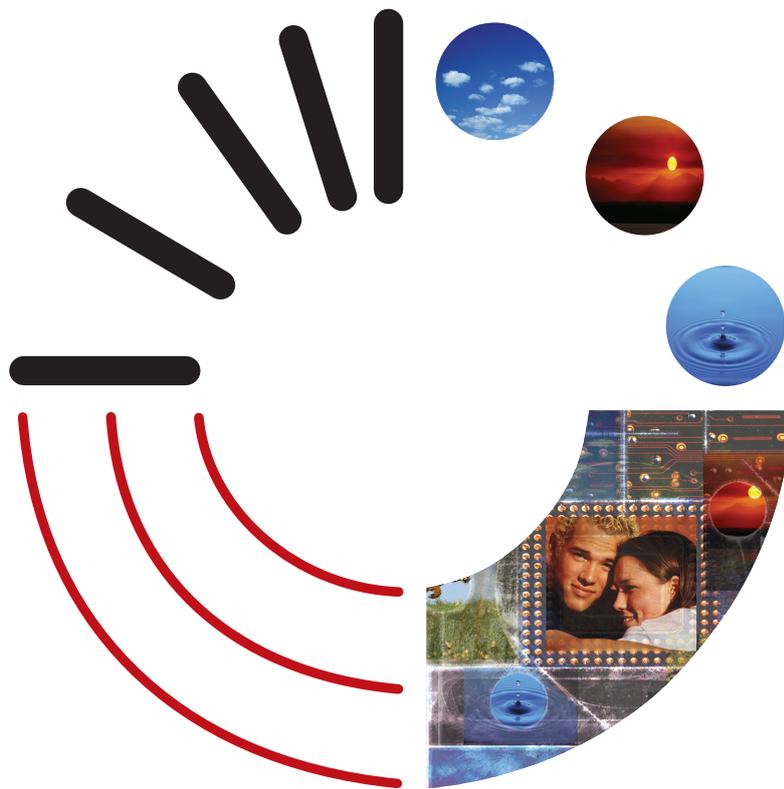


# Akademisches Jahrbuch 2013 / 2014



**Fachbereich**  
**Energie · Gebäude · Umwelt**

Fachhochschule  
Münster University of  
Applied Sciences



## Vorwort



Reichtum und Zufriedenheit sowie nicht zuletzt der soziale Zusammenhalt in einer Gesellschaft werden ganz wesentlich von der wirtschaftlichen Stabilität des Gemeinwesens und seiner industriellen Verfassung geprägt. Die großen Herausforderungen, denen wir uns in Europa in diesen Jahren stellen müssen, belegen meine These. Deutschland ist nicht zuletzt auch aufgrund der hervorragenden Ausbildung seiner Ingenieurinnen und Ingenieure in einer vergleichbar sehr guten Verfassung. Unser Berufsstand gehört daher zu den angesehensten Berufsbildern in unserer deutschen Gesellschaft.

Am Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt der Fachhochschule Münster werden Ingenieurinnen und Ingenieure für den hohen Anspruch an ihre berufliche Tätigkeit umfassend und qualitativ hochwertig ausgebildet.

Die nachfolgenden Kurzfassungen der Abschlussarbeiten belegen, auf eindrucksvolle Weise, wie breit das Arbeitsgebiet in den Bereichen der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik am Fachbereich angelegt ist. Die hohe Qualität der Arbeiten wird durch die besondere fachliche Tiefe und die Affinität zu Forschungs- und Entwicklungsprojekten in vielen Bereichen deutlich. Gerade in den von uns vertretenen Bereichen haben sich in den letzten Jahren die Anforderungen deutlich erhöht. Beispielhaft sei hier die Energiewende hin zu einer auf schonenden Umgang mit den natürlichen Ressourcen ausgelegten Energieversorgung genannt, die zu den besonders ausgewiesenen anspruchsvollen Herausforderungen unserer Zeit gehört.

Vor diesem Hintergrund gibt es ausreichende Motivation für Viele sich der Herausforderung eines zukunftsorientierten Studienganges zu stellen und mit dem Abschluss des Studiums die Grundlage für einen erfolgreichen Berufs- und Lebensweg zu legen. Kaum ein anderer Beruf bietet eine derartige Vielfalt an Berufsperspektiven und Entwicklungsmöglichkeiten und so können die Absolventinnen und Absolventen des Fachbereichs in vielen hochinteressanten Berufsfeldern agieren.

Ich wünsche allen, die heute ihr Abschlusszeugnis als Ingenieurin oder Ingenieur in den Händen halten, dass Sie positiv in die Zukunft blicken, aber auch gerne an die Zeit an diesem Fachbereich zurückdenken und dass sie es auch nicht versäumen, von Zeit zu Zeit bei den Absolvententreffen von ihrem beruflichen Werdegang zu berichten. Als Dekan des Fachbereiches ist es für mich ein besonderes Erlebnis – wenn auch nach Jahren oder sogar Jahrzehnten – gewachsene Freundschaften und vielfältig erwiesene Partnerschaften auf der Grundlage eines gemeinsamen Studiums in Steinfurt zustande gekommen sind und sich in Forschungs- und Entwicklungsprojekten oder täglicher beruflicher Arbeit beweisen. Hier geht es darum, einen Beitrag zu leisten, um neu aufgeworfene Fragen der Technik zu beantworten und die Effizienzen in allen Bereichen der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik zu erhöhen.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Freude und Erfolg bei der Ausübung Ihres anspruchsvollen, aber auch erfüllenden Berufes als Ingenieurin oder Ingenieur.

Steinfurt im April 2014

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt, Dekan

## Verzeichnis der Abschlussarbeiten

1	Wärme aus Windenergie am Beispiel einer Gärtnerei <b>Evgenij Alekperov B.Eng.</b>	10
2	Integration einer KWKK-Anlage auf NH <sub>3</sub> –Basis in der Warsteiner Brauerei <b>Julian Behr M.Eng.</b>	12
3	Einsatz von Kleinwindkraftanlagen in Unternehmen am Beispiel der Verkehrsbetriebe Münster <b>Thies Behrendt B.Eng.</b>	14
4	Experimentelle Untersuchung von Vor- und Nachteilen der Substitution eines Einzelgebläses durch ein Feld mehrerer standardisierter Teilstromgebläse in einem RLT-Gerät <b>Christian Bergers M.Eng.</b>	16
5	Technische und organisatorische Voraussetzungen zur Bereitstellung von Regelleistung am Beispiel einer kommunalen KWK-Anlage <b>Magdalene Boch B.Eng.</b>	17
6	Energetische Sanierung eines Wohn- und Geschäftshauses unter dem besonderen Aspekt der Trinkwassererwärmung <b>Sebastian Bogatzki M.Eng.</b>	18
7	Auslegung eines Nahwärmenetzes in der historischen Altstadt von Warendorf <b>Florian Börgel B.Eng.</b>	19
8	Untersuchung zur Optimierung der anaeroben Schlammstabilisierungsanlage auf dem dem Klärwerk Köhlbrandthöft <b>Michael Bröker B.Eng.</b>	21
9	Energetische Analyse und Bewertung von Systemen zur Klimatisierung der Verpackungsbereiche und der Reifelagerung von Schokoladenriegeln in einem Produktionsgebäude der August Storck KG am Standort Berlin <b>Jens Bruch M.Eng.</b>	23
10	Konzeptentwicklung zur Belüftung einer Harzfabrik mittels CFD-Simulation <b>Markus Burbank B.Eng.</b>	25
11	Wertschöpfungseffekte erneuerbarer Energien in der Stadt Leer (Ostfriesland) <b>Andrea-Kinga Csiby M.Eng.</b>	26
12	Entwicklung einer spartenübergreifenden Zielnetzplanung für den Stadtteil Bockum-Hövel im Netzgebiet der Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH <b>Sven Dembinsky M. Eng.</b>	28
13	Analyse und Bewertung von Energieeinsparmaßnahmen im Bereich der HLK-Technik des Laborgebäudes A405 unter Zuhilfenahme der Simulationssoftware DesignBuilder und EnergyPlus <b>Norbert Demming M.Eng</b>	30
14	Erarbeitung der Anforderungen einer eigenständigen CAD/CAE-Software für die Fachabteilung Versorgungstechnik der August Storck KG <b>Christian Diekmann B.Eng.</b>	32
15	Validierung eines Berechnungsalgorithmus zur Auslegung von zentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmungssystemen <b>Robin Diekmann B.Eng.</b>	34
16	Simulation und Validierung von Raumluftströmungen mit OpenFOAM <b>Christopher Dufton M.Eng.</b>	35

17	Energie- und Kostenbilanzen von verschiedenen Heizungsanlagen <b>Lukas Echelmeyer B.Eng.</b>	37
18	Untersuchung verschiedener Trinkwassersysteme am Beispiel eines Bettenhauses <b>Martin Feldmann B.Eng.</b>	39
19	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Regenwasserbehandlungsanlagen an Bundesautobahnen im Bereich der Autobahnniederlassung Hamm <b>Katrin Frey B.Eng.</b>	41
20	Grundlagen und Konzept für die Erweiterung einer NH <sub>3</sub> -Kälteanlage der August Storck KG am Standort Halle (Westf.) <b>Patrick Fuest B.Eng.</b>	43
21	Untersuchungen zur magnetokalorischen Kühlung für den Einsatz in dezentralen Klimageräten <b>Alexander Gernhardt M.Eng.</b>	44
22	Entwicklung eines Vermarktungskonzeptes für einen System-Konfigurator in der Gebäudeautomation <b>Fabian Gödker, B.Eng.</b>	45
23	Anforderungen an die Installation und Sicherung der Trinkwasser- qualität in Laborgebäuden <b>Lisa Golke B.Eng.</b>	46
24	Grundlagenermittlung zur energetischen Beurteilung von Klimaanlage <b>Stefan Griese B.Eng.</b>	48
25	Neudimensionierung der Gashauptleitungen im Zuge der Netzsanierung in einem eingegrenzten Gebiet <b>Stefan Grothus B.Eng.</b>	50
26	Ergänzende Gefährdungsabschätzung und Sanierungsuntersuchung einer sanieren Altlast mit eingeschränktem Sanierungserfolg <b>Sarah Patrizia Guretzki B.Eng.</b>	51
27	Gefahrstoffmanagement unter Berücksichtigung aktueller gesetzlicher Vorschriften <b>Nazmi Hamdan B.Eng.</b>	53
28	Optimierung der SNCR-Anlage zur Minderung der NO <sub>x</sub> - und NH <sub>3</sub> -Emissionen im Biomassekraftwerk Lünen <b>Nils Haveneth B.Eng.</b>	55
29	Betriebsoptimierung des Kraftwerks Steinhelle II (Olsberg) <b>Markus Heek B.Eng.</b>	57
30	Erfassung, Bewertung und Optimierung des Stromverbrauchs in der Brennelementefertigung der Advanced Nuclear Fuels GmbH am Standort Lingen (Ems) zur Vorbereitung auf die Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 <b>Lukas Herrmann B.Eng.</b>	59
31	Empirische Berechnung des Nutz- und Endenergiebedarfs für Wohngebäude, unter Berücksichtigung der sich verändernden gesetzlichen Rahmenbedingungen <b>Waldemar Hess B.Eng.</b>	60
32	Analyse und Optimierung von Prozessabläufen in der Gebäudeautomation <b>Tanja Hessels M.Eng.</b>	62
33	Spannungsanhebungen im Verteilnetz bei fluktuierenden Einspeisungen <b>Marcel Heymann B.Eng.</b>	63

34	Untersuchungen zur biotechnischen Verwendbarkeit von Pilzen <b>Jarno Horstmann B.Eng.</b>	64
35	Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Techniken der Klimatisierung von Verwaltungsbauten anhand des Referenzprojektes Neubau Südflügel Kreishaus Steinfurt <b>David Hülsmann B.Eng.</b>	65
36	Co-Vergärung eines hochbelasteten Abwasserteilstromes aus der Süßwarenindustrie <b>Maximilian Janning B.Eng.</b>	67
37	Untersuchung neuer Methoden zur Ermittlung von Fremdwasser- quellen in Schmutzwassernetzen <b>Tobias Kiefer B.Eng.</b>	69
38	Power to Gas: Machbarkeitsstudie zur Wasserstofffiltration am Beispiel der VS in Werne <b>Bastian Kopka B.Eng.</b>	71
39	Auslegung einer bedarfsgeführten Lüftungsanlage eines Hotelkomplexes durch variable Volumenströme, sowie eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gegenüber einer konventionell gesteuerten Anlage <b>David Kossen B.Eng.</b>	73
40	Anwendung der neuen Marktmechanismen des Erneuerbaren Energien Gesetzes 2012 <b>Alexander Kracht M.Eng.</b>	75
41	Projektierung eines Fernwärmekonzeptes in einer bestehenden Liegenschaft <b>Ralf Kramer B.Eng.</b>	77
42	Planung eines Archives auf Grundlage der DIN ISO 11799 am Beispiel Stadtarchiv Köln <b>Jens Lehrmann B.Eng.</b>	79
43	Messtechnische Untersuchung eines Bodenkonvektors nach DIN EN 16430-2 <b>Marjan Lindemann B.Eng.</b>	81
44	Leistungsuntersuchung an Schraubenverdichtern einer Ammoniak-Kälteanlage eines milchverarbeitenden Betriebes <b>Felix Markert B.Eng.</b>	82
45	Konzeption einer Gebäudeleittechnik der BASF Coatings GmbH am Standort Münster <b>Christoph Mersch B.Eng.</b>	84
46	Technische Betrachtung und Untersuchung von Finanzierungsmodellen für solarthermische Großanlagen <b>Alexander Neupert M.Eng.</b>	85
47	Konzepterstellung für ein ganzheitliches Engineering und eine Teilautomatisierung der elektrotechnischen Fertigung bei einem mittelständischen Unternehmen <b>Benedikt Ney M.Eng.</b>	87
48	Prozessoptimierung der Lüftungsanlagen auf dem Gelände der BP-Lingen <b>Simon Niehaus B.Eng.</b>	89
49	Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Klärgasnutzung am Beispiel der Abwasserreinigungsanlagen in Rheine <b>Sebastian Niehoff B.Eng.</b>	91

50	Marketingstrategie für Latentwärmespeicher auf Grundlage einer Primärerhebung im Markt für regenerative Energien <b>Rebekka Niehues B.Eng.</b>	93
51	Synchrongenerator, Aufbau und Inbetriebnahme eines Praktikumsversuches <b>Anisrajah Pathmanathan B.Eng.</b>	95
52	Einführung eines Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO 9001 <b>Manuel Pittig M.Eng.</b>	96
53	Projektierung einer Wärmeerzeugungsanlage mit KWK-Einsatz und Pufferspeicher für eine Siedlung mit Nahwärmenetz <b>Patrick Pott B.Eng.</b>	98
54	Auslegung einer Solarthermie-Anlage zur Trinkwassererwärmung sowie der Vergleich der unterschiedlichen Systeme unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und ökologischer Kriterien <b>Thomas Prominski B.Eng.</b>	100
55	Zertifizierung eines Energiemanagementsystems gemäß DIN EN ISO 50001 und Einbindung in einen kontinuierlichen Verbesserungsprozeß <b>Tobias Pütz M.Eng.</b>	102
56	Einsatz eines Blockheizkraftwerkes in Kombination mit einer ORC-Anlage zur Vorwärmung von Erdgas in Gasdruckregelanlagen. <b>Jonas Rau B.Eng.</b>	103
57	Entwicklung eines Vermarktungskonzeptes für einen System-Konfigurator in der Gebäudeautomation <b>Frank Rawe, B.Eng.</b>	105
58	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Energieversorgung in Mehrfamilienhäusern <b>Urs Reitis M. Eng.</b>	106
59	Beurteilung der Repräsentanz von durchgeführten Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs und deren Effekt für den vergleichbaren Gebäudebestand sowie die Bewertung weiterer Maßnahmen am Beispiel eines realen Einfamilienhauses <b>Frank Remmers B.Eng.</b>	108
60	Modellbildung und Regelung eines Elektroheizregisters <b>Johannes Rensing B.Eng.</b>	110
61	Hydrothermale Carbonisierung von Gärresten aus einer Bioabfallbehandlungsanlage am praktischen Beispiel <b>Achim Rohde, B.Eng.</b>	112
62	Vergleich unterschiedlicher Klimatisierungssysteme mittels thermisch-energetischer Gebäudesimulation <b>Angela Rosenbaum B.Eng.</b>	114
63	Biologische Behandlung von Prozesswässern aus der Deckenplattenindustrie <b>Jonas Sauerland B.Eng.</b>	116
64	Möglichkeiten zur Erfüllung der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Hessen am Neubau für die CuB Hochschule Darmstadt <b>Theresia Scherpe B.Eng</b>	118
65	Erarbeitung eines Anforderungsprofils an ein Messdatenmanagementsystem zur Betriebsüberwachung einer verschmutzungsabhängigen Kanalnetzsteuerung <b>Christian Schmidt B.Eng.</b>	119

66	Detektion von Fremdwasser und Fehleinleitungen in Kanalisationsnetze mittels faseroptischer Temperaturmessung <b>Thorsten Schmitz B.Eng.</b>	121
67	Erstellung eines Energieversorgungskonzeptes durch Verdichtung des Fernwärmenetzes <b>Patrick Schröter B.Eng.</b>	123
68	Berechnung und Bewertung der magnetischen Flussdichte von Starkstromfreileitungen <b>Thoralf Schulz M.Eng.</b>	125
69	Projektierung einer Warmwasseranlage für einen Neubau im Gesundheitswesen als Variantenvergleich nach den Anforderungen der TrinkwV und der einschlägigen Regelwerke <b>Sebastian Spengler B.Eng.</b>	127
70	Messtechnische Erfassung und nutzungsabhängige Auswertung von Warmwasserbedarfsprofilen <b>Thomas Spöler B.Eng.</b>	129
71	Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie am Beispiel der Gemeinde Saerbeck <b>Burkhard Sprenger B.Eng.</b>	130
72	Optimierung der Druckverhältnisse in der Fernwärmerversorgung der Stadtwerke Münster Netzgesellschaft mbH <b>Jan Staymann B.Eng.</b>	132
73	Rückbau industrieller Anlagen <b>Lars Stockmann M.Eng.</b>	134
74	Experimentelle und analytische Untersuchung zur Dachrinnenauslegung für Unterdruckentwässerungssysteme zur Erstellung einer Berechnungsrichtlinie <b>Dimitri Stoll B.Eng.</b>	136
75	Entwicklung eines zukunftsfähigen inner- und überbetrieblichen Wärmekonzepts am Beispiel einer Molkerei <b>Hessam Sür B.Eng.</b>	138
76	Der deutsche Corporate Governance Kodex Überwachung und Steuerung mithilfe der Balanced Scorecard <b>Theo Thesing B.Eng.</b>	140
77	Optimierung der Druckluftversorgung am Beispiel der Fuhrparkwerkstätten eines städtischen Verkehrsbetriebes <b>Oliver Thiemann B.Eng.</b>	141
78	Entwicklung eines Tools zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Kältespeichern in Kaltwassersystemen <b>Dipl.-Ing. Gregor Thissen M.Eng.</b>	143
79	Untersuchung einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung während der Winterzeit <b>Riccardo Valentino B.Eng.</b>	145
80	Stand und Entwicklung von Kleinwindkraftanlagen in Deutschland <b>Philipp Wiggers B.Eng.</b>	147
81	Asset Management für ein elektrisches Verteilungsnetz Ansätze einer Strategie für die Stadtwerke Greven <b>Malte Wilpsbäumer B.Eng.</b>	149
82	Sounddesign von Dusch WCs <b>Xiao Xu B.Eng.</b>	151

83	„Kraftwerk“ Künstlerdorf Schöppingen Auswahl und Dimensionierung der zentralen Heizungsanlage <b>Maximilian Zbocna B.Eng.</b>	<b>153</b>
84	Auslegung und Dimensionierung eines BHKW für ein Altenheim <b>Dirk Zeise B.Eng.</b>	<b>155</b>
85	Entwicklung und Konstruktion eines Teststandes zur Qualitätskontrolle der Füllventile <b>Ruiyan Zhang B.Eng.</b>	<b>157</b>

Lektorat und Satz: Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.

© 2014 Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt

## Namensverzeichnis

<b>A</b>		Heymann, Marcel ..... 63
Alekperov, Evgenij.....10		Horstmann, Jarno ..... 64
<b>B</b>		Hülsmann, David ..... 65
Behr, Julian .....12		<b>J</b>
Behrendt, Thies .....14		Janning, Maximilian ..... 67
Bergers, Christian.....16		<b>K</b>
Boch, Magdalene .....17		Kiefer, Tobias ..... 69
Bogatzki, Sebastian.....18		Kopka, Bastian ..... 71
Börgel, Florian .....19		Kossen, David ..... 73
Bröker, Michael .....21		Kracht, Alexander ..... 75
Bruch, Jens .....23		Kramer, Ralf ..... 77
Burbank, Markus .....25		<b>L</b>
<b>C</b>		Lehrmann, Jens..... 79
Csiby, Andrea-Kinga .....26		Lindemann, Marjan..... 81
<b>D</b>		<b>M</b>
Dembinsky, Sven .....28		Markert, Felix..... 82
Demming, Norbert .....30		Mersch, Christoph ..... 84
Diekmann, Robin.....34		<b>N</b>
Diekmann, Christian .....32		Neupert, Alexander..... 85
Dufton, Christopher .....35		Ney, Benedikt ..... 87
<b>E</b>		Niehaus, Simon ..... 89
Echelmeyer, Lukas.....37		Niehoff, Sebastian ..... 91
<b>F</b>		Niehues, Rebekka ..... 93
Feldmann, Martin .....39		<b>P</b>
Frey, Katrin .....41		Pathmanathan, Anisrajah ..... 95
Fuest, Patrick .....43		Pittig, Manuel ..... 96
<b>G</b>		Pott, Patrick ..... 98
Gernhardt, Alexander .....44		Prominski, Thomas..... 100
Gödker, Fabian.....45		Pütz, Tobias..... 102
Golke, Lisa .....46		<b>R</b>
Griese, Stefan .....48		Rau, Jonas ..... 103
Grothus, Stefan .....50		Rawe, Frank ..... 105
Guretzki, Sarah Patrizia .....51		Reitis, Urs ..... 106
<b>H</b>		Remmers, Frank..... 108
Hamdan, Nazmi.....53		Rensing, Johannes..... 110
Haveneth, Nils .....55		Rohde, Achim ..... 112
Heek, Markus .....57		Rosenbaum, Angela ..... 114
Hermann, Lukas .....59		
Hess, Waldemar.....60		
Hessels, Tanja.....62		

## S

Sauerland, Jonas .....	116
Scherpe, Theresia .....	118
Schmidt, Christian .....	119
Schmitz, Thorsten .....	121
Schröter, Patrick .....	123
Schulz, Thoralf .....	125
Spengler, Sebastian .....	127
Spöler, Thomas .....	129
Sprenker, Burkhard .....	130
Staymann, Jan .....	132
Stockmann, Lars .....	134
Stoll, Dimitri .....	136
Sür, Hessam .....	138

## T

Thesing, Theo .....	140
Thiemann, Oliver .....	141

Thissen, Gregor .....	143
-----------------------	-----

## V

Valentino, Riccardo .....	145
---------------------------	-----

## W

Wiggers, Philipp .....	147
Wilpsbäumer, Malte .....	149

## X

Xu, Xiao .....	151
----------------	-----

## Z

Zbocna, Maximilian .....	153
Zeise, Dirk .....	155
Zhang, Ruiyan .....	157

**Evgenij Alekperov B.Eng.**Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums:

05. Juni 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Umwelttechnik  
Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit:

Wessling GmbH, Altenberge und Gärtnerei Wessling, Neuenkirchen



Immer häufiger werden Kleinwindanlagen für eine dezentrale Stromversorgung eingesetzt. Dabei taucht die Frage auf, ob auch eine Wärmeproduktion aus Windenergie sinnvoll wäre?

In dieser Arbeit wurden einige Möglichkeiten der Wärmeproduktion aus Windenergie am Beispiel einer Gärtnerei untersucht. Die Untersuchung beinhaltet sowohl eine technische als auch eine ökonomische Analyse. Dabei handelt es sich um eine Gärtnerei, die ihren Betrieb nach den Richtlinien von Bioland e. V. führt. Diese Richtlinien besagen, dass die Beheizung des Gewächshauses mit konventionellen Energieträgern in der Winterzeit auf ein Minimum reduziert werden müssen. Ein Anbau von warmen Kulturen ist in dieser Zeit nicht möglich.

Durch die umweltfreundliche Wärmeproduktion kann mit dem Anbau von Obst früher begonnen werden. Größerer Ernteertrag und hoher Gewinn können dadurch erzielt werden.

Für die Wärmeproduktion mithilfe einer Windkraftanlage liegen drei Möglichkeiten zugrunde: mechanische (durch Reibung), chemische (power to gas) und elektrische. Auf dem Markt konnte sich bisher nur die Wärmeerzeugung mit dem Umweg über Elektrizität durchsetzen. Diese Methode zeichnet sich durch mehrere Vorteile gegenüber mechanischer und chemischer Wärmeerzeugung aus.

Durch einen verlustarmen Transport des elektrischen Stroms ist eine räumliche Trennung der Windkraftanlage und des Wärmespeichers möglich. Die überschüssige Energie kann anderweitig genutzt oder ins Stromnetz eingespeist werden. Bei dieser Methode kann auf viele bereits auf dem Markt verfügbare Systeme zurückgegriffen werden.

Eine Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme kann mit einem guten Wirkungsgrad durch eine Strom- oder eine elektrische Infrarotheizung erfolgen.

Eine Wärmepumpe kann ebenfalls optimal mit dem elektrischen Strom aus Windenergie angetrieben und zur Wärmeversorgung eingesetzt werden. Eine Nachrüstung der elektrischen Heizgeräte in das bestehende Heizungssystem eines Gartenbaubetriebes ist ohne großen Aufwand realisierbar.

Bei der wirtschaftlichen Betrachtung elektrischer Wärmeerzeugung hat sich herausgestellt, dass trotz höherer Erträge aus dem Gartenanbau der Gesamtertrag aus der Wärmeproduktion unter dem Einkaufspreis für Strom liegt.

Die Nutzung der elektrischen Energie zur Deckung des Stromeigenbedarfs ist, aus ökonomischer Sicht, deutlich sinnvoller. Die Verwendung der elektrischen Energie zur Wärmeerzeugung kann nur dann lukrativ sein, wenn der Eigenbedarf an elektrischer Energie gedeckt ist und der Strom sonst in das öffentliche Netz eingespeist werden müsste.

Durch die Wärmeproduktion kann ein ökonomischer Nutzen gezogen werden, wenn der Ertrag aus der Wärmeerzeugung über dem EEG-Vergütungssatz liegt.

Im Falle eines ökologischen Gartenbaubetriebs kann dieses zutreffend sein. Aktuell liegt der Wärmepreis in der Regel unter der EEG-Vergütung. Die Entwicklung deutet allerdings darauf hin, dass sich dieser Zustand in naher Zukunft ändern wird.

## Integration einer KWKK-Anlage auf NH<sub>3</sub> –Basis in der Warsteiner Brauerei

**Julian Behr M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Datum des Kolloquiums:	21. März 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Warsteiner Brauerei Haus Cramer KG, Warstein



Im Zuge der Masterthesis sollte die Integration einer KWKK-Anlage auf NH<sub>3</sub>-Basis in das Energieerzeugungskonzept der Warsteiner Brauerei aus wirtschaftlicher und technischer Sicht überprüft werden. Hierfür wurden zunächst die Grundlagen erarbeitet, die sich von der Vorstellung der technischen Anlagenbestandteile über die rechtlichen Grundlagen bis hin zu einem Blick auf die Entwicklungen auf dem Energiemarkt erstreckten. Nach der Analyse des Istzustandes ging es anschließend in die eigentliche Anlagenplanung, die den Kern dieser Arbeit bildet.

In Zusammenarbeit mit einem Anlagenbauer wurde in diesem Zuge ein Anlagenkonzept entwickelt, das die Erzeugung von Strom, Dampf und Kälte vereint. Um einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb zu gewährleisten, wurde festgelegt, dass die Anlage stromgeführt gefahren werden soll und der erzeugte Dampf sowie die Kälte zur Abdeckung der Grundlast dienen sollen.

Darüber hinaus wurde im Zuge dieser Ausarbeitung ein funktionales Leistungsverzeichnis erarbeitet, das die wesentlichen Anforderungen an die Ausführung der Anlage beinhaltet und auch für spätere Ausschreibungen als Grundlage dienen kann. Ferner wurden die Auswirkungen der Integration einer solchen KWKK-Anlage auf bestehende Bezugsverträge sowie die Veränderung der spezifischen Kostenbestandteile der extern bezogenen Energieträger berücksichtigt.

Im Zuge der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde erläutert, dass es für die Wirtschaftlichkeit der geplanten Anlage viele extern bestimmte Faktoren gibt, deren Entwicklung in den nächsten Jahren noch ungewiss ist. Aufgrund dieser Unsicherheit wurden bewusst konservative Ansätze gewählt, um den Risiken, die sich hieraus ergeben können, entsprechend gerecht zu werden.

Zuletzt wurden die ökologischen Belange in Form der Kohlendioxidbilanz berücksichtigt.

Es lässt sich somit festhalten, dass mit der Integration einer solchen KWKK-Anlage eine vertretbare Gesamtwirtschaftlichkeit von unter 6 Jahren (dynamisch) erzielt werden kann. Ferner lassen sich durch die Umsetzung des geplanten Anlagenkonzeptes die Gesamtenergiekosten nachhaltig senken, sodass mit der Investition die wirtschaftliche Stärke des Unternehmens gefördert wird.

Gleichzeitig hat der Bau der Anlage eine beträchtliche Substitution des externen Strombezuges zur Folge, womit die Abhängigkeit von externen nicht steuerbaren Einflüssen, die vor allem den Strompreis bestimmen, verringert wird.

Neben der Wirtschaftlichkeit wird allerdings auch der ökologische Gedanke mit der Umsetzung der geplanten BHKW-Anlage mit NH<sub>3</sub>-Absorptionskältemaschine gefördert. So sind in der Gesamtbilanz enorme Einsparpotenziale beim Kohlendioxidausstoß realisierbar. Mit der Maßnahme ist somit auch eine konsequente Weiterführung der Nachhaltigkeitspolitik der Warsteiner Brauerei verbunden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl die ökonomischen wie auch die ökologischen Argumente die Integration einer KWKK-Anlage auf NH<sub>3</sub>-Basis als Investition für die Zukunft ausweisen. Deshalb wird die Umsetzung des im Zuge dieser Masterthesis ausgearbeiteten Anlagenkonzeptes empfohlen.

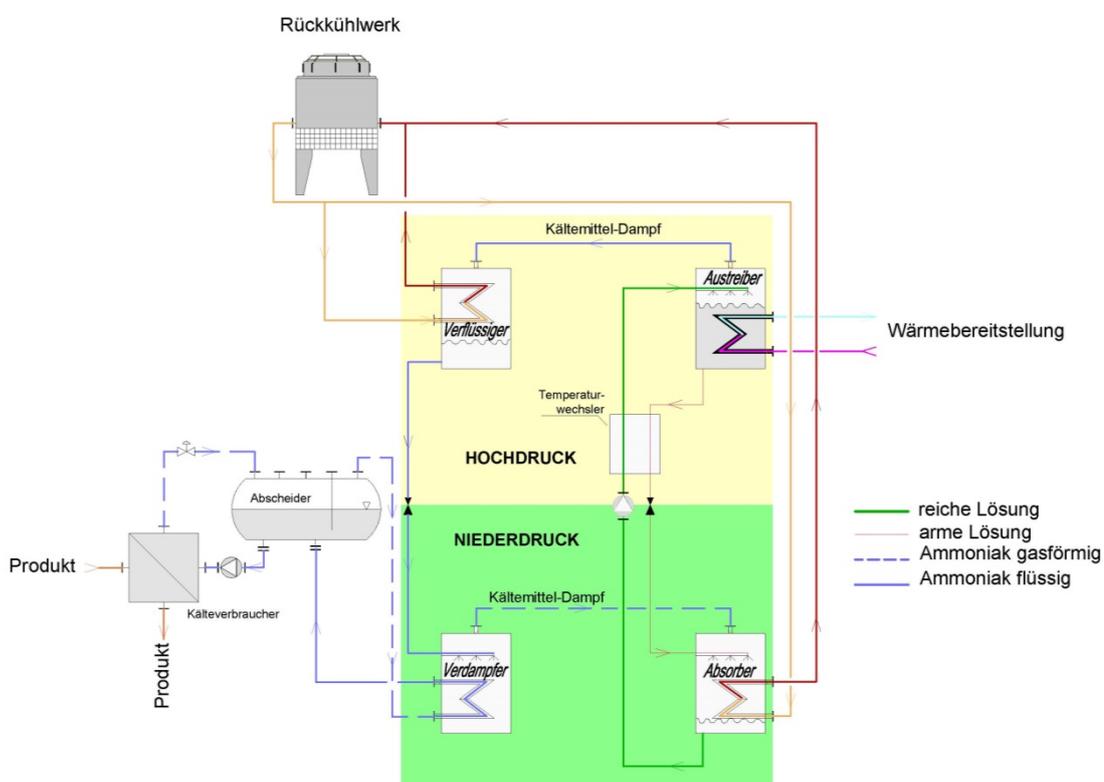


Abbildung: Blockschaftbild einer Absorptionskälteanlage

## Einsatz von Kleinwindkraftanlagen in Unternehmen am Beispiel der Verkehrsbetriebe Münster

**Thies Behrendt B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums: 22. November 2013

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energie- und Umwelttechnik  
Laborbereich: Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit: Stadtwerke Münster GmbH



Die Stadtwerke Münster GmbH sind der lokale Dienstleister für Strom, Wärme, Trinkwasser und öffentlichen Nahverkehr in Münster und Umgebung. Als eigenständiger Energieerzeuger unterstützt das Unternehmen die Energiewende und hat sich im Rahmen der Strategie 2020 das Ziel gesetzt, die Energiegewinnung aus erneuerbaren Energien massiv auszubauen.

Auch die Verkehrsbetriebe der Stadtwerke Münster, zuständig für den öffentlichen Personennahverkehr in Münster und Umgebung, haben sich diesem Konzept verschrieben. Aus diesem Grund sollen die vorhandenen Photovoltaik-Anlagen des Betriebshofs mit einer oder mehreren Kleinwindenergieanlage/n ergänzt werden.

Ziel der Arbeit war es zu prüfen, ob die Kleinwindkrafttechnik für Unternehmen und Betriebe nutzbar und lohnenswert ist. Dazu wurden zunächst die Grundlagen der Windenergie erläutert, um die wichtigsten Faktoren darzustellen, die für eine ertragreiche Umwandlung essenziell sind. Darauf folgte ein Vergleich über die Definitionen, die für Kleinwindkraftanlagen existieren und sie von Großturbinenanlagen abgrenzen.

Im Anschluss wurde diskutiert, warum eine Kleinwindkraftanlage für Betriebe und Unternehmen überhaupt interessant ist, welche Betriebe besonders geeignet erscheinen und wie die Anlage genutzt werden könnte. Weiterhin wurden die nötigen Schritte und Probleme der Projektakquisition bei Genehmigung, Standortbewertung und Anlagenwahl beleuchtet sowie Hemmnisse von Anwohnern und Ämtern gegenüber der Technik diskutiert.

Im Anwendungsbeispiel wurde die Wirtschaftlichkeit einer Kleinwindkraftanlage am Beispiel der Verkehrsbetriebe Münster untersucht. Dazu wurde mithilfe der Kapitalwertmethode eine Wirtschaftlichkeitsanalyse für ein gewähltes Anlagenmodell erstellt. Die Berechnungen belegen jedoch für den Standort, am Stadtrand von Münster, einen zu geringen Windertrag, um bei den derzeitigen Vergütungen rentabel zu sein.

In dieser Arbeit wurden vor allem die Schwierigkeiten und Probleme deutlich, die die Planung einer Kleinwindkraftanlage mit sich bringt. Kleinwindkraftanlagen können in Kombination mit anderen erneuerbaren Energien einen Beitrag zur dezentralen Energieversorgung und Netzentlastung leisten.

Allerdings sind sie durch die geringe Vergütung und die relativ hohen Investitionskosten aktuell nur wirtschaftlich rentabel, wenn der Strom der Anlage zu einem Großteil im Betrieb selber genutzt wird, und immer unter der Prämisse, dass am Standort ausreichende Windverhältnisse herrschen.

Dies macht die Zahl der Unternehmen überschaubar, für die eine Kleinwindkraftanlage interessant sein könnte. Beim Vergleich des ausländischen Markts mit dem deutschen Markt zeigt sich, dass hier ein erhebliches Potenzial vorhanden ist.

Um Kleinwindkraftanlagen auch bei uns zu einem vergleichbaren Durchbruch zu verhelfen, müssen jedoch erst die rechtlichen Rahmenbedingungen wie ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren und höheres Vergütungsmodell angepasst werden. Wäre das geschehen, könnte die Nutzung der Kleinwindkrafttechnik an weiteren Standorten und für mehr Unternehmen zu einer wirtschaftlich rentablen Investition werden.

## Experimentelle Untersuchung von Vor- und Nachteilen der Substitution eines Einzelgebläses durch ein Feld mehrerer standardisierter Teilstromgebläse in einem RLT-Gerät

**Christian Bergers M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dr.-Ing. Jürgen Röben

Datum des Kolloquiums: 06. Mai 2013

Studiengang: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluftechnik

In Kooperation mit: TROX GmbH, Neukirchen-Vluyn



Durch immer weiteres Verschärfen der Energieeinsparverordnung werden anspruchsvolle Aufgaben besonders hinsichtlich energetischer Aufgabestellungen an die Gebäudetechnik gestellt. Als innovativer Hersteller von allen Komponenten raumluftechnischer Anlagen entwickelt und produziert die Firma TROX GmbH auch das „Herz“ der raumluftechnischen Anlage, das raumluftechnische Gerät.

Eine Versuchsreihe zur Effizienz und Einsetzbarkeit von Ventilatoren als Bestandteil lufttechnischer Anlagen ist Gegenstand der Arbeit. Hier wird ein Einzelventilator einer Parallelschaltung von Ventilatoren gegenübergestellt. Es soll also überprüft werden, wie wirkungsvoll die Verwendung in raumluftechnischen Anlagen sein kann.

Durch die Sonderform der Parallelschaltung von mehreren kleineren Ventilatoren besteht die Möglichkeit, einen einzelnen Ventilator zu ersetzen. Zur Überprüfung des sinnvollen Einsatzes einer Parallelschaltung von mehreren kleinen Ventilatoren, einer sogenannten Ventilatorwand, werden vorab Kenntnisse zur gegenwärtigen Verwendung dieser Geräte gesammelt, um von diesen Grundlagen ausgehend die Versuchsreihe zu entwickeln.

Auf Grundlage dieser Kenntnisse wird der Versuch geplant und durchgeführt, um Erkenntnisse über hydraulische Vor- und Nachteile von Einzelventilatoren bzw. Ventilatorwänden zu gewinnen.

Die Untersuchungen befassen sich ausschließlich mit der axialen Durchströmung eines Lüftungsgerätes, wobei das Ausströmen über verschiedene Kanalgrößen sowie verschiedene nachgestellte Bauteile der Ventilatorwand geprüft wird.

Bei dem Versuch wird sowohl auf die Planung des Versuchsaufbaus sowie auf die Messtechnik eingegangen. Nach der Durchführung der Versuchsreihe werden die Messergebnisse und deren Auswertung dargestellt und diskutiert.

Im weiteren Verlauf wird eine konstruktive Bewertung der Ergebnisse des Einzelventilators und der Ventilatorwand durchgeführt, sowie die Einsatzgrenzen einer Ventilatorwand benannt und eine energetische Betrachtung vorgenommen.

## Technische und organisatorische Voraussetzungen zur Bereitstellung von Regelleistung am Beispiel einer kommunalen KWK-Anlage

**Magdalene Boch B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	21. November 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Energie Agentur Mittelfranken e. V., Nürnberg Erlanger Stadtwerke AG N-ERGIE Aktiengesellschaft



Der steigende Anteil erneuerbarer Energien führte in der Vergangenheit zu immer stärkeren Schwankungen im Stromnetz und häufig zu einer Verringerung der Betriebsstunden konventioneller Kraftwerke. Zum Ausgleich der Schwankungen wird traditionell Regelleistung genutzt.

Viele Betreiber kleiner und mittlerer Stromerzeugungsanlagen interessieren sich aktuell verstärkt für den Regelleistungsmarkt. Für sie ist die Vermarktung von Regelleistung nicht nur ein zusätzliches Geschäftsfeld, sondern wegen der wenigen Betriebsstunden vor allem eine notwendige Einnahmequelle. Die Gefahr der Unwirtschaftlichkeit bedroht auch Kraft-wärme-gekoppelte Anlagen, welche besonders umweltfreundlich sowie regional Strom und Wärme erzeugen.

Vor diesem Hintergrund wird untersucht, welche Bedingungen zu erfüllen sind, um mit einem kommunalen Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerk (GuD-HKW) am Regelleistungsmarkt teilnehmen zu können. Weiterhin wird ermittelt, in welchem Umfang Regelleistung dem GuD-HKW bereitgestellt werden kann.

Es zeigt sich, dass die organisatorischen und technischen Voraussetzungen zur Teilnahme am Regelleistungsmarkt mit dem GuD-HKW durchaus zu erfüllen sind. Bei der Betrachtung der bereitstellbaren Regelleistung ergibt sich, dass ihr Betrag rund 3- bis 19-mal so hoch ist wie vorab von den Anlagenbetreibern vermutet. Das bedeutet, dass Kraft-wärme-gekoppelte Anlagen wie das betrachtete GuD-HKW einen großen Beitrag zur Systemsicherheit des Netzes und damit zur Energiewende leisten können.

## Energetische Sanierung eines Wohn- und Geschäftshauses unter dem besonderen Aspekt der Trinkwassererwärmung

**Sebastian Bogatzki M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums: 24. April 2013

Studiengang: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Haus- und Energietechnik



Zu den Hauptthemen in der Gebäudetechnik zählt, spätestens seit der Änderung der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) im Jahr 2012, die Hygiene in Trinkwasser-Installationen. Insbesondere in größeren Gebäuden mit einer hohen Anzahl von Entnahmestellen und einer zentralen Trinkwassererwärmung, kann es bei Nichteinhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik zu Problemen hinsichtlich der Hygiene kommen. Um das Risiko einer Verkeimung und damit eine Gefährdung der Trinkwasserhygiene zu minimieren sind bei der Planung, der Ausführung und vor allem bei dem Betrieb einer Trinkwasserversorgungsanlage entsprechende Regeln und Pflichten zu beachten.

Zur obersten Pflicht von Betreibern einer Trinkwasserversorgungsanlage zählt vor allem die Gewährleistung für die Bereitstellung von einwandfreiem und gesundheitlich unbedenklichem Trinkwasser, an jeder Entnahmestelle und zu jedem Zeitpunkt. Für die Bestätigung dieser Tatsache ist mit der Änderung der TrinkwV eine Untersuchungspflicht, welche in der Verantwortung des Betreibers liegt, festgelegt worden.

Durch die regelmäßige Prüfung, die, bei gewerblicher Tätigkeit, auf ein Intervall von mindestens 3 Jahren fixiert wurde, kann der Betreiber gegenüber Dritten die hygienische Unbedenklichkeit seiner Anlage bestätigen.

In der oben genannten Masterarbeit wird am Beispiel eines Wohn- und Geschäftshauses aus den 70er - Jahren der tatsächliche Warmwasserverbrauch durch Messungen ermittelt, um unter Berücksichtigung jeglicher, hygienischer Vorgaben eine möglichst effiziente Trinkwassererwärmungsanlage zu erstellen. Die Investitionskosten sollen bei gleichbleibender Betriebssicherheit möglichst gering ausfallen.

Für die energetische Sanierung werden die Gebäudehülle, der Wärmeerzeuger, die vorhandene Trinkwassererwärmungsanlage, die Regelungstechnik und das Verteilsystem untersucht und mehrere Sanierungsvorschläge erarbeitet. Letztendlich kann unter den wirtschaftlichen, hygienischen und betriebserhaltenen Gesichtspunkten die Wahl für eine Kombination von einer Wärmeerzeugungs- und Trinkwassererwärmungsanlage für die Gegebenheiten in diesem Gebäude getroffen werden.

## Auslegung eines Nahwärmenetzes in der historischen Altstadt von Warendorf

**Florian Börgel B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums: 24. Februar 2014

Studium: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Energie- und Haustechnik

In Kooperation mit: infas enermetric, Greven



Der Wärmeverbrauch in Deutschland hat einen Anteil von rund 40 % an den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Um diesen Anteil zu senken, und „um in Zukunft eine nachhaltige und sichere Versorgung [...] zu gewährleisten“, hat die Bundesregierung das „Gesetz zur Förderung der Erneuerbaren Energien im Wärmebereich“ (–kurz EEWärmeG) beschlossen.

Durch den Einsatz erneuerbarer Energien wird der Verbrauch fossiler Brennstoffe reduziert, was zu einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen führt. Das Ziel der Bundesregierung ist es, 2050 nahezu die komplette Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien zu realisieren.

Dieses ohnehin sehr ambitionierte Projekt ist gerade im historischen Gebäudebestand schwer umzusetzen. Der Einsatz erneuerbarer Energien ist aufgrund der baulichen Vorgaben bei denkmalgeschützten Gebäuden bislang nur in geringem Maße möglich. Diese machen jedoch rund 42,5 % des Gebäudebestands in der Altstadt von Warendorf aus (s. Abb. 1).

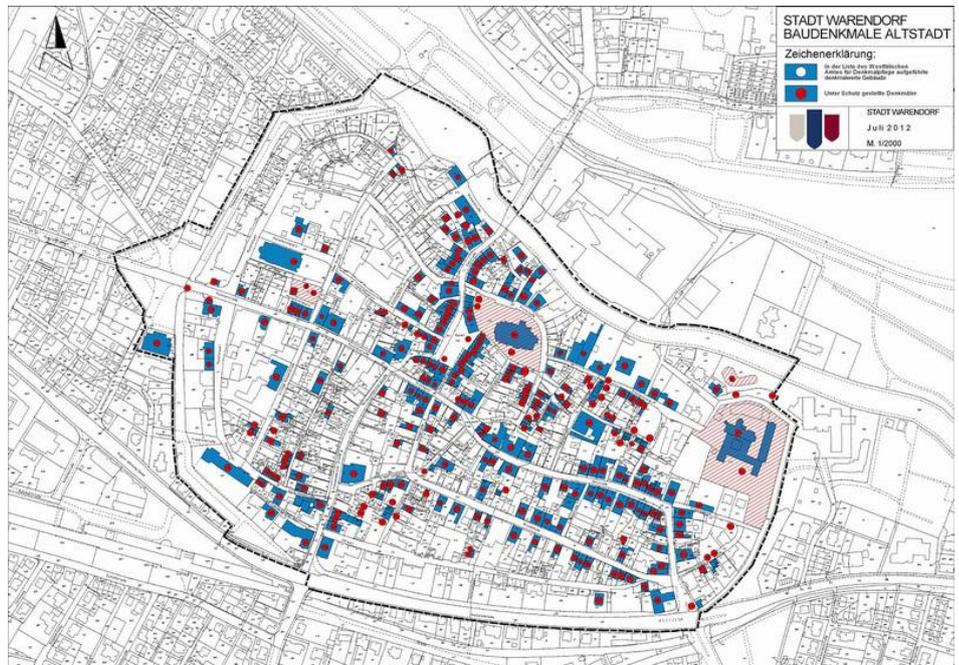


Abb. 1: Untersuchungsgebiet der Stadt Warendorf

Wie kann nun trotz dieser Schwierigkeiten die Wärmeversorgung der historischen Altstadt in Warendorf durch erneuerbare Energien abgedeckt werden?

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, eine mit Erneuerbaren Energien betriebene Wärmeversorgung zu realisieren. Dazu wurde im Rahmen der Arbeit die Wirtschaftlichkeit eines Nahwärmenetzes geprüft. Es wurden 2 Varianten untersucht:

Variante 1 setzt als Wärmeerzeuger ein Blockheizkraftwerk ein. Dabei wird das Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt und es erfolgt eine gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung. Variante 2 setzt als Wärmeerzeuger ein reines Heizwerk ein, dass mit Holzhackschnitzeln befeuert wird.

Für beide Varianten wurden jeweils die zu erwartenden Wärmegestehungskosten und CO<sub>2</sub>-Einsparungen ermittelt und miteinander verglichen.

Als Ergebnis der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Variante mit dem Einsatz von Biomethan in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) und einem erdgasbefeuerten Spitzenlastkessel die wirtschaftlichste und unter Berücksichtigung der Gesamtumstände die sinnvollste Variante mit einem hohen CO<sub>2</sub> Einsparungspotenzial darstellt.

## Untersuchung zur Optimierung der anaeroben Schlammstabilisierungsanlage auf dem dem Klärwerk Köhlbrandthöft

**Michael Bröker B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums: 03. Dezember 2013

Studiengang: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Umwelttechnik  
Laborbereich: Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit: Hamburg Wasser, Hamburg



Klärwerke, wie das der Hamburger Stadtentwässerung, sind für Ihren sehr hohen Stromverbrauch bekannt. Optimierungsmöglichkeiten gibt es daher viele. Einerseits durch den Einbau energieeffizienterer Aggregate, andererseits durch die verbesserte Produktion oder Verwertung von energetisch nutzbarem Faulgas/Biogas.

In dieser Arbeit wird der Ansatz verfolgt, den biochemischen Faulprozess durch Verminderung der Kurzschlussströmungen zu intensivieren. Dies soll durch den Umbau der bestehenden parallelen, einstufigen Faulung der Hauptfauler zu einer in Reihe betriebenen mehrstufigen Faulung geschehen. Bevor jedoch diese Umstellungen vollzogen werden können müssen Untersuchungen stattfinden. Die Untersuchungsergebnisse sollen ein ähnlich hohes Niveau an Prozessstabilität charakterisieren, wie es bei dem momentanen Betrieb der Fall ist.

Die erste Untersuchung, ein Belastungstest an der anaeroben Schlammstabilisierungsanlage auf dem Klärwerk Köhlbrandthöft, bestehend aus der Minimierung der hydraulischen Verweilzeit, sollte in erster Linie Erkenntnisse über die Realisierbarkeit einer Reihenschaltung der Faulbehälter liefern. Diese Untersuchung sollte zeigen, ob mit den vorhandenen Gegebenheiten ein stabiler Faulprozess der ersten, hochbelasteten Stufe (halbierte Aufenthaltszeit) einer mehrstufigen Faulung, stattfinden könnte.

Bei einer weiterhin beabsichtigten konstanten Gesamtverweilzeit der Hauptfauler von ca. 16 d, müsste die hydraulisch stark belastete erste Stufe im Serienbetrieb bei einer hydraulischen Aufenthaltszeit von ca. 8 d betrieben werden. Der Belastungstest, unterteilt in drei Phasen, hat eindeutig gezeigt, dass ein stabiler biologischer Abbauprozess bis zu einer hydraulischen Verweilzeit von 7,5 d möglich ist. Betriebsprobleme, welche zum Abbruch der Untersuchung führten, lassen sich auf hydraulische und physikalische Phänomene zurückführen. Diese zeigen aber auch, dass Verweilzeiten von ca. 6 Tagen bei den vorherrschenden Gegebenheiten nicht möglich sind.

Des Weiteren hat die Untersuchung gezeigt, dass bei langsamer Steigerung der Beschickungsmenge, die Biozönose durchaus fähig ist sich den neuen Bedingungen ausgesprochen gut anzupassen. Daher sind höhere hydraulische und organische Belastungen möglich.

Da es während der Versuchsphasen nicht zum Übergang in die saure Schlammfäulung kam, lässt sich nur vermuten, ob anhand der festgelegten, relevanten Prozessparameter und deren Grenzwerte ein solcher Vorgang frühzeitig erkannt werden kann. Zur Prozessüberprüfung sollte weiterhin das Zusammenwirken aller Parameter dienen und nicht ein einzelner als Überwachungswert gelten. Dazu zählen vor allem die Konzentration an flüchtigen organischen Säuren, die Pufferkapazität (Alkalität), der Glühverlust, die Gasmenge und Gasqualität.

