rückkühlwerk

In Abbildung 14 können die Randbedingungen für die Besprühung des Rückkühlwerks festgelegt werden. Alle anderen Parameter werden nur visualisiert und können nicht geändert werden.

2.14 Wirtschaftlich Betrachtung

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird Bezug auf industriell geliefertes CO₂ genommen. Um einen wirtschaftlichen Transport und eine praktikable Lagerung zu erreichen, wird CO₂ in Drucktanks für den Transport und die Lagerung verflüssigt. Dieser Phasenübergang durch Druckerhöhung und Kühlung benötigt sehr große Mengen an elektrischer Energie, welche ein Hauptkriterium für den Preis von industriellen Flüssig- CO₂ ist. Je nach Abnahmemenge und Lieferentfernung liegt der aktuelle Marktpreis für flüssiges CO₂ bei 100 bis 200 Euro/t CO₂.

Hinzu kommen Kosten für den Tank, den Verdampfer und den Transport.

Tabel 1: Preisvergleich Kohlendioxid

	Übersicht voraussichtlicher Kosten			
voraussichtlicher Jahresbedarf an CO ₂ des Gewächshausbetreibers bei einer Fläche von 5 ha		Flüssiggas geliefert (1900 t) (Marktübliche Werte)		Gasförmiges CO ₂ der AGAA Bralitz (1900 t) (Werte geschätzt bzw hochgerechnet, die tatsächlichen Werte können abweichen)
Kosten /t CO ₂	85,00		Kosten Elektrische Energie / Jahr	15000,00
Gesamtkosten / Jahr		161500,00	Kosten Thermische Energie / Jahr	5000,00
Kosten / Lieferung	130,00		Wartung / Service / Betriebsstoffe	48000,00
Gesamtkosten Lieferung		12350,00	Wasser / Entsorgungsprodukte	4000,00
Kosten Miettank / Monat	350,00		Qualitätsnachweis	2500,00
Gesamtmiete Tank		4200,00	Betreuung	5000,00
Gesamtkosten		178050,00		79500,00
Kosten / Tonne CO ₂		93,71		41,84

In Tabelle 1 wurden die Kosten für den Gewächshausbetreiber gegenüber gestellt. Zu sehen ist, dass durch die Einsparung des Transportes und der Verdichtung bzw. Kühlung und Lagerung des CO₂ die Kosten in etwa halbiert werden können. Angegebene Kosten für Flüssiggas wurden im August 2015 recherchiert. Die Kosten für den Betrieb der Abgasaufbereitungsanlage wurden aus Tagesmittelwerten hochgerechnet beziehungsweise geschätzt. Die tatsächlichen Kosten können somit noch variieren. Aus der Gegenüberstellung geht hervor, dass durch die Anbindung und Integration einer solchen Abgasaufbereitungsanlage die Kosten für eine Tonne CO₂ um 30 – 50 % gesenkt werden können.

2.15 Ökologische Betrachtung

Die ökologische Betrachtung kann hier in 2 Betrachtungen unterteilt werden.

Vermeidung von CO₂ Emissionen

Durch die Einsparung des Transportes und der Verflüssigung und Kühlung kann der Ausstoß von CO₂ und der Verbrauch von Energie und Ressourcen verringert werden. Im Falle der HBB Bralitz GmbH sind Transportweg zur Lieferung von Flüssiggas von 570 km für Hin- und Rückweg notwendig. Bei einem Jahresbedarf von 1900 Tonnen CO₂ und einer Liefermenge von maximal 20 Tonnen, ergibt sich eine Strecke von 54150 Km/a. Unter der Vernachlässigung einer optimalen Lieferauslastung des Spediteurs ergibt sich bei einem angenommen Verbrauch von 29 l/100 km Dieselkraftstoff ein jährlicher Ausstoß von ca. 42 Tonnen CO₂. Hinzu kommt die Energie die aufgebracht werden muss zum Kühlen und Verflüssigen des CO₂. Um eine Menge von 1900 t/a auf 68 bar zu verdichten wären näherungsweise 19 MW elektrische Energie notwendig. Für Bereitstellung der elektrischen Energie im aktuellen Energiemix werden für diese Menge ca. 12 Tonnen CO₂ emittiert. Die Emission von CO₂ durch Verwaltung und Bereitstellung wird an dieser Stelle vernachlässigt. Somit kann der Ausstoß von 54 Tonnen CO₂ pro Jahr verhindert werden indem benötigtes CO₂ Vorort aus dem Rauchgas abgeschieden wird.

CO₂ in Nachwachsenden Ressourcen binden

Die HBB Bralitz GmbH betreibt ein Biomasse befeuertes Heizkraftwerk, welches ausschließlich mit Waldrestholz befeuert wird. Der Strom der vorhandenen ORC Turbine wird bereits aus nachwachsenden Rohstoffen und somit CO₂ neutral produziert. Das vorhandene Heizkraftwerk hat eine Leistung von ca. 5 MW. Diese werden zum Betrieb der ORC Turbine, zur Holz Trocknung und zum Beheizen des angegliederten Gewächshauses sowie den vorhanden Liegenschaften verwendet. Das Heizwerk emittiert eine Rauchgasmenge von ca. 10000 m³/h. Hierbei liegen die emittierten Schadstoffe und Kohlenmonoxide bereits um ein Vielfaches unterhalb der zulässigen Emissionsgrenze. Der CO₂ Volumenanteil im Rauchgasstrom liegt bei ca. 12 %, der Sauerstoffanteil bei ca. 8%. Eine ökonomische Bilanzierung der

Abscheideleistung ist aktuell nicht möglich. Grund hierfür ist ein diskontinuierlicher Anlagenbetrieb aufgrund von technischen Störungen, sowie eine aktuell verringerte Abscheideleistung der Anlage. Unabhängig davon kann davon ausgegangen werden dass in jedem Fall eine positive CO₂ Bilanz für das Gesamtsystem erreicht wird, da das emittierte CO₂ aus nachwachsenden Rohstoffen direkt und unmittelbar in Nutzpflanzen gebunden wird über die natürlich CO₂ Bindung durch nachwachsende Ressourcen hinaus.

