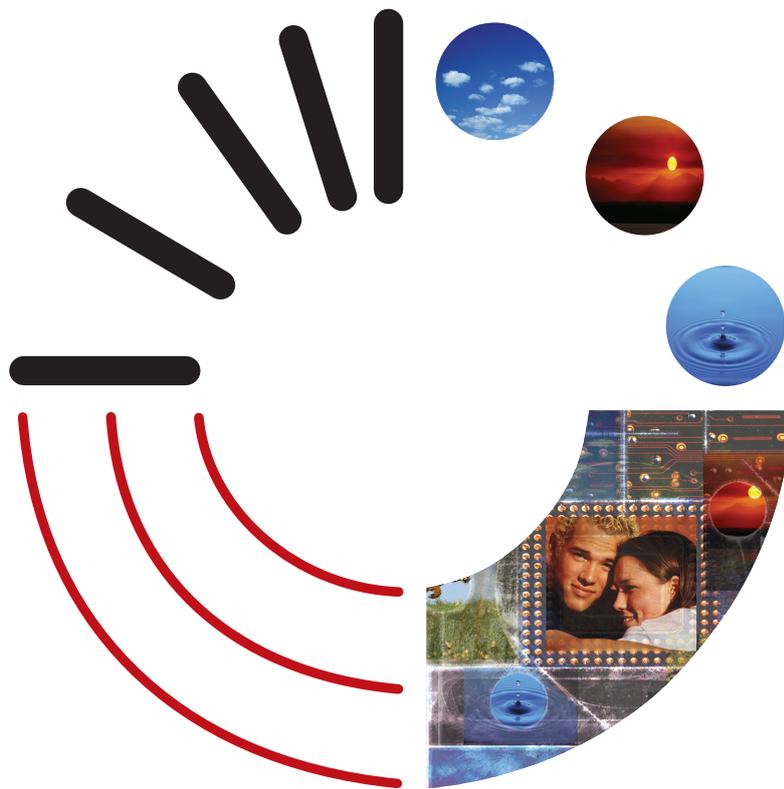


# Akademisches Jahrbuch 2010 / 2011



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

Fachhochschule  
Münster University of  
Applied Sciences



## Vorwort



Die Tätigkeit als Ingenieurin oder Ingenieur gehört nach wie vor zu den angesehensten Berufsbildern in unserer 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 dargestellten Bereichen haben sich in den letzten Jahren die Anforderungen deutlich erhöht. Spätestens nach den letzten weltweit beachteten Ereignissen in Japan ist deutlich geworden, dass insbesondere die technische Entwicklung einer sicherheitstechnisch verantwortbaren, von allen gesellschaftlichen Gruppen und Institutionen bezahlbaren Energieversorgung zu den besonderen Herausforderungen unserer Zeit gehört.

Damit verbunden bleibt weiterhin das Ziel, für den Alltag der Menschen in allen Bereichen umweltgerechte und ressourcenschonende Verfahren zu entwickeln. Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund gibt es eine neue Motivation für viele Abiturientinnen und Abiturienten 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 einem hochinteressanten Umfeld 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 zurück denken 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. In vielen dieser Projekte und Arbeiten geht es darum, einen Beitrag zu leisten, um neu aufgeworfene Fragen der Energieversorgung beispielsweise auf dem Feld der regenerativen Energien zu beantworten und die Effizienzen im Bereich 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 Mai 2011

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt, Dekan

## Verzeichnis der Abschlussarbeiten

1	Optimierung des Betriebsverhaltens einer Mischwasser-Behandlungsanlage mit beweglicher Stauklappe Michael Albrecht B.Eng.	13
2	Optimization of Leachate Treatment through Introduction of Deammonification Process Asma Azizan B.Eng.	15
3	Rückgewinnung von Phosphor aus Wirtschaftsdüngern Benedikt Baackmann B.Eng.	17
4	Projektierung, Installation und Inbetriebnahme einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung Julian Barnick B.Eng.	19
5	Erstellung eines Lüftungskonzeptes für den Lager- und Verladebereich der Warsteiner Brauerei Tobias Bauerdick B.Eng.	21
6	Analyse des bestehenden Umweltberichtswesens und Erstellung eines Anforderungsprofils an eine softwaregestützte Lösung bei einem international agierenden Automobilzuliefererbetrieb Andre Beblek B.Eng.	23
7	Leitfaden zur Entwicklung eines Energiemanagementsystems für Krankenhäuser Franz Beckmann M.Eng.	24
8	Planung und Dimensionierung eines PV-Generators in Marrakesch bei der Firma ADEREE Dipl.-Ing. Moulay Kamal Belhassan	26
9	Entwicklung eines Abgleichverfahrens für Luftkanalnetze Dipl.-Ing. Björn Bernhardt	28
10	Überprüfung der Wirtschaftlichkeit eines bestehenden Contracting-Vertrages zur Lieferung von Strom und Wärme aus einer KWK-Anlage Jens Beuker B.Eng.	30
11	Energieoptimierte Fahrweise von Wasserwerken Dipl.-Ing. Matthias Bieler M.Eng.	31
12	Erstellung eines Excel-Auswertetools zur Berechnung und Bewertung ausgewählter TGA-Kriterien aus dem DGNB-Kriterienkatalog für den Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden Max Birwe B.Eng.	33
13	Direktvermarktung von BHKW-Strom an die verschiedenen Mieter einer Liegenschaft – Machbarkeitsstudie für die Stadtwerke Münster GmbH Matthias Bogenstahl B.Eng.	35
14	Trinkwassersparen unter Berücksichtigung von Technik und Wirtschaftlichkeit im Wohnungsbau Sarah Theresa Böntrup B.Eng.	37
15	Konzeption eines autarken Energieversorgungssystems für den offshore Messmasten Nordsee Ost Tobias Bornemann B.Eng.	39
16	Berechnung der Heiz- und Kühllast am Beispiel eines Büro- und Geschäftshaues Marc Bräuer B.Eng.	41

17	Die Erstellung eines Anforderungsprofils für Füllventile, einschließlich der dementsprechenden Erweiterung und Optimierung eines Prüfstandes Patrick Brigden B.Eng.	43
18	Kosten-Nutzen-Analyse zur optimierten Instandhaltungs- und Neubauplanung am Beispiel ausgewählter Trinkwasserbrunnen der Berliner Wasserbetriebe Dipl.-Ing. Adrian Brinkmann	45
19	Optimierung der Neuverlegung und der Erneuerungen von Gas-Hausanschlüssen hinsichtlich ihrer Erstellungskosten Thorsten Brümmer B.Eng.	47
20	Messtechnische Überprüfung und Ergebnisbetrachtung der thermischen Leistung eines nachgeschalteten Abgaswärmeübertragers für Blockheizkraftwerke Dennis Bruns B.Eng.	49
21	Entwicklung von Optimierungskonzepten für Biogasanlagen anhand praktischer Untersuchungen Dipl.-Ing. Christin Bücken M.Eng.	50
22	Netzparallelbetrieb von Photovoltaikanlagen ohne Rückspeisung in das öffentliche Versorgungsnetz Dipl.-Ing. Marcel Bücken	52
23	Dimensionierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer 367 kW <sub>p</sub> umfassenden Photovoltaikanlage Philipp Bündenbender B.Eng.	54
24	Konzeption einer Angebotskalkulation zur Bestimmung von Preisuntergrenzen für ein mittelständisches Handwerksunternehmen Thorsten Busch M.Eng.	56
25	Theoretische und experimentelle Untersuchung der verantwortlichen Parameter von Druckstößen in Trinkwasserinstallationen Johannes Bußmann B.Eng.	58
26	Thermische Gebäudesimulation zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes Tobias Bußmann B.Eng.	60
27	Leitfaden zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden Johannes Cordes B.Eng.	62
28	Integration von Wärmepumpentechnik in das Ausstellungsgebäude des Bergwerks Kleinenbremen Sebastian Cording B.Eng.	64
29	Dichtheitsnachweis auf Privatgrundstücken am Beispiel des Gewerbegebiets-Ost der Stadt Rahden Sascha Daake B.Eng.	65
30	Entwicklung von grünen Produkten für den Energiemarkt Fabian Deipenbrock B.Eng.	67
31	Messtechnische Untersuchung von Temperaturfühlern für die Gebäudeautomation Thomas Diekmann B.Eng.	69
32	Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudie Allwetterbad Ganderkesee Dipl.-Ing. Christian Dresel	70
33	Energetische Optimierung einer Motorprüfstandanlage Jan-Henrik Drewel B.Eng.	72

34	Evaluierung und Monitoring durch Vermessen und Analysieren von Feldtestanlagen mittels Fernwirktechnik Dipl.-Ing. Arthur Drozdek	73
35	Sanierung der Verabschiedungsräume am Zentralfriedhof Münster Christopher Dufton B.Eng.	74
36	Auswertung vorhandener Untersuchungsdaten zur Beschreibung des ökologischen Zustands der Schutter und der Acher Patrick Eggs B.Eng.	76
37	Erstellung eines Energieausweises für ein zu errichtendes Nichtwohngebäude Jan-Hendrik Feiert B.Eng.	77
38	Einfluss des NOX – Gehaltes auf die Lagerfähigkeit von Geruchsstoffproben biogasbetriebener Blockheizkraftwerke Henning Feldkamp B.Eng.	79
39	Untersuchungen zur Stofftrennung von industriellen Abwässern in einem photokatalytisch unterstützten Filtersystem Sina Fischer B.Eng.	81
40	Großtechnische Co-Vergärung auf dem Klärwerk Emschermündung (KLEM) Thomas Fislage B.Eng.	83
41	Berechnung von zwangsbelüfteten Rückkühlwerken Karl Ulrich Forsmann B.Eng.	85
42	Aufnahme des Heizungsnetzes des Fachhochschulgebäudes Steinfurt zur Erarbeitung von hydraulischen Optimierungsmaßnahmen Dipl.-Ing. Nico Forsthoff	86
43	Energetische Untersuchung eines Kompostwerkes Adrian Franiczek B.Eng.	88
44	Dezentrale Speicherung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energiequellen - Analyse der Einsatzmöglichkeiten dezentraler Speicher unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten Vincent Freigang B.Eng.	89
45	Einführung einer Servicemanagement Software am Beispiel der Kenersys Europe GmbH Sören Friedrichs B.Eng.	91
46	Technische und energetische Bewertung einer außenluftbetriebe RLT-Anlage, mit anlagenintegriertem Luft-Erdwärmetauscher zur Wärme- und Kälteversorgung eines Bürogebäudes in Nordrhein-Westfalen Dipl.-Ing. Tina Fröhlich	93
47	Lastverläufe des Strom- und Erdgasbezuges für die KWK-Auslegung im Hinblick der Einführung für Smart Grids Arnold Gatto B.Eng.	95
48	Abbildung von EnergyPlus mittels Microsoft Visio Dipl.-Ing. Andres Gehles M.Eng.	97
49	Auswirkungen der Elektromobilität auf die Niederspannungsnetze - Eine praxisorientierte Betrachtung Martin Göbel B.Eng.	99
50	Erarbeitung von Dimensionierungsgrundlagen zur Integration eines Schichtluftsystems in einen OP-Raum Andre Göding B.Eng.	101
51	Entwicklung eines Computerprogramms zur Abschätzung der zu erwartenden Nachhallzeit in Räumen Dipl.-Ing. Thomas Grave M.Eng.	102

52	Wege in die bilanzielle Energieautarkie Status quo und Zukunftsszenarien für den Kreis Steinfurt Dipl.-Ing. Katharina Graweloh M.Eng.	103
53	Schalltechnische Untersuchungen an einem Prüfstand Jochen Hampel B.Eng.	105
54	Technische und wirtschaftliche Betrachtung einer bedarfsorientierten Stromeinspeisung an Biogasanlagen Dipl.-Ing. Christoph Hanrott M.Eng.	107
55	Prozessanalyse und Erarbeitung von Optimierungsansätzen zur Lagerbewirtschaftung des Zentrallagers der Kommunalen Servicebetriebe Recklinghausen Jan Christoph Helmig B.Eng.	109
56	Energetische Analyse und Optimierung eines Bankgebäudes Jan Hendker B.Eng.	110
57	Zukünftiges Instandhaltungsmanagement des Trinkwasserversorgungsnetzes der Gemeinde Bad Laer Dipl.-Ing. Alexander Heske	111
58	Entwicklung und Bewertung von Potentialen zur Einbringung von Luft-Erdwärmetauschern und zentralen PCM-Latentwärmespeichern Dipl.-Ing. Andreas Heuer M.Eng.	113
59	Ausarbeitung eines Energiekonzeptes unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit für die Liegenschaft eines Industrieunternehmens Dipl.-Ing. Karl Hinkemann	115
60	Messtechnischer Vergleich von hocheffizienten WRG-Systemen Dipl.-Ing. David Höfle	117
61	Projektierung einer Biogasanlage zur Biogasein- und ausspeicherung Frank Höwelhasse B.Eng.	118
62	Validierung von Einflussgrößen auf die Überlebensdauer von Rohrleitungsmaterialien in der Gas- und Wasserversorgung Dipl.-Ing. Dennis Husemann	120
63	Bau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes zu Ermittlung der Leistung von Speicher-Wassererwärmern Philipp Jungfermann B.Eng.	122
64	Auslegung eines geeigneten Schnellfiltrationsverfahrens zur Trinkwasseraufbereitung in Llallagua, Bolivien Dipl.-Ing. Andreas Kamphues	124
65	Product Carbon Footprint in einem Industriebetrieb der Wasch-, Putz-, und Reinigungsmittelbranche: produktbezogene Treibhausgasemissionen Arne Kiewit B.Eng.	126
66	Einfluss der Co-Vergärung auf den Betrieb einer kommunalen Kläranlage Andreas Klösener B.Eng.	128
67	Analyse des Eigenenergiebedarfs eines Holzheizkraftwerks Christian Körner B.Eng.	130
68	Schallreduktion bei unterdruckentwässerten Toiletten durch den Einsatz von Active Noise Control Vitali Kröcker B.Eng.	131
69	Verminderung von Geruchsstoffen und Formaldehyd im Abgas biogasbetriebener Blockheizkraftwerke Jan Krotoszynski B.Eng.	132

70	Ursachenerkennung und Minderung der Phosphatablaufkonzentrationen der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage von Eimbeckhausen Andre Kühnapfel B.Eng.	134
71	Untersuchung der Installation eines adiabatischen Kühlungssystems für die Ansaugluft von Gasturbinen zur Steigerung der elektrischen Nutzleistung Pascal Kynast B.Eng.	136
72	Abschätzung des Energieeinsparpotentials von Heizungsanlagen, die durch Wetterprognosen gesteuert werden Stefan Langner B.Eng.	137
73	Vergleich von drei Berechnungsprogrammen für die Trinkwasserinstallation am Beispiel von drei Bettenhäusern eines Klinikums Dipl.-Ing. Alexander Liebig	138
74	Bedarfsgerechte Untersuchung eines Hallenbadsanierungskonzeptes mit Ziel der energetischen und wirtschaftlichen Optimierung der Anlagentechnik Dipl.-Ing. Fabian Link	140
75	Sanierung und Optimierung der raumluftechnischen Anlagen einer Ausbildungseinrichtung Dipl.-Ing. Markus Löbbing M.Eng.	141
76	Transfer Pricing Master-File for atea Environmental Technology Pte Ltd and its Subsidiaries Ines Caroline Lorch B.Eng.	143
77	Erarbeitung einer Prioritätenliste für die Umsetzung des § 61a LWG NRW am Beispiel der Stadt Greven Dipl.-Ing. Thomas Ludwig	145
78	Entwicklung von grundlegenden Ideen und Algorithmen zur Simulation von Warmwasser-Pumpenheizungen Dipl.-Ing. Jens Lübbers M.Eng.	147
79	Konzeptionelle und wirtschaftliche Untersuchung für den Einsatz von Solarthermie zur Trinkwassererwärmung in einem Krankenhaus Dipl.-Ing. Matthias Lücken	149
80	Entwicklung eines Lüftungssystems für Schulklassen Zhonghua Luo B.Eng.	151
81	Untersuchung von kapazitätserhöhenden Maßnahmen bei der Biogas-Einspeisung in das Erdgasnetz Christopher Malach B.Eng.	152
82	Energieverbrauchserfassung verschiedener Gebäudetypen im Vergleich mit Prognoseverfahren Annemarie Mandt B.Eng.	153
83	Entwicklung eines Leitfadens für die Erdung und den Potenzialausgleich eines MS-Schaltheisgebäudes Henning Markmann B.Eng.	155
84	Prozessorientierte Steuerung des Vertriebs mit Hilfe eines Kennzahlensystems Jan Matthes M.Eng.	157
85	Einsatz von dezentralen Elektrischen Energiespeichersystemen in der NS-Ebene und deren Auswirkungen. Waldemar Maurer B.Eng.	159
86	Energy Harvesting mittels PCM und thermoelektrischem Generator Marius Mertens B.Eng.	161

87	Implementierung eines Systems zur Generierung von Fertigungsaufträgen am Beispiel des Windkraftanlagenherstellers Kenersys GmbH Marvin Mertens B.Eng.	163
88	Experimentelle Untersuchung der Behaglichkeit in einem Raumströmungslabor bei Instationärer Lufteinbringung Sascha Müller B.Eng.	165
89	Spiegelreinigung im Parabolrinnen-Solarthermiekraftwerk in Kuraymat/Ägypten - Minimierung des Wasserverbrauchs Sandro Neumann B.Eng.	166
90	Untersuchung von Prozesswärmeanwendungen im Hinblick auf den Einsatz von Solarthermie und Entwicklung einer Lösung zur Systemintegration Alexander Neupert B.Eng.	168
91	Entwicklung eines Energiekonzeptes auf Basis holzartiger Biomasse für eine zentrale Fernwärmeversorgung am Standort Bad Laer Henrik Niemeyer B.Eng.	170
92	Energetische Untersuchung des Sportparks Nottuln André Nutsch B.Eng.	172
93	Bewertung eines einfachen Rechenschieberverfahrens zur Auslegung von Zirkulationssystemen Dipl.-Ing. Andre Paß	174
94	Weitere Nutzung der Abwärme einer Biogas-BHKW-Anlage Dipl.-Ing. Stefan Paß	176
95	Sanierungskonzept für die Wärmeversorgung eines Hallenschwimmbades Andre Poppe B.Eng.	178
96	Entwicklung eines Kanalsanierungskonzeptes für die Stadt Wunstorf Jan Portugall B.Eng.	180
97	Optimierung einer Simulationsrechnung für Block-Heizkraftwerk-Anlagen (BHKW) im Gebäudebestand Tomasz Puzik B.Eng.	182
98	Entwicklung eines Berechnungsverfahren für die CO <sub>2</sub> -Konzentration in Schulklassen Yiyi Qiu B.Eng.	183
99	Anforderungen an eine Aufbereitungsanlage zur Herstellung von Pharmawasser Dipl.-Oecotroph. Margret Radtke M.Eng.	184
100	Verbesserung der stofflichen und energetischen Nutzung von Gärresten aus Biogasanlagen Henning Renneke B.Eng.	186
101	Technische Beurteilung des werksinternen Erdgasversorgungsnetzes der SCHOTT AG in Grünenplan Konstantin Repke B.Eng.	188
102	Entwicklung von Messverfahren für Latentspeichersysteme in der Gebäudetechnik Dipl.-Ing. Jens Risse M.Eng.	189
103	Entwicklung einer Handlungsempfehlung für Schadensfälle bei Biogasanlagen Gereon Rödel B.Sc.	191
104	Notwendigkeit und Möglichkeiten der Ölbekämpfung auf Binnengewässern Ulrich Rödel B.Sc.	193

105	Voraussetzungen für den Einsatz dezentraler Energiespeicher im elektrischen Verteilnetz Michael Rolfes B.Eng.	195
106	Einsatz von Pulveraktivkohle zur Nachreinigung von kommunalem Abwasser Jonas Sabe B.Eng.	197
107	Neuplanung der Wärmeerzeugung in einem Hotel- und Gastronomie-betrieb Dipl.-Ing. Johannes Schabos	199
108	Optimierung eines elektrischen Staubabscheiders im Steinkohlekraftwerk Jochen Schipper B.Eng.	200
109	Entwicklung von Konzepten zur Energieeffizienz, Abfallentsorgung und Ressourcenschonung im Lebensmittel-Einzelhandel Dipl.-Ing. Timo Schröder	202
110	Vergleichende Rohrnetzberechnungen unterschiedlicher Rohrleitungssysteme und daraus resultierende Ausstoßzeiten für Warmwasser-Stockwerksinstallationen Michael Schulze Greiving B.Eng.	204
111	Stromspeicher für die Stromversorgung Martin Schwienheer B.Eng.	205
112	Vorüberlegungen zur vereinfachten Auslegung von Ringleitungen in der Trinkwasserinstallation Kai Schytrumpf B.Eng.	207
113	Vergleich mehrerer Anlagenkonzepte für die Umnutzung eines multifunktionalen Hochschulgebäudes unter Einbeziehung regenerativer Energien Andre Speit B.Eng.	209
114	Projektierung einer hochenergieeffizienten Biogasanlage unter technischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten Dipl.-Ing. Tobias Steinbicker	211
115	Wirkungsgraderhöhung eines Stirlingmotors Dipl.-Ing. Johannes Theben	213
116	Perspektiven der zukünftigen Wärmebereitstellung für das Nahwärmenetz der Beteiligungsgesellschaft des Kreises Steinfurt Dipl.-Ing. Alexander Trittner	214
117	Plan, design and manufacturing of a waterwheel to power a pump system for water supply in Kahe/Tanzania Dipl.-Ing. Dominik Tröster	216
118	Optimierung der Kläranlage des Kraftwerkes Westfalen Sven Trox B.Eng.	218
119	Erarbeitung eines Konzeptansatzes zur Entwicklung umweltgerechter Produkte und Implementierung in den CLAAS-Produktentstehungsprozess Tobias Ulbrich B.Eng.	220
120	Energetische Untersuchungen zur Neueinbindung eines vorhandenen BHKW in einer mittelständischen Brauerei Dipl.-Ing. Christian Verhohlen	221
121	A Comparison of Solar Water Heating Systems in New Zealand and Germany Melanie Vogelpohl B.Eng.	222
122	Konzipierung und Realisierung einer solarthermischen Versuchsanlage für die Lehre und Forschung an der Fachhochschule Münster Dipl.-Ing. Steffen Kotthaus Dipl.-Ing. Leif Vollert	224 224

123	Messtechnische Untersuchung an Kühldecken mit Latentspeicher Simon von der Haar B.Eng.	226
124	Optimierung der strategischen Netzkonzeption am Beispiel der Gasverteilung der Stadtwerke Osnabrück AG Dipl.-Ing. Mathias von der Heide M. Eng.	228
125	Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Wasserhaltung zur Beheizung und Kühlung am Beispiel des Museums für Kunst und Kulturgeschichte in Münster Dipl.-Ing. Michael Wellmeier	230
126	Entwicklung eines Nahwärmekonzeptes für Wohn- und Betriebsgebäude Dipl.-Ing. Hendrik Wendelmann	232
127	Konstruktion und Aufbau eines Einfachfilters zur Schnellfiltration mit manueller Spülung Rene Wichmann B.Eng.	233
128	Energetische Betrachtung und Optimierung des Chemischen und Landesveterinäramt Münster Dipl.-Ing. Phillip Wieschebrock	235
129	Untersuchung eines Galvanikprozesses hinsichtlich der Temperaturen zur Einbindung eines Blockheizkraftwerkes Arne Wiese B.Eng.	236
130	Energetische Optimierung der Kälteversorgung im Klinikum Osnabrück Dipl.-Ing. Tobias Wilken M.Eng.	238
131	Energetische Bewertung verschiedener Anlagenvarianten zur Deckung des Jahresheizwärmebedarfs eines zu sanierenden Studentenwohnheims Dipl.-Ing. Frank Wilmer	239
132	Natürliche und konventionelle Klimatisierung für Archivgebäude im Vergleich Philipp Wittkamp B.Eng.	241
133	Berechnung und Überprüfung der Raumluftrömungen bei Einsatz von Kühldeckensystemen und Bodenkonvektoren in Büroräumen durch Computerberechnungen und Laborversuche Gang Xu B.Eng.	242
134	Konstruktion, Bau und Test einer Feinfilteranlage Kai Zimdars B.Eng.	243

## Namensverzeichnis

<b>A</b>	
Albrecht, Michael.....	13
Azizan, Asma .....	15

<b>B</b>	
Baackmann, Benedikt .....	17
Barnick, Julian .....	19
Bauerdick, Tobias.....	21
Beblek, Andre.....	23
Beckmann, Franz .....	24
Belhassan, Moulay Kamal.....	26
Bernhardt, Björn .....	28
Beuker, Jens .....	30
Bieler, Matthias.....	31
Birwe, Max.....	33
Bogenstahl, Matthias.....	35
Böntrup, Sarah Theresa .....	37
Bornemann, Tobias .....	39
Bräuer, Marc.....	41
Brigden, Patrick .....	43
Brinkmann, Adrian.....	45
Brümmer, Thorsten .....	47
Bruns, Dennis.....	49
Bücker, Christin .....	50
Bücker, Marcel .....	52
Büdenbender, Philipp.....	54
Busch, Thorsten .....	56
Bußmann, Johannes .....	58
Bußmann, Tobias .....	60

<b>C</b>	
Cordes, Johannes .....	62
Cording, Sebastian.....	64

<b>D</b>	
Daake, Sascha .....	65
Deipenbrock, Fabian .....	67
Diekmann, Thomas .....	69
Dresel, Christian .....	70
Drewel, Jan-Henrik.....	72
Drozdek, Arthur .....	73
Dufton, Christopher .....	74

<b>E</b>	
Eggs, Patrick .....	76

<b>F</b>	
Feiert, Jan-Hendrik.....	77
Feldkamp, Henning .....	79

Fischer, Sina.....	81
Fislage, Thomas .....	83
Forsmann, Karl Ulrich.....	85
Forsthoff, Nico .....	86
Franiczek, Adrian.....	88
Freigang, Vincent .....	89
Friedrichs, Sören .....	91
Fröhlich, Tina .....	93

<b>G</b>	
Gatto, Arnold .....	95
Gehles, Andres.....	97
Göbel, Martin .....	99
Göding, Andre .....	101
Grave, Thomas.....	102
Graweloh, Katharina.....	103

<b>H</b>	
Hampel, Jochen.....	105
Hanrott, Christoph .....	107
Helmig, Jan-Christoph.....	109
Hendker, Jan .....	110
Heske, Alexander .....	111
Heuer, Andreas .....	113
Hlnkemann, Karl.....	115
Höfle, David .....	117
Höwelhasse, Frank.....	118
Husemann, Dennis.....	120

<b>J</b>	
Jungfermann, Philipp.....	122

<b>K</b>	
Kamphues, Andreas.....	124
Kiewit, Arne .....	126
Klösener, Andreas.....	128
Körner, Christian.....	130
Kotthaus, Steffen.....	224
Kröcker, Vitali .....	131
Krotoszynski, Jan .....	132
Kühnapfel, Andre.....	134
Kynast, Pascal.....	136

<b>L</b>	
Langner, Stefan.....	137
Liebig, Alexander.....	138
Link, Fabian .....	140
Löbbing, Markus .....	141
Lorch, Ines Caroline .....	143
Lübbbers, Jens .....	147
Ludwig, Thomas .....	145

Lüken, Matthias.....	149
Luo, Zhonghua.....	151

### M

Malach, Christopher.....	152
Mandt, Annemarie.....	153
Markmann, Henning.....	155
Matthes, Jan.....	157
Maurer, Waldemar.....	159
Mertens, Marius.....	161
Mertens, Marvin.....	163
Müller, Sascha.....	165

### N

Neumann, Sandro.....	166
Neupert, Alexander.....	168
Niemeyer, Henrik.....	170
Nutsch, André.....	172

### P

Paß, Andre.....	174
Paß, Stefan.....	176
Poppe, Andre.....	178
Portugall, Jan.....	180
Puzig, Tomasz.....	182

### Q

Qiu, Yiyi.....	183
----------------	-----

### R

Radtke, Margret.....	184
Renneke, Henning.....	186
Repcke, Konstantin.....	188
Risse, Jens.....	189
Rödel, Gereon.....	191
Rödel, Ulrich.....	193
Rolfes, Michael.....	195

### S

Sabe, Jonas.....	197
------------------	-----

Schabos, Johannes.....	199
Schipper, Jochen.....	200
Schröder, Timo.....	202
Schulze Greiving, Michael.....	204
Schwienheer, Martin.....	205
Schytrumpf, Kai.....	207
Speit, Andre.....	209
Steinbicker, Tobias.....	211

### T

Theben, Johannes.....	213
Trittner, Alexander.....	214
Tröster, Dominik.....	216
Trox, Sven.....	218

### U

Ulbrich, Tobias.....	220
----------------------	-----

### V

Verholen, Christian.....	221
Vogelpohl, Melanie.....	222
Vollert, Leiff.....	224
von der Haar, Simon.....	226
von der Heide, Mathias.....	228

### W

Wellmeier, Michael.....	230
Wendelmann, Hendrik.....	232
Wichmann, Rene.....	233
Wieschebrock, Phillip.....	235
Wiese, Arne.....	236
Wilken, Tobias.....	238
Wilmer, Frank.....	239
Wittkamp, Philipp.....	241

### X

Xu, Gang.....	242
---------------	-----

### Z

Zimdars, Kai.....	243
-------------------	-----



## Optimierung des Betriebsverhaltens einer Mischwasser-Behandlungsanlage mit beweglicher Stauklappe

**Michael Albrecht B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke

Datum des Kolloquiums: 11. Februar 2011

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

In Kooperation mit: Lippeverband, Dortmund



Der LIPPEVERBAND betreibt am Massener Bach in Unna ein Regenüberlaufbecken (RÜB), bez. RÜB I, und einen Regenüberlauf (RÜ), bez. RÜ V. Die beiden Bauwerke sind über eine Leitung miteinander verbunden. Das Abwasser aus dem Gebiet Unna gelangt durch den RÜ V unter den Massener Bach durch eine Dükerleitung in das RÜB I. Als Besonderheit besitzt der RÜ V drei bewegliche Stauklappen (s. Abb. 1). Diese sollen bei unterschiedlichen Zuflüssen ein definiertes Stauziel konstant halten. Laut Aussage des LIPPEVERBANDS weisen diese jedoch ein ungünstiges Betriebsverhalten auf. Aufgrund dessen erwägt der LIPPEVERBAND ein Entfernen der Stauklappen. Ob dies möglich ist und ob es eine Auswirkung auf das Entlastungsverhalten hat, sollte im Rahmen der Arbeit untersucht werden.



Abbildung 1: Fotografie der Stauklappen

Über die Geometrie der Stauklappenkonstruktion sollte nachgewiesen werden, ob sich die Stauklappe bei Ansteigen des Pegels in vertikaler Ausrichtung bis zur Höhe der Schwellenkante neigt oder nicht. Dies geschieht über die Berechnung der Momentengleichung im Drehpunkt (s. Abb. 2). Zudem soll über dieselbe Vorgehensweise ermittelt werden, ob auch in horizontaler Ausrichtung ein Momentenausgleich herrscht, damit diese sich nachher wieder aufrichtet. Das Ergebnis der Untersuchung beweist, dass die angenommene Funktion durch einen Ausgleich der Momente zutrifft. Die Erkenntnis konnte zur weiteren Berechnung herangezogen werden.

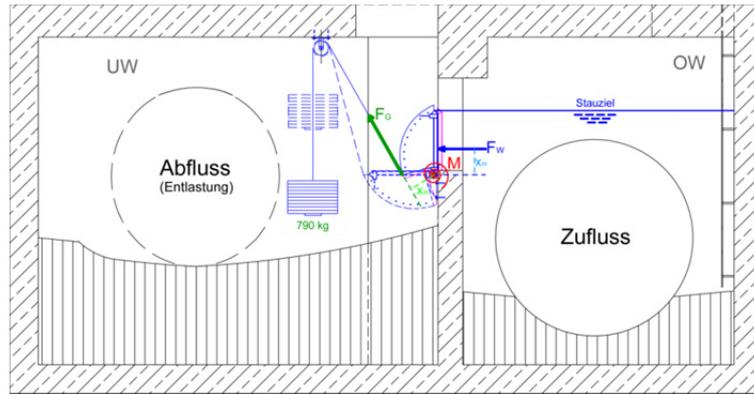


Abbildung 2: schematische Darstellung der Stauklappen

Für die spätere Gegenüberstellung sollte der kritische Mischwasserabfluss  $Q_{krit}$ , die Überfallwassermenge  $Q_{ü}$  und die Verlusthöhe  $h_v$  - Reibungsverlust - des Dükers für drei verschiedenen Varianten ermittelt werden. Diese Varianten sind "mit Stauklappen", "ohne Stauklappen" und "festes Wehr". Ergebnis der Berechnungen ist, dass die Überfallwassermengen für alle drei Varianten die genehmigte Menge der Einleiterlaubnis um fast das doppelte übersteigt. Als Ursache wird vermutet, dass das Bauwerk anders gebaut wurde, als zum Zeitpunkt der Genehmigung geplant war. Es wird daher empfohlen, die Einleiterlaubnis neu zu beantragen.

Es stellte sich am Ende heraus, dass eine Entfernung der Stauklappen nicht ohne Weiteres zulässig ist. Jedoch besteht die Möglichkeit, nach Entfernen der Stauklappen ein festes Wehr in Form einer Stahlplatte anzubringen.

## Optimization of Leachate Treatment through Introduction of Deammonification Process

Asma Azizan B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Dr.-Ing. Wolfgang Kichhof

Datum des Kolloquiums: 02. März 2011

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

In Kooperation mit: Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen



Seit 2009 ist in Malaysia eine neue Abwasserverordnung vom Department of Environment Malaysia für Deponiebetreiber in Kraft. Durch diese Verordnung wurden die Anforderungen zur Einleitung von Abwässern aus Sickerwasserreinigungsanlage verschärft, vor allem bei der erlaubten Ammonium-Stickstoff-Konzentration. Der Betreiber des Kuching Integrated Waste Management Parks (KIWMP) Sarawak, Malaysia hat Schwierigkeiten die neuen Anforderungen ohne den Einsatz von großen Mengen an Chemikalien einzuhalten. Der Betrieb der vorhandenen Nitrifikation-Denitrifikationsanlage ist bereits jetzt durch einen hohen Bedarf an elektrischer Energie gekennzeichnet. Aus diesem Grund arbeitet der Betreiber mit dem Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) in einem Forschungsvorhaben zusammen, um die Sickerwasserbehandlung stofflich und energetisch zu optimieren.

Der Deammonifikation-Prozess wird bereits mehrfach als praxistaugliche Alternative zu derzeitigen Reinigungsverfahren vorgeschlagen. Bei der Deammonifikation erfolgt die Oxidation des Ammoniums nur bis zum Nitrit und nicht vollständig bis zum Nitrat. Nitrit dient dann den Organismen, die die sogenannte anaerobe Ammoniumoxidation (anammox) katalysieren, in Abwesenheit von Sauerstoff als Elektronenakzeptor für die Oxidation von Ammonium zu molekularem Stickstoff. Dadurch können ca. 60 % des üblicherweise bei einer vollständigen Nitrifikation-Denitrifikation erforderlichen Sauerstoffbedarf sowie 100% des Kohlenstoffbedarfs für die Denitrifikation eingespart werden.

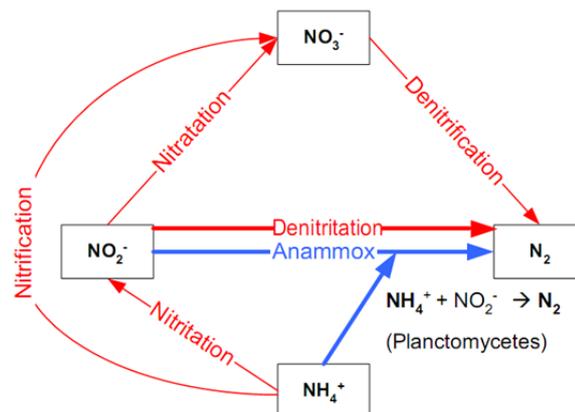


Abbildung 1: Abbauweg der Denitrifikation

Eine Pilotanlage, bestehend aus einer einstufigen Belebungsanlage und einem Deammonifikations-Reaktor, wurde für diese Studie aufgebaut. Bis Februar 2011 wurde die Belebungsanlage auf ihre Vorreinigungsleistung hin untersucht. Die Untersuchungen der Eigenschaften des Sickerwassers haben gezeigt, dass der der Einsatz der Deammonifikation möglich sein wird. Erfahrungen aus dem Betrieb des Belebtschlammreaktors haben gezeigt, dass für einen erfolgreichen Einsatz der Deammonifikation einige Bedingungen nämlich bezüglich der Pumpen, Analytik und Prozesssteuerung verbessert werden müssen.



Abbildung 2: Pilotanlage

**Benedikt Baackmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke
Datum des Kolloquiums:	27. September 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Klass - Filter GmbH, Türkenfeld



Phosphor gehört als essenzielles Element zu den Hauptnährstoffen von Menschen, Tieren und Pflanzen. Im Hinblick auf den stetig steigenden Phosphorbedarf in Teilen der Weltgemeinschaft ist es daher unumgänglich, die Entwicklung eines sinnvollen und wirtschaftlichen Phosphatrückgewinnungsverfahrens voranzutreiben. In dieser Arbeit wurden mithilfe eines Separators, dem Klass-Wendelfilter, die neuen technologischen Voraussetzungen für eine Phosphatrückgewinnung aus Schweinegülle getestet.

Durch verschiedene Einstellungen, wie z. B. Änderung von Steigungswinkel oder Siebporengrößen konnte mit dem Klass-Wendelfilter in den unterschiedlichen Versuchsreihen eine wirtschaftlich mögliche Phosphatabscheidung nachgewiesen werden. Des Weiteren wurde festgestellt, dass die Phosphatpartikel sich zum größten Teil an den Feststoffen, die sich in der Schweinegülle befinden, anlagern. Durch die Fest-Flüssig-Trennung der Schweinegülle ist somit eine Phosphatanreicherung in der festen Phase gegeben.

Durch die Separation mit dem Klass-Wendelfilter können Schweinemäster, die Rohgülle aufgrund zu geringer Güllenachweisflächen exportieren müssen, ihre Gülleabgabekosten senken. Da sich hier die zu exportierende Menge reduziert, weil die Konzentration des Phosphates in der festen Phase, wie die Versuchsergebnisse gezeigt haben, deutlich höher ist als in der flüssigen Phase.

Ein weiterer Vorteil der Separation mit dem Klass-Wendelfilter ist, dass die flüssige Phase auf dem Betrieb verbleiben kann und diese eine qualitativ bessere Stickstoffdüngung für die Ackerflächen und Wiesen ist. Zudem ist die flüssige Phase der Gülle partikelärmer und somit besser pflanzenverfügbar. Weiterhin ist eine innovative Verwendungsmöglichkeit der festen Phase der Einsatz in Biogasanlagen als Maisersatz. Im Vergleich zur Maissilage produziert der Feststoff aus der Separation einen Biogasertrag von bis zu 30 %.

Dies würde bedeuten, dass Landwirte, die keine eigene Biogasanlage besitzen, ihren Feststoffe gewinnbringend verkaufen könnten und gleichzeitig einen Beitrag für den Klimaschutz leisten würden, da der wertvolle Kohlenstoff aus der Rohgülle nicht auf den Ackerflächen zersetzt werden würde, sondern für die Produktion von Strom und Wärme genutzt würde.

Neben den Einsparungen für den Ankauf von Maissilage für die Biogasanla-

genbetreiber ermöglicht eine weitere Separation nach der Vergärung im Fermenter, einen phosphatreichen Wirtschaftsdünger herzustellen. Es zeigt sich hier, dass die überschüssige Wärme von dem Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Trocknung des Feststoffes dienen kann. Eine weitere Möglichkeit wäre dann, das Trocknungsgut zu stapelbaren großen Blöcken zusammenzupressen, um es somit raumsparend in nährstoffarme Regionen transportieren zu können, wo es dann als Dünger verwendet werden kann.

Der gewonnene Wirtschaftsdünger enthält viel Phosphat und ist somit ein wertvoller Phosphatdünger. Durch die globalisierten Märkte und Warenflüsse sowie die geografische Trennung von Pflanzenbau, Tierhaltung und Konsum in Deutschland werden die regionalen Phosphatkreisläufe aus dem Gleichgewicht gebracht. Aus diesem Grund ist es in naher Zukunft wichtig, das Phosphat kreisen zu lassen, indem die Rohgülle bzw. die Gärreste zu einem Wirtschaftsdünger aufbereitet werden, um somit die weltweiten Phosphorreserven zu schützen.

Wirtschaftlich gesehen ist zukünftig zu erwarten, dass die Kosten für Phosphatdünger weltweit steigen. Vor diesem Hintergrund sollten landwirtschaftliche Betriebe in veredelungsstarken Regionen mit der Herstellung und Vermarktung von phosphathaltigem Wirtschaftsdünger beginnen.

Die Abbildung 1 zeigt eine mögliche Vorgehensweise zur untersuchten Thematik.

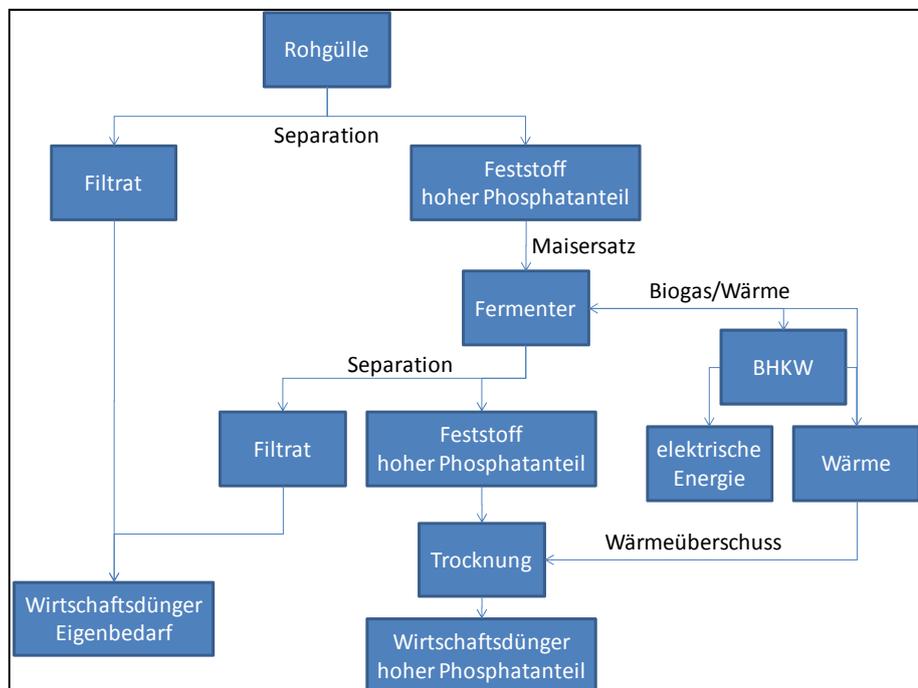


Abbildung 1: Biogasnutzung mit Herstellung von Wirtschaftsdünger

## Projektierung, Installation und Inbetriebnahme einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

**Julian Barnick B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz Robert Stupperich
Datum des Kolloquiums:	01. Januar 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	Wasser- und Energiesparsysteme Dr. Detlev Kröger, 48167 Münster

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in einem Einfamilienhaus projektiert, installiert und in Betrieb genommen. Außerdem wurde die Wirtschaftlichkeit dieser Lüftungsanlage berechnet.