Bisher werden die Hauptfäuler, wie erwähnt, einstufig betrieben. Vorteile der Reaktionskinetik und der Verweilzeitverteilung in seriell verschalteten Reaktoren (mehrstufig) sollen in Zukunft auch auf dem Klärwerk Köhlbrandthöft genutzt werden. Ein verbesserter Abbauprozess kennzeichnet sich nicht nur durch eine erhöhte spezifische Gasproduktion, sondern in erster Linie durch den vermehrten Abbau der organischen Stoffe.

Daher liegen die wirtschaftlichen Vorteile nicht nur bei Verwertung des energetisch nutzbaren Biogases, sondern ebenso in der Folgebehandlung des Faulschlammes. Aufgrund der verminderten organischen Stoffe sinkt z. B. der Flockungshilfsmittel-Verbrauch in der Schlammwässerung. Zudem wirkt sich ein geringer Anteil an organischen Stoffen positiv auf die Prozessführung der Klärschlammverbrennung aus.

Auf Grundlage der in der Arbeit vorgestellten Untersuchungsergebnisse ist für das Frühjahr 2014 erneut ein großtechnischer Versuch vorgesehen. Als zweites Teilprojekt des Optimierungsvorhabens soll schließlich eine Hauptfäuler-Gruppe für das zweistufige Verfahren umgerüstet und über einen langen Zeitraum betrieben werden. Erneut soll dabei festgestellt werden, ob ein ähnlich stabiler Faulprozess, wie bisher, gewährleistet werden kann.

Um darüber repräsentative Aussagen treffen zu können ist ein Zeitraum von einem Jahr für die Untersuchung zu wählen. Auch nicht vorhersehbare und problematische Betriebszustände können so mit in die Untersuchung eingehen. Die Versuchsplanung und vorherige Überlegungen sind in der Arbeit angegeben.

## Energetische Analyse und Bewertung von Systemen zur Klimatisierung der Verpackungsbereiche und der Reifelagerung von Schokoladenriegeln in einem Produktionsgebäude der August Storck KG am Standort Berlin

**Jens Bruch M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring

Datum des Kolloquiums: 11. Juli 2013

Studium: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Labor für Raumluftechnik

In Kooperation mit: August Storck KG, Halle (Westf.)



Die Firma Storck wurde im Jahr 1903 von August Storck gegründet und zählt zu den führenden deutschen Herstellern von Süßigkeiten. Das Unternehmen beschäftigt weltweit derzeit über 4.000 Mitarbeiter. In Deutschland stellt Storck an drei Standorten, Halle (Westf.), Ohrdruf und Berlin, Süßwaren her.

Der effiziente Umgang mit Energie ist im Unternehmensleitbild als herausragende Komponente aufgenommen. Die August Storck KG verfolgt mit dieser Masterarbeit am Standort Berlin eine Untersuchung zur effizienten Energieanwendung im Bereich der Klimatisierung von Produktionszonen zur Herstellung von Schokoladenriegeln.

Bei der Herstellung von Schokolade sind im Verfahrensablauf an vielen Stellen Kühl- bzw. Temperierprozesse integriert, vorwiegend um bestimmte Verarbeitungseigenschaften in den einzelnen Prozessabschnitten zu gewährleisten. Das Einhalten von definierten klimatechnischen Vorgaben, wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit, ist ein essenzieller Bestandteil zur Erzielung einer hohen und konstanten Produktqualität.

Als Ausgangspunkt für die Bewertung wurden zunächst theoretische Grundlagen im Bereich der Klima- und Kältetechnik erläutert. Die darauffolgende Bestandsanalyse diente der Erfassung sämtlicher energierelevanter Daten sowie der Nutzungsstrukturen des Produktionsgebäudes. Die ermittelten Daten wurden anschließend im Modellierungsumfeld Design Builder abgebildet und in der Simulationsumgebung Energy Plus in eine thermisch energetische Anlagen- und Gebäudesimulation überführt.

Das Berechnungsverfahren von Energy Plus basiert auf einem Ersatzmodell, welches darauf beruht, dass die Wärmeleitung in einem festen Körper und die Vorgänge in einem idealisierten elektrischen Kabel mit dem gleichen Typ Differentialgleichung beschrieben werden können (siehe folg. Gleichung).

$$\frac{\partial u(t,x)}{\partial t} = \frac{1}{R \cdot C} \cdot \frac{\partial^2 u(t,x)}{\partial x^2} = \frac{\partial \vartheta(t,x)}{\partial t} = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \cdot \frac{\partial^2 \vartheta(t,x)}{\partial x^2}$$

Nach der Validierung der Simulationsergebnisse und der Definition von Anforderungen an ein zukünftiges Klimatisierungssystem erfolgte die simulationsgestützte Potenzialanalyse, in der fünf verschiedene Varianten zur Effizienzsteigerung untersucht wurden. Aufgrund des hohen spezifischen und ganzjährigen Kühlenergiebedarfs der Produktionsbereiche wurde die Thematik der hybriden Kühlung (Kompressionskälte / Freie Kühlung) fokussiert.

In diesem Zusammenhang wurde das theoretische Einsparpotenzial eines Quellluftsystems dargestellt. Dieses resultiert unter anderem aus der höheren Lüftungseffektivität (siehe Abb. 1).

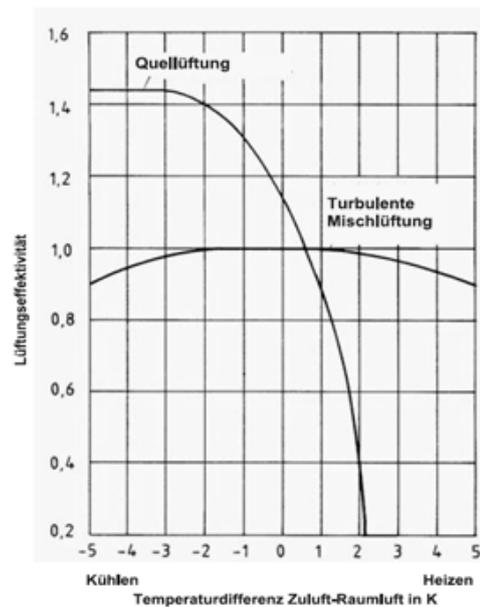


Abb.1: Vergleich der Lüftungseffektivität im Heiz- und Kühlfall

Für den Anwendungsfall wurde gezeigt, dass bei einem Quellluftsystem gegenüber einem Mischluftsystem die Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Raumluft bei gleichbleibender Effektivität reduziert werden kann. Dadurch wird bis zu 6.300 Stunden im Jahr ein Freikühlbetrieb mit Außenluft möglich. In diesem Zeitraum wird elektrisch angetriebene Kompressionskälte substituiert bzw. entlastet.

Auf Basis einer abschließenden Nutzwertanalyse erfolgte die Handlungsempfehlung für ein Konzept aus hybrider Kühlung in Kombination mit einem Quellluftsystem. Mit diesem System wird gegenüber dem Istzustand eine jährliche Energiekosteneinsparung von ca. 55 % erzielt.

## Konzeptentwicklung zur Belüftung einer Harzfabrik mittels CFD-Simulation

**Markus Burbank B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Ralf Schmolke M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	29. August 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluftechnik
In Kooperation mit:	BASF Coatings GmbH, Münster-Hiltrup

Die BASF Coatings GmbH betreibt am Standort in Münster-Hiltrup eine Fabrik zur Harzherstellung. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde für die Fabrik ein neues Belüftungskonzept entwickelt, das mittels einer CFD-Simulation überprüft wurde. Das Hauptaugenmerk bei der Entwicklung lag auf der Vermeidung von explosionsfähigen Atmosphären sowie die Verbesserung der Arbeitsatmosphäre.

Explosionsfähige Atmosphären können bei der Handhabung von pulverförmigen Rohstoffen, sowie beim Umgang mit lösemittelhaltigen Stoffen entstehen. Die Vermeidung von gefährlichen Zuständen in der Raumluft, wird nicht nur zum Schutz der technischen Anlagen betrachtet, sondern geht bei Missachtung dieser Zustände eine erhebliche Gefahr für die Mitarbeiter, die in und um der Anlage arbeiten aus. Weiter soll mit diesem Konzept die Qualität der Raumluft verbessert werden. Die Verbesserung soll durch ein auf die örtlich auftretenden Belastungen abgestimmtes Belüftungssystem erfolgen. Die Lösung zur Verbesserung liegt hier nicht mehr bei einer pauschalen Durchmischung der kompletten Raumluft, sondern bei einer gezielten Abführung bzw. Verdrängung der einzelnen Belastungen.

Nach der theoretischen Entwicklung des Konzeptes wurde, exemplarisch anhand einer Etage eine CFD-Simulation durchgeführt. Zur Bewertung des Lüftungskonzeptes wurde auch die bestehende Belüftungssituation der selben Etage simuliert. Bei der Auswertung lässt sich erkennen, dass die beiden unterschiedlichen Belüftungskonzepte völlig unterschiedliche Auswirkungen auf die Raumströmung sowie auf die Temperaturentwicklung innerhalb dieser Etage haben. Die im Konzept favorisierte Quelllüftung sorgt für eine vollständige Durchspülung der Raumluft, während die momentan installierte Mischlüftung nur für eine Durchspülung in gewissen Sektoren sorgt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Belüftung von Industrieanlagen mittels Quellluftsystemen funktioniert. Die Quellluft hilft die Raumluftqualität durch den Abtransport von stofflichen und thermischen Belastungen zu verbessern und erzeugt demzufolge eine weniger belastende Arbeitsatmosphäre für die Mitarbeiter.

## Wertschöpfungseffekte erneuerbarer Energien in der Stadt Leer (Ostfriesland)

**Andrea-Kinga Csiby M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums:

06. September 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energie- und Umwelttechnik

In Kooperation mit:

infas enermetric Consulting GmbH, Greven



Mit der Veröffentlichung des Online-Wertschöpfungsrechners der Agentur für Erneuerbare Energien Anfang des Jahres 2012 bot sich Kommunen und regionalen Akteuren erstmals die Möglichkeit, die Wertschöpfungseffekte erneuerbarer Energien innerhalb der Grenzen ihrer Städte und Gemeinden abschätzend zu ermitteln.

Anhand der Erfassung der Anteile ortsansässiger Unternehmen an Planung, Installation, Wartung und Betrieb von Erneuerbare-Energie-Anlagen können die regionalen Wertschöpfungseffekte als Summe von

- Unternehmensgewinnen,
- Nettoeinkommen aus Beschäftigungen und
- kommunalen Steuereinnahmen

kommunenspezifisch in Euro angegeben werden. Der Rechner ermöglicht der Stadt Leer die Wissenslücke zum monetären Nutzen erneuerbarer Energien zu schließen und deren Bedeutung auf dem Stadtgebiet gezielt hervorzuheben.

Ziel der Masterarbeit war somit die Abschätzung der Wertschöpfungseffekte Erneuerbarer-Energie-Anlagen auf dem Stadtgebiet Leer im Jahr 2011 mittels der Einbindung des Online-Wertschöpfungsrechners. Ermittelt wurden die für die Stadt Leer relevanten Wertschöpfungseffekte von

- Onshore-Windenergieanlagen,
- Photovoltaik-Dachanlagen,
- Biogasanlagen,
- Solarthermieanlagen,
- Holzfeuerungsanlagen sowie
- Erdwärmepumpen.

Enthalten sind die Effekte neu installierter Anlagen sowie die des Betriebes aller Anlagen auf dem Stadtgebiet, jeweils bezogen auf das Jahr 2011.

Im Ergebnis betragen die kommunalen Wertschöpfungseffekte erneuerbarer Energien der Stadt Leer rund **776.000 Euro** im Jahr 2011, sodass knapp **74 Prozent** der maximal möglichen Wertschöpfung der installierten EE-Anlagen innerhalb der Stadtgrenzen verbleibt.

Die generierten Wertschöpfungseffekte können mit rund 98 Prozent EE-Anlagen zur Strombereitstellung zugeordnet werden. Der Hauptanteil liegt auf Seiten der Unternehmensgewinne von Windenergie- und Photovoltaikanlagenbetreibern. Die restlichen zwei Prozent der Anlagen zur Wärmebereitstellung gründen hauptsächlich auf den Betrieb der Holzfeuerungsanlage der Fria Möbelteile GmbH, die Spanplattenreste aus der Möbelteileproduktion zur Befeuerung nutzt.

Die vermiedenen Treibhausgase der EE-Anlagen beziffern sich im Jahr 2011 auf knapp **17.000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente**. Mit dem Betrieb aller Anlagen und dem Zubau im Jahr 2011 sind auf dem Stadtgebiet Leer insgesamt **2,2 Vollzeit Arbeitsplätze** verbunden.

Indirekte Effekte wie die Wirkung von Investitionen in Bildung und Forschung im EE-Sektor oder die Produktion von Vorleistungen (bspw. Produktion von Gläsern für Photovoltaikanlagen) werden nicht erfasst. Ebenso fehlen Wertschöpfungseffekte von EE-Komponenten- und Anlagenherstellern, die ihren Sitz in der Kommune haben.

Zudem ist die Auswahl der EE-Anlagen zur Berechnung derer Wertschöpfungseffekte begrenzt. Eine Berechnung der Effekte von Offshore Windenergieanlagen, der Tiefengeothermie oder beispielsweise Großwasserkraftwerken ist nicht möglich. An dieser Stelle ist der Nutzer des Online-Wertschöpfungsrechners auf die eigenhändige Ermittlung der Effekte angewiesen, um das Ergebnis möglichst realitätsnah zu gestalten.

Zusammenfassend stellt der Online-Wertschöpfungsrechner ein wichtiges und vor allem das zurzeit einzige Instrument zur Abschätzung der kommunaler Wertschöpfungseffekte dar, das für Kommunen frei zugänglich ist. Daher sollte dessen besondere Position wertgeschätzt werden.

## Entwicklung einer spartenübergreifenden Zielnetzplanung für den Stadtteil Bockum-Hövel im Netzgebiet der Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH

Sven Dembinsky M. Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker

Datum des Kolloquiums: 29. Januar 2014

Studium: Netzingenieur Versorgungswirtschaft

Studienrichtung: In Kooperation mit: Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, 59065 Hamm



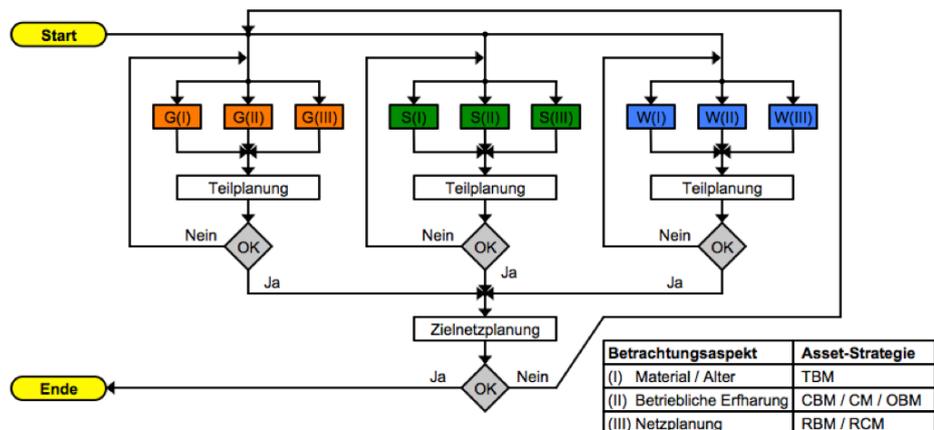
In den letzten Jahren hat sich die Welt der leitungsgebundenen Energieversorgung stark verändert. Vor allem Netzbetreiber haben ihre internen Organisationsstrukturen angepasst und teilweise spartenübergreifend ausgerichtet.

So auch bei der Energie- und Wasserversorgung Hamm GmbH, die für die Hammer Strom-, Erdgas- und Trinkwasserversorgungsnetze zuständig ist.

Im Rahmen der Masterarbeit wurde eine spartenübergreifende Zielnetzplanung für den Hammer Stadtteil Bockum-Hövel erstellt.

Zielnetzplanungen sind für Netzbetreiber von besonderer Bedeutung. Durch die relativ langen Abschreibungsfristen von bis zu 55 Jahren besteht ein besonderes Interesse daran, möglichst effiziente Netzstrukturen zu entwickeln und zu betreiben. Gerade die Entscheidungen in der Planungsphase haben enorme Auswirkungen auf die zukünftige Kosten- und Betriebsstruktur. Weiterhin wird immer angestrebt die verfügbaren operativen und finanziellen Mittel möglichst ökonomisch und rationell einzusetzen.

Zu Beginn wurde neben umfangreichen Netz- und Umweltanalysen, der Planungshorizont festgelegt. Untersuchte Punkte waren z. B. die Bevölkerungsentwicklung, die allgemeinen Netzparameter, die eingesetzten Leitungstypen, die Rehabilitationsraten, die Altersstrukturen, der Hausanschluss- und Netzleitungen, die Störungs- und Schadensstatistiken sowie die Entwicklung und Prognose der Energie- und Wasserverbräuche.

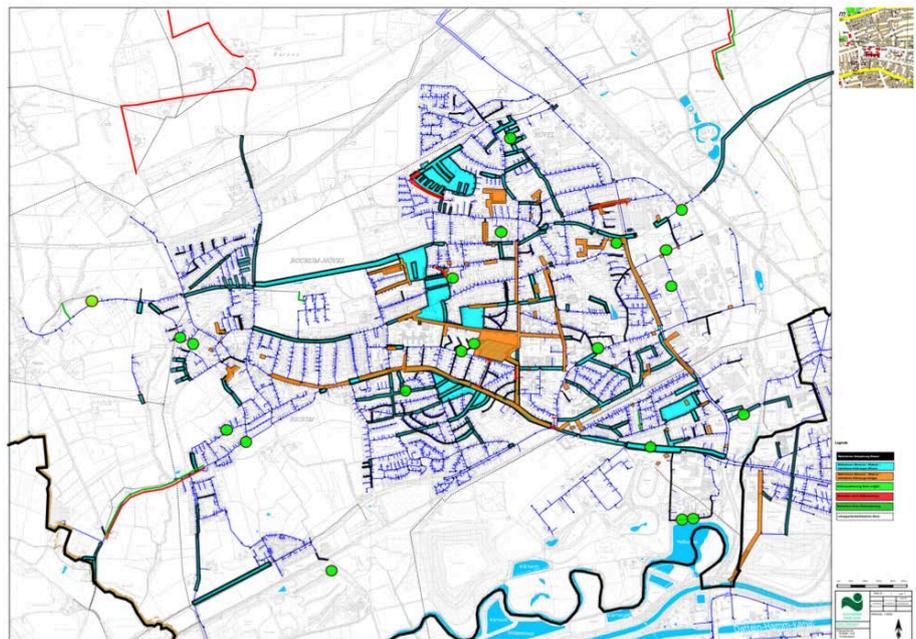


Danach erfolgte eine separate (Teil-)Zielnetzplanung der einzelnen Versorgungssparten. Dabei wurden betrachtungsabhängig, verschiedene Asset-Management-Strategien angewandt. Die einzelnen Netzplanungen setzten sich jeweils aus drei übergeordneten Betrachtungen zusammen.

Betrachtungsaspekte waren das „Material/Alter“, die „betrieblichen Erfahrungen und Auffälligkeiten“ und einer allgemeinen „Netzplanung“, die Dimensionen, Trassierungen und allgemeine Netzstrukturen untersucht und optimiert. Die einzelnen Ausarbeitungen wurden anschließend zu jeweils einer (Teil-)Zielnetzplanung Zusammengefasst. So ergeben sich insgesamt drei unabhängige spartenspezifische (Teil-)Zielnetzplanungen.

Die einzelnen drei Netzplanung wurden dann zu einer gesamten Zielenetzplanung synthetisiert. Insbesondere im Wassernetz ließen sich umfangreiche Erneuerungs- und Optimierungsmaßnahmen ermitteln. Auch im Bereich der Mittelspannung lassen sich Leitungsmeter durch geschickte Umtrassierungen einsparen.

Der geringste Handlungsbedarf herrschte im Gasnetz, dieses hatte insgesamt die beste Netzsubstanz. Folgend wurde das bestimmte Zielnetz auf die wesentlichen spartenübergreifenden Maßnahmen reduziert und deren Umsetzbarkeit im Rahmen der betriebsgewöhnlichen Finanz- und Workforceplanung untersucht.



Die gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse konnte für die Erstellung einer priorisierten Projektliste genutzt werden. Ziel war die Sicherstellung der Versorgungssicherheit bei gleichzeitiger, optimaler Ausnutzung der vorhandenen finanziellen Mittel.

Die identifizierten Projekte wurden schon teilweise in die Projektdatenbank aufgenommen und sind in die vorausschauende vierjährige Projektplanung eingeflossen. Einige kleinere Optimierungsmaßnahmen wurden schon umgesetzt.

## Analyse und Bewertung von Energieeinsparmaßnahmen im Bereich der HLK-Technik des Laborgebäudes A405 unter Zuhilfenahme der Simulationssoftware DesignBuilder und EnergyPlus

**Norbert Demming M.Eng**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.

Datum des Kolloquiums: 19. Dezember 2013

Studium: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluftechnik

In Kooperation mit: BASF Coatings GmbH, Münster-Hiltrup



Die thermische Gebäudesimulation ist ein Instrument zur energetischen Bewertung und Optimierung von Gebäuden unter geringen zeitlichen sowie investiven Aufwendungen. Die stundenweise Berechnung der Gebäude- und Raumreaktionen unter Berücksichtigung außenklimatischer Einflüsse, Verkehrs- und Betriebszeiten sowie komplexer Anlagentechnik ermöglicht die nahezu exakte Ermittlung des Energiebezugsverhaltens eines Gebäudes.

Am Beispiel des Laborgebäudes A405 konnten anhand der thermischen Gebäudesimulation die wesentlichen Energieverbraucher identifiziert werden. Die Aufdeckung dieser Einsparpotenziale ermöglicht die gezielte Untersuchung von Energieeinsparmaßnahmen, die wiederum durch die thermische Gebäudesimulation analysiert und bewertet werden.

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse erfolgt anschließend auf Basis der fundierten Simulationsergebnisse. Die thermische Gebäudesimulation ist somit ein unerlässliches Instrument zur energetischen Bewertung und Optimierung von Gebäuden.

Die Untersuchungen dieser Masterarbeit zeigten, dass die nachhaltige Reduzierung des Energieverbrauchs eines Gebäudes durch die Optimierung der Anlagentechnik realisiert werden kann und zu immensen Einsparungen führt. Am konkreten Beispiel des Gebäudes A405 konnte der Energiebedarf durch die Implementierung der Energieeinsparmaßnahmen um 74 % sowie die Energiekosten auf bis zu 58 % gesenkt werden.

Die Analyse und Bewertung der Energieeinsparmaßnahmen begann mit der thermischen Gebäudesimulation des Bestandsgebäudes, welches zukünftig saniert werden soll. Zur Plausibilitätsprüfung des Simulationsmodells wurden die Ergebnisse mit den zuvor aufgezeichneten „realen“ Energieverbräuchen verglichen. Anschließend wurde das Simulationsmodell auf den Sanierungsatbestand bei gleichbleibender Anlagentechnik angepasst.

Das digitale Abbild des sanierten Gebäudes entspricht somit der energetischen Ausgangsbasis, die zur Analyse der Energieeinsparmaßnahmen erforderlich ist. Die Ergebnisse der thermischen Gebäudesimulation zeigen auf, dass die Raumluftechnik den mit Abstand größten Wärme- und Stromverbraucher darstellt.

Der Betrieb des sanierten Gebäudes benötigt pro Jahr ca. 4,1 Mio. kWh Wärme zur Beheizung sowie 1 Mio. kWh zur stromseitigen Versorgung des Gebäudes. Etwa 86 % des gesamten Verbrauchs entspricht der projektierten Raumluftechnik und ist auf die immensen Volumenströme des Laborbetriebs zurückzuführen.

Mit dem Fokus auf die Raumluftechnik konnten zwei wirtschaftlich tragbare Energieeinsparmaßnahmen identifiziert werden. Der Einsatz eines Kreislaufverbundsystems zur Wärmerückgewinnung sowie die Integration einer Nachtabsenkung in die Steuerungs- und Regelungstechnik führen zu erheblichen energetischen Einsparungen. Die Wärmerückgewinnung aus der Abluft sowie die Reduzierung der Volumenströme und Rauminnentemperaturen außerhalb des Personenbetriebs führen zu einer Energieeinsparung von ca. 3,8 Mio kWh pro Jahr und senken damit den Energieverbrauch um bis zu 74 %.

Nach ca. 2 Jahren ist der Betrieb des sanierten Gebäudes mit Energieeinsparmaßnahmen kostengünstiger als die Energiebereitstellung über die energetische Ausgangsbasis. Die zu Beginn höheren Investitionskosten relativieren sich durch die vergleichsweise niedrigen Betriebskosten. Bei einer Betriebszeit von 15 Jahren liegen die Kosten der Energieeinsparmaßnahmen um 1.530.000 € unterhalb der Kosten der energetischen Ausgangsbasis. Zudem führt der Einsatz der Energieeinsparmaßnahmen zu einer Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Treibhausgasemissionen um jährlich 920 t.

Vor dem Hintergrund der politisch initiierten Energiewende und den damit einhergehenden Herausforderungen für Unternehmen, wird die effiziente Energieerzeugung und –verwendung zukünftig eine zentrale und weitreichende Bedeutung haben. Die gesetzlichen Vorschriften, finanziellen Anreize sowie steigenden Energiepreise drängen Unternehmen in die Lage ihren Energieverbrauch nachhaltig zu senken.

Um diesen Weg langfristig erfolgreich zu beschreiten ist die Identifikation von Energieeinsparpotenzialen sowie deren Ausschöpfung der wesentliche Arbeitsschritt. Denn „wie andere Rohstoffe ist Energie ebenso kostbar und sollte einmal „erzeugt“ – wie im Recyclingverfahren auf seinem Weg vom höchsten zum niedrigsten Energiezustand genügend oft bzw. mehrfach verwendet werden“ (Heinz Schilling, 1983).

## Erarbeitung der Anforderungen einer eigenständigen CAD/CAE-Software für die Fachabteilung Versorgungstechnik der August Storck KG

**Christian Diekmann B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Zweitprüfer: Jens Bruch M.Eng.

Datum des Kolloquiums: 15. November 2013

Studiengang: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: August Storck KG, Halle (Westf.)



In einem Industrieunternehmen wie der August Storck KG sind die Produktionsprozesse in einem hohen Grad abhängig von einer zuverlässigen und unterbrechungsfreien Bereitstellung aller notwendigen Medien mit Hilfe der Versorgungstechnik.

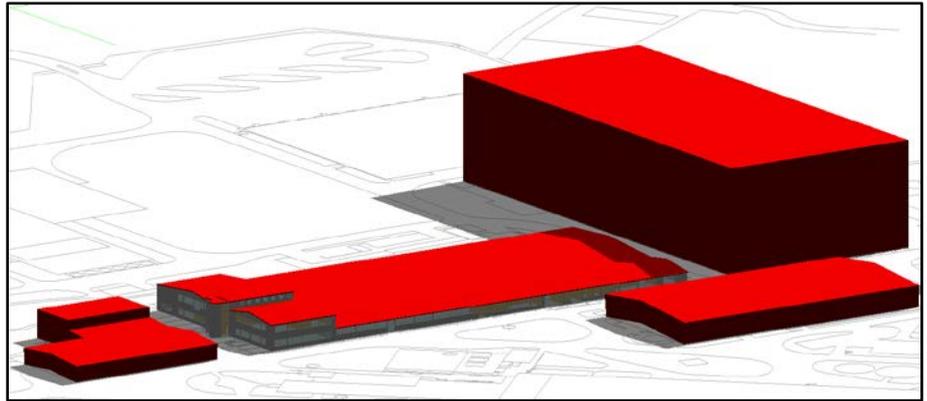
Zurzeit verfügt die Fachabteilung Versorgungs-technik der August Storck KG über kein eigenes CAD/CAE-System. Im Rahmen dieser Arbeit wurden daher die Anforderungen der Fachabteilung Versorgungstechnik an ein eigenständiges CAD/CAE-System ermittelt.

In einem ersten Schritt wurde zunächst der Istzustand analysiert. Dabei wurde nicht nur das Aufgabengebiet der Versorgungstechnik, sondern auch die Aufgabenbereiche aller an der Projektabwicklung beteiligten Abteilungen der Zentralen Technik der August Storck KG betrachtet. Aus der Analyse des Istzustandes folgte die Aufstellung eines Sollkonzeptes.

Das Sollkonzept besteht aus den für die Versorgungstechnik wichtigen Funktionsbereichen Fließbilder, Grundriss- und Aufstellplanung, Datenaustausch sowie versorgungstechnische Berechnungen, die ein eigenständiges CAD/CAE-System unterstützen soll.

Diese Funktionsbereiche dienen dazu die bereits in der Zentralen Technik vorhandenen Systeme auf eine Nutzung innerhalb der Versorgungstechnik zu prüfen und die jeweiligen Vor- und Nachteile herauszuarbeiten. Anschließend wurde mit Hilfe eines beispielhaften Projektablaufs aufgezeigt, wie diese Systeme eingesetzt werden.

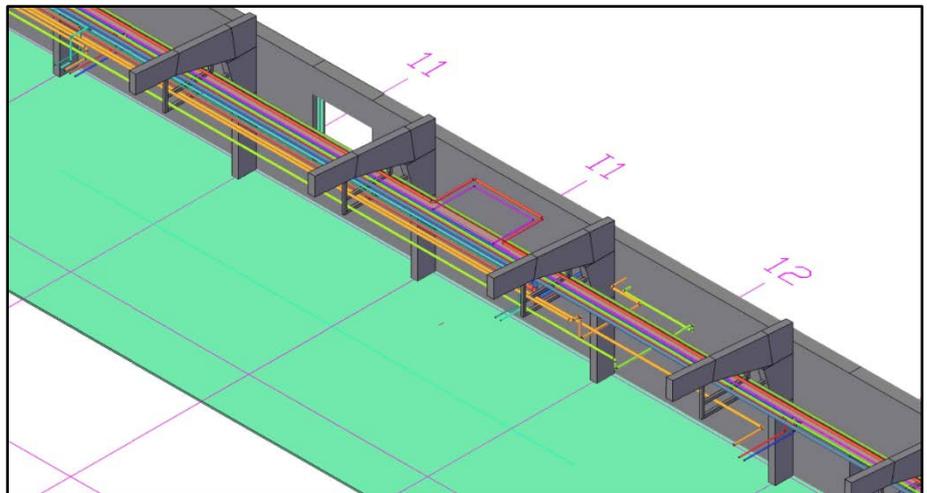
Zusätzlich wurde ermittelt, welche Informationen die Fachabteilung Versorgungstechnik in Form von Zeichnungen und Bauteillisten den verschiedenen Projektbeteiligten zur Verfügung stellen muss.



Ausschnitt aus der Simulation der Schattenverläufe mit mh-software

Durch den Einsatz des CAE-Systems mh-software, mit dem Schwerpunkt versorgungstechnischer Berechnungen, wurden am Beispiel eines Produktionsgebäudes eine Kühllast- sowie eine Rohrnetzberechnung durchgeführt. Hierdurch wurde exemplarisch der Aufwand für den zukünftigen Einsatz einer derartigen Software dargestellt.

Durch Messungen und Bestandsaufnahmen wurden zunächst die Grundlagen für die rechnerische Ermittlung der Lasten zusammengetragen. Danach folgte der eigentliche Berechnungsvorgang. Zusätzlich wurden mit der für die Gebäudetechnik entwickelten CAD-Software pit-CAD verschiedene zeichnerische Varianten zur Darstellung von Grundriss- und Aufstellplänen sowie Fließbildern erstellt. Abschließend erfolgte aus den erarbeiteten Erkenntnissen die Aufstellung und Gewichtung der Anforderungen an eine zu beschaffende CAD/CAE-Software.



Ausschnitt der dreidimensionalen Trassenplanung mit pit-CAD

## Validierung eines Berechnungsalgorithmus zur Auslegung von zentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmungssystemen

**Robin Diekmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Datum des Kolloquiums:	08. August 2013
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Olpe



Aufgrund der ständig wachsenden Zahl der Legionellenbefunde, wird das Thema der Stagnation in der Trinkwasserversorgung immer wichtiger. Stagnation kann zur Verkeimung des Trinkwassers führen, was für immunschwache Menschen ein enormes Gesundheitsrisiko darstellt. Um die Stagnation des erwärmten Trinkwassers zu vermeiden, müssen Trinkwassererwärmungssysteme so klein wie möglich dimensioniert werden. Die Sorge der Fachplaner ein System zu klein auszulegen führt jedoch nicht selten dazu, dass Trinkwassererwärmungssysteme in vielen Fällen überdimensioniert werden.

Zentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmungssysteme bieten die Möglichkeit, den trinkwasserhygienischen Risikobereich, durch eine geringe Menge gespeichertes Trinkwasser, zu minimieren. Nicht allein aufgrund des hygienischen Aspektes werden zentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmer in Zukunft immer populärer. Die steigende Nachfrage macht ein Auslegungsverfahren für zentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmungssysteme immer essenzieller.

Da sich Auslegungsverfahren in den meisten Fällen auf Speicher-Trinkwassererwärmungssysteme beziehen, müssen die Berechnungsmethoden in mehreren Sachverhalten angepasst werden. Die Verwendung bekannter Kenngrößen und Verfahren ist vor allem wichtig, da sich neue Verfahren auf dem Markt nur schwer etablieren lassen. Denn Fachplaner verwenden gerne gewohnte Systeme. So entsteht kein Zeitverlust durch Einarbeitung in alternative Auslegungsmethoden. Zudem bleibt das Vertrauen in die Auslegungsergebnisse und das Gefühl für dessen Größenordnung bestehen.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem es möglich ist, Leistungskennzahlen für zentrale Durchfluss-Trinkwassererwärmungssysteme zu bestimmen. Insbesondere wurde die Ermittlung der Leistungskennzahlen an Kemper KTS-Systemen verschiedener Ausführungen durchgeführt. Die Ermittlung basiert auf den Grundlagen der DIN 4708 und des Summenlinienverfahrens. Es wurde ein Berechnungsalgorithmus mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms erstellt. Mit dem Berechnungsalgorithmus ist es möglich, maximale Leistungskennzahlen verschiedener Systeme, bei variablen Randbedingungen zu bestimmen.

Die Validierung der Ergebnisse des Berechnungsalgorithmus erfolgte an einem Prüfstand nach DIN 4708, der auf die bestehende Problemstellung angepasst wurde. Des Weiteren wurde die Leistungsfähigkeit verschiedener Bauarten der eingesetzten Wärmeübertragungssysteme untersucht. Ziel der Arbeit war es, die KTS-Auslegung der Planungssoftware Kemper Dendrit Studio 2014 zu validieren. Die Validierung wurde mit dem ermittelten Berechnungsalgorithmus bei verschiedenen Randbedingungen durchgeführt.

Christopher Dufton M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Peter Hollenbeck M.Eng.

Datum des Kolloquiums:

22. November 2013

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Raumluff- und Kältetechnik



Während numerische Strömungssimulationen (CFD) in einigen Branchen, wie z. B. der Luft- und Raumfahrt, schon lange ein selbstverständliches Instrument in der Entwicklung und Planung darstellen, ist es in der Baubranche noch lange nicht üblich, bestimmte Problemstellungen auf diese Weise anzugehen. Hohe Soft- bzw. Hardwarekosten stehen den offensichtlichen Vorteilen von Strömungssimulationen, beispielsweise im Bereich Raumlufftechnik, gegenüber.

Softwareseitig bietet dabei die Anwendung von Open-Source-Produkten ein enormes finanzielles Einsparpotenzial. Ein solches, frei verfügbares Berechnungsprogramm wurde in dieser Arbeit verwendet, um dessen Simulationsergebnisse anhand von Messdaten aus verschiedenen Experimenten zu validieren. Die folgende Abbildung zeigt zwei vertikale Geschwindigkeitsprofile im sog. Nielsen-Raum, in dem Luft isotherm unterhalb der Decke eingeblasen und auf der gegenüberliegenden Seite über dem Boden abgesaugt wird.

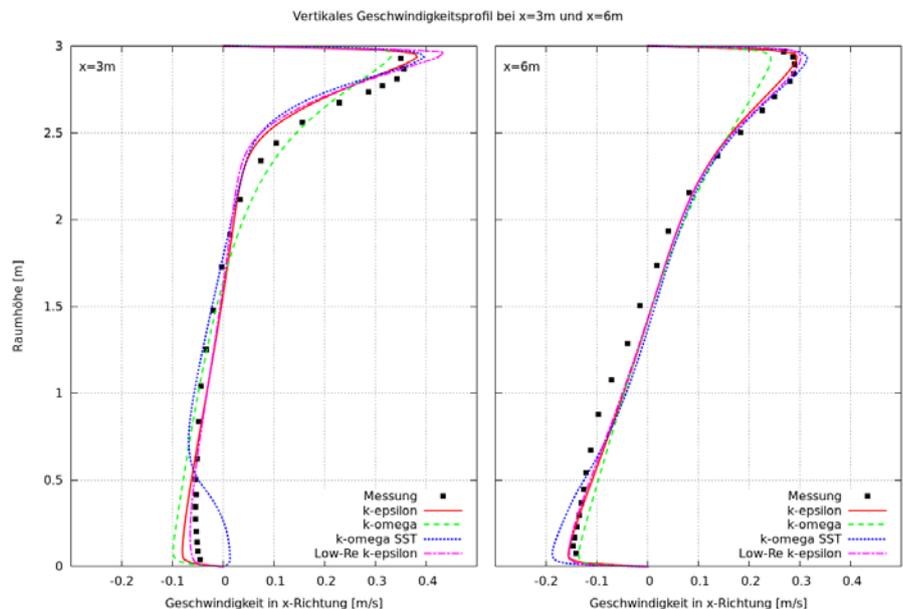


Abbildung 1: Vergleich verschiedener Turbulenzmodelle beim Nielsen-Raum

In dieser Simulation wurden verschiedene Berechnungsgitter und Turbulenzmodelle miteinander verglichen und die Ergebnisse den Messwerten aus dem Experiment gegenübergestellt.

Ein weiterer Fall beschreibt eine Raumluffströmung, die zusätzlich durch

Wärmequellen im Raum beeinflusst wird (Aachener Modellraum), s. Abbildung 2. Hier wurden Geschwindigkeits- und Temperaturprofile mit Messdaten verglichen.

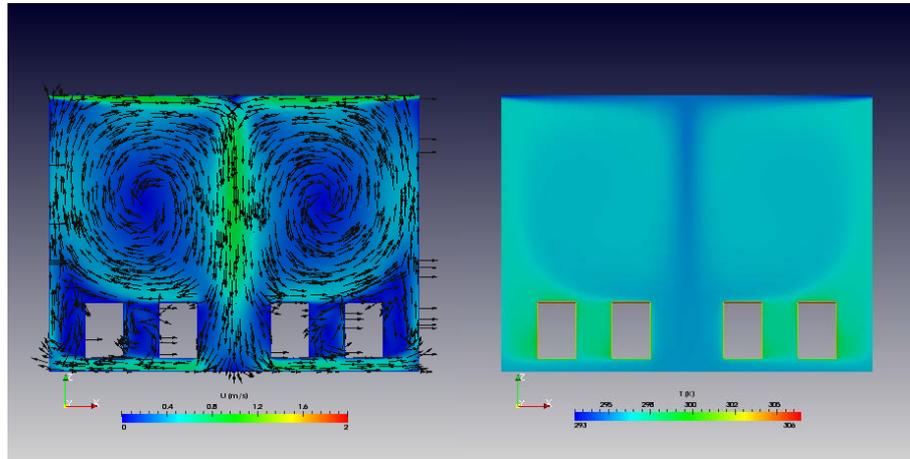


Abbildung 2: Geschwindigkeits- (links) und Temperaturverteilung (rechts) beim Aachener Modellraum

Das verwendete Softwarepaket OpenFOAM läuft unter Linux und wird allein durch verschiedene Textdateien gesteuert, die in einer vorgegebenen Ordnerstruktur abgelegt sein müssen. In einem zweiten Teil der Arbeit wurde ein kommerzielles Programm namens HVAC Tool getestet, welches die Bedienung von OpenFOAM durch eine grafische Benutzeroberfläche erleichtern und erweitern soll.

Anhand eines Beispielfalles wurde das Aufsetzen einer Strömungssimulation mit dem Programm ausführlich dokumentiert. Die nächste Abbildung zeigt als Ergebnis der Simulation die Temperaturschichtung in einem Raum mit Quellluftströmung und einer Person als Wärmequelle.

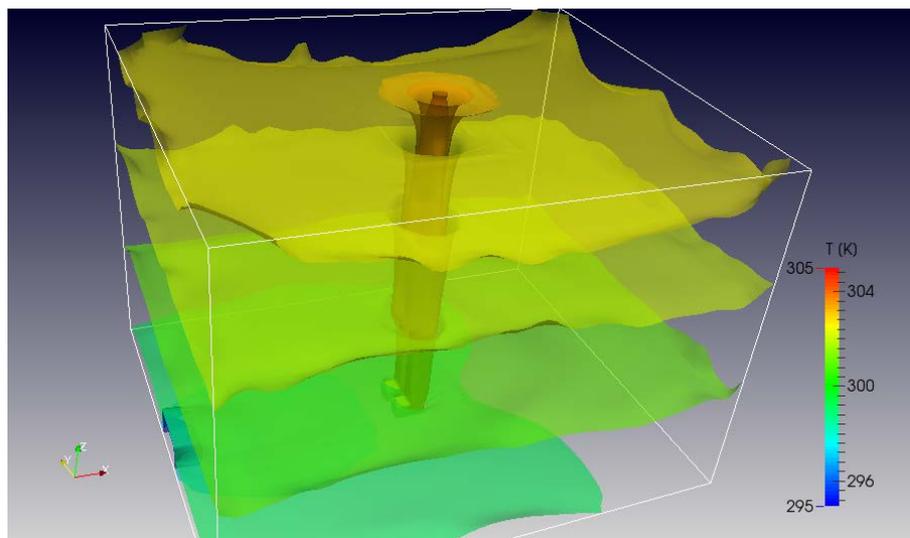


Abbildung 3: Temperaturschichtung bei einer Quellluftströmung

**Lukas Echelmeyer B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker

Datum des Kolloquiums: 12. April 2013

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Energie- und Umwelttechnik  
 Laborbereich: Energieversorgung und Energietechnik



Inhalt dieser Bachelorarbeit ist der Vergleich von unterschiedlicher Anlagentechnik in einem, nach den neusten Auflagen der Energieeinsparverordnung (EnEV) errichteten, Einfamilienhaus.

Die zu vergleichenden Werte sind dabei technischer und wirtschaftlicher Herkunft. Zum einen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die Anlagen-Aufwandszahl sowie der Gesamtenergiebedarf zum anderen die Amortisationszeit und die entstehenden betriebs- und kapitalgebundenen Kosten. Des Weiteren wurden die verschiedenen Förderprogramme von Bund, Land und des Kreises mit in die Analyse eingebunden.

Um diesen Vergleich zu gewährleisten, kam in einigen Punkten das Berechnungsprogramm Dämmwerk der Kern Ingenieurbüros zum Einsatz.

Da das Einfamilienhaus nach der neusten EnEV errichtet wurde, weist es eine sehr hohe Energieeffizienz auf. An dem Gebäude selbst wurden nach der Bestandsaufnahme keinerlei weitere Veränderungen vorgenommen, die diese Effizienz noch hätten beeinflussen können, sodass sich die Analyse einzig auf die Anlagentechnik konzentriert.

In den insgesamt fünf verschiedenen Varianten wurde nun unterschiedlich Anlagentechnik verwendet. Im eigentlichen Bestand des Hauses befinden sich ein Holzpellet Ofen, ein Vakuumröhrenkollektor und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. In der ersten Variante wurde nur ein Holzpellet Ofen genutzt. In der zweiten Variante wurde zu dem Ofen die Solaranlage wieder hinzugefügt. Die dritte Variante sah einen Erdgas-Brennwertkessel vor, welche in der Arbeit als Standard angesehen wurde. Schließlich wurde in der vierten Variante ein Blockheizkraftwerk mit integrierter Brennwerttechnik eingesetzt.

	Anschaffungs- Kosten €	Kapitalgebundene Kosten €/a	Betriebsgebundene Kosten €/a	Einnahmen €/a	Gestehungs- Kosten €/a
Ist-Zustand	35.800,00	3.779,76	3.795,16	-	7.574,92
Variante 1	11.000,00	1.161,40	3.826,99	-	4.988,39
Variante 2	25.800,00	2.723,96	3.575,33	-	6.299,29
Variante 3	7.000,00	739,06	4.621,92	-	5.360,98
Variante 4	22.293,60	2.353,76	3.142,61	-844,53	6.340,90

Tabelle 2: Vergleich der Kosten

Es ist deutlich zu sehen, dass im Bestand die Anschaffungs- und damit auch die kapitalgebundenen Kosten am größten sind. Durch die Verwendung von drei Anlagen ist dies allerdings auch nicht verwunderlich. Die dritte Variante weist im Vergleich dazu die niedrigsten Werte auf. Die wenigsten Geste-hungskosten hat dagegen die Variante 1.

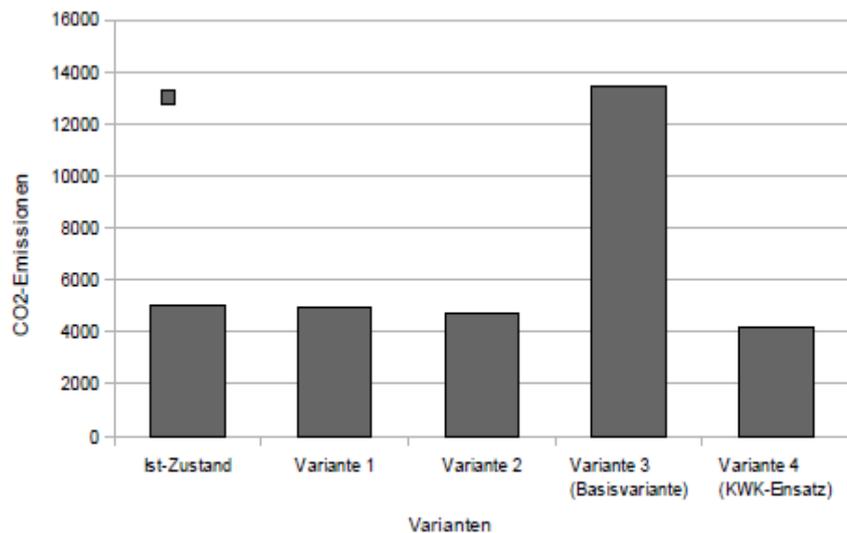


Abbildung 19: Vergleich der CO2-Emissionen

Die mit Abstand höchsten CO2-Emissionen erzeugt die Variante 3 mit Erd-gas-Brennwertkessel. Die anderen vier Varianten weisen dagegen in etwa gleich hohe Emissionswerte auf

Die Auswahl der Variante, der Favorit, bleibt dem Investor freigestellt.

## Untersuchung verschiedener Trinkwassersysteme am Beispiel eines Bettenhauses

**Martin Feldmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Christof Hewing
Datum des Kolloquiums:	25. März 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Sanitäre Haustechnik
In Kooperation mit:	agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Ziel der Arbeit war es am Beispiel des Neubaus eines Bettenhauses an der Fachklinik Bad Bentheim die Auswirkungen der novellierten Normen und Verordnung für Trinkwasserinstallationen auf den möglichen Aufbau und deren Berechnungen von Trinkwassersystemen gegenüberzustellen. Des Weiteren sollten die Auswirkungen dieser neuen Normen und Verordnungen auf die Planung von Trinkwassersystemen und die Umsetzung der Normen und Verordnungen in der Praxis aufgezeigt werden.

Bei der als Beispiel herangezogenen Baumaßnahme handelt es sich um den Neubau eines Bettenhauses innerhalb der Fachklinik Bad Bentheim. Im Rahmen der Baumaßnahme sollen 62 Patientenzimmer auf vier Etagen entstehen. Jedes dieser Patientenzimmer soll über eine Nasszelle verfügen, diese Nasszelle ist jeweils mit einem WC-Becken, einem Waschbecken und einer Duschwanne ausgestattet.

Verglichen wurden zwei verschiedene Installationssysteme. Bei der ersten Installationsvariante wurden von der sich im Keller befindlichen Hauptleitung mit T-Stücken abgehend die Anschlussleitung über alle 4 Etagen durchgeschliffen. Am Ende jeder dieser Anschlussleitungen befindet sich eine automatische Spüleinrichtung, die einen Wasseraustausch auch bei nicht vorhandener Nutzung einzelner Nasszellen sicherstellt. Bei der zweiten Installationsvariante wurden mit Hilfe von dynamischen Strömungsteilern aus dem Hause Kemper (siehe Abb.1) Ringleitungen aufgebaut, die die einzelnen Nasszellen versorgen.

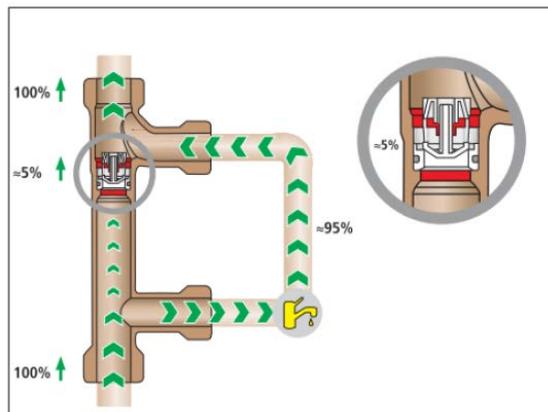


Abb.1: Funktionsprinzip eines dynamischen Strömungsteilers  
(Quelle: Kemper-Broschüre: KHS – Effizient)

Die Berechnung der beiden Installationsvarianten erfolgte mit zwei verschiedenen Berechnungsprogrammen. Die Installationsvariante mit durchgeschliffener Anschlussleistung wurde mit der Software „Viptool Piping“ berechnet. Die Berechnung der Installationsvariante mit den dynamischen Strömungsteilern erfolgte mit der Software „Dendrit“.

Das Ergebnis der Arbeit ist, dass beide Installationsvarianten für eine bauliche Ausführung möglich sind. Von beiden Installationssystemen geht dabei keine Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität aus und ein hygienisch einwandfreier Betrieb ist möglich.

Die Installationsvariante mit den dynamischen Strömungsteilern weist jedoch einen geringeren Wasserinhalt auf. Ein möglichst geringes Anlagenvolumen ist eine Forderung aus der Trinkwasserverordnung. Des Weiteren ergaben sich bei der Untersuchung geringere Installationskosten sowie ein geringerer Wartungsaufwand, bei der Installationsvariante mit den dynamischen Strömungsteilern.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde die Entscheidung getroffen, die Installationsvariante mit den dynamischen Strömungsteilern zur Ausführung zu bringen.

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Regenwasserbehandlungsanlagen an Bundesautobahnen im Bereich der Autobahnniederlassung Hamm

**Katrin Frey B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Markus Quinkert
Datum des Kolloquiums:	11. September 2013
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Straßen NRW, Hamm



Das auf den Bundesautobahnen anfallende Niederschlagswasser ist auf Grund der organischen und anorganischen Schadstoffe, die sich zum Beispiel auf den Bremsbelagabrieb oder Kraftstoffverluste zurückführen lassen, stark belastet. Daher muss das Niederschlagswasser von den Straßen abgeleitet und gereinigt werden, bevor es in ein Gewässer eingeleitet werden darf.

An den Bundesautobahnen in NRW gibt es verschiedene Regenwasserbehandlungsanlagen, die das Wasser gereinigt und gedrosselt in das Gewässer abgeben. Ziel der Arbeit war es, mit Hilfe der Wirtschaftlichkeitsberechnung nach LAWA an einem konkreten Beispiel herauszufinden, ob es wirtschaftlich sinnvoller ist eine Regenwasserbehandlungsanlage zu errichten, oder bestehende Ableitungssysteme zu nutzen und Abgaben an den Kanalnetz- und Klärwerksbetreiber zu zahlen.

Anhand eines konkreten Beispiels an der Bundesstraße B236, an der ein vierspuriger Ausbau umgesetzt wird, wird die Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt. Es wurde ein Leichtflüssigkeitsabscheider an der Stadtgrenze Dortmund/ Schwerte und der Bundesautobahn A1 geplant. Alternativ sollte das Niederschlagswasser über die bestehenden Rohrleitungen zum Klärwerk nach Schwerte abgeleitet werden. Einzig an der Autobahnüberführung über die A1 müssten die Rohrleitungen vergrößert und erneuert werden, um die anfallende Niederschlagsmenge ableiten zu können.