2.16 Qualitätsnachweis

Da es für gasförmiges CO₂ keine lebensmittelzulässige Vorgabe bezüglich relevanter Grenzwerte gibt, wurde hierfür speziell für das geplante Konzept Qualitätsmerkmale und Grenzwerte erarbeitet. Dabei wurde sich an den Vorgaben für flüssiges Lebensmittelzulässiges CO₂ orientiert. Um sicher zu stellen, dass die geforderten Grenzwerte eingehalten werden wurde ein Aktivkohlefilter mit einem Volumen von 1,5 m³ und 550 kg Aktivkohle installiert.



Abbildung 14: Aktivkohlefilter

Bei gasförmigem CO₂ ist keine kontinuierliche Qualitätsmessung möglich, um alle festgelegten Grenzwerte aufzuzeichnen. Es wurde vereinbart, dass durch die Aufzeichnung festgelegter Parameter ein regulärer Anlagenbetrieb nachgewiesen werden soll bei dem davon ausgegangen wird, dass die CO₂ Qualität den Vereinbarungen entspricht. Um dies zu gewährleisten, wurden bei definiertem Anlagenbetrieb Gasanalysen durchgeführt. Es ist eine halbjährliche Wiederholung der Beprobung geplant. Auf Änderungen im laufenden Betrieb soll ein Sensor für flüchtige Kohlenwasserstoffen nach dem Aktivkohlefilter hinweisen.

3 Fazit

Im Bereich Biogasaufbereitung wird das drucklose CO₂ Aminwaschverfahren bereits erfolgreich angewendet. Bei der Methangasaufbereitung im Biogasbereich ist CO₂ ein Abfallprodukt und somit besteht keine Relevanz für die Reinheit des Gases sowie Temperatur und Wassergehalt. Grundsätzlich funktioniert das Verfahren. Für die speziellen Anforderungen in Bralitz hat sich gezeigt, dass Anpassungen und Änderungen der Anlage notwendig sind. Diese konnten im Zuge der Insolvenz von MT-Biomethan nicht abgeschlossen werden. Aus diesem Grund wurden die notwendigen Schritte bereits zusammen mit der DGE erarbeitet. Ein Zeit und Rahmenplan zur Anpassung liegt noch nicht vor, da die Verhandlungen im Rahmen der Insolvenz von MT Biomethan noch nicht abgeschlossen sind. Im Zuge der Anlagenanalyse wurden die Standzeit der Waschlösung sowie die Betriebsparameter untersucht. Die Standzeit der Waschlösung ist abhängig von der Rauchgaszusammensetzung und einer der ausschlaggebenden Faktoren für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer solchen Anlage. Nachdem die geplanten Anpassungen abgeschlossen sind, muss der optimale Betriebspunkt bezüglich Standzeit der Waschlösung und der maximalen Abscheidemenge ermittelt werden. Dies kann nur durch fachübergreifende Zusammenarbeit der Bereiche Verfahrenstechnik, Chemie, Analytik und Steuerung erreicht werden.

4 Quellenangaben

CO₂ Düngung

<http://www.hortipendium.de/CO2-D%C3%BCngung> (17.09.2015)

Zusammenfassung CO₂-Bedarf Gewächshausanlage

Gemüsegroßhandel Großkreuz (Mai 2014)

Bilanzierung einer Anlage zur Gewinnung und Nutzbarmachung von CO₂ aus

Rauchgas mittels einer Aminwäsche

(Bachelorarbeit) Alexander Schmidt Hochschule Bremerhafen (Juni 2015)

Schulungspräsentationen S1/S2

MT Biomethan (Mai 2015)

Anpassung und Optimierung Agasaufbereitungsanlage Bralitz

Analysbericht durch DGE GmbH (August 2015)

Stoffstromanalyse Abgasaufbereitung Bralitz

Institut für nichtklassische Chemie (Juli 2015)

Entwicklung BMC Verfahren

http://www.dge-wittenberg.com/vortraege/5_Dr._Ing.%20Lothar%20Guenther.pdf

(Mai 2015)

Simulation und Bewertung zukünftiger IGCC-Kraftwerkskonzepte mit CO₂-Abtrennung

<https://mediatum.ub.tum.de/doc/1097729/1097729.pdf> (Juni 2015)

Der Weg zum zukunftsfähigen Kraftwerk mit fossilen Brennstoffen

[http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-](http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/II_2010/Leuchtturm-COORETEC.pdf)

[Infos/II_2010/Leuchtturm-COORETEC.pdf](http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Themen-Infos/II_2010/Leuchtturm-COORETEC.pdf) (Juni 2007)

5 Anhang

Anhang 1: IR Fließschema