Nach der Wärmeschutzverordnung, die am 1. November 1977 in Kraft trat und am 1. Februar 2002 ersetzt wurde durch die Energieeinsparverordnung (EnEV), sollen durch bauliche Maßnahmen die Energieverbräuche von Wohnungs- und Gewerboneubauten deutlich reduziert werden.

Die Reduzierungen der Energieverbräuche werden durch bessere Wärmedämmmaterialien wie zum Beispiel bei der Außenwanddämmung oder der Verglasung eines Hauses erreicht. Durch die moderneren, dichtereren Fenster ist die Durchströmung eines Hauses mit Luft nach EnEV Bauart geringer. Dieses hat zur Folge, dass feuchte Luft an kalten Stellen (Wärmebrücken) im Haus austaut und Schimmelpilz befall zur Folge haben kann.

Um den Befall von Schimmelpilzen im Haus zu verhindern, setzt man Lüftungsanlagen ein. Lüftungsanlagen tragen zum Wohlbefinden der Menschen bei, indem sie im Haus kontinuierlich die Luft austauschen.

Was ist Wärmerückgewinnung?

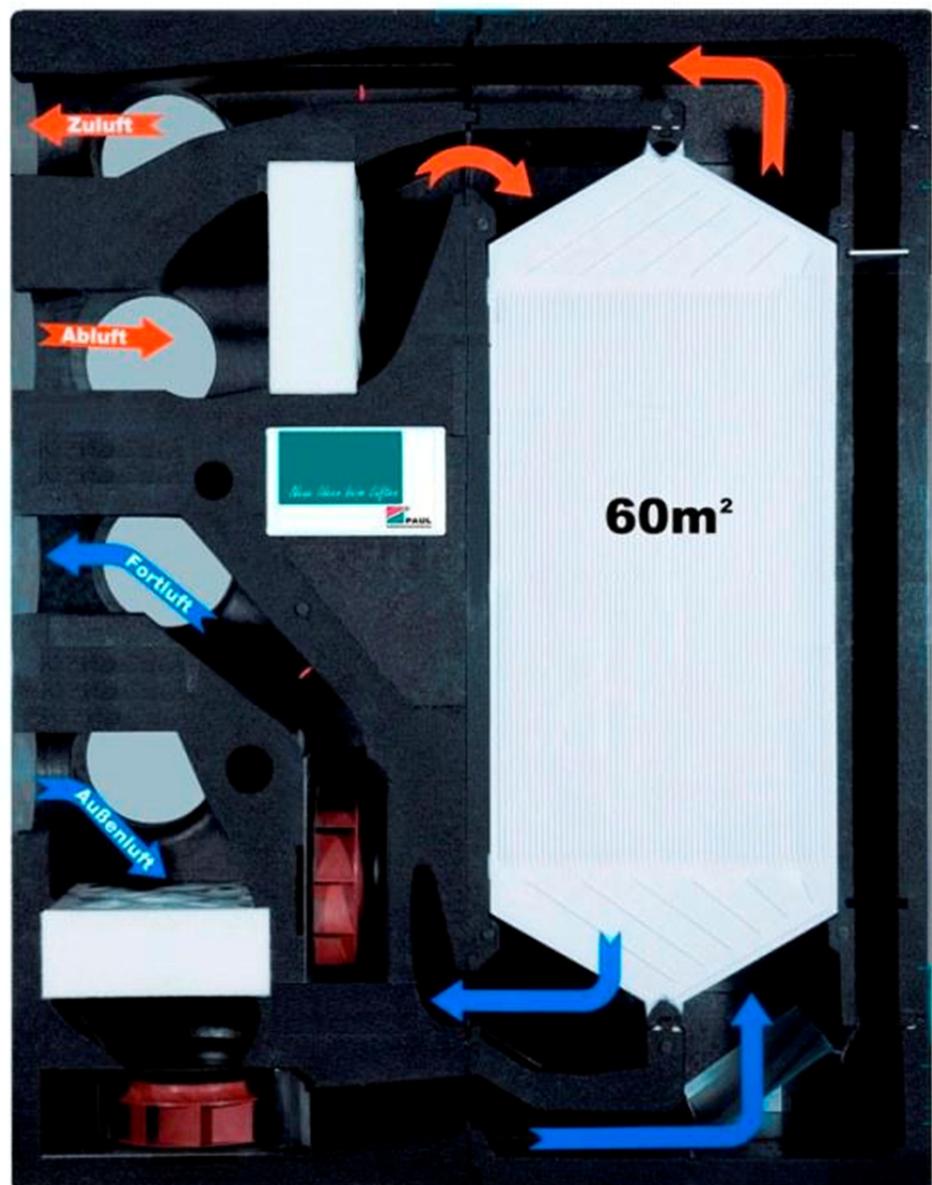
Wärmerückgewinnung ist das Zurückgewinnen thermischer Energie (Enthalpie) aus einem Massenstrom eines Fluides oder Feststoffes. Vorrangig wird Wärmerückgewinnung zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs eines Gebäudes und Anlagen verwendet, wie von Wohnhäusern in Form von Luft-Luft-Wärmeübertragung oder in der Industrie, indem die Energieströme aus Rauchabgasen zum Vorwärmen von thermischen Prozessen verwendet werden.

Wärmerückgewinnung hat auch einen ökologischen Sinn in der Senkung von CO<sub>2</sub>.

Wie funktioniert Wärmerückgewinnung?

Für die Wärmerückgewinnung sind Wärmeübertrager notwendig, die es in verschiedenen Bauarten mit verschieden hohen Wirkungsgraden gibt. Sie dienen zur Übertragung der thermischen Energie, indem das Fluid mit der höheren Temperatur die Energie an das Fluid mit niedriger Temperatur überträgt.

Bild unten: WRG-90-thermos 300 DC mit Wärmerückgewinnung der Firma Paul-WRG.



## Erstellung eines Lüftungskonzeptes für den Lager- und Verladebereich der Warsteiner Brauerei

**Tobias Bauerdick B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Thomas Sigle

Datum des Kolloquiums: 14. März 2011

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Raumluft- und Kältetechnik

In Kooperation mit: Warsteiner Brauerei Haus Cramer KG; Maschinenfabrik Gg Kiefer GmbH



In einem Industriebetrieb ist der problemlose Produktionsbetrieb ohne Lüftungstechnik nicht mehr vorstellbar. Durch die immer größer werdenden Wärme- oder Kältelasten, aber auch aus hygienischen Gründen, mit der Betrachtung auf die Schadstoffbelastungen, ist es zwingend notwendig den Luftbehandlungssystemen ein großes Augenmerk zu schenken. Dabei ist nicht nur zu bedenken, dass die für den Produktionsprozess benötigten Umgebungszustände eingehalten werden, wobei dies immer der Hauptgrund sein wird, sondern auch die Arbeitsbedingungen für den Menschen erträglich bleiben. Denn bei Zunahme der Temperatur sinkt auch die Leistungsfähigkeit von Arbeitnehmern.

Ziel dieser Arbeit war es in Zusammenarbeit mit der Planungsabteilung des Anlagenbauers „Maschinenfabrik Gg. Kiefer GmbH“ ein Lüftungskonzept für den Lager- und Verladebereich der Warsteiner Brauerei zu erstellen.

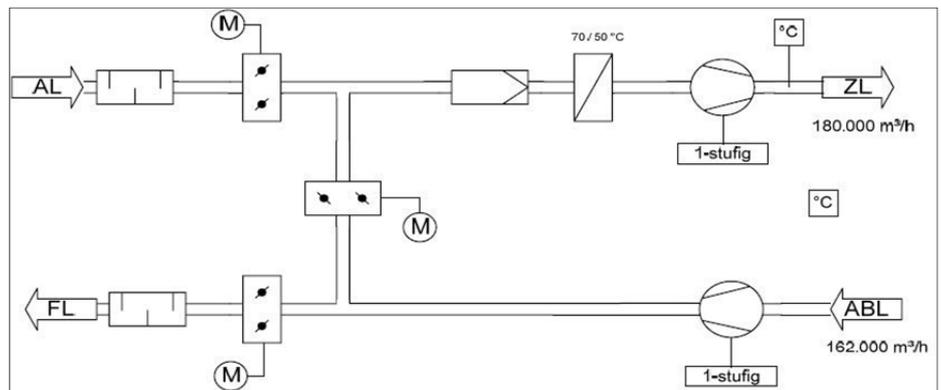


Abb.: momentaner Aufbau einer Lüftungsanlage

Aufgrund von Änderungen im Nutzungsprofil verschiedener Lagerbereiche und der Ladehalle ist es notwendig geworden, die Lüftungstechnik anzupassen. Dafür wurde in einem ersten Schritt der IST-Zustand aller relevanten Lüftungsanlagen, mit besonderer Betrachtung auf Luftmengen und Energieverbräuche, aufgenommen. Im Anschluss daran wurden die Transmissionswärmeverluste und Stofflasten der einzelnen Gebäudeteile neu ermittelt. Mit diesen Werten konnten die benötigten Luftmengen für den Auslegungsfall im

Winter (Außentemperatur  $-14\text{ °C}$ ) ausgerechnet werden. Um den zukünftigen Energiebedarf der einzelnen Lüftungsanlagen bestimmen zu können, wurde eine dynamische Berechnung der Luftmengen durchgeführt. Mit Hilfe von stündlich aufgenommenen Wetterdaten konnte der zur Deckung der Transmissionsverluste und zum Abtransport der Stofflasten benötigte Zuluftvolumenstrom berechnet und so auch der jeweilige in Zukunft zu erwartende Wärme- und Strombedarf ermittelt werden.

Die Anlagentechnik sollte weitestgehend erhalten bleiben. Veränderungen wurden innerhalb der Luftverteilung, Luftwechselraten sowie der Steuerungs- und Regelungstechnik vorgenommen.

Am Ende der Arbeit wurde ein Lüftungskonzept inkl. einer Amortisationsrechnung vorgelegt, auf dessen Grundlage es einem Anlagenbauer möglich ist ein Angebot zu erstellen.

Um die Wirksamkeit der Veränderungen an einem Wert vergleichen zu können wurden die Energieverbräuche der Lüftungsanlagen ins Verhältnis mit dem Gesamtenergiebedarf der Brauerei gesetzt. Nach sämtlichen Berechnungen erhielt ich das Ergebnis, dass der Wärmebedarf der Lüftungsanlagen von 19,79 % auf 13,92 % des Gesamtwärmeenergiebedarfs und der Strombedarf von 1,80 % auf 1,24 % des Gesamtstrombedarfs gesenkt werden kann.

## Analyse des bestehenden Umweltberichtswesens und Erstellung eines Anforderungsprofils an eine softwaregestützte Lösung bei einem international agierenden Automobilzuliefererbetrieb

**Andre Beblek B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christian Becke

Datum des Kolloquiums: 29. November 2010

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energie- und Umwelttechnik  
Laborbereich: Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit: Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. Kommanditgesellschaft, Coburg



Ziel der Abschlussarbeit war es, das bestehende Umweltberichtswesen des Automobilzuliefererbetriebs Brose auf Schwachstellen und Verbesserungspotenziale zu untersuchen. Aufbauend darauf wurde ein Lastenheft an eine Software verfasst, die in der Lage sein soll, das bestehende System abzubilden, die Problemstellungen zu lösen und die Optimierungspotenziale zu unterstützen.

Das Umweltberichtswesen steuert und kontrolliert im betrieblichen Ablauf die Erfassung und Auswertung der umwelttechnischen Parameter, vor allen Dingen der Verbräuche und Kosten. Anhand der Ergebnisse werden zu tätige Maßnahmen geplant und die Ausrichtung des Unternehmens bezüglich der Umweltbelange gesteuert. Dabei besteht ein Aufbau, der auf verschiedenen Berichtsebenen basiert. Von der Sammlung einzelner Stoffströme von Produktionsprozessen hin zu der Erfassung der Kosten der gesamten Brosegruppe werden die jeweiligen Prozesse und Standorte betrachtet.

Als Analyseergebnis ließ sich feststellen, dass vor allen Dingen die Effizienz und Dynamik des bestehenden Systems, das auf Excel aufgebaut ist, sehr gering ist. Dieses ist darin begründet, dass eine Mehrfacherfassung zwischen den einzelnen Ebenen notwendig ist. Personen, die Werte zu erfassen haben, müssen manuell beauftragt und erinnert werden. So zieht sich der Prozess der Erfassung in manchen Fällen deutlich über den eigentlichen Bearbeitungszeitraum hinaus.

Nach Analyse des Systems wurde ein Lastenheft an eine Software verfasst, die das Umweltberichtswesen abbilden soll. Dabei wurde auf die bestehenden Problemstellungen eingegangen, sodass diese aufgenommen und mit dem Erwerb der Software behoben werden sollen. Einerseits sind dabei die einmalige Erfassung und automatische Aufsummierung der Daten zu nennen. Hierdurch können unnötige Fehlerquellen vermieden und die Effizienz gesteigert werden.

Andererseits wurde ein Workflow entwickelt, der die zuständigen Personen in den Arbeitsablauf einbindet und automatisch auf ihre Aufgaben bezüglich der Datenerfassung und -kontrolle hinweist. Am Abschluss der Arbeit wurde ein Überblick über Hersteller im Bereich von Umweltmanagementsoftware gegeben. Die dabei vorgestellten Systeme konnten hinsichtlich ihrer Eignung und individueller Vor- und Nachteile bewertet werden.

## Leitfaden zur Entwicklung eines Energiemanagementsystems für Krankenhäuser

**Franz Beckmann M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Jochen Dahm
Datum des Kolloquiums:	16. September 2010
Studiengang:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Energietechnik
In Kooperation mit:	encadi GmbH, Münster



Zahlreiche Vorträge und Artikel aus ärztlichen Fachzeitschriften, wie beispielsweise der „Ärzte Zeitung“, haben in den vergangenen Jahren auf die Wichtigkeit des Themas Energiemanagement in Krankenhäusern hingewiesen. Ein Blick auf die rasant steigenden Energiepreise macht deutlich, dass sich die Bemühungen, Energiekosten langfristig senken zu wollen, in jedem Fall bezahlbar machen. Aktuelle Beispiele wie die des Reinhard-Nieter-Krankenhauses in Wilhelmshaven können als Motivation gesehen werden, selbst aktiv zu werden und sich mit dem Thema auseinanderzusetzen. Dort wurden die Energiekosten für Strom und Wärme durch eine umfangreiche Palette an Modernisierungsmaßnahmen um rund 75 % reduziert.

Die Bedeutung von Energiemanagement ist mittlerweile unumstritten und dennoch liegen die Konsequenzen und Bemühungen der Krankenhäuser noch in den Anfängen. Der Aspekt der Energieeinsparung stellt die Geschäftsführungen der Krankenhäuser vor neue Herausforderungen und hat in den letzten Jahren ein neues Arbeitsfeld eröffnet. Diese Entwicklungen haben verschiedene Dienstleistungsunternehmen wahrgenommen und genutzt – so auch die encadi GmbH aus Münster. Sie bietet Serviceleistungen im energiemangementtechnischen Bereich an, angefangen von der Beratung bis hin zum Contracting.

Der „Leitfaden zur Entwicklung eines Energiemanagementsystems in Krankenhäusern“ soll eine Erleichterung für die Umsetzung der Serviceangebote liefern, indem eine Strukturierung aller erforderlichen Aspekte eines Energiemanagementsystems erfolgt.

Zwei Aufgabenstellungen stehen im Mittelpunkt der Arbeit. Die erste beschäftigt sich damit, welche Anforderungen ein Energiemanagementsystem erfüllen muss. Dazu ist eine intensive Auseinandersetzung mit den drei am System beteiligten Komponenten, wie man sie der nachfolgenden Abbildung entnehmen kann, notwendig: dem Energiedienstleister (in diesem Fall speziell encadi), dem Kunden (das Krankenhaus) und der Basis (den rechtlichen Bestimmungen in Form von Gesetzen, Normen und Richtlinien).

Diese drei Gruppen bilden zugleich die Grundstruktur der Arbeit. So wird im ersten Teil das Krankenhaus aus theoretischer Sicht definiert und im Hinblick auf seine Zielsetzungen und Erwartungen bezüglich eines Energiemanagementsystems untersucht. Anschließend geht es um die Zusammenfassung und Darlegung der wichtigsten Rechtsbestimmungen.

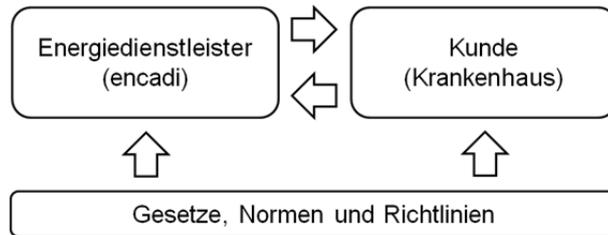


Abb.: Die am Energiemanagement beteiligten Gruppierungen

Die Vielzahl von Gesetzen und Richtlinien soll verständlich definiert und übersichtlich erläutert werden. Die nachfolgende Aufschlüsselung der Prozesse der encadi GmbH dient der Erarbeitung der Anforderungen an das System aus Sicht des Energiedienstleisters. Nur die genaue Betrachtung aus allen drei Perspektiven (aus Sicht des Staates, des Dienstleisters und des Kunden) ermöglicht das Entschlüsseln der komplexen Zusammenhänge und die Erarbeitung der unterschiedlichen Bedürfnisse. Gelingt es, diese vielfältigen Anforderungen sinnvoll strukturiert zu vereinen, ist die Entwicklung eines effizienten Energiemanagementsystems möglich. Und damit gelangt man zu der zweiten Aufgabenstellung. Gibt es am Markt bereits ein Energiemanagementsystem, das alle erarbeiteten Anforderungen erfüllt und somit eins-zu-eins umsetzbar ist? Eine Eingabe bei Google genügt schon, um sich der Existenz zahlreicher Softwaresysteme im Bereich Energiemanagement sicher zu sein. Ihr Nutzen sowohl für die Krankenhäuser als auch für encadi lässt sich aber erst nach einer genauen Prüfung abschätzen. Dazu werden im späteren Teil der Arbeit vier verschiedene Systeme dargestellt und durch einen Abgleich mit der erstellten Anforderungsmatrix auf ihre Effizienz hin überprüft.

## Planung und Dimensionierung eines PV-Generators in Marrakesch bei der Firma ADEREE

**Dipl.-Ing. Moulay Kamal Belhassan**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Datum des Kolloquiums:	16. November 2010
Studiengang:	Versorgungs- und Entsorgungstechnik
Studienrichtung:	Kommunal- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	ADEREE(Agence des Energies Renouvelables et d'Efficaciter Electrique), Marokko



Marokko will binnen zehn Jahren seinen Anteil an erneuerbaren Energien um das Vierzigfache erhöhen. Marokko muss heute noch 97 % seines Energiebedarfs importieren. Das Land, das heute noch 97 % seines Energiebedarfs importieren muss, setzt dabei vor allem auf seine 3.500 Kilometer lange Küste, die weltweit zu den für Windkraftanlagen geeignetsten Landstrichen gezählt wird. Auch die Sonneneinstrahlung und damit die Photovoltaik-Technik hat ein großes theoretisches Potenzial in einem Land mit vielen Sonnenstunden.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist es, für das ADEREE (Agence des Energie renouvelables et d'efficacitee electrique) Institut ein Konzept zu erarbeiten, dass ist mit Hilfe auf dem Dach des Institut installierter Solarkollektoren die Stromnutzung zu gewährleisten und die überschüssige Elektrische Arbeit ins Netz einzuspeisen.

Dazu gehört selbstverständlich die Ermittlung von:

die Spitzenleistung, die bereitgestellt werden muss,

der Grad der Versorgungssicherheit, der angestrebt ist,

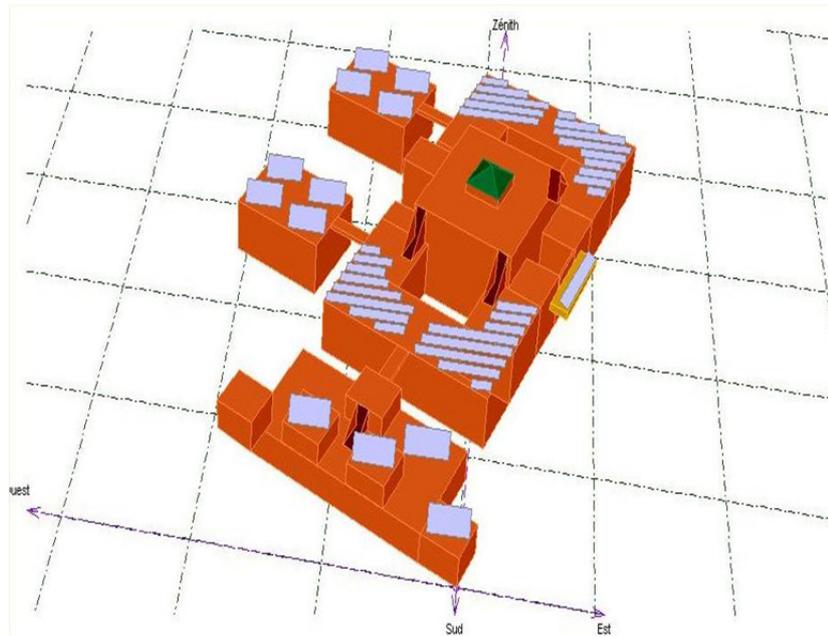
das Vorhandensein eines besonnten, hinreichend großen Aufstellungsortes zur Montage des Solargenerators.

Ziel der Planung- und Dimensionierungsüberlegung ist die Optimierung der PV-Anlage, die umweltfreundlichen Strom von der Sonne zu minimalen Kosten liefern kann.

Es gibt drei Ausgangsgrößen für die Dimensionierung einer PV-Anlage:

- Die finanziellen Verhältnisse
- Die Platzverhältnisse
- Und der gewünschte Energieertrag.

Die Gewichtung dieser Kriterien kann von Fall zu Fall natürlich sehr unterschiedlich ausfallen.



In Fall der ADEREE sind zwei Zusammenführungen der einzelnen Stränge und Gruppen auf der Gleichstromseite und zwei zentraler Wechselrichter mit einer Gesamtleistung von 72,9 kW zu installieren.

Im Laufe meines Diplomsemesters hatte ich die Möglichkeit, mich über den allgemeinen Stand der erneuerbaren Energien in Marokko zu informieren. Verglichen mit Deutschland hat Marokko noch einen weiten Weg zu gehen, bis die Solarenergie die Stromnutzung entlasten kann.

**Dipl.-Ing. Björn Bernhardt**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting

Datum des Kolloquiums: 09. Juli 2010

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Raumluftechnik

In Kooperation mit: Areva NP



Areva NP ist weltweit eines der führenden Unternehmen im Bereich der nuklearen Kraftwerkstechnik. In Olkiluoto an der finnischen Küste wird zurzeit der Prototyp eines EPR (europäischer Druckwasserreaktor) gebaut.

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die zeitabhängigen Kosten, die bei einer Inbetriebsetzung der Lüftungstechnischen Systeme einer nukleartechnischen Anlage entstehen, durch die Entwicklung eines Abgleichverfahrens zu reduzieren. Dafür werden Methoden erarbeitet, die eine schnelle und effiziente Einstellung der Regelorgane bewerkstelligen. Es wird beschrieben unter welchen Gesichtspunkten und in welcher Reihenfolge die Drosselorgane einzustellen sind.

Um eine sichere und schnelle Inbetriebnahme einer solchen Anlage zu gewährleisten, sind festgelegte Vorgehensweisen bei der Inbetriebnahme abzuarbeiten. Da für den Abgleich einer lufttechnischen Anlage mit fest einstellbaren Drosselorganen noch keine Vorgehensweise ausgearbeitet wurde, ist diese Thematik in der Diplomarbeit behandelt worden. Dabei wird aufgezeigt, wie die Luftmengenregulierung (Balancierung) während der Inbetriebnahme von Lüftungstechnischen Anlagen mit fest einstellbaren Drosselorganen in kern-technischen Anlagen erleichtert werden kann. Hierfür sind zwei Methoden für die Vorgehensweise der Inbetriebnahme solcher Anlagen erstellt worden.

Die Einstellung der Drosselorgane in den Lüftungskanälen ist in einer kern-technischen Anlage von hoher Wichtigkeit und wird daher mit besonderer Sorgfalt durchgeführt. Ungeachtet der Methode bleiben die Ziele dieselben. Es muss sichergestellt werden, dass keine mit radioaktiven Teilchen beladene Luft in die Umwelt gerät. Aufgrund dieser Anforderung wird das in dieser Diplomarbeit angesprochene Gebäude im Unterdruckbereich betrieben. Die Überströmungen werden immer nach den Klassifizierungen der einzelnen Räume eingeplant und sind so gerichtet, dass die Luftströmung von einem Raum mit Geringerem, in einen Raum mit potentiell höherem Kontaminationsrisiko strömt.



Kernkraftwerk Olkiluoto (OL3)

Die Gebäudestruktur einer solchen nukleartechnischen Anlage ist nicht mit der einer gewerblich genutzten zu vergleichen. Das in der Diplomarbeit angesprochene Gebäude, das Waste Building, besteht aus 267 Räumen und 7 Etagen, wobei auch Räume enthalten sind, die sich über mehrere Etagen erstrecken. Dadurch, und durch andere Gegebenheiten ergibt sich in jedem Stockwerk eine andere, neue Kanalführung.

Mittels der beschriebenen Vorgehensweisen zum Abgleichen eines Luftkanalnetzes kann man lufttechnische Anlagen aller Art auf die von dem Planer geforderten Volumenstromwerte einstellen. Dies gilt für Anlagen, die neu installiert werden, aber auch für bestehende Anlagen. Die Voraussetzung für den erfolgreichen Abgleich einer lufttechnischen Anlage ist die fachgerechte Auslegung des Luftkanalnetzes, der Lüftungskomponenten, sowie die Einplanung ausreichend vieler Regelorgane an den dafür geeigneten Örtlichkeiten. Mit den beschriebenen Methoden können sowohl verstellte Anlagen wieder balanciert und in ihren Auslegungszustand zurückgeführt werden, als auch eine Neuaufteilung der Volumenströme durchgeführt werden. Ein Vorteil ist, dass die beschriebenen Balancierungsmethodiken gegenüber empirischen, teilweise mangelhaften Balancierungsmethoden, fachmännisch und Schritt für Schritt zu den vom Planer geforderten Werten führen. Ein weiterer Vorzug ist, dass zum Abgleich des kompletten Kanalsystems nicht zwingend eine Druckverlustberechnung benötigt wird und man vor Ort mit wenig Personal sowie Arbeitsutensilien eine Balancierung durchführen kann. Mit den beschriebenen Verfahren kann man vor Ort die zur Balancierung benötigten Werte errechnen und anschließend an den dafür vorgesehenen Drosselorganen einstellen. Bei beiden Methoden werden in der Regel zwischen 2 und 4 Einstellungsdurchgänge benötigt, um die geforderten Soll-Werte zu erzielen.

## Überprüfung der Wirtschaftlichkeit eines bestehenden Contracting-Vertrages zur Lieferung von Strom und Wärme aus einer KWK-Anlage

**Jens Beuker B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Dipl.-Ing. Holger Wilmlink

Datum des Kolloquiums:

14. Oktober 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energie- und Umwelttechnik  
Energieversorgung und Energiewirtschaft

In Kooperation mit:

nvb Nordhorner Versorgungsbetriebe GmbH, Nordhorn



Das Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetz wurde mit dem Ziel eingeführt, den Anteil der Stromerzeugung aus KWK-Anlagen auf 25 Prozent zu steigern. Durch staatliche Förderungen sind in den letzten Jahren verstärkt Blockheizkraftwerke unter 50 kW<sub>el</sub>, sogenannte Klein-BHKWs, installiert worden.

Ein solches BHKW wird mit zwei weiteren Heizkesseln zur Versorgung eines Schulkomplexes mit Strom und Wärme, von der nvb GmbH, betrieben. In einem Contracting-Vertrag sind dabei die wirtschaftlichen Aspekte geregelt.

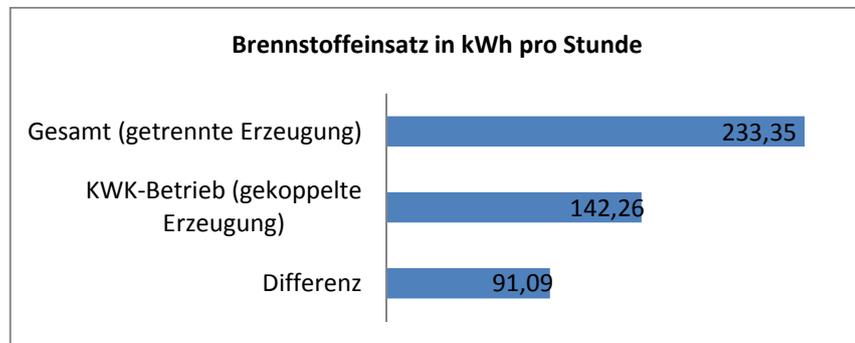
Aufgrund einer bisher geringen Laufleistung des BHKWs wurde eine wirtschaftliche Überprüfung der gesamten Heizzentrale durchgeführt.

Im ersten Schritt wurden die Investitionen in die Heizzentrale und die Kosten, die durch deren Betrieb entsteht, analysiert.

Des Weiteren wurden die Strom- und Wärmeausbeute, mit dazugehörigen Wirkungsgraden, jeder Anlage geprüft. Abschließend konnte eine wirtschaftliche Aussage über die Heizzentrale getroffen werden.

Aufgrund während der Arbeit getroffener technischer Veränderungen ist in den folgenden Betriebsjahren mit einer höheren Betriebsstundenzahl des BHKW zu rechnen. Dabei wurde für mehrere Varianten ein wirtschaftlicher Vergleich vorgenommen.

Ein Grund für die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung liegt in der effizienten Primärenergieausnutzung (siehe Abbildung) und der damit verbundenen Emissionsminderung.



Durch die Nutzung eines BHKW lassen sich so über 40 Prozent CO<sub>2</sub> einsparen.

Dipl.-Ing. Matthias Bieler M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Dipl.-Ing. Bernd Heyen

Datum des Kolloquiums:

13. Oktober 2010

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

In Kooperation mit:

GELSENWASSER AG, Wasserwerk Haltern



Das Wasserwerk Haltern versorgt rund eine Million Menschen, Gewerbe und Industrie des nördlichen Ruhrgebiets und südlichen Münsterlandes mit Trinkwasser. Dabei haben die Anlagen der Wassergewinnung, Wasseraufbereitung und Wasserförderung bei einer Jahresfördermenge von 91.250.000 Kubikmeter einen enormen Energiebedarf.

Vor diesem Hintergrund ist die Masterarbeit „Energieoptimierte Fahrweise von Wasserwerken“, mit dem Ziel, Optimierungspotentiale und damit verbundene Kosteneinsparungen aufzuzeigen, erstellt worden. Basis ist ein vereinfachtes Simulationsmodell zur Überprüfung der heutigen Fahrweise unter Voraussetzung der vorhandenen Wasserwerksanlagen und des Rohrleitungsnetzes.

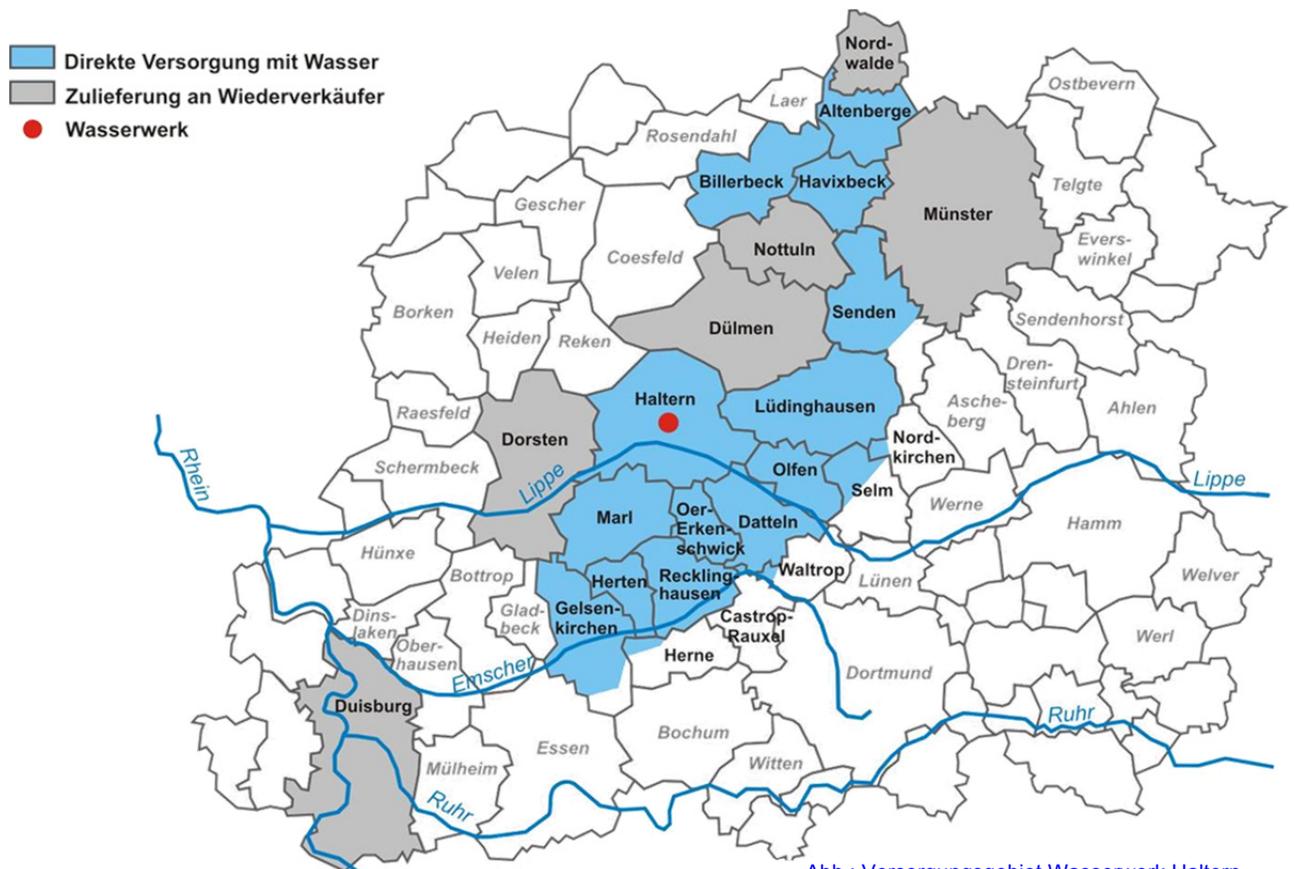


Abb.: Versorgungsgebiet Wasserwerk Haltern

Um die Aufgabenstellung zu bearbeiten, wurden zunächst die Betriebsdaten der letzten Jahre untersucht. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind bei der Erstellung des Simulationsmodells mithilfe der Software von SIR 3S (Simulation Instationärer Strömungen) umgesetzt worden. Anschließend wurden beispielhaft wiederkehrende betriebliche Szenarien simuliert, um Optimierungspotentiale zu erschließen.

Die Ergebnisse der Masterarbeit „Energieoptimierte Fahrweise von Wasserwerken“ zeigen, dass das Wasserwerk Haltern mit einem sehr guten Wirkungsgrad die Wasserversorgung sicherstellt. Es wurden viele Erkenntnisse über mögliche betriebliche Verbesserungen gewonnen, um auch in Zukunft weiterhin die sichere Versorgung mit Trinkwasser wirtschaftlich sinnvoll und qualitativ hochwertig zu gewährleisten.

## Erstellung eines Excel-Auswertetools zur Berechnung und Bewertung ausgewählter TGA-Kriterien aus dem DGNB-Kriterienkatalog für den Neubau von Büro- und Verwaltungsgebäuden

**Max Birwe B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Ansgar Wilken
Datum des Kolloquiums:	03. Dezember 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Sanitäre Haustechnik
In Kooperation mit:	Ingenieurbüro Nordhorn, Münster



Aufgrund zunehmender Ressourcenverknappung ergeben sich durch steigende Energiepreise höhere Nutzungskosten im Gebäudebetrieb. Neben den entstehenden Mehrkosten sind unter anderem auch die verursachten Umweltschädigungen, die Vorgaben Energie zweckmäßig zu nutzen und einzusparen, wie auch die Bereitstellung einer gesunden und behaglichen Umgebung, als Gründe für die zunehmende Nachfrage nachhaltig errichteter Gebäude zu sehen.

Einhergehend mit dieser Entwicklung steigt auch das Interesse von Bauherren und Investoren, die Güte der Gebäudeperformance ihrer Bauwerke festzuhalten. Neben einer möglichst umfassenden Bewertung der Gebäudeperformance soll diese national wie international transparent und vergleichbar aufgeschlüsselt und dokumentiert werden.

All diese Vorgaben werden durch das Zertifizierungsprogramm der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen abgedeckt.

Die Aufgabe der Bachelorarbeit war es nun ein Excel-Auswertetool zu erstellen, welches die Möglichkeit bietet, die Berechnungen und Auswertungen ausgewählter TGA-Kriterien des DGNB Zertifizierungsprozesses vorzunehmen.

Grundsätzlich besteht das Zertifizierungsprogramm aus 6 Themenfeldern mit insgesamt 63 Unterkriterien:

- Ökologische Qualität
- Ökonomische Qualität
- Soziokulturelle und funktionale Qualität
- Technische Qualität
- Prozessqualität
- Standortqualität

Aus dem Kriterienkatalog wurden insgesamt 15 TGA-Kriterien aus verschiedenen Themenfeldern ausgewählt und näher untersucht.

Der Aufbau und die Funktionsweise des Excel-Auswertetools:

Jedes untersuchte Kriterium besitzt ein Datenblatt mit Eingabefeldern, einer Auflistung einzelner Berechnungsschritte, ausführlichen Legenden sowie Verweisen auf verwendete bzw. zu beachtende Normen und Regelwerke. Die Ergebnisse werden zusammen mit den Grenz-, Referenz- und Zielwerten der durch die DGNB festgelegten Bewertungs-Checklisten dargestellt. Zusätzlich werden alle untersuchten Kriterien eines Themenfeldes in einer Übersicht zusammengestellt.

Zur Veranschaulichung des Berechnungsprozesses und der Funktionsweise des Excel-Auswertetools wurde die Auswertung beispielhaft an einem konkreten Bauwerk durchgeführt.

Die Vorgehensweise erfolgt gemäß der dargestellten Abbildung:



Abbildung 2: Vorgehensweise des Excel-Auswertetools

Nach Eingabe der Gebäudekennwerte erfolgen mit Hilfe der hinterlegten Algorithmen die Berechnungen und die daraus hervorgehenden DGNB-Gebäudekennwerte werden abschließend bewertet. Anhand der erreichten Bewertungspunkte (Bewertung: 0 bis 10 Punkte möglich) lässt sich die Kriteriums Performance ablesen. Über weitere Faktoren kann noch eine differenziertere Gewichtung der Kriterien vorgenommen werden. Den Abschluss einer erfolgreichen Zertifizierung bildet die Vergabe des Deutschen Gütesiegels für Nachhaltiges Bauen. Bei einer ausreichend hohen Güte der Gebäudeperformance kann Bronze-, Silber- oder Gold-Status erreicht werden.

Als Fazit hinsichtlich der Zertifizierungsprogramme kann gesagt werden, dass sie Bauherren und Investoren dazu animieren, entgegen dem Trend des immer preiswerteren Bauens, ein Bauwerk zu errichten, welches die Anforderungen gemäß des Stands der Technik sogar übererfüllt und somit sowohl für Investor wie auch Nutzer langfristig Vorteile bietet. Nach nahezu einstimmiger Meinung von Experten der Bau- und Immobilienwirtschaft werden sich diese Programme in den nächsten Jahren weiter am Markt etablieren und letztendlich das konventionelle Bauen womöglich sogar verdrängen.

**Matthias Bogenstahl B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Zweitprüfer: Prof. Dr. Markus G. Schwering

Datum des Kolloquiums: 17. September 2010

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energie- und Umwelttechnik  
Laborbereich: Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung

In Kooperation mit: Stadtwerke Münster GmbH



Der Energiesektor ist seit einiger Zeit im Wandel und verändert sich stetig. Nicht nur die Liberalisierung der Energiemärkte, sondern auch die Integration regenerativer Energien und dezentraler Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in die bestehende Energieinfrastruktur stellen für die Zukunft noch große Herausforderungen dar. Die Politik fordert in Bezug auf die Energieerzeugung einen nachhaltigen, rationellen und sparsamen Umgang mit Energie, eine schonende und dauerhafte Nutzung von Ressourcen und eine geringe Umweltbelastung. Insbesondere durch die Nutzung von regenerativen Energien und dem Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird die Möglichkeit gesehen, dieses Ziel umzusetzen. Durch die gekoppelte Erzeugung von Kraft (Strom) und Wärme lässt sich Primärenergie einsparen und so CO<sub>2</sub>-Emissionen verringern

Die Aufgabe ist von dem Geschäftskundenvertrieb der Stadtwerke Münster gestellt. Diese verkaufen unter dem Namen „Thermokonzept“ Contracting-Lösungen für die Wohnungswirtschaft, Industrie- und Gewerbebetriebe. Dabei werden bestehende Heizungsanlagen übernommen oder auch modernisiert. Es ist auch die Beistellung eines Blockheizkraftwerkes möglich. Die Stadtwerke Münster hoffen, durch die Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz im Jahr 2009 BHKW wirtschaftlicher betreiben zu können. Anlass dafür gibt die neue Definition von KWK-Strom. Demnach ist der gesamte im BHKW erzeugte Strom als KWK-Strom zu betrachten und wird nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz gefördert. Zuvor galt dies nur für den Strom, der in das Stromnetz eingespeist worden ist. Beim Vergleich der möglichen Vergütung für diesen ins Stromnetz eingespeisten Strom und Strom, der an Letztverbraucher verkauft wird, wird deutlich, dass durch die Direktvermarktung von BHKW-Strom an die verschiedenen Mieter einer Liegenschaft die zu erwartenden Erlöse höher sind. Die Vergütung für eingespeisten Strom liegt derzeit bei 10,06 Cent/kWh, die Vergütung für vor Ort verkauften Strom liegt allerdings zwischen 16 und 21 Cent/kWh, da die alternativen Strombezugskosten für die Mieter die Bezugsgröße sind. (> 17 Cent/kWh. (Vgl. Tabelle)

Des Weiteren ermöglicht der Einsatz eines BHKW den Stadtwerken, Strom günstiger an die Mieter weiterzugeben. Im Vergleich zu dem normalen Stromtarif könnten die Mieter Stromkosten sparen. Diese Win-Win-Situation macht den Einsatz eines BHKW besonders interessant.