Da sich der Bau des Leichtflüssigkeitsabscheiders in der Vor- bzw. Entwurfsplanung befand, wurden anhand der Vorentwürfe die Kosten mit Hilfe von Erfahrungswerten kalkuliert. Die laufenden Kosten wurden anhand der Ablösungsbeträge- Berechnungsverordnung festgelegt. Die Kosten für die Alternative der Rohrleitung zum Klärwerk ergaben sich aus den Gebühren für das Klärwerk in Schwerte, sowie dem Neubau des Teilabschnittes der Rohrleitungen.

Die Berechnung der Projektkosten- und Jahreskostenbarwerte lieferte ein eindeutiges Ergebnis in der Beurteilung. Der Bau des Leichtflüssigkeitsabscheiders ist gegenüber der Rohrleitung zum Klärwerk in Schwerte, über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren, einem Kalkulationszinssatz von 3 % und einem Bezugszeitpunkt im Jahre 2013 als wirtschaftlicher anzusehen.

Auch die Empfindlichkeitsprüfung und eine Ermittlung der kritischen Werte

fürten zu dem gleichen Ergebnis. Untersucht wurde eine Veränderung des Kalkulationszinssatzes von 2 bis 5 %, ein Untersuchungszeitraum von 25 bis 70 Jahren und Betriebskostensteigerungen von 0 bis 2 %.

Exemplarisch wird in der Abbildung die Veränderung der Projektkostenbarwerte beider Alternativen bei einer Veränderung des Kalkulationszinssatzes von 2 bis 5 % dargestellt.

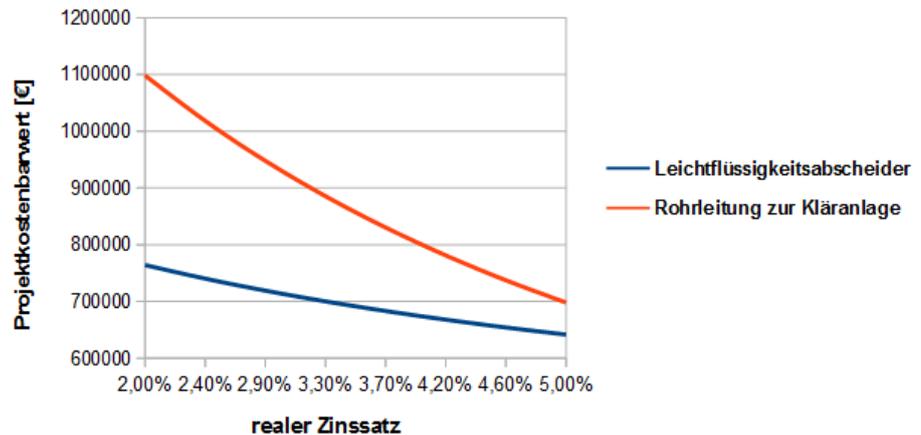


Abbildung: Empfindlichkeitsprüfung Kalkulationszinssatz

Zuletzt wurde untersucht, ob bei dem Bau einer Regenwasserbehandlungsanlage ein Erdbecken oder ein Becken in Betonbauweise bevorzugt werden sollte. Betrachtet wurden hier ökologische Wirkungen, die Räumungs- und Entsorgungskosten des in den Becken anfallenden Schlammes, sowie weitere Aspekte, wie die Flächenausnutzung.

Hier ließ sich herausarbeiten, dass das Betonbecken aus biologischer Sicht als umweltfreundlicher angesehen werden kann, da die Räumungsarbeiten am Erdbecken zu enormen Auswirkungen auf den Lebensraum der angesiedelten Tiere führt. Auch die Räumungskosten sind bei einem Betonbecken geringer anzusetzen. Letztendlich müssen jedoch für jedes Projekt individuell die Vor- und Nachteile des Beckentyps abgewogen werden, da die räumlichen Gegebenheiten und wirtschaftlichen Voraussetzungen variieren.

## Grundlagen und Konzept für die Erweiterung einer NH<sub>3</sub>-Kälteanlage der August Storck KG am Standort Halle (Westf.)

**Patrick Fuest B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Harald Köhne
Datum des Kolloquiums:	12. November 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Kältetechnik
In Kooperation mit:	August Storck KG, Halle (Westf.)



Neben der Heizungs- und Sanitärtechnik, spielt in der Versorgungstechnik die Klima- bzw. Kältetechnik eine große Rolle. Von der einfachen Raumkühlung bis zur Erzeugung von Prozesskälte für Großanlagen, bei vielen Anwendungen besitzt die Kälteerzeugung eine beachtliche Bedeutung.

Dieser Bedeutung ist sich auch die August Storck KG bewusst und setzt dabei auf eine wirtschaftliche und zukunftssichere Kälteerzeugung. Durch Verbote und Restriktionen von Kältemitteln, welche den Abbau von Ozon steigern und den Treibhauseffekt verstärken, rücken immer mehr die natürlichen Kältemittel in den Vordergrund. Um auch langfristig Anlagen zur Kälteerzeugung zu betreiben, wird bei der Firma Storck vorzugsweise das natürliche Kältemittel Ammoniak eingesetzt.

Die Nachfrage nach Süßwaren ist in den letzten Jahren weiter gestiegen, als logische Konsequenzen müssen Maschinen zur Herstellung von Produkten erweitert werden. Der Ausbau von Produktionskapazitäten hat gleichzeitig einen Anstieg der benötigten Kühl- und Kälteleistung zur Folge. Bei den Koch- und Gießeinrichtungen wird die erzeugte Kälte zur Abkühlen von Massen und Maschinen benutzt. Aber auch das Produktionsgebäude selbst, wird mit Hilfe von Klimaanlage auf ein vorgegebenes Raumklima geregelt.

Die Bachelorarbeit befasst sich mit der Ermittlung der Kälteleistung, die für solch eine Erweiterung der Produktionskapazitäten benötigt wird. Mit dieser Bedarfsermittlung werden im Anschluss Angebote für Verdichter und Verflüssiger von unterschiedlichen Herstellern eingeholt und miteinander verglichen. Das Ergebnis des Vergleichs ist eine passende Auswahl der Komponenten für das Projekt, sodass nach Fertigstellung der Erweiterung, an jedem Tag des Jahres, genügend Kälteleistung zur Verfügung steht.

Mit unterschiedlichen Mess- und Berechnungsverfahren wurde eine erforderliche Kälteleistung von circa 2.000 kW für die Erweiterung ermittelt. Mit bestimmten Vorgaben und der erforderlichen Kälteleistung konnten im Anschluss, für das Projekt, optimale Verdichter und Verflüssiger gewählt werden.

So besitzen zum Beispiel die gewählten Verdichter im Teillastbereich einen besseren COP als die Bestandsverdichter. Die Verflüssigung des Kältemittels kann mit nur einem Gerät realisiert werden. Dies spart Kosten bei der Einbindung des neuen Verflüssigers in das Bestandssystem.

## Untersuchungen zur magnetokalorischen Kühlung für den Einsatz in dezentralen Klimageräten

**Alexander Gernhardt M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dr.-Ing. Christian Fieberg

Datum des Kolloquiums:

28. November 2013

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Raumluftechnik

In Kooperation mit:

GEA Air Treatment GmbH, Herne



Konventionell erfolgt die Kältebereitstellung in der Klimatechnik über Kompressionskältemaschinen, in denen ein zirkulierendes Kältemittel zyklisch verdampft und kondensiert und dabei Umgebungswärme aufnimmt und wieder abgibt. Diese Art der Kältebereitstellung erfolgt in der Klimatechnik sowohl zentral für das gesamte Gebäude als auch dezentral für einzelne Räume. Obwohl dieses Verfahren sehr weit verbreitet und erprobt ist, birgt es Nachteile wie beispielsweise den Einsatz klimaschädlicher Kältemittel und einen hohen Bedarf an elektrischer Energie.

Eine andere Art der Kälteerzeugung nutzt den sogenannten magnetokalorischen Effekt, der auf der Tatsache beruht, dass die Entropie bestimmter magnetischer Materialien eine sehr starke Abhängigkeit in Bezug auf die Temperatur und die magnetische Feldstärke aufweist. Wurde der magnetokalorische Effekt früher nur in der Tieftemperaturphysik eingesetzt, ist es in den letzten Jahren durch intensive Forschungen gelungen, das Prinzip auch bei üblichen Umgebungstemperaturen zu nutzen, sodass aktuell erste Kühlschränke die Marktreife erreichen.

Die Aufgabe dieser Masterarbeit umfasste die Untersuchung und Beurteilung der magnetokalorischen Kühlung in Hinblick auf die grundsätzliche Anwendbarkeit in dezentralen Klimageräten.

Dazu wurden zunächst die Grundlagen und der aktuelle Stand der Technologie näher beleuchtet. Anschließend wurde ein Gerätekonzept geschaffen, das die magnetokalorische Kühlung mit einem konventionellen Gebläsekonvektor vereint. Basierend auf diesem Gerätekonzept wurde ein Verfahren zur überschlägigen Berechnung der Leistungszahl, der Masse, des Volumens und des Preises eines solchen Geräts entwickelt.

Mittels dieses Verfahrens und unter Einbeziehung weiterer Aspekte wurde die magnetokalorische Kühlung nun in Bezug auf dezentrale Klimageräte geprüft und beurteilt. Danach wurde ein Klimasystem auf Basis der magnetokalorischen Kühlung einem konventionellen Klimasystem in einem statischen und in einem dynamischen Vergleich gegenübergestellt.

## Entwicklung eines Vermarktungskonzeptes für einen System-Konfigurator in der Gebäudeautomation

**Fabian Gödker, B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Kai Baumann
Datum des Kolloquiums:	02. September 2013
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	DEOS control systems GmbH, Rheine



Die DEOS control systems GmbH ist Hersteller und Entwickler von Automationsstationen und zugehöriger Software. Der Fokus des Unternehmens liegt bei der Regelung von Anlagen in der Heizungs-, Lüftungs- und Kältetechnik.

Im Mittelpunkt dieser Bachelorarbeit steht die Produktinnovation OPENapp, die im Allgemeinen als System-Konfigurator bezeichnet wird. Mit diesem aus einer Kompakt-Automationsstation und zugehöriger Software bestehendem Produkt ist es ohne Programmierkenntnisse möglich, Anlagen zu konfigurieren und somit in eine energiesparende Regelung einzubinden.

Die Zielsetzung der Bachelorarbeit war es, potenzielle Kundengruppen für dieses Produkt herauszustellen und mit den gewonnenen Ergebnissen ein Vermarktungskonzept zu erarbeiten.

Nach einer technischen Einordnung des betrachteten Produktes ist der Hauptteil der Bachelorarbeit anhand der drei Leitfragen gegliedert:

- Welche Kundengruppen können durch OPENapp angesprochen werden?
- Was benötigen diese Kundengruppen, um das Produkt einzusetzen?
- Ist es strategisch sinnvoll, diese Kundengruppen anzusprechen?

Nach Interviews mit den Vertretern der verschiedenen Interessengruppen kristallisierten sich zwei Kundengruppen heraus, die näher untersucht werden sollten. Diesen fehlten jedoch noch diverse Services, um OPENapp sofort einsetzen zu können. Diese wurden dokumentiert, bewertet und mit Vorschlägen zur Lösung versehen.

Um die dritte Frage zu beantworten, wurde eine Marktabschätzung für eine Kundengruppe vorgenommen. Die Ergebnisse unterstrichen die Notwendigkeit zum Ansprechen der Kundengruppe. Zusätzlich wurden alternative Vertriebswege für dieses Produkt aufgezeigt, die bei näherer Betrachtung beträchtliche Umsatzpotenziale erwarten lassen.

Als Abschluss der Arbeit werden aus den Kernergebnissen Handlungsempfehlungen für den Vorstand des Unternehmens abgeleitet.

## Anforderungen an die Installation und Sicherung der Trinkwasserqualität in Laborgebäuden

**Lisa Golke B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.

Datum des Kolloquiums: 11. Oktober 2013

Studiengang: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Umwelttechnik  
Laborbereich: Haus- und Energietechnik



Aufgrund der Änderung der TrinkwV 2001 sind die Anforderungen an die Hygiene einer Trinkwasserinstallation nicht nur im häuslichen Bereich gestiegen, sondern auch in Laborgebäuden. Die a.a.R.d.T. stellen grundlegende Mindestanforderungen an eine Planung, Installation und Nutzung von Trinkwasserinstallationen im häuslichen Bereich dar, werden aber für die Anwendung auf Laborgebäude z. T. nicht ausreichend formuliert. In der Arbeit wurde die Frage zur Anforderung an die Installation von Trinkwasserleitungen und die Sicherung des Trinkwassers vor äußeren und inneren Einwirkungen in Laborgebäuden für TGA-Fachplaner und Installateure behandelt.

Denkt man an Laboratorien, so nimmt man an, dass Hygiene ein Thema ist, das von Mitarbeitern ernst genommen wird, um die Gesundheit der Person zu schützen. Der bestimmungsgemäße Betrieb einer Trinkwasserinstallation seitens der Betreiber verhilft u. a. zu einer Einhaltung der Hygiene in der Installation. Darauf bezogen wurden die Maßnahmen zur Sicherung der Hygiene in der Trinkwasserinstallation, durch Einhaltung des bestimmungsgemäßen Betriebs, seitens der Betreiber untersucht und ausgewertet.

Da es Laboratorien unterschiedlicher Arten gibt, in denen mit chemischen und biologischen Stoffen gearbeitet wird und diese i. d. R. eine hohe Anzahl von Entnahmestellen aufweisen, werden Fachplaner und Betreiber vor Problematiken gestellt, die im häuslichen Bereich nicht entstehen. Auch wenn die Verwendung von Trinkwasser in einem Laborgebäude eine untergestellte Position belegt, sind bestimmte Verbraucher in Laborgebäuden mit Trinkwasser zu versorgen. Hohe Flüssigkeitskategorien von 4 und 5 in Laboratorien erfordern eine umfangreichere Absicherung der Trinkwasserinstallation vor Rückfließen, als im häuslichen Bereich. Die Wahl der Sicherungseinrichtungen ist ausreichend in den Regelwerken definiert.

Die Art der Verlegung von Rohrleitungen ist entscheidend für die Hygiene der Trinkwasserinstallation und die partielle Entlastung der Betreiber. Fachplaner von Laboratorien wurden bezüglich ihrer Erfahrungen zu Problematiken und Vorgehensweise zur Umsetzung der Anforderungen der a.a.R.d.T. in die Praxis befragt. Gespräche mit Fachplanern von Laborgebäuden zeigten, dass es Reaktionen auf die Umsetzung der Hygieneanforderungen ihrerseits gibt, aber nicht optimal umgesetzt werden können, da unterschiedliche Einflussfaktoren eine Umsetzung beeinflussen. Beeinflussende Faktoren sind z. B. Kosten, Zeit, Material und Sicherung der Installation. Die Positionierung von Probenahmestellen ist für Trinkwasser kalt nicht ausreichend in den a.a.R.d.T.

dargestellt. Dies ist kritisch zu betrachten, da auch in Trinkwasserleitungen, die kaltes Trinkwasser führen, mikrobiell belastet werden können und die Gesundheit des Menschen gefährden können.

Sonderformen, wie Augen- und Körpernotduschen, die dem Schutz der Gesundheit des Mitarbeiters dienen, werden mit Trinkwasser oder Laborwasser betrieben. Untersuchungen der Laboratorien zeigten, dass Notduschen ein Hygieneproblem in Laboratorien darstellen können, da diese häufig stagnierendes Wasser in Leitungen beinhalten und unzureichend (einmal pro Monat bis gar nicht) gespült werden.



Um die Gesundheit des Mitarbeiters zu schützen und um Stagnationen zu vermeiden, sind Notduschen durchzuschleifen, als Ringleitung zu verlegen, mindestens wöchentlich zu spülen und möglichst mit Trinkwasser zu betreiben. Auch Entnahmestellen mit Laborwasser müssen durchgeschleift werden, um dafür Sorge zu tragen, dass Laborwasser eine Qualität ähnlich der von Trinkwasser aufweist. Alle Leitungen sind zu dämmen.

Ein weiteres Ergebnis der Umfrage ergab, dass Mitarbeiter mithilfe von Schläuchen, die an Labortüllen von Entnahmestellen angebracht werden, die Sicherungseinrichtung an Labortischen, -Zeilen und in Abzügen außer Kraft setzen. Zur Sicherung dieser Entnahmestellen sind Maßnahmen zu treffen.

Die Arbeit stellt dar, dass hygienische Anforderungen an die Trinkwasserinstallation von Laborgebäuden in den a.a.R.d.T. hinreichend beschrieben werden müssen, um eine Kontaminierung des Trinkwassers und damit die Gefährdung der Gesundheit von Menschen zu minimieren. Der Begriff „bestimmungsgemäßer Betrieb einer Trinkwasserinstallation“ muss verantwortlichen Personen bekannt sein. Zudem sind die Kommunikation zur Nutzerebene, sowie die Dokumentation von Maßnahmen und Installationen für die Einhaltung eines bestimmungsgemäßen Betriebs einer Trinkwasserinstallation essenziell, damit die Hygiene des Trinkwassers in einem Laborgebäude auch durch den Betreiber gesichert wird. Schulung und Sensibilisierung von Fachpersonal und die Aufteilung der Pflichten können zu einer Verbesserung der Hygiene in Trinkwasserinstallationen in Laborgebäuden beitragen.

**Stefan Griese B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Michael van Well
Datum des Kolloquiums:	10. Oktober 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	Plüth Gebäudeautomation GmbH, Rheine



Im Sommer 2011 hat die Bundesregierung die Energiewende auf den Weg gebracht. Grundlegend dafür ist ein Energiekonzept für die Bundesrepublik Deutschland mit dem Ziel die Treibhausemissionen um 80 % gegenüber dem Jahr 1990 zu senken. Zudem soll ein wesentlicher Teil der Energie aus erneuerbaren Quellen gewonnen sowie der Energieverbrauch gesenkt werden, während die Energieeffizienz gesteigert werden soll.

Da in Deutschland etwa 40 % der Primärenergie für den Betrieb von Gebäuden eingesetzt wird, kommt diesem Sektor eine hohe Bedeutung im Hinblick auf die Erreichung des letzten Punktes der Energiewende – die Senkung des Energieverbrauchs und Steigerung der Energieeffizienz – zu.

Nach der Energieeinsparverordnung müssen alle Klimaanlage mit einer Kälteleistung von mehr als 12 kW hinsichtlich ihrer Energieeffizienz untersucht werden. Dabei werden sowohl das Gebäude als auch die Anlage an sich inspiziert. Im Auftrag der Forschungsinitiative Zukunft Bau wurde in einer Studie analysiert, welche Maßnahmen bei einer energetischen Inspektion empfohlen worden sind. Die vorderen Plätze belegen dabei der Austausch von Ventilatoren, Optimierung der Regelstrategie oder eine bedarfsgerechte Volumenstromregelung.

Mit Hilfe dieser Angaben und einer Abschätzung der damit verbundenen Energieeinsparpotenziale wurde ermittelt wie viel Energie in Deutschland beim Betrieb von Klimaanlage eingespart werden könnten. Nur durch eine Verbesserung der eingesetzten MSR könnten die Energiekosten um 28 %, durch einen zusätzlichen Austausch von anderen Anlagenkomponenten sogar um 47 % reduziert werden.

Um den realen Energiebedarf von zentralen RLT-Anlagen beurteilen zu können, wurden drei verschiedene Rechenverfahren genauer betrachtet. Diese wurden dahingehend beurteilt, wie differenziert sie den Energieverbrauch bestimmen, ob der Standort der Anlage sowie witterungstechnische Einflüsse berücksichtigt werden und wie komplex die Durchführung der Berechnung ist.

Des Weiteren wurden Kriterien festgehalten, mit denen sich der Betrieb von Klimaanlage hinsichtlich ihrer energetischen Effizienz beurteilen lässt.

Zum Abschluss der Arbeit wurden exemplarisch die Kosten zusammengetragen, die aufgewendet werden müssen um die Energieeffizienz einer Lüftungsanlage beurteilen zu können. Mit einer Gegenrechnung der möglichen Einsparpotenziale konnte eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit getroffen werden.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sowohl die notwendigen Energieeinsparpotenziale, mögliche Bewertungsverfahren und -kriterien sowie die passende Messtechnik vorhanden sind. Durch einen gezielten Einsatz dieser Methoden könnte demnach vor allem die MSR-Technik zu einer Steigerung der Energieeffizienz und der Senkung des Energieverbrauchs beitragen, sodass die Energiewende gelingen kann.

## Neudimensionierung der Gashauptleitungen im Zuge der Netzsanierung in einem eingegrenzten Gebiet

**Stefan Grothus B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Datum des Kolloquiums:	08. Oktober 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	nvb Nordhorner Versorgungsbetriebe GmbH, Nordhorn



In dieser Bachelorarbeit wurden in einem eingegrenzten Wohngebiet, im Versorgungsgebiet der nvb, die Dimensionen der vorhandenen Gashauptleitungen überprüft und neu berechnet. Die vorhandenen Leitungen wurden in den 1960er Jahren und überwiegend in PVC verlegt. Parallel zu den Gasleitungen liegen die Trinkwasserhauptleitungen. Da diese zur selben Zeit und aus dem gleichen Material verlegt wurden, sind die Leitungen sanierungsbedürftig. Das Material wird hart und spröde und kann dem Betriebsdruck, der in dem Wasserversorgungsnetz herrscht, stellenweise nicht mehr standhalten. Die Investitionen, die für die Erdarbeiten einer Sanierung anfallen, bilden den größten Anteil der gesamten Investitionen der Baumaßnahme. Aus diesem Grund werden die Gasleitungen, auch wenn sie noch einige Jahre in Betrieb bleiben könnten, gemeinsam mit den Wasserleitungen erneuert.

Um weiterhin Investitionen zu sparen, wurden die neuen Leitungen so dimensioniert, dass die Versorgung sichergestellt ist, aber die Leitungen nicht überdimensioniert sind. Dabei musste darauf geachtet werden, dass der Versorgungsdruck an jeder Stelle im Gasnetz noch ausreichend ist und die Strömungsgeschwindigkeit einen Wert von 3 m/s nur überschreitet, wenn es besonders kalt ist oder Störungen in der Anlage auftreten.

Im Verlauf der Arbeit wurden verschiedene Sanierungsvarianten mit unterschiedlichen Dimensionen der Leitungen vorgestellt und die Machbarkeit überprüft. Um den Zeitraum, in dem erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten auftreten, eingrenzen zu können, wurde das Netz bei drei verschiedenen mittleren Tagesdurchschnittstemperaturen simuliert. Die Simulation wurde einmal mit dem aktuellen Gasverbrauch und einmal mit einem um 30 Prozent verringerten Gasverbrauch durchgeführt.

Mit dem verringerten Gasverbrauch wurde der Aspekt mit eingebracht, dass der Gasabsatz in den kommenden Jahren durch eine energetische Sanierung der Wohngebäude sinkt. Es wurde überprüft, ob mit den verschiedenen Varianten die Versorgungssicherheit gegeben ist, wenn einzelne Leitungsabschnitte aufgrund einer Störung abgesperrt werden müssen. Die gesamte Berechnung wurde mithilfe des Rohrnetzberechnungsprogrammes „STANET“

Ziel dieser Arbeit ist es, die aktuellen Dimensionen der Gasleitungen zu überprüfen und die Dimensionen für die Neuverlegung so zu wählen, dass die Versorgungssicherheit zu jedem Zeitpunkt gegeben ist, bei und die Strömungsgeschwindigkeiten im vorgegebenen Rahmen bleiben.

## Ergänzende Gefährdungsabschätzung und Sanierungsuntersuchung einer sanierten Altlast mit eingeschränktem Sanierungserfolg

**Sarah Patrizia Guretzki B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	14. Januar 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Wasser, Abwasser, Abfall und Immissionsschutz
In Kooperation mit:	Bezirksregierung Detmold und Kreis Herford



Durch die lange Industrie- und Bergbaugeschichte weist Nordrhein-Westfalen im bundesdeutschen Vergleich eine große Zahl an Altlasten und altlastenverdächtigen Flächen auf. Derzeit sind rund 81.825 Altlasten und altlastenverdächtigen Flächen in Nordrhein-Westfalen erfasst, davon befinden sich ca. 3.000 Altablagerungen und 1.500 Altstandorte im Regierungsbezirk Detmold.

Ein typisches Beispiel für Altablagerungen sind ehemalige Geländesenken/Sieke im Kreis Herford. Aufgrund der geologischen Grundstruktur treten am Böschungsfuß Sickerwässer aus, so auch bei einer Altablagerung in der Gemeinde Hiddenhausen. Von 1966 bis 1974 wurde das ehemalige Wiesen-siek mit Abfällen verfüllt. Die Fläche wird heute als landwirtschaftliche Nutzfläche (Acker) und Spiel- und Bolzplatz genutzt.

Ziel der Arbeit war die Ergänzung der bisher unvollständigen Gefährdungsabschätzung und die Herbeiführung einer Lösung für die nach wie vor massiven Sickerwasseraustritte am Böschungsfuß und der sich daraus ergebenden Gewässerbelastung.

Insbesondere durch die hohen Eisengehalte im Sickerwasser kommt es durch biotische und abiotische Oxidationsprozesse zu einer Belastung der Vorfluter. In der Vergangenheit wurden über eine Oberflächenabdichtung, eine Kanalerneuerung, die Sohlabdichtung angrenzender Vorfluter und die Fassung und Ableitung von Schichtenwasser bereits Maßnahmen zur Reduzierung der Sickerwasserneubildung ergriffen.

Diese Maßnahmen haben jedoch zu keiner nachhaltigen Verbesserung geführt, am Fuß der Deponie treten Sickerwässer weiterhin diffus aus der Altablagerung aus und verschmutzen den angrenzenden Siekbach.

Zur Ermittlung bestehender Defizite in der Gefährdungsabschätzung wurden vorhandene Unterlagen ausgewertet und weitere Untersuchungen durchgeführt. Aufgrund der sensiblen Nutzung einer Teilfläche als Spiel- und Bolzplatz wurden Deponiegasmessungen und eine Untersuchung des Oberbodens vorgenommen. Die aktuelle Belastungssituation von Grundwasser und Gewässer wurde über erneute Sediment-, Gewässer- und Grundwasserbeprobungen ermittelt.



Die Boden- und Bodenluftuntersuchungen ergaben keine signifikante Belastung, die Nutzung als Spiel- und Bolzplatz kann beibehalten werden. Durch die Wasser- und Sedimentproben wurde eine weiterhin hohe Belastung des Siekbachs mit Eisen und Ammonium festgestellt. Durch die intensive Ausfällung und Sedimentation des Eisenhydroxids auf der Gewässersohle entstehen starke Beeinträchtigungen der aquatischen Lebensgemeinschaft und der Pflanzen. Eine Selbstreinigung des Gewässers ist kaum mehr möglich. Auch beim Grundwasser konnten deutliche Erhöhungen der altablagerungsspezifischen Leitparameter Bor, Sulfat und Ammonium, eingeschränkt auch beim AOX, festgestellt werden.

Für die Entwicklung von Lösungsvarianten wurden alte Überlegungen des damaligen staatlichen Umweltamtes Minden, das Sickerwasser ggf. vor Ort zu behandeln, erneut aufgegriffen und mit anderen Sanierungsvarianten verglichen. Der Vergleich ergab eine Vor-Ort-Reinigung mittels Absetzeinrichtung und Pflanzenbeet als ökonomisch und ökologisch sinnvollste Variante.

Konservative technische Lösungen, in denen technische Reinigungsstufen oder Pumpwerke die Erreichung des Schutzziels zwar sehr gut sicherstellen, führen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand an Bau- und Betriebskosten. Bei der großen Anzahl solcher kleinen bis mittelgroßen Altablagerungen wären technisch aufwendige Sanierungsmaßnahmen aus dem Haushalt kleinerer Kommunen kaum leistbar.

Eine pragmatische wirtschaftliche Lösung in Form von Absetzschächten, horizontal beschicktem Pflanzenbeet und Schönungsteich wurde im Rahmen dieser Arbeit vorgeplant. Die voraussichtlichen Kosten wurden überschlägig ermittelt.

Nazmi Hamdan B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning

Datum des Kolloquiums:

08. Juli 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Umwelttechnik  
Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit:

Continental AG



Bereits am 20. Januar 2009 ist die Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS)-Verordnung in allen Mitgliedstaaten der EU in Kraft getreten. Betroffen sind alle Firmen, die Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse herstellen oder im Betrieb einsetzen, die grundsätzlich als gefährlich eingestuft werden können. Die Firmen müssen die von ihnen vertriebenen Produkte einstufen und kennzeichnen, bisher nach der Regeln der EU-Richtlinien, zukünftig nach den Kriterien von GHS. Abb. 1 zeigt ein Beispiel für eine Betriebsanweisung nach der GHS-Verordnung.

**BETRIEBSANWEISUNG (gem. GefahrstoffV)**  
Stand: 08.01.2013

**Continental** (Logo)  
Athenplatz/Tinglingstr. 10  
Athenstr. 1, 7900 (Ortsname)  
Verantwortlich: (Ortsname)

**Gefahrstoffbezeichnung**  
Produkt: Polytec EC P 280  
Verpackung: Leitkabel Form: Paßteil Farbe: Silberfarben  
Verwendung: (Ortsname) (Ortsname)  
Nutzung: Weitere Informationen siehe Sicherheitsdatenblatt: M-6588874-00-P

**Gefahren für Mensch und Umwelt**  
H 334/340D Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen und das Kind im Mutterleib schädigen  
H 318 H 314/317/318 Verursacht schwere Augenreizung  
Verursacht Hautreizungen, allergische Hautreaktionen und die Atemwege reizen  
H 412 Schädlich für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung

**Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln**  
Umgang: Von Nahrungsmitteln, Getränken und Fettsäuren fernhalten. Beschriftete Kleidung sofort ausziehen. Getränke: Aufrechterhaltung der Schutzausrüstung. Bewahren mit dem Auge und der Haut vermeiden. Behälter mit Verschluss offen. Aerosolbildung vermeiden.  
Lagerung: Bei kurzzeitiger oder geringer Belastung Atemfiltergerät. Bei intensiver bzw. längerer Exposition selbstabsaugendes Atemschutzgerät verwenden.  
Handschutz: Chemikalienbeständige Schutzhandschuhe aus Nitrilmaterial (Mindeststärke 0,5 mm) oder aus Nitrilmaterial (Mindeststärke 0,4 mm) gemäß DIN EN 374. Durchbruchzeit > 8 Stunden bei einer Materialstärke von 0,5 mm. (Nitrilmaterial 0,5 mm)  
Augenschutz: Tragen schützende Schutzbrille  
Hygiene: Nicht essen oder trinken, nach der Verwendung und vor Essen oder Nahrungsaufnahme Hände reinigen, waschen und pflegen.

**Erste Hilfe**  
Einatmen: Bei leichtem Frischluftzufuhr, **Facharzt** aufsuchen! Bei Bewusstlosigkeit Lagerung und Transport in stabiler Seitenlage.  
Hautkontakt: Spülen mit fließendem Wasser und Seife. Gut nachspülen.  
Augenkontakt: Sofortige Spülung mit hohem Wasserstrahl oder Augenpflanzung (mind. 15 Min). Augenlid weit geöffnet halten. Bei erheblichen Beschwerden Arzt konsultieren.  
Verschlucken: Spülung der Mundhöhle und reichlich Wasser nachtrinken. **Notrufgeheimrat rufen!** **Notruf: 112** **Verpackung beachten** SLE 2108 / LBO 1214

**Verhalten im Brandfall**  
Brandbekämpfung: Feuerlöscheinrichtungen auf die Umgebung abstimmen.  
Ungesunde Löschmittel: Wasser in Vollstrahl  
Notruf: 0 112 **Verpackung beachten** SLE 2108 / LBO 1214

**Unbeabsichtigte Freisetzung / Sachgerechte Entsorgung**  
Schutzmaßnahmen treffen. Berührung mit Augen und Haut vermeiden. Ungesicherte Personen fernhalten. Nicht in Kanalisation / Oberflächenwasser / Grundwasser gelangen lassen! WGK: 1  
Kleine Verunreinigungen **nicht** mit flüssigkeitsbindendem Material aufnehmen (z.B. Sand, Kieslager, Säurehaute, Unversickerhaute, Säuremehl). Zentrale Behälter beschleunigen.

Abb. 2: Neue Betriebsanweisung nach GHS-Verordnung

In dieser Arbeit wurde eine systematische Methode für die kritische Betrachtung des Einsatzes von elektronischer Datenverarbeitung (EDV)-gestützten Gefahrstoffkatastern in der Abteilung Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit in der Produktion von Autoteilen erarbeitet

Das gut geführte Gefahrstoffmanagement ermöglicht nicht nur einen strukturierten Überblick über die im Betrieb verwendeten Hilfs- und Betriebsstoffe, sondern es ist auch eine wichtige Orientierungshilfe bei der Gefährdungsbeurteilung, der Substitutionsprüfung, der Festlegung von Schutzmaßnahmen sowie der Ausfertigung von Betriebsanweisungen.

Darüber hinaus wurden die arbeitswissenschaftlichen und sicherheitstechnischen Lösungswege für eine Gefährdungsreduzierung im Betrieb am Beispiel von Schutzhandschuhen aufgezeigt. Aufgabe war es, die geeigneten Schutzhandschuhe auszuwählen und diese im Kataster zu hinterlegen. In dieser Arbeit werden die Wirkungen von chemischen Materialbelastungen der Schutzhandschuhe dargestellt und erläutert. Aus diesem Grund wird hier eine Methode für die Überprüfung der Durchbruchzeiten (DB<sub>i</sub>) von Schutzhandschuhen vorgeschlagen. Abb. 2 zeigt den Versuchsaufbau.

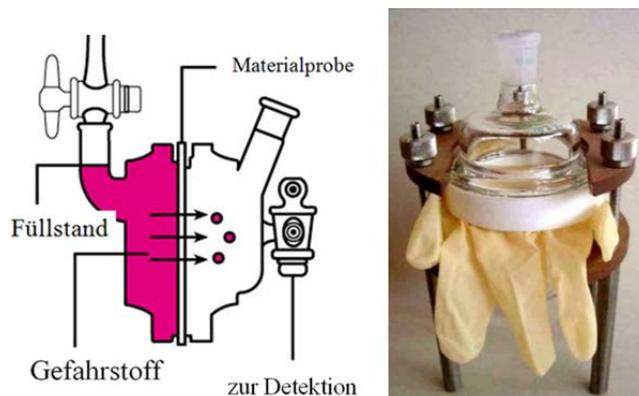


Abb. 3: Zweikammer-Permeationszelle zur Bestimmung der Durchbruchzeit

Neben den möglichen Erkrankungen von Mitarbeitern entstehen vielfältige finanzielle Belastungen der Unternehmen. Diese Kosten gilt es zu minimieren. Das Ziel ist dabei nicht nur die Kosteneinsparung, sondern auch die Vermittlung von Wissen für den richtigen Einsatz der geeigneten Schutzhandschuhe im Betrieb. Abb. 3 zeigt beispielhaft die Ergebnisse der Untersuchungen.

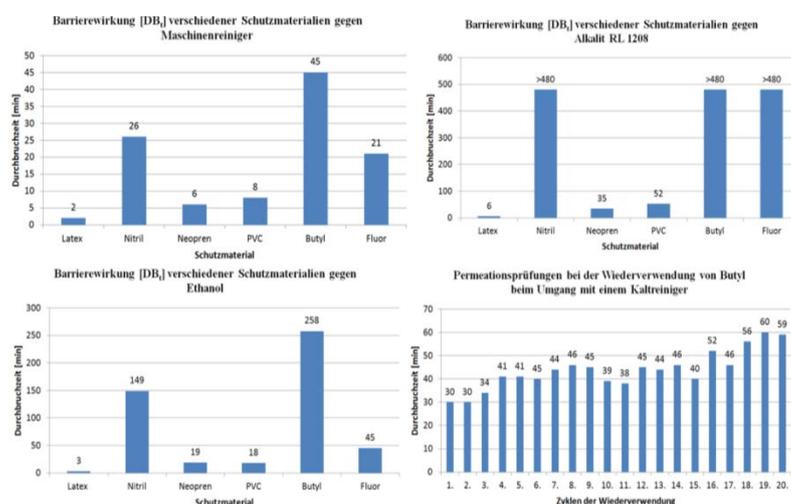


Abb. 4: Durchbruchzeiten verschiedener Schutzhandschuhe bei Kontakt mit Gefahrstoffen

## Optimierung der SNCR-Anlage zur Minderung der $\text{NO}_x$ - und $\text{NH}_3$ -Emissionen im Biomassekraftwerk Lünen

**Nils Haveneth B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Horst Geldmacher
Datum des Kolloquiums:	23. Mai 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	STEAG New Energies GmbH, Saarbrücken



Obwohl Altholz-Biomassekraftwerke, wie das Biomassekraftwerk Lünen, nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz gefördert und vergütet werden, unterliegen sie der 17. Bundesimmissionsschutzverordnung. Die 17. BImSchV bezeichnet die „Verordnung über die Verbrennung und Mitverbrennung von Abfällen“. Die Grenzwerte der 17. BImSchV werden regelmäßig novelliert, um im Einklang mit dem Stand der Technik, einen maximalen Umweltschutz zu gewährleisten. Die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte ist maßgeblich für den Betrieb von thermischen Kraftwerken. Eine wiederholte oder dauerhafte Überschreitung führt zur Stilllegung der Anlage durch die Bezirksregierung.

Es liegt ein Entwurf vor, nach dem am 01.01.2016 verschärfte Grenzwerte eingeführt werden, unter anderem auch für Stickstoffoxide, bekannt als saurer Regen, und Ammoniak.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, die Stickstoffoxid-Emission des Biomassekraftwerkes Lünen zu analysieren und die vorhandene SNCR-Anlage dahingehend zu bewerten und zu optimieren, dass der Grenzwert, der von 200 auf 150 mg  $\text{NO}_x/\text{Nm}^3$  gesenkt wird, kontinuierlich eingehalten werden kann. Zusätzlich wird der Grenzwert für Ammoniak-Schlupf im Abgas von 30 auf 10 mg  $\text{NH}_3/\text{Nm}^3$  gesenkt und ist ebenfalls einzuhalten.

In dem SNCR-Verfahren (selektive nichtkatalytische Reduktion) wird durch Düsen, so genannte Lanzen, in den Kesselwänden Harnstoff oder Ammoniak als wässrige Lösung in einem Luftgemisch in das Rauchgas eingedüst, um darin enthaltene Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) zu Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) abzubauen.

Ein Schwerpunkt lag in der Bestimmung der optimalen Position der Lanzen, unter Berücksichtigung des benötigten Temperaturfensters und der vorherrschenden Strömungsverhältnisse im Kessel.

Als weiteres Kriterium kam die Erprobung verschiedener Düsentypen und Drücke im Prüfstand hinzu, die anschließend im Kessel an reale Bedingungen angepasst wurden.

Um möglichst niedrige Emissionswerte zu erhalten, wurden weiterhin die  $\text{NO}_x$ -Entstehung und die Primär-Minderung untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass durch Veränderungen an der Feuerung, durch Vertrimmung der Primärluft, Sekundärluft und Rezirkulationsluft sowohl positive als auch negative Ergebnisse erzielt werden können.

Das Biomassekraftwerk Lünen ist jetzt, mit der vorhandenen SNCR-Anlage, in der Position, den ab 2016 geforderten Emissionsgrenzwert für Stickstoffoxid einzuhalten.

Als entscheidender Teil der Arbeit wurden Abhängigkeiten der Entstehung des NH<sub>3</sub>-Schlupfes untersucht. In der Abbildung sind eine Reihe verschiedener Temperaturen, Betriebsmittel und Emissionswerte aufgelistet, die kontinuierlich im Prozessleitsystem erfasst werden. Durch Vergleiche und gezielte Versuche konnten die Einflüsse bestimmt und Optimierungsmaßnahmen erarbeitet werden.

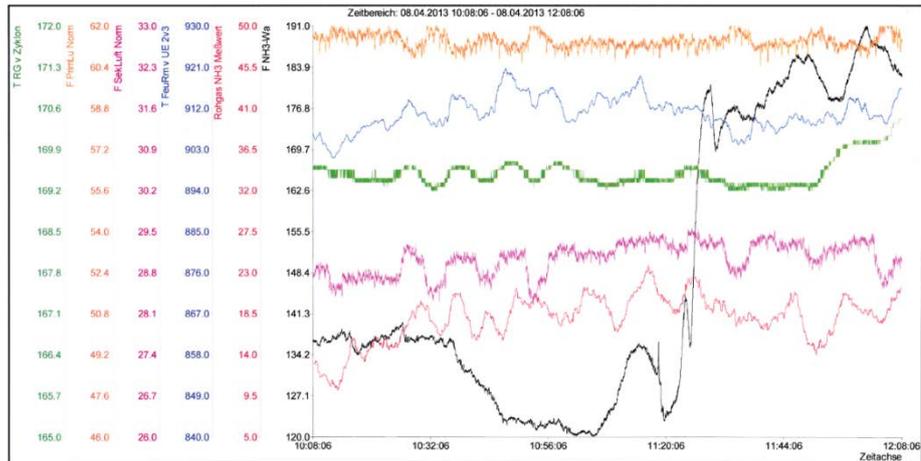


Abb.: NH<sub>3</sub>-Schlupf / T RG Eco - 2 Tage [BMK Lünen]

Die Einhaltung des geplanten Grenzwertes für Ammoniakchlupf ist heute noch nicht möglich. Nach der Auswertung der weiteren Möglichkeiten der Ammoniakreduzierung bestehen jetzt mehrere Optionen mit guten Erfolgchancen. Für eine endgültige Festlegung auf ein Konzept bedarf es weiterer Untersuchungen, die teilweise schon verfolgt werden.

**Markus Heek B.Eng**

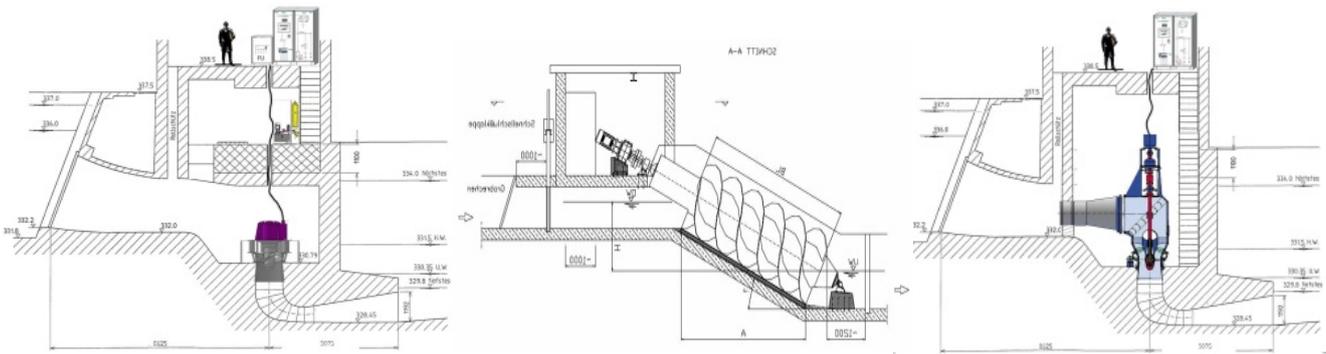
Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	B.Eng. Kevin Erdelkamp
Datum des Kolloquiums:	10. Dezember 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	RWE Innogy GmbH, Essen



Das betrachtete Wasserkraftwerk Steinhelle II ist ein Kleinwasserkraftwerk der RWE Innogy GmbH an der Oberen Ruhr. Im Bereich der Wasserkraft kann auf hervorragende Betriebseigenschaften, lange Lebenszeiten und ausgereifte Kraftwerkstechnologien zurückgegriffen werden. Für den Neubau von Wasserkraftanlagen gibt es in Deutschland kaum noch wirtschaftliches Ausbaupotenzial. Es besteht aber häufig die Möglichkeit, vorhandene Wasserkraftwerke auszubauen. Um ein Wasserkraftwerk langfristig ökonomisch zu betreiben, sind Instandhaltungsmaßnahmen und Modernisierungen vorzunehmen. Bei den meisten vorhandenen Anlagen ist es in Zukunft möglich, bessere Wirkungsgrade und damit verbunden einen größeren Stromertrag zu erreichen. Zudem ist die zukünftige Wasserkraftnutzung mit anspruchsvollen ökologischen Zielen der Europäischen Union im Bereich der Oberflächengewässer zu vereinbaren. Für die Umsetzung an einem Kleinwasserkraftwerk sind diese ökologischen Ziele hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Verträglichkeit am Standort genau zu prüfen.

Da der Betrieb am Wasserkraftstandort Steinhelle II ungenutztes Erzeugungspotenzial aufweist, wurde eine Ursachenanalyse durchgeführt. Es wurde überprüft, welche Maßnahmen am Kleinwasserkraftwerk durchzuführen sind, um den Betrieb zu optimieren und langfristig sicherzustellen. Besonders betrachtet wurden die Möglichkeiten zur verbesserten Ausnutzung des Erzeugungspotenzials, die Reduzierung der Kraftwerksstillstände, die Umsetzung einer neuen Leit- und Regelungstechnik sowie die Überarbeitung oder der Austausch von Kraftwerkskomponenten. Mit Hilfe einer Variantenstudie wurde für die Umsetzung der Maßnahmen eine Handlungsempfehlung mit dem Ziel eines nachhaltig wirtschaftlichen Betriebs und einer hohen Anlagenverfügbarkeit erarbeitet.

In der Variantenstudie wurde neben einer Instandsetzung des Kraftwerks, der Einsatz verschiedener Turbinentypen in Kompaktbauweise betrachtet. Der Einbau einer DIVE-Turbine, einer Andritz-Kompakturbine und einer Andritz-Wasserkraftschnecke. Kompaktturbinen verbinden eine optimale Abstimmung der elektromechanischen Kraftwerksausrüstung mit baulichen Vorteilen. Durch den Einbau einer Kompakturbine in ein bestehendes Kraftwerk kann eine verbesserte Verfügbarkeit, eine hohe Energieproduktion und eine optimale Nutzung des verfügbaren Wasserdargebots bei gleichzeitig gering gehaltenen Investitionskosten erreicht werden.

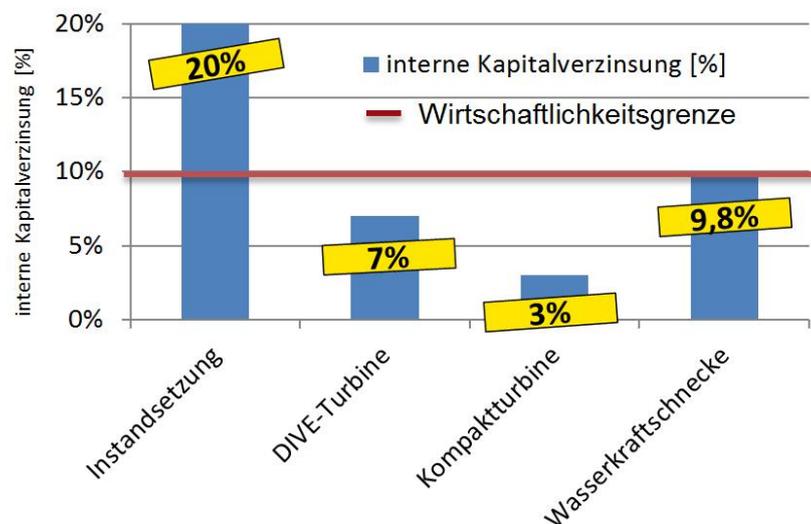


**Darstellung der Turbinentypen in der Kraftwerksschnittzeichnung des Kraftwerks Steinhelle II**

Bei der Analyse der Varianten wurde festgestellt, dass grundsätzlich mit allen betrachteten Varianten eine langfristige Betriebsoptimierung einhergehen würde. Wirtschaftlich tragbar wäre jedoch nur die Umsetzung einer Instandsetzung des vorhandenen Maschinensatzes. Diese Variante hätte die geringsten Investitionskosten, die höchste Jahreserzeugung und die höchsten Jahreserlöse.

Somit würde eine deutlich höhere interne Kapitalverzinsung als bei den anderen Varianten erreicht werden. Die Umsetzung der Wasserkraftschnecke läge im Vergleich zur DIVE- und Kompaktturbine nahe an der Wirtschaftlichkeitsgrenze. Hinsichtlich der nach Wasserhaushaltsgesetz geforderten ökologischen Bedingungen, welche mit kostenintensiven ökologischen Maßnahmen verbunden sind, ist besonders eine Umsetzung der diesbezüglich vorteilhaften Wasserkraftschnecke im Detail zu prüfen.

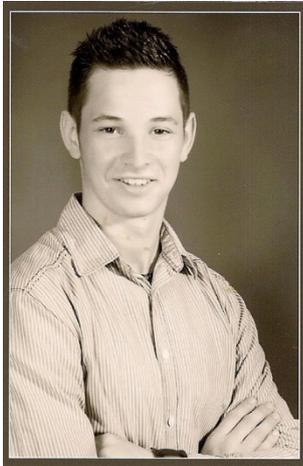
Sie erfüllt die ökologischen Bedingungen im Bereich der abwärts gerichteten Durchgängigkeit für aquatische Lebewesen, die am Wasserkraftstandort bisher nicht gegeben sind.



## **Erfassung, Bewertung und Optimierung des Stromverbrauchs in der Brennelementefertigung der Advanced Nuclear Fuels GmbH am Standort Lingen (Ems) zur Vorbereitung auf die Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001**

**Lukas Herrmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Rainer Kempe
Datum des Kolloquiums:	29. August 2013
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus und Energietechnik
In Kooperation mit:	Advanced Nuclear Fuels GmbH, Lingen (Ems)



„Die Sicherstellung einer umweltverträglichen, wirtschaftlichen und zuverlässigen Energieversorgung gehört zu den Kernproblemen, die die Menschheit heute und in Zukunft zu bewältigen hat.“

Aus diesem Grund rückt die effizientere Energienutzung immer mehr in den Fokus und wird zu einem gesellschaftlichen Thema. Die Bundesregierung hat im September 2009 folgende Ziele für 2020 und 2050 gesetzt.

„In Deutschland soll der Primärenergieverbrauch um 20 % bis 2020 und um 50 % bis 2050, der Stromverbrauch um 10 % bis 2020 und um 25 % bis 2050 gesenkt werden.“ Um diese ehrgeizigen Ziele zu erreichen muss die Effizienz in der Energienutzung stetig gesteigert und kontrolliert werden.

Die Advanced Nuclear Fuels [ANF] GmbH hat sich dem Thema der effizienteren Nutzung von Energie angenommen und steckt in den Vorbereitungen zur Zertifizierung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001.

Die ANF GmbH produziert Siedewasser- und Druckwasserreaktorbrennelemente für den deutschen sowie europäischen Markt. Die Aufgabe meiner Bachelorarbeit war es die bestehenden Teilprojekte zur Einführung des Energiemanagementsystems, nach der genannten Richtlinie zu erweitern und zu vervollständigen. Zunächst sollten die Verbraucherstrukturen sowie der Stromverbrauch im Fertigungsprozess, von der  $UF_6$ -Umwandlung bis hin zum fertigen Brennelement erfasst werden. Im nächsten Schritt galt es eine Bewertung der Verbraucher sowie deren Stromverbrauch vorzunehmen.

Abschließend sollten dann Maßnahmen zur Optimierung und Senkung des elektrischen Energieeinsatzes und der Energiekosten ermittelt werden.

Dabei bilden die Erfassung und Bewertung des Stromverbrauchs im Ablauf des Fertigungsprozesses die Basis der Arbeit, die mit der Ausarbeitung eines Maßnahmenkatalogs zur effizienteren Energienutzung die Kerninhalte darstellen. Bei der Erarbeitung der Maßnahmen wurde besonders auf die Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Optionen geachtet. So wurden der Advanced Nuclear Fuels GmbH mit dieser Arbeit Einsparpotenziale aufgezeigt, die als erste Basis für lohnende Investitionen genutzt werden können.

## Empirische Berechnung des Nutz- und Endenergiebedarfs für Wohngebäude, unter Berücksichtigung der sich verändernden gesetzlichen Rahmenbedingungen

**Waldemar Hess B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring

Datum des Kolloquiums: 10. Juni 2013

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energie- und Umwelttechnik  
Laborbereich: Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit:



Das Verlangen der Menschen nach Energie nimmt stetig zu. Kaum gibt es noch Lebensbereiche, in denen kein Energiebedarf besteht. Doch einen Energieverbrauch, der unabdingbar zu sein scheint, gibt es seit Menschengedenken. Die Rede ist von dem Energiebedarf für die eigenen vier Wände.

Spätestens seitdem klar geworden ist, dass die fossilen Rohstoffe endlich sind und dass Atomkraftwerke keine sichere Energiegewinnung darstellen und somit die Energiepreise stetig steigen, erfolgte auch ein Umdenken in der Energieversorgung von Gebäuden.

Für eine effizientere Energieversorgung von Wohngebäuden sind deshalb in den letzten Jahrzehnten viele Einsparungen umgesetzt und viele Gesetze verabschiedet worden. Dabei ist sowohl auf eine Verbesserung der eingesetzten Haustechnik als auch auf eine Verbesserung der thermodynamischen Eigenschaften des Gebäudes geachtet worden. Trotz vieler Neuerungen und Verbesserungen hat der Energieverbrauch für Haushalte in Deutschland noch einen hohen Anteil am Gesamtenergieverbrauch und ist weiterhin in der Energiewirtschaft von großer Bedeutung.

Diese Bachelorarbeit setzt sich mit der zeitlichen Entwicklung des Nutz- und Endenergiebedarfs für ein typisches Einfamilienhaus auseinander und konzentriert sich hierbei auf den Energiebedarf für das Heizsystem und die Trinkwarmwasseraufbereitung. Grundlage der Berechnung ist dabei das Bilanzierungsverfahren nach der DIN V 18599.

Anhand der Berechnungen des Energiebedarfs typischer Einfamilienhäuser unterschiedlicher Gründungsjahre, kann somit die mögliche Richtung für die weitere Entwicklung formuliert werden. Wie in Abbildung 1 veranschaulicht wird, sind dabei Zeitpunkte gewählt worden zu denen jeweils neue gesetzliche Rahmenbedingungen in Form von Wärmeschutzverordnungen und ab dem Jahr 2002 Energieeinsparverordnungen (EnEV) verabschiedet wurden.

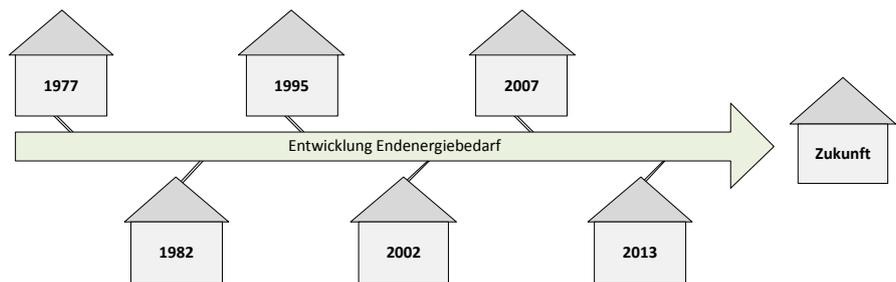


Abbildung 4 zeitliche Entwicklung des Endenergiebedarfs eines Einfamilienhauses

Die im Rahmen der Arbeit erzielten Ergebnisse des Nutz-/ Heizwärmebedarfs für das Heiz- und das Warmwasseraufbereitungssystem samt den dazugehörigen Wärmeverlusten der Teilprozesse, wie Übergabe, Verteilung, Speicherung und der Erzeugung und dem Hilfsenergiebedarf beider Systeme lassen eine deutliche Reduzierung des Energiebedarfs feststellen.

In Abbildung 2 wird die enorme Reduzierung des Endenergiebedarfs um ca. 70 % von dem Jahr 1977 bis zum Jahr 2013 deutlich.

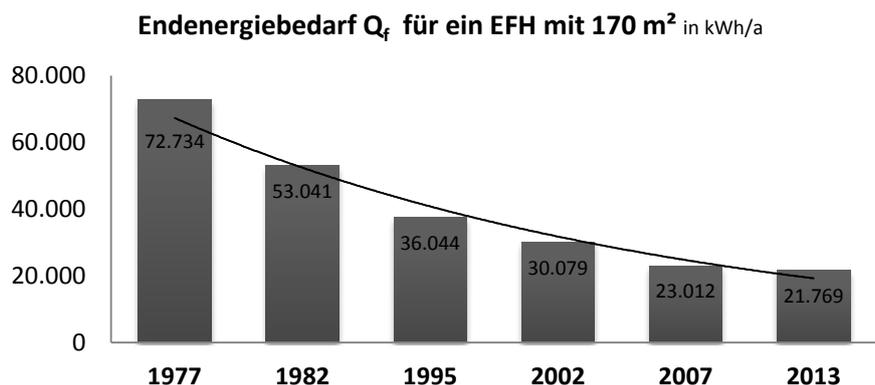


Abbildung 5 Endenergiebedarf von Jahr 1977 bis Jahr 2013

Anhand der gewonnenen Ergebnisse lässt sich nicht nur ein hoher thermodynamischer Standard moderner Wohngebäude und die effiziente eingesetzte Haustechnik festmachen. Interessant ist dabei die Erkenntnis, dass Lüftungswärmeverluste fast 40 % aller Wärmeverluste ausmachen und dass der Anteil des Endenergiebedarfs der Warmwasseraufbereitung mittlerweile bei 1/5 des Gesamtendenergiebedarfs angekommen ist und dazu noch stetig steigt.

## Analyse und Optimierung von Prozessabläufen in der Gebäudeautomation

**Tanja Hessels M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke  
Dipl.-Ing. Peter Hollenbeck M.Eng.

Datum des Kolloquiums:

12. Dezember 2013

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
MSR-Technik und Gebäudeautomation

In Kooperation mit:

DEOS Gebäudeautomation GmbH, Rheine



Ausgangssituation der Masterarbeit war die Erkenntnis der Geschäftsführung, dass die Prozessabläufe der DEOS Gebäudeautomation GmbH viele Möglichkeiten zur Optimierung bieten.

Um diese Möglichkeiten zukünftig zur Ertragssteigerung nutzen zu können, wurden die Prozessabläufe des Unternehmens analysiert. Die Grundlage für diese Analyse bildeten durchgeführte Mitarbeitergespräche. Die Auswertung und Analyse der Gespräche ergab, dass es im gesamten Prozessablauf der DEOS Gebäudeautomation GmbH unterschiedliche Möglichkeiten zur Senkung des Aufwandes und zur Steigerung des Erlöses gibt.

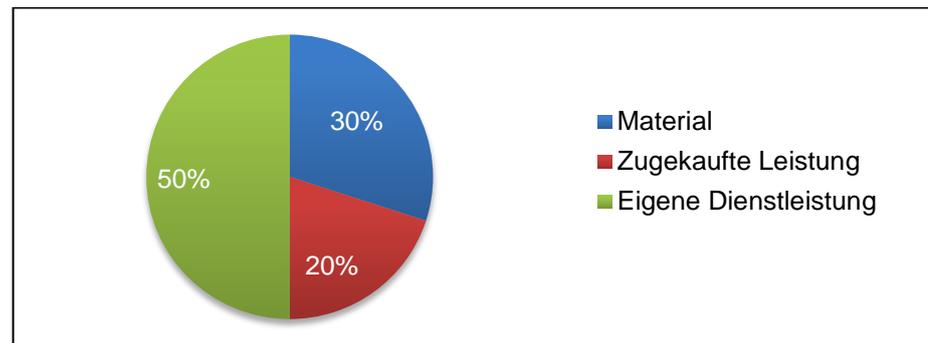


Abbildung 1: Kostenverteilung bei Gebäudeautomationsprojekten

Aufgrund des großen Kostenanteils birgt vor allem die Senkung des Dienstleistungsaufwandes ein erhebliches Potenzial zur Ertragssteigerung.

Dieses Potenzial kann durch eine Strukturierung des Ablaufes der Projektentwicklung genutzt werden. Zur Orientierung kann die DIN EN ISO 16484-1 genutzt werden. Sie sieht die Bildung von Arbeitspaketen vor. Deren Schnittstellen müssen genau definiert werden. Hierdurch können nicht nur Probleme an den Schnittstellen verhindert werden, sondern auch Informationslücken geschlossen werden. Der Ablauf für die Umsetzung der verschiedenen Verbesserungsmaßnahmen zur Ertragsoptimierung wurde konzipiert und in einem Aktionsplan definiert.

Da Projekte trotz der Optimierung der Abläufe auch zukünftig nicht vollständig planbar sind, ist es nicht sinnvoll bei der Umsetzung der Maßnahmen zu versuchen die Beteiligten umzuerziehen. Stattdessen sollten existierende Potenziale genutzt werden, um den Ertrag des Unternehmens maximal zu steigern.

**Marcel Heymann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Datum des Kolloquiums:	16. Mai 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Stadtwerke Ochtrup



Die Bundesregierung hat am 28.09.2010 ein langfristiges Energiekonzept vorgelegt. Erneuerbare Energien sollen bis 2020 einen Anteil von 18 % und bis 2050 einen Anteil von 60 % am Bruttoendenergieverbrauch erreichen.

Mit einer installierten Leistung von 65,7 GW im Jahr 2011 trugen die erneuerbaren Energien 11 % zum deutschen Primärenergieverbrauch bei.

Durch den wachsenden Anteil dezentraler Einspeiseanlagen kommt es immer häufiger zu einer Invertierung des Lastflusses. Für das Niederspannungsnetz bedeutet dies, dass sich der Ort der maximalen Spannung nicht mehr am Transformator befindet, sondern am Ende des Netzstranges. Das seit Jahrzehnten bestehende Stromnetz ist für diese, innerhalb weniger Jahre entstandene Versorgungssituation, nicht gerüstet. Die Leistung der Einspeiseanlagen übersteigt die Nachfrage an sonnen- bzw. windreichen Tagen deutlich, wodurch es in vielen Versorgungsgebieten deutschlandweit zu einem Ausreizen bzw. Überschreiten der Spannungsbandbreite kommt.

In dieser Abschlussarbeit werden Betriebsmittel sowie technische Lösungsansätze zur Begrenzung von Spannungshüben aus fluktuierenden Einspeisungen technisch und wirtschaftlich bewertet. Da auch in den nächsten Jahren ein weiterer Zubau von dezentralen Einspeiseanlagen zu erwarten ist, gilt ein besonderes Augenmerk den nachhaltigen Konzepten. Energieerzeugung und Energieverbrauch müssen trotz fehlender Zeitgleiche im vollen Umfang gewährt werden, ohne das zulässige Spannungsband zu verlassen.

Pumpspeicherkraftwerke oder Wasserstoffkraftwerke werden, neben einer intelligenten Blindleistungsbereitstellung und einem regelbaren Transformator, dem Netzausbau gegenüber gestellt. Berechnungen zur technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit lassen sich besonders gut an einem Versorgungsnetz mit hoher Durchdringung dezentraler Einspeiseanlagen durchführen, wie es die Stadtwerke Ochtrup bieten.

Ausschlaggebende Kriterien zur Spannungsqualität werden der VDE-AR-N 4105 sowie der DIN EN 50160 entnommen.

**Jarno Horstmann B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann  
Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter

Datum des Kolloquiums:

14. Januar 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Umwelttechnik  
Labor für Umwelttechnik



In der Biotechnik wird vorwiegend mit Bakterienkulturen gearbeitet. Pilze haben aber auch ihre Vorzüge, da sie über Fähigkeiten verfügen, die bei keinen bekannten Bakterienarten nutzbar gemacht werden konnten. Neben der bekannten Verwendung für Arzneimittel, haben einige höhere Pilze das Potential einige Umweltgifte abzubauen bzw. ihre Strukturen zu zerstören.

Weißfäulepilze sind dafür bekannt, dass sie Lignin abbauen können. Die Struktur des Lignins ist in der Natur sehr inhomogen und kann daher nur von wenigen Organismen aufgebrochen werden. Ein Vertreter der Weißfäulepilze ist *Phanerochaete chrysosporium* (Pc). Dieser wird schon seit Anfang der 70er Jahre erforscht und kam bereits in einigen Pilotprojekten im Bereich der Abwasserreinigung zum Einsatz.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde der Pilz Pc auf festem und in flüssigem Medium kultiviert, wobei der Schwerpunkt bei der Arbeit mit flüssigen Medium lag. Diese Versuche wurden im Labor für Umwelttechnik der Fachhochschule Münster in Steinfurt durchgeführt. Es wurden mehrere Versuchsreihen in Erlenmeyerkolben angelegt, um das Wachstumsverhalten des Pilzes bei verschiedenen Umdrehungsgeschwindigkeiten in einem Schüttler mit Inkubationshaube beschreiben zu können. Auch wurden parallel mehrere Analysemethoden verwandt, um über die Veränderungen des Nährmediums und des Pilzwachstums und des -stoffwechsels genauere Aussagen treffen zu können.

Es stellte sich heraus, dass es durch die Unterschiede bei der Morphologie des Pilzes im flüssigen Medium zu Komplikationen im Ablauf von technischen Anlagen kommen kann. Es bildeten sich im freien Medium vorwiegend kugelförmige Gebilde mit einem Durchmesser von bis zu einen Zentimeter aus. Sobald aber ein Objekt, also eine Oberfläche im Medium vorhanden war, fand der gesamte Aufbau der Biomasse des Pilzes nur noch in Form eines teils mehrere Zentimeter dicken Biofilms entlang dieser Oberfläche statt. Auch gab es in parallelen Ansätzen immer wieder Inhomogenitäten beim Wachstumsverhalten, deren Ursache zwar eingegrenzt, aber nicht genau bestimmt werden konnte.

Durch die Versuchsreihen konnte gezeigt werden, dass bei der Aufzucht von Pilzen in flüssigem Medium deutlich mehr Faktoren zu berücksichtigen sind, als zuvor angenommen. Auch wenn der Pilz (Pc) aufgrund seiner Fähigkeiten viel Potenzial für technische Nutzungen hat, lässt die schlechte Vorhersagbarkeit des Wachstumsverhaltens bei größeren Anlagen erkennen, warum es auch nach vielen Jahrzehnten der Forschung nur wenige tatsächliche Anwendungen jenseits von Laboreinrichtungen gegeben hat.

## Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von Techniken der Klimatisierung von Verwaltungsbauten anhand des Referenzprojektes Neubau Südflügel Kreishaus Steinfurt

**David Hülsmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl. Ing. Christof Hewing
Datum des Kolloquiums:	31. Oktober 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Kältetechnik
In Kooperation mit:	agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Die Deckung des Kältebedarfs erfolgt in Deutschland und weltweit überwiegend durch elektrisch angetriebene Kompressionskältemaschinen. Es stehen allerdings auch andere Technologien zur Verfügung, die ohne eine weitere Belastung des Stromnetzes Kälte erzeugen können.

Die thermische Kälteerzeugung durch eine Sorptionskältemaschine ist hier eine Möglichkeit. Ein Vergleich der thermischen und elektrischen Kälteerzeugung zeigt, dass die elektrische Variante durch den hohen Wirkungsgrad wirtschaftlicher ist. Wenn allerdings im Sommer günstige Abwärme (z. B. aus Kraftwärmekopplung) zur Verfügung steht, ändert sich die Rechnung dahingehend, dass sich ein genauer Vergleich der beiden Varianten lohnt.

Das Ziel der Arbeit war es, die Auswahl der geeigneten Klimatisierungsanlage mittels einer Excel-Tabelle zu vereinfachen. In der Berechnung wurden Wetterdaten mit den technischen und ökonomischen Daten der Anlagen und des Projektes verknüpft. Die Tabelle ermöglicht eine Abschätzung der Jahresbetriebszeiten und der Jahresarbeit für jeden Anlagenteil, sodass nach der Festlegung von Energiepreisen ein wirtschaftlicher Vergleich der Anlagenvarianten möglich war.

Als Referenzprojekt diente in der Arbeit der Neubau des Südflügels des Kreishauses Steinfurt. Das Ziel war es allerdings eine variable Berechnung zu erstellen, die auch für andere Projekte nutzbar bleibt. Die relevanten Daten wurden variabel eingefügt, um die Berechnungen auch auf andere Gebäude der gleichen Größenordnung anwenden zu können.

Um den Berechnungsvorgang zu verdeutlichen, wurden in dieser Arbeit vier Varianten der Kälteerzeugung zu diesem konkreten Projekt untersucht und gegenübergestellt. Da ein ortsnahes BHKW vorhanden ist, könnte eine thermische Kälteerzeugung durch Sorptionskältemaschinen sinnvoll sein. Es wurden zwei Möglichkeiten der thermischen Kälteerzeugung, mit einer konventionellen und eine auf Geothermie basierende Variante untersucht.

Um eine schnelle Abschätzung zu ermöglichen, wurden Vereinfachungen in die Berechnung eingeführt. Unter anderem wurde eine Abhängigkeit der benötigten Kühlleistung von der Außenlufttemperatur unterstellt. Durch diesen Zusammenhang konnte jede im Wetterdatensatz vorhandene Temperatur eine Häufigkeit und eine Kälteleistung zugeordnet werden. Aus diesen Werten konnten dann die Jahreslaufzeiten und die geleistete Jahresarbeit jeder Anlage ermittelt werden.

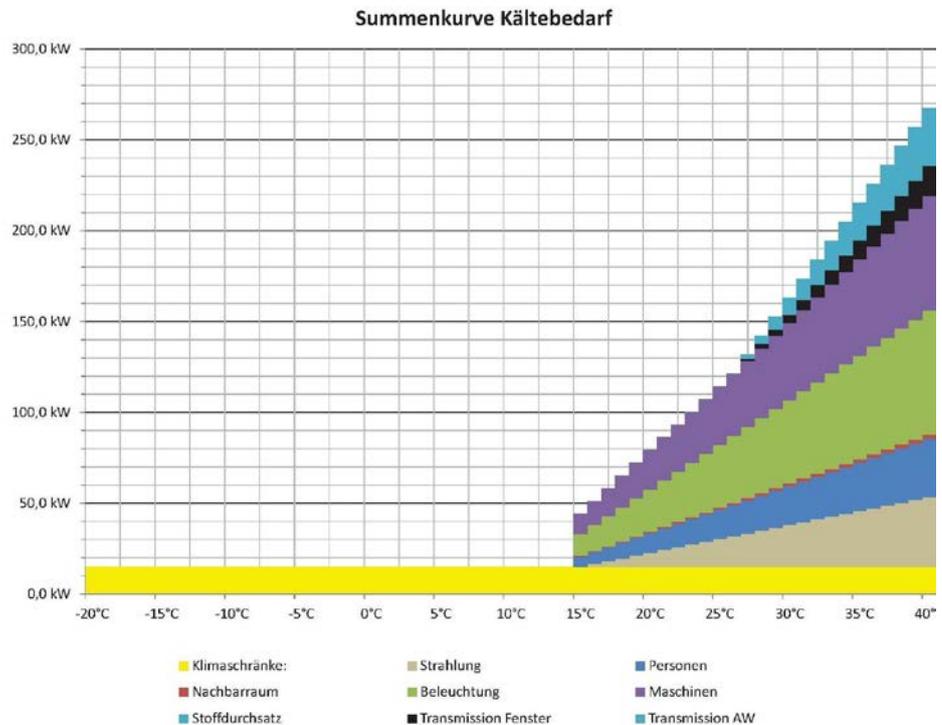


Abbildung: Zuordnung Kältebedarf zur Außenlufttemperatur

Für die Berechnung wird keine Simulationsberechnung benötigt. Ein Variantenvergleich ist deshalb ohne großen Aufwand durchführbar. Unwirtschaftliche Varianten können so schon ohne detaillierte Betrachtungen ausgeschlossen werden.

Da die Investitionskosten für die konventionelle Kälterzeugung geringer sind, galt es zu eruieren, ob die Einsparungen bei den Energiekosten der anderen Varianten ausreichen, um eine Wirtschaftlichkeit der Mehrinvestition nachzuweisen. Zusätzlich wurden die ökologischen Auswirkungen durch den jährlichen CO<sub>2</sub>-Ausstoß miteinander verglichen.

Es zeigte sich in der Arbeit, dass die Erzeugung von Kälte durch Wärme durchaus lohnenswert sein kann. Voraussetzung ist, dass ein niedriger Preis für den Antrieb der Sorptionskältemaschinen geboten wird. In diesem Fall sollte eine Untersuchung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt werden. Falls eine Wirtschaftlichkeit gegeben ist, kann so eine Kälterzeugungsanlage genutzt werden, die langlebiger und umweltschonender arbeitet als eine konventionelle Kälterzeugung durch Kompressionskältemaschinen.

## Co-Vergärung eines hochbelasteten Abwasserteilstromes aus der Süßwarenindustrie

**Maximilian Janning B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	11. April 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Emschergenossenschaft und Lippeverband, Essen



Ziel dieser Arbeit war es, die aus halbtechnischen Versuchen und Analysen gewonnenen Daten und Erkenntnisse auszuwerten und so den Einsatz von hochbelasteten Abwasserteilströmen eines Süßwarenherstellers als Co-Substrat zu beurteilen.

Ein Süßwarenhersteller leitet aktuell ein, für einen Lebensmittel herstellenden Betrieb üblich, sehr hoch belastetes Abwasser in das öffentliche Kanalnetz im Verbandsgebiet des Lippeverbandes ein. Aufgrund der sehr hohen Spitzenbelastungen mit einem chemischen Sauerstoffbedarf von teilweise über 150.000 mg O<sub>2</sub> pro Liter wird dieser Betrieb mit sehr hohen Abwassergebühren seitens des Lippeverbandes veranlagt. Um eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit über eine Senkung dieser Gebühren zu erreichen, trat der Süßwarenhersteller an die Emschergenossenschaft und den Lippeverband (EGLV) heran, um eine für beide Seiten optimale Lösung zu finden.

Als eine denkbare Variante könnten die hochbelasteten Abwasserteilströme von den anderen Abwässern des Betriebes getrennt abgefangen und zwischengespeichert werden, was eine geringere Veranlagung für den Süßwarenhersteller und somit eine beträchtliche Ersparnis einbringen würde. Der Lippeverband betreibt in direkter Umgebung des Firmengeländes eine Kläranlage, die bei einer Ausbaugröße von 190.000 Einwohnerwerten auch das Abwasser des Betriebes reinigt. Das hochbelastete Abwasser kann, bei nicht voll ausgeschöpften Kapazitäten der Kläranlagenfaulbehälter, als Substrat bei einer Co-Vergärung Verwendung finden.

Um das hochbelastete Abwasser für den Einsatz als Substrat einer möglichen Co-Vergärung in den Klärwerksfaulbehältern zu untersuchen, wurde eine Abwasserprobe durch den Süßwarenhersteller abgefangen. Ein Kubikmeter dieser Probe wurde der EGLV zur Verfügung gestellt und auf die Versuchsstation des Klärwerks Emschermündung in Dinslaken gebracht. Die Abwasserprobe wurde im Labor analysiert und dann in einer halbtechnischen Versuchsanlage über einen Zeitraum von zwei Monaten als Co-Substrat eingesetzt. Die Versuchsanlage bestand aus zwei identischen Faulbehältern (FB), von denen einer als Referenz (FB1) mit einer Rohschlammfäulung und der andere als Co-Vergärung (FB2) mit den hochbelasteten Abwasserteilströmen des Süßwasserherstellers als Co-Substrat betrieben wurde. Überwacht wurden ein reibungsloser Prozessablauf, die Schlammstabilisierung, der Gasanfall sowie die Schlammwässerung und die daraus resultierende

Rückbelastung der Kläranlage mit Filtratwasser.

In einer Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden, in mehreren Beschickungsmodellen, die möglichen Gewinne durch die Stromerzeugung aus dem, durch die Co-Vergärung zusätzlich anfallendem Klärgas, den Ausgaben gegenüber gestellt und beurteilt.

Der Co-Vergärungsfaulbehälter zeigte, wie auch die Referenz, einen sehr stabilen Prozessablauf. Auch bei der maximalen Zudosierung von täglich 3,6 Litern Co-Substrat in den Reaktionsraum von nur 0,51 Kubikmetern Größe, konnten bis auf die erwünschte Erhöhung des Gasanfalles, keine nennenswerten Unterschiede zwischen den beiden Faulbehältern festgestellt werden.

Laboranalysen zeigten im Vergleich mit der Referenzfaulung einen um 15% geringeren Heizwert des Co-Vergärungsgases, der auf das hauptsächlich aus Kohlenhydraten bestehende Substrat zurückzuführen ist. In der Gesamtenergiebetrachtung fing die stark erhöhte Gasproduktion diesen geringeren Heizwert aber mehr als auf.

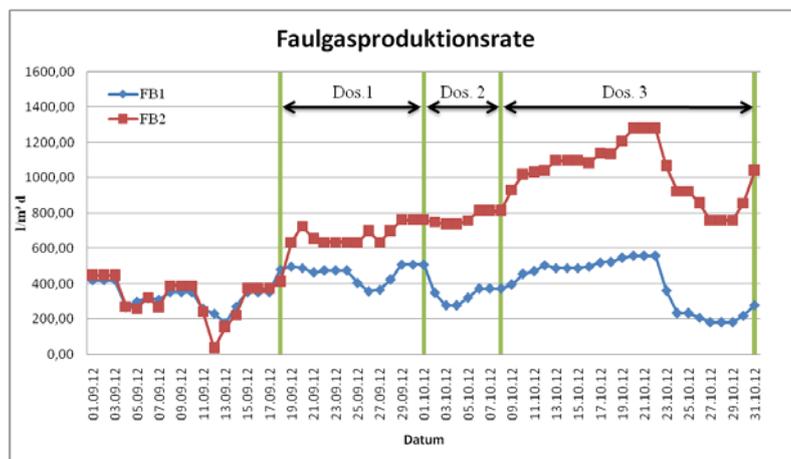


Abbildung 6: Faulgasproduktionsraten der beiden Versuchsfaulbehälter

Bei dem erwarteten werktäglichen Anfall von 50 Kubikmetern Co-Substrat können bei den, in der Versuchsanlage herrschenden Betriebsbedingungen, jährlich fast 1,2 Millionen Kubikmeter Klärgas zusätzlich erzeugt und verstromt werden. Alle Transport-, Bau- und Betriebskosten mit eingerechnet, können sich allein durch die Eigennutzung der zusätzlich entstehenden elektrischen Energie die Betriebskosten der Anlage jährlich um fast 207.000 Euro reduzieren.

Sollte es möglich sein, die hoch belasteten Abwasserteilströme des Süßwarenherstellers wie geplant abfangen zu können und in dieser Zusammensetzung konstant zu liefern, steht einer Co-Vergärung nichts im Wege. Aufgrund der Betriebskostensenkung für den Lippeverband durch die Eigennutzung der aus der zusätzlichen Klärgasverstromung gewonnenen Energie und den Einsparungen des Betriebes durch die geringere Veranlagung, stellt sich die Co-Vergärung als eine, sich für beide Seiten lohnende, Option dar.

## Untersuchung neuer Methoden zur Ermittlung von Fremdwasserquellen in Schmutzwassernetzen

**Tobias Kiefer B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Holger Hoppe
Datum des Kolloquiums:	25. Juni 2012
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Wasser, Abwasser, Abfall und Immissionsschutz
In Kooperation mit:	Dr Pecher AG, Erkrath

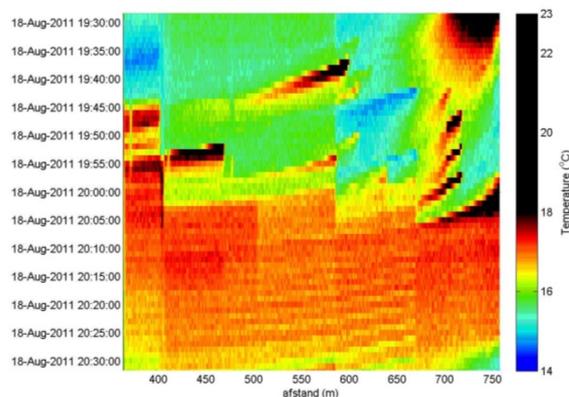
Die Identifikation und Lokalisation von Fremdwasserquellen mit anschließender Kanalnetzsanierung gehört zu den maßgebenden Aufgaben der Stadtentwässerung. Mit dem im April veröffentlichten Merkblatt 182 der DWA "Fremdwasser in Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden", wird ein gestuftes Konzept zur Fremdwasserermittlung und -sanierung vorgeschlagen.

Die Lokalisierung von Fremdwasserquellen kann einerseits über faseroptische Temperaturmessungen (DTS), andererseits über Fremdwasserverdachtsflächen“ (FWVF) erfolgen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Einsatzmöglichkeiten, die den Aufwand und Nutzen einer DTS-Messung bilanzieren, der Untersuchungsmethode mittels Fremdwasserverdachtsflächen gegenüber gestellt und unter Berücksichtigung von Kosten und Informationsgehalt, die jeweiligen Vor- und Nachteile herausgearbeitet.

Ein weiterer Aspekt ist die Formulierung von Verbesserungsvorschlägen bei der Ermittlung von Fremdwasserverdachtsflächen, der DTS-Messung und die Integration beider Methoden in die Konzeptbeschreibung des M 182.

Die innovative Untersuchungsmethode basiert auf Temperaturmessung mittels Glasfaserkabel, welches in den abwasserführenden Systemen verlegt wird. Durch Auswertung der rückgestreuten spektralen Zusammensetzung, der Laufzeit und der Intensität, können Aussagen über Temperaturänderung und Entfernung getätigt werden.



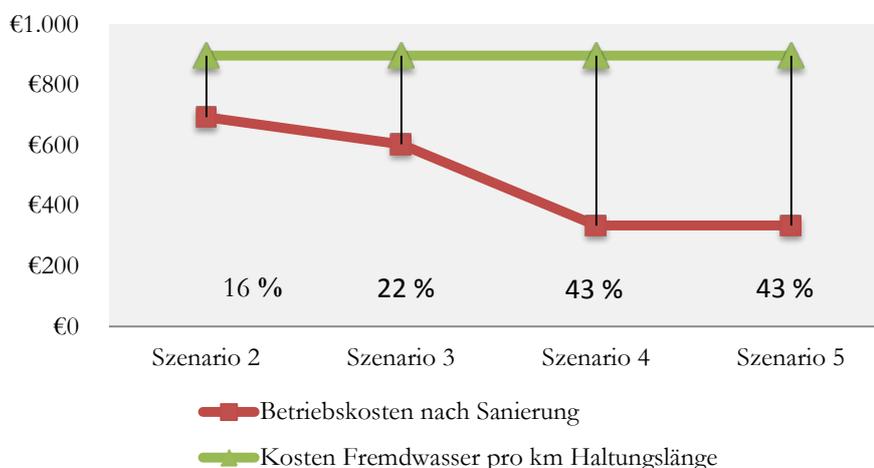
Die Abbildung zeigt eine Temperaturmessung im Schmutzwasserkanal während eines Niederschlagsereignisses. Auf der X-Achse ist der Abstand aufgetragen, auf der primären Y-Achse das Datum und auf der sekundären die Temperatur in Grad Celsius

Der Vergleich des Vorgehens der Konzeptbeschreibung im M 182 der DWA mit dem der Dr. Pecher AG zeigt deutlich, dass ein gestuftes Vorgehen unter Bildung von vergleichbaren Einheiten wirtschaftlich ist. Die Bearbeitung der einzelnen Einheiten erfolgt anhand eines wiederkehrenden Musters, welches im Projektverlauf dem betreffenden Gebiet angepasst wird.

Es empfiehlt sich mit kleinen EZG zu beginnen, den Ablauf zu formulieren und mit den Projektpartnern und Auftraggebern abzusprechen, bevor Schwerpunktgebiete bearbeitet werden. Das Einteilen und Benennen einzelner Klassen und Prioritäten einer Matrix, welche die Sanierungsempfehlungen priorisieren, ist die anspruchsvollste Aufgabe. Die Gewichtung der Klassen müssen auf das Projektgebiet angepasst werden und können nur schwer verallgemeinert werden.

Die Reduzierung von Fremdwasserquellen hat viele positive Auswirkungen auf die Siedlungswasserwirtschaft. Einige Beispiele hierfür sind Senkung von Betriebs- und Investitionskosten bei Haltungen, Sonderbauwerken und Kläranlagen und die Einhaltung nationaler und internationaler Gesetze und Verordnungen.

### Reduzierung der Betriebskosten



Die obige Abbildung stellt Betriebskosten des Pumpwerkes „Am Wildsteig“ unter Betrachtung der verschiedenen Sanierungsmaßnahmen dar. Die Szenarien bezeichnen diverse Herangehensweisen von Fremdwassersanierungskonzepten.

In Zeiten knapper kommunaler Kassen und unter Betrachtung ökologischer Aspekte, sollte die Effizienz und der Erfolg einer Sanierung im Vordergrund stehen. Die Vorteile durch Senkung der Betriebskosten, über einen langen Zeitraum, rechtfertigen die einmaligen hohen Investitionskosten der DTS-Messung.

## Power to Gas: Machbarkeitsstudie zur Wasserstofffiltration am Beispiel der VS in Werne

**Bastian Kopka B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums: 08. Oktober 2013

Studiengang: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Laborbereich Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: Open Grid Europe GmbH, Essen



Durch das am 28. September 2010 von der damaligen Bundesregierung verabschiedete neue Energiekonzept, soll eine nachhaltige Energieversorgung in den Bereichen Strom, Wärme und Mobilität, realisiert werden. Ziel ist es u.a. 60 % des Bruttoendenergieverbrauchs und 80 % des Bruttostromverbrauchs durch regenerative Energiequellen zu decken. Diese ambitionierten Ziele sollen bis zum Jahre 2050 realisiert werden.

Aufgrund verstärkter Nutzung regenerativer Energiequellen, z.B. der Ausweitung der Offshore-Windkraftanlagen in Nord- und Ostsee sowie einem weiteren Ausbau von Photovoltaikanlagen, vergrößert sich die Volatilität der Stromerzeugung und damit unter Umständen die zeitliche Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch.

Kann diese Differenz nicht ausgeregelt werden, ist die überschüssige elektrische Energie aus technischen Gründen nicht verwertbar und muss daher mit einem Verlust, an der Strombörse in Leipzig, gehandelt werden. Ist eine Abnahme der überschüssigen elektrischen Energie nicht möglich, wird im Extremfall eine Zwangsabschaltung von Energieerzeugern notwendig.

Um derartiger Abschaltungen entgegenzuwirken, wäre eine Speicherung der elektrischen Energie wünschenswert, war jedoch bisher wirtschaftlich und technisch nicht realisierbar.

Aus diesem Grund gibt es seit dem Jahr 2009 die Überlegung, das bereits vorhandene Erdgasnetz und die Erdgasspeicher zu nutzen. Die überschüssige elektrische Energie wird zur Produktion von Wasserstoff mittels Elektrolyse genutzt. Die Herstellung von Wasserstoff oder, durch eine Methanisierung, synthetischem Erdgas, erzeugt aus überschüssiger Energie und eingespeist in das vorhandene Erdgasnetz, ist die Grundlage des Power to Gas-Konzepts.

Die derzeit vorhandene Erdgasinfrastruktur wurde ohne die Berücksichtigung von Wasserstoffanteilen geplant und errichtet. Heute liegt der Wasserstoffanteil im Erdgas unter 0,01 Vol.-%. Die Stoffdaten von Wasserstoff und Methan (Hauptbestandteil des Erdgases), wie Dichte, Heizwert oder Brennwert, weichen voneinander ab. Bei einer Zumischung von Wasserstoff verändern sich diese Eigenschaften des Erdgases.

Kommt es zu dem gesetzlichen Beschluss, Wasserstoff in das Erdgasnetz einzuspeisen, müssten sich einerseits der Erdgasnetzbetreiber und andererseits die nachfolgenden Kunden an die erhöhte Wasserstoffkonzentration anpassen.

Umbaumaßnahmen an der Erdgastransportinfrastruktur müssten durchgeführt werden, um einen sicheren Betrieb aufrechterhalten zu können.

In dieser Arbeit wurden die veränderten Anforderungen an das Erdgasnetz bezüglich erhöhter Wasserstoffkonzentration im Erdgas dargestellt. Auswirkungen auf die Eigenschaften des Erdgases und die Beeinträchtigungen der Erdgasinfrastruktur wurden aufgezeigt.

Die in dem Versorgungsnetz vorhandenen Verdichterstationen bilden die Knotenpunkte der Erdgasinfrastruktur. Die zur Druckerhöhung eingesetzten Maschineneinheiten, bestehend aus Verdichter und Antrieb, müssten ebenfalls an eine veränderte Gaszusammensetzung mit erhöhtem Wasserstoffanteil angepasst werden.

Laut Spezifikation ist der Betrieb von als Antrieb dienende Gasturbine mit erhöhter Wasserstoffkonzentration von  $> 1 \text{ Mol.-%}$  nicht zulässig. Auf der Grundlage dieser Erkenntnis wurde gesondert eine Machbarkeitsstudie zur Filtration des Wasserstoffes erstellt. Die Wasserstoffkonzentration muss, in der Brenngasleitung der Gasturbine, auf ein unkritisches Maß von  $\leq 1 \text{ Mol.-%H}_2$  reduziert werden. Es wurde erfolgreich überprüft ob, eine Reduzierung der Wasserstoffkonzentration mittels Methanisierung durchführbar ist. Die Reduzierung der Wasserstoffkonzentration ist essenziell notwendig, um einen unschädlichen Betrieb der Gasturbine zu gewährleisten.

Das erstellte Anlagenkonzept wurde am Beispiel der OGE-Verdichterstation in Werne überprüft.

## Auslegung einer bedarfsgeführten Lüftungsanlage eines Hotelkomplexes durch variable Volumenströme, sowie eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gegenüber einer konventionell gesteuerten Anlage

**David Kossen B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	30. Oktober 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Ingenieurbüro Töne Kossen, 26909 Neubörger



Etwa 90 % seiner Zeit verbringt ein Mensch in den europäischen Staaten in Innenräumen. Von großer Bedeutung für das Wohlbefinden des Menschen ist daher ein gesundheitsverträgliches Innenraumklima. Die Frischluftzufuhr in Wohnräumen und Gebäuden gewinnt vor allem durch die modernen, energieeffizienten Bauweisen eine immer größere Bedeutung. Insbesondere für die Hotelbranche ist dieser Gesichtspunkt sehr von Bedeutung. Der wichtigste wirtschaftliche Faktor ist dort der Belegungsgrad, bzw. die Auslastung des Hotels, welches auf das Wohlbefinden der Hotelgäste zurückzuführen ist.

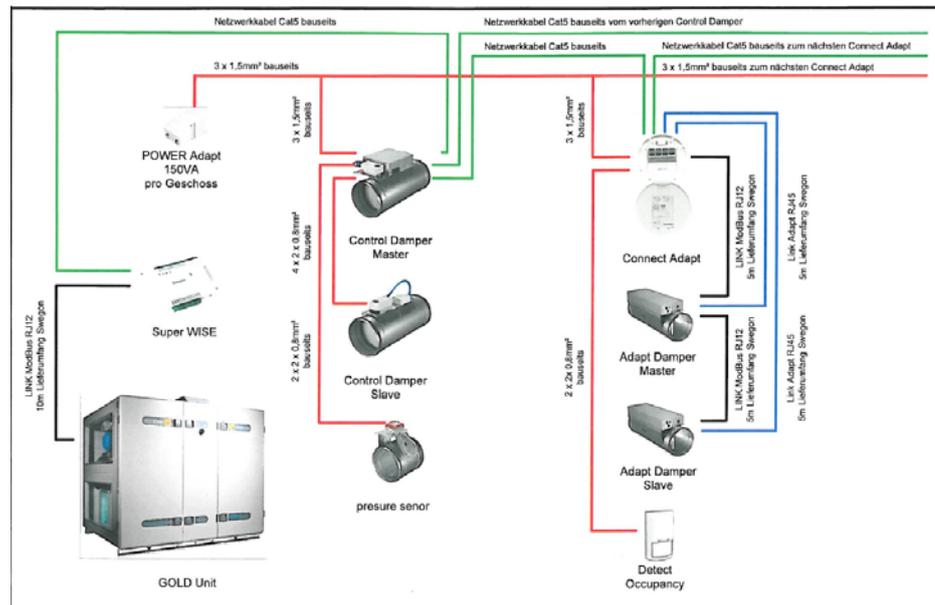
Ziel und Anspruch dieser Arbeit war es, technische Möglichkeiten einer bedarfsgesteuerten Lüftungsanlage aufzuzeigen, wodurch Hotelräume exakt und im erforderlichen Maß gelüftet und klimatisiert werden können. Hierbei war es wichtig darauf zu achten, die Lüftungsanlage so zu planen, dass keine Abstriche in Qualität und Komfort des Raumklimas zu verzeichnen sind. Die Regelung der bedarfsgeführten Anlage sollte dabei über die CO<sub>2</sub>-Konzentration in den Hotelzimmern realisiert werden.

Da die Nutzungsschwankungen von Hotelzimmern in ihrer Belegung über den Tag gesehen meist sehr intensiv sind, sollte dabei auch auf das Einsparpotenzial einer bedarfsgeführten Lüftungsanlage eingegangen werden.

Den Hauptbestandteil dieser Auslegung bildete hierbei die DIN 1946 in ihren Teilen 2 und 6, in der allgemeine Grundlagen und Randbedingungen für Raumlufttechnische Anlagen wie zum Beispiel Luftqualität und Quantität sowie einzuhaltende Komfortstandards, Hygienestandards und Konstruktionsmerkmale geregelt werden.

Mit Hilfe dieser und den vorhandenen Grundriss- und Schnittplänen galt es die erforderlichen Zuluftvolumenströme zu ermitteln. Um letztendlich eine ausreichende Qualität der Raumluft im Bereich der Zimmer zu gewährleisten, wurde anhand eines Simulationsprogrammes der CO<sub>2</sub>-Konzentrationverlauf bei Belegung bzw. Nichtbelegung nachgestellt und im Anschluss die Werte der Zuluftvolumenströme wenn nötig berichtigt. Als Grenzwert wurde dabei ein CO<sub>2</sub>-Gehalt von 1000 ppm zugrunde gelegt. So ergaben sich bei Nichtbelegung der Hotelzimmer Zuluftwerte, die im Vergleich zum Zuluftvolumenstrom bei Belegung der Hotelzimmer um ca. die Hälfte reduziert werden konnten.

Mit Hilfe der ermittelten Volumenströme konnte im weiteren Verlauf die Anlage ausgelegt werden. Bei dem zu bewertenden Lüftungssystem handelt es sich um das WISE System der Firma SWEGON.



Swegon WISE Systeminstallation

Durch Kommunikation der variablen Volumenstromregler, die anhand der CO<sub>2</sub>-Konzentration ihre Volumenströme anpassen, und der sich in den Lüftungsgeräten befindlichen Ventilatoren, lassen sich die Drehzahlen dieser exakt den momentanen Anforderungen der Zuluft in den Hotelzimmer anpassen. Durch diesen Effekt kommt es zu nennenswerten Einsparungen der jährlichen Betriebskosten.

Dem gegenüber stehen allerdings die Mehrinvestitionen, die sich im Vergleich zu einer herkömmlichen Anlage mit konstanten Volumenströmen ergeben.

Die abschließende wirtschaftliche Betrachtung zeigt, dass die jährlichen Betriebskosten bei einer bedarfsgeführten Anlage zwar um die Hälfte gesenkt werden können, jedoch die zusätzlich zu tätigen Investitionen, die sich gegenüber einer konventionell gesteuerten Anlage ergeben, momentan noch zu groß sind.

Alexander Kracht M.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums: 19. August 2013

Studiengang: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik

In Kooperation mit: Danpower-Gruppe, Potsdam



Mit dem stark steigenden Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung in Deutschland wächst auch der Anteil der fluktuierenden Strommenge an der Gesamtmenge. So wird erneuerbarer Strom hauptsächlich dann ins Netz eingespeist, wenn der Wind weht und die Sonne scheint – völlig unabhängig vom Strombedarf (s. Abb. 1). Wie aber kann die elektrische Energie – und zwar auf Basis erneuerbarer Energieträger – dann bereitgestellt werden, wenn sie gebraucht wird? Ein Lösungsansatz wäre die **bedarfsorientierte** Stromeinspeisung aus Biomasse. Sie hat aufgrund ihres speicherbaren Einsatzstoffes die Möglichkeit, elektrische Energie unabhängig von Wind und Sonne und abhängig vom Bedarf der Verbraucher produzieren zu können (s. Abb. 2). Jedoch arbeiten solche Anlagen bislang nicht am Strombedarf orientiert, sondern als Grundlastkraftwerke und speisen so ihre maximal mögliche Strommenge kontinuierlich in das Netz ein.

### Konventionelle Beispielanlage für die Verstromung von Biogas in der Festvergütung

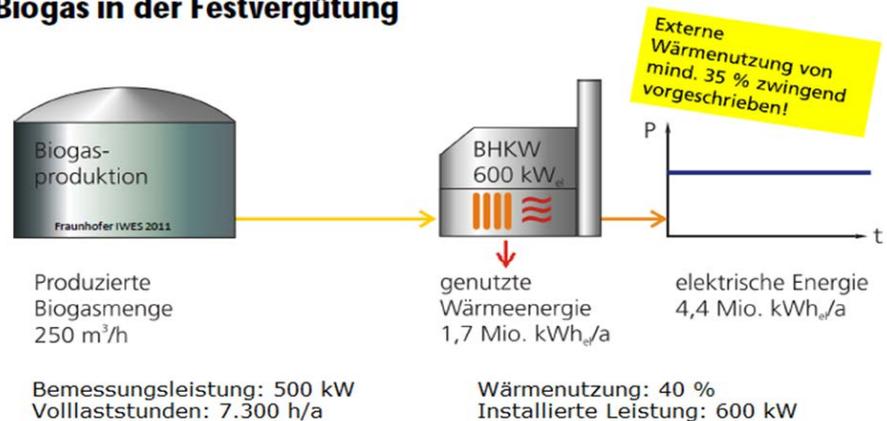


Abb. 1: Konventionelle Stromproduktion aus Biogasanlagen

Mit der Novelle des **EEG 2012** möchte der Gesetzgeber erstmals die bedarfsorientierte Stromproduktion solcher Anlagen fördern. Das Instrument hierfür ist das Marktprämienmodell. Es bietet durch die Flexibilitätsprämie Anreize für Investitionen in eine Erweiterung der Anlagenleistung, mit dem Ziel, ein Verlagerungspotenzial für die Stromeinspeisung zu schaffen.

## Beispiel-Biogasanlage mit Technik zur bedarfsorientierten Stromproduktion

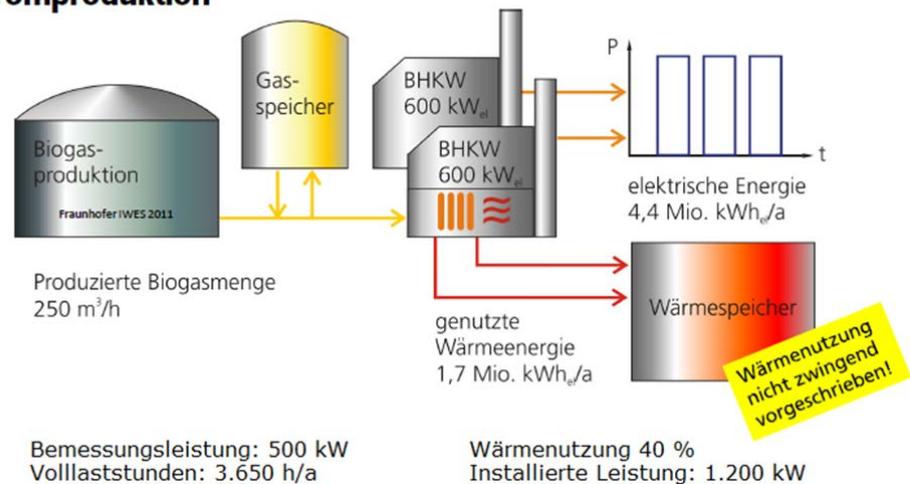


Abb. 2: Bedarfsorientierte Stromproduktion aus Biogasanlagen

Im Rahmen dieser Arbeit wurde anhand von zwei Beispielanlagen untersucht, welche wirtschaftlichen Vorteile sich durch den bedarfsorientierten Betrieb gegenüber der festen Einspeisevergütung ergeben können:

**Wärmeversorgung Wolgast:** Biogaspark und weitere Heizzentralen mit Kraft-Wärme-Kopplungs (KWK)-Anlagen und Spitzenlastkesseln; Umstellung der KWK-Anlagen auf Biomethan und Flexibilisierung sowie Erweiterung um einen Wärmespeicher

**Wärmeversorgung Bernsdorf:** Biogasanlage und weitere Heizzentralen mit Spitzenlastkesseln; Flexibilisierung der Biogasanlage sowie Erweiterung um einen Gas- und Wärmespeicher.

Hierzu wurden verschiedene Anlagenkonfigurationen, die sich hinsichtlich ihrer Blockheizkraftwerk (BHKW)-Leistung sowie ihrer Gas- und Wärmespeichergrößen unterscheiden, gegenübergestellt. Das Werkzeug für diese Analyse ist eine speziell für Energieanlagen entwickelte Simulationssoftware, die es ermöglicht, für jede Anlagenkonfiguration die optimale Betriebsstrategie zu berechnen. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Datenbasis, die Abgrenzung der Bilanzräume und die Abhängigkeiten der einzelnen Einflussfaktoren auf die Betriebsstrategie untereinander gelegt. Diese Faktoren, wie der Spotmarktpreis, die Netznutzungsentgelte, der KWK-Bonus sowie die Flexibilitätsprämie, werden neben den Kosten für Brennstoff und Wartung herausgestellt und ihr Einfluss auf die Betriebsstrategie verdeutlicht. Insbesondere die Verteilung der Spotmarktpreise über den Tag im Zusammenhang mit dem Wärmebedarf der Endverbraucher wird hier aufgezeigt und diskutiert.

Daraufhin wurden die Betriebsergebnisse der einzelnen untersuchten Fälle, unter Berücksichtigung ihrer Investitionsschätzkosten, gegenübergestellt. Für die Beispielanlagen in Wolgast und Bernsdorf zeigte sich, dass die Wirtschaftlichkeit, trotz abnehmender Betriebsstundenzahl, mit der Größe der installierten BHKW-Leistung, stark steigt – ausreichend dimensionierte Gas- und/oder Wärmespeicher vorausgesetzt.

## Projektierung eines Fernwärmekonzeptes in einer bestehenden Liegenschaft

**Ralf Kramer B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Christian Leugers
Datum des Kolloquiums:	12. April 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Laboratorium für Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Teutoburger Energie Netzwerk eG, Hagen a.T.W.



Ziel der Bachelorarbeit ist auf Grundlage des vorhandenen Biogas-BHKW ein Fernwärmekonzept für die Liegenschaft Feldkamp zu planen. Als nächstes wurden die gesetzlichen Grundlagen und Fördermöglichkeiten betrachtet. Um einen Überblick über die jetzige Versorgung der Liegenschaft zu erhalten und das Interesse an der Fernwärme beurteilen zu können, wurde eine Umfrage durchgeführt.

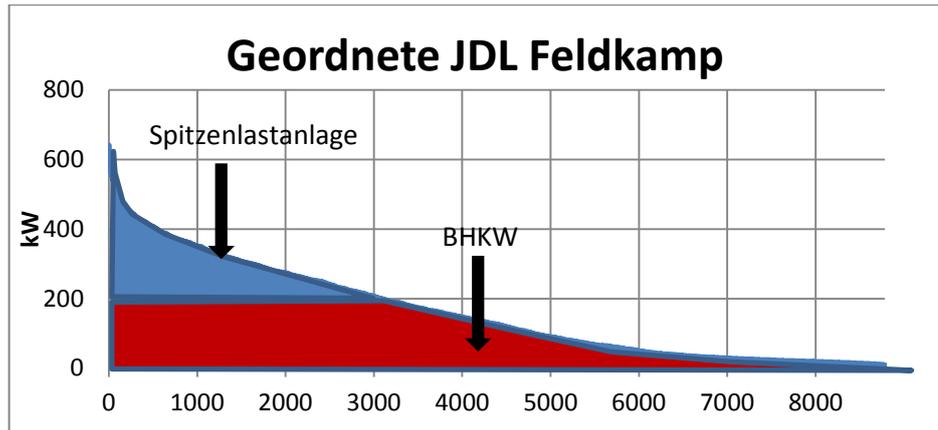
Anhand der Ergebnisse der Umfrage und des vorhandenen BHKW's wurde ein Fernwärmekonzept geplant. Um die Kosten der Verlegung der Fernwärmehöhre abschätzen zu können, wurde der Boden im Bereich Feldkamp mit Hilfe einer Bodenklassenkarte begutachtet.