In das Stromnetz eingespeister Strom in Cent/kWh		Im Objekt verbrauchter Strom in Cent/kWh	
KWK-Zuschlag	+ 5,11	KWK-Zuschlag	+ 5,11
Vermiedene Netznutzungsentgelte, Stand: 18.08.2010	+ 0,80	Verkaufspreis an die Mieter (netto)	+ Ca. 13,00 - 18,00
Üblicher Preis an der Strombörse	+ 4,15	EEG-Umlage für 2010	- 2,047
<b>Stromerlös</b>	10,06	<b>Stromerlös</b>	Ca. 16,00 - 21,00

Rechtlich ist die Direktvermarktung von BHKW-Strom an die verschiedenen Mieter einer Liegenschaft möglich. Sie ist auch politisch gewollt. Das KWK-Gesetz wurde unter anderem so verbessert, dass die Direktvermarktung von BHKW-Strom besser möglich ist.

Technisch ist der direkte Verkauf von BHKW-Strom an Mieter eines Objektes ebenfalls möglich. Da BHKW 3-phasigen Wechselstrom mit 400 V liefern können, kann dieser in die Hausanlage eingespeist werden. Aufgrund der wärmegeführten Betriebsweise der BHKW der Stadtwerke müssen diese parallel zum Stromnetz angeschlossen werden. Dabei wird der nicht abgenommene Strom in das Stromnetz eingespeist. Wird zu wenig Strom produziert, muss Reststrom aus dem Stromnetz bezogen werden. Um diese Strommengen zu erfassen, muss hinter der Hausanschlusssicherung ein Zweirichtungszähler installiert werden.

Um abschätzen zu können, wie viel BHKW-Strom im Objekt verbraucht werden könnte wurden die beiden Stromlastgänge von BHKW und Tarifkunden (Standardlastgang) übereinandergelegt. Dabei kam heraus, dass ca. 70 % des Mieterstrombedarfs durch das BHKW gedeckt werden können.

Die wirtschaftliche Betrachtung hat ergeben, dass sich die Direktvermarktung des BHKW-Stroms an die Mieter zurzeit nicht lohnt, da die Abrechnung bei der Belieferung von mehreren Stromverbrauchern manuell erstellt werden muss. Das führt zu einem hohen personellen Aufwand und zur Unwirtschaftlichkeit der Variante. Nur bei Belieferung von einem Stromabnehmer ist es derzeit für die Stadtwerke möglich, eine automatisierte Abrechnung zu erstellen. Es ist daher wirtschaftlich sinnvoll zumindest den größten Stromverbraucher im Objekt mit BHKW-Strom zu versorgen, solange die Abrechnung noch nicht automatisiert möglich ist. Dieser ist in der Regel der Allgemiestrom.

**Sarah Theresa Böntrup B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 25. Mai 2010

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

In Kooperation mit:



Ziel dieser Bachelorarbeit war es, Trinkwasser ohne Komforteinschränkungen unter Berücksichtigung von Technik und Wirtschaftlichkeit im Wohnungsbau einsparen zu können.

Welche technischen Systeme können hier umgesetzt werden, welchen wirtschaftlichen Nutzen bringen sie und in welchem Zeitraum amortisieren sie sich?

Um eine Grundlage für die Wirtschaftlichkeits- und Amortisationsbetrachtung zu schaffen, wurde zunächst eine detaillierte Analyse der verschiedenen Wasserzapfstellen im Wohnungsbau durchgeführt. Wird der tägliche Wasserverbrauch von zurzeit 122 Liter pro Person und Tag auf die einzelnen Tätigkeiten auf gesplittet, so wird deutlich, dass 30 % des Trinkwasserverbrauchs für das Duschen und Baden, 27 % für die Toilettenspülung und 12 % für das Wäschewaschen gebraucht wird.

Muss die Toilette mit dem Lebensmittel Trinkwasser durchspült werden? Das bei dem Duschen und Baden entstehende Abwasser kann aufbereitet und als Betriebswasser beispielsweise für die Toilettenspülung wiederverwendet werden. Das für das Wäschewaschen benötigte Trinkwasser kann durch aufbereitetes Regenwasser ersetzt werden.

Um für die Wirtschaftlichkeits- und Amortisationsbetrachtung und – berechnung eine Vergleichsgröße zu erlangen, wurde zunächst eine Musterwohneinheit aus den 80ziger Jahren mit einer fiktiven 4 – Personenfamilie ohne wassersparende Techniken gewählt. Der tägliche Wasserverbrauch in dieser Musterwohneinheit liegt bei rund 603 Litern pro Tag.

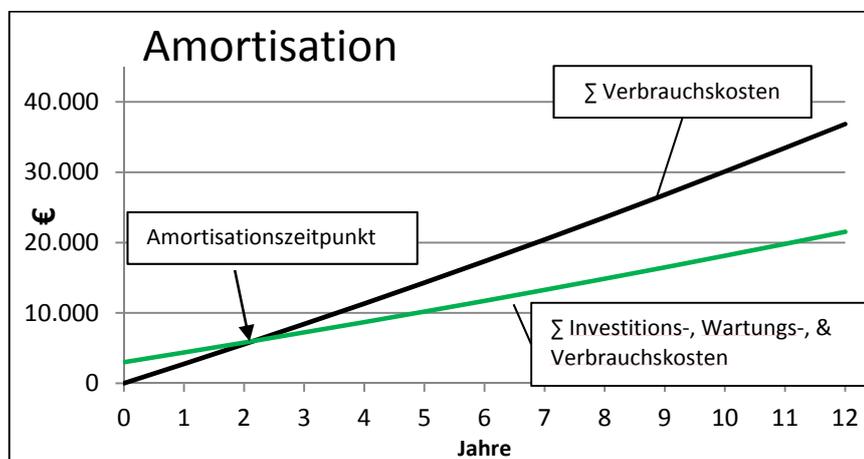
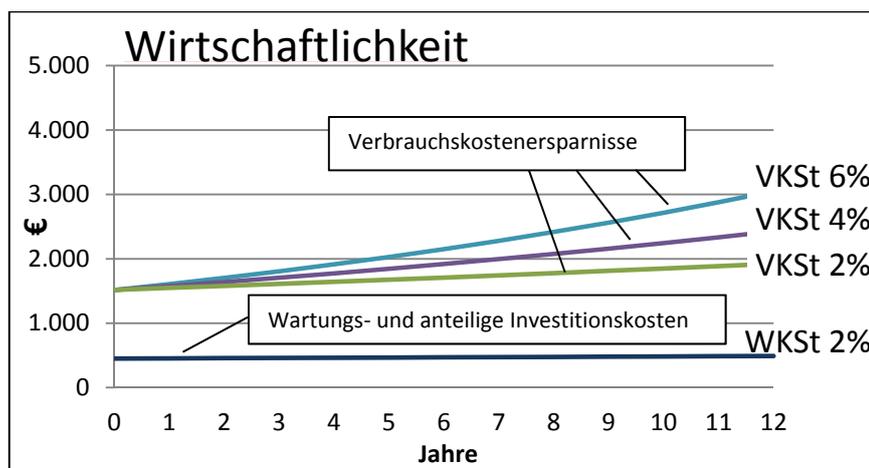
In einem zweiten Schritt erfolgt der Variantenvergleich bei einer neuwertigen Wohneinheit mit wassersparender Technik. Der tägliche Wasserverbrauch liegt hier bei rund 283 Litern pro 4 Personen.

Bevor wasser- und energiesparende Techniken eingesetzt werden, ist ein entsprechendes Verbraucherverhalten unabdingbar, um ein Bewusstsein für die effiziente Wassernutzung zu erlangen. Zudem kann aufbereitetes Grau- und Regenwasser anstelle von Trinkwasser über ein separates Leitungsnetz für einzelne Zwecke, wie z. B. die Toilettenspülung verwendet werden.

Neben dem Trinkwassersparen kann auch Energie durch die damit verbundene Warmwasserreduzierung und mittels Wärmerückgewinnung aus den

Abwässern gespart werden. Unterschiedliche Systeme wurden in dieser Arbeit dargestellt.

Die Wirtschaftlichkeit und Amortisation der hier betrachteten Varianten hängen von den Grundvoraussetzungen und örtlichen Gegebenheiten ab. Diese Varianten wurden in dieser Arbeit für verschiedene Gebäudegrößen exemplarisch mit 2, 5, und 10 WE untersucht. Dabei wurden die Durchschnittspreise für Trink- und Abwasser und Energie gewählt, sowie für ein neues Badezimmer als auch für die dementsprechende Regenwassernutzungsanlage. Die Kosten für Anlagen und Einrichtungen wurden gemäß Herstellerangaben zugrunde gelegt.



Die Auswertung der Arbeit ergibt, dass, bevor Wasseraufbereitungs- und Wärmerückgewinnungsanlagen im Wohnungsbau eingesetzt werden, in erster Linie wassersparende Sanitärtechniken, wie Durchflussmengenregler, Spülkästen mit einem 6l-Spülvolumen, Sparbrause, Thermostat- oder Eingriffmischbatterien sowie wasser- und energiesparende Spül- und Waschmaschinen eingebaut werden sollten. Diese wasser- und energiesparenden Einbauten sind im Verhältnis zu den Wasseraufbereitungs- und Wärmerückgewinnungsanlagen kostengünstig, wirtschaftlich und ohne großen Aufwand in jeder bereits vorhandenen Wohneinheit nachrüstbar.

**Tobias Bornemann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Senker
Datum des Kolloquiums:	11. August 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	RWE Innogy GmbH



Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde untersucht, ob der von der RWE Innogy GmbH geplante offshore Messmast Nordsee Ost autark mit Energie versorgt werden kann.

Man möchte davon absehen ein Unterseekabel vom Land bis zu diesem Bauwerk zu ziehen, da der finanzielle Aufwand zu hoch wäre. Infolgedessen wurden in dieser Arbeit Überlegungen angestellt, den Energiebedarf aller mit Strom zu versorgenden Bauteile über lokal vorhandene Energiequellen abzudecken. Diese stellen auf dem offenen Meer hauptsächlich die Wind- bzw. die Solarenergie dar.

Um jedoch eine sehr sichere Datenerfassung und Übertragung ans Land via Satellit gewährleisten zu können, wird zusätzlich zu den beiden regenerativen Energieerzeugungsvarianten ein Dieselaggregat installiert. Dieses soll als Backup-System dienen, wenn die anderen Erzeuger keine Energie einspeisen können.

Da auf der Nordsee starke und vor allem kontinuierliche Windströmungen charakteristisch sind, wurde in dieser Arbeit eine Ertragsbestimmung der ausgewählten Superwind SW 350 Windgeneratoren durchgeführt. Unter Berücksichtigung des turbulenten beeinflussten Strömungsprofils kristallisierte sich das Ergebnis heraus, den kompletten Energiebedarf mit nur zwei Windkraft-rädern abdecken zu können.

Letztendlich werden aber vier dieser Maschinen installiert, da mit sehr starken mechanischen Beanspruchungen und hohem Verschleiß gerechnet werden muss. Somit kann eine höhere Ausfallsicherheit durch Redundanz gewährleistet werden.

Der nächste Schritt dieser energetischen Betrachtung bestand darin, die Solaranlage zu dimensionieren. Es wurde sehr schnell deutlich, dass aufgrund von Platzmangel die zur Komplettabdeckung des Bedarfs nötige Modulanzahl unmöglich installierbar ist. Diverse Kalkulationsberechnungen führten zum Ergebnis, die PV-Anlage mit 18 unter einem Neigungswinkel von 30° montierten Solarpanels auszuführen, um die Ertragswerte zu optimieren. Hier ist zu erwähnen, dass die Hauptpriorität der Bedarfsdeckung auf den Wintermonaten lag, da in dieser Jahreszeit deutlich schlechtere Sonneneinstrahlungswerte auftreten.

Trotz dass die Solaranlage lediglich unterstützend Energie bereitstellen kann,

wird von deren Montage nicht abgesehen, da sie sehr zuverlässig und störunanfällig Strom bereitstellt.

Das eingangs erwähnte Dieselaggregat wird in seiner Erzeugungskapazität auf Anforderung der RWE so angepasst, dass es den kompletten Energiebedarf kontinuierlich abdecken könnte. Diese Entscheidung wurde getroffen, um im schlechtesten Fall – beim Ausfall aller regenerativer Energiequellen - noch immer eine gesicherte Energiebereitstellung durch das Dieselaggregat gewährleisten zu können.

Dieser Sicherheitsgedanke wurde sogar noch weiterverfolgt, sodass ein Batterieblock in das System integriert wurde. Dieser wäre bei vollem Ladezustand in der Lage die Verbraucher zehn Tage zu versorgen.

Der Energiespeicher wurde im Zuge dieser Arbeit elektrotechnisch ausgelegt. Anschließend wurde seine konstruktionstechnische Realisierbarkeit im Messcontainer nachgewiesen und sein Standort optimiert.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass aufgrund der großzügigen Dimensionierung der Energieerzeuger von einem gesicherten und vor allem zuverlässigen Betrieb des Messmasten ausgegangen werden kann. Wie in dieser Arbeit versucht wurde zu verdeutlichen, kann es als nicht realitätsentsprechend bewertet werden, dass durch die regenerativen Energiequellen über zehn Tage kein Strom gewonnen werden kann. Außerdem ist es sehr unwahrscheinlich, dass gleichzeitig kein Wartungseinsatz durchgeführt werden kann, bei dem ein eventuell defektes Dieselaggregat repariert oder dessen Vorratstank befüllt werden könnte. Diese Tatsachen bestärken die Annahme, dass von einer kontinuierlichen Datenbereitstellung ausgegangen werden kann.

Das im Zuge dieser wissenschaftlichen Arbeit ausgelegte und den lokalen Bedingungen angepasste Energieerzeugungskonzept soll Mitte des Jahres 2011 mit der restlichen Messmastkonstruktion in der Nordsee erbaut werden.

Die Auslegung ermöglicht es, eingehende Systemvorschläge der zuarbeitenden Planungsfirmen überprüfen und bewerten zu können.

Die RWE ist bestrebt, noch fünf weitere Messmasten für geplante offshore Windparks zu errichten. Diese sollen nahezu baugleich ausgeführt werden, sodass das beschriebene Konzept für diese Vorhaben als Referenzprojekt herangezogen werden kann.

Geringfügige Sensoranpassungen und Abstimmungen bezüglich der Detektierung der unterschiedlichen Messgrößen können problemlos bewältigt werden, da das hier beschriebene System nicht die komplette Erzeugungskapazität abfordert.

Somit ist es für die RWE Innogy überaus interessant das ausgelegte Energiekonzept auch auf den anderen Masten zu verwenden, da es nur noch minimalen systemspezifischen Anpassungen bedarf und die erheblichen Kosten für erneute Ausschreibungs-, Planungs- und Prüfungsverfahren eingespart werden können.

## Berechnung der Heiz- und Kühllast am Beispiel eines Büro- und Geschäftshaues

**Marc Bräuer B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Volker Winter

Datum des Kolloquiums: 11. Februar 2011

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluf- und Kältetechnik

In Kooperation mit: WINTER Beratende Ingenieure GmbH, Düsseldorf



In der vorliegenden Bachelorarbeit wurde die Heiz- und Kühllast am Beispiel des Kö-Bogens berechnet. Der Kö-Bogen ist ein geplantes Büro- und Geschäftshaus im Herzen von Düsseldorf. Es sind vier Untergeschosse und sechs Obergeschosse angedacht, in der Berechnung fanden lediglich die Obergeschosse Anwendung.

Der Kö-Bogen ist in zwei Bauten (Haus Königsallee und Haus Hofgarten) aufgeteilt. Die sechs Obergeschosse sind in die Bereiche Retail und Office unterteilt. Während die obersten drei Geschosse als Büros genutzt werden sollen, wird in den unteren drei Geschossen Platz für diverse Geschäfte entstehen.

Die Hauptfassade besteht aus fast weißem Naturstein und Glas in flächenbündiger Anordnung, wobei die Fassadenelemente entweder vertikal oder horizontal angeordnet sind. Durch unterschiedlich große Glas- und Natursteinkomponenten entstehen komplexe Muster, welche die modulare Ordnung nicht direkt erkennbar machen. Zudem sind Einschnitte in die Fassade geplant, die begrünt werden sollen, um eine Verbindung zum Hofgarten und der Königsallee herzustellen.



Berechnet wurde die Heiz- und Kühllast mit C.A.T.S., einem CAD und Berechnungsprogramm. C.A.T.S. verwendet für die Berechnung als Grundlage meteorologische Datensätze vom Deutschen Wetterdienst und wird durch Daten für extreme Wetterbedingungen aus der DIN EN 12831 und der VDI 2078 unterstützt. Diese sind spezielle Richtlinien für die Berechnung der Heiz- und Kühllast.

Grundlagen der Berechnung waren die Baubeschreibung des Bauherrn, der Bauteilkatalog des Bauphysikers sowie Grundrisspläne und Schnitte des Architekten. Weitere notwendige Daten sind nach entsprechenden Richtlinien und Normen gewählt worden. Ebenso wurden Tabellenwerte aus dem Berechnungsprogramm verwendet. Sämtliche Angaben sind dem Anhang beigelegt.

Das Ergebnis der Berechnung mit C.A.T.S. ist sehr umfangreich. Aus diesem Grund wurde sich bei der Auswertung auf die Ergebnisse der einzelnen Ebenen, sowie auf den jeweiligen Raum mit der Minimal- und Maximallast eines Bereichs beschränkt.

Die Berechnungsergebnisse der Heiz- und Kühllast werden in die Entwurfs- und Ausführungsplanung übernommen. Die errechnete Heizlast dient der Auslegung der Wärmeübertragungsflächen wie z. B. Heizdecken im Officebereich und Nacherhitzern im Retailbereich. Für die Ausreißer der Kühllast, bei denen anzunehmen ist, dass die zur Verfügung gestellte Kühlleistung nicht ausreicht, muss mit dem Bauherrn eine Lösung vereinbart werden.

## Die Erstellung eines Anforderungsprofils für Füllventile, einschließlich der dementsprechenden Erweiterung und Optimierung eines Prüfstandes

**Patrick Brigden B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Martin Krabbe
Datum des Kolloquiums:	29. März 2011
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	TECE GmbH, Emsdetten



Die TECE GmbH aus Emsdetten stellt unter anderem Unterputzspülkästen her, die mit zugekauften Füllventilen ausgerüstet werden. Der Grundgedanke zu dieser Bachelorarbeit basiert auf der Fragestellung, ob es ein Füllventil auf dem Markt gibt, das weltweit - unter Berücksichtigung der jeweils im Anwenderland gültigen Regeln - eingesetzt werden darf.

Die Funktion eines Füllventils besteht darin, Wasser in einen Spültank nachzufüllen, das für den Spülvorgang verwendet wird. Das Ventil wird in Abhängigkeit von der Füllstandshöhe in einem Behälter gesteuert. Wird ein gewisser Pegelstand des Wasserspiegels unterschritten, öffnet das Ventil. Ist der Sollpegel des Wasserspiegels erreicht, schließt das Füllventil.

Die Füllventile müssen unterschiedlichste Bedingungen erfüllen. Sie müssen rückschausicher sein, die Grenzwerte für entstehende Geräusche einhalten, beim Schließen des Ventils darf kein hoher Druckstoß entstehen, die einzelnen Bauteile müssen einer Druck- oder Kraftbeaufschlagung standhalten, die Ventile müssen genau füllen und die Funktion des Ventils muss bei unterschiedlichsten Anschlussdrücken sichergestellt sein.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde ein „globales“ Anforderungsprofil für Füllventile ausgearbeitet. Aus den in den jeweiligen Normen beschriebenen Bewertungskriterien wurden die prüfungsrelevanten Anforderungen, die mit einem Teststand ab prüfbar sein sollen, zusammengefasst.

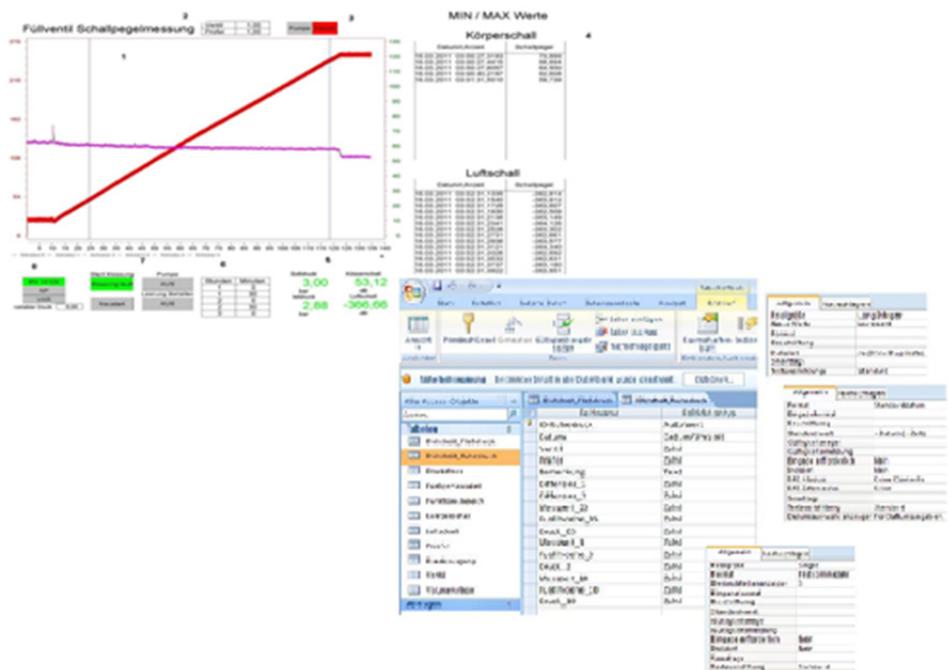
Für die Bachelorarbeit wurde hierfür ein vorhandener Prüfstand erweitert und teilautomatisiert, um die unterschiedlichen Prüfungen von diversen Füllventilen durchführen und diese miteinander vergleichen zu können. Es wurden die Volumenstromprüfung, die Füllgenauigkeitsprüfung, der Dichtheitstest, die Messungen des vom Ventil erzeugten Druckstoßes sowie die Messung des Luft-, bzw. Körperschalls beim Füllvorgang für die Bewertung ausgewählt.

Die jeweiligen Prüfprogramme wurden mit der Software DasyLab so programmiert, dass die relevanten Prüfzyklen automatisch durchgeführt werden und die Messergebnisse an eine Datenbank weitergegeben werden. Die erstellte Access-Datenbank dient zur Auswertung und Bewertung der Prüfungsergebnisse. Für jede Prüfung sind die Parameter der EN 14124, sowie die jeweiligen maßgebenden länderspezifischen Anforderungen, bzw. deren Prüfparameter hinterlegt und prüfbar.

Die folgenden Abbildungen zeigen den verwendeten Prüfstand. Die einzelnen Bauteile wie z.B. die Kreiselpumpe, der Schaltschrank, der Druckbehälter und den Prüftank sind hier gut zu erkennen. Ebenfalls sind unterschiedliche Leitungswege für die Durchführung verschiedener Prüfungen zu sehen.



Die nächsten Abbildungen zeigen das Bedienungslayout und einen Auszug der Datenbank. Über das Bedienungslayout werden die Messungen mit der Software DasyLab gesteuert.



## Kosten-Nutzen-Analyse zur optimierten Instandhaltungs- und Neubauplanung am Beispiel ausgewählter Trinkwasserbrunnen der Berliner Wasserbetriebe

**Dipl.-Ing. Adrian Brinkmann**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christian Becke  
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums: 21. Februar 2010

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Studienrichtung: Kommunal- und Umwelttechnik  
Laborbereich: Wasserversorgung und Wassergütwirtschaft

In Kooperation mit: Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH, Berlin



Brunnen werden seit Jahrtausenden zur Wassergewinnung genutzt. Doch erst seit wenigen Jahren spielt neben der Ergiebigkeit auch die Nachhaltigkeit von Brunnen eine Rolle, da Neubaugenehmigungen immer schwieriger und langwieriger zu erhalten sind. Durch optimale Auslegung des Brunnens und die Wahl des richtigen Standorts wird versucht, eine möglichst lange Betriebszeit zu erreichen. Trotz bester Voraussetzungen nimmt die Förderleistung von Brunnen im Laufe ihres Betriebes ab, was als Brunnenalterung bezeichnet wird. Die Alterungsrate ist abhängig von den geologischen und hydrochemischen Bedingungen, dem Brunnenausbau und dem Betrieb. Mithilfe vorbeugender oder reaktiver Instandhaltungsmaßnahmen wird versucht, die Leistung eines Brunnens möglichst lange zu erhalten oder wiederherzustellen. Die Wirtschaftlichkeit von Instandhaltungsmaßnahmen lässt zum „Lebensende“ eines Brunnens jedoch nach. Dann sollte der Ersatz des Brunnens geplant werden.

Die vorliegende Arbeit ist Teil des durch das vom Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB) durchgeführten Forschungsprojektes WELLMA, welches sich mit dem Betrieb und der Pflege von Trinkwasserbrunnen zur Optimierung der Leistung und der Wasserqualität beschäftigt. Hierfür sollte eine Methode getestet werden, die die Wirtschaftlichkeit von Regenerierungen eines Trinkwasserbrunnens mittels eines Vergleiches der Steigung der alterungsbedingten Betriebskosten und der Umlage des Gebrauchswertes bewertet. Ist die Steigung der Gebrauchswertumlage größer als die der alterungsbedingten Betriebskosten, lohnt sich eine weitere Regenerierung. Im gegenteiligen Fall wäre es wirtschaftlicher, den betroffenen Brunnen neu zu bauen (Abb. 1). Außerdem sollte das wirtschaftliche Minimum der alterungsbedingten Betriebskosten prognostiziert werden, um daraus die Dauer der anstehenden Betriebsperiode ableiten zu können. Die Berechnung des methodischen Ansatzes erfolgte am Beispiel vier ausgewählter Brunnen der Berliner Wasserbetriebe. Zwei der vier Referenzbrunnen wurden aufgrund ihrer regelmäßigen präventiven Instandhaltung mit Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) ausgewählt, um zusätzlich deren Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit von Regenerierungsmaßnahmen beurteilen zu können.

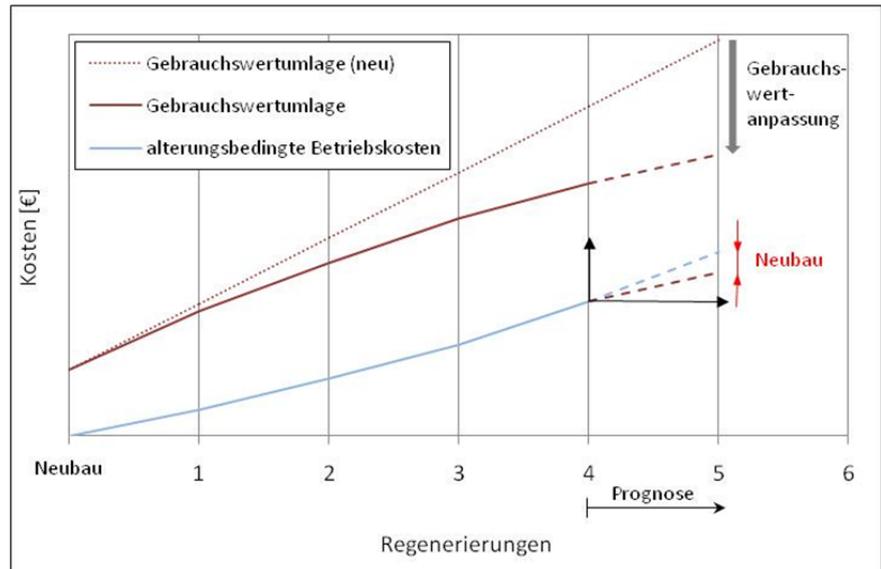


Abb. 1: Vergleich der Steigungen von alterungsbedingten Betriebskosten und Gebrauchswertumlage

Die Berechnung der Referenzbrunnen bestätigte die Praxistauglichkeit des gewählten Verfahrens. Ausschlaggebende Parameter für die Kalkulation sind u. a. die spezifische Ergiebigkeit, die Anzahl der Betriebsstunden sowie die jährliche Abnahme der Fördermenge. Zudem bestätigte sich, dass durch den Einsatz von  $H_2O_2$  eine Steigerung der spezifischen Ergiebigkeit erzielt wurde, in dessen Folge die Wahrscheinlichkeit auf eine weitere wirtschaftliche Regenerierung erhöht wird.

## Optimierung der Neuverlegung und der Erneuerungen von Gas-Hausanschlüssen hinsichtlich ihrer Erstellungskosten

**Thorsten Brümmer B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus

Datum des Kolloquiums: 30. September 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Gasversorgungswirtschaft

In Kooperation mit: EWE Netz GmbH, Oldenburg



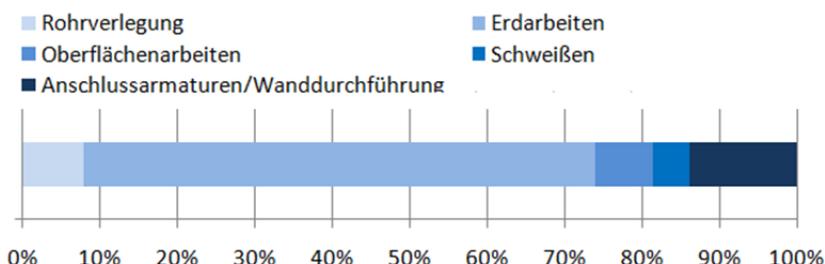
Durch die Zunahme der Nutzung von alternativen Energien in der deutschen Wirtschaft und im privaten Bereich geraten die traditionellen Energieträger ins Hintertreffen. Um gegenüber den alternativen Energieträgern weiter konkurrenzfähig zu bleiben, ist es nötig, die bewährte Technik für den Kunden günstiger zu gestalten.

Für die EWE Netz GmbH bedeutet dies, das Erdgas günstiger zum Verbraucher zu bringen. Dabei verspricht man sich den größten Erfolg auf Kostensenkung bei den kostenintensiven Gas-Hausanschlüssen. Dabei muss stets der hohe Sicherheitsstandard erhalten werden. Auch die Langzeitstabilität ist überaus wichtig. Im Falle von möglichen Beschädigungen müssen anfallende Kosten für die Erneuerung abgeschätzt werden.

Der Hausanschluss beginnt mit der Anbohrapparatur auf dem Hauptrohr, wird i. d. R. durch d32 Rohre geführt und gelangt über Gas-Stopp Schutzrohr und Wanddurchführung in das Haus, in dem Hauptabsperrhahn und Gasdruckregler das Ende der Installation bilden. Alle dazugehörigen Bauteile und der grundlegende Errichtungsablauf sind im DVGW-Arbeitsblatt G 459-1 "Hausanschlüsse" beschrieben und werden durch weiterführende Arbeitsblätter und Normen ergänzt.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde überprüft, in welchen Arbeitsbereichen die höchsten Kosteneinsparungen zu erwarten sind. Die Kosten unterteilen sich in Material- und Lohnkosten für die Monteure. Der Materialanteil an den Gesamterstellungskosten beläuft sich auf etwa 30 %. Die übrigen 70 % sind den Lohnkosten zuzurechnen. Somit ist deutlich, dass durch Zeiteinsparung im Erstellungsvorgang ein großer Effekt erzielt werden könnte. Aus diesem Grund wurden zunächst die benötigten Zeiten einzelner Arbeitsschritte direkt bei der Erstellung verschiedener Anschlüsse gemessen. Die meiste Zeit nehmen die Erdarbeiten in Anspruch. Die Wanddurchführung und das Anschließen der Armaturen nehmen weitaus weniger Zeit in Anspruch.

## Arbeitszeit-Anteile



Die Abschlussarbeit behandelt u. a. folgende Ansätze:

Durch den Einsatz härterer Materialien kann möglicherweise auf eine Sandbettung verzichtet werden und somit schneller gearbeitet werden. Durch die Installation der Armaturen in einem Hausanschlussschrank an der Außenwand entfällt die langwierige Mauerdurch- oder Unterführung der Leitungen. Pressfittings könnten das Elektroschweißen ablösen. Der Einsatz von durchgehenden Schutzrohren würde ebenfalls ein schnelleres Einsanden ermöglichen und darüber hinaus bei Erneuerungen ein Vorteil sein. Es würden lediglich Kopflöcher reichen, da das Produktenrohr durch die alte Trassenführung geschoben werden könnte. Alle Ansätze sind mit einem Mehrkostenaufwand verbunden, der allerdings durch den Vorteil der Zeiteinsparungen in Gänze relativiert werden sollte. Eine Kombination der Ansätze ist ebenfalls möglich. Wichtig dabei ist die Festlegung auf eine bestimmte Arbeitsweise innerhalb eines Betriebes, um Fehler bei der Erstellung der Hausanschlüsse zu vermeiden.

Materialeinsparungen scheinen schwer erreichbar. Lediglich durch den Bau der Armaturen außerhalb des Gebäudes könnte auf Hochtemperaturbeständigkeit verzichtet und somit günstiger gekauft werden.

Auch die Vergütung der Vertragsinstallationsunternehmen über ein Leistungsverzeichnis wurde überprüft. Das Ergebnis zeigte allerdings, dass diese schon hart am unteren Ende des Gewinnbereichs arbeiten und somit eine weitere Kürzung keine Rechtfertigung der Vergütungssätze haben kann.

Eine Senkung der Erstellungskosten im Hausanschlussbereich ist möglich, jedoch wohl nicht im gewünschten Umfang der Halbierung der Kosten. Die in der Bachelorarbeit genannten Beispiele verdeutlichen das. Eine weitere Untersuchung der genannten technischen Änderungen wäre wünschenswert. Der Einsatz in der Praxis muss überprüft und mögliche Kombinationsmöglichkeiten abgeschätzt werden.

## Messtechnische Überprüfung und Ergebnisbetrachtung der thermischen Leistung eines nachgeschalteten Abgaswärmeübertragers für Blockheizkraftwerke

**Dennis Bruns B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Philipp Stöckle
Datum des Kolloquiums:	28. September 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Viessmann Group



Die reine Nutzung regenerativer Energiequellen reicht für die Energiebereitstellung nicht aus. Aufgrund der begrenzten nutzbaren Ressourcen an fossilen Energieträgern müssen andere Wege der Energiebereitstellung gefunden werden, um auf Dauer den gewohnten Standard der Energiebereitstellung gewährleisten zu können. Dieses lässt sich allerdings nicht in kürzester Zeit realisieren. Aus diesem Grund müssen die jetzigen Energiesysteme verbessert und die Effizienz der Systeme gesteigert werden.

Bei der getrennten Energiebereitstellung von Strom und Wärme durch Kraftwerke ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad beider Systeme von ca. 54 %<sub>Hi</sub>. Bei der Bereitstellung der Energie mit einem Blockheizkraftwerk ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad von ca. 90 %<sub>Hi</sub>.

Ziel der Bachelorarbeit ist es, die Effizienzsteigerung eines Blockheizkraftwerk-Systems zu überprüfen. Um dem System noch mehr Energie entziehen zu können, wird in dem Abgassystem eines erdgasbetriebenen Blockheizkraftwerks ein zusätzlicher Sekundär-Abgaswärmeübertrager installiert. Dieser Abgaswärmeübertrager kühlt das Abgas deutlich unter den Abgastauptpunkt und ermöglicht dadurch die Brennwertnutzung, die bei einem Blockheizkraftwerk oftmals ungenutzt bleibt.

Die Anwendung eines solchen Wärmetauschers setzt allerdings voraus, dass genügend Wärmeanforderung mit kühlen Rücklauftemperaturen vorliegt. Die Messungen haben gezeigt, dass Rücklauftemperaturen (heizkreisseitig) bis max. 45 °C erforderlich sind, um den Wärmeübertrager wirtschaftlich betreiben zu können. Für den Einsatzfall eines Blockheizkraftwerkes mit einer elektrischen Leistung von 140 kW ergab sich in Verbindung mit dem Sekundär-Abgaswärmeübertrager eine Wirkungsgradsteigerung des Gesamtsystems von 11,5 %<sub>Hi</sub>.

Die Messungen im Rahmen der Bachelorarbeit belegen, dass der Sekundär-Abgaswärmeübertrager eine gute Möglichkeit ist, die Energie effizienter nutzen zu können. Die Ressourcen der Energieträger werden besser ausgenutzt. Die Umwelt wird durch die bessere Energieausnutzung geschont und der Schadstoffausstoß verringert. Für den Betreiber des Energiesystems ergibt sich ein finanzieller Vorteil. Bei einer Betriebszeit von 6.000 h/a und einer Rücklauftemperatur von 25 °C errechnet sich eine jährliche Einsparung an Energiekosten von ca. 10.000 €.

## Entwicklung von Optimierungskonzepten für Biogasanlagen anhand praktischer Untersuchungen

Dipl.-Ing. Christin Bücker M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

14. Dezember 2010

Studiengang:  
Laborbereich:

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



Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden Konzepte entwickelt, wie sowohl bestehende als auch Neubauten von Biogasanlagen in unterschiedlichen Bereichen der Biogasproduktion optimiert werden können.

Im ersten Teil dieser Arbeit sind zehn Biogasanlagen in Nordrhein-Westfalen vom Acker bis zur Stromverwertung untersucht worden. Dazu wurden alle verfügbaren Informationen der Anlagen gesammelt und geordnet. So wurden zunächst Begehungen der Anlagen und Gespräche mit den Betreibern durchgeführt, woraus sich die Basisinformationen wie der grundsätzliche Aufbau, der Substrat-Mix und die Betriebsweise ableiten lassen. Weiterhin wurden eine Fotodokumentation erstellt und vorhandene Betriebstagebücher ausgewertet. Weiterhin wurde mit den Anlagenbetreibern ein ausführlicher Analysebogen besprochen.

Zudem erfolgten temporäre Messungen in den folgenden Bereichen:

- Eigenenergieverbrauch (siehe Abb.1, linkes Bild),
- Methanemissionsquellen (siehe Abb. 1, rechtes Bild).



Abb. 1: Erfassung des Eigenstromverbrauchs (links) und Aufspüren von Methanleckagen (rechts)

Die gewonnenen Daten dienen weiterhin für das Projekt „Ökologische und ökonomische Optimierung von bestehenden und zukünftigen Biogasanlagen“. Neben den zehn untersuchten Anlagen in Nordrhein-Westfalen sind die Ergebnisse des Untersuchungsprogramms von zehn bayerischen Anlagen in das Projekt mit eingeflossen. Da diese Daten nicht selbstständig erfasst wurden, ist in dieser Masterarbeit lediglich die Tendenz der Ergebnisse aller dieser Anlagen dargestellt worden.

Im zweiten Teil der Arbeit sind die gewonnenen Daten aller Anlagen gegenübergestellt und bewertet worden. Mithilfe dieser sogenannten Ist-Analyse wurde deutlich, dass teilweise unterschiedliche Ansatzpunkte in Bayern und Nordrhein-Westfalen vorliegen (siehe Abb.2). Für eine vergleichbare Bewertung und Darstellung wurde eine Matrix mit Bewertungsparametern entwickelt. Anhand dieser Parameter sind Konzepte mit besonderen Optimierungspotenzialen ausgewählt worden.

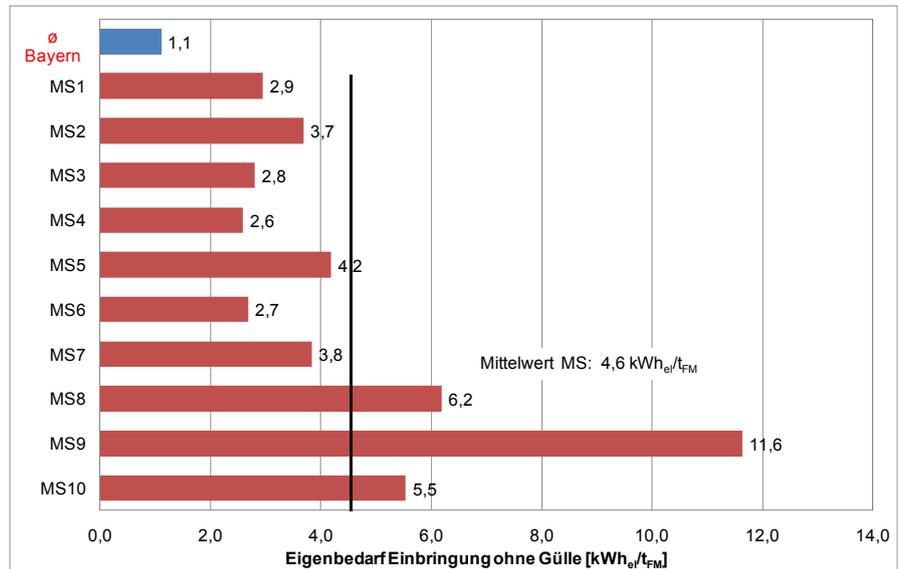


Abb. 2: Spezifischer Eigenbedarf der Einbringung ohne Gülle, bezogen auf die eingebrachte Feststoffmasse

Die in der Arbeit aufgeführten Verbesserungspotenziale beziehen sich auf folgende Bereiche:

## 1 Verbesserung des Eigenenergieverbrauches

- 1.1 Einbringung der Substrate
- 1.2 Optimierung des Entfeuchtungsverfahrens
- 1.3 Verringerung der Leistungsspitzen

## 2 Methanemissionen

- 2.1 Vermeidung von Biogasleckstellen
- 2.2 Restgaspotenzial im Endlager

## 3 Optimierung der Gärrestaufbereitung

Die bearbeiteten Maßnahmen führen jeweils zu einer ökonomischen und ökologischen Verbesserung. Allerdings bleibt zu erkennen, dass die Ansatzpunkte zur Verbesserung bei bestehenden Biogasanlagen begrenzt sind. Deshalb ist besonders bereits während des Planungsprozesses auf eine optimale Auslegung und Gestaltung der Biogasanlage zu achten. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle Verbesserungsmaßnahmen nur in Zusammenarbeit mit dem Anlagenbetreiber zu einem erfolgreichen Betrieb des Biogasprozesses führen. Gewissenhaftes Arbeiten, wie z. B. das Führen von Wartungsplänen und Betriebstagebüchern, trägt neben einer abgestimmten Anlagentechnik zum Erfolg einer Biogasanlage bei.