Um bewerten zu können, wie weit das vorhandene BHKW die Liegenschaft versorgen kann, wurde eine ungeordnete und geordnete Jahresdauerlinie mit den angegebenen Verbräuchen der Anlieger erstellt. Anhand der geordneten Jahresdauerlinie musste eine Spitzenlast- bzw. Redundanzanlage ausgelegt werden, die eine Leistung von 700 kW benötigt, da das BHKW die Versorgung nicht allein gewährleisten kann.

Es wurden ein Erdgaskessel und ein Holzhackschnitzelkessel wirtschaftlich verglichen. Ergebnis dieser Betrachtung war, dass der Erdgaskessel zurzeit den günstigeren Wärmepreis zulässt. Über eine Langzeitbetrachtung von 10 Jahren ist der Wärmepreis unter den betroffenen Annahmen beim Holzhackschnitzel langfristig günstiger als beim Gaskessel.

Also bietet sich der Holzhackschnitzelheizkessel als günstigere Variante an. Außerdem wurden zwei verschiedene Dämmstärken der Fernwärmehöhre betrachtet, um zu prüfen, ob die Mehrinvestition in eine stärkere Dämmung und die dadurch geringeren Netzverluste, wirtschaftlich tragbar sind.

Ergebnis dieser Betrachtung war, dass sich die Mehrinvestition in die bessere Dämmung lohnt. Zusätzlich zu den Erzeugungsanlagen wurde ein Pufferspeicher ausgelegt, um die günstige Wärme des vorhandenen BHKW besser nutzen zu können. Danach wurde gezeigt, wie dieser mit dem Prinzip der „hydraulischen Weiche“ in das Fernwärmenetz eingebaut werden kann.



Die Wärmeverluste des Fernwärmenetzes sind nach den Erfahrungen der TEN- Mitarbeitern kleiner als 25% anzusetzen. Das in dieser Bachelorarbeit geplante Fernwärmenetz ist für eine höhere Anschlussdichte ausgelegt und somit für den momentanen Wärmebedarf überdimensioniert.

Durch die Überdimensionierung der Fernwärmerohre kommt der große Wärmeverlust zustande. Da die Anschlussdichte sich aber in den kommenden Jahren erhöhen sollte, ist die große Dimension der Fernwärmerohre gerechtfertigt. Außerdem sinken die Wärmeverluste mit steigender Anschlussdichte im Bezug auf die Wärmeerzeugung.

In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind Mittel der KfW-Förderbank mit eingerechnet worden. Diese betragen 60 € pro Meter Fernwärmetrasse und 1.800 € pro Hausübergabestation.

Das Fernwärmekonzept in Feldkamp ist mit der Auswahl des Holzhackschnitzelheizkessels als Spitzenlast- bzw. Redundanzanlage im Zusammenhang mit dem vorhandenen Biogas-BHKW nahezu CO<sub>2</sub>-neutral. Außerdem ist der Brennstoff Holz, für die Wärmeversorgung quasi unendlich vorhanden und wächst immer wieder nach. Das sollte in Zukunft eine höhere Preisstabilität bieten als mit Erdgas zu heizen, weil dieses importiert werden muss und nicht unendlich verfügbar ist.

In Zukunft kann die Fernwärme dazu beitragen die vorhandenen Brennstoffe, die zur Energieerzeugung bereitgestellt werden, sinnvoll und möglichst effizient zu nutzen. Gerade in dicht besiedelten Stadtgebieten mit mehrstöckiger Bebauung, wo Emissionen eingespart oder vermieden werden sollen, geht an Fernwärme fast kein Weg vorbei.

Die zentrale Versorgungsstruktur der Fernwärme bietet eine leichtere Umstellung auf erneuerbare Energien, da sich ein Heizwerk leichter umstellen lässt, als Hunderte private Kleinheizanlagen. Wenn viele Fernwärmekonzepte zusätzlich noch CO<sub>2</sub>-neutral konzipiert werden können, dann ist das ein Gewinn für die Welt und den Menschen.

## Planung eines Archives auf Grundlage der DIN ISO 11799 am Beispiel Stadtarchiv Köln

**Jens Lehrmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Christof Hewing
Datum des Kolloquiums:	11. September 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Der Neubau eines Archives ist eine nicht alltägliche Arbeit und stellt mit dieser Seltenheit große Anforderungen an die Architekten und Planer der technischen Gebäudeausrüstung in der heutigen Zeit. Wo vor vielen Jahren noch Lagerräume, alleine durch die gut durchdachte Luftführung, auf einem fast konstantem Niveau der Feuchte und Temperatur gehalten werden konnten, kommen heute immer anspruchsvollere technische Lösungen zum Einsatz.

Verglichen mit dem, in anderen Gebäuden angestrebten, Stand der Technik ist der Energie- und Technikaufwand zur Einhaltung des gewünschten Raumklimas um ein vielfaches höher, da sich mit den Jahren auch die Toleranzen in Sachen relativer Feuchte und Temperatur geändert und angepasst haben.

So werden auch immer neue Ideen entwickelt, um die im Betrieb anfallenden Energiekosten auf ein Minimum zu reduzieren und die verwendete Technik effizient nutzen zu können. Am Beispiel des Neubau Stadtarchiv Köln soll gezeigt werden, dass es einen massiven planerischen Aufwand erfordert, um den technischen Aufwand zur Einhaltung der gegebenen Toleranzen gerecht zu werden und wie sich dies von anderen Neubauten unterscheidet, aber auch welche technischen Neuerungen zu einer Reduzierung der Betriebskosten führen können.



Der am 3. März 2009 eingestürzte Gebäudekomplex des Kölner Stadtarchives verschüttete rund 90 Prozent des Archivgutes, zudem kamen zwei Personen ums Leben. Ein halbes Jahr später waren 85 Prozent der Archivgüter geborgen, allerdings reichten die Beschädigungen von „leicht“ bis „schwerstens beschädigt“. Hauptaufgabe der Archivare ist nun die Bergung, Restaurie-

rung und Neuordnung der Archivalien, welches Experten mit einem Zeitbedarf von 30 Jahren und länger ansetzen. Zu dieser Zeit wurde auch vom Stadtrat beschlossen, für rund 86 Millionen Euro einen Neubau am Eifelwall in der südlichen Neustadt zu errichten und in diesem das Historische Archiv mit der Kunst- und Museumsbibliothek zusammenzufassen.

Gesucht wurde in der Wettbewerbsausschreibung ein "einladendes, offenes und gleichzeitig hochfunktionales Haus im Niedrigenergiestandard", wobei sich die Stadt gleichzeitig aber auch zum Ziel gesetzt hatte, "das sicherste und modernste Archiv Europas zu errichten." Insgesamt soll an dem neuen Standort ein Gebäude mit rund 30.000 Quadratmetern Gesamtfläche entstehen, von denen etwa zwei Drittel auf das Archiv und ein Drittel auf die Bibliotheken entfallen.

Es wurde von der Stadt ausdrücklich gefordert, dass die verschiedenen Nutzungen jeweils eigenständig zu nutzen sind, aber dennoch eine gemeinsame "Adresse" formulieren. "Höchste Anforderungen" haben zudem die baulichen und klimatischen Ansprüche gestellt, denn die 90 Prozent der Archivmaterialien, die aus den Trümmern des alten Gebäudes gerettet werden konnten, sollen nun in besonders sicheren Regalen und Planschränken vor "Umwelteinflüssen, Vandalismus, Diebstahl und Naturkatastrophen" bewahrt werden.

Nun liegt es an den Planern, ein Gebäude zu errichten, welches allen Anforderungen gerecht wird und eine lange und sichere Aufbewahrung der Archivgüter ermöglicht.

## Messtechnische Untersuchung eines Bodenkonvektors nach DIN EN 16430-2

**Marjan Lindemann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Peter Hollenbeck M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	09. September 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Wärmetechnik



Die Bachelorarbeit mit dem Thema „Messtechnische Untersuchung eines Bodenkonvektors nach DIN EN 16430-2“ beschäftigt sich mit der normgerechten Prüfung des Bodenkonvektors Katherm QX175 der Firma Kampmann mit einer Kanallänge von 1100mm in einem nach der DIN EN 442 errichteten Adiabaten Prüfraum.

Die messtechnische Untersuchung erfolgte durch das Programm Chamber Control, welches in der Version 6.0 vorlag. Dies geschah bei freier und erzwungener Konvektion. Bei der freien Konvektion wird die Wärme der Heizfläche nur von den im Raum befindlichen Luftströmen erfasst und die Wärme verbreitet sich durch den thermischen Auftrieb.

Bei der erzwungenen Konvektion wird mithilfe eines Gebläses die Heizfläche umströmt. Durch die Ermittlung der Korrekturwerte für den Luftdruck und den Massenstrom ließen sich die Berechnungsformeln im Programm Heater QX175 so erweitern, dass sich die Leistung und der Massenstrom auf  $\pm 5\%$  genau berechnen lassen.

Neben den erhaltenen Heizleistungsdaten des Konvektors, bestand das Interesse auch an dem Vergleich der nach den DIN Normen DIN EN 442-2 und DIN EN 16430-2 erstellten Kennlinien. Dies sollte einen Aufschluss über die Auswirkung der Änderungen der Anforderungen der DIN Norm geben.

Die großen Unterschiede der beiden DIN Normen bestehen einmal in der, laut DIN EN 16430-2 geforderten, zusätzlich installierten und auf  $16^{\circ}\text{C}$  gekühlten Rückwand und der Messung der Bezugs-Lufttemperatur. Diese wird in der DIN EN 16430-2 über einen Mittelwert von zwei Punkten gebildet, die 0,75m über dem Boden und 2m von der Rückwand entfernt auf einer Linie mit den Eckpunkten des Bodenkonvektors abgenommen werden. In der DIN EN 442-2 geschieht dies nur über einen Punkt in der Mitte des Prüfraumes.

## Leistungsuntersuchung an Schraubenverdichtern einer Ammoniak-Kälteanlage eines Milchverarbeitenden Betriebes

**Felix Markert B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Robert Meier

Datum des Kolloquiums:

29. August 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Kältetechnik

In Kooperation mit:

Imtech Contracting GmbH, Osnabrück



Die endliche Verfügbarkeit fossiler Energieträger erfordert in Zukunft einen konsequent effizienteren Umgang mit Energie. Beobachtete und prognostizierte Klima- und Umweltveränderungen wie auch die ansteigenden Energiepreise sind Katalysatoren für den von der Bundesregierung vorangetriebenen Prozess der Energiewende.

Für Betreiber von Anlagen zum Heizen und Kühlen erhält deren effizienter Betrieb nicht nur aus ökologischen, sondern auch aus betriebswirtschaftlichen Gründen eine immer größer werdende Relevanz. Der Anteil der Kältetechnik am gesamten elektrischen Endenergiebedarf in Deutschland beträgt etwa 14%. Besonders auf die Nahrungsmittelindustrie ist ein hoher Kältebedarf zurückzuführen.

Der Betrieb einer Kälteanlage mit stetiger Überwachung der Effizienz sollte heute selbstverständlich sein. Nicht zuletzt deshalb, weil über die gesamte Nutzungsdauer einer Kälteanlage betrachtet, deren Energiekosten die Investitionskosten meist übersteigen.

In den meisten Fällen wird zur Kälteerzeugung eine Kompressionskälteanlage eingesetzt, die im kleineren Format auch in jedem Haushaltskühlschrank zu finden ist. In einer solchen Maschine wird ein Kältemittel unter Einsatz von mechanischer Arbeitsenergie in einem thermodynamischen Kreisprozess geführt.

Im Zuge dieser Bachelorarbeit wurde die Effizienz einer Großkälteanlage durch Messungen überprüft und bewertet werden.

Konkret handelt es sich um eine Kälteanlage eines Milchverarbeitenden Industriebetriebes, in der das natürliche Kältemittel R717 (Ammoniak) eingesetzt wird.

Den größten Anteil am gesamten Energiebezug einer Kälteanlage hat der meist von einem Elektromotor angetriebene Verdichter. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit ein großes Augenmerk auf dessen Betrieb gelegt. Aber auch eine gesamtheitliche Betrachtung der Anlage mit einigen Nebenaggregaten wurde vorgenommen.

Die energetische Bewertung der Kälteanlage erfolgte anhand von Energieeffizienzkennzahlen nach den VDMA-Einheitsblättern 24247-2 und 24247-7, die auf Grundlage von Messungen im laufenden Betrieb gebildet wurden.

Die Bilanzierung der Kennzahlen erfolgte in zwei unterschiedlich großen Bilanzräumen für jeweils vier Auslastungsstufen der Verdichter. Präsentiert wurden sie anhand von Diagrammen, die mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel 2010 entwickelt wurden.

Zur Interpretation der Kennzahlen des Bilanzraumes I wurden diese mit den Angaben des Herstellers verglichen. Bei dem Vergleich fanden die Verdampfungs- und Kondensationstemperaturen sowie die jeweilige Auslastung der beiden Verdichter Berücksichtigung.

Die Kennzahlen, die über dem Bilanzraum II gebildet wurden, geben Aufschluss darüber, mit welchem gesamten energetischen Aufwand die Kälteanlage arbeitet.

## Konzeption einer Gebäudeleittechnik der BASF Coatings GmbH am Standort Münster

**Christoph Mersch B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Daniel Segger
Datum des Kolloquiums:	02. September 2013
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	BASF Coatings GmbH, Münster-Hiltrup



Die BASF Coatings GmbH (ehemals: Glasurit) ist ein Unternehmensbereich des Chemiekonzerns BASF SE. Sie entwickelt, produziert und vermarktet Fahrzeug-, Autoreparatur- und Industrielacke sowie Bautenanstrichmittel.

Die technologische Entwicklung in der Farb- u. Lackindustrie hat sich rasant verändert. Die Anforderungen an die Labore und Produktionsstätten, mit deren Technische Gebäudeausrüstung (TGA), steigen stetig. Um ein optimales Zusammenspiel von der Gebäudeautomation mit allen Gewerken im Gebäude zu erreichen, ist ein ganzheitliches Konzept zu entwickeln. Gebäudeleitsysteme gewinnen in diesem Kontext immer mehr an Bedeutung.

Die Bachelorarbeit befasst sich mit der prozessorientierten Anwendung einer Gebäudeleittechnik unter Betrachtung der Energieeffizienz.

Ein Grundverständnis für, die Zusammenhänge zwischen den eingesetzten Komponenten zur Energieersparnis und einem Gebäudeleitsystem sollen durch diese Arbeit vermittelt werden.

Als Anschauungsobjekt dient das Wärmerückgewinnungssystem einer zentralen Lüftungseinheit eines Laborgebäudes. Anhand dieser Pilotanlage ist die Sanierungsmaßnahme, in Verbindung mit einer integrierten Optimierung beschrieben worden. Dieser Umbau soll das Verbesserungspotenzial verdeutlichen, welches für den Standort Münster besteht. Durch den Einsatz einer Hocheffizienzpumpe und durch die Anpassung der Regelung entsteht ein großer Energieeinsparungseffekt. Zudem wird die Synergie zwischen eingesetzten Komponenten und regelungstechnischen Maßnahmen beschrieben. Diese ist durch Berechnungen des Systems nachgewiesen worden. Hierzu wurden die Gegebenheiten betrachtet. Dieses umfasst einerseits die Betrachtung des vorhandenen Systems, andererseits das Einbeziehen der vorliegenden Daten der Wetterstation. Die Gebäudeleittechnik soll nun diesen Verbesserungseffekt widerspiegeln. Zusätzlich wird ein überwachter Betrieb der Anlage gewährleistet. Das Fazit der Arbeit über die Wärmerückgewinnungseinheit zeigt die Notwendigkeit eines ausgebauten Gebäudeleitsystems. Darüber hinaus sind Maßnahmen beschrieben die einen weiteren Vorteil in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht bewirken.

Das ausgearbeitete Konzept bietet einen Beitrag zum energiebewussten Handeln der BASF Coatings GmbH.

Alexander Neupert M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz Peter Schmickler  
Dr.-Ing. Werner Hube

Datum des Kolloquiums:

06. Juni 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit:

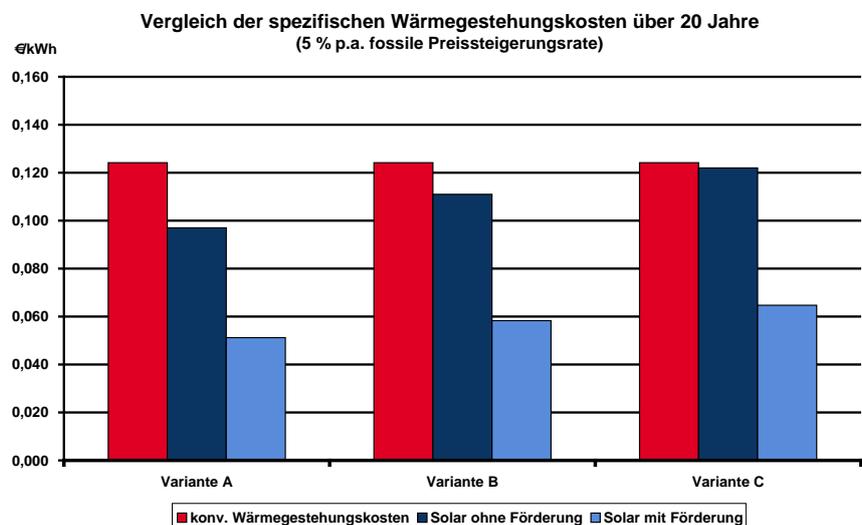
Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen



Diese Arbeit beschäftigt sich mit technischen und finanziellen Herausforderungen bei der Realisierung von solarthermischen Großanlagen. Dabei bezieht sie sich vorwiegend auf Modelle und Lösungen für gewerbliche und industrielle Anwendungen, welche auch als solare Prozesswärme bezeichnet werden.

Im ersten Teil der Arbeit werden die notwendigen technischen Entwicklungsschritte für die Auslegung einer Solarthermieanlage am Beispiel von SB-Autowaschboxen durchgeführt. Dazu zählen die Erstellung von Lastprofilen des Wärmebedarfs und die Entwicklung der Systemhydraulik der Solarthermieanlage. Besondere Herausforderungen zeigen sich vor allem beim Platzmangel und möglichen Stillstandszeiten der Anlagen. Hierzu bietet die Arbeit verschiedene Lösungsansätze, welche technisch und wirtschaftlich bewertet und verglichen werden.

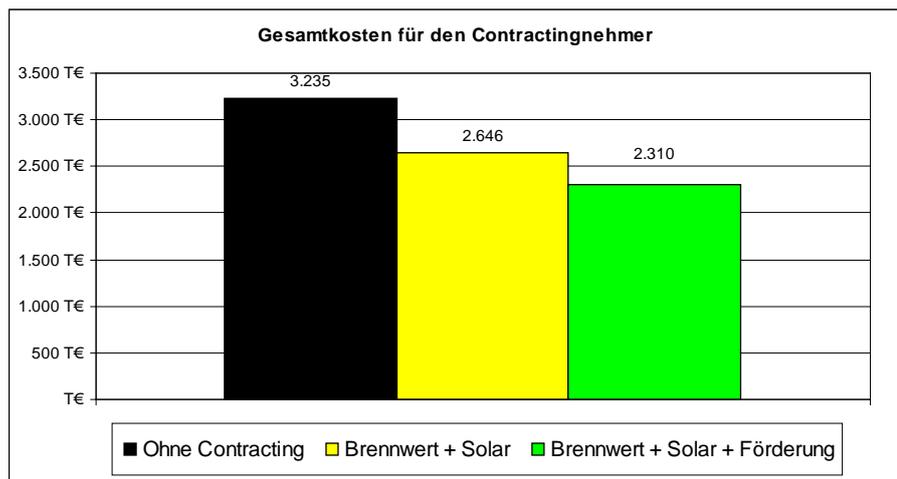
Das Ergebnis zeigt, dass die solaren Wärmegestehungskosten für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren je nach Hydraulikvariante bei 9,7 ct/kWh bis 12,2 ct/kWh liegen. Wird die Rechnung mit der aktuellen BAFA-Förderung für Prozesswärme durchgeführt, reduzieren sich die Wärmegestehungskosten auf 5,1 ct/kWh bis 6,5 ct/kWh. Da es sich hier um Kosten für Nutzwärme handelt, welche außerdem unabhängig von Preissteigerungsraten von fossilen Brennstoffen sind, ist die Solarthermieanlage durchaus konkurrenzfähig zu Energieträgern wie Erdgas und Öl.



Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Finanzierung von großen Solarthermieanlagen. Dabei wird Contracting als Finanzierungsmodell genauer untersucht. Zunächst werden verschiedene Contractingmodelle vorgestellt und beschrieben. Des Weiteren wird in verschiedenen Szenarien die Einbindung einer solarthermischen Großanlage in ein Energieliefer-Contracting Vorhaben gezeigt und die Chancen und Hemmnisse für Contractoren und Contractingnehmer herausgearbeitet.

Beim Contracting wird die Wärmeversorgung als Dienstleistung an einen Contractor ausgelagert. Der Contractor ist für die Anschaffung und den Betrieb der erforderlichen Anlagentechnik verantwortlich und wird dafür vom Contractingnehmer entsprechend periodisch vergütet. Dadurch muss der Contractingnehmer nicht mehr selbst die hohen Anfangsinvestitionen tragen. Die Laufzeit des Contractings richtet sich unter anderem nach der Höhe der Investitionen. Für eine große Solarthermieanlage sollte eine Contractinglaufzeit von mindestens 15 Jahren angestrebt werden. Der Contractor muss in dieser Zeit seine geforderte Rendite erwirtschaften, das heißt, dass die Solarthermieanlage sich in jedem Fall amortisieren und einen Anteil der Marge einbringen muss. Nach dem Contracting profitiert der Nutzer dann direkt von den Brennstoffeinsparungen durch die Solarthermieanlage, da deren Lebensdauer mit 20 bis 25 Jahren noch nicht erreicht ist.

Verschiedene Szenarien, die in dieser Arbeit berechnet werden, zeigen, dass sich die Kombination einer Solarthermieanlage mit einem Gas-Brennwert-Kessel für den Contractor und den Contractingnehmer gleichermaßen eignet. In einer durchgeführten Beispielrechnung sorgt das Contracting für eine Einsparung von 18 % ohne BAFA-Förderung und 28 % mit BAFA-Förderung während der Contractinglaufzeit von 15 Jahren. Zusätzlich profitiert der Contractingnehmer von der Auslagerung der Betriebsführung der Anlagen durch den Contractor und der positiven Außendarstellung einer Solarthermieanlage in der Öffentlichkeit. Das Contracting führt damit zu einer Win-win-Situation für den Contractor und den Contractingnehmer.



## Konzepterstellung für ein ganzheitliches Engineering und eine Teilautomatisierung der elektrotechnischen Fertigung bei einem mittelständischen Unternehmen

**Benedikt Ney M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. Ralf Ziegenbein
Datum des Kolloquiums:	11. April 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Zahnen Technik GmbH, Arzfeld



Die Zahnen Technik GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen mit Firmensitz in Arzfeld. Sie wurde 1958 als Elektrobetrieb gegründet und hat seit dem Jahre 2000 ihre inhaltliche Ausrichtung auf Abwasser- und Biogasanlagen konzentriert.

Der Firmenschwerpunkt ist die Entwicklung, Lieferung und Montage von maschinen- und elektrotechnischen Einrichtungen für abwassertechnische Anlagen und Biogasanlagen. Das Portfolio umfasst die Elektro-, Fernwirk- und Maschinentchnik, das Projektmanagement sowie ein Service- und Wartungsangebot für bereits bestehende Anlagen.

Die Forderungen nach Innovation und Modernisierung sind im Umfeld der heutigen Industrieunternehmen, auch im Hinblick auf die Umsetzung der Industrie 4.0, ständig präsent. Um diesen Forderungen gerecht zu werden, geht die Zahnen Technik GmbH im Bereich des Engineerings und der Schaltschrankvorfertigung neue Wege.

Im Rahmen dieser Masterarbeit sollten Potenziale erkannt und daraus Strategien und letztendlich Konzepte zur Erreichung eines ganzheitlichen Engineerings sowie einer möglichen Teilautomatisierung der elektrotechnischen Fertigung abgeleitet werden. Hierbei wurde ganz gezielt auf Schlüsselbereiche des Unternehmens, das elektrotechnische Engineering und die elektrotechnische Fertigung, welche eng miteinander verzahnt sind, eingegangen.

Im Bereich des Engineerings wurden der Einsatz neuer Software Tools und die mögliche Einbettung in bestehende Workflows untersucht. Ziel war die Formulierung bzw. die Erstellung von Strategien und Konzepten zur Erreichung eines ganzheitlichen und standardisierten Engineerings.

Die Erkenntnis, dass es große Defizite bezüglich der Qualität von schaltungstechnischen Unterlagen gibt, was z. B. von den copy and paste Arbeitsweisen im Engineering herrührt, ist eine wesentliche Feststellung bei der Analyse des gegenwärtigen Workflows. Auf Grundlage der analysierten Ausgangssituation wurde ein Lösungskonzept in Form des EPLAN Engineering Centers (EEC) erstellt. Das EEC stellt eine konsequente Einführung und Implementierung des funktionalen Denkens in das alltägliche Engineering dar. Die Einführung eines solchen Tools ermöglicht die Steigerung der Qualität, die Verringerung der Projektierungszeiten und insgesamt eine Reduktion der durchschnittlichen

Projektkosten. Doch das EEC bietet nicht nur Vorteile. Es fordert seinen Tribut in Form von Pflege und Wartung. Die spezifische Einführung bei der Zahnen Technik GmbH und die möglichen Optimierungsmöglichkeiten mit dem resultierenden neuen Workflow sind weitere Bestandteile der Ausarbeitung. Doch vor einer möglichen Einführung des EECs müssen auch die monetären Aspekte in Form einer Kostenschätzung und der daraus resultierenden Amortisationsdauer berücksichtigt werden. Bei ausschließlicher Betrachtung der Tätigkeiten im Elektro-CAD amortisiert sich die Investition in weniger als sechs Jahren. Unter Berücksichtigung der zu erwartenden positiven Entwicklung nach erfolgreicher Einführung und Implementierung ist eine Investition in das EEC als sinnvoll und zielführend für die Zahnen Technik GmbH zu betrachten.

Der weitere Inhalt der Masterarbeit befasst sich mit der Untersuchung von Möglichkeiten zur Teilautomatisierung der elektrotechnischen Fertigung. Der Schwerpunkt lag auf der Untersuchung der Schaltschrankvorfertigung, wobei die Möglichkeiten zur Computer Numerical Control (CNC) gestützten Fertigung von Schaltschranktüren sowie von Montageplatten analysiert wurden.

Zunächst wurden der bestehende Workflow und die davon berührten Unternehmensbereiche, das Engineering und die elektrotechnische Fertigung, untersucht. Auf dieser Grundlage erfolgte die Untersuchung zur Anschaffung eines CNC-Bearbeitungszentrums für die Schaltschrankvorfertigung. Auf Basis der aktuellen Kostensituation in der Fertigung wurde eine Kostenschätzung bei Anschaffung einer CNC Maschine durchgeführt. Den Abschluss der Betrachtungen bildet die Feststellung der absoluten Vorteilhaftigkeit einer Investition in eine CNC-Maschine. Unter der Annahme des Gleichbleibens der Fertigungssituation des Jahres 2013 in den Folgejahren liegt die Amortisationsdauer bei ca. 4,3 Jahren.

Der Weg, Engineering Prozesse nachhaltig zu optimieren und durchgängig zu gestalten, ist eine Entscheidung, welche frühzeitig erfolgen muss. Der heutige Wettbewerb in den Tätigkeitsfeldern der Zahnen Technik GmbH verzeiht keine Fehler und verlangt hochwertige Qualität zu möglichst geringen Preisen in vertretbarer Zeit. Die Schaffung eines Wettbewerbsvorteils, durch ein durchgängiges Engineering mithilfe des EECs und der Optimierung der Fertigung durch die Investition in ein CNC-Bearbeitungszentrum, garantiert auch in Zukunft eine optimale Ausgangslage, um am Markt erfolgreich bestehen und agieren zu können. Proaktives Handeln zur Verbesserung des eigenen Leistungsspektrums in allen Unternehmensbereichen muss der Leitgedanke für die zukünftige Entwicklung der Zahnen Technik GmbH sein.

**Simon Niehaus B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Johannes Völlering
Datum des Kolloquiums:	22. Oktober 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	BP-Lingen



Diese Arbeit hatte zum Ziel, einen Überblick über die Klimaanlage auf dem Werksgelände der Erdölraffinerie in Lingen zu bekommen. Darüber hinaus wurde eine Kühllastberechnung nach der VDI 2078 durchgeführt. Diese Berechnung führte zu einer vereinfachten Kühllastberechnung für die Gebäude auf dem Raffineriegelände.

Für eine adäquate Darstellung der Klimaanlage auf dem Gelände der BP-Lingen wurden, mithilfe der Grundlagen der Klimatechnik, die wichtigsten Anlagentypen dargestellt und erläutert. Bei der Kategorisierung von Klimaanlage wird zwischen Nurluft-Anlagen, Wasser-Luft-Anlagen und Luft-Kältemittel-Anlagen unterschieden. Durch die Analyse der verschiedenen Varianten der Klimatechnik konnten ihre Stärken und Schwächen ermittelt werden.

Luft-Kältemittel-Anlagen werden meist, wie auf dem Gelände der BP-Lingen, nachträglich, in Gebäuden ohne zentrale Klimaanlage, für bestimmte Räume eingebaut. Die 219 Luft-Kältemittel-Anlagen werden zum Kühlen von Schalt Häusern, Server- und Büroräumen eingesetzt. Aufgrund der hohen Anzahl auf dem Werksgelände wurde dieser Anlagentyp und sein Funktionsprinzip genauer betrachtet. Hierzu wurden die einzelnen Komponenten des Systems sowie ihre Funktion detailliert dargestellt.

Für die Kühllastberechnung wurde ein durchschnittlicher Büroraum auf dem Gelände der Raffinerie ausgewählt. Mit einer angestrebten Raumtemperatur von 26 °C im Sommer, stellt dieser Raum ein angemessenes Abbild aller Büroräume bei der BP-Lingen dar. Nach der VDI 2078 wurden die Berechnungsgrundlagen bestimmt, mit denen anschließend die Kühllast dieses Raumes berechnet werden konnte.

Das Split-Klimagerät, mit dem der Raum gekühlt wird, konnte mithilfe der Ergebnisse bewertet werden. Die Anforderungen einer optimalen Kühlung des Raumes konnten erfüllt werden, da die errechnete Kühllast des Raumes kleiner ist als die Kühlleistung des Gerätes.

Auf der Grundlage der Kühllastberechnung nach der VDI 2078 wurden spezifische Werte für die einzelnen Raumlasten festgelegt. Diese dienen einer überschlägigen Berechnung der Büroräume auf dem Gelände der BP-Lingen. Daraus resultierend ist ein Konzept entwickelt worden, welches zukünftig zur groben Auslegung von Klimaanlage und zur Berechnung bestehender Klimaanlage angewendet werden kann.

Zur Prozessoptimierung wurden die Geräte auf dem Betriebsgelände aufgelistet. Die Wartung und die Inspektion der Geräte werden mithilfe von Wartungs- und Prüfberichten jährlich durchgeführt.

Der Austausch des Kältemittels R22, das laut FCKW-Halon-Verbots-Verordnung nur noch bis Ende 2014 erlaubt ist, wurde im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls genauer betrachtet. Bei Ersatzkältemitteln sind, insbesondere bei der Verwendung von zeotropischen Gemischen, Änderungen am Kühlsystem notwendig.

Vor dem Hintergrund einer durchgängig positiven Bewertung dieser Prozessabläufe, beschränkt sich diese Arbeit auf ein Auslegungskonzept und eine Beschreibung dieser Prozesse.

## Möglichkeiten zur wirtschaftlichen Klärgasnutzung am Beispiel der Abwasserreinigungsanlagen in Rheine

**Sebastian Niehoff B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt

Datum des Kolloquiums: 18. April 2013

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energie und Umwelt  
Laborbereich: Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit: Technische Betriebe Rheine AöR, 48431 Rheine



Im Rahmen der Abschlussarbeit wurde die Wirtschaftlichkeit der Verwertung des anfallenden Klärgases auf der Abwasserreinigungsanlage der Technischen Betriebe Rheine AöR (TBR) untersucht.

Die Wirtschaftlichkeit verschiedener Verwendungszwecke wurde hierzu miteinander verglichen und der maximale Nutzen für die TBR ermittelt.

Spezifisch wurde geprüft, ob und wann die Investition in eine eigene Mikro-gasturbine, ein eigenes BHKW, die Einspeisung ins Erdgasnetz und die Vermarktung des hieraus erzeugten Stromes nach dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG), dessen Eigennutzung oder die dezentrale Faulgasnutzung sich amortisiert.

Darüber hinaus wurde allgemein untersucht, ob die generelle Zugabe von Co-Fermenten für die Verwendungszwecke des Faulgases geeignet ist. Bezogen auf die Technische Betriebe Rheine AöR wurden die Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit betrachtet.

Diese Untersuchung stellt nicht nur Ergebnisse gegenüber, sondern beschreibt den Prozess der Klärgasnutzung. Dieser Prozess muss sich stets an veränderte Rahmenbedingungen wie technische Neuerungen, Abwasservolumen, Standortbedingungen, gesetzliche Grundlagen sowie an wirtschaftlichen Faktoren orientieren und anpassen.

Auf Basis derzeitiger Gegebenheiten wurden die verschiedenen Möglichkeiten der Klärgasnutzung beim Klärwerk Rheine Nord untersucht.

Es wurde festgestellt, dass das derzeitige überalterte BHKW das vorhandene Energiepotenzial nicht vollständig ausnutzt.

Die Untersuchung zu einer höheren Gasausnutzung ergab, dass lediglich eine Co-Fermentation eine wirtschaftlich vertretbare Verbesserung beinhaltet. Die Abwägung möglicher Risiken bei diesem Verfahren ergab, dass ein Ausbau der künftigen Co-Fermentation erst nach Konkretisierung der Beeinträchtigungen und Rückbelastung der Kläranlage erfolgen sollte.

Bei der Abwägung zwischen der Investition in ein eigenes BHKW und Anmietung eines betriebsfremden BHKW fiel die Entscheidung, trotz der Investitionsrisiken, aus wirtschaftlichen Gründen zugunsten eines eigenen BHKWs aus.

Ebenfalls als wirtschaftliche Variante wird die Investition in eine Mikrogasturbine angesehen.

Überprüft wurden weiterhin die Möglichkeiten zur dezentralen Nutzung des Klärgases sowie der dezentralen Wärmenutzung. Aufgrund des eigenen Wärmebedarfs der Kläranlage ist eine ganzjährige Verwertung jedoch nicht möglich.

Als weitere Möglichkeit zur dezentralen Nutzung des Klärgases wurde auch die Einspeisung in das örtliche Gasnetz oder Biogasnetz untersucht.

Bedingt durch kostenintensive Anpassungsmaßnahmen an das Niveau des Erdgasnetzes ist eine Einspeisung unwirtschaftlich.

Auch eine Einspeisung in das örtliche Biogasnetz wurde aufgrund der geringen Vergütung nach EEG als unwirtschaftlich angesehen.

Eine zentrale Nutzung des Klärgases auf der dem Gelände der Kläranlage Rheine Nord ist daher die wirtschaftlichste Methode. Bei der Art der Klärgasumwandlung in thermische und elektrische Energie wird aus wirtschaftlichen Gründen, eindeutig die Verwertung des Klärgases in einem eigenen BHKW mit Gas-Otto-Motor favorisiert.

Hierdurch kann sowohl der elektrische als auch der thermische Bedarf der Kläranlage zum großen Teil gedeckt werden. Abb. 1 zeigt die Zusammenhänge.

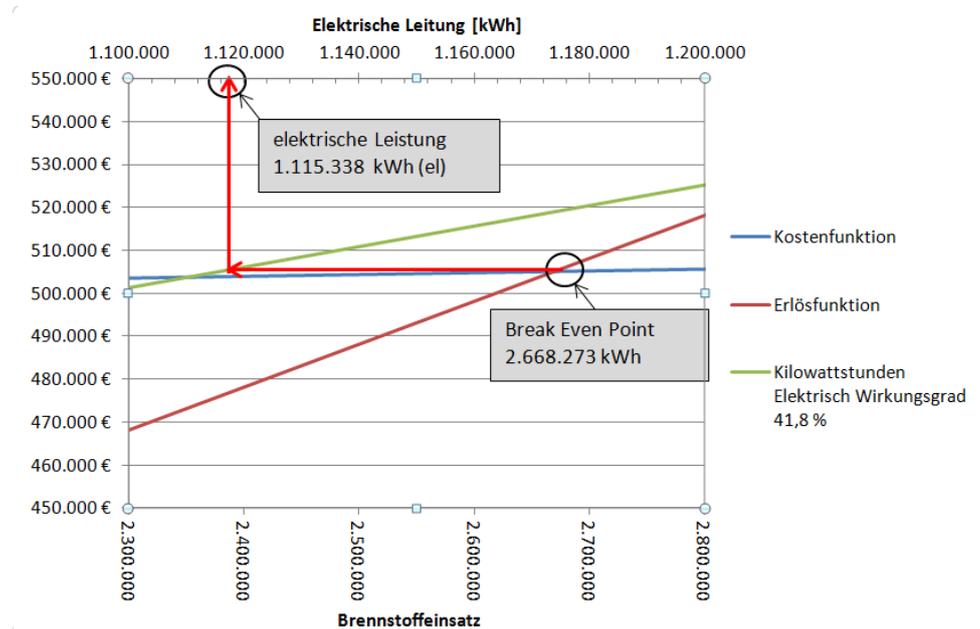


Abb. 1: Erlös- und Kostenfunktion zur Ermittlung des Break Even Points

**Rebekka Niehues B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr. rer. pol. Dirk Dresselhaus  
Dipl.-Ing. Jörg Müller

Datum des Kolloquiums:

22. Juli 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Institut für Technische Betriebswirtschaft ITB

In Kooperation mit:

encadi GmbH, Münster



Ein oftmals ineffektiv genutztes Nebenprodukt von technischen Anlagen ist die energetische Abwärme, daher bietet die Abwärmenutzung ein großes Potenzial zur Umweltschonung und effizienteren Nutzung von Ressourcen. Eine Technologie die ermöglichen kann, dass Abwärme sinnvoll genutzt wird, ist der Latentwärmespeicher.

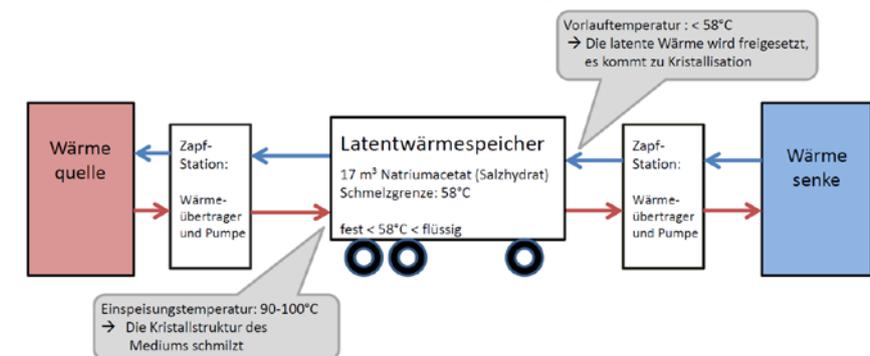
Die Firma encadi GmbH möchte in Zukunft ihren Kunden ein Wärme-Contracting anbieten. Dabei soll die Wärmeversorgung durch den Latentwärmespeicher erfolgen. Somit substituiert der Kunde, fossile selbsterzeugte Wärme durch „Biomwärme“.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, zu überprüfen, ob die Annahme, dass Kommunen eine Zielgruppe für die Wärmeversorgung durch Latentwärmespeicher sind, zutrifft. Auf Grundlage einer Umfrage wurde eine Marketingstrategie für die encadi GmbH zur Vermarktung der Latentwärmespeicher entworfen. Berücksichtigt wurde dabei die technischen sowie wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Wärmespeicher.

### Der Latentwärmespeicher

Der Speicher ist ein Container auf einem LKW-Anhänger und enthält Natriumacetat (Pökelsalz). Der Lieferant der Wärme, beispielsweise ein Landwirt, der eine Biogasanlage betreibt, stellt ungenutzte Abwärme zur Verfügung.

Dabei wird wie in der Abbildung dargestellt, über einen separaten Wärmeübertrager die Wärmeenergie der Abwärme von der Wärmequelle auf das Speichermedium, das Natriumacetat, übertragen.



Funktionsschema: Latentwärmespeicher

Durch Abwärme mit einer Temperatur von 90-100 °C wird der Speicher aufgeladen, da ab diesem Temperaturniveau ein Schmelzen der Kristallstruktur erreicht wird.

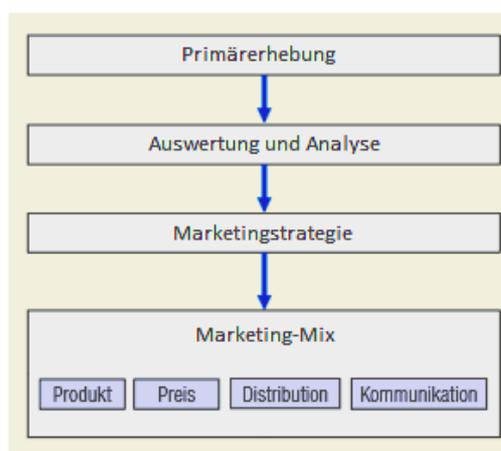
Nachdem dieser Vorgang beendet, ist kann der Container von der Wärmequelle zur Wärmesenke transportiert werden, eine mögliche Liegenschaft könnte z. B. ein Schwimmbad sein. Durch eine Vorlauftemperatur unter der Schmelzgrenze des Salzes, kommt es erneut zur Kristallisation und die latente Wärme wird wieder freigesetzt.

#### Ausgangssituation

Welche Kriterien für den Bezug von Heizenergie für den Wärmekunden relevant sind und wie das Preisempfinden diesbezüglich ist, kann nur gemutmaßt werden. Ebenfalls sind die Voraussetzungen für die Wärmeversorgung durch Latentwärmespeicher seitens des Kunden nicht bekannt. Diese Aspekte sollten unter anderen durch die Primärerhebung ermittelt werden.

#### Die empirische Studie

Die Studie basiert auf der Hypothese, dass Kommunen Interesse an der „mobilen Wärme“ haben und somit eine Zielgruppe für die Wärmeversorgung durch Latentwärmespeicher sind. Um diese These zu überprüfen, wurden alle 78 Kommunen im Regierungsbezirk Münster befragt. Für die Befragung wurden die Gemeinden telefonisch kontaktiert, anschließend konnte dem



Ansprechpartner eine E-Mail mit dem Fragebogen zugeschickt werden.

Es haben sich 71 Kommunen bereit erklärt den Fragebogen zu beantworten. Insgesamt wurden, nach einer Nachfass-Aktion, 45 ausgefüllt zurückgeschickt. Somit ergibt sich eine Rücklaufquote von über 60 Prozent. Die Daten der Umfrage wurden nachfolgend uni- und bivariat ausgewertet.

#### Fazit

Auf Grundlage der Analyse konnte ermittelt werden, ob Kommunen im Regierungsbezirk Münster eine Zielgruppe für die mobile Wärmeversorgung durch Wärmecontainer sind. Für die Firma encadi GmbH konnte eine Marketingstrategie für die Vermarktung von „mobiler Wärme“ aus Latentwärmespeicher als Contracting-Modell entwickelt werden. Dabei konnte unter anderen Empfehlungen für die Produkt-, Preis-, Distributions- und Kommunikationspolitik gemacht werden.

## Synchrongenerator, Aufbau und Inbetriebnahme eines Praktikumsversuches

**Anisraja Pathmanathan B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Peter Hollenbeck M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	08. April 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus und Energetechnik



Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde der Synchrongenerator, welches für Praktikumsversuche angeschafft wurde, untersucht. Dieser Synchrongenerator für die Erzeugung von Drehstrom hat einen einfachen Aufbau. Der Synchrongenerator wird für Notstromaggregat oder für Stromerzeugung in den Kraftwerken verwendet. Somit kann der Generator im Inselbetrieb arbeiten, wie zum Beispiel als Notstromaggregat oder für den Verbundbetrieb, wo mehrere Kraftwerke zusammenarbeiten und den erzeugten Strom in das öffentliche Stromnetz einspeisen.

Um die Arbeitsweise eines Synchrongenerators zu zeigen, wurden folgende die Versuche durchgeführt:

- Leerlauf, Kurzschluss und Synchronisation
- Inselbetrieb Resistiv, Induktiv, Kapazitiv
- Phasenschieber

Für die praktische Durchführung im Inselbetrieb benötigt man Wirklast, induktiver und kapazitive Last. Diese Lasten sind Selbstbauprojekte. Denn der Erwerb dieser Lasten ist ziemlich kostenaufwendig, daher hat man beschlossen, die notwendigen Lasten selber zu bauen.

Die wichtigen Anhaltspunkte wie Bemessungsstrom, die maximale Last, Bemessungsspannung und die Frequenz wurden aus den Unterlagen des Synchrongenerators entnommen. Diese Werte wurden als Basiswerte festgehalten und daraus die erforderliche Dimensionierung für die ohmschen Widerstände und die Blindwiderstände erzielt. Anschließend wurden mit den dimensionierten Widerständen insgesamt acht Messpunkte festgelegt.

Im nächsten Schritt wurden die notwendigen Bauteile bestellt und genau darauf geachtet, die festgelegten Kosten nicht zu überschreiten. Es war bei den drei Lasten nicht der Fall, somit wurden die Blindwiderstände und die ohmschen Widerstände richtig dimensioniert und es kann mit dem Bau angefangen werden.

Die Wirklast, die induktive Last und die kapazitive Last sind mit jeweils acht Kippschaltern ausgestattet, somit sind es jeweils acht Messpunkte für die Versuchsdurchführung. Die Verkabelung für die kapazitive Last hat man sich selber festgelegt.

**Manuel Pittig M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann

Datum des Kolloquiums: 19. Februar 2014

Studium: Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Energietechnik  
 Laborbereich: Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit: switch.on energy + engineering gmbh  
 werk 9 architekten + ingenieure gmbh



Management, ein immer häufiger anzutreffender Begriff in Unternehmen und Organisationen, erfordert neben den Insellösungen und somit der Einführung von Qualitäts- (ISO 9001), Umwelt- (ISO 14001), Energie- (ISO 50001) und Arbeitsschutzmanagementsystemen (BS OHSAS 18001) immer häufiger die Überführung und Implementierung der einzelnen Systeme in Integrierte Managementsysteme (IMS).

Das Ziel dieser Arbeit war ein Qualitätsmanagementsystem (QM-System) in dem Unternehmen switch.on energy + engineering gmbh (switch.on) einzuführen und in Zukunft dauerhaft aufrecht zu erhalten und stetig zu verbessern. Das beratende Ingenieurbüro switch.on ist neben der Energiebeschaffung von Strom, Gas und Wärme u. a. auch im Bereich der Einführung und Beratung von Managementsystemen (Qualität, Energie, Umwelt, Klimaschutz) tätig.

Weiterführend ermöglicht es diese Arbeit, Erfahrungen, Hilfestellungen und Beispiele auf die Einführung von Qualitätsmanagementsystemen in Dienstleistungsunternehmen zu beziehen, sodass falls gewünscht, auch im Nachgang auf ein IMS hingearbeitet werden kann.

Alle Managementsysteme basieren auf dem sogenannten Plan-Do-Check-Act-Zyklus (PDCA-Zyklus), der es ermöglicht, eine kontinuierliche Verbesserung der Systeme herbeizuführen. Maßnahmenplanung, gefolgt von der Umsetzung der Maßnahmen sowie deren Überwachung/Kontrolle und entsprechendes Handeln definieren diesen Kreisprozess. Dieser niemals endende und immer wiederkehrende Prozess (Abbildung 1) ist darüber hinaus ein allgemeingültiges und bekanntes Managementwerkzeug im Rahmen der oben genannten Systeme.



Abb. 7: Plan-, Do-, Check-, Act-Zyklus

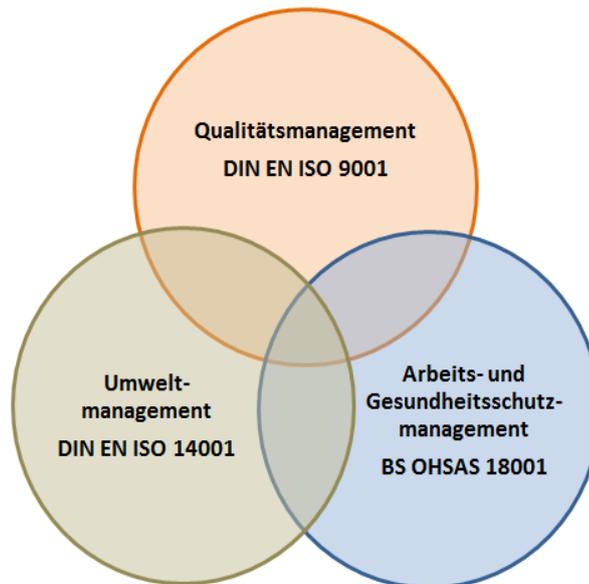


Abb. 8: Integriertes Managementsystem

Abbildung 2 beschreibt das Zusammenspiel der jeweiligen Managementsysteme und deren internationalen Normen, die es ermöglichen, ein IMS strukturiert und zielführend in Unternehmen und Organisationen zu implementieren.

Kundenanforderungen, Mitarbeitermotivation, interne Prozessabläufe etc. sind dabei wesentliche Faktoren, die die Qualität eines Produktes oder einer Dienstleistung maßgeblich beeinflussen und somit zentraler Bestandteil bei der Einführung des Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001.

Um diese Faktoren erstmals stetig auf einem hohen Niveau zu halten und im Anschluss kontinuierlich zu verbessern, ist es nötig, interne und qualitätsorientierte Strukturen in Unternehmen und Organisation zu schaffen.

Hierbei kommt das QM-System nach ISO 9001 zum Tragen, um gezielt und strukturiert die Erfüllung dieser Faktoren und Normforderungen herbeizuführen. Die ISO 9001 ist eine internationale Norm nach der sich Unternehmen und Organisationen durch externe, unabhängige Zertifizierungsstellen zertifizieren lassen können.

Die Einführung des QM-Systems wurde im Unternehmen switch.on energy + engineering gmbh sowie dessen Tochterunternehmen werk9 architekten + ingenieure gmbh (werk 9 erfolgreich umgesetzt. Die externe Zertifizierungsstelle prüfte das umgesetzte und in den Unternehmen implementierte System in zwei Auditstufen zu je einem Tag. Folglich ist es die Aufgabe der beiden Unternehmen, das QM-System stetig weiter aufrecht zu erhalten und in einzelnen Sektoren weiter zu verbessern. Dieser Systemfortschritt wird jährlich überprüft und dient der Kontrolle der Berechtigung des Zertifikates.

Die Einführung des QM-Systems wurde im Unternehmen switch.on energy + engineering gmbh sowie dessen Tochterunternehmen werk9 architekten + ingenieure gmbh (werk 9 erfolgreich umgesetzt. Die externe Zertifizierungsstelle prüfte das umgesetzte und in den Unternehmen implementierte System in zwei Auditstufen zu je einem Tag. Folglich ist es die Aufgabe der beiden Unternehmen, das QM-System stetig weiter aufrecht zu erhalten und in einzelnen Sektoren weiter zu verbessern. Dieser Systemfortschritt wird jährlich überprüft und dient der Kontrolle der Berechtigung des Zertifikates.

Im Hinblick auf ein IMS ergeben sich in Dienstleistungsunternehmen Möglichkeiten im Bereich von Umwelt-, Energie, und Arbeitsschutzmanagement. Im Gegensatz dazu sind in der Industrie (produzierendes Gewerbe) größere Potenziale vorhanden, die eine Umsetzung eines IMS maßgeblich beeinflussen. Neben Imagegewinn im Umweltmanagement, Steuerentlastungen beim Energiemanagement und beispielsweise die Rechtssicherheit im Arbeitsschutzmanagement machen es nicht nur möglich, sondern auch nötig, zukünftig IMS einzuführen. Die Betrachtung der einzelnen Systeme als Insellösungen ist dementsprechend nicht mehr zeitgemäß. Analogien und Synergien der verschiedenen Systeme können und sollten genutzt werden, sodass Arbeits-, Zeit- und Kostenaufwand in sich überschneidenden Bereichen wesentlich reduziert werden.

## Projektierung einer Wärmeerzeugungsanlage mit KWK-Einsatz und Pufferspeicher für eine Siedlung mit Nahwärmenetz

**Patrick Pott B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker

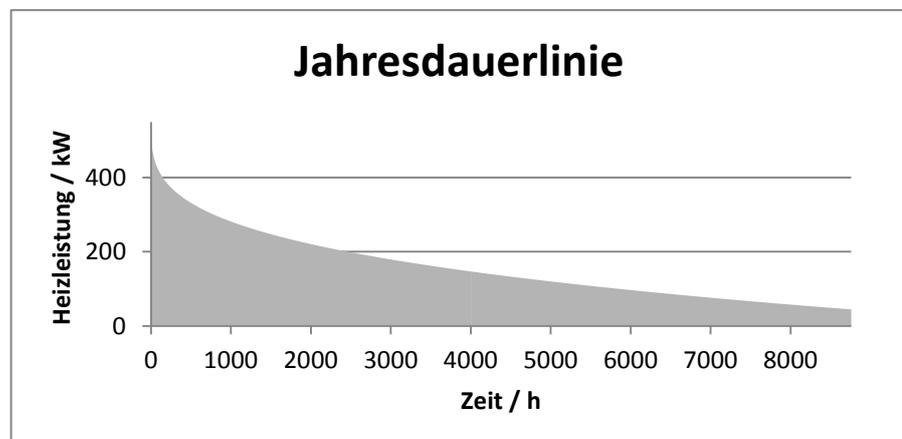
Datum des Kolloquiums: 17. Juli 2013

Studiengang: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Labor für Energieversorgung und Energiewirtschaft

In Kooperation mit: E.ON Hanse Wärme GmbH, Hamburg

Die energiepolitische Entwicklung der letzten Jahrzehnte fordert eine Reduzierung des Ausstoßes von umweltschädlichen Stoffen. Die Einführung, Förderung und Entwicklung von Energieeffizienzmaßnahmen, so genannter erneuerbare Energie und Energieeinsparungen sind dafür unabdingbar. Durch den Einsatz fluktuierender Wind- und Sonnenenergie entfällt ein entscheidender Teil der modulierbaren Kraftwerksleistung. Eben jene wird zwangsweise nötig, um die Stromproduktion dem schwankenden Bedarf anzupassen. Hier bietet sich der Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen an, die bei gleichzeitiger Produktion von Strom und Wärme derzeit einen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 94 % erreicht. Das im Jahr 2002 eingeführte Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz fördert den Einsatz dieser Technologie.

Am Standort Barsbüttel, eine Stadt in der Nähe von Hamburg, besteht ein Nahwärmenetz zur Versorgung von 71 Haushalten mit Wärme. Ziel der Arbeit ist es, das vorhandene Heizkraftwerk, welches das Netz mit Wärme versorgt, neu auszulegen und die bestehende KWK-Anlage den Anforderungen entsprechend anzupassen. Dazu wird der Wärmebedarf zugrunde gelegt und in einem Jahresdauerliniendiagramm gemäß DIN 4710 tageweise verteilt. Die praktische Auslegung besagt dabei, dass mit 15 % der Erzeugungsleistung aus KWK und redundanter Wärmeerzeugung circa 50 % des Gesamtwärmebedarfs abgedeckt wird. Weiterhin sagt die Praxis, dass für den wirtschaftlichen Betrieb eines BHKW-Moduls 6.000 Betriebsstunden pro Jahr in der Regel notwendig sind.



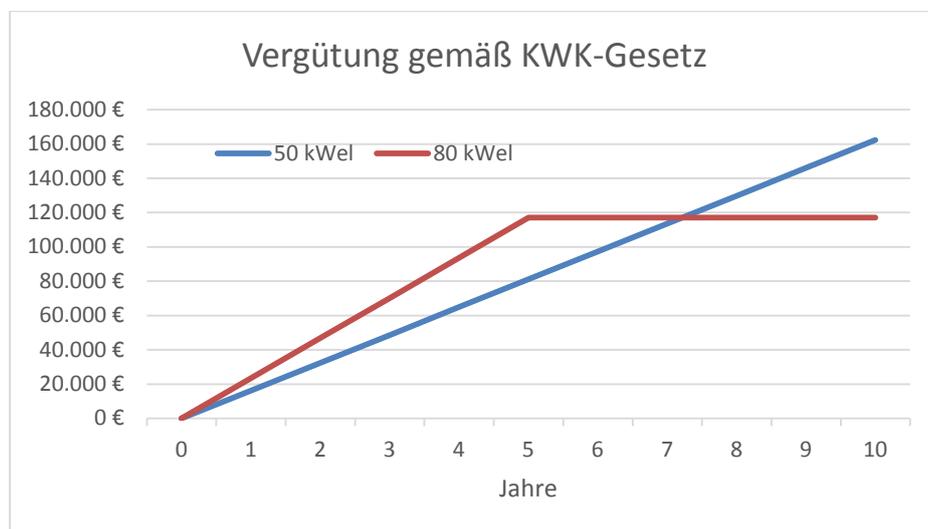
Für Energieversorger gehört der technischen Auslegung auch immer eine ökonomische Betrachtung dazu. Ein wichtiger Bestandteil der Einnahmen ist die Förderung gemäß KWK-Gesetz. In diesem sind die Vergütungssätze für elektrische Energie aus hocheffizienten KWK-Anlagen festgeschrieben. So erhalten KWK-Anlagen einen Festbetrag, der sich errechnet durch die Multiplikation der festgelegten Laufzeit von 30.000 Betriebsstunden, der installierten elektrischen Leistung und einen Festbetrag von 5,41 Cent pro Kilowattstunde bis 50 kW<sub>el</sub>.

Für darüber hinaus installierte Leistung verringert sich dieser Festbetrag auf 4 Cent pro Kilowattstunde. Entscheidet sich der Anlagenbetreiber jedoch für ein BHKW mit weniger als 50 kW<sub>el</sub> hat er zudem die Möglichkeit, statt festgeschriebener 30.000 Betriebsstunden eine Vergütung über 10 Jahre zu verlangen. Diese ist ungebunden von den Betriebsstunden.

Das KWK-Gesetz mit der Novelle 2013 bietet dem Anlagensegment in der Größenordnung größer 50 kW<sub>el</sub> auf diese Weise keine Förderung. Denn die Zuschläge für BHKW mit 50 kW<sub>el</sub> übersteigen denen von BHKW mit höherer Leistung.

Und auch im praktischen Beispiel dieser Arbeit bietet sich - in technischer Hinsicht - der Einsatz von BHKW-Modulen höherer Leistungsklassen an. Bei der betriebswirtschaftlichen Untersuchung ist jedoch der Einsatz von einem BHKW-Modul mit 50 kW elektrischer Leistung am effizientesten.

Nachfolgende Grafik zeigt die Vergütungssätze zweier Module verschiedener Leistung bei einer kalkulierten Jahreslaufleistung von 6000 Stunden.



Das Ergebnis dieser Arbeit zeigt, dass hinsichtlich der Auslegung des KWK-Gesetzes noch Handlungsbedarf besteht. Die Bevorzugung von Modulen mit geringerer Leistung ist nicht förderlich für den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung.

## Auslegung einer Solarthermie-Anlage zur Trinkwassererwärmung sowie der Vergleich der unterschiedlichen Systeme unter Berücksichtigung wirtschaftlicher und ökologischer Kriterien

**Thomas Prominski B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Bernhard Osterholt

Datum des Kolloquiums: 11. Juli 2013

Studiengang: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Sanitäre Haustechnik

In Kooperation mit: Flughafen Düsseldorf



Der Flughafen Düsseldorf war und ist durch die Energieeinsparverordnung sowie dem Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetz zur Einsparung von Energie verpflichtet. Auch die Erzeugung von Energie durch erneuerbare Energieträger ist verpflichtend zu erfüllen.

Neben den bereits bestehenden ökologisch sinnvollen Energieerzeugern wie Blockheizkraftwerke und einer der größten Photovoltaik-Anlagen in NRW, sollte die geplante Solarthermie-Anlage einen weiteren Beitrag zur Energieverwendung am Flughafen Düsseldorf beitragen.

Die große Herausforderung bei der Auslegung dieser Anlage aber auch anderer Anlagen ist das ausgewogene Verhältnis zwischen wirtschaftlicher und ökologischer Rentabilität herzustellen. Nachhaltige Energiegewinnung, zukunftsorientierter Umweltschutz und amortisierende Parameter sind hier die ausschlaggebenden Faktoren.

Die Zielsetzung dieser Arbeit war es, technische Möglichkeiten zu beschreiben, Auslegungsvarianten aufzuzeigen, sowie die unterschiedlichen Varianten aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht zu betrachten. Anspruch bei der Auslegung der Solarthermie-Anlage war die ausgewogene und optimale Abstimmung aller Komponenten. Dabei stand der Wunsch nach einer hohen Deckungsrate oft mit dem Systemnutzungsgrad in Konkurrenz.

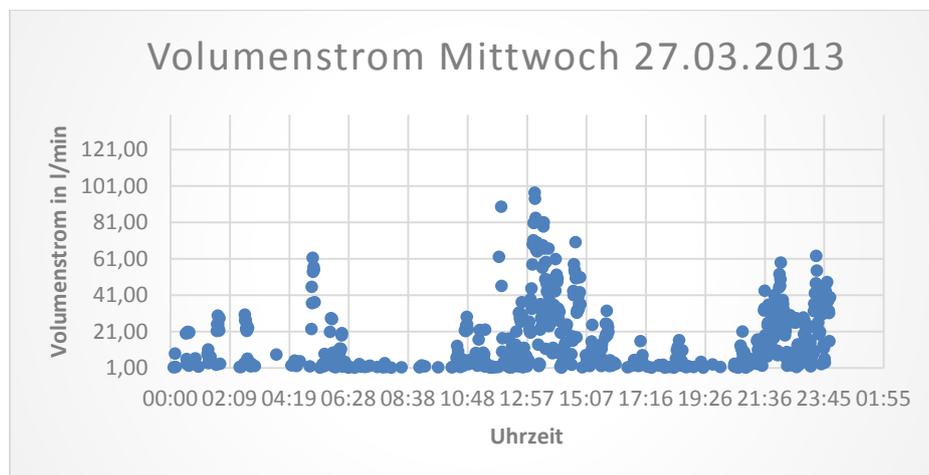
Nach Festlegung der benötigten Eckdaten, wie die Architektur des Gebäudes, Energieströme und Nutzerverhalten, sowie einer gründlichen Bestandsaufnahme wurden mehrere Varianten einer Solarthermie-Anlage mithilfe eines Simulationsprogrammes (TSol) ausgelegt.

Bei dem Gebäude handelte es sich um das Übergangsterminal nach dem Flughafenbrand 1994. Dieses Gebäude wird zum jetzigen Zeitpunkt von Fremdfirmen im Bereich der Flugzeug- und Vorfeldebetreuung genutzt.

Auf Grundlage der Anzahl der Sanitärgegenstände, des gemessenen Spitzenvolumenstromes, des Nutzerverhalten (Schichtdienst), des Warmwasserverbrauches, der Klimadaten und der Gebäudeabmessungen, wurden die Parameter zur Simulation festgelegt. Der zu deckende Spitzenvolumenstrom von 14,6 l/s sowie der Warmwassertagesbedarf von ca. 14 m<sup>3</sup>/Tag stellte ein hohes Maß an Aufmerksamkeit an die hygienisch einwandfreie Auslegung der Anlage unter Berücksichtigung der Trinkwasserverordnung. Der benötigte

Pufferspeicher wurde mithilfe des Summenlinienverfahrens ausgelegt und musste ein Speichervolumen von 8.400 L aufweisen. Auch eine statische Betrachtung zur Traglast der Dachkonstruktion unter Berücksichtigung der Wind- und Schneelast mussten vorgenommen werden.

Die folgende Abbildung zeigt eine Volumenstrommessung über 24 Stunden. Jeder Datenpunkt steht für eine Messung über eine Minute mit einem Volumenstrom über 1 Liter/Minute.



Volumenstrommessung vom 28.03.2013

Der Vergleich der Varianten konnte auf vier in Frage kommende Anlagensysteme eingegrenzt werden. Als Solarkollektoren wurden Vakuum-Röhrenkollektoren und Flachkollektoren verglichen, welche jeweils mit Pufferspeicher zur Trinkwassererwärmung oder mit einer Trinkwassererwärmung im Durchlaufprinzip, sogenannte Frischwasserstationen, kombiniert wurden.

Die Anlagen Größe wurde durch die Simulation auf ca. 216 m<sup>2</sup> Kollektorfläche als ausgewogenes Verhältnis zwischen Deckungsgrad und Systemnutzungsgrad ermittelt. Die installierte Kollektorleistung belief sich auf rund 151 kW. Die Einsparung an Erdgas berechnete sich auf bis zu 15.123 m<sup>3</sup> pro Jahr und die vermiedene CO<sub>2</sub>-Emission auf ca. 32 Tonnen pro Jahr.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit konnten nur geringe Unterschiede festgestellt werden. Unter Berücksichtigung von Preissteigerungen der fossilen Brennstoffe belief sich die Amortisationszeit bei allen verglichenen Solarthermie-Anlagen auf 20 Jahren.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Solarthermie-Anlagen eine Erzeugung von Wärmeenergie ermöglichen, welche ökologisch sehr sinnvoll ist. Auch in Betrachtung des technischen Standards und der modernen Regelungstechnik sind bei diesen Anlagen nahezu keine hygienischen und technischen Schwierigkeiten zu erwarten. Nachteil bei diesen Anlagen ist, dass sie nicht autark eine Trinkwassererwärmung ganzjährig auf das geforderte Temperaturniveau von 60 °C bringen und halten können.

Aus hygienischer Sicht haben Solarthermie-Anlagen mit einer Trinkwassererwärmung im Durchlaufprinzip (Frischwasserstation) klare Vorteile. Hier ist eine Trinkwasserbevorratung nicht notwendig und somit eine Kontamination des Trinkwassers nahezu ausgeschlossen.

## Zertifizierung eines Energiemanagementsystems gemäß DIN EN ISO 50001 und Einbindung in einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess

**Tobias Pütz M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	19. Februar 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Meteor Gummiwerke K.H. Bädje GmbH & Co. KG, 31167 Bockenem



Das Unternehmen Meteor aus Bockenem bei Hildesheim produziert Dichtungen und Dichtsysteme aus Gummi und Elastomeren für die Automobilbranche und weitere industrielle Anwendungsbereiche. Die Gummiverarbeitung ist energieintensiv, weshalb die Energiekosten mittlerweile zu einem gewichtigen Produktionskostenfaktor zählen. Um diese Kosten wieder zu senken, implementiert Meteor ein Energiemanagementsystem gemäß DIN EN ISO 50001. Der Schwerpunkt dieser Masterarbeit liegt darin, die erforderlichen Prozesse, die dieses Energiemanagementsystem mit sich bringt, in die bisherigen Prozessstrukturen des Unternehmens einzugliedern und so einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess sicherzustellen.

Aufgrund der bereits betriebenen Managementsysteme für Umwelt und Qualität lag bei Meteor bereits eine ausgeprägte Prozessorientierung vor. Somit ließen sich die allgemeinen Prozessanforderungen, wie die Lenkung von Dokumenten, die Ablauflenkung und die Lenkung von Aufzeichnungen durch wenige Anpassungen in den entsprechenden Formblättern einbauen. Einen größeren Aufwand stellt die Umsetzung des Energieplanungsprozesses und des Prozesses zur kontinuierlichen Verbesserung dar. Bei der Implementierung dieser Prozesse wurde die Wertigkeit für den Faktor Energie von lediglich einem Unterstützungsprozess auf die Ebene eines Führungsprozesses angehoben.

Die beiden genannten Prozesse wurden mit Hilfe des bei Meteor genutzten Turtle-Modells erstellt. Dieses Modell ist eine am Ishikawa-Diagramm angelehnte Darstellungsform von Ursache und Wirkung. Der Turtle besteht aus einer Input/Output Aufstellung des relevanten Prozesses, der Zusammenstellung der einflussnehmenden Parameter sowie einem Flussdiagramm der Abläufe. Innerhalb des Energieplanungsprozesses wird es notwendig, dass eine energetische Bewertung durchgeführt wird. Diese Bewertung führt zu einer anschaulichen Darstellung der wesentlichen Energieaspekte im Unternehmen, aufgrund dessen Energieleistungszahlen, Energieziele und Aktionspläne abgeleitet werden können und die Zielwerte des Energieplanungsprozesses darstellen.

Diese fließen direkt in den sich anschließenden Prozess der kontinuierlichen Verbesserung ein. Dort werden sie bewertet und bilden die Grundlage für Prozessverbesserungen und für die Anpassung der Energieziele.

## Einsatz eines Blockheizkraftwerkes in Kombination mit einer ORC-Anlage zur Vorwärmung von Erdgas in Gasdruckregelanlagen.

**Jonas Rau B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Dipl. Ing. Jens Viefhues
Datum des Kolloquiums:	29. Oktober 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Gasversorgungswirtschaft
In Kooperation mit:	Westnetz GmbH, 44139 Dortmund



Beim Transport von Erdgas, vom Ort der Förderung bis zum Verbraucher, wird mit einem komplexen Leitungssystem gearbeitet. Dabei wird das Erdgas zunächst verdichtet, um große Mengen über relativ kleine Leitungsquerschnitte transportieren zu können. Um dem Verbraucher das Erdgas mit einem angemessen niedrigen Druck zur Verfügung zu stellen, wird an Gasdruck-, Regel- und Messanlagen (GDRM-Anlagen) der Gasdruck mittels Regelventilen reduziert. In den Regelventilen findet eine isenthalpe Druckreduzierung statt. Diese führt zu einer Abkühlung des Erdgases durch den Joule-Thompson-Effekt.

Aufgrund dieser Abkühlung kann es nach der Druckreduzierung im Anlagen- ausgang zu einer Vereisung von Anlagenteilen und dem Ausfall von Gashydraten kommen. Dieses kann zu Querschnittsverengungen und zur vollständigen Blockade der Rohrleitungen führen. Um das zu verhindern und den sicheren Betrieb bei einer Druckreduzierung zu gewährleisten, wird das Erdgas innerhalb der GDRM-Anlagen vor den Gasdruckregelgeräten vorgewärmt.

Ziel dieser Arbeit war die Erarbeitung eines technischen Musterkonzepts für die Implementierung eines Blockheizkraftwerks und einer ORC-Anlage in eine bestehende Vorwärmung einer GDRM-Anlage der Westnetz GmbH. Das BHKW übernimmt dabei die Funktion des Wärmeerzeugers für den Gasvorwärmprozess und die erzeugte elektrische Energie wird in das nahegelegene Mittelspannungsnetz eingespeist werden. Dabei soll über den ORC-Prozess (Organic-Rankine-Cycle) die Überschusswärme des Blockheizkraftwerkes in elektrische Energie umgewandelt und ebenfalls in das Mittelspannungsnetz eingespeist werden. So soll zum einen eine erhöhte Effizienz des Vorwärmprozesses und zum anderen eine Einsparung von Betriebskosten erreicht werden. Weiterhin sollte das zu entwickelnde Musterkonzept nach Möglichkeit auf andere GDRM-Anlagen übertragbar sein.

Zu Beginn der Arbeit werden nach einer kurzen einführenden Erläuterung der Funktion eines Blockheizkraftwerkes die Grundlagen des Organic Rankine Cycles dargestellt. Dabei wird auf die dafür benötigte Anlagentechnik und deren Aufbau eingegangen und insbesondere die verschiedenen Arbeitsfluide und die möglichen Prozessführungen werden genauer betrachtet, da diese zu einem erheblichen Anteil zur Prozessoptimierung einer ORC-Anlage beitragen. Außerdem erfolgt die Unterteilung in die Niedertemperatur- und Hochtemperatur-Anlagentechnik, wie sie zurzeit auf dem Markt verfügbar ist. Auf

Basis dieser Einteilung werden fünf unterschiedliche Kombinationsvarianten von einem BHKW und einer Organic-Rankine-Cycle-Anlage entwickelt.

Im Anschluss wird der spezifische Lastgang der GDRM-Anlage analysiert und ausgewertet, um so den Wärmeleistungsbedarf zu bestimmen. Zusätzlich wird die Bestandsanlage genauer betrachtet und ein möglicher Standort für die zukünftigen Anlagenkomponenten lokalisiert. Auf Basis dieser Bestandssituation werden die zuvor entwickelten Kombinationsvarianten bewertet und das passende BHKW nebst ORC-Anlage wird bestimmt. Bewertungskriterien sind die tatsächliche Primärenergieersparnis nach der europäischen Richtlinie 2004/8/EG und die zu erwartende Wirtschaftlichkeit, welche anhand der internen Verzinsung des eingesetzten Kapitals bemessen wird.

Für diese Beispielanlage wird ein BHKW der Firma 2G Energietechnik ( $480 \text{ kW}_{\text{th}}$  /  $450 \text{ kW}_{\text{el}}$ ) und eine NT-ORC-Anlage der Firma Conpower Technik ( $23,25 \text{ kW}_{\text{el}}$ ) gewählt. Über diese kann eine Überschusswärme von maximal  $303 \text{ kW}_{\text{th}}$  aufgenommen werden. So kann das BHKW auch bei einem niedrigen Wärmebedarf der Gasvorwärmung durchgehend betrieben werden und über den ORC-Prozess wird zusätzliche elektrische Energie erzeugt.

Zum Ende der Arbeit erfolgt eine grundlegende Beschreibung des neuen Vorwärmkonzeptes. Dabei wird zunächst auf die heizwasserseitige Einbindung der neuen Anlagenkomponenten eingegangen. Diese wird ausführlich erläutert und anhand eines umfangreichen R+I-Schemas (Rohrleitungs- und Instrumentenschema) verdeutlicht. Im Anschluss wird auf die Steuerungs- und Regelungstechnik der neuen Gesamtanlage eingegangen. Dazu werden verschiedene Betriebszustände der Anlage beschrieben und es wird aufgezeigt wie mithilfe von 2 Regelkreisen der Betrieb der neuen Gesamtanlage funktioniert. Abschließend wird kurz die Thematik der Übertragbarkeit des entwickelten Musterkonzeptes auf andere GDRM-Anlagen behandelt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das angestrebte Ziel mit der durchgeführten Arbeit umfassend erfüllt wird. Es wird ein Musterkonzept für die Implementierung eines BHKWs und einer NT-ORC-Anlage in die bestehende Heizungsanlage aufgezeigt, mit dem eine effizientere Gasvorwärmung über die nachgewiesene Primärenergieeinsparung ermöglicht wird. Die Einsparung von Betriebskosten wird dabei indirekt über die Einnahmen aus den Stromverkäufen der neuen Anlage erreicht, was mit einer guten zu erwartenden Nachsteuerrendite belegt wird. Im Hinblick auf die Übertragbarkeit des Konzeptes auf andere GDRM-Anlagen ergeben sich durch die vorliegende Arbeit mehrere Möglichkeiten, da diverse Anlagenkonzepte vorgestellt wurden. Außerdem wird eine grundlegende Vorgehensweise dargestellt, um eine mögliche Übertragbarkeit auf eine beliebige andere GDRM-Anlage zu überprüfen. So kann auch für andere GDRM-Anlagen, welche eventuell ganz unterschiedliche Bestandssituationen aufweisen, dieser Arbeit ein passendes grundlegendes Konzept entnommen werden.

Aufgrund der prognostizierten Wirtschaftlichkeit könnte eine zeitnahe Umsetzung des geplanten Konzeptes in der betrachteten GDRM-Anlage durch die Westnetz GmbH erfolgen. Die Ergebnisse dieser Arbeit bilden die Grundlage für eine vollständige Ausführungsplanung, die für eine Umsetzung der Maßnahme erforderlich ist.

## Entwicklung eines Vermarktungskonzeptes für einen System-Konfigurator in der Gebäudeautomation

**Frank Rawe, B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Kai Baumann
Datum des Kolloquiums:	02. September 2013
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	DEOS control systems GmbH, Rheine



Die DEOS control systems GmbH ist Hersteller und Entwickler von Automationsstationen und zugehöriger Software. Der Fokus des Unternehmens liegt bei der Regelung von Anlagen in der Heizungs-, Lüftungs- und Kältetechnik.

Im Mittelpunkt dieser Bachelorarbeit steht die Produktinnovation OPENapp, die im Allgemeinen als System-Konfigurator bezeichnet wird. Mit diesem aus einer Kompakt-Automationsstation und zugehöriger Software bestehendem Produkt ist es ohne Programmierkenntnisse möglich, Anlagen zu konfigurieren und somit in eine energiesparende Regelung einzubinden.

Die Zielsetzung der Bachelorarbeit war es, potenzielle Kundengruppen für dieses Produkt herauszustellen und mit den gewonnenen Ergebnissen ein Vermarktungskonzept zu erarbeiten.

Nach einer technischen Einordnung des betrachteten Produktes ist der Hauptteil der Bachelorarbeit anhand der drei Leitfragen

- Welche Kundengruppen können durch OPENapp angesprochen werden?
- Was benötigen diese Kundengruppen, um das Produkt einzusetzen?
- Ist es strategisch sinnvoll, diese Kundengruppen anzusprechen?

gegliedert.

Nach Interviews mit den Vertretern der verschiedenen Interessengruppen kristallisierten sich zwei Kundengruppen heraus, die näher untersucht werden sollten. Diesen fehlten jedoch noch diverse Services, um OPENapp sofort einsetzen zu können. Diese wurden dokumentiert, bewertet und mit Vorschlägen zur Lösung versehen.

Um die dritte Frage zu beantworten, wurde eine Marktabschätzung für eine Kundengruppe vorgenommen. Die Ergebnisse unterstrichen die Notwendigkeit zum Ansprechen der Kundengruppe. Zusätzlich wurden alternative Vertriebswege für dieses Produkt aufgezeigt, die bei näherer Betrachtung beträchtliche Umsatzpotenziale erwarten lassen.

Als Abschluss der Arbeit werden aus den Kernergebnissen Handlungsempfehlungen für den Vorstand des Unternehmens abgeleitet.

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Energieversorgung in Mehrfamilienhäusern

**Urs Reitis M. Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Datum des Kolloquiums:	17. Februar 2013
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Laboratorium für Energieversorgung und Energiewirtschaft



Stetig steigende Energiepreise und Abgaben wie die Erhöhung der EEG-Umlage von 5,277 ct/kWh im Jahr 2013 auf 6,240 ct/kWh<sup>1</sup> für das Jahr 2014, steigert die Sensibilisierung bei Kunden im Umgang mit Energie sowie das Interesse an Kosteneinsparpotenzialen.

Zudem fordert die Bundesregierung auf Grundlage der Meseberger Beschlüsse aus dem Jahre 2008 und dem daraus resultierenden "Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramm" (IEKP) u.a. eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 % gegenüber 1990 sowie einen Anteil an der Wärmeversorgung durch regenerative Anteile auf 14 %.

Darüber hinaus fordert das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) gem. §1 Abs.1 "(...) eine möglichst sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leitungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas, die zunehmend auf erneuerbaren Energien beruht".

Um diesen Anforderungen gerecht werden zu können, ist es notwendig, neue, unkonventionelle Energie- und Wärmeversorgungskonzepte zur dezentralen Versorgung zu überprüfen.

Die Untersuchung soll analysieren, ob sich eine Gasabsorptionswärmepumpe auf Grund der Einsparungen auf der Energiebezugsseite wirtschaftlicher darstellen lässt, als eine optimal ausgelegte BHKW-Anlage.

Der Strom, welcher in dem jeweiligen BHKW-Aggregat erzeugt wird, soll den Hausbewohnern vergünstigt angeboten werden, sodass der Eigenverbrauch des dezentral produzierten KWK-Stroms auch wirtschaftlich interessant ist und darüber hinaus vor Ort genutzt wird. Als Referenz wird zusätzlich ein herkömmlicher Brennkessel betrachtet, um die vorhandenen Einsparpotenziale gegenüber der herkömmlichen Technik aufzuzeigen.

Dazu werden in den ersten Kapiteln die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Anlagen dargestellt. Zudem werden die Rahmenbedingungen für einen repräsentativen Einsatzfall sowohl in einem Wohngebäude jüngeren Baujahrs als auch in einem Altbau geprüft. Auf Grundlage von repräsentativen Werten des statistischen Bundesamtes werden die Bedingungen möglichst realitätsnah abgebildet.

Weiterhin werden die Funktionsweisen zur Erzeugung der Wärme mit Hilfe eines Gas-Brennwertgerätes, der Gasabsorptionswärmepumpe und einem BHKW erläutert. Nachfolgend werden die unterschiedlichen Systeme für die Anwendungsfälle Neubau und Altbau auf Grundlage der zuvor bestimmten Parameter ausgelegt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sowohl die Gaswärmepumpe als auch die BHKW-Aggregate nicht auf die maximal benötigte Leistung der Referenzgebäude ausgelegt werden, da diese aus ökonomischen Gründen mit einer möglichst hohen Laufzeit betrieben werden sollen. Daher ist es bei diesen Anlagen notwendig, dass jeweils Spitzenlastkessel, welche 100% der erforderlichen Leistung zur Verfügung stellen, zusätzlich installiert werden.

Bei der Untersuchung werden die individuellen Förderungen und Subventionen betrachtet. Diese können sich als Investitionsförderung oder als Verbesserung der Wirtschaftlichkeit im Rahmen des Anlagenbetriebs u.a. als KWK-Zuschlag, Einspeisevergütung oder Energiesteuerrückerstattung darstellen.

Anschließend erfolgt die Berechnung der Gestehungskosten für Wärme sowie Strom bei den verschiedenen Anlagen. In den Gestehungskosten werden alle relevanten Kosten, welche zuvor ermittelt wurden berücksichtigt, sodass eine direkte, wirtschaftliche Vergleichbarkeit der Anlagen entsteht.

Die Gesamtwirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Anlagen wird mit Hilfe der Kapitalwertmethode ermittelt.

Die Kapitalwertmethode ermöglicht es, die Vergleichbarkeit aller Zahlungen, die zu einem beliebigen Zeitpunkt anfallen, durch Abzinsung auf den Zeitpunkt der Investition zu bewerten. Somit ist zu beurteilen, welche der Anlagen sich als besonders wirtschaftlich darstellt. Anschließend werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Anlagen untersucht und bewertet, um eine Aussage über die umweltbeeinflussende Wirkung der jeweiligen Technik zu machen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass das BHKW-Modul „G-Box 20“ sowohl für den Einsatzfall Neubau wie auch in dem Referenzobjekt Altbau in Kombination mit einem Spitzenlastkessel die wirtschaftlichste Variante in diesem Vergleich darstellt. Darüber hinaus weist sie die geringsten Kohlenstoffdioxid Emissionen sowie die geringsten spezifischen Investitionskosten unter Berücksichtigung der CO<sub>2</sub>-Einsparung auf.

Aus diesen Gründen wird die Anlagenkombination aus BHKW „G-Box 20“ der Firma 2G Energietechnik und dem jeweiligen Spitzenlastkessel sowohl für das Neubauobjekt sowie für den Altbau als opportunes Energieversorgungskonzept für die beiden Objekte empfohlen und stellt in der Gesamtbetrachtung die wirtschaftlichste und ökologisch sinnvollste Lösung dar.

## Beurteilung der Repräsentanz von durchgeführten Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs und deren Effekt für den vergleichbaren Gebäudebestand sowie die Bewertung weiterer Maßnahmen am Beispiel eines realen Einfamilienhauses

**Frank Remmers B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer (Bosch): Dipl.-Ing. Jürgen Kossok

Datum des Kolloquiums: 11. Juli 2013

Studium: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: Bosch Solarthermie GmbH in Wettringen



Im Rahmen des Programmes Energie Autark des Landkreises Steinfurt, sollte anhand eines realen Einfamilienhauses gezeigt werden, welche durchgeführten Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs beitragen und welche weitere anlagentechnische Maßnahmen zur weiteren Reduzierung führen.

Die darin enthaltene Teilaufgabe war die Darstellung des Gebäudes in einem Simulationsprogramm (DesignBuilder, EnergyPlus) und die Simulation anhand realer Wetterdaten durchzuführen. Ein weiteres wichtiges Aufgabenfeld war die anschließende Validierung der Simulationsergebnisse mit den realen Verbrauchsdaten des realen Objektes.

Zu den weiteren anlagentechnischen Maßnahmen die in das Objekt integriert wurden gehörten:

- die solarthermische Warmwasserbereitung
- die solarthermische Warmwasserbereitung und Raumheizungsunterstützung
- die Wärmepumpe

Diese drei Anlagentypen wurden jeweils in das Simulationsprogramm integriert, um eine anschließende dynamische Berechnung durchzuführen. Später sollte darüber eine Aussage getroffen werden, welcher Anlagentyp sich wie effizient verhält.

Um ein realistisches Ergebnis zu erzielen, musste das Gebäude in seinen konstruktiven Eigenschaften genau aufgenommen werden. Das bedeutet einmal die geometrischen Gegebenheiten, aber auch die physikalischen Eigenschaften wie die U-Werte der einzelnen Bauteile. Die realen Wetterdaten wurden der Messstation der Fachhochschule Münster (Campus Steinfurt) entnommen und dementsprechend in die Simulation integriert. Bei der Wetterdatenanalyse wurden auch die Längen- und Breitengrade des Gebäudestandortes berücksichtigt.

Bei dem Bestandsgebäude handelt es sich um ein freistehendes Einfamilienhaus in Steinfurt-Borghorst. Das Gebäude wurde 1908 errichtet. Die beheizte Grundfläche beträgt 210 m<sup>2</sup> und das beheizte Volumen ca. 746 m<sup>3</sup>.

Folgende Sanierungsarbeiten sind erfolgt:

- April 2005 neue Heizungsanlage sowie einen neuen Warmwasserbereiter
- August 2005 neue Fenster
- Oktober 2005 neue Dachhaut, einschließlich Isolierung
- November 2005- März 2006 Wärmeverbundsystem an der Außenfassade

Das Gebäude wurde im nicht- renovierten sowie im renovierten Stand in das Simulationsprogramm integriert und die Ergebnisse anhand der realen Verbrauchsdaten (Verbrauchsmitschriebe, EVU-Rechnungen) validiert. Anschließend wurden die o. g. Anlagensysteme weiterführend in die Simulation integriert, um die jeweiligen Einsparung durch die Systeme zu ermitteln.

Abschließend wurden alle Simulationsergebnisse, der jeweiligen Anlagentechnik und der erfolgten Renovierungsarbeiten, mit deren Gasverbräuche für die Raumbeheizung und der Warmwasserbereitung dargestellt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass durch das Simulationsprogramm DesignBuilder und EnergyPlus realistische Ergebnisse im Bereich des Energieverbrauchs generiert werden können. Durch die Integration weiterer Anlagensysteme in das Gebäude wurde gezeigt, welche Einsparpotenziale mit den jeweiligen Anlagentypen gefahren werden können. Als Ausblick für kommende Analysen und wissenschaftliche Arbeiten, kann durch die vorangegangene Anlagenintegration eine genaue Optimierungsanalyse durchgeführt werden.

Dabei kann ermittelt werden, welche Grenze der Investitionskosten für die jeweiligen Systemeinbindungen gelten, damit eine Amortisation unter den vorgegebenen Randbedingungen gegeben ist. Des Weiteren können aus der thermischen Gebäudesimulation des Einfamilienhauses weitere Überlegungen gemacht werden, in wie weit die hier umgesetzten Maßnahmen zur Reduzierung des Wärmebedarfs auf andere Gebäude ähnlicher Struktur übertragbar sind.

Johannes Rensing B.Eng.

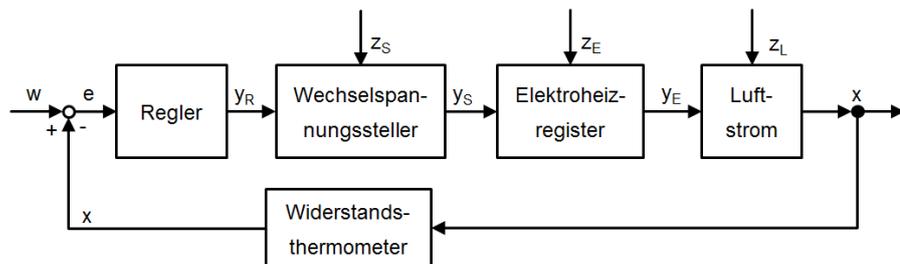
Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke  
Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker

Datum des Kolloquiums:

02. Juli 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Labor MSR-Technik und Gebäudeautomation

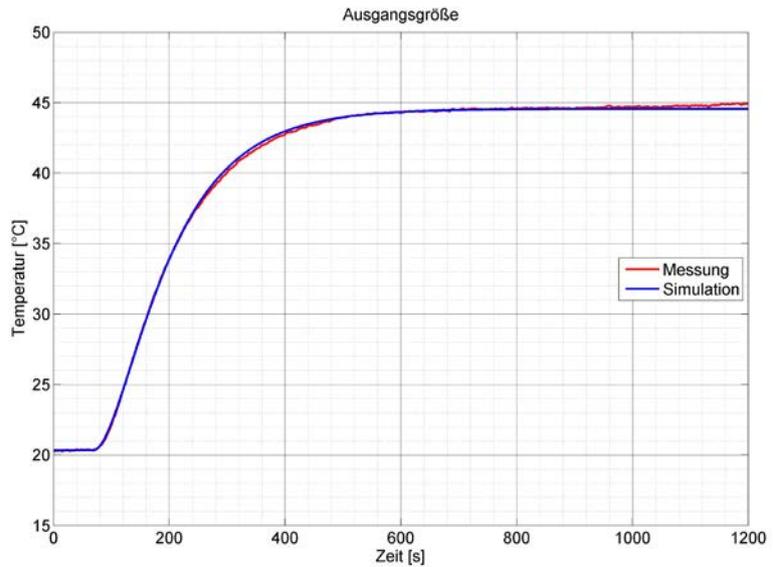
Diese Arbeit behandelt die Bildung eines Modells über einen Versuchsstand sowie dessen Simulation mittels der Simulationssoftware Matlab bzw. Simulink. Dieser Versuchsstand wurde ehemals für Praktika der Studenten verwendet. Allerdings ist es nun vorgesehen das bisherige Regelgerät durch eine dSpace-Karte auszutauschen. Dies bedingt allerdings zuvor einer entsprechenden Anlagenbeschreibung, da diese bislang noch nicht erstellt wurde. Dazu wurden zunächst die verbauten Komponenten näher spezifiziert, als auch dessen elektrische Verschaltung betrachtet. Damit war es möglich ein entsprechendes Blockschaltbild über den vorliegenden Regelkreis zu erstellen.



Infolgedessen wurde das Verhalten der Regelstrecke analysiert. Dazu wurde mittels mehrerer Eingangs-Sprungfunktionen das Verhalten der Regelgröße gemessen. Aufgrund des charakteristischen Verhaltens der Sprungantworten war es dann möglich, mittels des Wendetangentenverfahrens, Kennwerte aus den einzelnen Sprungantworten grafisch zu bestimmen.

Es handelte sich demnach um ein P-T<sub>2</sub>-Glieder mit Totzeit. Weiterhin lag bei Eingangssprüngen, mit identischer Sprunghöhe, jeweils ein stark abweichender Wert vor, was durch Komponenten mit nichtlinearen Kennlinien innerhalb der Regelstrecke zu erklären war.

Entsprechende Messungen belegten diese Annahme: Der Wechselspannungssteller verfügt über eine nichtlineare Kennlinie. Nachdem nun alle Komponenten der Regelstrecke in dessen Verhalten spezifiziert wurden, konnte ein entsprechender Signalfussplan in Simulink erstellt werden, der das zeitliche Verhalten der Sprungantwort simuliert. Ein entsprechender Vergleich zwischen Simulation und Messung verifiziert die bis dahin vorgenommene Analyse der Regelstrecke.



Darauf aufbauend konnte dann ein entsprechender Regler in den Signalflossplan implementiert werden, um ebenfalls eine Regelung simulieren zu können. Aufgrund der Anforderungen an die Regelung, ein schnelles Einregeln als auch eine möglichst geringe Regelabweichung, kamen dazu nur ein PI- und ein PID-Regler infrage.

Mit der Berechnung der Reglerparameter nach dem Verfahren von Chien, Hrones und Reswick wurden daraufhin die notwendigen Einstellwerte für die Regler berechnet. Eine entsprechende Regelung führte noch nicht zu dem erwartendem Regelverlauf. Dies ist in der Begrenzung der Ausgangsgröße bedingt, da diese lediglich einen Wert im Bereich von 0 bis 10 Volt annehmen darf, jedoch die Ausgangsgröße des simulierten Reglers jeden Wert annehmen konnte. Die entsprechende Stellgrößenbegrenzung bewirkte bei dem Integralanteil des Reglers ein sogenanntes Wind-Up, wodurch keine ausreichende Rückkopplung der Regelgröße vorhanden war, sodass der I-Anteil des Stellsignals sehr groß wurde.

Durch eine entsprechende Erweiterung des Reglers konnte dieses Verhalten unterdrückt werden (Anti-Wind-Up). Mit dieser Erweiterung war nun eine Regelung, entsprechend den berechneten Einstellwerten möglich.

## Hydrothermale Carbonisierung von Gärresten aus einer Bioabfallbehandlungsanlage am praktischen Beispiel

**Achim Rohde, B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums:

24. Mai 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:

Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik



Vor gut 100 Jahren wurde die hydrothermale Carbonisierung zum ersten mal von Friedrich Bergius im Rahmen seiner Habilitationsschrift Anwendung hoher Drucke bei chemischen Vorgängen und die Nachbildung des Entstehungsprozesses der Steinkohle experimentell untersucht. Wie der Titel vermuten lässt war damals das vorrangige Ziel, den Entstehungsprozess fossiler Brennstoffe zu erforschen.

Nach einer Veröffentlichung einer Forschungsgruppe um Prof. Markus Antonietti am Max-Planck-Institut Potsdam im Jahr 2006 ist das Verfahren als technische Anwendung wieder in das Interesse der Wissenschaft gerückt. Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels wird nach Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Einsparung zur Eindämmung des Treibhauseffektes gesucht. Mit der Produktion von HTC-Kohle, welche in Ihren Eigenschaften eine starke Ähnlichkeit mit Braunkohle aufweist, bietet sich die Möglichkeit, vor allem Biomassen mit hohem Feuchtegehalt energetisch zu nutzen, für die bislang nur eine stoffliche Nutzung vorgesehen war.

Die Klimakommune NRW Saerbeck im Kreis Steinfurt hat sich zum Ziel gesetzt, spätestens ab 2030 mehr Energie auf regenerative Weise erzeugen, als Gesamtenergie zu verbrauchen. Dabei wurde die HTC von Gärresten aus der geplanten Bioabfallbehandlungsanlage als ein Baustein im Klimakonzept neben Windkraft, Photovoltaik, Biogasproduktion und Wärmeerzeugung mit nachwachsenden Rohstoffen in Erwägung gezogen. Es wurde ein konkretes Konzept zur Einbindung von HTC unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten ausgearbeitet. Mit einer im Bioenergiepark Saerbeck befindlichen HTC-Anlage könnten 31.700 t/a Gärreste aus der im Januar 2014 in Betrieb gehenden Bioabfallbehandlungsanlage sowie 12.220 t/a Klärschlamm aus nahe gelegenen Kläranlagen entsorgt werden. Dabei würden 8.711 t/a HTC-Kohle mit 90 % TS-Gehalt produziert. Diese ließe sich in der Grundstoffindustrie, z.B. im Zementwerk in Lengerich einsetzen. Die jährlich produzierte Energiemenge betrüge ca. 40 – 50 GWh.

Bei Einstufung der HTC-Kohle als erneuerbare Energie ist durch die Substitution von Braunkohle eine Netto-Einsparung von 15.363 t/a CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erzielen. Emissionen durch Aufbereitung der Inputsubstrate und durch Abwasserklärung sind dabei noch nicht berücksichtigt.

Als Nebenprodukt der HTC entstehen ca. 43.000 m<sup>3</sup>/a Prozesswasser, welches stark mit Stickstoffverbindungen belastet ist und daher aufwändig in der Klärung ist. Eine Vorklärung findet bereits bei der HTC-Anlage statt.

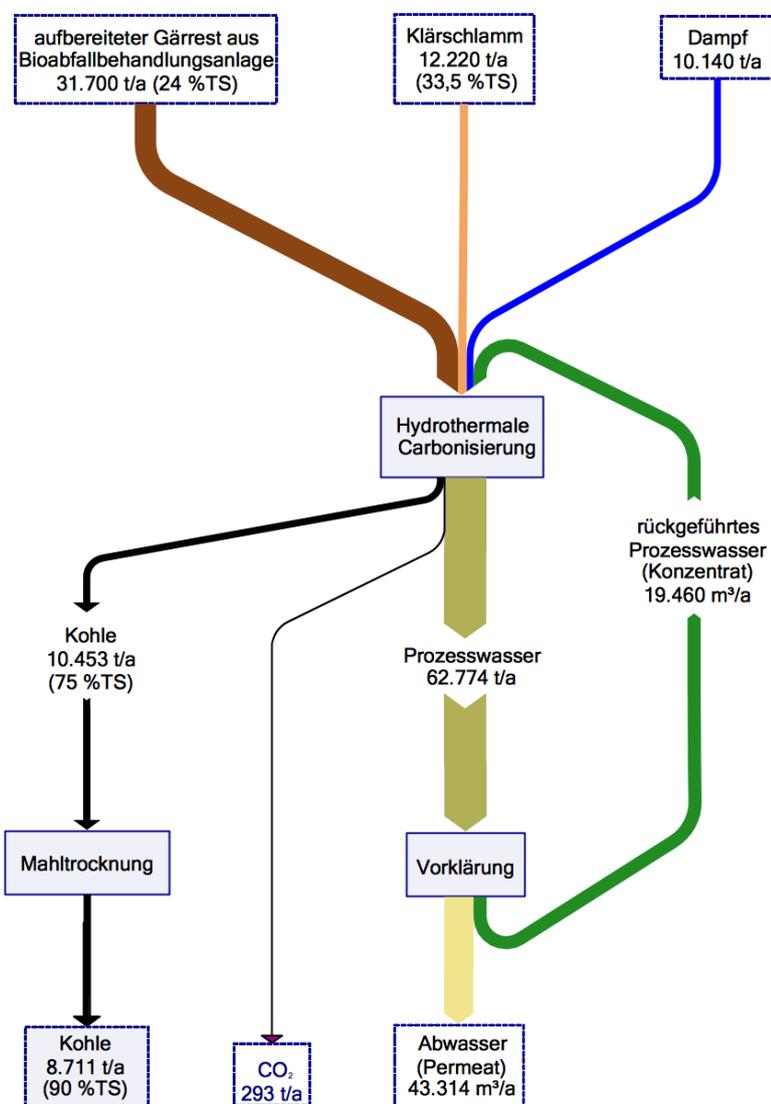
Der Erfolg eines Vorhabens wie dem Bau und Betrieb einer HTC-Anlage

hängt von vielen Faktoren ab. Es muss sich nachhaltig im ökologischen Sinne sowie wirtschaftlich darstellen lassen können.

Die Planung von Kreis und Entsorgungsunternehmen sieht eine Kompostierung der Gärreste mit anschließender Vermarktung des Produktes Komposterde vor.

In dieser Arbeit wurden Kompostierung und Vermarktung des Produktes Komposterde mit Investitions- und Betriebskosten der Verarbeitung der Gärreste zu Kohle mittels HTC gegenübergestellt.

Die bei Einbindung von HTC wegfallenden Entsorgungskosten betragen rd. 34 €/t entsorgten Biomülls. Unter Berücksichtigung unbekannter Faktoren wurde bei Einbindung von HTC eine Preisspanne von 55 – 66 €/t entsorgten Biomülls ermittelt. Damit wird die Hydrothermale Carbonisierung von Gärresten aus der Bioabfallbehandlungsanlage als Baustein im Klimakonzept der Kommune Saerbeck nicht für wirtschaftlich sinnvoll befunden.



Stoffströme der HTC bei Einbindung in den Bioenergiepark Saerbeck

## Vergleich unterschiedlicher Klimatisierungssysteme mittels thermisch-energetischer Gebäudesimulation

**Angela Rosenbaum B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Peter Hollenbeck M.Eng  
 Datum des Kolloquiums: 09. September 2013  
 Studium: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Gebäudetechnik  
 Laborbereich: Raumluft- und Kältetechnik



Die angestrebte Umsetzung der Energiewende führte in den vergangenen Jahren zu einem starken Preisanstieg für Strom, aber auch für fossile Brennstoffe. Dies lässt über einen effizienteren Energieeinsatz nachdenken.

Voraussetzung für die Entwicklung und besonders für die ganzheitliche Planung von energiesparenden Gebäuden und Anlagen sind zuverlässige Planungsinstrumente. Ein Verfahren, das für die theoretische Berechnung des thermischen Verhaltens von Gebäuden und dessen Anlagen hilfreich sein kann stellt die thermisch-energetische Simulation dar.

Es wird die Möglichkeit geschaffen, den Energieeinsatz für verschiedene technische Anlagen durch solch ein Simulationsprogramm zu vergleichen. In dieser Bachelorarbeit wird das Simulationsprogramm „Energy Plus“ in Verbindung mit dem Nutzerinterface „Design Builder“ näher betrachtet.

Anhand des Vergleichs unterschiedlicher Klimatisierungssysteme entsprechend der VDI 3804 (Klimatisierung von Bürogebäuden) wird zum einen das Simulationsprogramm als unterstützendes Instrument der Planung näher beleuchtet und andererseits werden die verschiedenen Klimatisierungssysteme bezüglich ihrer Komponenten im energetischen Verbrauch gegenübergestellt.

Die Ergebnisse dieser Simulation werden somit auf ihre Plausibilität und im energetischen Vergleich der Anlagen untersucht. Um diese zwei Aspekte innerhalb der Arbeit wirksam zu verbinden, wird einleitend auf den aktuellen Stand der Technik Bezug genommen. Es werden die derzeit üblichen Systeme zur Raumklimatisierung beschrieben und gängige Komponenten dieser Systeme in den Grundlagen erarbeitet.

Folgend wird das verwendete Simulationsprogramm vorgestellt. Dies beinhaltet den Aufbau und die Arbeitsweise der Simulationssoftware. Ein weiterer wichtiger Punkt bezüglich der Simulation sind die festgelegten Randbedingungen, da alle Anlagentypen mit den gleichen realistischen Randbedingungen simuliert werden müssen, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erlangen.

Der energetische Vergleich dieser Systeme mittels der Zuhilfenahme eines Simulationsprogramms bildet den Kern dieser Arbeit. Darüber hinaus wird nicht nur die Gesamtbilanz der verschiedenen Systeme betrachtet, auch werden die verschiedenen Komponenten bezüglich des spezifischen energetischen Verbrauches verglichen.

Nachvollziehbare sowie den Erwartungen entsprechende Ergebnisse bei der Simulation der verschiedenen Klimatisierungssysteme dienen als nutzbare Grundlage zum energetischen Vergleich.

Folglich bestätigte diese Verifizierung, dass ein thermisch-energetisches Simulationsprogramm zur ganzheitlichen Beurteilung von Anlagentechnik in einem feststehenden Rahmen geeignet ist.

Wenn das Programm ausreichend bekannt ist und alle Ergebnisse entsprechend hinterfragt worden sind, können diese als Tendenz und somit als Entscheidungshilfe für die Wahl der effizientesten technischen Anlage dienen.

## Biologische Behandlung von Prozesswässern aus der Deckenplattenindustrie

**Jonas Sauerland B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	16. Mai 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Wasser, Abwasser, Abfall und Immissionsschutz
In Kooperation mit:	Armstrong Building Products GmbH, Münster



Viele Industriebetriebe haben hohe Abwasserkosten durch hohe Belastung an Zehrstoffen und große Abgabemengen. Ziel dieser Bachelorarbeit war es mithilfe biologischer Klärtechnik die Zehrstofffrachten zu verringern und das Abwasser so aufzubereiten, dass es wieder als Prozesswasser verwendbar ist.

Bei hohen Zehrstofffrachten erheben Abwasserentsorger sogenannte Starkverschmutzerzuschläge. Dies sind zusätzliche Kosten die zu den mengenbezogenen Kosten, je nach Fracht, erhoben werden. Um diese zusätzlichen Kosten zu vermeiden, sollten zwei biologische Klärtechniken untersucht werden.