**Dipl.-Ing. Marcel Bucker**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Datum des Kolloquiums:	12. Januar 2011
Studiengang:	Versorgungs- und Entsorgungstechnik
Studienrichtung:	Technische Gebäudeausrüstung
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	SN Solartechnics GmbH & Co. KG (Osnabrück) Shanghai Macsolar Power Co. Ltd.



Ziel der Arbeit war die Erarbeitung eines Konzeptes sowie die wirtschaftliche Betrachtung über den Direktstromverbrauch bei netzgeführten PV-Anlagen ohne Rückspeisung in das öffentliche Versorgungsnetz. Hier war das Hauptaugenmerk auf einem zusätzlichen Regelmechanismus mit der Funktion, nicht in das öffentliche Versorgungsnetz einzuspeisen. In diesem Fall soll nur die verbraucherseitige Energiemenge von der PV-Anlage abgedeckt werden. Sollte der Fall eintreten, dass die verbraucherseitige Leistung größer als die produzierte PV-Leistung ist, so wird die zusätzlich benötigte Energiemenge aus dem öffentlichen Netz bezogen.

Es musste als Erstes geklärt werden, wo die Vorteile liegen, Photovoltaikanlagen nach dieser Variante zu betreiben. Bei diesem Arbeitsverhalten nimmt man gewollt in Kauf, dass verfügbare elektrische Energie nicht genutzt wird. Dieses eintretende Szenario, PV Leistung > Bedarfsleistung, in großem Maße abhängig von einer Vielzahl von Faktoren, wie elektrischer Energiebedarf, PV Anlagengröße, Standort der PV-Anlage, Phasenbelastung usw.

Dennoch muss man sich vor Augen halten, dass nicht in allen Ländern der Europäischen Union PV-Fördermodelle angeboten werden. In Nationen die eine Förderung anbieten gibt es grundverschiedene Fördermodelle, die nicht miteinander vergleichbar sind. Außerdem gibt es unterschiedliche Genehmigungsphasen der einzelnen Behörden und diese auch meist lange Bearbeitungsphasen in Anspruch nehmen. Es werden aus unterschiedlichsten Gründen, das Öffnen PV-Anlagen von Energieversorgern oder Behörden nicht genehmigt. Um dem Endkunden in diesem Fall die Möglichkeit bieten zu können, einen Teil seines elektrischen Energiebedarfs mit PV produzierter, elektrischer Leistung decken zu können, soll diese Variante eine Alternative bieten, PV Anlagen schon in Beantragungsphasen betreiben zu können und Strombezugskosten zu senken.

Um Wechselrichter nach dieser Variante betreiben zu können ist es nötig, das bestehende Arbeitsverhalten MPPT (Maximum Power Point Tracker) mit Aufgabe des kontinuierlichen Betriebes des Solargenerators in seinem maximalen Leistungsbereich, um eine weitere Regelung zu erweitern. Diese ermöglicht eine Verbraucherabhängige Arbeitspunktverschiebung des MPPT.

Um eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagenmöglichkeiten treffen zu können, wurden Lastprofile von Zweifamilienhäusern an den Standorten Deutschland und Spanien aufgezeichnet und ausgewertet, sowie PV-Anlagen an diesen Standorten simuliert. Bei der abschließenden wirtschaftlichen Betrachtung [Abb.1] lässt sich die Erkenntnis ziehen, dass bei Ländern mit Förderungsprogrammen dieses Regelverhalten keineswegs eine Alternative zu den üblichen Fördermodellen ist.

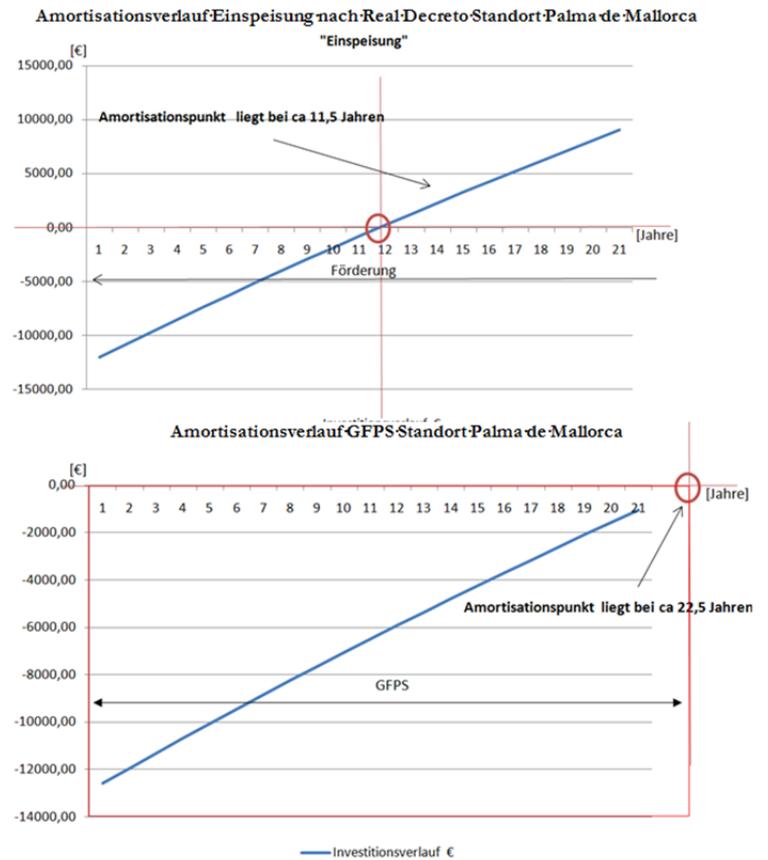


Abb.1 Amortisationszeit PV-Anlage Standort Spanien (oben mit Förderung unten Direktstromverbrauch)

## Dimensionierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer 367 kW<sub>p</sub> umfassenden Photovoltaikanlage

**Philipp Bädenbender B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Diplom-Ing. Christoph Glanemann

Datum des Kolloquiums:

17. September 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energie- und Umwelttechnik  
Energieversorgung und Energiewirtschaft

In Kooperation mit:

Stadtwerke Greven



Im Rahmen der Bachelorarbeit erfolgte eine Dimensionierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer 367 kW<sub>p</sub> umfassenden Photovoltaikanlage in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Greven.

Nach einer grundlegenden Beschreibung des Aufbaus und des Funktionsprinzips der wichtigsten Anlagenkomponenten, ist zunächst die Dimensionierung der Photovoltaikanlagen durchgeführt worden

In diesem Zusammenhang wird dann auch die Modulverschaltung untereinander sowie mit dem Wechselrichter konkretisiert. Diesbezüglich wird insgesamt eine Unterdimensionierung der Wechselrichter von 14 % im Vergleich zur gesamten installierten Modulleistung vorgenommen.

Des Weiteren wird mit der Berechnung der MPP-Spannung und der MPP-Ströme der unterschiedlichen Strings sowie weiteren Größen die Einhaltung der zulässigen Wechselrichtergrenzwerte überprüft. Anschließend wird mit der Darstellung des Anschlusses an das Stromversorgungsnetz die Dimensionierung der Photovoltaikanlage abgeschlossen.

Im Folgenden wird die normierte Leistung der Photovoltaikanlage berechnet. Dazu wird zunächst mit dem durch die Europäische Kommission zur Verfügung gestellten Programm PVGIS das globale Strahlungsangebot auf die geeignete Fläche berechnet. Dahingehend ergibt sich unter Angabe des genauen Standorts der Anlage (geographische Koordinaten und Azimutwinkel) und dem Neigungswinkel der Dachfläche ein durchschnittliches globales Strahlungsangebot von 1059 kWh/m<sup>2</sup>.

Dieses globale Strahlungsangebot ist dann noch um Verluste wie Reflexionsverluste, Verluste durch erhöhte Zellentemperaturen, Verschmutzung, Verschattung und DC- und AC-Leitungsverluste zu vermindern, um einen spezifischen Strahlungsertrag von 860 kWh/kW<sub>p</sub> zu erhalten. Die Performance Ratio der Anlagen beträgt dann durchschnittlich 81,23 %.

Im Folgenden sind die Investitionskosten, der vollständig fremdfinanzierten Photovoltaikanlagen, einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterzogen worden. Auf Grundlage der gesamten Kosten und der eingespeisten Strommenge in das Versorgungsnetz können Stromgestehungskosten in Höhe von 23,74 Cent/kWh berechnet werden.

In einem weiteren Schritt sind die Ergebnisse zur Einschätzung des Investitionserfolges einer Prüfung, die sich an der VDI Richtlinie 2067 orientiert, zu unterziehen. Durch diese Kennzahlen wird somit insgesamt die Vorteilhaftigkeit der Investitionen belegt.

Die Amortisationsdauer der Photovoltaikanlagen ist demnach mit 16 Jahren anzunehmen. In einer weitergehenden Sensitivitätsanalyse zur Einschätzung des Investitionsrisikos zeigte sich, dass die Investitionskosten und die Solare Strahlung, wie bereits im Vorfeld vermutet, in starker Abhängigkeit zu dem Gesamterfolg der Investitionen stehen.

Mit einer abschließenden Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanzierung kann der ökologische Nutzen der Photovoltaikanlagen quantifiziert werden.

Bei einer energetischen Amortisationszeit von vier Jahren und einer CO<sub>2</sub>-Einsparung von 3054 Tonnen im Vergleich zum Energieträgermix des Bundesdurchschnittes und 2257 Tonnen zum Energieträgermix der Stadtwerke Greven über einen Zeitraum von 20 Jahren, ist neben der ökonomischen auch die ökologische Vorteilhaftigkeit der Photovoltaikanlagen gegeben.

## Konzeption einer Angebotskalkulation zur Bestimmung von Preisuntergrenzen für ein mittelständisches Handwerksunternehmen

**Thorsten Busch M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr. Johannes Schwanitz  
Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler

Datum des Kolloquiums:

07. Oktober 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Rohr- und Metallbau Busch GmbH, Osterwald



Die Problemstellung dieser Arbeit ergibt sich aus der zumeist vorherrschenden Unkenntnis der eigenen Kosten bzw. Preisuntergrenzen in Handwerksunternehmen. Aussagen über die Möglichkeit der Gewährung von Nachlässen o. Ä. können nicht gemacht werden.

Dieser Problematik ist diese Arbeit mit der Entwicklung eines Konzeptes zur Angebotskalkulation zur Bestimmung von Preisuntergrenzen für ein mittelständisches Handwerksunternehmen entgegen getreten.

Die Kalkulation stellt eine zentrale Herausforderung für das Handwerk dar. Kalkulationen bzw. Kostenrechnungen werden in den meisten Handwerksunternehmen vernachlässigt, auch weil oftmals das Know-How zur Durchführung nicht vorhanden ist. Diese Vernachlässigung kann weitreichende Konsequenzen (z. B. Fehlkalkulationen) für die wirtschaftliche Lage des Unternehmens haben. Kalkulationen bzw. Kostenrechnungen sollten als wesentliche Grundlage unternehmerischer Entscheidungen herangezogen werden.



Um die speziellen Anforderungen eines mittelständischen Handwerksunternehmens an ein Konzept für eine Angebotskalkulation erfüllen zu können, hat sich ergeben, dass eine Progressive Angebotskalkulation angewendet werden sollte. Hierfür ist jedoch die Kenntnis der eigenen Kosten bzw. der Selbstkosten eines Produktes notwendig. Als ein geeignetes Instrument zur Selbstkostenermittlung, wiederum gemessen an den spezifischen Anforderungen eines Handwerksunternehmens, hat sich die Differenzierende Zuschlagskalkulation auf Voll- und Teilkostenbasis auf der Grundlage von Normalkosten ergeben.

Mit diesem Verfahren lassen sich sowohl lang- als auch kurzfristige Preisuntergrenzen eindeutig bestimmen und im Zuge der Progressiven Angebotskalkulation anwenden.

Die Umsetzung des o. g. Konzeptes sollte in festgelegten Schritten ablaufen. Um eine gefestigte Grundlage zukünftiger Entscheidungen zu haben, ist die

Bestimmung der relevanten Zahlen für die vorherigen Geschäftsjahre als einmaliger Aufwand notwendig.

Diesem Aufwand der nachträglichen Ermittlung der Zahlen kann durch ein monatliches bzw. jährliches Reporting aus dem Weg gegangen werden. Aktuelle Zahlen sind so immer vorhanden und sich verändernde Entwicklungen in der Preisstruktur lassen sich schnell und vorzeitig erkennen.

Die Anwendung des o. g. Konzeptes sollte jedoch immer unter Beachtung bestimmter, vor allen Dingen die der Zuschlagskalkulation, erfolgen. Speziell die etwaige nicht verursachungsgerechte Verteilung der einzelnen Kosten ist hier problematisch. Diese Zurechnungsfehler sind möglichst gering zu halten und einer ständigen Beobachtung zu unterziehen.

## Theoretische und experimentelle Untersuchung der verantwortlichen Parameter von Druckstößen in Trinkwasserinstallationen

**Johannes Bußmann B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Dr. Abdullah Oengoeren

Datum des Kolloquiums:

19. Juli 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Labor Sanitäre Haustechnik

In Kooperation mit:

Geberit International AG, Rapperswil-Jona, Schweiz



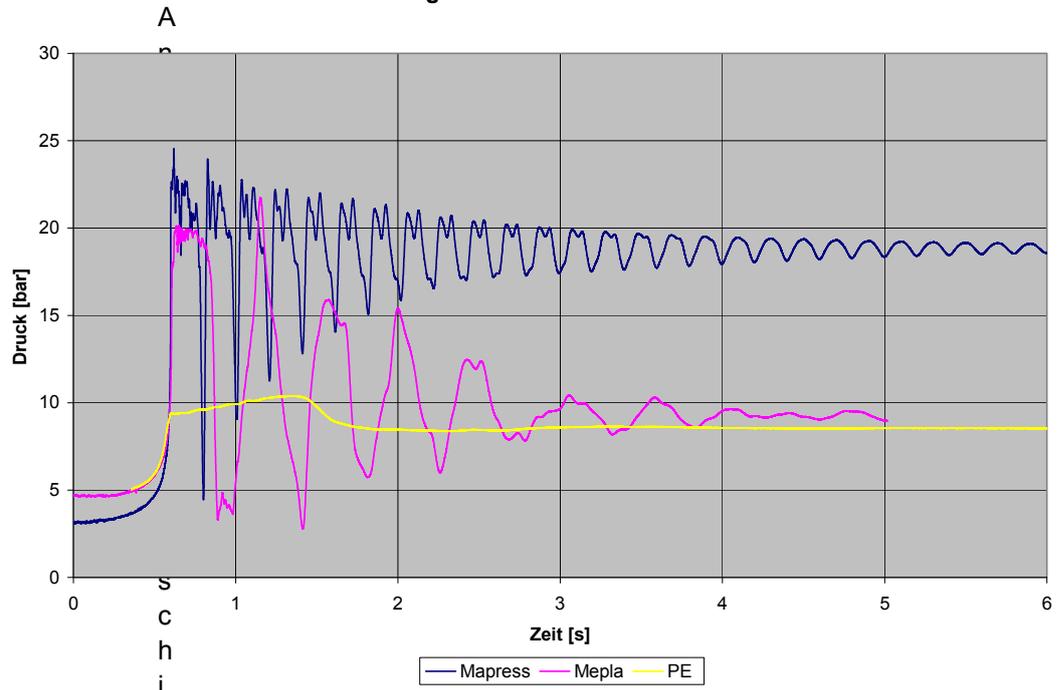
In der heutigen Sanitärtechnik spielt neben den äußerst wichtigen hygienischen Aspekten und dem Komfort auch die Sicherheit der Systeme eine entscheidende Rolle. Schnell schließende Armaturen bereiten diesbezüglich im Leitungsnetz häufig Probleme, die sich in Druckstößen äußern. Bei diesem hydraulischen Effekt steigt der Druck in den Rohrleitungen sprunghaft an. Eine Druckwelle breitet sich in Millisekunden aus und kann Schäden im Leitungssystem, an Apparaten und zuletzt an der schließenden Armatur hervorrufen.

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit war das Auftreten hoher Druckstöße in verschiedenen Rohrleitungssystemen. Durch experimentelle Untersuchungen sollen die verantwortlichen Parameter des Druckstoßproblems ermittelt werden. Die Messergebnisse werden mit den theoretischen Ergebnissen einer Standardberechnungsmethode von Druckstößen verglichen und verifiziert. Die Grundlage der theoretischen Betrachtung ist die VDI 6006, welche sich in Bezug auf unterschiedliche Normen mit Druckstößen auseinandersetzt. Als ein Ergebnis dieser Bachelorarbeit stellt sich heraus, dass die berechneten Werte in Bezug auf einige Parameter von den Messergebnissen abweichen.

Für die experimentellen Untersuchungen wurden Rohrleitungen aus Verbundmaterial (Aluminiumschicht und 2 Polyethylenschichten), Edelstahl und Kunststoff als 125m lange Rohrleitungssysteme in der Dimension DN 20 verlegt. Um den Einfluss der Nennweite zu ermitteln wurde das Verbundrohr zusätzlich in der Größe DN 12 und DN 25 montiert. Die Geschwindigkeit der Strömung ist am Versuchsstand für unterschiedliche Messungen verändert worden. Der höchste Volumenstrom, welcher eingestellt wird, liegt bei 0,5 l/s. Bei einem Mehrschichtverbundrohr DN20 zum Beispiel ergibt das eine Strömungsgeschwindigkeit von 1,6 m/s. Um Reflexionen der Druckwelle in einer Rohrleitung zu Vermeiden wurden Richtungsänderungen der Rohrleitung nicht mit Formstücken versehen, sondern mit Biegewerkzeugen geformt.

Der Druck wurde an vier verschiedenen Stellen im Verlaufe der Rohrleitung aufgenommen. Das Messprogramm ermöglichte die Messung von Wellen bis zu einer Frequenz von 5000 Hz. Alle Messdaten wurden in eine Tabellenform konvertiert und anschließend ausgewertet. Der Verlauf der Druckwellen konnte somit in Diagrammen dargestellt werden.

### Vergleich der Druckwellenverläufe



edlich positionierten Drucksensoren im Verlauf der Rohrleitung konnte auch die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Druckwelle bei der experimentellen Untersuchung ermittelt werden um dann einen Vergleich zur theoretischen Betrachtung vorzunehmen.

Die Ergebnisse der Bachelorarbeit lassen erkennen, dass die Messwerte mit dem Verbund- und dem Edelstahlrohr die theoretische Betrachtung bestätigen. Die Messwerte mit dem Kunststoffrohr hingegen zeigen im 125m langen Versuchsstand starke Abweichungen zur Theorie. Es ist zu behaupten, dass der Grund für diese Abweichung auf das weiche Kunststoffmaterial zurückzuführen ist. Es kann die Bewegungsenergie des Wassers besser absorbieren.

Um wirksame Massnahmen gegen Druckstöße auszuarbeiten und fehlerfreie Rohrleitungssysteme auszulegen benötigt man gute Kenntnisse in Bezug auf die Abhängigkeit des Druckstosses von der Länge, dem Material und dem Durchmesser der Rohrleitungssysteme. Die Ergebnisse dieser Studie dienen dazu die Druckstoßprobleme vorzeitig zu erkennen und damit zu verhindern.

## Thermische Gebäudesimulation zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

Tobias Bußmann B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Lars Eversmann

Datum des Kolloquiums:

30. März 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Raumluft- und Kältetechnik

In Kooperation mit:

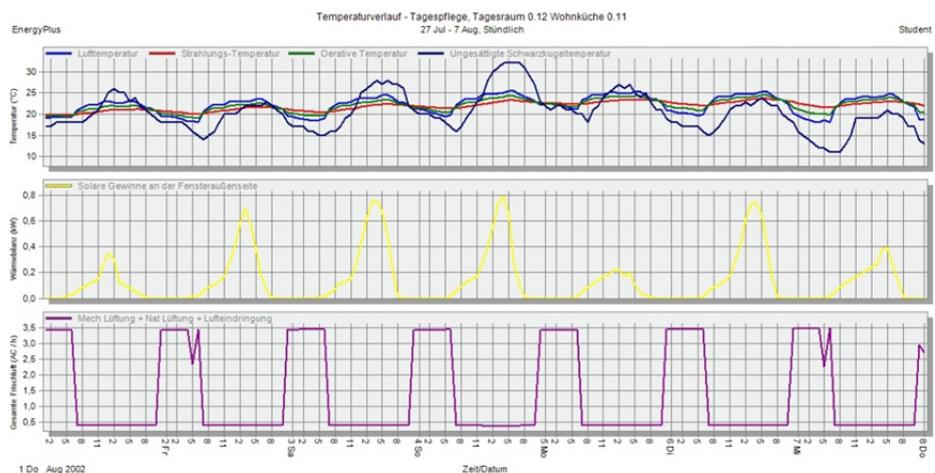
EVERSMANN – beratende Ingenieure, Münster



Im Rahmen dieser Bachelorarbeit ist eine thermodynamische Gebäudesimulation zum Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes am Altenzentrum St. Josef durchgeführt worden.

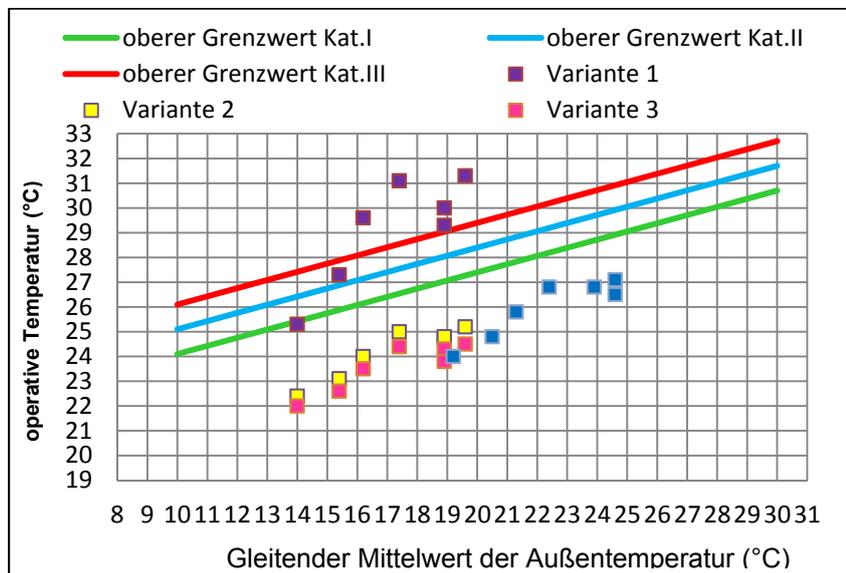


Die thermodynamische Gebäudesimulation erfolgte mit dem Simulationsprogramm DesignBuilder. Mit diesem Programm wurde überprüft, ob der sommerliche Wärmeschutz im Altenpflegezentrum St. Josef in Sassenberg eingehalten werden kann. Zudem wurde untersucht, welche maximalen Innenraumtemperaturen sich in den Räumen einstellen und anhand von Variantenrechnungen gezeigt, welche Möglichkeiten bestehen, die sommerlichen Höchsttemperaturen zu stabilisieren bzw. den thermischen Komfort zu verbessern.



Die Bewertung der Simulationsergebnisse über die Einhaltung des thermi-

schen Komforts im Sommer bzw. des Nachweises des sommerlichen Wärmeschutzes wurde anhand der DIN EN 15251 durchgeführt. Diese Norm regelt unter anderem die einzuhaltenden Raumluftparameter, die die thermische Behaglichkeit bestimmen.



Die Simulationsergebnisse und deren Auswertung haben gezeigt, dass man mittels der Gebäudesimulation im Planungsablauf eines Bauvorhabens entscheidende Hinweise auf Räume mit kritischen Behaglichkeitsarten bekommt und durch Variantenrechnungen nachweisen kann, mit welchen Maßnahmen oder unter welchen Randbedingungen die Behaglichkeit zu verbessern ist.

Für den Einsatz eines solchen Arbeitstools in der Planungsphase eines Gebäudes bedeutet dies, dass Bauherr, Architekt und Fachplaner eine exaktere Aussage darüber bekommen, welche Räume im Objekt von der thermischen Behaglichkeit her mit besonderem Augenmerk zu betrachten sind. Im Gegensatz zu allen statischen Betrachtungsweisen durch Heiz- und Kühllastberechnungen nach gängigen Normen bietet die Gebäudesimulation mehr Möglichkeiten zur Veränderung von individuellen Randparametern und damit zu individueller Berechnung von alternativen Szenarien um einen thermisch kritischen Raum.

Somit lassen sich bauliche sowie technische Maßnahmen gezielter auf ihre Wirksamkeit hin prüfen. In Summen bedeutet dies ein Zugewinn an Planungssicherheit für alle am Bauprozess Beteiligten und für den Fachplaner TGA ergibt sich ein neues Betätigungsfeld, welches er seinen Bauherren als „Besondere Leistung“ nach HOAI anbieten kann.

Johannes Cordes B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus

Datum des Kolloquiums:

08. Dezember 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Labor für Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit:



40 % der in Deutschland eingesetzten Endenergie gehen auf die Beheizung, Warmwasserversorgung und Beleuchtung von Gebäuden zurück. Da etwa 75 % der Gebäude vor der ersten Wärmeschutzverordnung von 1979 errichtet wurden, sind hier erhebliche Energie- und Kosteneinsparpotenziale durch energetische Sanierungsmaßnahmen zu erreichen. Welche Energieeinsparpotenziale dabei konkret zu erreichen sind, wird in Abbildung 1 gezeigt.

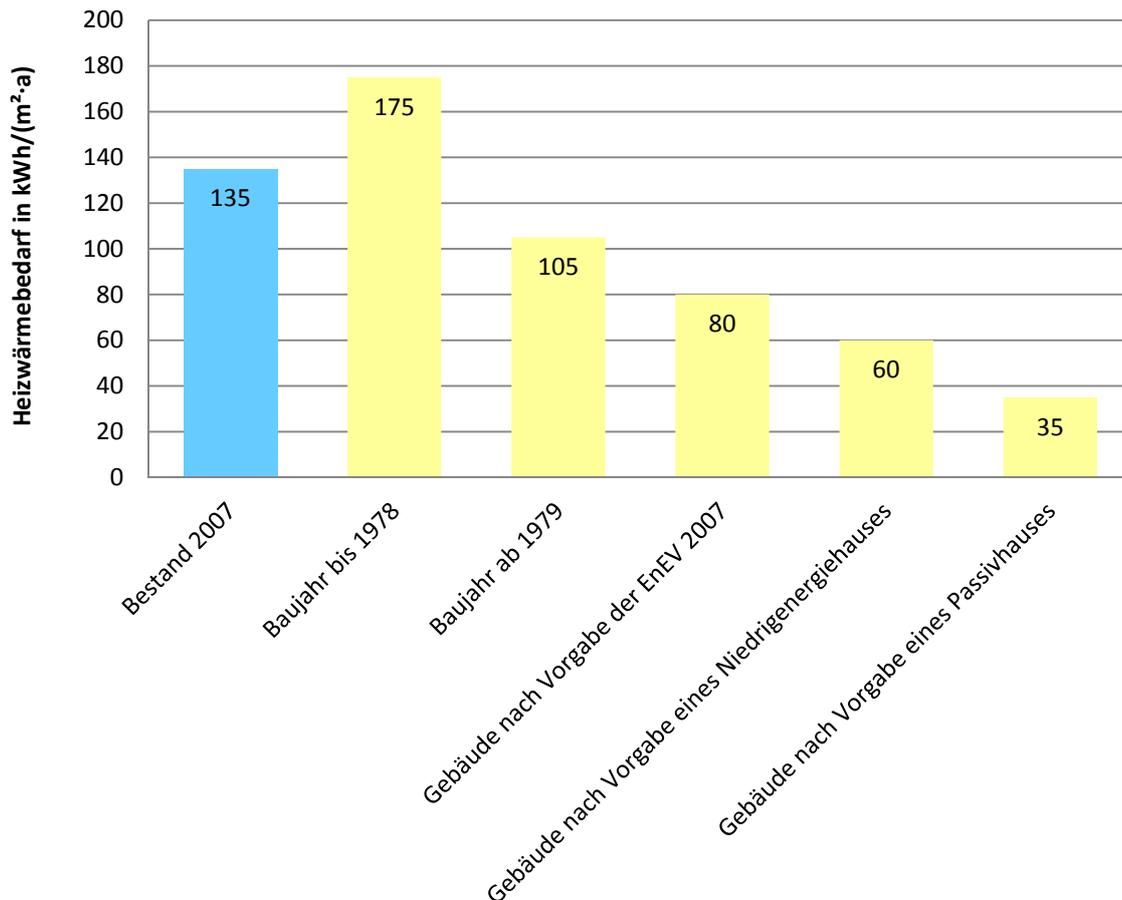


Abbildung 1: Jährlicher Heizwärmebedarf in kWh/(m²·a)

Dadurch, dass etwa zwei Drittel der im Jahr 2040 bewohnten Häuser bereits

heute bestehen, stellt der Altbaubestand den Ausschlag beim Energiebedarf im Gebäudebereich dar.

Vor diesem Hintergrund betrachtet, verfolgt die Bachelorarbeit mit dem Titel „Leitfaden zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden“ das Ziel, eine Sensibilisierung zur Sanierung von Altbauten zu schaffen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde zu Beginn der Arbeit der statistische Energiebedarf von privaten Haushalten in Deutschland aufgezeigt. Die Besonderheit der Betrachtungsweise liegt dabei auf dem Bezug zur Haushaltsgröße. Angaben zum Energiebedarf eines Haushalts in Abhängigkeit von der Anzahl der im Haushalt lebenden Personen sind das Ergebnis dieser Darstellung.

Nachdem die energetische Situation im Sektor Private Haushalte quantitativ beleuchtet wurde, folgen die Darstellung und Erörterung der politischen Rahmenbedingungen und deren Motivation zur Sanierung von Altbauten. Dazu richtete sich der Blick auf die Entwicklung des derzeit gültigen Regelwerkes (Energieeinsparverordnung 2009).

Im Anschluss diese theoretischen Grundlagen folgen praktische Informationen, die bei Sanierungen eine geeignete Hilfestellung bieten sollen. Angefangen bei der energetischen Beurteilung eines Gebäudes durch Fragebögen, die im Anhang der Arbeit zu finden sind, werden die konkreten Sanierungsmaßnahmen technisch beschrieben. Dabei wurde zwischen Maßnahmen an der Gebäudehülle und Maßnahmen in der Haustechnik unterschieden.

Welche Energieeinsparpotenziale und damit verbunden auch Kosteneinsparpotenziale durch gezielte Sanierungsmaßnahmen zu erreichen sind, wird im Abschluss der praktischen Betrachtung der Sanierungsmaßnahmen dargestellt.

Abschließend werden finanzielle Förderprogramme zur Sanierung von Altbauten vorgestellt, die nochmals den politischen Willen und die umweltpolitische Dringlichkeit der Sanierung des Wohnungsbestandes aufzeigen.

## Integration von Wärmepumpentechnik in das Ausstellungsgebäude des Bergwerks Kleinenbremen

**Sebastian Cording B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dr.-Ing. Thomas Wehlage

Datum des Kolloquiums: 24. Januar 2011

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluf- und Kältetechnik

In Kooperation mit: Archimedes Facility-Management GmbH, 32547 Bad Oeynhausen



Bei dieser Bachelorarbeit wurden drei verschiedene Varianten der Wärmepumpe für die energetische Verbesserung der Heizungsanlage für das Besucherbergwerk Kleinenbremen in Betracht gezogen und nach der Richtlinie VDI 2067, Blatt 1, auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft.

Zunächst wurde die Grube Wohlverwahrt- Schermbecker Linse auf ihre geologischen Gegebenheiten und ihr Energiepotenzial untersucht. Die Grube ist als Energiequelle für die Wasser/Wasser und Luft/Wasser Wärmepumpe durch das hohe Luft- und Grubenwassertemperaturniveau optimal.

Anhand von der Gebäudeheizlastberechnung nach DIN EN 12831, Beiblatt 1, wurde die 43 kW Wasser/Wasser und 30 kW Luft/Wasser Wärmepumpe ausgelegt. Als Betriebsart wurde für die Wasser/Wasser Wärmepumpe die monovalente (Variante 1) und bivalent-parallele Betriebsart (Variante 2) gewählt und für die Luft/Wasser Wärmepumpe wurde aufgrund ihrer kleineren Leistung nur die bivalent-parallele Betriebsart (Variante 3) eingeplant.

Aus Gründen des Baujahres und der Spitzenlastabdeckung wurde als zweiter Wärmeerzeuger der 130-kW-Öl-Kessel bei der bivalent-parallelen Betriebsart gewählt.

In dem Besucherzentrum sind als Wärmeabgabesystem bereits alte Heizkörper installiert, die eine hohe Heizwasservorlauftemperatur benötigen. Aufgrund der großen Temperaturspreizung von der Primär- zur Sekundärseite sind die berechneten Jahresarbeitszahlen nach VDI 4650 Blatt 1 der Wärmepumpenvarianten unterhalb der Fördermittelgrenze der Bafa.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung nach VDI 2067 konnte dennoch ein sehr günstiger Kapitalzins von 3,95 % der KfW-Bank für die Berechnung der Wärmepumpenvarianten gewählt werden, da das Besucherbergwerk Kleinenbremen in kommunaler Hand des Kreises Minden-Lübbecke ist.

Nach der Dimensionierung der einzelnen zugehörigen Anlagenbauteile der Wärmepumpenvarianten, wie zum Beispiel der Pufferspeicher, wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung nach der Annuitätsmethode der VDI 2067 durchgeführt. Es wurden die kapitalgebundenen-, verbrauchsgebundenen-, betriebsgebundenen- und sonstigen Kosten aufgelistet. Mit der Annuitätsmethode wurden die Gesamtinvestitionskosten in jährliche konstante Kapitalkosten umgerechnet.

## Dichtheitsnachweis auf Privatgrundstücken am Beispiel des Gewerbegebiets-Ost der Stadt Rahden

**Sascha Daake B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	8. Dezember 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Sanitärtechnik und Siedlungswasserwirtschaft
In Kooperation mit:	Stadt Rahden



In dieser Bachelorarbeit sollen die „Neuen“ gesetzlichen Vorgaben zur Durchführung eines Dichtheitsnachweises der schmutzwasserführenden Grundleitungen auf privaten Grundstücken vorgestellt und erläutert werden.

Gemäß § 61a des Landeswassergesetzes Nordrhein-Westfalen besteht seit Anfang 2008 für alle Grundstückseigentümer die Pflicht, ihre Grundstücksentwässerungsanlage bis Ende 2015 auf Dichtheit zu prüfen.

Um die Probleme der Infiltration von Fremdwasser – Grundwasser, das durch undichte Kanäle eindringt und die Kläranlagen zusätzlich belastet – und der Exfiltration von Abwasser – Verunreinigung von Boden und Grundwasser durch undichte Kanäle – unter Kontrolle zu bekommen, wird die öffentliche Kanalisation schon seit einiger Zeit inspiziert und saniert. Da an der Gesamtkanalisation der private Anteil aber größer ist als der öffentliche, müssen nun auch die privaten Grundstücksentwässerungsanlagen (GEA) überprüft und ggf. abgedichtet werden.

Eine schnelle und sinnvolle Umsetzung dieser Vorgabe gelingt nur, wenn die Koordinierung von Beratung, Dichtheitsprüfung, ggf. erforderliche Sanierungsmaßnahmen und Verwaltung der Nachweise von den jeweiligen Entsorgungsträgern übernommen werden.

Das Land Nordrhein-Westfalen hat zur Fremdwasserbekämpfung ein Förderprogramm das „Investitionsprogramm Abwasser NRW“ ins Leben gerufen.

Am Beispiel des Gewerbegebiets-Ost der Stadt Rahden wurde eine Möglichkeit für eine bürgerfreundliche Umsetzung von Dichtheitsprüfungen auf Privatgrundstücken erarbeitet und erprobt.

Um dieses Problem anzugehen, hat die Stadt Rahden mit der Sanierung der öffentlichen Kanalisation begonnen und mittels Satzung einen vorgezogenen Termin für die Dichtheitsprüfung der privaten Kanalisation bestimmt. (Wie im § 61 a Abs.4 vom Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen gefordert.)

Damit die Akzeptanz bei den Bürgern gefördert wird, wurde auf die Öffentlichkeitsarbeit großen Wert gelegt. Der wichtigste Bestandteil der Öffentlichkeitsarbeit ist das ausführliche Informieren und Beraten der Bürger. Hierfür hatte die Stadt Rahden zur Verstärkung das Ingenieurbüro IPW Ingenieurplanung Wallenhorst verpflichtet.

Zur Öffentlichkeitsarbeit gehören:

- Information der Bürger über
  - Zeitung
  - Bürgerblatt
  - Info-Flyer
  - Internetseite der Kommune
- Bürgerversammlung für die betroffenen Bürger
  - Einladen der Bürger
  - Für ein positives, angenehmes Umfeld sorgen
  - In Gegenwart von Bürgermeister / Fachbereichsleiter die Wichtigkeit der „Gemeinsamen Maßnahme“ betonen
- Vorbildfunktion von Kommune / Entsorgungsträger
  - Dichtheitsprüfungen durchführen für z.B. Rathaus, Schulen, Verwaltungsgebäude,
  - Presseberichte über die Durchführung und Darstellung der Ergebnisse

Zudem sollten folgende Leistungen, durch den Entsorger oder einem von ihm beauftragten Ingenieurbüro abgedeckt werden, wie z. B.:

- Fachkenntnis aller, die mit den Bürgern in Kontakt kommen
- Beratung
- Zuschüsse beantragen
- Maßnahmenggebiete bilden
- Ausschreibungen
- Gemeinsame Umsetzung betreuen
- Aufsicht zur Qualitätssicherung

In dem untersuchten Gewerbegebiet haben sich von den 49 sofort zu prüfenden Grundstücken 37 Eigentümer, das sind 75 %, dafür entschieden, die Durchführung des Dichtheitsnachweises durch die Gemeinde und dem Ingenieurbüro koordinieren zu lassen. Das ist ein großer Anteil. Hier haben die Öffentlichkeitsarbeiten gute Ergebnisse erbracht.

Anders sieht es bei der Planung und Durchführung der Sanierungsmaßnahmen aus. Dort haben sich von den 12 Grundstückseigentümern, bei denen die Grundleitungen undicht waren, nur 4 Eigentümer, das sind nur 25 %, für eine Koordinierung durch die Gemeinde und das Ingenieurbüro entschieden.

Hier sollte noch mehr Wert auf die Öffentlichkeitsarbeit gesetzt werden.

Die Koordinierung der Sanierungsmaßnahmen ist für eine Qualitätssicherung und auch zur Unterstützung der Eigentümer von Vorteil, weil durch ein gemeinsames Vorgehen die Kosten für die Eigentümer gesenkt werden.

In der Praxis hat sich auch gezeigt, dass es sinnvoll ist, den Nachweis der physikalischen Dichtheit zu fordern, da beim optischen Dichtheitsnachweis nicht alle Schäden/Undichtigkeiten erkannt wurden.

**Fabian Deipenbrock B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Barth
Datum des Kolloquiums:	23. März 2011
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik
In Kooperation mit:	DB Energie GmbH

Unter dem Dach der DB Energie, dem fünft größten Energieversorger Deutschlands und dem größten Energienachfrager Europas, werden diverse Dienstleistungen angeboten. Unter anderem 16,7-Hz-Bahnstrom / Gleichstrom, Tankdienste (Diesel), 50-Hertz-Licht- und Kraftstrom, Gas- / Wärmecontracting, Optimierung von Energie- und Medienkosten und Energieanlagenservice. Insgesamt bewirtschaftet die DB Energie ein Portfolio von ca. 15 TWh Strom, was ca. dem Großraum Berlin entspricht.

Die Abteilung Energiedienstleistungen bietet die Möglichkeiten der DB Energie für externe Kunden an. Die Hauptzielgruppe sind energieintensive Industriekunden (Strom und Gas). Hier wird der gesamte Wertschöpfungsprozess angeboten, von dem Zugang zu den Beschaffungsmärkten, Marktanalysen über den Energieeinkauf und -Handel inkl. Transport, Portfolio- / Bilanzkreismanagement, Messung und Abrechnung bis zum Kunden und dem dortigen Energieverbrauch.

So entstehen Dienstleistungen wie z.B. Analyse von Energiepreisen, Marktzugang zum Groß- und Einzelhandel auch für kleinere Kunden, Optimierung der Transportkosten (Netzanschluss und -nutzung), Portfoliooptimierung und Prognosemanagement sowie am Ende der Kette auch Optimierung von Energieverbräuchen, Energieeffizienzaudits und Optimierung von Steuern und Abgaben wie z.B. EEG, KWKG, KA usw.

Das Umweltbewusstsein in der Bundesrepublik Deutschland steigt seit Jahren an. Schon jetzt sehen 20 % der Bevölkerung Umweltschutz als eine der wichtigsten Aufgaben der Bundesregierung an. Regenerative und CO<sub>2</sub>-neutrale Energieprodukte gewinnen immer weiter an Bedeutung, die Nachfrage nach Ökostromprodukten steigt seit Jahren im Privatsektor an. Das Angebot an grünen Stromtarifen ist von 2009 bis 2010 um 50 % angestiegen. Genau dieser Bedarf wurde im Rahmen dieser Bachelorarbeit für den industriellen Sektor beleuchtet.

Die Fragestellung, ob es überhaupt einen Bedarf gibt, wird ermittelt durch eine Umfrage unter den Kunden der Abteilung. Im weiteren Verlauf wurden im Theorieteil die vorhandenen und verfügbaren Ökostromlabel genauer betrachtet und vorgestellt, genauso auch deren Umsetzbarkeit, der Aufwand, der damit verbunden ist und daraus resultierend auch die Akzeptanz in der Öffentlichkeit welche zur Kommunikation nach außen hin sehr wichtig ist.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit war es, am Ende ein oder mehrere marktreife grüne Produkte für den Energiemarkt zu haben. Diese sollten „kompatibel“ zu

dem aktuellen Angebot sein und sind daher als Option zu verstehen. Ferner geht es darum den Anforderungen der Kunden gerecht zu werden, die Produkte sollten günstig und flexibel sein.

Zu der gesamten Entwicklung zählten mehrere Schritte, zum Verständnis der Aufgabenstellung und der weiteren Untersuchung musste zuerst ein kurzer Überblick über den Strommarkt, die Instrumente und Regularien geschaffen werden. Dazu zählt welche Herkunftsnachweise gibt es für Grünstrom, wie ist die Verfügbarkeit in Deutschland, welche Label gibt es und auch welche Methoden gibt es generell. Bei diesem Punkt geht es auch um die öffentliche Akzeptanz, welche zum Teil auf Unternehmen lastet. Auch von sehr großer Bedeutung ist der Markt in Deutschland, welche Produkte es gibt und wie die aktuellen Preise sind.