Neben der Reduzierung der Zehrstoffe sollte auch geprüft werden, ob mit diesen Techniken adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX) und Buttersäure abgebaut würden. Dies ist wichtig um das Abwasser wieder als Prozesswasser nutzen zu können.

Der Pilottropfkörper war eine eigens angefertigte Konstruktion auf Stahlprofilrohren. Mit einer Pumpe wurde das zu behandelnde Abwasser oben auf den Tropfkörper gepumpt und dort mittels eines gelochten Schlauches und eines geschlitzten Bleches verteilt. Das Wasser lief an dem hängenden Füllmaterial „Sessil“ herab, während die aufgewachsenen Mikroorganismen die Zehrstoffe aus dem Wasser aufnehmen und verstoffwechselten. „Sessil“ sind hängende Kunststoffstreifen der Firma NSW, die aufgehängt eine große Oberfläche besitzen welche als Bewuchsfläche dient. Besonderer Vorteil dieses Materials ist, dass durch die senkrechte Struktur ein Verstopfen fast unmöglich ist und wenig Wasser zurückgehalten wird, sodass solche Tropfkörper als Stahlgerüstbau möglich sind und nicht zwingend ein Betonbecken benötigen. Die bewachsenen Sessistreifen aus dem Pilottropfkörper sind auf Abbildung 1 zu sehen.

Die MBBR-Pilotanlage war ein gemieteter, belüfteter Behälter, in dem Aufwuchskörper durch die eingeblasene Luft frei im Wasser bewegt wurden. Als Aufwuchskörper dienten Biochips der Firma Mutag, die aus Kunststoffschaum bestehen. Üblicherweise werden Zylinder aus Kunststoffgeflecht eingesetzt die allerdings, gerade bei hoher Zehrstoffbelastung, schnell verblocken. Verblocken nennt man das Zuwachsen der Aufwuchskörper, sodass die nutzbare Oberfläche sinkt und die unteren Schichten des Biorasens nicht mehr mit Sauerstoff versorgt werden.



Abbildung 1: Bewachsene Sessilstreifen

Bei den Biochips wird dies durch das aneinander reiben der Chips verhindert. Die Aufwuchsschicht wird an der Oberfläche abgetragen und verbleibt nur in den Poren der Chips. Die Biochips sind auf Abbildung 2 zu sehen.



Abbildung 2: Bewachsene (links) und unbewachsene Biochips

Ergebnis der Pilotphase war, dass beide Zehrstoffe reduzieren, jedoch mehr Volumen als bei der Auslegung benötigen. AOX wurde nur im geringen Maße, jedoch für eine Wiederverwendung ausreichend verringert. Buttersäure wurde von der MBBR-Anlage gut, jedoch kaum im Tropfkörper abgebaut.

## Möglichkeiten zur Erfüllung der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Hessen am Neubau für die CuB Hochschule Darmstadt

### Theresia Scherpe B.Eng

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tilmann Antony
Datum des Kolloquiums:	29. Oktober 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Raumluf- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Planungsbüro Rohling AG (pbr), Frankfurt am Main



In meiner Bachelorarbeit habe ich mich mit der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Hessen befasst. Diese stellt in einigen Bereichen besondere Anforderungen an die Gebäudetechnik. Die Nachhaltigkeitsstrategie ist ein Gesamtkonzept zum sorgsamem Umgang mit dem Lebensraum Hessen sowie ihn attraktiv zu gestalten. Im Bereich Energie werden die Vorgaben der EnEV 2009 verstärkt und somit der max. Einsatz von Primärenergie verringert. Dies jedoch betrifft nur alle vom Land Hessen genutzten, gebauten oder modernisierten Gebäude. Dort werden verschiedenen Abstufungen getroffen. Für das von mir untersuchte Gebäude muss der Primärenergiebedarf um mindestens 30 % zur EnEV 2009 und eine wirtschaftliche Überprüfung für eine Verringerung um 50 % zur EnEV 2009 durchgeführt werden.

Das Gebäude der Chemie- und Biotechnologie Hochschule Darmstadt ist ein Erweiterungsbau für die Hochschule. Er beinhaltet u. a. 2 Hörsäle, Laboratorien und Bürofläche mit studentischem Selbstlernbereich. Insgesamt entsteht eine Bruttofläche von 7.643,80 m<sup>2</sup>. Die 706,90 m<sup>2</sup> Bürofläche sind mit einer separaten Kühlung auszustatten, erhalten jedoch keine maschinelle Lüftung. Der Laborbereich ist mit 25 m<sup>3</sup>/h\*m<sup>2</sup> nach DIN 1946-7 zu lüften. Das betrifft 2.529,20 m<sup>2</sup>. Des Weiteren wird für einige Laborgeräte Kälte zur Verfügung gestellt. Insgesamt werden im Gebäude nach Betrachtung alle Anforderungen und Normen 400 kW Wärme und 400 kW Kälte zur Verfügung gestellt.

In meiner Arbeit habe ich Möglichkeiten untersucht das Erzeugen dieser Wärme und Kälte durch verschiedene Kombinationen von Anlagentechnik und Verbrauchern zu optimieren und zu vergleichen.

Für die Einhaltung der EnEV 2009 war es ausreichend die Wärme über eine BHKW und eine Niedertemperaturkessel, sowie die Kälte über eine Kompressionskältemaschine zu versorgen. Die Möglichkeit hab ich wirtschaftlich und energetisch mit 3 weiteren Varianten vergleichen. 1. Variante war die Installation einer Adsorptionskältemaschine für die Grundlast-Kompressionskältemaschine. In der 2. Variante habe ich die mit einer Kühldecke ausgestatten Büroräume mit PCM ausgerüstete. Und in der 3. Variante habe ich die Lüftungsgeräte mit einem Adiabaten Wärmetauscher erweitert.

Im Vergleich des Varianten hat die Adsorptionskältemaschine eindeutig am besten abgeschnitten. Vorgehensweise und genauer Erläuterungen können gerne in meiner Arbeit nachgelesen werden.

## Erarbeitung eines Anforderungsprofils an ein Messdatenmanagementsystem zur Betriebsüberwachung einer verschmutzungsabhängigen Kanalnetzsteuerung

**Christian Schmidt B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Holger Hoppe
Datum des Kolloquiums:	27. September 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Urbanhydrologie und Wasserversorgung
In Kooperation mit:	Dr. Pecher AG, Erkrath



Aufgrund der städtebaulichen Entwicklung in Wuppertal wurden einige Bachläufe kanalisiert und teilweise in das im Trennsystem betriebene Kanalnetz integriert. Somit werden Oberflächenabflüsse mit dem Basisabfluss des Gewässers abgeleitet. Allerdings sind Abflüsse in Abhängigkeit von der Oberflächennutzung klärpflichtig (Runderlass „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ von 2004). Dies hat zur Folge, dass die direkte Einleitung und Vermischung behandlungspflichtiger Oberflächenabflüsse mit dem Grundabfluss der Bäche nicht mehr den wasserrechtlichen Standards entspricht. Aufgrund dessen hätten alle kanalisierten Bäche, die Teil des Kanalnetzes geworden sind, wieder separat abgeleitet werden müssen, was allerdings sowohl technisch, als auch wirtschaftlich einen unrealistischen Aufwand zur Folge hätte.

Für eine Lösung dieses Problems sorgte die 2009 entwickelte Steuerung von als Regenüberlauf ausgebildeten Verzweigungsbauwerken. Hier werden kontinuierlich Stoffparameter mit Spektrometersonden gemessen, wodurch die Möglichkeit besteht, den Grundabfluss des Baches und die Oberflächenabflüsse weiterhin in einem Kanal abzuführen. Die Aufteilung der Abflüsse zur Weiterleitung und Behandlung erfolgt nur beim Übersteigen eines Indikatorparameters (Konzentration der abfiltrierbaren Stoffe).

Das Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines Konzeptes zur Anpassung eines Messdatenmanagementsystems (MDMS), welches zur Betriebsüberwachung dieser verschmutzungsabhängigen Kanalnetzsteuerung dient.



Bild 1: Spektrometersonde in kanalisiertem Bachlauf

Hierzu wurden Vorgaben der DWA-Merkblätter M 151, M 181 und die Anforderungen des Kanalbetriebs der Wuppertaler Stadtwerke Energie & Wasser AG (WSW) zusammengefasst. Anschließend wurden diese Ausarbeitungen mit den vorhandenen Funktionen des bereits im System der WSW integrierten MDMS aquaZIS der aqua\_plan GmbH verglichen und bewertet.

Die erörterten Schwachpunkte wurden aufgearbeitet und schließlich unter Berücksichtigung der dargestellten Anforderungen und der Benutzerfreundlichkeit ein Layout für ein neues Programmmodul entwickelt. Neben dem Beheben der Schwachpunkte sollte das entworfene Modulkonzept mit dem Namen „Tagesprüfung“ einen Großteil der benötigten Arbeitsschritte automatisieren bzw. vereinfachen.

Die Elemente des Modulkonzeptes waren eine automatisierte Datenprüfung, die unplausible Messwerte und Grenzwertüberschreitungen aufnimmt und diese täglich meldet. Diese Werte werden in dem entwickelten Datenfenster zusammengefasst und ein Bearbeiter wird benachrichtigt, dass sie zur Korrektur vorliegen. An dieser Stelle sollen darüber hinaus Änderungsvorschläge gemacht werden, die der Bearbeiter entweder einfach annehmen oder ablehnen bzw. bei Bedarf nach manueller Änderung speichern kann.

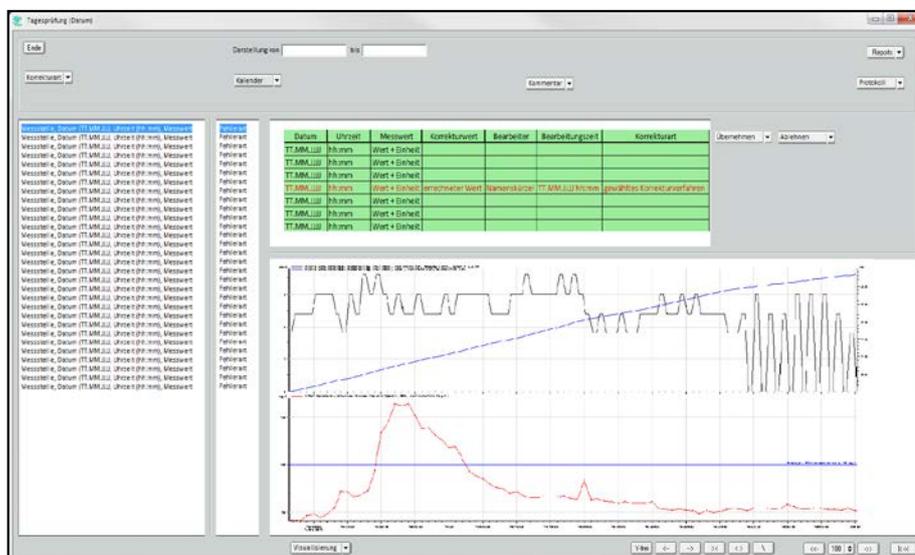


Bild 2: Entwickeltes Konzept für Programmmodul „Tagesprüfung“

Zusätzlich enthält das Konzept eine Protokollfunktion, die jegliche Korrekturvorgänge dokumentiert.

Abschließend wurde, basierend auf den behördlichen Anforderungen, ein Entwurf für Berichtsvorlagen entwickelt, die nach Auswahl der Berichtsart und der Messstelle sämtliche relevanten Informationen und Darstellungen enthalten.

**Thorsten Schmitz B.Eng.**

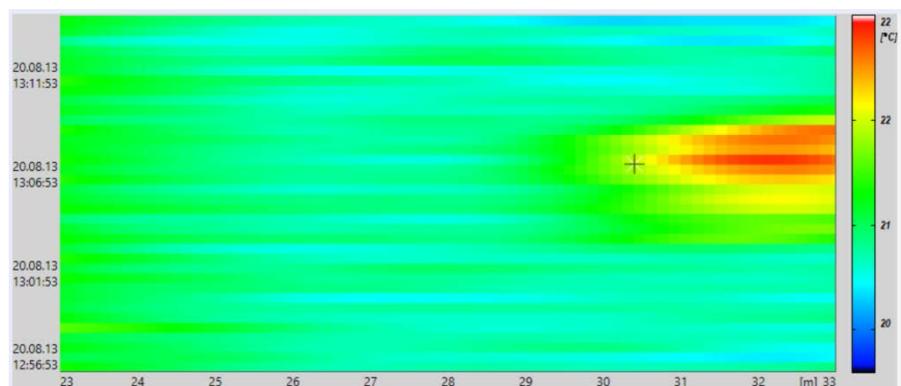
Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Holger Hoppe
Datum des Kolloquiums:	27. September 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Urbanhydrologie und Wasserversorgung
In Kooperation mit:	Dr. Pecher AG, Erkrath



Grundwassereinleitungen durch undichte Kanäle führen zu hydraulischen Belastungen der Kläranlage und der Regenwasserbehandlungsanlagen. Damit sind zusätzliche Kosten und Gewässerbelastungen verbunden. Weiterhin führen falsch angeschlossene Schmutzleitungen zu Abflussverunreinigungen in Regenwasserkanälen. Mit herkömmlichen Methoden ist eine Lokalisierung der Fehleinleitungen durch Fehlanschlüsse oder der Fremdwassereinträge nur bedingt oder gar nicht möglich.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Einsatzmöglichkeit faseroptischer Temperaturmessungen zur Detektion von Fremdwasser und Fehleinleitungen in Kanalisationsnetze untersucht.

Bei der DTS-Messung (**D**istributed **T**emperature **S**ensing) wird ein Glasfaserkabel, vergleichbar mit Telekommunikationskabeln, in einer Kanalstrecke fixiert. Das DTS-Messgerät sendet Laserimpulse in das Glasfaserkabel welche in Abhängigkeit von der Temperatur gestreut werden. Aus der Rückstreuung lassen sich örtliche Temperaturänderungen detektieren. Örtlich und zeitlich veränderliche Einleitungen von Grundwasser oder von Schmutzwasser in Kanalisationsnetzen lassen sich durch die kontinuierlichen Messungen über eine Strecke von bis zu 2.000 m lokalisieren.



Temperaturverlauf eines detektierten Zuflusses

Durchgeführt wurden die Untersuchungen in der halbtechnischen Versuchsanlage des Labors für Urbanhydrologie und Wasserversorgung der FH Münster. Hier konnte das Messverhalten hinsichtlich der Genauigkeit und des Ansprechverhalten sowie die Eignung unterschiedlicher Kabel im rauen Kanal milieu überprüft werden. Mit diesen Messungen sind die Optimierung von Fremdwassersanierungskonzepten und die Reduktion von Gewässerbelastungen möglich.

Grundsätzlich haben die Untersuchungen gezeigt, dass die faseroptische Temperaturmessung eine geeignete Methode zur Detektion von Fehleinleitungen und Fremdwasser ist. Der größte Vorteil gegenüber herkömmlichen Methoden ist die Möglichkeit der Langzeitbeobachtungen. Diese sind insbesondere zur Detektion der zeitlich veränderlichen Fremdwasserzuflüsse erforderlich.

Zudem wurde bei den Tests deutlich, dass die Wahl des richtigen Temperatursensors (Glasfaserkabel) einen entscheidenden Einfluss auf die Genauigkeit der Messung und damit auf den Erfolg bei der Detektion von Fehleinleitungen und Fremdwasserzuflüssen hat.



Laboranlage im Labor für Urbanhydrologie und Wasserversorgung

## Erstellung eines Energieversorgungskonzeptes durch Verdichtung des Fernwärmenetzes

**Patrick Schröter B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker

Datum des Kolloquiums: 13. März 2013

Studiengang: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Energieversorgung und Energiewirtschaft



Die nachhaltige Energieversorgung ist eines der zentralen Themen des 21. Jahrhunderts, die es zu klären gilt. Der Initiativkreis Ruhr, ein Zusammenschluss von führenden Wirtschaftsunternehmen, will mit verschiedenen Konzepten den voranschreitenden Klimawandel und die durch Ressourcenknappheit verursachte Steigerung der Energiekosten entgegenwirken.

Neben anderen Projekten soll in Bottrop eine Wohnsiedlung auf einem ehemaligen Sportplatz entstehen, die mittels Fernwärme versorgt werden soll.

Diese Arbeit sollte deshalb eine Darstellung über ein mögliches Versorgungskonzept für diese Wohnsiedlung aufzeigen. Ziel dabei war sowohl eine technische als ökonomische und ökologische Betrachtung dieses Projektes. Sie sollte einen Ausblick auf die baulichen Maßnahmen geben und die Frage beantworten, in wie fern die Fernwärmeversorgung mit einer herkömmlichen Wärmeversorgung über Erdgas-Heizkesseln unter preislichen und emissionsrelevanten Aspekten konkurrieren kann.

Dazu wurden im ersten Schritt die Energiebedarfswerte für die Siedlung ermittelt, wonach anschließend das Netz und die Anlagenkomponenten ausgelegt wurden.

Es wurde ein strahlenförmiges Netz gewählt, da es sich um ein verhältnismäßig kleines Versorgungsnetz handelt. Die Unterverteilung für die Anbindung der Wohneinheiten der Einfamilien-, Mehrfamilienhäuser, der Penthouses und der Tiefgarage wird mittels einer Standard-Trassenführung gelingen. Die einzelnen Wohneinheiten der Reihenhäuser werden über eine Kellerverlegung ans Fernwärmenetz angeschlossen.

Die Netzregelung findet über eine Kombination aus Mengen- und Temperaturregelung statt. Dabei werden kurzzeitige Lastspitzen durch einen hohen Mengenstrom kompensiert und saisonale Schwankungen mit einer Änderung der Vorlauftemperatur entgegengewirkt.

Um Druckverluste entgegenzuwirken wird eine Druckerhöhungspumpe eingesetzt. Für die Übergabe der Fernwärme vom Netz zu den Verbrauchern werden Kompaktstationen für direkte Heizkreise verwendet. Es wird eine indirekte Anschlussvariante gewählt, die über einen Speicherwassererwärmer die Trinkwassererwärmung gewährleistet.

Abschließend wurden die Investitionskosten kalkuliert und die Vorteile der Fernwärmeversorgung gegenüber einer Wärmeversorgung mittels Erdgas-Heizkesseln dargestellt.

Aus ökologischer Perspektive würde der Bau der Fernwärmeversorgung eine Primärenergieeinsparung von 12 % und eine CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung von 674,17 Tonnen Kohlenstoffdioxid pro Jahr bedeuten. Aber auch auf den Verbraucher würde der Fernwärmeausbau positive Wirkungen erzielen. Die Energiekosten für die Wärmebereitstellung würden um 26 % günstiger sein, gegenüber dem Erdgas-Heizkesselbetrieb.

## Berechnung und Bewertung der magnetischen Flussdichte von Starkstromfreileitungen

**Thoralf Schulz M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Böker
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Ziebold
Datum des Kolloquiums:	14. Februar 2014
Studium:	Netzingenieur der Versorgungstechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung



Der Gesetzgeber hat mit der Novellierung der 26. BImSchV im Jahre 2013 den Schutz vor den Risiken elektrischer und magnetischer Felder von Starkstromfreileitungen neu geregelt. Mit der aktuellen Novelle der 26. BImSchV geht erstmals ein Minimierungsgebot der magnetischen Flussdichte für Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen einher.

Das in der 26. BImSchV festgeschriebene Minimierungsgebot beinhaltet nach dem Wortlaut der Verordnung deutlich mehr als das bislang angewendete Minderungsgebot, da Minimierung eine weitergehende Reduzierung als die Minderung darstellt.

Das Minimierungsgebot enthält bislang noch keine konkrete gesetzliche Regelung für die Umsetzung in der Praxis. Auf die Errichtung neuer Freileitungen wirkt sich dieses Minimierungsgebot der aktuellen Novelle der 26. BImSchV im Rahmen der anstehenden planerischen Beurteilung und der Trassenplanung von Hochspannungsfreileitungen jedoch bereits aus, da die neuen Regelungen seit Inkrafttreten der Novelle der 26. BImSchV am 22.08.2013 im Rahmen der Raumordnungs- und Planfeststellungsverfahren mit ihren Umweltverträglichkeitsuntersuchungen trotz fehlender gesetzlicher Ausgestaltungshinweise berücksichtigt werden müssen.

In den kommenden Jahren wird das deutsche Übertragungsnetz zur Umsetzung der Energiewende erheblich ausgebaut werden. Für die Beurteilung von Neubaufreileitungen ist es daher wichtig, genaue Kenntnisse über die magnetische Flussdichte zu erlangen.

Diese Masterthesis analysiert und bewertet die Minimierungsmöglichkeiten der magnetischen Flussdichte für 380-kV-Freileitungen und stellt die damit verbundenen Auswirkungen solcher Minimierungsmaßnahmen dar.

Die Modelluntersuchungen erstrecken sich auf geometrisch horizontale Anordnungen der Leiter am Mast (sog. Einebenen-Form) und vertikale Leiteranordnungen (sog. Tonnen-, Tannen- und Wintrack-Form) sowie auf die Kombinationen aus horizontalen und vertikalen Leiteranordnungen (sog. Donau- und Phase-Split-Form).

Das Phase-Splitting weist die höchstmögliche Feldabnahme mit zunehmendem seitlichem Abstand  $x$  aller untersuchten Minimierungsmöglichkeiten der magnetischen Flussdichte von Freileitungsmasten auf (vgl. auch nachstehende Abb. 1).

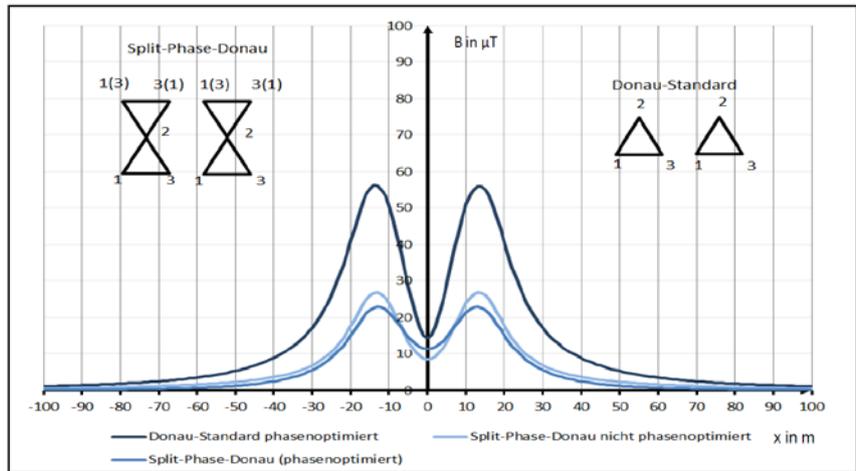


Abb. 1: Verlauf der magnetischen Flussdichte mit und ohne Phase-Splitting in Abhängigkeit des seitlichen Abstands  $x$  von der Trassenmittelachse

Für das phasenoptimierte Phase-Splitting konnte eine Reduktion des maximalen Effektivwertes der magnetischen Flussdichte von fast 60 % im Vergleich zum Donau-Freileitungsmast errechnet werden.

Für den Fernbereich des Phase-Splittings konnte zudem mit zunehmendem seitlichem Abstand von der Trassenmitte der Freileitung eine asymptotische Feldabnahme umgekehrt proportional von nahe bis zur dritten Potenz des Abstandes von den Leitern festgestellt werden.

## Projektierung einer Warmwasseranlage für einen Neubau im Gesundheitswesen als Variantenvergleich nach den Anforderungen der TrinkwV und der einschlägigen Regelwerke

**Sebastian Spengler B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Bernhard Osterholt
Datum des Kolloquiums:	09. August 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus und Energietechnik
In Kooperation mit:	Planungsbüro Unnebrink, Raesfeld



Die Anforderungen an Trinkwasser, dass es so beschaffen sein soll, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit insbesondere durch Krankheitserreger nicht zu besorgen ist, stellt viele Inhaber, Planer und Errichter einer Trinkwasseranlage vor eine verantwortungsvolle Aufgabe. Um einer bakteriellen Infektion des Trinkwassers vorzubeugen ist es mindestens notwendig nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu planen, zu arbeiten und zu betreiben. Bei der Trinkwassererwärmung sind daher eine Vielzahl von Bedingungen und Anforderungen der einschlägigen Normen und Regelwerke zu berücksichtigen.

Der Einsatz von zentralen und dezentralen Durchfluss-Trinkwassererwärmern gibt dabei eine größtmögliche Sicherheit dieser Verkeimung vorzubeugen und einer Gefahr für den menschlichen Gebrauch von Trinkwasser auszuschließen.

Frischwasserstationen (FWS) funktionieren nach dem Durchflussprinzip. Sie bestehen aus einem Plattenwärmetauscher, einer Regelung und einer Ladepumpe (zentrale FWS) und vermeiden durch ihren Einsatz ein längeres Bevorraten von Trinkwarmwasser. Die Trinkwassererwärmung nach dem Durchflussprinzip ist dadurch gekennzeichnet, dass das zu erwärmende Trinkwasser erst unmittelbar vor Gebrauch in der FWS erwärmt wird.

Die Vorteile beim Einsatz von FWS auf der ökologischen Seite sind unter anderem, dass durch das im Durchflussprinzip bereitgestellte Trinkwarmwasser eine geringe Heizwasserrücklauftemperatur zur Verfügung steht und damit eine hohe Effizienz bei der Erwärmung möglich wird. Diese FWS eignen sich deshalb optimal in Kombination mit BHKWs, Solaranlagen sowie Wärmepumpen und helfen fossile Brennstoffe einzusparen bzw. steuern durch ihren Einsatz zur Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen bei. Weiterhin gibt es kaum Bereitstellungsverluste auf der Warmwasserseite. Das frisch erwärmte Trinkwasser reduziert die Gefahr einer Legionellenkontamination oder Verkeimung und steuert damit zum hygienisch einwandfreien Trinkwasser ohne Bevorratung bei.

Der Variantenvergleich in dieser Arbeit beschreibt den Einsatz von so genannten zentralen und dezentralen Trinkwasser- Erwärmungsanlagen im Durchflussprinzip. Er soll aufzeigen welche Vor- und Nachteile die Komponenten in der ganzheitlichen Betrachtung einer Trinkwassererwärmungsanlage zur Folge haben.



Abbildung 1, dezentrale FWS



Abbildung 2, zentrale FWS

Die Unterschiede der zentralen zur dezentralen Frishwasserstation sind optisch kaum ersichtlich. Die Abbildungen zeigen jeweils eine zentrale und eine dezentrale FWS. Sie sind vom Aufbau und Prinzip der Warmwasserbereitung nahezu gleich, unterscheiden sich jedoch dadurch, dass dezentrale FWS neben der Trinkwassererwärmung auch Wärme zur Raumheizung bereitstellen. Dies hat den Vorteil, dass bei der Verbrauchsdatenerfassung für Wärme und Trinkwasser eine zentrale Übergabestation in jeder Wohnung vorhanden ist.

Bei der Empfehlung, die nach den Vergleichen der verschiedenen Systeme zu treffen gewesen ist, haben sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Aspekte Berücksichtigung gefunden. In erster Hinsicht ist jedoch der hygienische Aspekt in den Vordergrund getreten, um dem Inhaber und besonders dem Nutzer dieser Anlage einen einwandfreien und einen für die Gesundheit unbedenklichen Gebrauch von sauberem Trinkwasser zu gewährleisten.

**Thomas Spöler B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Datum des Kolloquiums:	08. August 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Olpe



Die Verfügbarkeit des warmen Trinkwassers ist in der heutigen Zeit längst zu einer Selbstverständlichkeit geworden. Dem Verbraucher soll warmes Trinkwasser in der notwendigen Menge und hygienisch einwandfrei zur Verfügung gestellt werden. Die Anforderung an den Fachplaner der technischen Gebäudeausrüstung ist es deshalb, Trinkwassererwärmungsanlagen so auszulegen, dass unter hygienischen und wirtschaftlichen Aspekten deren Funktionalität gewährleistet ist. Eine Planungsgrundlage für Wohngebäude ist die DIN 4708. Für Nicht-Wohngebäude oder Wohngebäude, die nicht in den Anwendungsbereich der DIN 4708 fallen, erfolgt die Auslegung in der Praxis über Erfahrungswerte, sofern keine technischen Regelwerke als Planungsgrundlage verwendet werden können. Aufgrund von zu großen Sicherheitszuschlägen kommt es hierbei nicht selten zu einer Überdimensionierung, welche Stagnation und somit hygienische Probleme zur Folge haben kann. Eine objektbezogene Bedarfsanalyse muss deshalb jeder Planung vorangestellt werden und ist für eine bedarfsorientierte Auslegung einer Trinkwassererwärmungsanlage unabkömmlich. Der zu erwartende Warmwasserbedarf eines Gebäudes ist in der Planungsphase nur mit großem Aufwand hinreichend genau zu ermitteln.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, Warmwasserbedarfsprofile in unterschiedlichen Gebäudetypen messtechnisch zu erfassen und nutzungsabhängig auszuwerten, um repräsentative Warmwasserverbrauchskennwerte und Warmwasserbedarfsprofile für Bedarfsprognosen zu generieren.

Im Verlauf der Bachelorarbeit wurde der Warmwasserbedarf von unterschiedlichen Gebäudetypen gemessen. Die Messdaten wurden mithilfe eines Tabellenkalkulationsprogrammes ausgewertet und grafisch dargestellt. Damit aus den Bestandsmessungen repräsentative Referenzgrößen in Form von Warmwasserverbrauchskennwerten und Warmwasserbedarfsprofilen entstehen, wurden die Auswertungen der verschiedenen Gebäudearten unterschiedlich betrachtet und nutzungsabhängig verarbeitet. Die ausgewerteten Warmwasserverbrauchskennwerte wurden mit Bedarfskennwerten aus technischen Richtlinien und Planungsunterlagen verglichen, um deren Plausibilität zu überprüfen. Initiativ wurden zwei Berechnungskonzepte entwickelt mit denen, je nach Art der Nutzung, der zu erwartende Warmwasserbedarf über Referenzgrößen berechnet werden kann.

## Nutzungsmöglichkeiten der Geothermie am Beispiel der Gemeinde Saerbeck

**Burkhard Sprenger B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting

Datum des Kolloquiums:

14. März 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energie- und Umwelttechnik  
Umwelttechnik



Bereits vor vielen tausend Jahren wurden Thermalwässer und heiße Quellen von Menschen auf verschiedene Weise genutzt. Orte mit geothermischen Anomalien fanden dabei nicht nur zum Baden oder für die Zubereitung der Nahrung Verwendung, sie hatten für die Menschen auch religiöse und soziale Funktionen.

Obwohl 99 % der Erde heißer als 1.000 °C und nur 0,1 % kälter als 100 °C sind, führt die Nutzung der grundlastfähigen Geothermie, im Vergleich zu anderen regenerativen Energien, vielerorts noch ein Schattendasein. Neben der Nutzung als Wärmequelle kann der Untergrund auch zur Kühlung eingesetzt werden. Selbst die saisonale Speicherung von Wärme oder Kälte in thermischen Untergrundspeichern ist möglich. Solar erzeugte Wärme oder die Abwärme aus industriellen Prozessen, die in Zeiten ohne Wärmebedarf entsteht, kann, durch die thermische Energiespeicherung im Untergrund, zu einem späteren Zeitpunkt effektiv genutzt werden.

Aufgrund der unterschiedlichen Systeme zur Energiegewinnung und den unterschiedlichen geowissenschaftlichen Parametern, die bei den verschiedenen Nutzungsformen von Bedeutung sind, bietet sich die Unterteilung der Erdwärmennutzung in die tiefe und die oberflächennahe Geothermie an.

Bisher erfolgte die Nutzung der tiefen Geothermie meist durch hydrothermale Dubletten, die das heiße Wasser eines Grundwasserleiters in etwa 2 bis 3 km Tiefe verwenden. Das Wasser wird an die Oberfläche gepumpt, ein Teil der Wärme wird mittels Wärmetauscher zur weiteren Verwendung entzogen. Das abgekühlte Wasser wird dem Grundwasserleiter durch eine zweite Bohrung wieder reinjiziert. Diese Maßnahme vermeidet eine kostspielige Entsorgung des meist stark mineralisierten Wassers sowie ein Austrocknen des Nutzhorizontes.

Der größte Teil der tiefen geothermischen Ressourcen liegt jedoch nicht in den hydro-, sondern in petrothermalen Gebieten, die durch EGS-Techniken erschlossen werden. Die thermische Energie wird dabei keinem Grundwasserleiter, sondern hauptsächlich dem heißen Gestein in bis zu 7 km Tiefe entzogen. Dazu wird mittels verschiedener Stimulationsmaßnahmen ein unterirdischer Wärmetauscher in dem tiefen Gestein geschaffen. In diesen wird durch eine Bohrung kaltes Wasser gepumpt.

Bei dem Durchfließen des Wärmetauschers erwärmt sich das Wasser auf Zieltemperaturen von 150 bis 200 °C und wird durch eine Förderbohrung zur oberirdischen Verwendung gefördert. Über Fernwärmenetze kann die Wärme an die Verbraucher verteilt werden. Ab Untergrundtemperaturen von etwa 80 °C kann eine Verstromung erfolgen.

Die Systeme der oberflächennahen Geothermie, die in den meisten Fällen nur bis in Tiefen von 100 m reichen, haben in den letzten Jahren ein starkes Wachstum erfahren. Sie nutzen die Temperaturen des Untergrundes bis etwa 20 °C und werden, meist mittels Wärmepumpe, zur Gebäudebeheizung eingesetzt. Trotz der relativ geringen Temperaturen bietet die oberflächennahe Geothermie, durch das große, relativ gut zu erschließende Volumen, ein hohes Potenzial für die Beheizung von Gebäuden, zur Gebäudekühlung oder für die Speicherung von Wärme oder Kälte. Dabei können geschlossene Systeme, wie Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden, aber auch offene Systeme, wie Grundwasserbrunnen genutzt werden.

Um große Mengen Wärme oder Kälte über längere Zeiträume im Untergrund einzuspeichern, wurden verschiedene saisonale Speichertypen für verschiedene Untergrundbedingungen entwickelt. Aquiferspeicher, Erdwärmesondenspeicher, Erdbeckenspeicher und Tankwärmespeicher sind die aktuell wichtigsten, konkurrierenden saisonalen Wärmespeichertechnologien.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit zeigte sich, dass der Untergrund der Gemeinde Saerbeck, sowohl tiefes als auch oberflächennahes geothermisches Potenzial aufweist. Für eine tiefe geothermische Nutzung könnte ein 850 m mächtiger Grundwasserleiter, der in etwa 1.300 m Tiefe beginnt und Temperaturen zwischen etwa 50 bis 80 °C vorweist, Potenzial bieten.

Die Auslegung der oberflächennahen, geothermischen Anlagen erfolgt stets in Abhängigkeit des Energiebedarfs eines bestimmten Gebäudes oder Objektes. Der Geologische Dienst NRW bietet über ein Fachinformationssystem die Möglichkeit, einen grundstücksbezogenen Standortcheck zur Eignung des Untergrundes zum Einsatz von Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren durchzuführen.

Zum aktuellen Zeitpunkt folgt die Gemeinde Saerbeck einem Projektauftrag eines Ministeriums des Landes Nordrhein-Westfalen. Durch diesen Projektauftrag soll das Ziel des Bundes, bis zum Jahr 2020 zumindest 25 % des Stroms für Deutschland auf der Grundlage der Kraft-Wärme-Kopplung zu erzeugen, unterstützt werden. Ein saisonaler Wärmespeicher könnte in der Gemeinde Saerbeck, die im Sommer entstehende, überschüssige Wärme eines Blockheizkraftwerkes aufnehmen und diese im Winter über ein Fernwärmenetz abgeben.

Eine besondere Rolle der zukünftigen Energieversorgung kann der energetischen Nutzung des Untergrundes zufallen. Die in der Geothermie genutzten Techniken sind zuverlässig, vielseitig und mit angepassten Methoden an vielen Standorten einsetzbar.

## Optimierung der Druckverhältnisse in der Fernwärmerversorgung der Stadtwerke Münster Netzgesellschaft mbH

Jan Staymann B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Dipl.-Ing. Andreas Feemers

Datum des Kolloquiums:

17. Dezember 2013

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Energietechnik

In Kooperation mit:

Stadtwerke Münster GmbH, Münster



Ziel dieser Arbeit war es eine Optimierung der Versorgungsverhältnisse für den Übergabepunkt des Sekundärnetzes der Fernwärmerversorgung in Gievenbeck zu finden. Dabei lag der Fokus auf dem Leitungsabschnitt des Versorgungsstranges 15. Auf diesem kam es im Winter 2011/2012 zu einer Unterversorgung. Der Differenzdruck betrug zwischenzeitlich weniger als 0,60 bar und die erforderliche Wärmeleistung konnte nicht an das Sekundärnetz Gievenbeck weitergeleitet werden. Sämtliche Messwerte in diesem Bereich entsprachen nicht den Vorgaben der Technischen Anschlussbedingungen der Stadtwerke Münster. In Abbildung 1 ist die Abnahme der Vorlauftemperatur im Sekundärnetz, zum betrachteten Zeitpunkt, dargestellt.

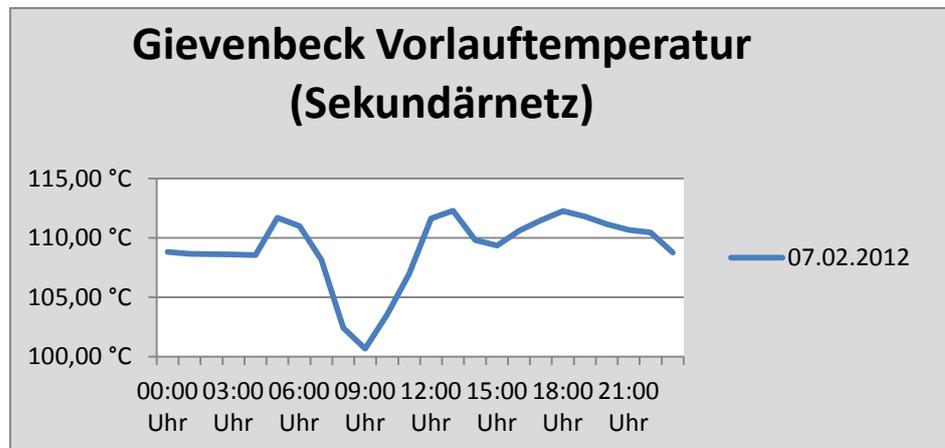


Abbildung 1: Messwerten im Sekundärnetz Gievenbeck

Durch computergestützte Berechnungen mit dem Programm PSS SINCAL der Firma Siemens sollten Varianten simuliert werden, die einen Beitrag zur Erarbeitung einer Lösung leisten sollten.

Das Fernwärmenetz der Stadtwerke Münster Netzgesellschaft sollte zunächst im Berechnungsprogramm abgebildet werden. Durch die Fixierung einiger Konstanten und Festlegung der Gleichzeitigkeitsfaktoren als Korrekturfaktoren in Abhängigkeit der Abnahmemengen und anhand der Messdaten zweier verschiedener Zeitpunkte konnte das Fernwärmenetz kalibriert werden.

Im Anschluss wurde die Ausgangssituation eines Starklastvorkommens eingestellt.

Ausgehend von dieser Ausgangssituation wurden acht verschiedenen Varianten erstellt und berechnet. In diesen wurden die Strömungsquerschnitte in einigen Leitungsabschnitten vergrößert, Blockheizkraftwerke eingesetzt und neue Wärmeübergabestation errichtet. In Tabelle 1 werden die Herangehensweise und der Kalibrierprozess mit PSS SINICAL aufgeführt.

Aufgabenstellung	Lösungsschritte
<b>Kalibrierpunkt 1 (07.02.2012)</b>	Netzdaten & Hintergrundkarte einfügen
	Netzebene festlegen
	Fahrweisen mit anderen Anbietern
	Einstellungen an Übergabepunkte
	Kalibrierungsprozess
<b>Aktuellen Stand erzeugen</b>	Aktuelle Fahrweisen, vertragliche Neuerungen
<b>Kalibrierpunkt 2 (24.01.2013)</b>	Leistungsabsenkung
<b>Variantendurchführung</b>	Szenarienberechnung
<b>Bewertung</b>	Diskussion, Empfehlung, Ausblick

Tabelle 1: Arbeitsablauf und Kalibrierprozess

Im Anschluss wurden die Ergebnisse aus den Berechnungen ausgewertet und verglichen. Es konnten sich zunächst drei Varianten ausgeschlossen werden, deren Ergebnisse keine oder nur eine unzureichende Verbesserung der Situation versprachen. Die verbliebenen Varianten wurden in einer Kostenbetrachtung weiter untersucht.

Abschließend wurde eine Empfehlung für die weitere Vorgehensweise der Stadtwerke Münster Netzgesellschaft mbH bezüglich der Vorgabe einer Druckerhöhung an der Übergabestation in Gievenbeck gegeben. In dieser wird die Einrichtung einer Druckerhöhungsstation im Netz am Stadtbad Mitte Münster vorgeschlagen. Im Vergleich von Kosten, Berechnungsergebnissen und dem baulichen Aufwand hat sich diese Variante als Lösung gegenüber den anderen Varianten deutlich hervorgetan.

Die übrigen Varianten konnten nicht ausgeschlossen werden. Der Betrieb eines BHKW sollte an einen Mehrverbrauch im Netz gekoppelt sein. Dies würde zu einer Erhöhung der allgemeinen Redundanz im Primärnetz beitragen. In diesem Fall muss eine weiterführende wirtschaftliche Betrachtung der Kosten sowie des Betriebes eines Blockheizkraftwerkes an diesem Ort durchgeführt werden.

Lars Stockmann M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann  
Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter

Datum des Kolloquiums:

15. März 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Umwelttechnik  
Biologie und Verfahrenstechnik

Die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Strukturen haben sich in Deutschland in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Die steigende Bevölkerungsdichte und das damit verbundene Wirtschaftswachstum sorgen für einen zunehmenden Flächenbedarf, der durch den Rückbau industrieller Anlagen gedeckt werden kann. In der Vergangenheit wurden Gebäude häufig durch den Einsatz einer Abrisssbirne abgebrochen. Eine Wiederverwertung der verbauten natürlichen Ressourcen wurde dadurch erschwert, wenn nicht sogar vollständig verhindert. Dieses Rückbauverfahren war zwar hinsichtlich der Flächenrückgewinnung effektiv, sollte aber aufgrund der schlechten Recyclingeffizienz aus heutiger Sicht nicht das Verfahren der Wahl sein. Daher wurde der Abbruch durch die Abrisssbirne weiterentwickelt und durch vorgeschaltete Maßnahmen, die in Abbildung 1 dargestellt sind, erweitert.

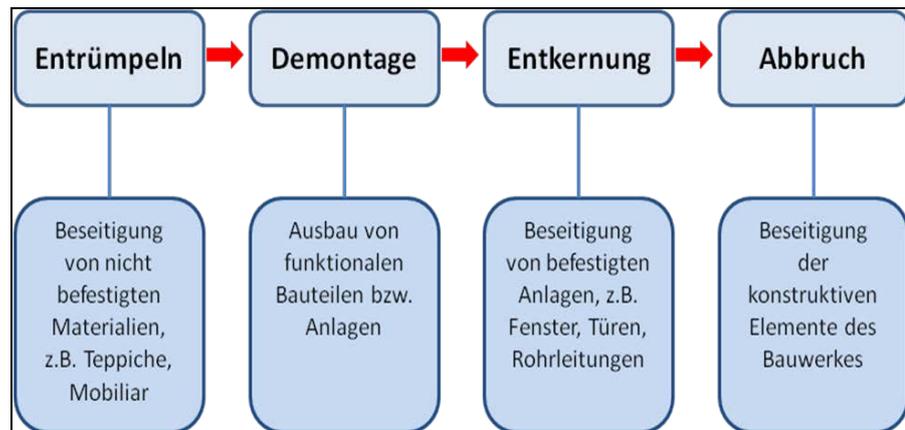


Abbildung 9: Vorgehen bei einer Rückbaumaßnahme

Diese Masterarbeit befasst sich mit dem Rückbau industrieller Anlagen. Es wird aufgezeigt, wie sich der Prozess einer Rückbaumaßnahme zusammensetzt und welche rechtlichen Regelungen dabei die Grundlage darstellen, um der Arbeitssicherheit, dem Umweltschutz und den Forderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes Rechnung zu tragen.

Schadstoffe und problematische Baustoffe treten beim Rückbau von Industrieanlagen häufig auf. Diese werden zwar teilweise schon seit Langem nicht mehr produziert oder verarbeitet, waren jedoch zum damaligen Zeitpunkt der Stand der Technik. Diese Arbeit geht auf die üblicherweise anzutreffenden Gefahrstoffe wie z. B. Asbest, alte künstliche Mineralfaser (KMF), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Biphenyle (PCB) und Pentachlorphenol (PCP) ein und beschreibt das Vorgehen,

wie diese im Zuge des Rückbaus demontiert, separiert und beseitigt werden können.

Die umfassende Vernetzung der einzelnen Gewerke und Bereiche spiegelt sich auch in der Aufschlüsselung der Kostenabschätzung wieder. Neben den örtlichen Gegebenheiten, der Baustelleneinrichtung, den Entsorgungswegen und dem Aufkommen der verschiedenen Schadstoffe darf hier nicht die Rückvergütung aus der Verwertung von Rohstoffen außer Acht gelassen werden.

Eine wichtige Schnittstelle aller Rückbautätigkeiten ist der Arbeitsschutz. Nach Aussage der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft fallen mehr als ein Viertel aller meldepflichtigen Arbeitsunfälle in Deutschland in den Bereich des Bauwesens.

Das Risiko tödlich zu verunglücken liegt beim Rückbau industrieller Anlage in etwa 15 mal höher als im Übrigen Bauwesen (Stand Juli 2010). Dies erklärt den zunehmenden Stellenwert des Arbeitsschutzes, dem in dieser Arbeit daher eine besondere Bedeutung beigemessen wird. Abbildung 2 verdeutlicht die Rangfolge der technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen (TOP) bei einer Rückbaumaßnahme.

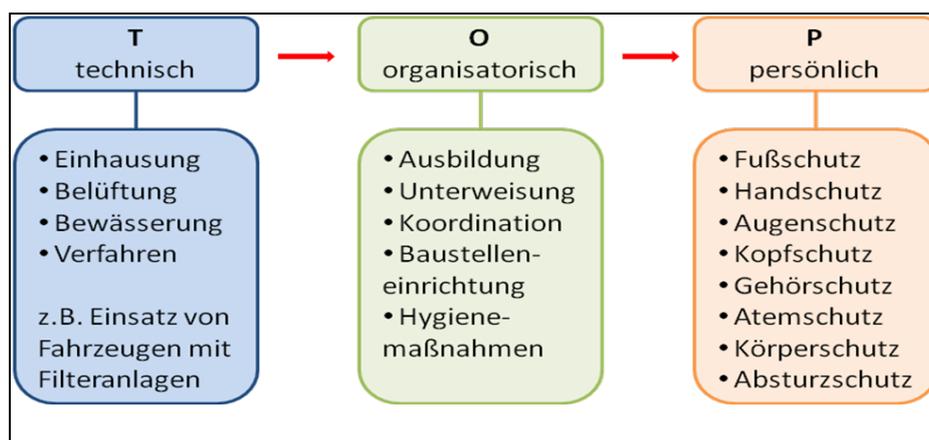


Abbildung 10: Rangfolge der Schutzmaßnahmen

Es wird beschrieben, wie Rückbau- und Entsorgungskonzepte, Arbeits- und Sicherheitspläne oder Sicherheits- und Gesundheitsschutzpläne zusammenwirken und im Rahmen des Arbeitsschutzes unverzichtbare Hilfestellung leisten. Allem voran sind im Bereich der Vorarbeiten die Bausubstanzerkundung und die Gefährdungsbeurteilung zu nennen. Diese tragen durch vorausschauende Planung maßgeblich zum Fundament eines funktionierenden Arbeitsschutzes bei.

## Experimentelle und analytische Untersuchung zur Dachrinnenauslegung für Unterdruckentwässerungssysteme zur Erstellung einer Berechnungsrichtlinie

**Dimitri Stoll B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Zweitprüfer: Dr.-Ing. Abdullah Öngören

Datum des Kolloquiums: 29. August 2013

Studiengang: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Labor für Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: Geberit International AG, Jona, Schweiz



Es existieren zu wenige öffentlichen Publikationen oder Untersuchungen über das optimale Rinnendesign für Unterdruck-Regenentwässerungssysteme. So können keine zuverlässigen mathematischen Modelle abgeleitet werden, welche für eine rechnerische Auslegung benötigt werden. Es ist also unklar, wie die Dachrinnengeometrie mit ihren variablen Parametern das Abflussverhalten des Regenwassereinflusses beeinflusst.

Ziel der Abschlussarbeit war es, ein mathematisches Modell zu erstellen und zu validieren. Mit diesem soll zu einem späteren Zeitpunkt eine Berechnungsrichtlinie für die computergestützte Auslegung von in Dachrinnen eingebauten Regenwassereinflüssen für Unterdruck-Regenentwässerungssysteme erstellt werden. Dieses Modell soll mit praktischen Experimenten an einer Versuchsanlage validiert werden. Dabei stellen sich zwei entscheidende Leitfragen, die in der Abschlussarbeit beantwortet werden.

- Wie muss eine Versuchsanlage aufgebaut sein um möglichst realitätsgetreue Ergebnisse zu liefern ohne zu komplex zu werden?
- Welche Faktoren nehmen Einfluss auf das Strömungsverhalten des Gesamtsystems und wie hängen diese zusammen?

Bei der Konstruktion der Versuchsanlage, mit dessen Hilfe die mathematischen Modelle validiert wurden, wurde sich stark an die Normativen Vorgaben der DIN EN 12056-3 und DIN 1986-100 gehalten. Aus den Normen geht hervor, dass zwei Regenwassereinflüsse maximal 20 m voneinander entfernt sein dürfen. Mit dieser Vorgabe lässt sich die maximale Länge der Dachrinne bestimmen. Eine besondere Aufmerksamkeit wurde auf einen möglichst realitätsgetreuen Befüllvorgang der Dachrinne gelegt. Dies wurde mithilfe von Überlaufrinnen bewerkstelligt. In Abbildung 1 ist die fertige Versuchsanlage dargestellt.

Die Herleitung der mathematischen Modelle erfolgte auf Grundlage von geometrischen Funktionen und der Bernoulli-Gleichung für inkompressible Fluide mit konstanter Dichte. Dies hat zur Folge, dass das mathematische Modell für die Entleerungszeit erst unter Luftabschluss Gültigkeit besitzt. Die Richtigkeit der Modelle konnte mithilfe von Referenzmessungen an der Versuchsanlage belegt werden.

Abbildung 2 zeigt die beiden Modelle in der Gegenüberstellung. Hier wurden

die Kurven für die Entleerungszeit so verschoben, dass sie die Kurven der Füllzeit bei der vorgegebenen Aufstauhöhe schneiden. Dieses Vorgehen ermöglicht an der Abszisse die theoretische Pufferfähigkeit, als zeitliche Differenz zwischen den beiden Modellen mit der Abszisse des Systems abzulesen.

Die Pufferfähigkeit macht eine Aussage über die Dauer die der Entleerungsvorgang später beginnen kann, ohne das die Aufstauhöhe 55 mm übersteigt. Die Fähigkeit, Regen zurückzuhalten, ist äußerst wichtig, da ein Regenereignis nicht linear verläuft, sondern mit Maxima und Minima. Beim Anlaufen des Systems, kann gerade bei fehlerhafter Planung oder Ausführung, ein kurzzeitiger Überstau auftreten. Auch dieser muss durch das Puffervermögen des Systems kompensiert werden.