Aktuell ist die Nachfrage nach Ökoprodukten, wie in der Arbeit gezeigt, vorhanden, und vor allem wird sie in Zukunft ansteigen. Der Blick auf einige der Mitbewerber von DB Energie GmbH unterstützt die Ergebnisse der Umfrage. Viele von denen realisieren deren Produkte bereits ebenso wie die DB Energie es für sich entschieden hat nämlich durch das ok-Power Label als höherwertiges Produkt und durch Herkunftsnachweise als günstiges Basisprodukt. Mit gutem Grund, der Aufwand diese umzusetzen ist im Gegensatz zu anderen in der Arbeit gezeigten Optionen deutlich geringer und trotzdem ist das ok-Power Label öffentlich hoch angesehen. Trotz der knappen Zeit der Entwicklung erwerben bereits Kunden seit 01. Januar 2011 die bis dorthin noch nicht vollständig fertig entwickelten Produkte:

#### **Option Grün 100 und Option Grün Plus.**

Die Umsetzung der Produkte erfolgte nach der Kundenumfrage und nach Absprache und Abstimmung mit der Abteilungsleitung und den Teamleitern. Nachdem der Marktüberblick geschaffen worden war, wurden die Produkte entwickelt, realisiert, intern umgesetzt und sind jetzt marktreif. Sie gehen in das Tagesgeschäft der Abteilung über und werden nur noch bei Bedarf angepasst (Änderung der Kriterien des Labels, jährliche Zertifizierung) oder optimiert.

**Thomas Diekmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Wirt.-Ing. Stefan Plüth
Datum des Kolloquiums:	29. Oktober 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	DEOS control systems, Rheine



In Zeiten knapper werdender Ressourcen spielt das Thema Energieverbrauch und Energieeffizienz eine immer größere Rolle. Trotz des Klimawandels und Energieeinsparens möchte jedoch kaum jemand auf die heutigen Annehmlichkeiten und den Komfort verzichten. Dies gilt im großen Maße auch für den Komfort in Gebäuden. In diesem Punkt spielt die Temperaturmessung eine entscheidende Rolle. Nur in einem richtig temperierten Raum fühlt der Mensch sich wohl. Ist es zu kalt, so beeinträchtigt dies den Komfort. Gleiches gilt auch für zu warm temperierte Gebäude. Genau dieser Punkt stellt die Herausforderung dar. Es gilt, in Gebäuden ein angenehmes Klima für alle zu schaffen. Ein wichtiger Grund sich mit den Möglichkeiten der Temperaturmessung zu beschäftigen.

Für die Arbeit wurden für einen Vergleich der Qualität unterschiedlicher Temperatursensoren mehrere Messreihen aufgenommen. Untersucht wurden dabei Sensoren folgender Typen: Pt 1000, Ni 1000 und der elektronische Fühler LM235Z.

Um eine optimale Messung und somit einen optimalen Komfort sicherzustellen, ist zu einem auf die richtige Anordnung der Messstelle zu achten, zum anderen aber auch auf die richtige Auswahl der Sensoren. Darüber hinaus sind grundlegende Kenntnisse der physikalischen Zusammenhänge unabdingbar um gute Messergebnisse zu erzielen.

Je nach Anforderung können unterschiedliche Sensortypen zum Einsatz kommen. Es kann jedoch von Vorteil sein, eine Kombination unterschiedlicher Sensoren zur Ermittlung der tatsächlichen Raumtemperatur zur Ermittlung der tatsächlichen Raumtemperatur zu verwenden.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist es, die passenden Leitungen zu verwenden.

Ob für eine optimale Temperaturmessung ein Widerstandssensor oder ein elektronischer Temperaturfühler eingesetzt wird, macht bei der Qualität der verglichenen Sensoren keinen großen Unterschied in der Messgenauigkeit.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die richtige Kalibrierung des jeweiligen Sensors innerhalb des zu erwarteten Messbereichs. Dies dient nicht zuletzt auch der Vermeidung von Fehlmessungen und sorgt so dafür, dass die Regelungstechnik mit entsprechend genauen Werten versorgt werden kann.

**Dipl.-Ing. Christian Dresel**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Bürger

Datum des Kolloquiums: 26. Mai 2010

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Raumluftechnik

In Kooperation mit: G-TEC Ingenieure GmbH



In der Diplomarbeit „Machbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsstudie Allwetterbad Ganderkesee“ sollte das Sanierungskonzept für das Freibad der Gemeinde Ganderkesee zum einen auf die Machbarkeit und zum anderen auf die Wirtschaftlichkeit hin untersucht werden.

Das über 40 Jahre alte Freibad muss mit Hinsicht auf die Betriebssicherheit umfassend saniert werden. Besonders das bestehende Funktionsgebäude mit Umkleide- und Sanitärbereich ist baufällig und muss deshalb grundlegend erneuert werden. Zusätzlich soll im Zuge des Neubaus des Funktionsgebäudes ein Gastronomiebereich geschaffen werden. Um die neuen Umkleidemöglichkeiten und den Gastrobereich effektiv ganzjährig nutzen zu können, soll gleichzeitig eine Sauna auf dem Gelände des Freibades entstehen. Da den Saunabesuchern außerhalb der Freibadsaison ebenfalls eine Schwimmöglichkeit zur Verfügung gestellt werden soll, kam der Gedanke auf, einen Teil des Freibades für die Wintermonate abzutrennen und ganzjährig zu betreiben. Dabei kamen drei Ideen auf, diesen Bereich in Zukunft zu nutzen:

- Der abgetrennte Beckenteil wird als konventionelles Außenbecken ganzjährig genutzt.
- Der abgetrennte Beckenteil wird mit einer konventionellen Schwimmhalle überbaut und so die Nutzung ganzjährig realisiert.
- Der abgetrennte Beckenteil wird mit einer gewächshausähnlichen, im Freibadbetrieb großflächig offenbaren, Allwetterhalle überdacht, die nur die minimalen Anforderungen der technischen Gebäudeausrüstung erfüllt.

Die Aufgabe der Diplomarbeit, die durch das Ingenieurbüro G-TEC betreut wurde, lag darin, folgende Punkte zu klären:

- Welches Raumklima stellt sich im Jahresverlauf für die geplante Baukonstruktion der Allwetterhalle ein?
- Welche Energieeinsparungen sind mit der Allwetterhalle gegenüber den beiden konventionellen Betriebsarten zu erwarten?
- Welches Wärmezeugungssystem ist unter wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten am geeignetsten?
- Welche Bau- und Betriebskosten sind im Vergleich zu den zwei konventionellen Betriebsarten für das Gesamtprojekt zu erwarten?

Ziel der Arbeit war es, der Gemeinde Ganderkesee eine Entscheidungshilfe für das Sanierungskonzept des Freibades zur Verfügung zu stellen.

Für die Untersuchung des ersten Aufgabenpunktes wurde ein Berechnungstool entwickelt, mit dem das Raumklima in der Allwetterhalle simuliert werden konnte. Die Simulationsberechnungen ergaben, dass durch den Verzicht auf konventionelle Schwimmbadtechnik die Luftfeuchtigkeit fast immer sehr hoch ist. Zusätzlich kommt es bei starker solarer Einstrahlung zu einem erheblichen Temperaturanstieg. Abschließend kann man also sagen, dass diese Variante für den Aufenthalt von Personen nicht gut geeignet ist.

Im zweiten Punkt wurde dann der Energieverbrauch für die drei Varianten berechnet. Dabei bestätigte sich die Vermutung, dass die Variante Allwetterhalle den geringsten Nutzwärmeverbrauch hat. Ebenfalls bestätigte sich die Vermutung, dass die Variante mit ganzjährig betriebenen Freibad den höchsten Wärmeverbrauch hat.

Auf diese Ergebnisse aufbauend wurde dann für jede der drei Varianten das wirtschaftlichste Wärmeerzeugungssystem gesucht. Untersucht wurden für jede Variante die Wärmeerzeugung bestehend aus:

- Holzpelletskessel zur Grundlastabdeckung + Spitzenlast-Gasbrennwertkessel
- Sole/Wasser Wärmepumpe zur Grundlastabdeckung + Spitzenlast-Gasbrennwertkessel
- Erdgas-BHKW zur Grundlastabdeckung + Spitzenlast-Gasbrennwertkessel
- Gesamtlast-Gasbrennwertkessel

Aufgrund der günstigen Betriebssituation ganzjährig hoher Wärme- und Stromverbrauch und der vorteilhaften Förderung durch das KWK-Gesetz war für alle drei Varianten die Wärmeerzeugung mit BHKW die wirtschaftlichste Lösung. Aus ökologischer Sicht hat die Holzpelletsvariante zwar Vorteile, doch überwiegen in diesem Fall die starken wirtschaftlichen Vorteile des BHKWs.

Im letzten Aufgabenpunkt wurden dann noch die jährlichen Gesamtkosten bestehend aus Kreditrückzahlungen der Investition und den Betriebskosten ermittelt. In diesem Punkt bestätigte sich die Annahme, dass aufgrund der hohen Investitionskosten die Sanierungsmaßnahme mit Schwimmhalle keine wirkliche Alternative ist. Hinzu kommt, dass durch die massive Baukonstruktion der Freibadbetrieb stark eingeschränkt würde. Da aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit und der damit verbundenen häufigen Kondensatbildung hohe Anforderungen an die Konstruktion der Allwetterhalle gestellt werden, wird auch diese von den Investitionskosten her sehr teuer. Die höheren Kreditrückzahlungen für diese Variante brauchen den Vorteil bei den Betriebskosten auf, sodass in der Gesamtbetrachtung des Projektes die Sanierungsausführung die wirtschaftlichste Variante darstellt.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Idee einer Allwetterhalle nicht die erhofften wirtschaftlichen Vorteile bringt.

**Jan-Henrik Drewel B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Datum des Kolloquiums:	11. Oktober 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Kälte- und Raumluftechnik
In Kooperation mit:	Imtech Deutschland GmbH & Co. KG, Hannover



Vor dem Hintergrund der umweltschonenden und energiesparenden Zielsetzungen und in Hinblick auf die zwingend notwendige Ressourcenschonung spielt der achtsame Umgang mit der vorhandenen Energie eine maßgebliche Rolle. Dies bedeutet, dass insbesondere dem Gebäudebestand ein besonderes Augenmerk gewidmet werden sollte, da dort die größten Einsparungspotentiale liegen.

Diese Potenziale galt es für die Firma BASF Catalysts zu ergründen.

Die Firma BASF Catalysts ist Marktführer bei der Herstellung von Fahrzeugkatalysatoren. Die Niederlassung Hannover ist eine reine Forschungs- und Entwicklungseinrichtung. Hier werden ausschließlich Katalysatoren für PKW und LKW geprüft und verbessert. Diese Tests werden in aufwendigen Motorprüfständen realisiert und können mehrere Tage in Anspruch nehmen. Für diese präzisen Testläufe ist ein enormer technischer Aufwand nötig.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es Energieeinsparungspotentiale in der dafür benötigten Kälte- und Lüftungstechnik aufzuzeigen und energetisch zu betrachten. Nach eingehender Untersuchung der vorhandenen Anlagentechnik wurden drei große Verbesserungsmöglichkeiten vorgestellt und genauer betrachtet:

- Die Installation eines Freikühlers
- Die Anhebung der Systemtemperaturen im Kältekreis
- Der Umbau der Lüftungsanlagen für die Prüfstände

So würde sich die Installation eines Freikühlers, bei gleichbleibenden Systemtemperaturen von 6 °C im Kältevorlauf und 12 °C im Kälterücklauf, bereits nach 2 ¾ Jahren amortisieren.

Durch die Anhebung der Systemtemperaturen auf 8 °C / 14 °C ließen sich einige Tausend Euro ohne Investition einsparen. Dies ist ein einfacher Eingriff in die Regelungstechnik mit großem Einsparungspotential.

Die Umbaumaßnahme der Lüftungsanlagen amortisiere sich ebenfalls bereits nach ca. 2 ¾ Jahren. Mit dem vorgestellten Konzept würden jährliche Betriebskostensenkungen von über 150.000 Euro ermöglicht.

So ergab sich eine Gesamtamortisationszeit von unter 2 ½ Jahren, wenn alle drei Maßnahmen gemeinsam durchgeführt werden würden.

Abschließend wurde ein Ausblick auf weitere interessante Maßnahmen zur wirtschaftlichen Verbesserung der Prüfstandtechnik erstellt.

**Dipl.-Ing. Arthur Drozdek**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Uwe Schulte
Datum des Kolloquiums:	29. November 2010
Studiengang:	Versorgungs- und Entsorgungstechnik
Studienrichtung:	Technische Gebäudeausrüstung
In Kooperation mit:	Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen



Um unterschiedliche Feldtestanlagen überwachen, und zusätzlich mehr Erfahrungen über die Arbeitsweise der solarthermischen Anlagen sammeln zu können, sollen diese aus der Ferne vermessen und analysiert werden. Dazu muss im Vorfeld die Tauglichkeit des Fernwirksystems Logamatic Easycom PRO, das ursprünglich für konventionelle Anlagen konzipiert worden ist, auf solarthermische Anlagen unter Berücksichtigung einiger Randbedingungen geprüft und untersucht werden. Wichtige Randbedingungen für die Sensorik und das Fernwirkmodem sind die Kompatibilität der Geräte, der Messbereich, der hydraulische Druckverlust, die Messgenauigkeit, der Preis und die praktische Handhabung.

Um die richtige Sensorik wählen zu können, mussten alle wichtigen Aufgaben der Sensoren für die späteren Auswertungen definiert werden. Daraufhin konnte ein erster allgemeiner Messplan mit allen wichtigen Messpositionen erstellt werden.

Nun konnte die richtige Sensorik für die Messung, unter Berücksichtigung aller Randbedingungen, gewählt werden. Bei der Sensorik wurde ein großes Augenmerk auf die Messgenauigkeit gelegt.

Um auf preislich teure Temperaturfühler, wie zum Beispiel Pt-100 zu verzichten, wurden die FV/FZ-NTC-Anlegefühler aus dem Buderus-Katalog auf ihre bekannte systematische Abweichung geprüft. Für die spätere Auswertung können die Messwerte anschließend um diese Abweichung korrigiert werden, um so eine ausreichende Genauigkeit zu erhalten.

Nach Wahl der Sensorik konnte ein spezifischer Messplan für die jeweiligen Anlagen erstellt werden. Für diese Planung mussten erst alle anlagenspezifischen Aufgaben der Sensorik vorliegen. Nach vollendeter Planung wurden die Sensoren ausgelegt, alle Bauteile bestellt und die Montage und Installationsarbeiten in Auftrag gegeben. Die restlichen Arbeiten, wie das Anschließen der Sensorik am Modem, die Inbetriebnahme und das erste Parametrieren des Systems wurden dann vor Ort durchgeführt. Alle weiteren Parametrierungen und Arbeiten mit dem Modem konnten ab diesem Zeitpunkt aus der Ferne erfolgen.

Die letzte wichtige Aufgabe dieser Diplomarbeit lag nun darin, die Plausibilität der Messwerte und die praktische Handhabung des Fernwirkmodems zu prüfen und zu dokumentieren.

**Christopher Dufton B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Helmut Heidrich
Datum des Kolloquiums:	15. März 2011
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Heidrich Ingenieurbüro GmbH, Münster



Die vorliegende Arbeit behandelt die kälte- und lüftungstechnische Sanierung der Verabschiedungsräume am Zentralfriedhof Münster.

In der Vergangenheit ist es in dem betreffenden Gebäude zu erheblichen Feuchteschäden gekommen, bedingt durch unsachgemäße Planung und Ausführung der klimatechnischen Anlagen. Die Halle wurde im Jahr 2003 umgebaut/erweitert, um einen Ort für die Aufbewahrung von Leichnamen vor deren Bestattung zur Verfügung zu stellen sowie Angehörigen eine Gelegenheit zu bieten, die Verstorbenen ein letztes Mal zu sehen und Abschied zu nehmen.

Für diesen Zweck wurden mehrere Räume errichtet, in denen die Leichen gekühlt aufbewahrt werden sollten. Die Kühlung der Räume sollte dabei durch dezentral in den Räumen installierte Deckenkühlgeräte realisiert werden. Eine zentrale Frischluftversorgung mit Zu- und Abluft in jedem Raum hatte die Aufgabe, Gerüche und anfallende Feuchtigkeit abzuführen.

Nach relativ kurzer Zeit machten sich Schäden an den Wänden und Decken der Verabschiedungsräume bemerkbar, bewirkt durch immense Kondensatbildung. Die in Trockenbauweise ausgeführten Wände fingen an zu durchfeuchten. Schwitzwasser fiel in so hohen Mengen an, dass es regelrecht von der Decke auf die Leichname tropfte, was einen vollkommen inakzeptablen Mangel darstellt.

Folge dieser Schäden war die Beauftragung eines Sachverständigen, der die Installation prüfen und Mängel aufnehmen sollte, um eine Grundlage für ein gerichtliches Vorgehen gegen den ausführenden Planer zu ermöglichen. In dem resultierenden Gutachten stellt der Sachverständige dar, dass sowohl die Planung als auch die Ausführung des Bauvorhabens erhebliche Mängel aufweisen. So waren zum Beispiel die Wände und Decken der Verabschiedungsräume für deren Zwecke vollkommen ungeeignet, des Weiteren waren die Kälteanlagen zu klein dimensioniert und fehlerhaft installiert worden.

Diese Mängel sollen nun durch eine Komplettsanierung der technischen Anlagen im Gebäude behoben werden. Die Lüftungs- und Kältetechnik wird zurückgebaut und von Grund auf neu geplant. Die neue Planung bezieht sich dabei auf die im Gutachten herausgestellten Mängel und daraus resultierende Anforderungen an die neue Technik.

Die Verabschiedungsräume werden neu aufgeteilt und mit Kühlraumwänden in Sandwich-Bauweise ausgestattet. Die Temperierung wird weiterhin durch

Deckenkühlgeräte realisiert, für die die Lasten neu berechnet wurden.

Besondere Bedeutung wird der Aufbereitung der eingeblasenen Frischluft zuteil. Diese muss hoch entfeuchtet werden, um die Anforderungen aus dem Gutachten zu erfüllen. In der Arbeit werden drei Varianten der Luftentfeuchtung verglichen, die jeweils über Sorptionsrotoren im zentralen Klimagerät funktioniert. Unterschiede liegen z. B. in der Wahl der Regenerationsluft (Außenluft/Abluft) und der Rotorentypen. Hauptaugenmerk liegt dabei auf den Betriebskosten, die für jede der Varianten ermittelt wurden.

Das Ergebnis der Untersuchung zeigt, dass die Behandlung der Frischluft sehr aufwändig und kostenintensiv ist. Hohe Betriebskosten geben Grund zur kritischen Hinterfragung der Maßnahme. Einige Gespräche mit Bestattern ergaben, dass ähnliche Räume auch mit geringerem Aufwand betrieben werden können. Keins der Unternehmen betreibt eine zentrale Frischluftversorgung. Des Weiteren liegen die Raumtemperaturen dort um einiges höher, was die Gefahr der Kondensation mindert.

Abschließend werden in der Arbeit Alternativen und Möglichkeiten zur Energieeinsparung beschrieben.

**Patrick Eggs B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christian Becke  
 Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums: 11. Oktober 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Umwelttechnik  
 Laborbereich: Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit: Wald+Corbe, Hügelsheim



Da in viele Fließgewässer Abwässer eingeleitet werden, muss der ökologische Zustand dieser Gewässer überwacht werden. Daher gab das Regierungspräsidium Freiburg (Baden) ein „Gewässergüteprojekt“ in Auftrag, das dazu diente, die ökologischen Defizite der Flüsse Schutter, Unditz, Acher und des Acherer Mühlbachs zu lokalisieren und deren Ursachen zu ergründen.

Zur Anfertigung dieser Bachelorarbeit wurden die Daten aus diesem Projekt verwendet. Die Daten aus den biologischen Untersuchungen wurden mit dem System „PERLODES“ bewertet. Bei der Schutter stellte sich heraus, dass die ökologischen Defizite im Zusammenhang mit der zu geringen Fließgeschwindigkeit stehen.

Die Verminderung der Fließgeschwindigkeit wird in diesem Gewässer von einem Reglungsbauwerk, das den größten Teil des Wassers in den Schutterentlastungskanal ableitet bzw. nur einen geringen Teil des Wassers in der Schutter belässt, sowie von mehreren Stauhaltungen verursacht. Somit ist im Bereich unterhalb des Reglungsbauwerks eine Verbesserung des ökologischen Zustands dieses Gewässers durch den Umbau des Reglungsbauwerks und die Entfernung der Wehre zu erwarten.

Beim Acherer Mühlbach, der aus der Acher ausgeleitet wird, stellte sich heraus, dass die kontinuierliche Verschlechterung des ökologischen Zustands im Verlauf des Gewässers ebenfalls hauptsächlich durch die Abnahme der Fließgeschwindigkeit zu erklären ist. Hier konnte eine Beeinflussung durch lokale Einleitungen nicht nachgewiesen werden.

In diesem Fall ist für die Abnahme der Fließgeschwindigkeit allerdings das geringer werdende Gefälle verantwortlich. Da die Acher oberhalb der Ausleitung schon stark belastet ist, erscheinen hier Verbesserungsmaßnahmen an den Einleitungen weit oberhalb der Ausleitung als sinnvoll.

Umbaumaßnahmen, die lediglich dazu dienen die Fließgeschwindigkeit eines Gewässers zu erhöhen, sind nicht zu empfehlen. Dies würde zwar durch die Verfrachtung von partikulärem Material zu einer Verbesserung des ökologischen Zustands dieses Gewässers führen, allerdings würde das nachfolgende Gewässer durch den Eintrag dieser Partikel belastet werden. Daher steht fest, dass Renaturierungsmaßnahmen nur in Kombination mit der Verminderung der Einträge aus Abwassereinleitungen zu einem guten ökologischen Zustand der Fließgewässer führen können.

## Erstellung eines Energieausweises für ein zu errichtendes Nichtwohngebäude

**Jan-Hendrik Feiert B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Detlef Pospich

Datum des Kolloquiums: 21. September 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumlüft- und Kältetechnik

In Kooperation mit: wbp-Ingenieure, Münster



Um den heutigen Anforderungen hinsichtlich des verantwortungsvollen Umgangs mit den natürlichen Ressourcen und dem Stand der Technik zu entsprechen, bedarf es einer ausführlichen und möglichst energieeffizienten Planung.

Diese Bachelorarbeit beschreibt den Weg zur Erstellung eines Energieausweises anhand eines zu errichtenden Nichtwohngebäudes. Dazu wurden die wichtigsten Anforderungen bezüglich der EnEV 2009 und weiterer Normen und Gesetze, die zur Erstellung eines solchen Gebäudetyps eingehalten werden müssen, erläutert.

Bei dem Gebäude handelt es sich um einen Anbau der Fachhochschule Münster an der Corrensstraße 25 mit vier Geschossen und unterschiedlichsten Räumlichkeiten.



Die Eingabe der zu verwertenden Daten sowie die Zonierung der Bereiche fand mit Hilfe des „Energieberater Plus“ Programms der Firma Hottgenroth statt.

Durch Erstellung von Varianten zur Verbesserung der Gebäudehülle, Steigerung der Effizienz der Wärmerückgewinnung und Anpassung der Nutzungsrandbedingungen wurden bezüglich der Einsparung der Brennstoffkosten, der Amortisationszeit sowie des Jahres-Primärenergiebedarfs unterschiedliche Feststellungen gemacht.

Schließlich zeigen die Ergebnisse, dass aus wirtschaftlicher Sicht auf eine weitere Verbesserung der Mindestbedingungen der EnEV von der Außenwand und des Daches verzichtet werden sollte. Hingegen sind die Steigerung der Effizienz der Wärmerückgewinnung sowie die Änderungen der Nutzungsrandbedingungen empfehlenswert.

Außerdem wurde geprüft, ob das Gebäude im Planungs-Ist-Zustand den EnEV-Neubaustandard um 15 % unterschreitet und bei Durchführung einzelner Varianten diesen sogar um 30 % bzw. 50 % unterschreitet. Aufgrund des guten Primärenergiefaktors durch Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung im Heizkraftwerk ist der EnEV-Neubaustandard im Planungs-Ist-Zustand um 30 % unterschritten worden. Eine Unterschreitung des EnEV-Neubaustandards um 50 % konnte trotz Einsatz der verschiedenen Varianten nicht erreicht werden.

## **Einfluss des NO<sub>x</sub> – Gehaltes auf die Lagerfähigkeit von Geruchsstoffproben biogasbetriebener Blockheizkraftwerke**

**Henning Feldkamp B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke
Datum des Kolloquiums:	18. Mai 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Uppenkamp und Partner GmbH, Ahaus



Biogasanlagen gewinnen in Deutschland zunehmend an Bedeutung, gerade in der Landwirtschaft stellen sie elektrische und thermische Energie für die Versorgung zur Verfügung. Durch die stetig steigende Anzahl der Biogasanlagen wird es immer schwieriger geeignete Standorte für neue Biogasanlagen zu finden. Biogasanlagen einschließlich Blockheizkraftwerk (BHKW) bedürfen in den meisten Fällen einer Genehmigung nach Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), entweder als Anlage nach Ziffer 1.4. des Anhanges der 4. Bundes – Immissionsschutzverordnung (4. BImSchV) oder als Neben-anlage zu einer nach BImSchG genehmigungsbedürftigen Anlage.

Resultierend aus dem Arbeitstitel der Bachelorarbeit „Einfluss des NO<sub>x</sub> – Gehaltes auf die Lagerfähigkeit von Geruchsstoffproben biogasbetriebener Blockheizkraftwerke“ ergab sich folgender Untersuchungsumfang:

Welche Lagerzeit von Geruchsstoffproben ist noch hinnehmbar, ohne dass es zu einer signifikanten Verfälschung der Messergebnisse kommt?

Haben Stickoxide (NO<sub>x</sub>) einen Einfluss auf die Lagerfähigkeit von Geruchsstoffproben biogasbetriebener BHKW?

Insgesamt wurden unter Einsatz des in Abbildung 1 dargestellten mobilen Geruchslabors im Zeitraum Januar bis Ende Februar 2010 die Motoren von 2 Anlagen hinsichtlich der Geruchsemissionen und des NO<sub>x</sub> – Gehaltes untersucht. Zusätzlich konnten die Emissionen von H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> und Formaldehyd sowie die Temperatur und der O<sub>2</sub> – Gehalt des Abgases, soweit dies möglich war, erfasst werden. Bei den untersuchten BHKW handelte es sich um einen 1 Gas – Ottomotor mit 526 kW<sub>el</sub> sowie 2 Zündstrahlmotoren mit insgesamt 515 kW<sub>el</sub>.



**Abbildung 1:** mobiles Geruchslabor der Uppenkamp und Partner GmbH

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden folgende Ergebnisse erzielt:

Geruchsemissionen: Hinsichtlich der einzelnen BHKW bestehen z.T. große Unterschiede im Bereich der Geruchsemissionen. Die Gründe für diese Unterschiede liegen an der unterschiedlichen Art der Motoren (Gas – Ottomotor bzw. Zündstrahlmotor) sowie den unterschiedlichen Motoreinstellungen. Bezüglich der Hedonik wurde zwischen den einzelnen BHKW kein Unterschied festgestellt, es handelt sich bei den Gerüchen um anlagentypische, charakteristische Abgasgerüche.

NO<sub>x</sub> – Emissionen: Auffällig war, dass der Motor des BHKW mit Gas – Ottomotor trotz installiertem Oxidationskatalysator hohe NO<sub>x</sub> – Emissionen aufweist. Alle Messwerte lagen dabei über dem in der TA-Luft vorgegebenen Grenzwert von 500 mg/m<sup>3</sup>. Die gewonnenen Messergebnisse des BHKW (250 kW, Zündstrahlmotor) sind plausibel und weisen keinerlei Auffälligkeiten auf. Die Messergebnisse des BHKW (265 kW, Zündstrahlmotor) sind ebenfalls plausibel, weisen allerdings erhöhte Konzentrationen im Bereich der Geruchsstoffkonzentrationen und des NO<sub>x</sub> – Gehaltes **hinter** dem Katalysator auf. Der in der TA-Luft vorgegebene Grenzwert von 1.000 mg/m<sup>3</sup> wird überschritten.

Nach erfolgreicher Auswertung der gewonnenen Messdaten kann die oben genannte Fragestellung wie folgt beantwortet werden:

Aufgrund der gewonnenen Messergebnisse kann bei Biogas – BHKW davon ausgegangen werden, dass es auch nach einer Lagerzeit von bis zu 24 h zu keiner signifikanten Verfälschung der Messergebnisse kommt.

Der NO<sub>x</sub> – Gehalt hat nach derzeitigem Kenntnisstand keinen Einfluss auf die Lagerfähigkeit von Geruchsstoffproben biogasbetriebener BHKW.

## Untersuchungen zur Stofftrennung von industriellen Abwässern in einem photokatalytisch unterstützten Filtersystem

**Sina Fischer B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Volkmar Keuter

Datum des Kolloquiums: 24. September 2010

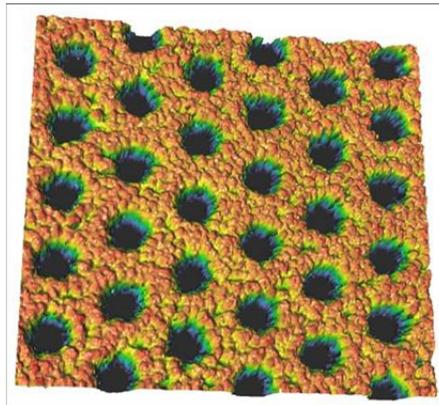
Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energie- und Umwelttechnik  
Laborbereich: Wasser-, Abwasser und Umwelttechnik

In Kooperation mit: Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen



Membranverfahren haben sich in den vergangenen Jahren zu einem unerlässlichen Verfahren in der Umwelttechnik entwickelt. Sie stellen in vielen Bereichen eine gute Alternative zu den klassischen Abwasseraufbereitungsverfahren dar.

Das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT entwickelt derzeit neuartige metallische Mikrofiltrationsmembranen. Diese sogenannten Mikrosiebe besitzen eine hohe Filtrationsleistung und Trennschärfe.



**Abb.1:** Mikrosieb (Konfokalmikroskopaufnahme), Porendurchmesser 8  $\mu\text{m}$

Ein Problem bei Filtrationen mit partikelbelasteten Medien ist die Bildung einer Deckschicht. Durch diese kann es zu einer Minimierung der Filtrationsleistung kommen. Deckschichtbildung wird konventionell mit mechanischen Reinigungsintervallen (z. B. Rückspülungen) und gleichzeitigen chemischen Behandlungen entgegengewirkt.

Ein neuartiges Verfahren zu Deckschichtminimierung ist der Einsatz von modifizierten nanoskaligen Membranoberflächen. Die Funktionalisierung der Membran erfolgt durch Aufbringung einer nanoskaligen Beschichtung. Durch den Einsatz von nanoskaligen coatings können chemische Abbauvorgänge direkt an der Membran erfolgen. Ein zusätzlicher hydrophilisierender Effekt der Beschichtung lässt abgebaute Stoffe leichter von der Membran entfernen. Somit kann die Deckschichtbildung an der Membran minimiert werden. Ferner wird durch die Modifizierung eine Materialverbesserung angestrebt.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, eine erste Bewertung der modifizierten Mikrosiebe in der Abwasseraufbereitung vorzunehmen. Grundlage für diese Bewertung sind nachfolgende Untersuchungen:

### **Haftung**

Um die Haftung der Beschichtung auf der Membran zu überprüfen, wurden unterschiedliche Tests durchgeführt. Die Haftung der Beschichtung stellt eine grundlegend wichtige Eigenschaft dar, da von ihr mehrere Faktoren, wie z. B. Hydrophilierungs-Effekt, Reaktivität oder auch Korrosionserscheinungen abhängig sind. Des Weiteren ist die Haftung ein wichtiger ökologischer und gesundheitlicher Faktor, um den Eintrag von Nanopartikeln in die Umwelt zu vermeiden.

### **Filtrationseigenschaften**

Die Filtrationsleistung einer Membran ist ein wichtiger Parameter. Umso wichtiger war es, den Vergleich zwischen unbeschichteten und modifizierten Mikrosieben in den Filtrationsleistungen zu untersuchen. Ausgehend von zwei unterschiedlichen Filtrationsmedien (vollentsalztes Wasser und vorgereinigtes Abwasser) konnten konstantere Filtrationsleistungen der modifizierten Mikrosiebe festgestellt werden, da durch die Beschichtung die Deckschichtbildung minimiert werden konnte.

### **Funktion der Beschichtung**

Um die Funktionalisierung der Oberfläche zu überprüfen, wurden die reaktive Wirkung und die Hydrophilierung getestet. Die Hydrophilierung der Beschichtung konnte mittels Kontaktwinkeluntersuchungen mit demineralisiertem Wasser untersucht werden. Wünschenswert ist eine vollständige Benetzung ( $\leq 30^\circ$ ).

### **Korrosion:**

Durch Korrosionsversuche sollten die Materialeigenschaften und die geplante Materialverbesserung durch die Beschichtung untersucht werden. Als Korrosionsmedien wurden drei unterschiedliche anwendungsbezogene Medien gewählt. Neben künstlichem Meerwasser wurden Eisen-III-Chlorid und Glucosäure auf ihre korrosive Wirkung untersucht. Durch die Korrosionsuntersuchungen konnten bei den derzeitigen Modifikationen keine materialverbesserten Eigenschaften festgestellt werden.

Anhand der Ergebnisse konnte festgestellt werden in welchen Bereichen der modifizierten Mikrosiebe ein Optimierungsbedarf besteht. Diese Optimierung kann durch Variation der Beschichtungsmethoden oder Beschichtungsdispersionen erreicht werden.

Schlussfolgernd zeigt der Einsatz von nanoskaligen coatings in der Abwasseraufbereitung schon zu diesem frühen Zeitpunkt positive Eigenschaften. Durch weitere Entwicklung und Optimierung kann es schlussendlich zu einer hochfunktionalen Abwasseraufbereitung kommen, die sich durch geringe Energie- und Chemikalieneinsätze auszeichnet.

**Thomas Fislage B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke

Datum des Kolloquiums: 25. Februar 2011

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

In Kooperation mit: Emschergenossenschaft, 45128 Essen



Deutschlandweit gibt es mehr als 10.000 Kläranlagen in Städten und Gemeinden. Durchschnittlich sind sie für ca. 20 Prozent des Energieverbrauchs einer Kommune verantwortlich. Aufgrund steigender Energiepreise wird auch hier versucht, Energie einzusparen um unter anderem einem Ansteigen der Abwassergebühren entgegenzuwirken.

Eine Möglichkeit der Einsparung besteht in der Eigenerzeugung von elektrischer Energie und Wärmeenergie durch die Verbrennung von Faulgas in Blockheizkraftwerken (BHKW). Dieses Faulgas entsteht bei anaeroben Abbauprozessen in Faulbehältern und es weist Methangehalte zwischen 45 und 70 % auf.

Um den Faulgasertrag auf Kläranlagen zu erhöhen, besteht die Möglichkeit, neben den Klärschlämmen auch organische Substrate in geringen Mengen mit zu vergären. Diese Co-Substrate können beispielsweise überlagerte Lebensmittel oder Fettabscheiderrückstände von Großküchen sein.

Am Klärwerk Emschermündung (KLEM) der Emschergenossenschaft werden seit Dezember 2008 Co-Substrate in der großtechnischen Anlage zugegeben. Um die Auswirkungen der Co-Vergärung genauer untersuchen zu können, wurden weiterhin halbtechnische Versuche zur Co-Vergärung an der Versuchsstation am KLEM durchgeführt. Hierfür wurden zwei identische Vergärungsanlagen im Technikumsmaßstab aufgebaut. In einer wurde nur Klärschlamm vergoren, in der zweiten wurde die Co-Vergärung realisiert. Abbildung 1 zeigt eine der beiden Versuchsanlagen.

Im Rahmen dieser Arbeit sollte ermittelt werden, in wie weit sich die großtechnische Co-Vergärung am KLEM auf die Faulgasproduktion und die Entwässerung des ausgefaulten Schlamms auswirkt. Hierzu wurden die Ergebnisse der halbtechnischen Versuche mit den Daten der großtechnischen Anlage verglichen und ausgewertet.

In beiden Fällen konnte durch die Co-Vergärung eine erhöhte Faulgasproduktion festgestellt werden. Der Vergleich der halbtechnischen Versuche mit den Daten der großtechnischen Anlage zeigte jedoch vergleichsweise große Unterschiede auf. Die Erhöhung der Faulgasproduktion der halbtechnischen Versuche war Prozentual gesehen in etwa sechsmal höher, als die, der großtechnischen Anlage.

Auch die Entwässerbarkeit wurde auf Unterschiede untersucht. Für die halb-

technischen Versuche stand hierfür eine Kammerfilterpresse im Technikummaßstab zur Verfügung.

Die Ergebnisse der halbtechnischen Versuche ergaben, dass sich der Schlamm der Co-Vergärung geringfügig schlechter entwässern ließ als der, der einfachen Klärschlammfäulung. Hier war ein Unterschied von 2,5 % Punkten auszumachen.

Durch die Auswertung der Daten der Großtechnik waren keine Unterschiede festzustellen. Dies wird vermutlich mit der Behandlung des Faulschlammes vor der Entwässerung zusammenhängen. Hier werden verschiedene Stoffe zum Faulschlamm gegeben, um ihn später besser weiterverarbeiten zu können. Da sich die eingesetzten Mengen dieser Substanzen verändert haben, konnte kein eindeutiger Einfluss der Co-Vergärung am KLEM auf die Entwässerung nachgewiesen werden.

Um eindeutige Aussagen zum Entwässerungsverhalten des Faulschlammes aufgrund der Co-Vergärung machen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich.



Abbildung 3: Versuchsfaulanlage

**Karl Ulrich Forsmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dr. rer. nat.; Dipl.-Chem. Jürgen Maltzahn
Datum des Kolloquiums:	07. Oktober 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	HEWITECH GmbH & Co. KG, Ochtrup



In zwangsbelüfteten Rückkühlwerken wird überschüssige Wärme aus den verschiedensten Prozessen an die Umgebung abgeführt. Diese Wärme wird entweder direkt oder mithilfe eines Kreislaufmediums (Wasser, Kältemittel) an die Umgebungsluft übertragen.

Die Komplexität der bei den Austauschvorgängen ablaufenden Prozesse macht eine exakte Berechnung, auf der Basis der Merkel-Theorie schwierig, vor allem da einige Größen dauerhaften Schwankungen unterworfen sind. Bei der Auslegung von zwangsbelüfteten Rückkühlwerken stehen Planer somit vor dem Problem, den Kühleffekt des auszulegenden Rückkühlwerkes zu berechnen.

In dieser Bachelorarbeit werden die Grundlagen der Berechnung erläutert. Hierzu wurden zunächst Randbedingungen für die Berechnung von zwangsbelüfteten Rückkühlwerken aufgestellt. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen wurden dann die Grundlagen der Berechnung von zwangsbelüfteten Rückkühlwerken abgeleitet.

Diese, dem internationalen Stand der Technik entsprechenden Grundlagen liegen in der Merkel-Theorie der Verdunstungskühlung von 1925, in welcher Merkel die Vorgänge der gleichzeitig auftretenden Stoff- und Wärmeübertragung beschreibt.

Aus der merkelschen Hauptgleichung erhält man die dimensionslose Merkelzahl  $Me$ , mit welcher sich der Kühleffekt im Rückkühlwerk beschreiben und beurteilen lässt.

Auf der Basis dieser Grundlagen ist ein Excel-Berechnungsprogramm entwickelt worden. Die Berechnung der Merkelzahlen wird zeitgemäß, mit der Methode unter Annahme einer Parabel für die Sättigungslinie, nach dem Tchebycheff-Verfahren numerisch durchgeführt.

In diesem Excel-Berechnungsprogramm erhält man nach der Eingabe der Randbedingungen für das auszulegende Rückkühlwerk und der Auswahl eines Füllkörpers direkt ein Datenblatt, auf welchem alle berechneten Auslegungsdaten aufgeführt sind. Diese Auslegungsdaten bestehen neben den thermischen Leistungsdaten, der Merkelzahl  $Me$  und der Luftzahl  $\lambda$ , auch aus dem zu erwartenden Druckverlust sowie der daraus resultierende benötigten Ventilatorleistung des Rückkühlwerkes.

## Aufnahme des Heizungsnetzes des Fachhochschulgebäudes Steinfurt zur Erarbeitung von hydraulischen Optimierungsmaßnahmen

Dipl.-Ing. Nico Forsthoff

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus  
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Jöken

Datum des Kolloquiums:

06. Juli 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Technische Gebäudeausrüstung  
Haus- und Energietechnik

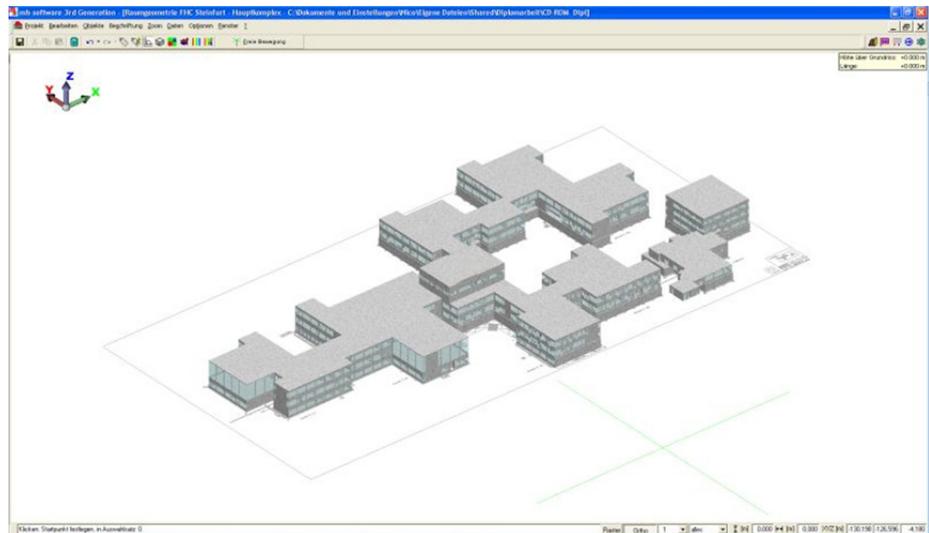
In Kooperation mit:



In Anbetracht der Verknappung der Ressourcen fossiler Brennstoffe und der damit einhergehenden, stetigen Energiepreissteigerung hat ein effizienter Einsatz von Energie nicht nur bei Neubauten, sondern auch in Bestandsgebäuden oberste Priorität. Grundlage für eine optimale Energieausnutzung bei der Gebäudeheizung ist eine einwandfreie Anlagenhydraulik.

Ziel dieser Diplomarbeit war es, hydraulische Optimierungsmaßnahmen für den aktuellen Bestand der Heizungsanlage des FHC Steinfurt zu erarbeiten, damit ein ökologisch und ökonomisch vertretbarer Betrieb der Anlage gewährleistet werden kann.

Dazu wurde der Hauptkomplex des Fachhochschulgebäudes einschließlich des Rohrnetzes mittels der Software „MH-Software“ grafisch erfasst.

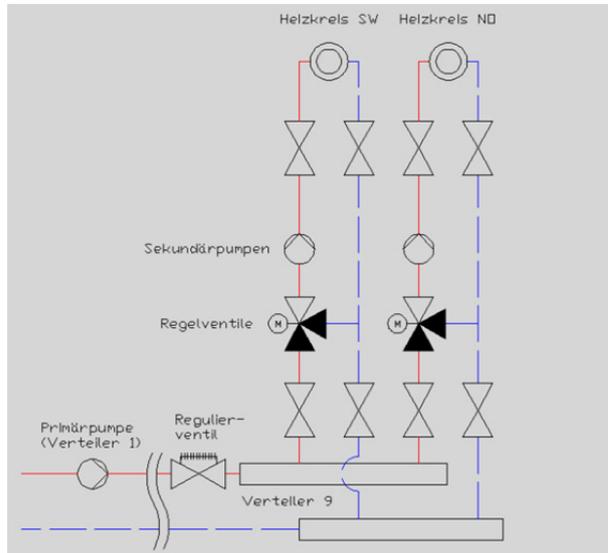


Auf Basis einer Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 wurde anschließend das Rohrnetz berechnet. Die gewonnenen Ergebnisse (Volumenströme, Druckverluste) wurden für den hydraulischen Abgleich der nahezu 700 statischen Heizflächen verwendet. So konnten die zum hydraulischen Abgleich notwendigen Voreinstellwerte sämtlicher Heizkörperventile ermittelt und der hydraulische Abgleich rechnerisch durchgeführt werden.

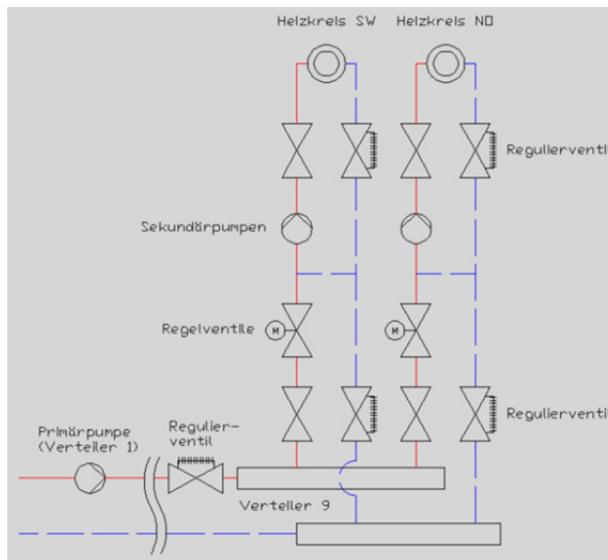
Durch eine zusätzliche Betrachtung der Verteiler und Schaltungen der Heizungsanlage konnte festgestellt werden, dass diese hydraulisch ungünstig

verknüpft sind. Aufgrund dieser Feststellung wurden mehrere Vorschläge zur Verbesserung der Anlagenhydraulik erarbeitet, die insbesondere auf die Entkopplung einzelner Teilbereiche des Gesamtnetzes durch die Wahl geeigneter Schaltungen abzielen.

IST-Zustand: Beimischschaltung an differenzdruckbehaftetem Verteiler



SOLL-Zustand (Vorschlag): hydraulische Entkopplung mittels Einspritzschaltung



Durch die dreidimensionale Erfassung der Liegenschaft anhand von MH-Software ist außerdem eine Plattform geschaffen worden, welche die Möglichkeit bietet, derzeit stattfindende Änderungen des Gebäudes schnell zu erfassen und damit anlagentechnisch relevante Daten neu zu berechnen.

Adrian Francizek B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Jörg Brechtezende

Datum des Kolloquiums:

11. Oktober 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Raumluftechnik

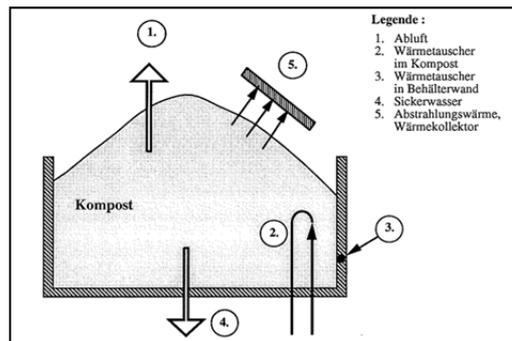
In Kooperation mit:

TIGEV Ingenieure, Münster  
SITA West GmbH, Neuwied

Wegen der zu erwartenden Steigerung der Energiekosten hat sich die SITA West GmbH dazu entschlossen, eine energetische Untersuchung ihres Entsorgungsparks durchzuführen. Die energetische Untersuchung beginnt mit der Analyse der Verbrauchsstrukturen. Hierbei werden die Verbrauchsstrukturen sowie das bestehende Messstellenkonzept von Gas und Strom auf Vollständigkeit überprüft. Mithilfe der manuell erfassten Verbrauchsdaten und den vor Ort gemessenen Stromverbräuchen der Abnehmerstellen sollen die jeweiligen Verbraucher unter energetischen und wirtschaftlichen Aspekten analysiert werden. Das Ziel der Untersuchung ist es, die Effizienz der bestehenden

Anlagen zu optimieren und diese ggf. durch effizientere Anlagen zu substituieren.

Nach der Einarbeitung in die Betriebsabläufe des Kompostwerkes und der biochemischen Rottevorgänge im Rotteprozess wurden fünf Varianten der Abwärmenutzung des Kompostes vorgestellt und beurteilt.



Es wurden drei Varianten zur Minderung der Leistungsaufnahme der Lüftungsanlage vorgestellt.

Maßnahmen	Einsparung Betriebskosten	Investitions-kosten	Differenz zur Variante I	Amortisation
Variante I	79.902 €	120.000 €	0 €	1,5 Jahre
Variante II	101.037 €	120.000 €	21.135 €	1,2 Jahre
Variante III	109.821 €	160.000 €	29.920 €	1,5 Jahre

Des Weiteren wird darauf hingewiesen, dass durch die Minderung des Volumenstroms von ca. 12.000 m<sup>3</sup>/h der Rotteprozess beeinträchtigt werden könnte. Demnach sollte die Belüftung der Mieten durch die neue Antriebstechnik langsam angepasst werden, um die Konsequenzen für den Rotteprozess besser einschätzen zu können.

## Dezentrale Speicherung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energiequellen - Analyse der Einsatzmöglichkeiten dezentraler Speicher unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten

Vincent Freigang B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter

Datum des Kolloquiums: 30. März 2011

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energie- und Umwelttechnik  
Laborbereich: Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung



Der Ausbau der erneuerbaren Energie nimmt bereits heute einen großen Stellenwert auf politischer, gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Ebene ein. Mit dem Ziel der Bundesregierung bis 2020 den Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch auf 35 % zu erhöhen, besteht seitens der Akteure in der Energiewirtschaft ein großer Handlungsbedarf zur Umstrukturierung und Bewältigung der daraus resultierenden neuen Herausforderungen.

Vor diesem Hintergrund soll in der Thesis untersucht werden, inwieweit sich verschiedene dezentrale Speichertechnologien im Hinblick auf ihre technischen Eigenschaften und Funktionen im Netzbetrieb eignen, die Einbindung von volatiler Wind- und Solarenergie zu verbessern. Hierbei sollen mithilfe eines Scoring-Modells, das auf spezifischen technischen Prämissen für die Integration von Wind- und Solarenergie im Mittel- und Niederspannungsbereich beruht, diejenigen Speichertechnologien identifiziert werden, die im Vergleich die beste technische Lösung zur Integration darstellen.

Dieses Ausschlussverfahren eröffnet daraufhin eine detaillierte Betrachtung der Systemeigenschaften und Funktionen der identifizierten Speichertechnologien auf der jeweiligen Netzebene. Aufbauend auf die gewonnenen Erkenntnisse folgt eine wirtschaftliche Betrachtung. Im Vordergrund soll dabei eine qualitative Bewertung und Diskussion der wirtschaftlichen Aspekte dieser Speichertechnologien stehen. Soweit es möglich ist, wird auch versucht mit quantitativen Methoden den Wirtschaftlichkeitsaspekt zu beleuchten.

Die Untersuchung soll der Frage nachgehen, ob die Einbindung dezentraler Speicher eine wirtschaftlich umsetzbare und vertretbare Lösung darstellt. Unabhängig vom Ergebnis dieser Untersuchung soll anschließend festgestellt werden, für welche Akteure sich der Betrieb von dezentralen Speichern eignet. Das Ziel dieser Untersuchung ist es, herauszufinden, ob ein zukünftiger Handlungsbedarf dieser Akteure zur Integration von Speichertechnologien besteht.

Die genauere Analyse der derzeitigen Einsatzmöglichkeiten der Speichertechnologien ergab, dass auf der Niederspannungsebene die Eigenverbrauchsoptimierung von selbst erzeugtem Photovoltaik-Strom die vielversprechendste ist. Der Regelenenergie- sowie der Spotmarkt ermöglichen hingegen den Einsatz von größeren dezentralen Speichern auf der Mittelspannungsebene.

Die darauffolgende wirtschaftliche Betrachtung der Einsatzbereiche dezentraler Speicher zeigt, in Anlehnungen an die Netzstudie II, dass Speicher im Allgemeinen nur einen geringen Einfluss auf den Netzausbau ausüben und somit keine Alternative darstellen.

Dies bedeutet jedoch nicht, dass sie nicht in der Lage wären, den Anteil erneuerbarer Energien effizient in das Netz zu integrieren. Der Netzausbau stellt eine erforderliche Grundbedingung dar, die zur allgemeinen Stabilität des Netzes benötigt wird. Dezentrale Speichertechnologien haben hingegen das Potential erforderliche Regelleistungen, bedingt durch den höheren Anteil erneuerbarer Energien, zu reduzieren.

Heutzutage ist dieses Potential leider durch zu hohe Kosten der Speicher noch nicht auszuschöpfen. Die Untersuchung des Regelenergie- sowie des Spotmarktes machte deutlich, dass selbst unter den günstigsten Voraussetzungen die Wirtschaftlichkeit der verifizierten Speicher zur Beteiligung an diesen Märkten nicht gegeben ist.

Dies ist zum einen auf die noch derzeit zu hohen Kosten der dezentralen Speicher zurückzuführen, zum anderen auf den fehlenden gesetzlichen Rahmen und den daraus resultierenden Unsicherheiten. Zurzeit gibt es seitens des Gesetzgebers keine Förderungen in der Mittelspannung, die den Einsatz der dezentralen Speicher, besonders vor dem Hintergrund der erneuerbaren Energien, unterstützt.

Ein Schritt in die richtige Richtung wurde dagegen im Bereich der Eigenverbrauchsvergütung gemacht. In der Regel lohnt sich bei jedem Verbraucher die einfache Integration des Photovoltaik-Stroms vom eigenen Dach (ohne einen Speicher) durch die gesetzlich gesicherte Sondervergütung. Die Untersuchung, ob der Einsatz eines Speichers den Ertrag maximieren kann, kam zu keinem positiven Ergebnis.

Die durch den Speicher bedingte Eigenverbrauchsoptimierung des nutzbaren Photovoltaik-Stroms steht viel höheren Kosten gegenüber und ist daher noch nicht wirtschaftlich realisierbar. Trotzdem bleibt die Erkenntnis, dass dieser Bereich in Zukunft ein hohes Potential birgt.

## Einführung einer Servicemanagement Software am Beispiel der Kenersys Europe GmbH

**Sören Friedrichs B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Graf
Datum des Kolloquiums:	30. März 2010
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen
Studienrichtung:	Energie und Umwelttechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Kenersys Europe GmbH, Münster



In den vergangenen Jahren ist die Anzahl an installierten Windkraftanlagen stark gestiegen. Mit dem enormen Anstieg ist auch der Bedarf an Servicetätigkeiten dieser Anlagen gewachsen. Unter Servicetätigkeiten sind alle Maßnahmen zu verstehen, die für die Instandhaltung der Windkraftanlagen notwendig sind.

Auch bei Kenersys, einem Windkraftanlagenhersteller aus Münster, sind weitere Windkraftanlagen geplant. Bisher sind in Europa neun Windkraftanlagen errichtet worden. Für Kenersys ist es zwingend notwendig einen Überblick über die Servicetätigkeiten jeder Windkraftanlage zu haben, da andernfalls Ausfälle drohen könnten.

Aus diesem Grund ist es notwendig, eine Servicemanagement Software einzuführen. Die Servicemanagement Software soll eine Übersicht über alle anstehenden Tätigkeiten geben, wie auch alle Informationen enthalten, welche für die Ausführung der Tätigkeiten von hoher Bedeutung sind.

Dazu gehören eine Stückliste der jeweiligen Windkraftanlage, Ersatzteillisten der Komponenten sowie die Übersicht aller Servicetechniker und deren Terminplanung. Im Fall Kenersys ist darüber hinaus anzumerken, dass ein großer Teil der Servicetechniker bei externen Firmen beschäftigt sind.

Dies folgt aus dem Grund, da die Windkraftanlagen eine große Fläche abdecken und bei auftretenden Fehlern bessere Reaktionszeiten gegeben sind, sollte eine dringende Maßnahme an der Windkraftanlage anstehen. Auch die externen sollen eine Zugriffsmöglichkeit auf diese Software besitzen.

Für die Einführung einer Software, die die verschiedenen Serviceprozesse unterstützen soll, ist es wichtig diese Prozesse zu definieren, sowie einen Anforderungskatalog an die Software zu entwickeln. Darauf folgt eine Bewertung anhand eines Scoring Modells. Das Scoring Modell wird mithilfe des Anforderungskataloges definiert, wobei auf eine Gewichtung der einzelnen Anforderungen geachtet wird.

	Gewichtung	Firma A		Firma B	
		Bewertung	Scores	Bewertung	Scores
ERP-Anbindung	18	2,8	51,0	3,8	69,0
LifeCycleManagement	17	3,9	66,0	3,5	59,0
Werkzeugmanagement	12	1,3	16,0	2,4	29,0
Ersatzteilliste	16	3,6	58,0	2,9	46,0
Technikerverwaltung	14	3,9	54,0	4,6	64,0
Wartungspläne	12	3,0	36,0	4,3	51,0
Web Modus	15	3,9	59,0	3,1	46,0
Erfassung der Servicevertragsdaten	5	4,0	20,0	3,0	15,0
Kosten	18	2,4	44,0	6,0	108,0
Ticketsystem	14	1,9	26,0	5,6	78,0
Summe	141		430,0		565,0
Endergebnis			3,0		4,0

Auf Grundlage des Scoring Modells ist es möglich eine Entscheidung zu treffen, welche alle Anforderungen an die Servicemanagement Software berücksichtigt. Nach der Entscheidung wird ein Konzept mit dem jeweiligen Softwarehersteller entwickelt um eine optimale Einführung der Software zu gewährleisten.

## Technische und energetische Bewertung einer außenluftbetriebe RLT-Anlage, mit anlagenintegriertem Luft-Erdwärmetauscher zur Wärme- und Kälteversorgung eines Bürogebäudes in Nordrhein-Westfalen

Dipl.-Ing. Tina Fröhlich

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Prof. Dr.-Ing. Barbara Kaimann

Datum des Kolloquiums:

19. Juli 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Versorgungs- und Entsorgungstechnik (Diplom)  
Technische Gebäudeausrüstung  
Raumluft- und Kältetechnik



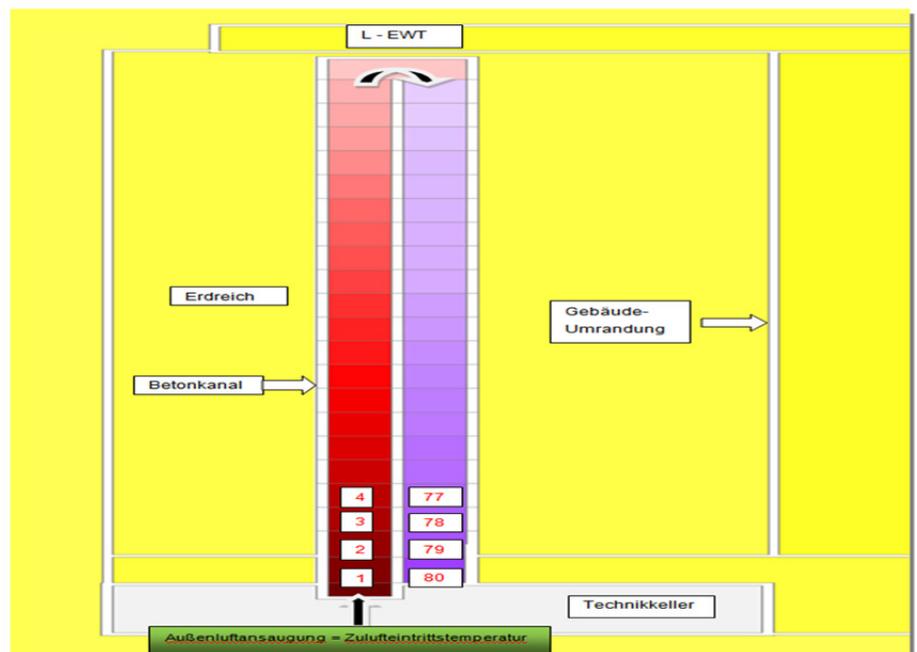
Diese Diplomarbeit bezieht sich auf ein bestehendes Bürogebäude, welches um einen zusätzlichen eingeschossigen Anbau mit Teilkeller erweitert wird. Der neue Gebäudeteil wird mit einem Verbindungsgang an den Bestand angebunden.

Die Lüftung des Gebäudes soll über eine CO<sub>2</sub> - gesteuerte Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erfolgen.

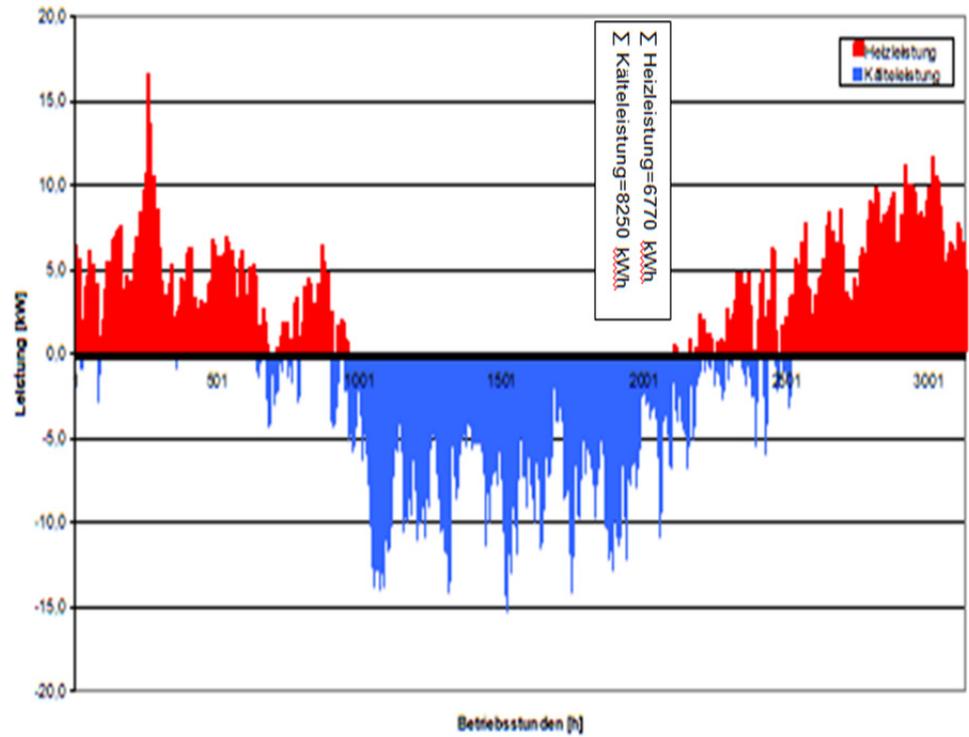
Kern des Lüftungskonzeptes ist ein Luft-Erdwärmetauscher im Bereich der Gründung des Gebäudes.

Dieser Luft-Erdwärmetauscher dient zur Vorkonditionierung der Außenluft, bevor diese der Klimaanlage zugeführt wird. So kann, beispielsweise durch eine passive Kühlung des Gebäudes im Sommer, auf eine elektrische Kälteanlage verzichtet werden.

Dazu wird ein Excel basierendes Simulationstool erarbeitet, welches die Wärmeabgabe, Wärmeaufnahme, Temperaturdifferenz zwischen Lufteintrittstemperatur und Luft-Erdwärmetauscher-Austrittstemperatur betrachten soll.



Eingesparte Heiz-/Kälteleistung über die Betriebsstunden



Bei dieser Auswertung hat der Luft-Erdwärmetauscher, bei 3132 Betriebsstunden, das kleine Bürogebäude zu einer jährlichen Einsparung von 6770 kWh Heizleistung und 8250 kWh Kälteleistung geführt.

Grundvoraussetzung ist dabei die Annahme des konstanten Volumenstroms.

**Arnold Gatto B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Zweitprüfer: B.Eng. Daniel Hollmer

Datum des Kolloquiums: 26. Februar 2011

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



Mit der Einführung der Viertelstunden-Leistungsmessung durch das in dem Smart Grid integrierte Smart Metering wird es, wie es zuvor nur bei Sondervertragskunden der Fall gewesen ist, auch bei Haushalts- und Gewerbeta-rifkunden möglich sein, Lastprofile zu erstellen. Im Bereich der KWK-Auslegung wird dies deutliche Verbesserungen mit sich bringen. Weiter werden KWK-Anlagen dort Einzug halten, wo sie zuvor durch die langwierigen Leistungs- und Verbrauchsanalysen nicht verwirklicht wurden. Mit diesem Hintergrund war es das Ziel der Bachelorarbeit, aus zuvor bereits durchgeführten Leistungsanalysen unterschiedlicher Verbraucher, Lastverläufe zu erstellen und auszuwerten.

Die Verbraucher ließen sich folgenden Gruppen zuordnen:

- Krankenhaus
- Betriebe
- Fachhochschule
- privater Haushalt

Vor allem die Lastprofile der Krankenhäuser zeigten deutliche Gemeinsamkeiten. Unabhängig vom generellen Leistungsniveau und der Höhe des Grundlastbedarfes eines Krankenhauses scheint der Tagesbetrieb in verschiedenen Krankenhäusern im gewissen Maße äquivalent zu sein. So teilt sich das Lastprofil eines Krankenhauses in drei Phasen - Nacht-, Anstiegs- und Absenkephase – ein. Folglich nimmt der Leistungsbedarf eines Krankenhauses, nachdem er von der Grundlast auf die Tagesspitzenlast ansteigt, stetig ab.

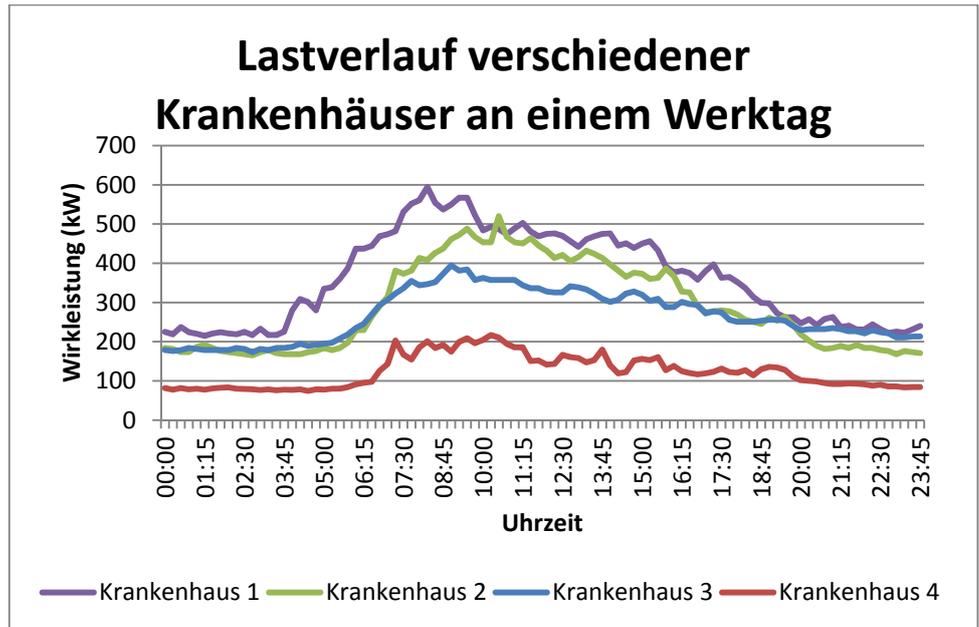


Abbildung 4: Lastverläufe eines Werktags verschiedener Krankenhäuser

Da Lastprofile das Verbrauchsverhalten im Alltag widerspiegeln, lassen sie auch einige Rückschlüsse auf diesen zu. Offensichtliches Beispiel ist der Unterschied zwischen Werktagen und Wochenenden, der unabhängig von den Gruppen auftritt. In Bezug auf einen privaten Haushalt konnte festgestellt werden, dass sich der Energiebedarf an Werktagen nur zu bestimmten Uhrzeiten von der Grundlast abhebt. Im Gegensatz hierzu liegt der Energieverbrauch an Wochenenden während des Tages zu jederzeit über dem Grundlastniveau.

Letztendlich bergen Lastprofile mit Bezug auf die KWK-Auslegung ein großes Potenzial. Die Konzipierung einer solchen Anlage wird effizienter und somit auch die Anlage selbst. Auch werden die Anlagen wirtschaftlicher, was dazu führen kann, dass KWK-Anlagen mehr zur Energieversorgung beitragen und somit sowohl Ressourcen eingespart als auch die CO<sub>2</sub>-Emission vermindert werden können.

**Dipl.-Ing. Andres Gehles M.Eng.**Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Stefan Bauer M. Sc.

Datum des Kolloquiums:

07. Oktober 2010

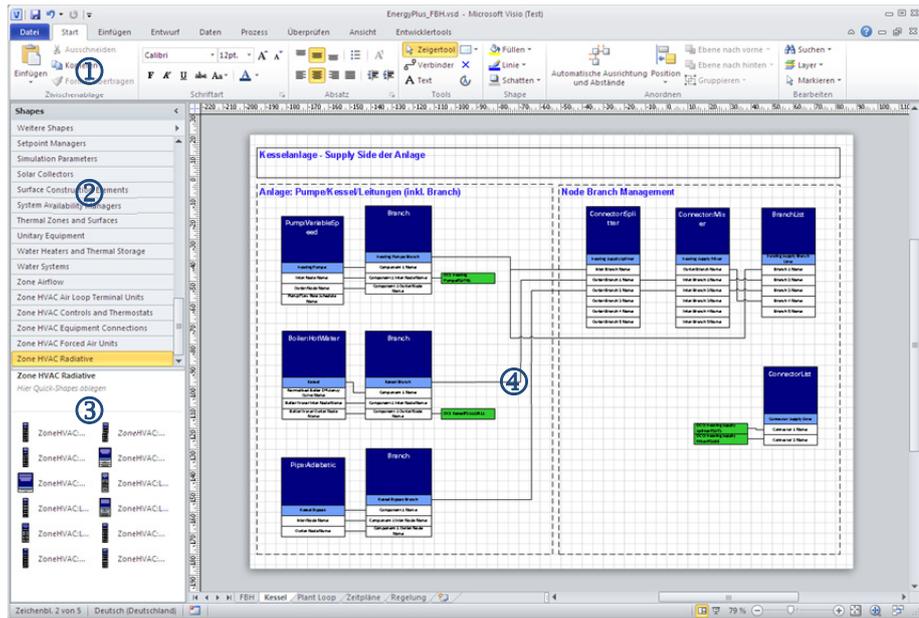
Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Raumluftechnik

An der FH Steinfurt wird zur Gebäude- und Anlagensimulation EnergyPlus verwendet. Da es für EnergyPlus keine offizielle kostenfreie graphische Software gibt, die den Benutzer dabei unterstützt Anlagensimulationen zu erstellen, wird in dieser Arbeit ein Lösungsansatz mit Hilfe von Microsoft Visio erarbeitet. Die Idee dabei ist, Microsoft Visio als Eingabeoberfläche zur Anlagenkonfiguration zu nutzen. Die so relativ einfach erstellten Anlagen werden danach in Daten exportiert, die EnergyPlus als Eingabe akzeptiert. Die Software wurde dabei mit der Makrosprache VBA (Visual Basic for Applications) umgesetzt. Die in dieser Masterarbeit entstandene Software wird als EnergyPlus Add-In für Microsoft Visio bezeichnet.

Um mit Microsoft Visio Konfigurationsdateien für EnergyPlus zu erstellen, muss zuerst die EnergyPlus Bauteilbibliothek importiert werden. Das EnergyPlus Add-In für Microsoft Visio erzeugt aus dieser Bibliothek grafische Vorlagen, die sogenannten Shapes. Die Shapes enthalten alle Daten der Bauteile und Anschlusspunkte für Ein- und Ausgänge von Registern, Ventilatoren und Zeitplänen. Diese werden anschließend mit Verbindungslinien in Microsoft Visio untereinander verbunden. Die nächste Seite zeigt ein Screenshot von Microsoft Visio. Der Screenshot zeigt die Abbildung einer Kesselanlage in Microsoft Visio.

Das EnergyPlus Add-In wurde anhand einer Fußbodenheizung beispielhaft demonstriert. Dabei wurde die Fußbodenheizung mittels zweier unterschiedlicher Heizkreisregelungen simuliert. Einmal mit einer witterungsgeführten Heizkreisregelung und mit einer Heizkreisregelung über die Raumtemperatur. Beim Vergleich der beiden Heizkreisregelungen konnte festgestellt werden, dass der Hauptunterschied bei den beiden Heizkreisregelungen im Aufheilverhalten des Gebäudes liegt. Dabei heizt eine Heizkreisregelung mit Raumfühler ein Gebäude schneller auf. Beim Vergleich des Energieverbrauchs konnte die Simulation kein eindeutiges Ergebnis liefern.

Bei dem Arbeiten mit dem EnergyPlus Add-In für Microsoft Visio haben sich eine Reihe von Vorteilen ergeben. Ein entscheidender Vorteil ist, dass Funktions- und Anlagenzusammenhänge direkt dargestellt werden. Bei herkömmlichen Editoren ist dies nicht der Fall. In Microsoft Visio sind alle Bauteile einer Anlage direkt auf einer Seite sichtbar sowie deren Verbindungen mittels Verbindungslinien. Dies erhöht die Lesbarkeit der Konfiguration immens und zeigt auch in welchem Zusammenhang die einzelnen Bausteine zueinanderstehen.



- ① Ribbon Microsoft Visio 2010
- ② Stencils aus EnergyPlus Gruppen
- ③ Generierte Vorlagen aus der Bauteilbibliothek
- ④ Konfiguration einer Kesselanlage

Ein weiterer Vorteil ist, dass Anlagen kopiert werden können. Dabei bleiben die Parameter und Einstellungen erhalten. Anlagen und Anlagenteile lassen sich auch in eigenen Vorlagen abspeichern, die anschließend in anderen Microsoft Visio Zeichnungen weiter verwendet werden können.

Mit dem EnergyPlus Add-In für Microsoft Visio hat diese Arbeit somit die Grundlagen geschaffen, um mit Hilfe von Microsoft Visio Konfigurationsdateien für EnergyPlus zu erstellen. Trotz der derzeit schon existierenden Funktionen des EnergyPlus Add-Ins für Microsoft Visio ist die Bedienung von EnergyPlus immer noch unhandlich. Dies liegt an der komplexen Struktur der Bausteine von EnergyPlus und deren Verknüpfung untereinander. Eine weitere Herausforderung stellt deren Vereinfachung dar.

**Martin Göbel B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Hardy Chabowski
Datum des Kolloquiums:	18. März 2011
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	RWE Deutschland AG, Essen



Der Beginn des Zeitalters der Elektromobilität im Jahre 1881 ist gleichzeitig auch als Anfang ständiger Innovationen zu verstehen.

Nachdem Werner von Siemens im Jahre 1866 das dynamoelektrische Prinzip entwickelte und Camille A. Faure sowie Volkmar im Jahr 1881 den ersten Blei-Blei-Akkumulator vorstellten, machte Gustave Trouve noch im selben Jahr seine Probefahrt auf seinem Elektro-Dreiradwagen durch Paris.

Im letzten Jahrzehnt wurden die öffentliche Diskussion und die Wahrnehmung der erdölgetriebenen Mobilität intensiv bestimmt durch das Bewusstsein für den Klimawandel. Zudem führen schwankende und tendenziell steigende Erdölpreise, das Wissen um immer knapper werdende Ölreserven und das politisch motivierte Streben nach größerer Unabhängigkeit von Erdöl exportierenden Staaten zu einer breiten Akzeptanz für alternative Fortbewegung. Es wird verständlich, dass die individuelle Mobilität effizienter und emissionsfrei werden muss. Hier zeigen Elektromotoren deutliche Vorteile. Reicht ihr Wirkungsgrad an die 100 % heran, kommen Diesel- auf 40 % und Benzinmotoren auf gerade einmal 30 % dieses Wertes.

Es kommt zu einem Paradigmenwechsel und die Automobilindustrie steht vor grundlegenden Veränderungen. Die traditionellen Wertschöpfungsketten werden sich verschieben und neue Marktteilnehmer werden die Mobilität als Geschäftsfeld erkennen. Insbesondere werden die Energieversorgungsunternehmen zum Anbieter des „Treibstoffs“ für eine zunehmend mobilere Gesellschaft werden. Als Wegbereiter dieses neuen Mobilitätskonzeptes stellt sich die RWE AG heraus, welche schon heute Produkte zum Umstieg auf die Elektromobilität anbietet.

Die Daten bzgl. der Energiemenge und vor allem die Leistung, die zur Ladung der Batterien verwendet wird, zeigen, dass insbesondere für eine hohe Durchdringung der Elektromobilität frühzeitige Untersuchungen im Hinblick auf die Auswirkungen dieser neuen Entnahmestellen durchgeführt werden sollten.

In dieser Arbeit sollen genau diese Auswirkungen untersucht werden. Sie soll zeigen, in welchem Maß das bestehende Niederspannungsnetz mit der in Zukunft aufkommenden Elektromobilität vereinbar ist. Des Weiteren soll sie zeigen, ob und in welchem Ausmaß Schwierigkeiten oder Probleme im Niederspannungsnetz zu erwarten sind. Um möglichst repräsentative Ergebnisse zu erlangen, wird eine praxisnahe Betrachtung durchgeführt, bei der die Gege-

benheiten eines lokalen Beispielraums im Mittelpunkt stehen.

Um unterschiedlichen Prognosen bzgl. der Elektromobilität gerecht zu werden, wurden Untersuchungen für unterschiedliche Szenarien in der Zukunft vorgenommen. In jedem Szenario wurden entscheidende Eigenschaften wie die Zahl der Elektrofahrzeuge und die zum Laden der Batterien verwendete Leistung zugrunde gelegt. Besonderes Augenmerk wurde auf die Problemstellung der Gleichzeitigkeit der Ladevorgänge im Ortsnetz gelegt. Da es keine öffentlichen Angaben für diese Gleichzeitigkeitsgrade gibt, war es nötig, hierzu eigene Berechnungen durchzuführen.

Um Aussagen über die Auswirkungen auf das Niederspannungsnetz treffen zu können, wurden sowohl eigene Berechnungen sowie rechnergestützte Simulationen durchgeführt. Insbesondere wurde hier auf die Belastung des Transformators und der Leitungselemente sowie auf die Höhe des Spannungsfalls geachtet.

Die folgende Abbildung zeigt beispielsweise das Ergebnis der Simulation eines Worst-Case-Szenarios. Das bedeutet, dass die Elektrofahrzeuge mit einer hohen Gleichzeitigkeit des Ladevorgangs die benötigte elektrische Energie genau aus einem Leitungsstrang beziehen.

Die rote Einfärbung um einen Leitungsstrang stellt einen stärkeren Spannungsfall im Niederspannungsnetz dar, der aber noch innerhalb zulässiger Grenzen liegt ( $\Delta U/U_r < 10\%$ ).

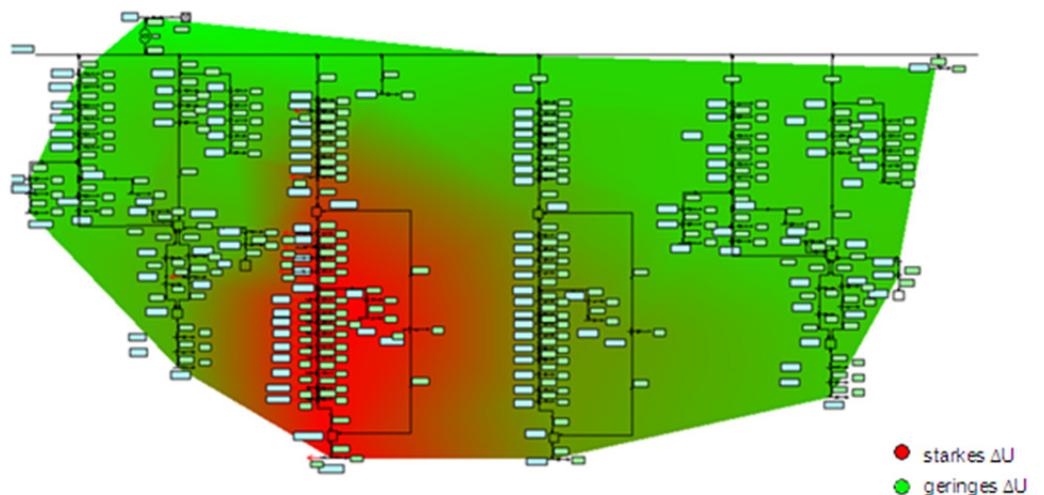


Abbildung 5: Ergebnis der rechnergestützten Netzbelastungs-Simulation

**Andre Göding B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Detzer
Datum des Kolloquiums:	29. Oktober 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Imtech Deutschland GmbH & Co. KG, Hamburg



Die aktuelle DIN 1946 Teil 4 fordert für OP-Räume der Raumklasse Ia, in denen aseptische Eingriffe vorgenommen werden, eine lufttechnische Versorgung des OP-Bereiches nach dem Prinzip der turbulenzarmen Verdrängungsströmung (TAV).

Bei TAV-Systemen wird die Zuluft großflächig und turbulenzarm im Deckenbereich direkt oberhalb des OP-Tisches eingebracht, um einen Keimeintrag in offene Wunden zu minimieren. Durch die Nutzung des OP-Bereiches (OP-Team, Geräte, Monitore, OP-Leuchten, etc.) entstehen Störgrößen (Auftriebsströmungen, Strömungshindernisse) innerhalb des Schutzbereiches, die zu strömungstechnischen Problemen und gegebenenfalls zu einem Keimeintrag führen.

Welches alternative Luftführungskonzept in der Lage ist, die häufig geäußerte Kritik an der turbulenzarmen Verdrängungsströmung zu eliminieren, ist die grundsätzliche Frage, die sich die Imtech Deutschland GmbH & Co. KG gestellt hat und im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurde. Hierbei handelt es sich um eine rein lufttechnische Betrachtung der Strömungs- und Temperaturverhältnisse. Im Labor der Abteilung Forschung & Entwicklung der Fa. Imtech wurde hierzu ein OP-Versuchsraum im Maßstab 1:1 errichtet.

Aus dieser Untersuchung resultierten Dimensionierungsgrundlagen, die einer eventuellen Integration des Schichtluftsystems in einem OP-Raum dienen. In einem ersten Schritt wurden die Einflussparameter Zuluftvolumenstrom, Raumlast und Abluftposition im Hinblick auf die sich einstellenden Schichthöhen untersucht.

Das Prinzip der Schichtlüftung ist für OP-Räume eine vielversprechende Alternative zur turbulenzarmen Verdrängungsströmung, welches die Anforderungen an Energiekosten und die thermische Behaglichkeit erfüllen kann. Aufbauend auf den positiven Untersuchungsergebnissen dieser Arbeit, empfiehlt es sich, auch mikrobiologische Untersuchungen stattfinden zu lassen, um die Schichtlüftung in OP-Räumen etablieren zu können.

## Entwicklung eines Computerprogramms zur Abschätzung der zu erwartenden Nachhallzeit in Räumen

**Dipl.-Ing. Thomas Grave M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Frank Bolkenius

Datum des Kolloquiums:

14. Oktober 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG, 49808 Lingen



Aus ökonomischer und aus ökologischer Sicht gewinnt das Thema „Energiesparen“ immer mehr an Bedeutung. Es ist wichtig Gebäude und deren Anlagentechnik energieeffizient zu planen, zu bauen und zu betreiben.

Zur Kühlung von Gebäuden, speziell für Büroräume, Sitzungsräume und an Räume, an denen sehr hohe Anforderungen bezüglich des Raumklimas und der Akustik gestellt werden, hat sich die Kühlung mittels eines Kühldeckensystems als höchst effizient und zuverlässig arbeitendes System herauskristallisiert. Um die Betriebskosten von Kühldeckensystemen weiter zu senken, wird dieses System weiterentwickelt. Den Decken wird PCM (Phase Change Material) beigemischt. Die Decke kann dadurch Kälte speichern, sie wird „gefroren“. Diese gespeicherte Energie gibt sie bei Bedarf wieder ab, sie wird „aufgetaut“. Die erforderliche Energie zum „Gefrieren“ der Decke kann so z. B. in der Nacht mit niedrigerem Energieeinsatz bereitgestellt werden.

Zudem spielt die Akustik in Räumen eine bedeutende Rolle. Oft wird sie jedoch vernachlässigt, was zu unangenehmen wahrgenommenen Situationen führt. Dies gilt besonders für Büros und Sitzungsräume, wo sich Personen längere Zeit aufhalten und ein hohes Anspruchsdenken vorhanden ist. Die Anlagentechnik und die Beschaffenheit der Räume sind die größten Einflussgrößen auf die Akustik. Nun stellt sich die Frage: Wie wirken sich unterschiedliche Raumbeschaffenheiten insbesondere die Beschaffenheit der Decke auf die Raumakustik aus?

Ziel dieser Masterarbeit war es, mittels Microsoft Excel 2007, ein Computerprogramm zu entwickeln. Das Programm berechnet durch die Eingabe der Raumumschließungsflächen und deren Materialien die zu erwartende Nachhallzeit im Raum. Sonderbauteile sowie Einrichtungsgegenstände werden ebenfalls berücksichtigt. Zudem können Geräuschquellen beliebig im Raum positioniert werden. Der Schalldruckpegel wird an jeder Stelle einer Ebene, dessen Höhe im Raum vom Nutzer bestimmt wird, berechnet. Einzelne Bauteile und Oberflächenmaterialien können separat geändert werden, um deren Auswirkung auf die Raumakustik aufzuzeigen. Das Programm ist so aufgebaut worden, dass es ein Dritter nach kurzer Einarbeitungszeit bedienen und erweitern kann. Das Programm bietet so eine Möglichkeit, eine erste Abschätzung der zu erwartenden Raumakustik zu erhalten.