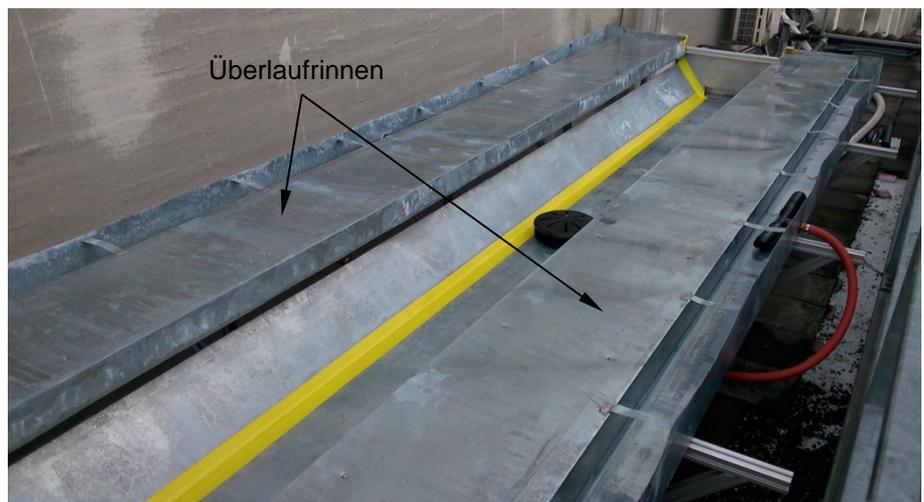


Abbildung 11: Fertige Versuchsanlage bei Stillstand und Betrieb.

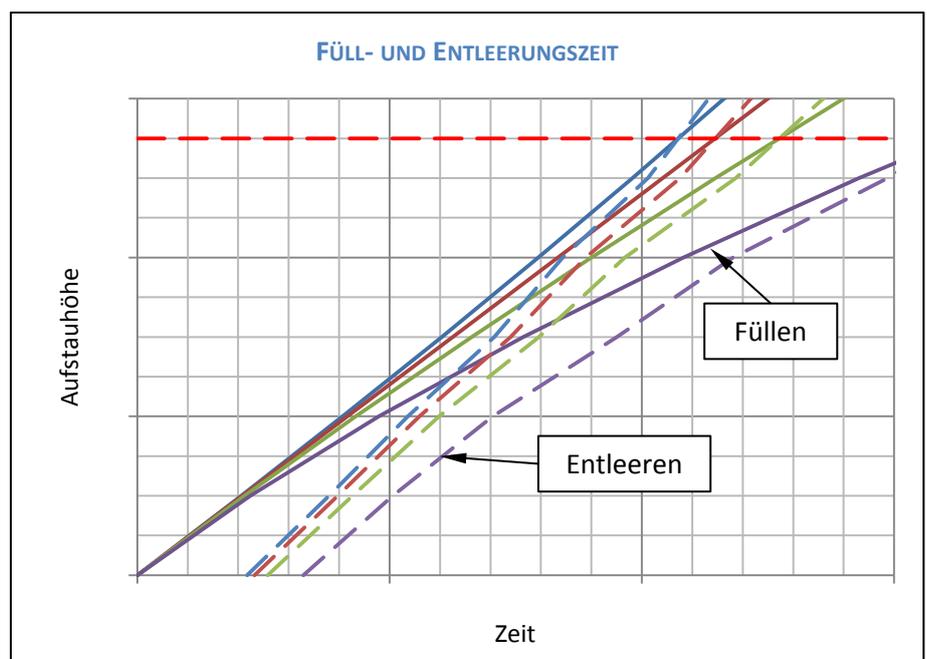


Abbildung 12: Gegenüberstellung der beiden Modelle.

## Entwicklung eines zukunftsfähigen inner- und überbetrieblichen Wärmekonzepts am Beispiel einer Molkerei

### Hessam Sür B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Johannes Schabos
Datum des Kolloquiums:	26. Juni 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Wasser, Abwasser, Abfall und Immissionsschutz
In Kooperation mit:	WESSLING, Altenberge



Die steigenden Energiepreise und die Endlichkeit der fossilen Energieträger sowie der andauernde Klimawandel erfordern zwangsläufig einen sparsameren, effizienten Umgang der Verbraucher mit Energie.

Die lebensmittelverarbeitende Industrie gehört zu den energieintensivsten Sektoren Deutschlands und deswegen beeinflussen die steigenden Energiepreise diesen Industriezweig besonders.

Ziel dieser Bachelorarbeit war die Erarbeitung eines inner- und überbetrieblichen Gesamtenergiekonzepts für die Privatmolkerei Naarmann, um die Energiebereitstellungskosten zu senken. Dabei sollte insbesondere die Abwärmequelle Seekühlwasser der Molkerei, die bislang in einen See eingeleitet wird, genutzt werden.

Nach dem ersten Betriebsrundgang in der Privatmolkerei Naarmann, wurden mehreren Abwärmequellen festgestellt.

Anschließend wurde an den ermittelten Abwärmequellen Messungen vorgenommen und deren Wärmerückgewinnungsleistungen errechnet.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden folgende inner- und überbetrieblichen Wärme- beziehungsweise Energie-Konzepte betrachtet:

#### **Innerbetriebliche Energiekonzepte**

Variante 1: Blockheizkraftwerk

Variante 2: Blockheizkraftwerk mit elektrischer Wärmepumpe

#### **Überbetriebliche Energiekonzepte**

Variante 1: Heizzentrale: Blockheizkraftwerk, elektrische Wärmepumpe und Spitzenlastkessel mit Nahwärmenetz

Variante 2: Heizzentrale: Blockheizkraftwerk, erdgasbetriebene Wärmepumpe und Spitzenlastkessel mit Nahwärmenetz

Variante 3: Nahwärmenetz der Gemeinde und Zukauf von Wärmeenergie der Privatmolkerei Naarmann

Basierend auf den aktuellen Verbrauchsdaten der Privatmolkerei Naarmann, wurden die zwei innerbetrieblichen Szenarien bezüglich ihrer energetischen und ökonomischen Effizienz betrachtet.

Bei der Betrachtung der Szenarien stellte sich heraus, dass beide Szenarien wirtschaftlich realisiert werden können. Die Amortisationszeiten liegen jeweils unterhalb einer Dauer von zwei Jahren.

Durch die Umsetzung der Variante 1 und der Wärmerückgewinnung aus den Abwärmequellen, kann der Kohlenstoffdioxid-Ausstoß der Privatmolkerei Naarmann um 2.411 t pro Jahr gesenkt werden.

Durch die Realisierung eines überbetrieblichen Gesamtenergiekonzepts mit einer Vergrößerung der Anzahl der Energienutzer und -verbraucher ergeben sich häufig Synergien, Verbrauchs- und Kostenvorteile. Für die betrachtete Gesamtsituation der Privatmolkerei Naarmann und der Gemeinde Neuenkirchen wurden drei verschiedene Szenarien kalkuliert.

Alle betrachteten Varianten erfordern den Aufbau eines Nahwärmenetzes, die nötigen Investitionskosten stellen den vorherrschenden Faktor in der Amortisationsrechnung dar. Die einzige überbetrieblich ausgelegte Variante, welche wirtschaftlich sinnvoll umgesetzt werden kann, stellt Variante 3 dar.

Dieses Ergebnis zeigt, dass sich bei der Energiebereitstellung von Unternehmen mit großem elektrischen und thermischen Energiebedarf durch die Anwendung von zeitgemäßen Technologien wie Blockheizkraftwerken und Hochtemperatur-Wärmepumpen erhebliche Kosteneinsparungen realisieren lassen.

Durch die Betrachtung des Gesamtumfeldes solcher Unternehmen, wie im vorliegenden Fall der Gemeinde Neuenkirchen, kann durch die Wahl eines geeigneten Gesamtkonzepts weitere Kosteneinsparungen erzielt werden. Durch diese Konzepte lassen sich nicht nur Kosten sparen, sondern es kann auch der Primärenergiebedarf erheblich reduziert werden, wodurch die Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)-Bilanz verbessert wird.

Hier zeigt sich, dass die Kombination von aktivem Umweltschutz und wirtschaftliche sowie kostenoptimierte Produktion möglich ist.

## Der deutsche Corporate Governance Kodex Überwachung und Steuerung mithilfe der Balanced Scorecard

**Theo Thesing B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Klaus-Ulrich Remmerbach  
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Dirk Dresselhaus

Datum des Kolloquiums: 01. Juli 2013

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Institut für technische Betriebswirtschaft



Die zugrunde liegende Arbeit beschäftigt sich mit der Ausarbeitung eines Instruments, um die Überwachung und Steuerung des Deutschen Corporate Governance Kodex zu unterstützen.

Es wird versucht, das bewährte Modell der Balanced Scorecard von Kaplan und Norton dahingehend zu spezifizieren, dass es die Organe im dualistischen Führungsprinzip deutscher Aktiengesellschaften bei der Sicherstellung einer „guten“ Unternehmensführung, der sogenannten Corporate Governance, unterstützt.

Im Hinblick darauf wird zuerst die wirtschaftliche Entwicklung der letzten Jahre herausgestellt, auf der die Notwendigkeit der Corporate Governance Diskussion beruht, um daraufhin die, der Diskussion zugrunde liegenden, theoretischen und gesetzlichen Grundlagen zu erläutern.

Anschließend wird der, aus der Corporate Governance Diskussion hervorgegangene, Deutsche Corporate Governance Kodex und dessen Entstehungsgeschichte geschildert.

Nach Erläuterung der strukturellen Eigenschaften deutscher Aktiengesellschaften und deren Organe wird im Folgenden das originäre Modell der Balanced Scorecard von Kaplan und Norton vorgestellt, um auf Basis dessen, ein speziell auf die Überwachung und Steuerung des Deutschen Corporate Governance Kodex zugeschnittenes Balanced Scorecard Modell zu entwickeln.

Abschließend wird die Balanced Scorecard im Vergleich zu anderen Kennzahlensystemen gewürdigt und an einem aktuellen Fall aus der Wirtschaft die Notwendigkeit eines Steuerungsinstrumentes für den Deutschen Corporate Governance Kodex herausgestellt.

## Optimierung der Druckluftversorgung am Beispiel der Fuhrparkwerkstätten eines städtischen Verkehrsbetriebes

**Oliver Thiemann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	22. Mai 2013
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Stadtwerke Münster GmbH, Hafenplatz 1, 48155 Münster



Die Kommission der Europäischen Union hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahre 2020 20 % der Treibhausgasemissionen und somit des Primärenergieverbrauchs gegenüber 1990 einzusparen, und hat dieses Ziel zu einem der fünf wichtigsten Ziele der Strategie „Europa 2020 für ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum“ gemacht. Hierbei sollen weiter entwickelte Staaten eine Vorreiterrolle einnehmen und im Vergleich zu Entwicklungsstaaten deutlich mehr einsparen.

Der Verkehrsbetrieb der Stadtwerke Münster steht vor der Herausforderung auf Basis des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes 2010 eine Reduzierung von 24 % bis zum Jahr 2020 zu erreichen. Hierzu gehören neben den Dieselverbräuchen der Stadtbusse insbesondere auch die Strom- und Wärmeverbräuche in der Nutzfahrzeugwerkstatt und in den Abstellhallen.

Neben der Beleuchtung ist die Druckluftversorgung dabei ein Hauptverbraucher. Da die Stadtwerke und somit auch der Verkehrsbetrieb Münster der Allianz für Klimaschutz angehören, besteht die Auflage den Verkehrsbetrieb bis 2020 energieautark betreiben zu können und somit eine CO<sub>2</sub>-Neutralität zu erreichen.

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Theorie der Optimierung von Druckluftanlagen zu erarbeiten und dann das Energieeinsparpotenzial im Bereich der Druckluftversorgung in Fuhrparkwerkstätten des Verkehrsbetriebes Münster zu ermitteln und erste Schritte einzuleiten. Hierzu musste der Stromverbrauch der Druckluftanlage gemessen und analysiert werden. Zum Abschluss sollten Empfehlungen für die Zukunft ausgesprochen werden.

Nach einer Reihe von Messungen kam man zu der Erkenntnis, dass eine Änderung im Betriebsablauf zu einer enormen Energieeinsparung führte. Der Stromverbrauch innerhalb von einer Woche ist von 1.925 kWh/w auf 845 kWh/w gesunken. Bezogen auf ein Jahr hat diese Energieeinsparung die in Tabelle 1 dargestellten Auswirkungen.

Tabelle 1: Vergleich der Jahresstromkosten

Verbrauch Istzustand in kWh/w		1.925,00
Jahresverbrauch in kWh		100.100,00
Kosten/kWh	0,24 €	
<b>Jahreskosten</b>		<b>24.024,00 €</b>
Verbrauch nach Optimierung in kWh/w		845,00
Jahresverbrauch in kWh		43.940,00
Kosten/kWh	0,24 €	
<b>Jahreskosten</b>		<b>10.545,60 €</b>
<b>Differenz Jahreskosten</b>		<b>13.478,40 €</b>

Durch einen relativ simplen Eingriff in die Betriebsabläufe ließen sich also 56,10 % an Energiekosten für die Druckluftherzeugung einsparen. Bezogen auf den gesamten Stromverbrauch des Verkehrsbetriebes bedeutete dies eine Einsparung von 8,22 %.

Wenn der Verkehrsbetrieb die in dieser Arbeit beschriebenen Optimierungsschritte in Zukunft durchführen lässt, so kann man mit weiteren Einsparungen gerechnet werden. Oberste Priorität sollte die genaue Analyse der Druckluftanlage haben. Denn erst wenn das erledigt wurde, können die Parameter wie z. B. Betriebsdruck optimal konfigurieren.

Da zum jetzigen Zeitpunkt unbekannt ist, wie hoch die Druckverluste durch Leckagen sind, kann man den optimalen Betriebsdruck nur ungenau ermitteln. Weitere Einsparpotenziale können durch Einsatz einer Zeitschaltuhr, Druckminderern an der Verteilung und der Modernisierung der Anlage erschlossen werden. Weitere 20 – 30 % Energieeinsparung stellen einen realistischen Wert dar. Auf dem Weg zur Energieautarkie und somit zur CO<sub>2</sub>-Neutralität des Verkehrsbetriebes sind dies wichtige Etappen.

Das Ziel dieser Arbeit den Verkehrsbetrieb zu einer höheren Energieeffizienz bei der Druckluftherzeugung zu führen, wurde erreicht und durch das Ergebnis auch übertroffen. Des Weiteren wurde verdeutlicht, dass weitere Energieeinsparpotenziale vorhanden sind und man diesen Weg weiter verfolgen sollte.

## Entwicklung eines Tools zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Kältespeichern in Kaltwassersystemen

**Dipl.-Ing. Gregor Thissen M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	19. März 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäude- und Energietechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Ottensmeier Ingenieure GmbH, Paderborn



Im Jahr 2009 wurde die Firma Ottensmeier Ingenieure von der Firma DMG Mori Seiki (ehem. Gildemeister) beauftragt, eine Analyse zum Thema Energieoptimierung in der Haustechnik zu machen. Bei der Untersuchung kam heraus das einige der installierten Lüftungsanlagen mit einem sehr hohen energetischen Aufwand betrieben wurden.

Im Laufe der Jahre wurden einige Lüftungsanlagen ausgetauscht. Des Weiteren sollten die Werkhallen 3 – 6 auch gekühlt werden. Um den Kühlbedarf der Hallen zu ermitteln, wurde die Fa. Carpus + Partner AG mit der Aufnahme von Daten und Messungen zum Energieverbrauch beauftragt. Eine Kühllastberechnung für die Hallen liegt nicht vor. Es existieren lediglich nur vor Ort ermittelte Daten.

Nach ersten Erkenntnissen und den daraus resultierenden Ergebnissen sollte eine neue Wärme- bzw. Kältezentrale geplant und errichtet werden. Da das Unternehmen DMG Mori Seiki einen hohen Wert darauf legt Kühlenergie bzw. Heizenergie möglichst CO<sub>2</sub> sparsam zu erzeugen, wurde beschlossen eine Geothermie Zentrale zu errichten, die über drei Schluck und drei Saugbrunnen die Erdwärme nutzt.

Da die daraus gewonnene Energie nicht ausreicht um die erforderliche Kühllast der Hallen 3 – 6 zu decken, soll geprüft werden, ob es nicht sinnvoll und wirtschaftlich ist, einen Eisspeicher einzusetzen, welcher die „Peak“ Kühllast abdeckt.

Ziel dieser Masterarbeit ist es ein Tool zu entwickeln, mit dem man die gesamte Eisspeicheranlage wirtschaftlich betrachten kann und die Erkenntnisse auf andere Anlagen übertragbar sind.

Die Arbeit beschäftigt sich unter anderem mit der Simulation des Tageslastganges der Kühlung.

Um den Tagesgang so genau wie möglich zu bestimmen, werden stündliche Außentemperaturen und die direkte Sonnenstrahlung auf horizontale Fläche, der Berechnung zugrunde gelegt. Die Wetterdatensätze basieren auf den Testreferenzjahren (TRY) des Deutschen Wetterdienstes für die Region Bielefeld.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Kühllastgang, der aus dem Berechnungstool entstanden ist.

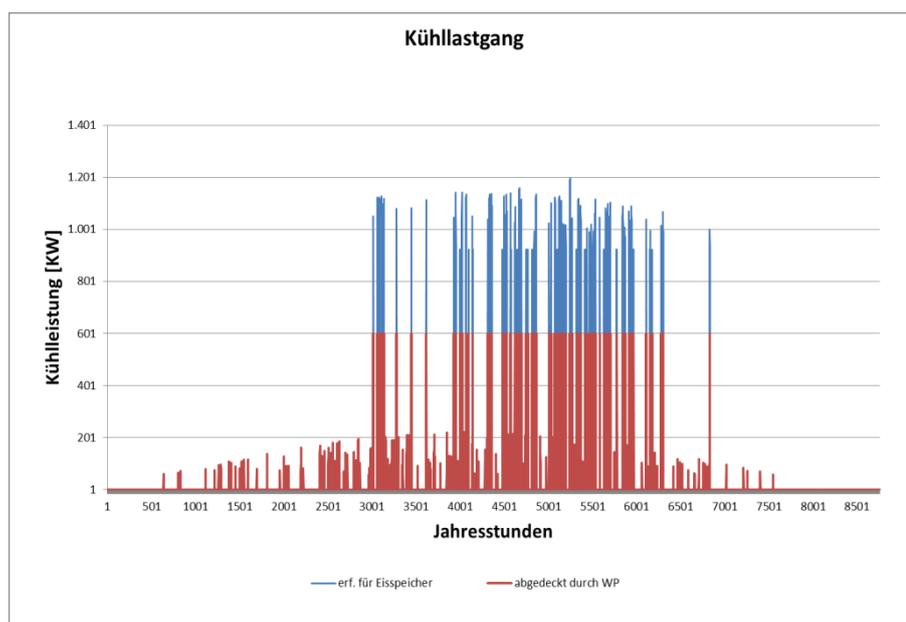


Abbildung: Kühllastgang der Hallen 3-6 bei DMG Mori Seiki

Der Theoretische - Ansatz zeigt, dass auch in den Wintermonaten technische Kühlung erforderlich ist, der Grund dafür liegt darin das trotz der niedrigen Außentemperaturen die solare Strahlung dazu führt, dass die Hallen Kühlbedarf haben. Werden die Stunden, an denen zusätzlich zu den Wärmepumpen noch weitere technische Kühlung benötigt wird zusammenaddiert, so bekommt man als Ergebnis 357h/a an denen Kühlleistung aus dem ESP bezogen werden soll/könnte.

Da die Betriebsstunden und somit der Tageslastgang und die Nutzungsdauer der Kühlanlage, bei dem untersuchten Projekt, auf einem Niveau sind, die eine wirtschaftliche Implementierung einer Eisspeicheranlage unter dem Gesichtspunkt der Einsparung von Strom wirtschaftlich nicht rechtfertigen, wird dazu geraten, diese Investition nicht durchzuführen, sondern den Einsatz einer Kompressionskältemaschine zu bevorzugen.

## Untersuchung einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung während der Winterzeit

**Riccardo Valentino B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker

Datum des Kolloquiums:

23. Mai 2013

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Labor für sanitäre Haustechnik



Das Ziel dieser Bachelorarbeit bestand darin, eine solarthermische Anlage zur Trinkwassererwärmung während der Winterzeit zu untersuchen.

Zu diesem Zweck wurden am Solarversuchsstand der Fachhochschule Temperaturmessungen vorgenommen. Die Temperaturverläufe der täglichen Messungen wurden mit der Software Excel gespeichert und dargestellt.

Nach der einmonatigen Messphase wurde ein Solarertrag zur Warmwasseraufbereitung von 50,583 kWh errechnet und ein Warmwasser-Deckungsgrad von 7,8 % ermittelt. Des Weiteren wurde mit dem Simulationsprogramm T\*SOL Expert eine Simulation erstellt, in der alle Parameter des Versuches und die Wetterdaten der Fachhochschule Münster übertragen wurden.

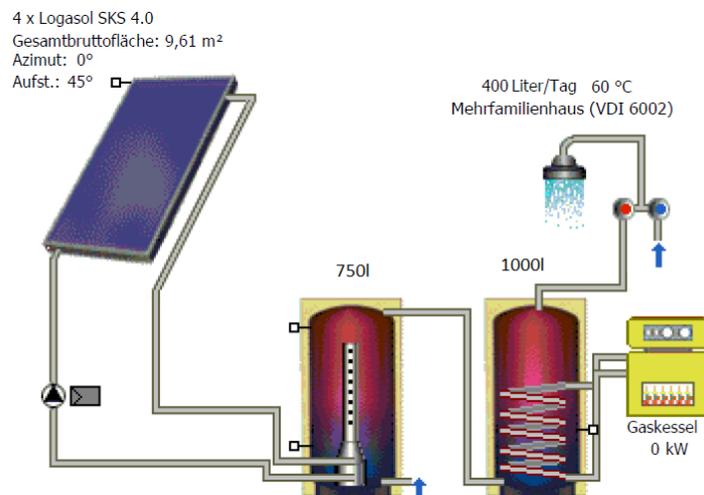


Abbildung 13: T\*SOL Anlagenschema

Das Ergebnis der Simulation ergab einen Solarertrag von 58,27 kWh, dem entspricht ein Warmwasser-Deckungsgrad von 9 %. Zwischen den Messungen und dem Simulationsprogramm ergibt sich eine Differenz von ca. 15 %. Ein Teil der Differenz kann auf die fehlende Isolierung am Solarvorlauf bzw. -rücklauf zurückgeführt werden.

Durch eine Wärmeverlustrechnung der nicht isolierten Rohrleitung ergab sich ein Gesamtwärmeverlust von 1,62 kWh.

Zudem wurden in T\*SOL verschiedene Änderungen der Solarkomponenten vorgenommen, um den Solarertrag in den Wintermonaten zu steigern. Änderungen an der Kollektorneigung und dem Azimutwinkel sowie an den Regelungsparametern und eine Erhöhung des Volumenstroms, führten zu einem Ergebnis von 96,16 kWh und einen Warmwasser-Deckungsgrad von 14,8 %.

Als Ergebnis der Bachelorarbeit lässt sich festhalten, dass der Warmwasserverbrauch in den Wintermonaten durch eine Solaranlage allein nicht ausreichend gedeckt werden kann. Dies wäre nur dann möglich, wenn sehr viele Solarkollektoren und ein großer Speicher vorhanden wären. Dadurch würden hohe Anschaffungskosten entstehen, sodass die Anlage nicht mehr wirtschaftlich betrieben werden könnte. Ein weiterer Nachteil wäre, dass sich die Solaranlage im Sommer zu stark aufheizt.

Natürlich erzeugt die Solaranlage auch im Winter Warmwasser, allerdings deutlich weniger als im Sommer. Die Solaranlage kann im Winter kaum Warmwassertemperaturen von 50 – 60 °C erreichen. Allerdings unterstützt eine Solaranlage im Winter die herkömmliche Warmwasseraufbereitung dadurch, dass eine Erwärmung des Kaltwassers von ca. 20 °C Temperaturerhöhung möglich wäre.

Durch Änderung verschiedener Parameter lässt sich der Solarertrag im Winter steigern. Am Beispiel des Versuchsstandes im Zeitraum der Messungen um rund 38 kWh. Dieser Mehrertrag muss jedoch in Relation zu den Umbaukosten gesetzt werden, sodass ein Betrieb der Anlage nicht mehr wirtschaftlich wäre.

Für diese Aufgabenstellung hat sich das Simulationsprogramm T\*SOL Expert 4.5 als hilfreich erwiesen. Die einfache Darstellung von Solaranlagen, das große Angebot an Anlagenschemata und Anlagenkomponenten sowie die einfache Bedienung des Programms ermöglichen es dem Benutzer, in kurzer Zeit wirklichkeitsgetreue Simulationen durchzuführen.

**Philipp Wiggers B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting

Datum des Kolloquiums: 02. August 2013

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Energietechnik  
 Laborbereich: Umwelttechnik - Wasser, Abwasser, Abfall und Immissionsschutz



Kleinwindkraftanlagen sind Windkraftanlagen mit einer Nennleistung von unter 100 Kilowatt. Besonders Kleinstanlagen (< 1 Kilowatt), können gut auf Hausdächern und privaten Grundstücken aufgestellt werden und könnten so als dezentrale Stromerzeugungsanlagen zur Verbreiterung der Energieversorgung, aus erneuerbaren Energiequellen, beitragen. Die Dezentralität könnte auch das Verbleiben der Wertschöpfungskette in der Region ermöglichen.

In dieser Bachelorarbeit wird untersucht, ob Kleinwindkraftanlagen dazu in der Lage wären, die oben dargelegte Rolle zu übernehmen. Hierfür werden unter anderem technische, wirtschaftliche und rechtliche Faktoren dieser Technologie betrachtet.

Vergleicht man Kleinwindkraftanlagen mit Großwindkraftanlagen, so fällt, neben der Größe, besonders der schlechtere Wirkungsgrad der Kleinwindkraftanlagen auf. Er beträgt typischerweise ca. 35 % gegenüber 50 % bei den Großen.

Momentan gehören Kleinwindkraftanlagen noch fast gar nicht zum typischen Ortsbild in Deutschland, was sich auch in den absoluten Zahlen manifestiert: Hierzulande wurden bisher ungefähr 10.000 Anlagen installiert. Dagegen gibt es in Großbritannien schon fast doppelt so viele Kleinwindkraftanlagen. Weitere Vorreiterländer sind China und die USA. Bedingt ist dieser Unterschied, durch eine bessere Förderung in diesen Ländern, besonders aber in Großbritannien. Dennoch ist in Deutschland das Potenzial vorhanden, um gleiche und sogar noch höhere Installationszahlen, wie in Großbritannien, zu erreichen.

Die geringe Verbreitung dieser Technologie ist auch fehlenden Standards und Zertifikaten, sowie einem komplizierten und uneinheitlichen Baugenehmigungsrecht, geschuldet. So gibt es in allen deutschen Bundesländern unterschiedliche Gesetzgebungen. Kleinwindkraftanlagen müssen des Weiteren Immissionsschutzrechtliche Auflagen erfüllen, was oftmals Gutachten erfordert und so die Installationskosten in die Höhe treibt.

Wird der Strom aus Kleinwindkraftanlagen in das öffentliche Netz eingespeist, hat der Betreiber natürlich Anspruch auf die Fördermittel aus dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz. Die Einspeisevergütung ist die gleiche wie für Großwindkraftanlagen, nämlich 8,93 Cent je Kilowattstunde. Weiterhin können zur Finanzierung günstige Subventionskredite der „Kreditanstalt für Wiederaufbau“ bezogen werden.

Es konnte ermittelt werden, dass sich die spezifischen Investitionskosten und

die Stromgestehungskosten umgekehrt proportional zur Nennleistung verhalten. Das bedeutet, dass je höher die Anlagennennleistung, desto niedriger die spezifischen Investitionskosten und die Stromgestehungskosten.

Für fünf verschiedenen Kleinwindkraftanlagen wurden, in drei unterschiedlichen Szenarien, Energieertragsberechnungen angestellt. Dabei zeigte sich, dass der Ertrag stark vom Aufstellungsort und den dortigen Windverhältnissen. Eine Anlage mit einer Kilowatt Nennleistung hat, bei den in Deutschland üblichen Windverhältnissen, einen Energieertrag von ungefähr 800 Kilowattstunden pro Jahr. Eine weitere Erkenntnis der Ertragsberechnungen war, dass vertikale Anlagen einen weitaus schlechteren Ertrag aufweisen, teilweise sogar um ein mehrfaches niedriger, als bei horizontalen Kleinwindkraftanlagen mit vergleichbarer Nennleistung.

Auf Basis der Ertragsberechnungen wurde die Wirtschaftlichkeit der fünf Anlagen untersucht. Dabei zeigte sich, dass nur einzelne Anlagen, und auch nur bei guten Bedingungen, einen wirtschaftlichen Betrieb, und damit eine Amortisation der Aufwendungen, vorweisen können. Die heutigen Förderstrukturen bevorzugen eindeutig große Windkraftanlagen.

Besonders die kleinsten untersuchten Anlagen, sowie Anlagen mit einem vertikalen Rotor, konnten in keinem Szenario wirtschaftlich betrieben werden. Größere Kleinwindkraftanlagen mit einem horizontalen Rotor, könnten durch eine höhere Einspeisevergütung noch früher amortisiert werden und einen höheren Gewinn erwirtschaften. In diesem Szenario mit einer hohen angenommenen Einspeisevergütung von 25 Cent je Kilowattstunde, konnten jedoch auch einige weniger ertragsstarke Anlagen, schon relativ nahe an den gewinnbringenden Betrieb heranrücken.

Damit Kleinwindkraftanlagen ihr prognostiziertes Potenzial ausschöpfen können, müssen also besonders Politik und Behörden, die zurzeit noch bestehenden Hürden aus dem Weg räumen. Ebenso müssen aber die Hersteller, die bestehenden technischen Probleme angehen. Besonderer Handlungsbedarf besteht bei den Kleinstanlagen.

## Asset Management für ein elektrisches Verteilungsnetz Ansätze einer Strategie für die Stadtwerke Greven

**Malte Wilpsbäumer B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Datum des Kolloquiums:	03. April 2013
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Stadtwerke Greven GmbH, Greven



Mit dem Beginn der Regulierung des europäischen Strombinnenmarktes und den damit verbundenen Novellierungen des EnWG haben sich die Voraussetzungen für Betreiber von elektrischen Energieversorgungsnetzen grundlegend geändert. Dazu hat insbesondere die seit 2008 durchgeführte Anreizregulierung beigetragen.

Deshalb ist eine kurze Beschreibung der Anreizregulierung und ihre Auswirkungen für Betreiber von elektrischen Verteilungsnetzen der Einstieg in diese Arbeit. Im Rahmen der Anreizregulierung sollen Netzbetreiber einen Anreiz zur Kostensenkung erhalten. Dazu werden von der zuständigen Regulierungsbehörde die Erlöse, die mit einem Netz erzielt werden dürfen, für jeweils eine Regulierungsperiode von fünf Jahren festgeschrieben. Daher kann ein Netzbetreiber nur durch Kostensenkung seinen Gewinn steigern. Durch die Anwendung eines Effizienzwertes werden Ineffizienzen im Netz ermittelt, die über eine Regulierungsperiode kontinuierlich abgebaut werden müssen. So bilden die genehmigten Erlöse einen vom Ausgangsniveau aus fallenden Erlöspfad.

Da aber der Betrieb von elektrischen Verteilungsnetzen kapitalintensiv ist, stehen Netzbetreiber vor dem Problem Netzkosten zu reduzieren und gleichzeitig die hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Um diesen Konflikt zu lösen kann vonseiten eines Netzbetreibers ein ganzheitliches Asset Management System installiert werden um die Instandhaltung des Netzes auf die Anforderungen der Anreizregulierung anzupassen.

Aus diesem Grund ist im Zuge dieser Arbeit eine theoretische Betrachtung von Instandhaltung und Erneuerung durchgeführt worden. Hier wird verdeutlicht, welche Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien existieren und was bei ihrer Anwendung zu beachten ist. Außerdem werden Einblicke in die zukunftsorientierte Netzplanung und Ressourcenplanung gegeben.

Darauf aufbauen widmet sich die Arbeit den Möglichkeiten ausgewählte Strategien zu steuern. Darunter fällt einerseits die Bereitstellung von Daten zur Entscheidung über Strategien. Dazu gehören z. B. Methoden zur Ermittlung der Bedeutung einer Anlage, die bedingt, ob etwa eine aufwendige zustandsorientierte Instandhaltung vertretbar ist. Andererseits werden hier Möglichkeiten genannt, wie konkrete Investitions- und Instandhaltungsmaßnahmen geplant werden können. Insbesondere die Ermittlung des Betriebsmittelzustands ist hier von Bedeutung. Ein weiterer wichtiger Aspekt der Strategiesteuerung

sind die Grundsätze zur Ermittlung von Kennzahlen, die aufzeigen, was bei der Aufstellung von Kennzahlen generell beachtet werden muss. Dies ist wichtig, da Kennzahlen die Basis für jegliche Strategiesteuerung sind.

Neben diesen Steuerungsmethoden anhand technischer Daten kommt der Budgetierung und damit verbunden einem Erlöspfadmanagement für Netzbetreiber eine existenzielle Bedeutung zu. Da die Erlöse für eine gesamte Regulierungsperiode von den Netzkosten im Basisjahr abhängen müssen die Netzkosten im Basisjahr möglichst hoch ausfallen um hohe Erlöse machen zu dürfen. Um dies zu erreichen muss ein Erlöspfadmanagement installiert werden, welches dafür sorgt, dass Instandhaltungen und Erneuerungen so über eine Regulierungsperiode verteilt werden, dass sowohl dem technischen Instandhaltungs- bzw. Erneuerungsbedarf als auch einer optimalen Erlöswirkung Rechnung getragen wird. Zudem muss eine zu unsymmetrische Verteilung zugunsten des Basisjahres vermieden werden, da sonst die Gefahr einer Nichtanerkennung von Teilkosten durchgeführter Maßnahmen besteht.

Anhand dieser theoretischen Grundlagen wurde die aktuelle Anwendung von Asset Management bei den Stadtwerken Greven analysiert um Verbesserungspotenziale zu erkennen. Teil davon ist der Aufbau und die Auswertung eines technischen Anlagenregisters, welches die Datenbasis für Entscheidungen zu Strategieauswahl und –steuerung sein soll.

Schließlich folgen aus den ermittelten Potenzialen Handlungsempfehlungen zu konkreten Verbesserungen des Asset Managements der Stadtwerke Greven. Dazu gehören neben Empfehlungen zur Anwendung von bestimmten Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien für spezifische Betriebsmitteltypen auch Hinweise zur Datenerfassung und –auswertung. Dabei wurde aufgrund der begrenzten finanziellen und personellen Ressourcen der Stadtwerke Greven der Fokus darauf gelegt, ob bestehende Instrumente, wie die Anlagenüberwachung durch die Leitwarte, für diesen Zweck genutzt werden können.

## Xiao Xu B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dr. rer. nat. Oliver Wolff
Datum des Kolloquiums:	29. August 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Sanitärtechnik
In Kooperation mit:	Geberit AG



Ein gutes Dusch WC erfordert heute nicht nur eine ausgezeichnete Spülqualität und ein luxuriöses Aussehen, sondern auch ein angenehmes Geräusch. Hinsichtlich der subjektiven Auswertungen denken 67,5% der Befragten, dass die Akustik eine Rolle beim Kauf eines Dusch WCs spielt. Dieser Anteil erhöht sich signifikant, wenn im Anschluss an den Test noch einmal dieselbe Frage gestellt wird, was darauf hindeutet, dass die Akustik vor allem dann wichtig ist, wenn man sie thematisiert und bewusst wahrnimmt.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit sollte die Kernrolle der menschlichen Bewertung für Dusch WCs herausgefunden und daraufhin die Hinweise zur Optimierung der Produkte erarbeitet werden. In dieser Untersuchung wurden 9 Dusch WCs getestet und Geräuschbeispiele mit dem Ziel einer subjektiven Bewertung 80 Testpersonen vorgespielt. Dies geschah sowohl für die Originalgeräusche als auch für Geräusche, die künstlich auf den gleichen Schallpegel gesetzt wurden. Aus dem Vergleich der beiden Untersuchungen konnte der Einfluss des Schallpegels sowie der Klangqualität auf die subjektive Bewertung abgeschätzt werden. Um eine Rangliste anfertigen zu können, muss eine übergreifende Bewertung der subjektiven Auswertung erstellt werden. Diese Bewertung ergibt sich aus dem Durchschnitt der Teilbewertungen ergeben.

$$Z = F_1 \cdot N_1 + F_2 \cdot N_2 + \dots + F_n \cdot N_n$$

$Z$  : Durchschnittliche Bewertung (umgekehrte Werte)

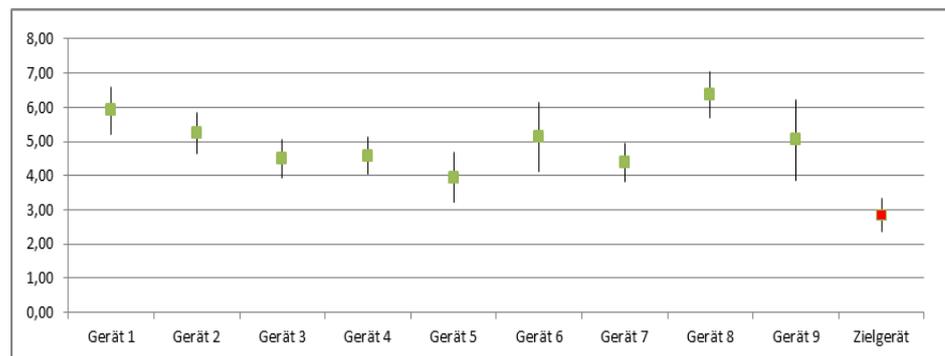
$F_i$  : Relative Wichtigkeit bzw. Häufigkeit der Nutzung der Gerätefunktion (in Prozentzahl)

$N_i$  : Subjektive Bewertung der Auswertung vom  $i$ -ten Versuchsteilnehmer

Bei der akustischen Optimierung konzentrieren sich die meisten Leute ausschließlich auf die Lautstärke. Durch eine durchgeführte Untersuchung konnte jedoch eine Korrelation aufgestellt werden, die zeigt, dass der Geräuschpegel bei der menschlichen Empfindung generell kaum eine Rolle spielt, aber die Klangqualität einen entscheidenden Einfluss hat.

Die in der Kalkulation enthaltenen a- und b-Werte (relativer Beitrag der Klangqualität und des Pegels aus der subjektiven menschlichen Bewertung) zeigen jedoch eine Standardabweichung der Mittelwerte von ca. 50%. Dies deutet auf hohe Schwankungen bei der subjektiven Bewertung hin und zeigt, dass jede Versuchsperson eine individuelle Empfindung hat, die von derer anderer abweichen kann. So kann z.B. ein Gerät trotz höheren Pegels als angenehmer empfunden werden, je nach Versuchsperson.

Die Maßnahme, alle angenehmen Geräusche in einem Gerät zu konzentrieren, zeigte eine deutliche Verbesserung bei der menschlichen Empfindung. Kalkulation und Simulation ergab eine höhere Bewertung der Produkte sowie eine etwa auf die Hälfte reduzierte Standardabweichung. In diesem Fall sind sich die Versuchspersonen offenbar eher einig über die qualitative Güte des Klanges. Die individuelle Schwankung bei der subjektiven Bewertung ist kleiner.



**Abbildung 1 Voraussichtliche Bewertung des Zielgeräts**

Dieses Projekt hat gezeigt, dass Geberit sowohl die Möglichkeit als auch die Fähigkeit hat, die Produkte in der Akustik zu optimieren. Für zukünftige Untersuchungen der akustischen Optimierung ist es wichtig, neben der Schallpegelreduktion vor allem die Klangqualität zu berücksichtigen.

## „Kraftwerk“ Künstlerdorf Schöppingen Auswahl und Dimensionierung der zentralen Heizungsanlage

**Maximilian Zbocna B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	02. August 2013
Studiengang:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Heizungstechnik
In Kooperation mit:	Stiftung Künstlerdorf, Schöppingen



Die Stiftung Künstlerdorf Schöppingen nimmt mit dem Projekt „Kraftwerk Künstlerdorf“ an der Regionale 2016 teil. Die Regionale 2016 des westlichen Münsterlands ist eines von mittlerweile acht Strukturförderprogrammen des Landes Nordrhein-Westfalen, welches die zentralen Themen des optischen Wandels, des lokalen Arbeitsmarktes und des demografischen Wandels mit dem Auftrag der nachhaltigen Sicht- und Vorgehensweise fördert.

Das Projekt „Kraftwerk Künstlerdorf“ sieht u. a. eine modellhafte energetische Sanierung im denkmalgeschützten Bestand, sowie die Entwicklung gestalterisch angepasster Energiegewinnungsanlagen zur Erzeugung von Energie aus regenerativen Quellen auf dem Gelände des Künstlerdorfes vor.

Eine vorangegangene Bachelorarbeit, zur Grundlagenermittlung und den Energieeinsparpotenzialen lässt u. a. durch die Sanierung der Heizungsanlage eine erhebliche Effizienzsteigerung erwarten.

Folglich ist die Auswahl und Dimensionierung einer zentralen Heizungsanlage zur Wärmeversorgung aller zum Künstlerdorf gehörenden Gebäude, sowie optional dem Rathaus, Grundlage der Ausarbeitung. Dabei sind die Vorgaben der Regionale 2016 und dem teilnehmenden Projekt „Kraftwerk Künstlerdorf“ besonders zu beachten.

Vor der konkreten technischen und wirtschaftlichen Untersuchung wurden die Grundvoraussetzungen ermittelt, die Bedürfnisse des Betreibers und der gegenwärtige Zustand erhoben.

Die Bedarfsermittlung, in Form einer optimierten Heizlastberechnung, erfolgte unter besonderer Betrachtung des Nutzerverhaltens. Die so erhobenen und ermittelten Daten wurden in Form von Jahresdauerlinien simuliert.

Die endgültige Auswahl wurde an Hand von einer wirtschaftlichen Betrachtung ermittelt. Das Ergebnis der gesamten Untersuchung führte zur steckbriefartig dargestellten zentralen Heizungsanlage einschließlich sämtlicher Anlagenkomponenten.

Kesselauswahl	2 Kessel mit 150 kW und 250 kW Nennleistung
Brennstoff	Holzhackschnitzel aus lokaler Wallhecke
Pufferspeicher	2 Pufferspeicher mit je 4.000 Liter
Lagerung	offener Anbau, vollständig gefüllt entspricht der Inhalt einem Heizwert von ca. 213.000 kWh
Solarthermische Anlage	10 Kollektoren mit einer netto Absorberfläche von 23,5 m <sup>2</sup>
Trinkwassererwärmung	4 Frischwasserstationen, Erwärmung nach dem Durchlaufprinzip ("Just in time")
Rohrnetz	ca. 557 m flexible Rohrleitungen für das gesamte Nahwärmenetz

Das Ergebnis der Ausarbeitung ist eine ökonomisch und ökologisch effiziente Anlage, mit CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 85 %. Mit der in dieser Arbeit ausgewählten und dimensionierten zentralen Heizungsanlage wird entsprechend ein direkter Beitrag zum Klimaschutz geleistet. Die Stärkung lokaler Dienstleister und die öffentliche Behandlung des Themas, kann die Bevölkerung zum Umdenken anregen.

**Dirk Zeise B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Lars Eversmann
Datum des Kolloquiums:	15. April 2013
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Wärmetechnik
In Kooperation mit:	Domus Caritas GmbH, Steinfurt

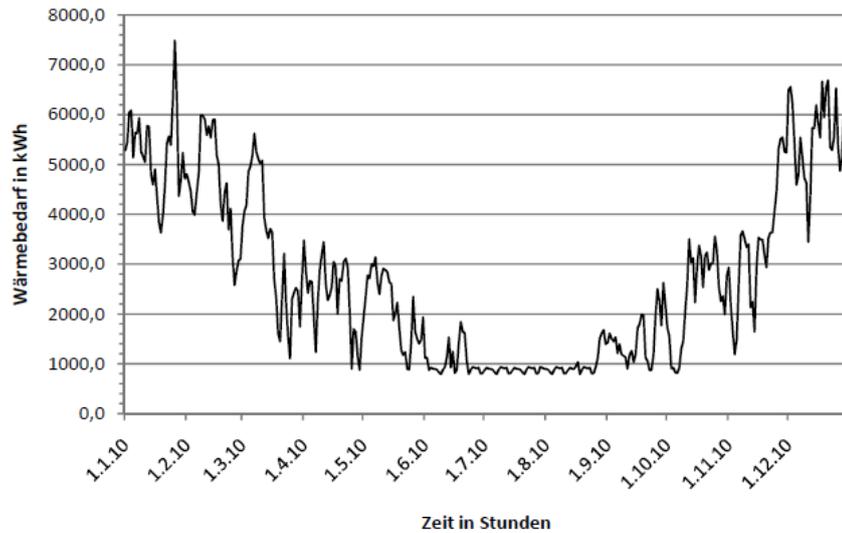


Durch die immer knapper werdenden fossilen Energieressourcen und die voranschreitende Klimaerwärmung, aber vor allem wegen den unaufhaltsam steigenden Energiekosten ist das Thema der Energieeinsparung und der Energiekostensenkung aktueller als je zuvor. Alleine bis zum Jahr 2020 wird ein Anstieg des Strompreises von 20 % erwartet. Dies ist nicht nur für Industrie- und Gewerbebetriebe Grund genug über alternative Energiekonzepte nachzudenken, sondern auch für eine Vielzahl von öffentlichen Einrichtungen.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde ein neues Energiekonzept auf Basis einer BHKW-Anlage für das Altenheim „Heinrich-Roleff-Haus“ in Steinfurt erarbeitet. Neben der Dimensionierung und Auslegung wurde ein besonderes Augenmerk auf die Überprüfung der Wirtschaftlichkeit der sich ergebenden Anlagenalternativen gelegt. Neben den ökonomischen Vorteilen wurden auch die sich ergebenden ökologischen Auswirkungen betrachtet.

Entscheidend für die Dimensionierung einer geeigneten Anlage ist die Höhe des permanenten Wärmebedarfs bzw. der Wärmegrundlast, die ganzjährig benötigt wird. Um diese im Heinrich-Roleff-Haus zu ermitteln wurden über einen bestimmten Zeitraum sowohl der Trinkwarmwasserverbrauch als auch die Zirkulationswärmeverluste der Bestandsanlage gemessen. Die Messung erfolgte parallel über zwei Ultraschalldurchflussmessgeräten vom Typ „Fluxus“. Neben der Auswertung der durchgeführten Messungen war es ebenfalls notwendig den Brennstoffverbrauch des Altenheims zu analysieren und zu interpretieren. Durch das Zusammenfügen beider Auswertungen ergibt sich die benötigte Jahreswärmemenge.

Neben dem bestehenden Gebäude des Heinrich-Roleff-Hauses sollte zudem ein Neubau in unmittelbarer Nähe entstehen, der ebenfalls über die BHKW-Anlage versorgt werden sollte. Um dies zu berücksichtigen mussten sowohl der Wärme- als auch der erforderliche Strombedarf für den Neubau abgeschätzt werden. Die Abschätzung des Wärmebedarfs erfolgte über die Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 und dem Verfahren der Gradtagzahlen. Durch die Aufsummierung der gemessenen Bestandsdaten und der abgeschätzten Daten für den geplanten Neubau konnte der gesamte Jahreswärmebedarf für die Einrichtung ermittelt werden.



### Darstellung des gesamten Jahreswärmebedarfs

Anhand des ermittelten Jahreswärmebedarfs wurden drei BHKW-Anlagen mit unterschiedlichen elektrischen Leistungen ( $30\text{kW}_{\text{el}}$ ,  $50\text{kW}_{\text{el}}$  und  $100\text{kW}_{\text{el}}$ ) zum wirtschaftlichen Vergleich ausgewählt und die anfallenden Kosten miteinander verglichen. Als ausschlaggebende Größe der wirtschaftlichen Betrachtung wurde die Höhe der dynamischen Amortisationszeit gewählt. Sie spiegelt sowohl die Rentabilität der BHKW-Anlagen wieder, als auch die Höhe der Energieeinsparung, da diese unmittelbar mit einer Kosteneinsparung verbunden ist.

Amortisationszeit des BHKWs (ohne Förderung)				
		$30\text{kW}_{\text{el}}$	$50\text{kW}_{\text{el}}$	$100\text{kW}_{\text{el}}$
Jährliche Kosteneinsparung durch das BHKW	€/a	45.926,48	30.411,93	9.166,90
Amortisationszeit des BHKWs	a	2,30	4,26	19,69

Amortisationszeit des BHKWs (mit Förderung)				
		$30\text{kW}_{\text{el}}$	$50\text{kW}_{\text{el}}$	$100\text{kW}_{\text{el}}$
Jährliche Kosteneinsparung durch das BHKW	€/a	59.677,68	46.997,10	22.325,20
Amortisationszeit des BHKWs	a	1,40	2,22	7,52

### Amortisationszeiten unterschiedlicher BHKW mit und ohne staatl. Förderung

Wie bereits erwähnt wurden auch die ökologischen Auswirkungen nicht unbeachtet gelassen. Es wurde sowohl die Primärenergieeinsparung als auch die Reduzierung der  $\text{CO}_2$ -Emission berechnet.

		$30\text{kW}_{\text{el}}$	$50\text{kW}_{\text{el}}$	$100\text{kW}_{\text{el}}$
Primärenergieeinsparung durch KWK	-	32,7%	32,5%	36,3%
$\text{CO}_2$ -Einsparungen durch BHKW	t( $\text{CO}_2$ )/a	81,92	102,74	143,64
$\text{CO}_2$ -Einsparungen durch BHKW (prozentual)	-	32%	40%	56%

### Primärenergieeinsparung und $\text{CO}_2$ -Reduzierung verschiedener BHKW

Die Entscheidung der Geschäftsführung der Domus Caritas GmbH favorisierte das kleinste der drei BHKW-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von  $30\text{kW}_{\text{el}}$ , da dieses die höchste Anzahl an jährlichen Betriebsstunden aufweist. Hierüber können die höchsten Kosteneinsparungen bei gleichzeitig sehr geringer Amortisationszeit erzielt werden.

## Entwicklung und Konstruktion eines Teststandes zur Qualitätskontrolle der Füllventile

Ruiyan Zhang B.Eng.

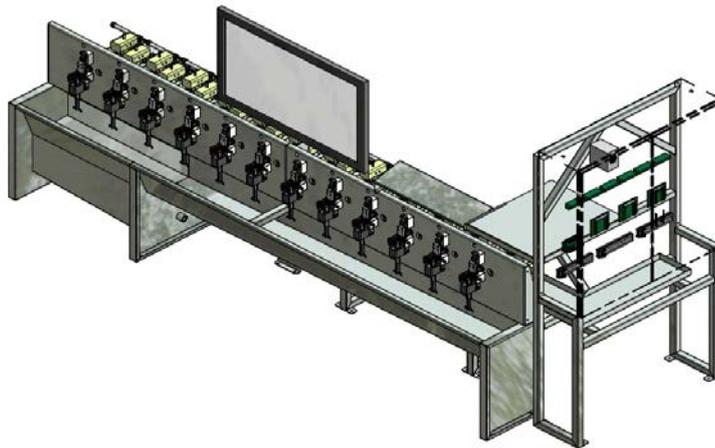
Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Datum des Kolloquiums:	18. März 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Sanitäre Haustechnik
In Kooperation mit:	TECE GmbH, Emsdetten



In der Masterarbeit wird ein Prüfstand für Qualitätskontrolle von Füllventile für den Spülkasten der Firma TECE entwickelt und konstruiert. Er dient zur 100 %tigen Prüfung alle Füllventile vor dem Einbau in den Spülkasten.

Der Prüfstand arbeitet mit Wasser und kann Dichtheit, Volumenstrom und Schließzeit der Füllventile bei unterschiedlichem Wasserdrücken prüfen. Nach der Prüfung wird das Restwasser in den Füllventilen mit Pressluft ausgeblasen. Um möglichst realitätsnah zu prüfen, wurde Wasser als Prüfmedium gewählt.

Da der Prüfstand von den Mitarbeitern in der sogenannten Konfektion benutzt wird, ist die Bedienung des Prüfungsvorgangs und das Ablesen der Anzeigen der Ergebnisse so einfach wie möglich geplant worden: Der Mitarbeiter befestigt das Füllventil und drückt einen Taster. Dann läuft die Prüfprozedur automatisch ab. Nach der Prüfung werden die Prüfungsergebnisse global in Grün als „OK“ oder in rot als „NOK“ (nicht ok) am Bildschirm visualisiert.



Wegen der begrenzten Zeit der Masterarbeit konnte der Prüfstand noch nicht aufgebaut werden, da einzelne Bauteile Lieferzeit haben. Die Programmierung und die Konstruktion kann auch noch in der Realisierungsphase optimiert werden.



## **Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt**

**Stegerwaldstr. 39  
48565 Steinfurt  
Tel +49 (0)2551-962197  
Fax +49 (0)2551-562706  
[www.fh-muenster.de/egu](http://www.fh-muenster.de/egu)**