## Wege in die bilanzielle Energieautarkie Status quo und Zukunftsszenarien für den Kreis Steinfurt

Dipl.-Ing. Katharina Graweloh M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus

Datum des Kolloquiums:

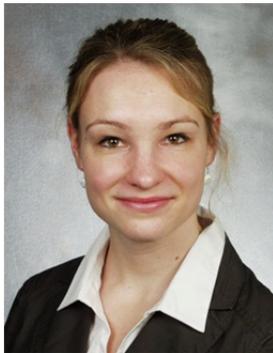
29. März 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:

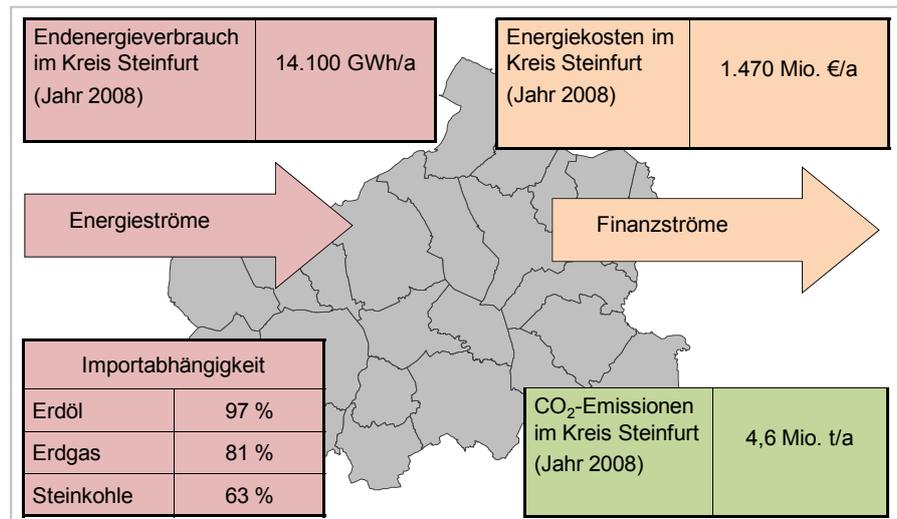
Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik

Laborbereich:

Labor für Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik



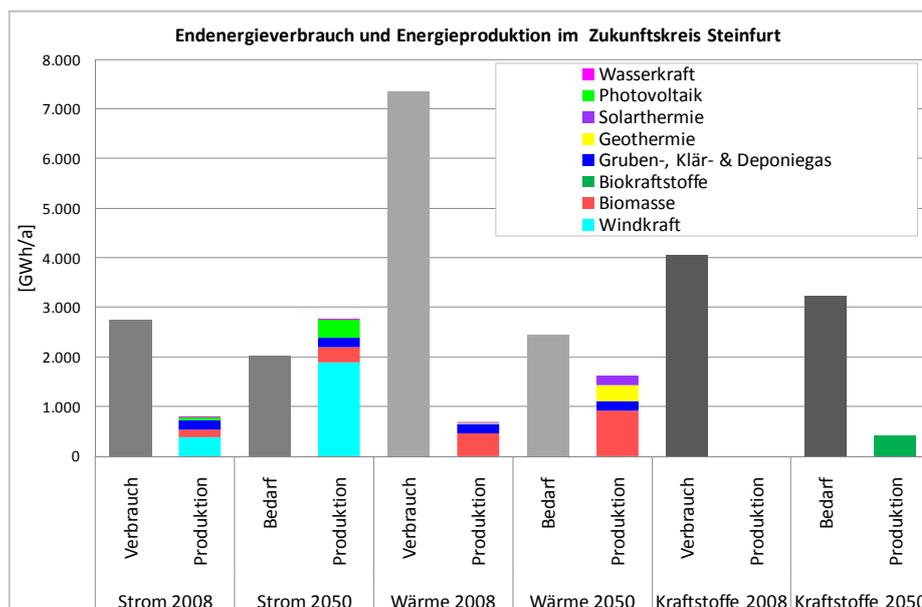
Der Kreis Steinfurt hat sich das ehrgeizige Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2050 bilanziell energieautark zu werden. Es ist geplant, die Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz weitestgehend zu nutzen und den restlichen Energiebedarf im Jahresmittel rein rechnerisch aus regionalen erneuerbaren Energieträgern zu decken. Auf diese Weise wird die Abhängigkeit von Energieimporten und somit die daraus resultierenden Finanzströme nach außen reduziert.



Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde der Weg des Kreises Steinfurt in die bilanzielle Energieautarkie ein Stück begleitet und prognostiziert, wie sich dieser Weg bis zum Jahr 2050 weiter entwickeln kann. Thematisch wurden drei Schwerpunkte gesetzt. Zunächst wurde der Status quo der Steinfurter Energiesituation bestimmt. Dieser umfasst die Ermittlung der Endenergieverbräuche an Strom, Brennstoffen und Kraftstoffen sowie die derzeitige Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien. Darauf aufbauend wurden Potenziale erneuerbarer Energieträger ermittelt und Energieeinsparpotenziale der Verbrauchssektoren (Industrie, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD), Haushalte, Verkehr) analysiert, um die Chancen der Zielerreichung bewerten zu können.

Der Kreis Steinfurt ist bereits seit Jahren im Klimaschutz aktiv und hat sich auf diese Weise bereits eine Basis zur Veränderung der Energieversorgung geschaffen. Diese stützt sich im Wesentlichen auf die Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien, die, verglichen mit der Wärme- und Kraftstoffbereitstellung aus erneuerbaren Energien, die beste Ausgangslage bietet.

Durch Verknüpfung der Potenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien und zur Energieeinsparung lässt sich eine Prognose für die Energiesituation im Jahr 2050 treffen. In der Abbildung wird diese mit der energetischen Ist-Situation verglichen.



In der zukünftigen Energieversorgung wird die Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien grundlegend sein. Diese wird den zukünftigen Strombedarf überschreiten, sodass Überproduktionen für Heizzwecke und zum verstärkten Einsatz von Elektromobilität genutzt werden könnten. Die Situation für die Bereitstellung regenerativ erzeugter Wärme und regenerativ erzeugten Kraftstoffen stellt sich im Jahr 2050 anders dar. Trotz optimaler Umsetzung der Maßnahmen zeigt insbesondere die Endenergie Kraftstoffe eine verbleibende Differenz zwischen Bedarf und Produktion aus erneuerbaren Energien. Diese kann durch die Überproduktion des Stroms nur bedingt ausgeglichen werden. Dieser Aspekt lässt erkennen, dass bis zum Jahr 2050 dringend Technologiesprünge, insbesondere im Verkehrssektor, zur Zielerreichung erforderlich sind.

Den Analysen der Masterarbeit folgend scheint es vorstellbar, eine bilanzielle Energieautarkie im Kreis Steinfurt erreichen zu können. Es wird sich lohnen, den Weg in die bilanzielle Energieautarkie als Herausforderung anzunehmen. Eine zukunftsfähige Energieversorgung, basierend auf erneuerbaren Energien, macht den Kreis Steinfurt unabhängig von Energieimporten, führt zu Mehreinnahmen und wirkt dem Klimawandel entgegen.

**Jochen Hampel B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Thomas Wolters
Datum des Kolloquiums:	13. Oktober 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	TROX GmbH, Neukirchen-Vluyn



Das von der TROX GmbH betriebene Akustiklabor wird für schalltechnische Untersuchungen eigener Produkte genutzt. Störgeräusche von außerhalb können die Messungen beeinflussen, sobald das Messsignal kleiner als 20 dB(A) ist.

Das Ziel meiner Bachelorarbeit war es, für geringere Signale eine Lösung zu finden, bei der unabhängig von Störgeräuschen Messungen durchgeführt werden können.

Für die Optimierung sollte mit messtechnischen Methoden gearbeitet werden, bei der die Störgeräusche automatisch vom Gesamtschallpegel im Hallraum durch eine Pegelsubtraktion abgezogen werden.

**Ausgangssituation:**

Bei der Messung im Hallraum wird ein Gesamtpegel gemessen, der sich aus dem zu messenden Prüfkörper und den eindringenden Störgeräuschen von außerhalb ergibt. Damit möglichst wenige Störgeräusche eindringen, ist der Hallraum bestmöglich schallisoliert, indem 250 mm dicke Stahlbetonwände den Hallraum abgrenzen und dieser nochmals entkoppelt in einem mit Steinwolle gedämmten Vorraum steht.

Da das Akustiklabor allerdings kein eigenständiges Gebäude ist, kann es beispielsweise durch laute Arbeitsvorgänge in benachbarten Räumen dazu kommen, dass stationäre und instationäre Störgeräusche trotz Schallisolation in den Hallraum eindringen. Störsignale, die zum Zeitpunkt einer Messung in den Hallraum eintreten, verfälschen die Messung, die folglich verworfen und wiederholt werden muss.

Abhilfe soll eine so genannte „Online-Hintergrundkorrektur“ schaffen, bei der der Hintergrundpegel dauernd erfasst und somit immer berücksichtigt werden kann.

Die Idee der Optimierung war es, die Störgeräusche aufzunehmen und diese aus dem Gesamtschallpegel des Hallraums herauszurechnen. Da anhand der Aufnahmen im Hallraum nicht feststellbar ist, welcher Schalldruck vom Prüfling oder von Störquellen erzeugt wird, musste ein zweites Mikrofon außerhalb des Hallraums im Vorraum installiert werden.

Damit von der Messung im Vorraum auf die eindringenden Geräusche in den Hallraum geschlossen werden kann, muss die Schalldämmung der Hallraumwand beachtet werden. Diese musste zunächst ermittelt werden, indem die Differenz zwischen dem Mikrofon im Vorraum und im Hallraum bei einer leis-

tungsstarken Beschallung aus dem Testsaal gemessen und als Dämmungsspektrum abgespeichert wurde. Anschließend wird durch einfache Subtraktion des Dämmungsspektrums von dem gemessenen Schallpegel im Vorraum der in den Hallraum eindringende Schallpegel ermittelt.

Bei anschließenden Messungen sollen durch eine Pegelsubtraktion die ermittelten Störgeräusche abzüglich der Dämmwerte vom Gesamtschallpegel im Hallraum abgezogen werden.

Um einen schnellen und reibungsfreien Ablauf der Korrektur noch während der Messung zu erzielen, müssen alle messtechnischen und rechnerischen Vorgänge in der Software installiert bzw. programmiert werden.

Im Laufe der Bearbeitungszeit der Bachelorarbeit wurde deutlich, dass eine derartige Optimierung nicht durchführbar ist, da die Störsignale abhängig von der Position der Schallquelle über unterschiedliche Schallwege in den Hallraum eintreten. Aus diesem Grund kann kein fest bestimmtes Dämmungsspektrum hinterlegt werden und die Störsignale nicht 100 % rausgerechnet werden können.

Trotz „negativen“ Ergebnisses hat mir die Arbeit an der Bachelorarbeit sehr viel Spaß gemacht. Zudem konnte ich meinen Grundstock für meine berufliche Zukunft legen, da ich nun in dem Bereich Akustik arbeite und mein hier erlangtes Wissen tagtäglich anwenden kann.

## Technische und wirtschaftliche Betrachtung einer bedarfsorientierten Stromeinspeisung an Biogasanlagen

**Dipl.-Ing. Christoph Hanrott M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter

Datum des Kolloquiums:

09. September 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energiemanagement  
Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung

In Kooperation mit:

agri.capital GmbH



Die Firma agri.capital GmbH plant, finanziert, baut und betreibt Biogasanlagen in ganz Deutschland. 2010 betreibt agri.capital bereits über 50 Verstromungsanlagen mit einer Gesamtleistung von mehr als 30 MW<sub>el</sub>.

Als Planer und Betreiber von Biogasanlagen ist die Firma agri.capital stets bestrebt, neue Anlagenkonzepte sowohl für zukünftige als auch existierende Anlagen zu entwickeln.

Ziel der Arbeit war es, Konzepte für eine bedarfsorientierte Stromeinspeisung für bestehende und zukünftige Anlagen zu ermitteln und zu bewerten. Eine bedarfsorientierte Einspeisung meint hierbei die Anpassung an die fluktuierenden Preise an den Märkten, aufgrund von Abweichungen zwischen Angebot und Nachfrage.

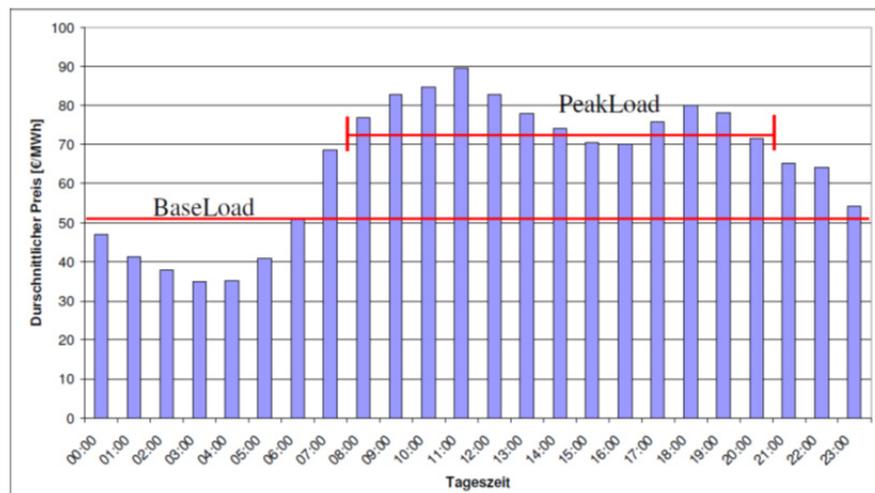
Der an den Biogasanlagen eingespeiste Strom wird bislang nach dem Erneuerbaren Energien Gesetz 2009 („EEG 2009“) vergütet. Das EEG 2009 ermöglicht aber bereits heute eine Direktvermarktung des eingespeisten Stromes. Die Vergütung der von agri.capital betriebenen Anlagen liegt jedoch deutlich über den zurzeit erzielbaren Preisen am Strommarkt. Eine Direktvermarktung ist somit bis auf Weiteres keine Alternative zur aktuellen EEG-Vergütung.

Neben dem Strommarkt gibt es jedoch auch die Möglichkeit die Leistung von Biogasanlagen als Regelleistung zu vermarkten. Regelleistung wird z. B. bei einem Ausfall eines Kraftwerks oder einer unerwarteten hohen Stromeinspeisung von Windrädern benötigt. In diesen Fällen kann der Strommarkt nicht mehr ausreichend schnell reagieren, sodass vorgehaltene Leistungsreserven diese Fehlmengen ausgleichen müssen. Es wird sowohl positive als auch negative Regelleistung benötigt, also die Zuschaltung bzw. Abschaltung von Stromerzeugern für wenige Stunden. Da die Gasmotoren an Biogasanlagen kurzfristig ab- und wieder eingeschaltet werden können, eignen sich diese besonders für den Einsatz als Regelenergie.

Für die Teilnahme am Regelenergiemarkt ist eine Mindestgröße von 15 MW<sub>el</sub> erforderlich. Hierzu müssen mehrere Gasmotoren (typische Größe 500 kW<sub>el</sub>) in einem Pool zusammengeschaltet werden. Zudem muss die technische Eignung geprüft werden und die Leistung am Regelenergiemarkt vermarktet werden. Die technischen Anforderungen und die Ergebnisse der Vermarktung können auf [[www.regelleistung.net](http://www.regelleistung.net)] eingesehen werden.

Die Firma Next Kraftwerke GmbH bietet sowohl die Ausstattung der Anlagen mit einer Fernwirkeinheit und die Vermarktung der Anlagen am Regelenergiemarkt als Servicedienstleistung an. Agri.capital plant für das Jahr 2011 die Vermarktung eines großen Teils der Anlagen. Die erste technische Prüfung wurde bereits erfolgreich absolviert. Nach positiver Entscheidung der Bundesnetzagentur kann die Vermarktung beginnen.

Für die Novellierung des Erneuerbaren Energien Gesetzes in 2012 werden verschiedene Modelle für eine Förderung der bedarfsorientierten Stromeinspeisung diskutiert. Das Marktprämienmodell ist das vielversprechendste Modell, welches eine Ergänzung zu der bestehenden Direktvermarktung darstellt. Bei der Vermarktung von EEG-Strom am Strommarkt werden die Differenzkosten zwischen dem mittleren Strompreis und der EEG-Vergütung sowie den Vermarktungskosten durch die Marktprämie gedeckt. Die Direktvermarktung ist hierdurch der festen EEG-Vergütung gleichgestellt. Der Einspeiser kann somit durch eine Verschiebung der Stromeinspeisung, z. B. von der Nacht (niedrige Strompreise) zum Tag (hohe Preise), höhere Erlöse erzielen (siehe Grafik unten).



Um die Stromeinspeisung an Biogasanlagen zeitlich zu verschieben, muss eine Biogasanlage mit ausreichend Gasspeicherkapazität und einer erhöhten installierten Motorleistung, sowie ggf. mit Wärmespeichern ausgerüstet werden.

Unter Annahme des Marktprämienmodells wurden die geeigneten technischen Konzepte für eine bedarfsorientierte Stromeinspeisung ermittelt. Für eine wirtschaftliche Realisierung sollte insbesondere bei zukünftigen Anlagen im Vorhinein die Anpassung an eine bedarfsorientierte Einspeisung berücksichtigt werden und die Anlage auf eine Einspeisung von 8 bis 20 Uhr (Peak load-Zeit) ausgelegt werden. Hierzu sollte ein BHKW mit doppelter Leistung und Gasspeicherdächer mit ausreichend Kapazität vorgesehen werden. Die Anpassung der Wärmeauskopplung erfolgt über einen Warmwasserspeicher und muss für den Einzelfall ausgelegt werden.

## Prozessanalyse und Erarbeitung von Optimierungsansätzen zur Lagerbewirtschaftung des Zentrallagers der Kommunalen Servicebetriebe Recklinghausen

**Jan Christoph Helmig B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann  
Zweitprüfer: Dr.-Ing. Jakob Breer

Datum des Kolloquiums: 17. Januar 2011

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Umwelttechnik  
Laborbereich: Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit: INFA – Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH  
59229 Ahlen



Vor dem Hintergrund der immer knapper werdenden Haushaltskassen von Städten und Kreisen sind Optimierungsmaßnahmen der täglichen Arbeitsabläufe von kommunalen Eigenbetrieben ein wichtiger Aspekt, um langfristig kosteneffizient wirtschaften zu können. Speziell im Bereich der Lagerbewirtschaftung werden kommunale Eigenbetriebe vor große logistische Probleme gestellt, da für eine Vielzahl von Dienstleistungen und Arbeitsfeldern Waren und Materialien vorgehalten und verwaltet werden müssen.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde am Beispiel des Zentrallagers der Kommunalen Servicebetriebe Recklinghausen eine Prozessanalyse zur Lagerbewirtschaftung durchgeführt und anschließend Optimierungsansätze erarbeitet.

Mit Bezug des neuen Betriebshofes im Jahr 2007 wurde das Konzept eines Zentrallagers ins Leben gerufen. Ebenfalls wurde, angeschlossen an das Lager, eine zentrale Waren- und Reparaturannahme installiert.

In der täglichen Praxis kommt es immer wieder zu Störungen im Betriebsablauf, da das Konzept eines Zentrallagers und die damit verbundene Lagerbewirtschaftung an seine Grenzen stößt. Während einer Bestandsaufnahme vor Ort wurden alle relevanten Prozess- und Arbeitsabläufe aufgenommen und erfasst, um diese anschließend analysieren und bewerten zu können.

Folgende Optimierungsansätze konnten hierbei ermittelt werden:

- Veränderung der räumlichen Gegebenheiten des Zentrallagers
- Vereinfachung des manuellen und EDV-gestützten Belegflusses
- Entlastung des Zentraleinkaufs
- bessere Auslastung der Mitarbeiter
- neue Arbeitsverteilung im Zentrallager und der Warenannahme

Die in dieser Bachelorarbeit erarbeiteten Handlungsempfehlungen wurden zum Teil bereits von den Kommunalen Servicebetrieben in die Praxis umgesetzt.

**Jan Hendker B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus  
 Zweitprüfer: Andreas Winkels M.Sc.

Datum des Kolloquiums: 21. März 2011

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Gebäudetechnik  
 Laborbereich: Energietechnik

In Kooperation mit: Winkels Behrens Pospich Ingenieure für Haustechnik GmbH, Münster



Inhalt der Bachelorarbeit ist die energetische Analyse eines Bankgebäudes und die anschließende Suche nach Möglichkeiten die Anlagentechnik unter Betrachtung der einzusparenden Energiekosten zu optimieren. Das Gebäude wurde in den 1990er Jahren komplett saniert. Im Zuge dieser Umbauarbeiten wurde die gesamte Haustechnik erneuert und auf den damals aktuellen Stand der Technik gebracht. Seit dieser Zeit ist nur wenig am Gebäude und dessen Technik verändert worden, sodass der jetzige Stand im Wesentlichen dem damaligen entspricht. Die Nutzung kann in zwei Bereiche aufgeteilt werden. Im Erdgeschoss befindet sich der öffentliche Kundenbereich und in den Obergeschossen Büro- und Verwaltungsräume.

Zunächst wurde der Ist-Zustand des technischen Bestands betrachtet. Die Bereiche Lüftungs- und Heizungstechnik, sowie die Kälteerzeugung wurden hinsichtlich ihres Zustands und ihres Aufbaus beschrieben und bewertet. Im zweiten Schritt sind gebäudespezifische Leistungs- und Bedarfswerte berechnet worden. Grundlage hierfür war eine Heizlastberechnung, die mithilfe eines computergenerierten 3D-Modells der Sparkassenfiliale durchgeführt wurde. In Bezug auf die Heizlast wurden weitere theoretische Bedarfswerte bestimmt und mit den tatsächlichen Verbräuchen verglichen, um ein mögliches Einsparpotential abzuschätzen. Anschließend wurde nach eventuellen Möglichkeiten zur Energieeinsparung gesucht und die damit verbundenen Einsparungen berechnet.

Am Ende der Arbeit steht ein Maßnahmenkatalog, der alle Möglichkeiten in einer empfohlenen Bearbeitungsreihenfolge wiedergibt. Dargestellt sind ebenfalls die prozentualen Einsparungen in Bezug auf die gegebenen Referenzverbräuche und die Amortisationszeiten der einzelnen Maßnahmen.

Durch die Maßnahmen lassen sich Einsparungen bis zu 38 % erzielen.

**Dipl.-Ing. Alexander Heske**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Christian Leugers
Datum des Kolloquiums:	20. Dezember 2010
Studiengang:	Versorgungs- und Entsorgungstechnik
Studienrichtung:	Technische Gebäudeausrüstung
Laborbereich:	Sanitärtechnik und Siedlungswasserwirtschaft
In Kooperation mit:	Teutoburger Energie Netzwerk eG, Hagen a.T.W.



Diese Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit dem regionalen Versorgungsunternehmen Teutoburger Energie Netzwerk eG (TEN) erstellt. Nach Übergabe des Trinkwassernetzes im Jahr 2009 von der Gemeinde Bad Laer an die TEN konnte sehr schnell festgestellt werden, dass in der Vergangenheit eine überwiegend an Schadensereignissen orientierte Instandhaltung stattgefunden hat. Dies wurde bei einfachen Bau- und Reparaturmaßnahmen deutlich, bei denen aufgrund technischer Mängel eine Ausweitung über das Schadensereignis hinaus festgestellt wurde. Bei diesen Aktionen wurden kalkulierte Kosten um ein Vielfaches überschritten. Des Weiteren waren auch die zeitlichen Planungen im Einsatz von Mitarbeitern, Mitarbeiterinnen und Dienstleistern nicht mehr stabil.

Um zukünftig sowohl den Personaleinsatz als auch die Budgetierung im Bereich des Trinkwassernetzes sorgfältig planen zu können, sollte ein Instandhaltungsmanagement nach den Vorgaben der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) und den maßgeblichen Vorschriften und Arbeitsblättern der Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) erstellt werden.

In einem ersten Schritt wurde geprüft, mit welcher Strategie das o. g. Ziel am besten zu erreichen ist. Es wurde sehr schnell klar, dass die derzeit angewendete Ausfallstrategie nicht zielführend ist. Aus diesem Grund sollte zukünftig auf die Inspektionsstrategie umgestellt werden, da das Versorgungsunternehmen hier flexibel agieren kann. Auf Basis dieser Überlegungen wurde ein Wartungsplan als Arbeitsgrundlage angefertigt und an das Rohrnetz angepasst.

Im Rohrnetz von Bad Laer wurden überwiegend PVC-Rohrmaterialien verlegt. Im Stadtkern weisen die Rohrleitungen ein Alter von 50 Jahren und mehr auf. Die empfohlene Nutzungsdauer für PVC-Rohre wird damit vielfach überschritten, sodass eine Erneuerung der betroffenen Leitungen angezeigt ist.

Da für Bad Laer noch kein Rohrnetzbezirksplan vorlag, musste dieser erstellt werden. Die Gebietsaufteilung erfolgte dabei aus betrieblichen Gründen (z. B. Alter der Leitungen, Höhe der Wasserverluste oder den Druckverhältnissen) und richtete sich auch nach den örtlichen Verhältnissen. Ein weiterer Vorteil einer Gebietsaufteilung liegt darin, dass beim Erfassen evtl. Wasserverluste die anderen Versorgungsbezirke weiter betrieben werden können.

Des Weiteren fehlt derzeit noch eine detaillierte Schadensstatistik. Sie sollte

unverzöglich aufgebaut werden, um aus den Schadensprofilen und Schadensverläufen rechtzeitig und langfristig Sanierungsmaßnahmen planen zu können.

Außerdem wurde bei der Bestandsaufnahme festgestellt, dass das Versorgungsnetz insgesamt an fünf Kreuzungen mit der Teutoburger Waldeisenbahn nicht nach den Verwaltungsbestimmungen und den Bauvorschriften der NE-Wasserkreuzungsrichtlinien errichtet worden ist. Diese Kreuzungspunkte sind damit als verkehrs- und rechtsunsicher einzustufen, und entsprechend umzubauen.

Trinkwassernetz Bad Laer - Wartungsplan 2011 Seite 1/2

**Ausgangsdaten:**

Baugruppen	Index-Farbe	Wartungsintervalle DVGW	Vorhanden im Versorgungsgebiet	Arbeitsaufwand	Wartungstage pro Jahr	Berechnungsgrundlagen / Bemerkungen
Armaturen	Rot	Alle 8 Jahre	560 Stück	0,5 h / Stück	5 d/a	Mitarbeiter: 2
Strassenkappen	Grün	Alle 8 Jahre	560 Stück	(bei Armat. Incl.)	(bereits bei 5Tagen für Armaturen eingerechnet)	Werktage pro Jahr: 210 d/a
Hinweisschilder	Blaues	Alle 8 Jahre	560 Stück	(bei Armat. Incl.)	(bereits bei 5Tagen für Armaturen eingerechnet)	Beschäftigungsanteil im TW-Bereich = 50 %
Wasserzähler	Gelb	Alle 6 Jahre	1832 Stück	1,0 h / Stück	39 d/a	Verfügbare Arbeitstage pro Mitarbeiter: 105 d/a
Rohrleitungen	Blaues	Jährlich	44 150 m	200 mh	28 d/a	Arbeitstage insgesamt: 2*105 d/a = 210 d/a
Be- und Entlüftungseinrichtungen	Grün	Jährlich	236 Stück	0,5 h / Stück	15 d/a	
Rohrbruchsicherungen	Orange	Jährlich	20 Stück	2,0 h / Stück	5 d/a	

**Wartungsplan:**

1. KW bis 13. KW 2011	1. KW	2. KW	3. KW	4. KW	5. KW	6. KW	7. KW	8. KW	9. KW	10. KW	11. KW	12. KW	13. KW
	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F
Armaturen													
Strassenkappen	geblockt für Urlaub												
Hinweisschilder													
Wasserzähler													
Rohrleitungen													
Be- und Entlüftungseinrichtungen													
Rohrbruchsicherungen													

14. KW bis 26. KW 2011	14. KW	15. KW	16. KW	17. KW	18. KW	19. KW	20. KW	21. KW	22. KW	23. KW	24. KW	25. KW	26. KW
	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F
Armaturen													
Strassenkappen													
Hinweisschilder													
Wasserzähler													
Rohrleitungen													
Be- und Entlüftungseinrichtungen													
Rohrbruchsicherungen													

Wassernetz Bad Laer - Wartungsplan 2011 Seite 2/2

27. KW bis 39. KW 2011	27. KW	28. KW	29. KW	30. KW	31. KW	32. KW	33. KW	34. KW	35. KW	36. KW	37. KW	38. KW	39. KW
	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F
Armaturen													
Strassenkappen	geblockt für Urlaub												
Hinweisschilder													
Wasserzähler													
Rohrleitungen													
Be- und Entlüftungseinrichtungen													
Rohrbruchsicherungen													

40. KW bis 52. KW 2011	40. KW	41. KW	42. KW	43. KW	44. KW	45. KW	46. KW	47. KW	48. KW	49. KW	50. KW	51. KW	52. KW
	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F	M D M D F
Armaturen													
Strassenkappen													
Hinweisschilder													
Wasserzähler													
Rohrleitungen													
Be- und Entlüftungseinrichtungen													
Rohrbruchsicherungen													

Abb. 1: Wartungsplan des Trinkwasserversorgungsnetzes von Bad Laer

Dipl.-Ing. Andreas Heuer M.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Volker Miklasz

Datum des Kolloquiums: 15.10.2010

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

In Kooperation mit: agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Die Aufgabe dieser Masterarbeit bestand in erster Linie darin, die an dem Neubau des Land- und Amtsgericht Düsseldorf, praktisch umgesetzte Integration eines zentralen PCM-Latentwärmespeichers mit einem vorgeschalteten Luft-Erdwärmetauscher zu simulieren und die daraus gewonnenen Erkenntnisse zu bewerten.

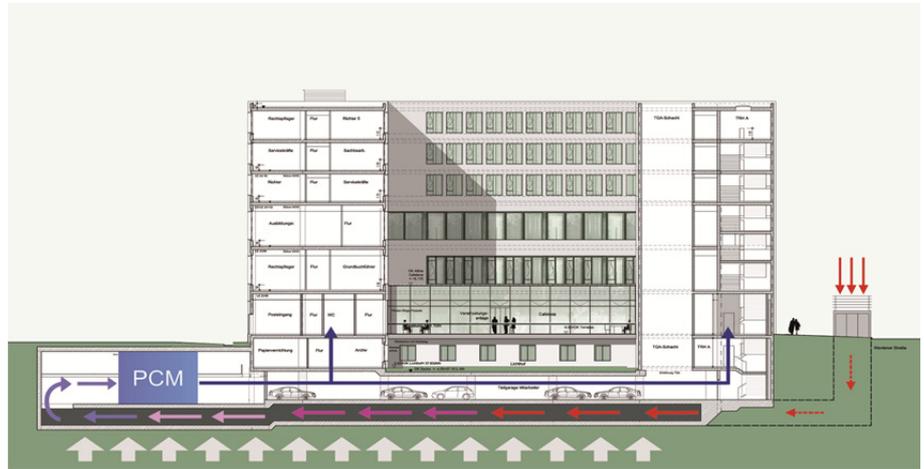
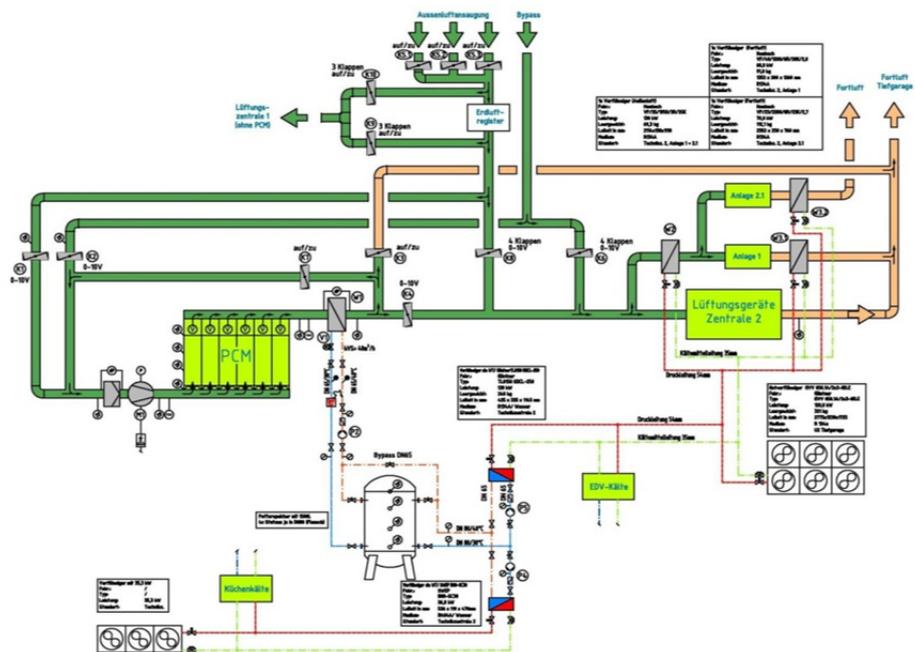


Abb.: Schnittdarstellung (agn Niederberghaus & Partner GmbH)

Der Nutzen, im Verhältnis zum betreibenden Aufwand im kombinierten Betrieb sollte herauskristallisiert werden, um besonders für zukünftige Projekte einen Leitfaden zur planerischen Implementierung von Luft-Erdwärmetauschern und PCM-Latentwärmespeichern in der zentralen Lüftungstechnik zu erhalten. Die, im Rahmen eines laufenden Forschungsvorhabens, hervorbrachten Umsetzungsmöglichkeiten bezüglich verschiedenster Be- und Entladungsvorgänge des PCM-Latentwärmespeichers wurden untersucht und in Verbindung und Wechselwirkung mit dem vorgeschalteten Luft-Erdwärmetauscher auf größtmögliche Nutzbarkeit durchleuchtet.

Als Ergebnis wurde weiterhin ein Auslegungs- und Simulationsprogramm entwickelt, das auf Grundlage von instationären Berechnungsverfahren (Differenzenverfahren mit speziellen Randbedingungen) eine ausreichend zuverlässige und schnelle Auslegung von Luft-Erdwärmetauschern ermöglicht. Hiermit wurde die Grundlage geschaffen, mit der auch das Verhalten während der Zusammenführung mit einem zentralen PCM-Latentwärmespeicher hin-

reichend genau beurteilt werden kann.



Nach Abschluss der Arbeit konnte festgestellt werden, dass das umgesetzte Projekt und die in dieser Arbeit untersuchten Anlagenkomponenten und Kombinationen grundsätzlich ökologische und ökonomische Ziele erreichen können. Die theoretisch erzielte Einsparung an Energie, die durch diese Anlagentechnik hervorgebracht werden kann, lässt den Betrieb ohne Zweifel sinnvoll erscheinen. Die gekoppelte Nutzung der unterschiedlichen Anlagentechniken von L-EWT und zentralem PCM-Latentwärmespeicher macht es möglich, jährlich über 700.000,00 kWh thermische Energie mit relativ geringem Hilfsenergieaufwand einzusparen. Weiterhin wird ein wesentlich ökologischerer Betrieb im Vergleich zur konventionellen Technik erreicht. Mit einer prognostizierten Einsparung von insgesamt über 166 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr, kann dies eindeutig belegt werden.

## Ausarbeitung eines Energiekonzeptes unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit für die Liegenschaft eines Industrieunternehmens

**Dipl.-Ing. Karl Hinkemann**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Achim Henseler
Datum des Kolloquiums:	10. Februar 2011
Studiengang:	Versorgungs- und Entsorgungstechnik (Diplom)
Studienrichtung:	Technische Gebäudeausrüstung
Laborbereich:	Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	J. Wolfferts GmbH, 51149 Köln



Ein Schwesterunternehmen der J. Wolfferts GmbH aus dem Bilfinger Berger Konzern hat im Rahmen einer Anfrage um eine Darstellung energetischer Einsparpotentiale der Heiztechnik für seine Liegenschaft in Aarbergen gegeben. Auf dem Werksgelände befinden sich ein Bürokomplex sowie mehrere Industriehallen. Die vorhandene Gebäudetechnik beinhaltet konventionelle Heiztechnik (je Gebäude einen oder mehrere Standard-Heizkessel). Zudem werden in den Industriehallen gasbefeuerte Luftherhitzer zur Beheizung eingesetzt. Nach einer groben Bestandsaufnahme der Gesamtenergieverbräuche (Strom und Gas) sowie der Gebäude, einschließlich deren technischer Anlagen, soll im Rahmen dieser Diplomarbeit ein Energiekonzept für die Liegenschaft erarbeitet werden. Der wirtschaftliche Aspekt ist von großer Bedeutung, da der Kunde nur minimal investieren kann, aber großes Interesse an einer Energieeinsparung hat.

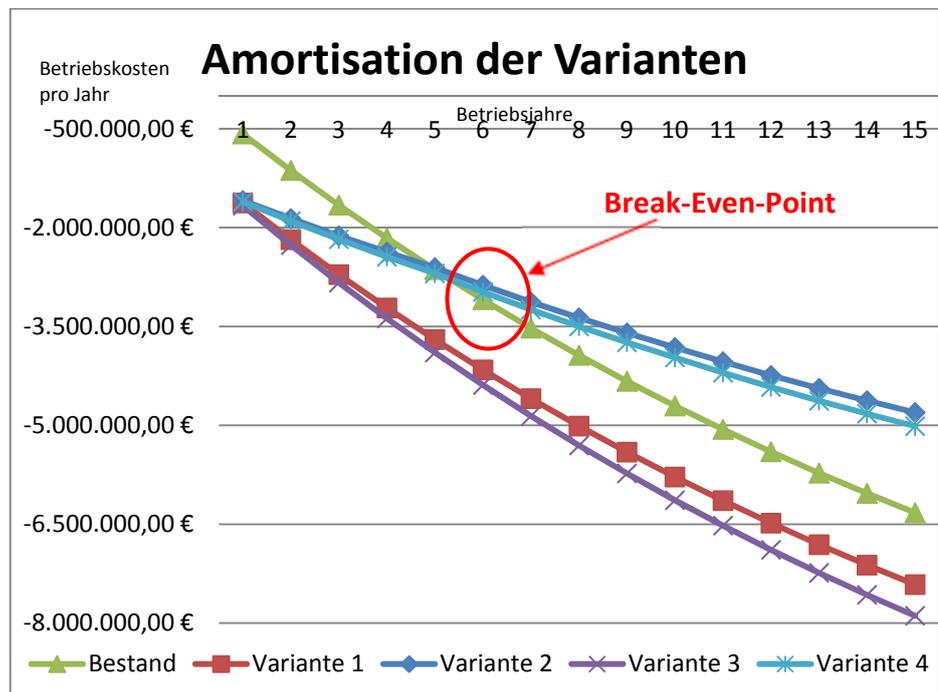
Da der Betreiber in Aarbergen keine Heizlastberechnungen nach DIN EN 12831 ( bzw. stand bei Erstellung der Anlagen DIN 4701 ) für die Gebäude besitzt und eine näherungsweise Berechnung des Wärmebedarfs mit Praxisansätzen für die weiteren Betrachtungen ausreichende Ergebnisse erwarten lässt, werden hierzu drei Verfahren angewandt, um die benötigte Heizleistung zu berechnen:

- über den Erdgasverbrauch
- über den Wärmebedarf
- über den Transmissions- und Lüftungswärmebedarf

Nach der Heizlastberechnung werden verschiedene Anlagenvarianten für die Liegenschaft erarbeitet. Ziel ist es, durch Erweiterung, Umbau und Erneuerung bestimmter Anlagenteile sowohl energetische als auch wirtschaftliche Einsparungen zu erzielen. Ebenso sollen durch Verbesserungen der Regelbarkeit und dem hydraulischen Verhalten des Systems, ein fehlerfreier Betrieb und optimaler Wirkungsgrad der Anlage erreicht werden. Folgende Möglichkeiten hat der Verfasser dieser Arbeit betrachtet:

- Variante 1: Erneuerung durch Gas-Brennwerttechnik
- Variante 2: Erneuerung durch ein BHKW mit Spitzenlastbrennwerttechnik
- Variante 3: Erneuerung durch Gasheizkessel
- Variante 4: Erneuerung durch ein BHKW mit Spitzenlastgaskesseln

Um die Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Einsparvarianten zu untersuchen, wird die Rücklaufzeit, in der sich die Investition amortisiert hat, über die Kapitalwertmethode berechnet und die Ergebnisse miteinander verglichen. In den Berechnungen werden die Einsparungen von Gas, Strom, Investitionskosten, Wartungskosten sowie Fördermittel für das BHKW berücksichtigt.



Die Varianten eins und drei amortisieren sich nicht und sind somit nicht wirtschaftlich. Die zweite und vierte Variante rentieren sich schon etwa ab dem fünften Jahr.

Besonders die Erneuerung durch ein BHKW mit Spitzenlastbrennwerttechnik (Variante zwei) amortisiert sich am schnellsten durch ihre Eigennutzung von Strom und KWK Zuschlägen. Dies ist ein großer Vorteil gegenüber der Bestandsanlage wie auch den Varianten, die eine Erneuerung durch Gas-Brennwerttechnik bzw. Gasheizkessel vorsehen (Variante eins bzw. drei).

**Dipl.-Ing. David Höfle**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Pascal Dietrich M.Sc.

Datum des Kolloquiums: 08. Juni 2010

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Raumluftechnik

in Kooperation mit: Imtech Deutschland GmbH & Co. KG



Durch die am 01. Oktober 2009 in Kraft getretene EnEV 2009 muss in allen neuen oder zu sanierenden raumluftechnischen Anlagen, die einen größeren Außenluftvolumenstrom als 4.000 m<sup>3</sup>/h aufweisen, eine Wärmerückgewinnung eingebaut werden, die mindestens der Klasse H3 nach DIN EN 13053:2006 entspricht.

Bei raumluftechnischen Anlagen in denen keine Übertragung von Schad- und Geruchsstoffen von der Abluft- zur Außenluftseite zulässig bzw. gewünscht ist, oder diese baulich getrennt sind, ist die Wärmerückgewinnung nur über ein Kreislaufverbundsystem zu realisieren. Bei diesem System liegen die Rückwärmzahlen i. d. R. nur bei 40 bis 50 %.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden zwei hocheffiziente WRG-Systeme im Kreislaufverbundsystem analysiert, die sich grundsätzlich wie folgt unterscheiden:

Bundeswehrkrankenhaus in Ulm: GSWT-System

Naturwissenschaftliches Institut in Tübingen: IMTECH-System

Ausgangspunkt für die Analyse waren jeweils die Messdaten der Gebäudeleittechnik, die beim BWK-Ulm in Form von Trendkurven und bei NWI-Tübingen als Excel-Tabelle ausgelesen werden konnten. Beide Anlagen wurden jeweils thermisch betrachtet. Anhand der errechneten bzw. gemessenen mittleren Daten wurde anschließend in einem theoretischen Modell auf Basis der Außentemperaturen und den zugehörigen Häufigkeiten nach DIN 4710 eine Energiebetrachtung durchgeführt. Mit dem daraus resultierenden Jahreswärmerückgewinn und dem zusätzlichen jährlichen Elektroenergieaufwand für die Ventilatoren wurde anschließend die Reduktion von Schadstoffkomponenten berechnet, sowie eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt.

Es konnte gezeigt werden, dass sich die jährlichen Emissionen von Schadstoffkomponenten reduzieren. Außerdem ist die Investition in eine Wärmerückgewinnung grundsätzlich lohnend. Dadurch ergibt sich eine geringere Abhängigkeit gegenüber den Energieversorgungsunternehmen bzw. den wahrscheinlich steigenden Energiekosten.

**Frank Höwelhasse B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus

Datum des Kolloquiums: 08. April 2011

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

In Kooperation mit: RWE Westfalen-Weser-Ems Netzservice GmbH, Dortmund



Während derzeit die zentrale Stromerzeugung dominiert, geht der Trend zu dezentralen Erzeugungsanlagen. Dies zeigt sich sowohl bei der Erzeugung aus fossiler Primärenergie als auch bei regenerativen Energiequellen. Durch die Novellierung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes wird das Ziel verfolgt, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, fossile Energieträger zu schonen und eine Weiterentwicklung von Technologien zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zu fördern.

Die starken Schwankungen der Energieerzeugung von Windkraft- und Photovoltaikanlagen können vor allem in strukturschwachen Regionen zu Lastspitzen und zu Spannungsschwankungen im Stromverteilnetz führen. Dadurch können Engpässe bei der Aufnahmekapazität der Stromverteilnetze entstehen. Um dem entgegenzuwirken, muss das Stromverteilnetz ausgebaut werden oder alternativ neue Möglichkeiten zur Energiespeicherung geschaffen werden.

Gase können in größeren Mengen gespeichert werden. Nutzt man diese Eigenschaft bei Biogasanlagen, können die Strom erzeugenden Blockheizkraftwerke (BHKW) vom Netz genommen werden. Würde man eine herkömmliche Biogasanlage durch eine Röhrenspeicheranlage erweitern, könnte das BHKW bei Überschreitung der max. Aufnahmekapazität des Stromverteilnetzes heruntergefahren werden. Wenn die Aufnahmekapazität im Stromverteilnetz wieder gegeben ist, kann das gespeicherte Biogas wieder dem BHKW zugeführt, verstromt und in das Stromverteilnetz eingespeist werden.

Aufgabe und Ziel dieser Bachelorarbeit war es, zu analysieren, ob eine zeitlich versetzte Verstromung von Biogas durch Zwischenspeicherung in einem Röhrenspeicher technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde ein technisches Konzept mit Fließbild, Auslegung der Stoffströme und Identifikation der Hauptbaugruppen erarbeitet. Es wurden technische Risiken, Investitions- und Betriebskosten einer Referenzanlage dargestellt sowie rechtliche Aspekte betrachtet. Abschließend wurde untersucht, welche Chancen und Möglichkeiten sich zukünftig durch die Zwischenspeicherung von Biogas ergeben.

Die erörterte Aufgabenstellung gliederte sich in ein durch das Bundesministerium für Wirtschaft gefördertes Forschungsprojekt zur zukünftigen Versorgungssicherheit. In diesem Forschungsprojekt wurden im Verbund von Strom und Gas neue Wege zur Weiterentwicklung der Netzstrukturen besprochen.

Die Projektierung eines zusätzlichen Röhrenspeichers zum Zwecke der Bio-

gasein- und ausspeicherung hat in dieser Arbeit gezeigt, dass der Bau einer solchen Anlage technisch möglich ist und realisiert werden kann. Werden neue Biogasanlagen mit dieser Speichertechnologie errichtet, kann das Stromverteilnetz entlastet, und das Lastmanagement optimiert werden. Des Weiteren hat die Wirtschaftlichkeitsberechnung gezeigt, dass die Errichtung einer Biogasanlage mit Biogasein- und ausspeicherung je nach notwendigen Netzausbaukosten wirtschaftlich ist.

Durch diese Energiespeicherung kann zukünftig die Versorgungssicherheit der Stromverteilnetze erhöht und der weitere Ausbau der Stromerzeugung aus regenerativen Energien auch in strukturschwachen Regionen weiter vorangetrieben werden.

## Validierung von Einflussgrößen auf die Überlebensdauer von Rohrleitungsmaterialien in der Gas- und Wasserversorgung

Dipl.-Ing. Dennis Husemann

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke  
Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler

Datum des Kolloquiums:

24. Februar 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Technische Gebäudeausrüstung  
Sanitärtechnik und Siedlungswasserwirtschaft

In Kooperation mit:

Stadtwerke Bielefeld Netz GmbH



Da die Ausbauphase der heutigen Versorgungsnetze insoweit abgeschlossen ist, wird in den nächsten Jahren die Erhaltung der Infrastrukturnetze für die örtlichen Versorgungsunternehmen ein ganz zentrales Thema sein. Der Zeitpunkt der Rehabilitationen hängt dabei zum großen Teil von der Lebensdauer der Rohrmaterialien ab. Weil die Infrastrukturnetze historisch gewachsen sind, sind die Rohrleitungen z. B. in Bielefeld bis zu ca. 110 Jahre alt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die verschiedensten Einflussgrößen untersucht, die auf die Lebensdauer des Gas- und Wasserversorgungsnetzes der Stadtwerke Bielefeld einwirken. Dabei wurden Faktoren wie z. B. die Bodenverhältnisse, Verkehrsbelastungen oder auch die Druckstoßproblematik betrachtet.

Um alle Einflussfaktoren in einer Gesamtbewertung zusammenfassen zu können, wurde ein Punktesystem entworfen, bei dem jedem Einflussfaktor unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen einen bestimmten Wert erhält.

Externe Einflüsse		Kriterien				Teil- ergebnis
1	Korrosions- wahrscheinlichkeit infolge der Bodenaggressivität	Bodenart		Rohrmaterial		
		Stark aggressiv	1	Stahl	1	
		Aggressiv	0,8	Duktil Guss	0,7	
		Schwach aggressiv	0,4	Grauguss	0,2	
		Nicht aggressiv	0	AZ	0	
				Kunststoffe	0	
2	Natürliche Bodenbewegung	Bodenart		Rohrmaterial		
		Rutschhang	1	Grauguss	1	
		Bindiger Boden	0,4	PVC	0,8	
		Nichtbindiger Boden	0	AZ	0,8	
				Duktil Guss	0,6	
				PE	0,3	
		Stahl	0,1			

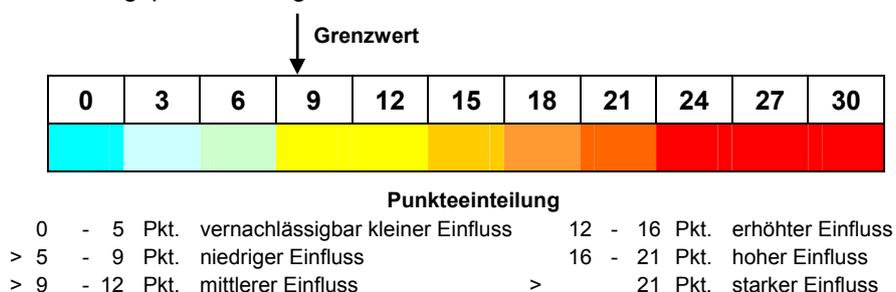
**Tabelle 1:** Schema für das Bewertungsverfahren  
Für eine qualitative Bewertung werden die Punktwerte der einzelnen Einfluss-

größen dann mit einer Gewichtung versehen, die sich nach der Wichtigkeit im Versorgungssystem, der Bedeutung des Einflusses auf die Lebensdauer und der wahrscheinlichen Schadenshäufigkeit richtet.

Einflussart		Gewichtung
1	Korrosion infolge Bodenaggressivität	4
2	natürliche Bodenbewegung	12
3	Verkehrslast	8
4	Streustrom	4
5	Frost	2
6	Druckstöße	8
7	natürliche Alterung	2
8	Baumaßnahmen in gleichen Trassenabschnitt	8
9	Fremdbaumaßnahmen	2

**Tabelle 2:** Gewichtung der Einflüsse

Die abschließende Beurteilung erfolgt durch Summierung der gewichteten Bewertungspunkte der einzelnen Einflüsse. Je höher das Ergebnis ausfällt, desto größer sind die negativen Auswirkungen durch externe und interne Einflüsse und durch die Bauausführung. Maximal möglich ist eine Punktzahl von 50. Da aber nicht alle negativen Faktoren gleichzeitig auftreten, wird als schlechtester Wert 30 angenommen. Ab einer Gesamtpunktzahl von mehr als 10 Punkten kann davon ausgegangen werden, dass das Rohrleitungsmaterial unter erhöhter Beanspruchung steht. Bewertungsabstufungen zwischen verschiedenen Leitungsabschnitten sind jedoch erst ab einer Differenz von drei Bewertungspunkten möglich.



Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Lebensdauer einer Rohrleitung überwiegend von den Materialeigenschaften und weniger von den anderen Einflussgrößen abhängt. Graugussleitungen, die zwar korrosionsbeständig aber sprödebrüchig sind, weisen im Bielefelder Netz eine beträchtliche Menge an Schäden auf. Hingegen sind die PE-Rohre, aufgrund von vorteilhafteren Materialeigenschaften deutlich weniger schadensanfällig.

Durch das kontinuierliche Einwirken der verschiedenen Einflüsse wird das Rohrmaterial mürbe, sodass die Leitung bricht oder durch Korrosionen undicht wird. Eine weitere häufige Ursache für Schäden am Rohr sind natürliche Bodenbewegungen in einem Steilhang oder Fremdschäden durch Bauarbeiten in derselben Baurasse.

## Bau und Inbetriebnahme eines Prüfstandes zu Ermittlung der Leistung von Speicher-Wassererwärmern

**Philipp Jungfermann B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 20. Oktober 2010

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



Ein wesentliches Kriterium zur Einhaltung der Trinkwasserhygiene ist unter anderem, dass Speicher-Wassererwärmer für Trinkwasser nicht überdimensioniert werden, damit eine Kontaminierung z. B. mit Legionellen durch zu große Wasserbevorratung minimiert werden kann. So ist bei der Auslegung darauf zu achten, wie groß der Bedarf ist und dass für diesen genügend warmes Wasser vorhanden ist. Jedoch sollten keine Ummengen auf Verdacht gespeichert werden.

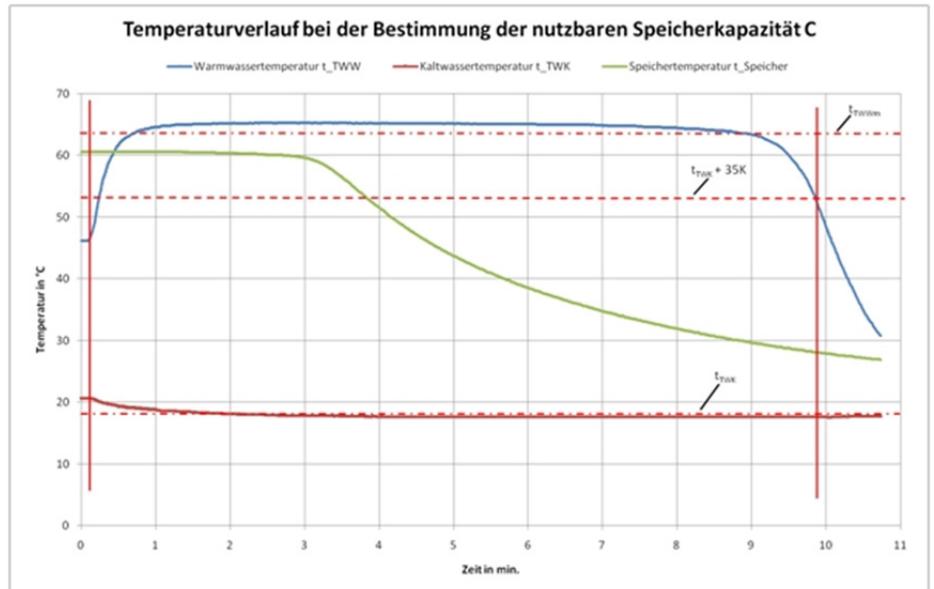
Allerdings gibt es Wassererwärmer in unterschiedlichen Bauformen und Materialien und es stellt sich die Frage, welcher Speicher der richtige ist. Dafür müssen sie miteinander vergleichbar sein und Angaben über die Leistungsfähigkeit müssen dem Speicher beigefügt werden. In der DIN 4708 Teil 3 steht beschrieben, wie ein Leistungsprüfstand auszusehen hat, damit die Leistung von Wassererwärmern ermittelt werden kann und somit ein Vergleich der verschiedenen Wassererwärmer möglich ist.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, einen Prüfstand auf Basis der DIN 4708 Teil 3 in der Fachhochschule zu errichten und erste Versuche mit einem Probanden durchzuführen.

Damit dieser Prüfstand gebaut werden konnte, mussten einige Faktoren berücksichtigt werden. So musste klar werden wie groß die Probanden maximal sein dürfen, damit sie an diesem Prüfstand noch gemessen werden können. Ebenso durften die Gegebenheiten im Hochschulgebäude nicht vernachlässigt werden. So musste ermittelt werden, wie groß die zum Prüfstand führende Kaltwasserleitung ist, damit die Wassererwärmer mit ausreichend Wasser versorgt werden können. Des Weiteren wurden Überlegungen angestellt, welche Messgeräte geeignet sind. Nachdem diese Dinge berücksichtigt wurden, wurde der Prüfstand aufgebaut. Eines der größeren Probleme, die bei der Auslegung aufgetreten sind, war geeignete 3-Wege-Ventile zu finden, die den Anforderungen genügen. Letztlich sind zwei 3-Wege-Ventile in unterschiedlichen Dimensionen verbaut worden, um für jede Probandengröße ein passendes Ventil zu haben. Ebenso aufwendig stellte sich die Einstellung des Reglers für die Regelung der Temperatur heraus.

Nachdem diese Probleme gelöst werden konnten, und die Inbetriebnahme erfolgreich verlaufen ist, konnte mit den eigentlichen Messungen zur Bestimmung der Leistungen begonnen werden. Dabei wurde festgestellt, dass gerade die Ermittlung der Dauerleistung  $Q_D$  und die Bestimmung der Leistungszahl  $N_L$  einen erheblichen Zeitaufwand mit sich bringen. Weiter ließ sich bei diesen ersten Messungen festhalten, dass die Kaltwassertemperatur im

Hochschulgebäude sehr hoch ist und gerade noch die Vorgaben der Norm erfüllt. Auch die Einstellung der Heizmittelttemperaturen ließ sich noch nicht im gewünschten Umfang verwirklichen.



In allen Versuchen wurden die Messwerte mit einem Computerprogramm aufgezeichnet und gespeichert. Die ermittelten Werte standen anschließend in Form einer Excel-Tabelle für die weitere Verarbeitung und Auswertung zur Verfügung. Somit ließen sich während der Auswertung Diagramme erstellen, welche die gemessenen Werte anschaulich darstellen.

## Auslegung eines geeigneten Schnellfiltrationsverfahrens zur Trinkwasseraufbereitung in Llallagua, Bolivien

Dipl.-Ing. Andreas Kamphues

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christian Becke  
Prof. Dr. rer. nat. Hans Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums:

09. Juni 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Kommunal und Umwelttechnik  
Labor für Wasser- Abwasser und Umwelttechnik

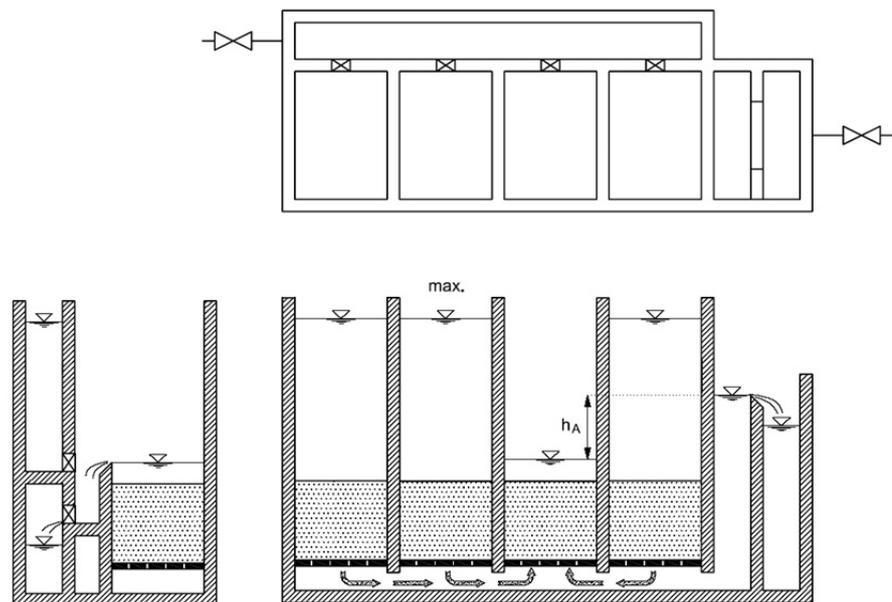
In Kooperation mit:

Consulting Engineers Salzgitter, La Paz (Bolivien)



In Llallagua, einer Kleinstadt im Andenhochland von Bolivien, soll Oberflächenwasser möglichst kostengünstig zu Trinkwasser aufbereitet werden. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Trinkwasseraufbereitungsanlage geplant, welche vom Wasser im freien Gefälle durchflossen wird und somit ohne den Einsatz von Pumpen auskommt.

Die Schnellfilter haben in der geplanten Aufbereitungskette die Aufgabe der Resttrübstoffentfernung. Die Abscheidung der Trübstoffe findet in einer Schüttung aus körnigem Filtermaterial statt, welche von Zeit zu Zeit gereinigt werden muss, um die Filterwirksamkeit aufrechtzuerhalten. Zur Reinigung wird die Filterschicht entgegen der Filtrationsrichtung von unten nach oben mit bereits gefiltertem Wasser gespült. Dabei geht die Schüttung des Filtermaterials in ein Wirbelbett über und die eingelagerten Schmutzstoffe werden vom Spülwasser aus dem Filter transportiert.

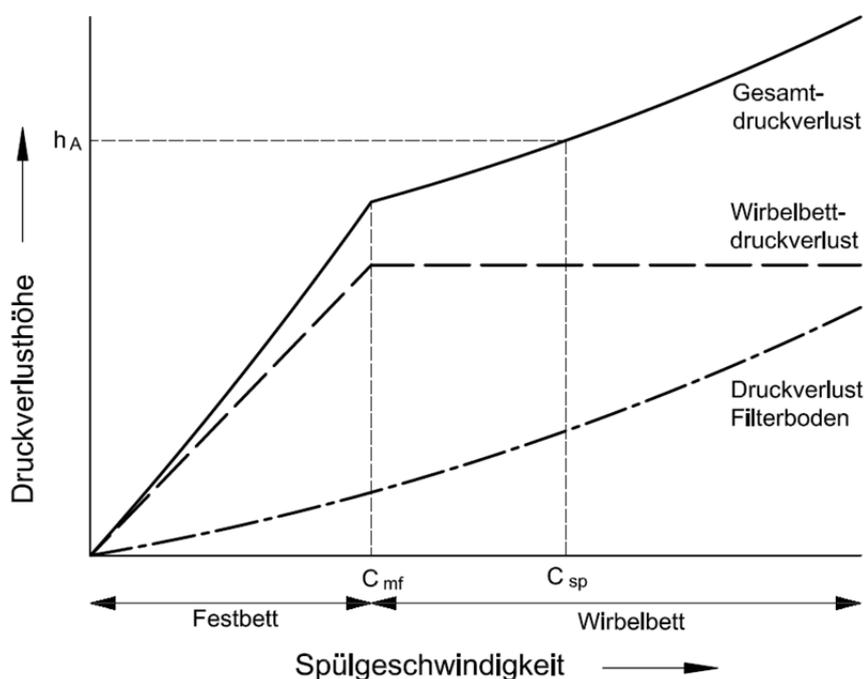


**Bild 1** Schnellfilter im Spülbetrieb, dargestellt in Draufsicht, Quer- und Längsschnitt

In der Diplomarbeit wird ein spezielles Filterverfahren aus Amerika vorgestellt, welches ein Spülen des Filtermaterials ermöglicht, indem die Schwerkraft des durch die Filter strömenden Wassers genutzt wird. Dazu wird die Gesamtfil-terfläche in mehrere kleine Einheiten aufgeteilt, so dass die für die Spülung einer Filterkammer benötigte Filtratmenge von den restlichen in Betrieb verbleibenden Kammern aufgebracht werden kann.

Der zum Erreichen der Spülgeschwindigkeit notwendige Druck wird durch die in Bild 1-1 mit  $h_A$  gekennzeichnete Höhendifferenz zwischen dem Ablaufwehr der Filtergalerie und der Überfallkante der Schlammwassersammelrinne erzeugt.

Um dieses für die Auslegung wichtige Höhenmaß zu bestimmen, ist eine genaue Kenntnis der erforderlichen Spülgeschwindigkeit und der bei dieser Spülgeschwindigkeit im Filter auftretenden Druckverluste notwendig (vgl. Bild 1-2).



**Bild Fehler!** Kein Text mit angegebener Formatvorlage im Dokument.2 Zusammensetzung des bei der Filterspülung auftretenden Druckverlustes in Abhängigkeit von der Spülgeschwindigkeit

Diese Größen werden maßgeblich von den hydraulischen Eigenschaften des verwendeten Filtermaterials beeinflusst und können am sichersten durch geeignete Spülversuche bestimmt werden, welche aber in Bolivien aufgrund mangelnder Messtechnik nur schwer zu realisieren sind.

In der vorgelegten Arbeit wurde ein Auslegungsverfahren erarbeitet, in dem die benötigten Bemessungsgrößen mit Hilfe von hydraulischen Näherungsgleichungen aus einfach zu bestimmenden Kenngrößen des Filtermaterials ermittelt werden können.

## Product Carbon Footprint in einem Industriebetrieb der Wasch-, Putz-, und Reinigungsmittelbranche: produktbezogene Treibhausgasemissionen

**Arne Kiewit B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christian Becke
Datum des Kolloquiums:	21. Februar 2010
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie und Umwelttechnik
Laborbereich:	Biologie und Verfahrenstechnik
In Kooperation mit:	Luhns GmbH, Wuppertal



### Klimawandel aktuell

Der Klimawandel ist eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit – darin besteht weltweit Einigkeit. Um die mit dem Temperaturanstieg verbundenen Auswirkungen auf unseren Planeten Erde einzudämmen, muss der durchschnittliche Temperaturanstieg bis zum Ende des Jahrhunderts weltweit auf zwei Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden. Dies entspricht im Vergleich zu 1990 einer Reduktion von 80 % aller Treibhausgasemissionen bis 2050. Dennoch steigen jährlich die weltweiten Emissionen weiter. 40 % der klimarelevanten Emissionen eines Bundesbürgers werden durch Ernährung und Konsum verursacht. Bislang hat man es nicht geschafft einen Politikentwurf zu implementieren, der entsprechende Maßnahmen und Instrumente zur Bewältigung dieser Aufgabe eruiert. Aufgrund der hohen politischen und gesellschaftlichen Bedeutung haben sich verschiedene Initiativen und Projekte in der Industrie geformt, die das gemeinsame Ziel verfolgen dem Klimawandel entgegenzutreten. In den letzten Jahren wurde dem Treibhauspotential von Produkten zunehmend Aufmerksamkeit durch den Product Carbon Footprint zu teil.

Gegenstand der Arbeit: Product Carbon Footprint (PCF)

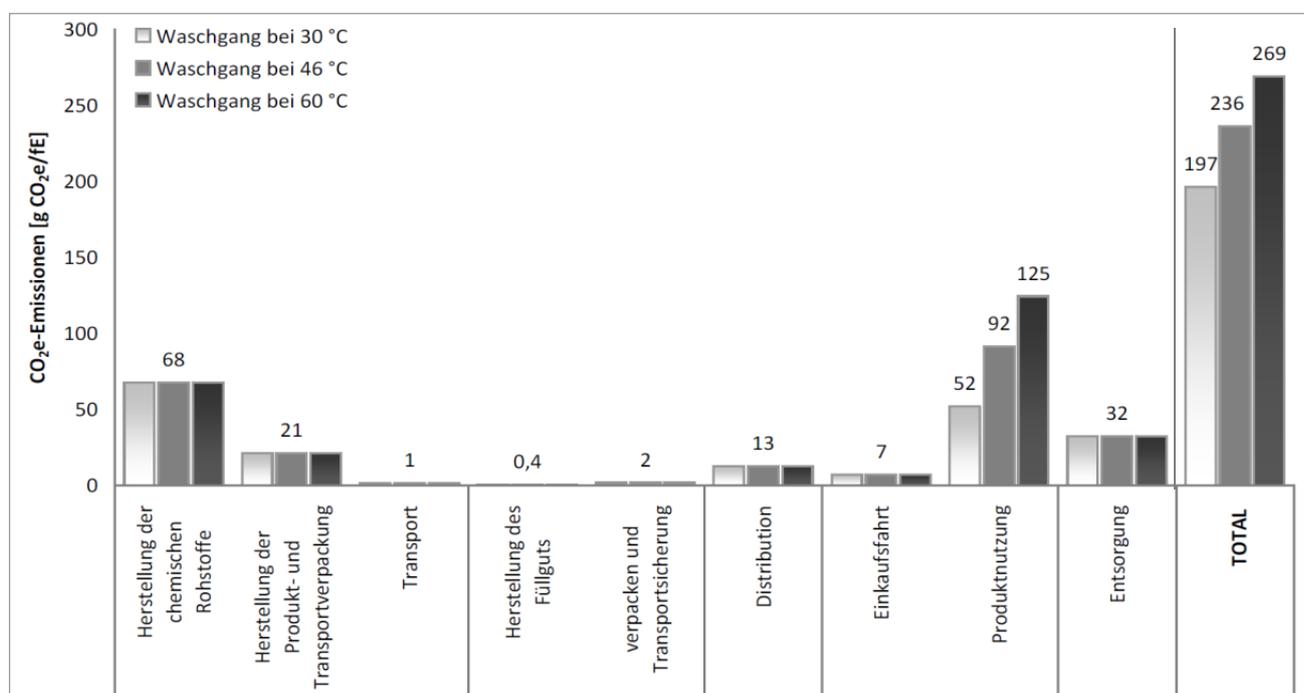
Der Vorentwurf der ISO 14067 bezeichnet den Product Carbon Footprint *a/s* „die Bilanz der Treibhausgasemissionen entlang des gesamten Lebenszyklus eines Produkts in einer definierten Anwendung und bezogen auf eine definierte Nutzeinheit.“ Die Nutzeinheit ist als Anwendungsmenge eines Produkts zu verstehen. Das zugrundeliegende Denken in Lebenszyklusphasen orientiert sich an der Systematik einer Ökobilanz und soll so die Berücksichtigung aller möglichen Einflüsse entlang des Lebenswegs eines Produkts gewährleisten. Das Treibhauspotential wird in Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (engl.: carbon dioxide equivalent) – kurz g CO<sub>2</sub>e – ausgedrückt. Es gibt an, welchen Treibhauseffekt eine bestimmte Menge oder Masse in Relation zu Kohlendioxid hat.

Durch die Produktnutzung entstehen die meisten CO<sub>2</sub>e-Emissionen

Bilanziert wurde „ein Standardwaschgang mit einer Standarddosierung (110 mL) eines flüssigen Waschmittels“. Fast 40 % der Emissionen (92 g CO<sub>2</sub>e) des gesamten PCF von rund 236 g CO<sub>2</sub>e (unter Annahme einer mittleren Waschtemperatur von 46 °C) entstehen während der Nutzungspha-

se durch den Betrieb der Waschmaschine. Die Herstellung der chemischen Rohstoffe verursacht weniger als 30 % (68 g CO<sub>2</sub>e). Durch die Herstellung der Produkt- und Transportverpackung entstehen ca. 21 g CO<sub>2</sub>-Äquivalente (ca. 9 %). Der Transport der chemischen Rohstoffe und der Produkt- und Transportverpackung fällt mit 0,6 % (1,4 g CO<sub>2</sub>e) ins Gewicht. Die Produktion des Füllguts, das Verpacken und die Transportsicherung der Fertigware, sowie deren Transport bis zum Point of Sale (Distribution) machen etwa 6,5 % (15 g CO<sub>2</sub>e) der Gesamtsumme aus. Auf die Einkaufsfahrt entfallen ca. 3 % (7 g CO<sub>2</sub>e) und auf die Entsorgung und Aufbereitung durch die vom Verbraucher verursachten Abfälle und Abwassermengen entfallen 14 % (32 g CO<sub>2</sub>e).

Die Emissionen der Produktnutzung lassen sich durch eine niedrigere Wascht-  
temperatur von 30 °C um rund 40 % auf 52 gCO<sub>2</sub>e im Vergleich zu einer  
durchschnittlichen Wascht-temperatur in Europa von 46 °C reduzieren. Der  
Verbraucher hat somit die größte Einflussmöglichkeit zur Reduzierung des  
Product Carbon Footprint.



## **Einfluss der Co-Vergärung auf den Betrieb einer kommunalen Kläranlage**

**Andreas Klösener B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke
Datum des Kolloquiums:	10. November 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Emschergenossenschaft, Essen



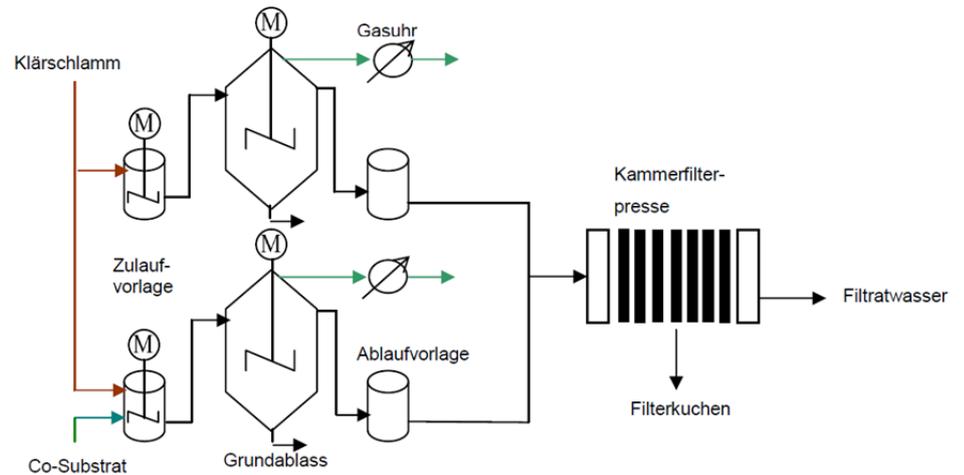
Steigende Preise für fossile Energieträger wie Öl und Kohle machen es erforderlich, bestehende Ressourcen besser zu nutzen. Die Co-Vergärung nutzt freie Faulraumkapazitäten in Faulbehältern auf Kläranlagen mit anaerober Schlammstabilisation. Der dadurch zu erwartende Mehrertrag an Faulgas kann durch eine geeignete Verwertung, zum Beispiel in Blockheizkraftwerken, die Energiegewinnung soweit steigern, dass das Klärwerk unter Umständen sogar energieautark arbeitet.

Datenerhebungen haben gezeigt, dass auf vielen Kläranlagen die empfohlene Aufenthaltszeit im Faulbehälter oft weit überschritten wird. Die hier vorhandenen freien Kapazitäten werden bei der Co-Vergärung für die Mitbehandlung organischer Abfälle genutzt. Die Verwertung dieser Abfälle auf Kläranlagen kann ökologische Vorteile gegenüber alternativen Entsorgungsmöglichkeiten, wie etwa der Kompostierung, haben.

Die Mitbehandlung organischer Abfälle auf Kläranlagen kann den Betrieb auf vielfältige Weise beeinflussen. Zu erwarten ist eine gesteigerte Gasproduktion sowie ein verbesserter Abbaugrad. Jedoch kann sich durch die Co-Substrate die Entwässerbarkeit des ausgefaulten Klärschlammes verschlechtern, dies geschieht besonders bei Substraten mit einem hohen Fettanteil. Außerdem kann die Belastung des Filtratwassers steigen und somit auch die Rückbelastung der Kläranlage.

Auf der Kläranlage Emschermündung in Dinslaken wird seit Januar 2009 Co-Vergärung betrieben. Mit dem Beginn der Co-Vergärung wurde beobachtet, dass die Entwässerbarkeit des ausgefaulten Schlammes zurückging. Diese Bachelorarbeit sollte nun die Auswirkungen der Co-Vergärung bestimmen, so dass eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erstellt werden kann.

Um die Auswirkungen zu bestimmen wurden zwei Versuchsfaulbehälter betrieben. Der Referenzfaulbehälter wurde nur mit Klärschlamm beschickt der zweite Faulbehälter zusätzlich mit den Co-Substraten. Der Aufbau ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die verwendeten Co-Substrate waren aufbereitete und entfettete Küchen- und Kantinenabfälle sowie Fettabscheiderinhalte.



Die im Zuge dieser Bachelorarbeit untersuchten Parameter waren:

- Gasertrag
- Gaszusammensetzung
- Stabilisationsgrad
- Entwässerbarkeit
- Filtratwasserbelastung

Es hat sich gezeigt, dass die Gasproduktion bezogen auf die zugeführte organische Trockensubstanz durch die Co-Vergärung um 30 % gesteigert wurde. Die Gaszusammensetzung hat sich nicht verändert. Jedoch ist die Entwässerbarkeit des ausgefaulten Schlammes aus der Co-Vergärung schlechter als bei dem Schlamm aus dem Referenzfaulbehälter. Die übrigen untersuchten Einflüsse haben sich durch die Co-Vergärung nicht oder nur kaum verändert.

Nun muss die Wirtschaftlichkeit der Co-Vergärung überprüft werden. Die Frage ist, ob die erhöhten Kosten für die Entsorgung des Schlammes durch die gesteigerte Gasproduktion aufgefangen werden können. Jedoch darf hierbei nicht der ökologische Nutzen der Co-Vergärung vergessen werden.

**Christian Körner B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 06. August 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Energietechnik  
 Laborbereich: Elektrizitätsversorgung

In Kooperation mit: Energieagentur Lippe eV, Oerlinghausen



In den letzten Jahrzehnten ist der Bedarf an Energie durch die zunehmende Industrialisierung, die wachsende Weltbevölkerung und den ansteigenden Wohlstand stetig angewachsen. Da die fossilen Energieträger immer knapper werden, muss bei der Energiebereitstellung nach Alternativen gesucht werden, um eine ressourcenschonende Energiebereitstellung gewährleisten zu können.

Eine dieser Alternativen ist die Entwicklung der sogenannten regenerativen Energiequellen, die seit einigen Jahren einem enormen Wirtschaftswachstum unterliegt. Trotz der innovativen Entwicklungen in diesem Bereich muss auf die Versorgungssicherheit geachtet werden, da nur wenige solcher Energiequellen kontinuierlich und mit hoher Versorgungssicherheit zur Verfügung stehen.

Die Verwertung von Restholz aus der Industrie oder auch Abfallholz aus der Forstwirtschaft zur Erzeugung von Prozesswärme durch technische Verbrennung ist eine der wenigen Energiequellen, die als regenerativ gilt und einen hohen Bereitstellungsgrad aufweist.

In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Analyse des Eigenenergiebedarfs eines Holzheizkraftwerkes, das in Hövelhof seit 2008 elektrische sowie auch thermische Energie bereitstellt. Ziel ist es aufzuzeigen, in welchem der zuvor selektierten Kraftwerksbereiche der höchste Eigenenergiebedarf benötigt wird.

Um eine fundierte Aussage über den Eigenenergiebedarf treffen zu können, war es nötig, mittels eines Langzeitdatenlogger-messinstruments alle relevanten Antriebe, die in einer solchen Kraftwerkstechnik verwendet werden, aufzuzeichnen und anschließend auszuwerten.

Zum Abschluss der Arbeit werden die ermittelten Leistungsdaten diskutiert.

## Schallreduktion bei unterdruckentwässerten Toiletten durch den Einsatz von Active Noise Control

**Vitali Kröcker B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Siegfried Rüter
Datum des Kolloquiums:	29. November 2010
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	VacuSaTec GmbH & Co.KG, Münster



Die globale Entwicklung der Ressourcenverknappung, insbesondere im Bereich Wasser, bewirkt eine zunehmende Veränderung der umweltpolitischen Ansätze in vielen Regionen. Wasser als Transportmedium für Entwässerungsanlagen steht oft nur bedingt zur Verfügung. Von daher bieten Unterdruckentwässerungssysteme mit wasserschonender Arbeitsweise eine durchaus interessante Alternative.

Aus diesem Grund haben es sich einige Unternehmen zur Aufgabe gemacht, diese bereits in Flugzeugen und Zügen bewährte Technik an die Standards der Sanitärräume in Immobilien anzunähern. Dies ist aufgrund der strikten Auflagen in Wohn- und Arbeitsstätten und der experimentellen Natur der Unterdruckentwässerung eine nicht zu unterschätzende Aufgabe. Entscheidend für die Realisierung ist eine geringe Lärmemission.

Das Ziel meiner Bachelorarbeit war es herauszufinden, ob eine Schallreduktion einer unterdruckentwässerten Toilette durch den Einsatz eines ANC-Systems möglich ist oder nicht. ANC ist eine Technik die es ermöglicht, Lärmquellen mit Hilfe von Antischall zu dämmen.

Diese Machbarkeitsstudie soll als Entscheidungshilfe für die zielführende Optimierung des Produktes genutzt werden.

Die Schwierigkeit lag nun darin alle Möglichkeiten der Kombination einer unterdruckentwässerten Toilette und dem ANC-Development Kit experimentell auszureizen und sachdienlich zu dokumentieren.

Die Studie hat ergeben, dass unter den gegebenen Rahmen keine sinnvolle Integrierung des ANC-Systems in die Toilette möglich war. Das Ergebnis der Bachelorarbeit dokumentiert, dass dieser Schritt der Produktentwicklung mit dem heutigen Stand der Technik nicht gemacht werden kann.

## Verminderung von Geruchsstoffen und Formaldehyd im Abgas biogasbetriebener Blockheizkraftwerke

Jan Krotoszynski B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke

Datum des Kolloquiums:

01. Juni 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Umwelttechnik  
Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

in Kooperation mit:

Uppenkamp und Partner GmbH



Die Zahl der Biogasanlagen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Dies ist vor allem auf die Förderung durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) zurückzuführen. Seit dem 1. 1. 2009 gelten neue Vergütungen für Biogasanlagenbetreiber. Die Reduzierung von Formaldehyd spielt eine wichtige Rolle in der Novellierung des EEG.

Bei der Verbrennung von Biogas in Blockheizkraftwerken entsteht Formaldehyd, das als krebserregend gilt. Daher gilt es den Grenzwert nach der TA-Luft ( $60 \text{ mg/m}^3$ ) einzuhalten. Zusätzlich können Betreiber von Biogasanlagen, die nach Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) genehmigt worden sind, einen Bonus von 1 Cent/ $\text{kW}_{\text{el}}$  erhalten. Hierzu gilt es die Anforderungen des EEG zu erfüllen und einen Grenzwert von kleiner  $40 \text{ mg/m}^3$  einzuhalten.

Durch den Einbau von Oxidationskatalysatoren lassen sich die Konzentrationen an Formaldehyd erheblich vermindern und somit Ansprüche auf eine Vergütung realisieren.

Die Oxidation des Abgases verringert des Weiteren die Geruchsstoffkonzentration. Geruchsemissionsfaktoren werden bei einer Ausbreitungsberechnung benötigt, um in Gutachten die Einwirkungen auf die Nachbarschaft zu simulieren.



Abb. 1: Probenahme am Katalysator



Abb. 2: Probenahmebehälter

Ziel der Arbeit war die Ermittlung von Geruchsemissionsfaktoren für das Abgas von Zündstrahlmotoren und Gas-Otto-Motoren, die mit Hilfe von Abgasbehandlungen geruchsrelevante Änderungen hervorbringen.

Ein weiteres Ziel war die Wirksamkeit der Katalysatoren auf die Reduzierung von Formaldehyd zu untersuchen.

Die Untersuchungen ergaben eine zuverlässige Reduzierung der Formaldehydkonzentrationen, die deutlich unter dem Grenzwert des EEG waren. Neue und niedrigere Geruchsemissionsfaktoren für die beiden Motortypen konnten aufgrund der Ergebnisse gebildet werden.

## Ursachenerkennung und Minderung der Phosphatablaufkonzentrationen der kommunalen Abwasserbehandlungsanlage von Eimbeckhausen

**Andre Kühnapfel B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 11. Juni 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Umwelttechnik  
 Laborbereich: Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit:



Die OEWA Wasser- und Abwasser GmbH ist ein Tochterunternehmen der Veolia Gruppe und betreut seit 1998 die Abwasserbehandlung der Stadt Bad Münster im Landkreis Hameln-Pyrmont. Das Aufgabengebiet erstreckt sich u. a. auf den Betrieb der Abwasserbehandlungsanlage im Ortsteil Eimbeckhausen.

Die Aufgabenstellung dieser Bachelorarbeit bestand darin, die saisonbedingten erhöhten Phosphatkonzentrationen im Ablauf der Kläranlage so weit zu verringern, dass die im Einleitungsbescheid geforderte Phosphatablaufkonzentration von 4,0 mg/l  $P_{ges}$  durchgängig und sicher eingehalten werden kann. In der Vergangenheit ist der Wert für diesen Parameter auf bis zu 3,9 mg/l  $P_{ges}$  angestiegen. In Zukunft ist jedoch zu befürchten, dass der aktuelle Erklärungswert ohne entsprechende Gegenmaßnahmen nicht mehr eingehalten werden kann.

Die Auswertung der Betriebstagebücher hat ergeben, dass der Anstieg der Phosphatkonzentrationen im Wesentlichen mit den sinkenden Fremdwassermengen im Sommer und Frühherbst und nicht, wie im Vorfeld vermutet, durch größere Frachten der Indirekteinleiter verursacht wird. Die geringere Verdünnung verursacht automatisch höhere Zulaufkonzentrationen, die sich dann, trotz der überdurchschnittlichen guten Bio-P Elimination von etwa 66 %, in den erhöhten Phosphatablaufwerten widerspiegeln.

Um den aktuellen Erklärungswert dennoch einhalten zu können, wird in Zukunft eine Phosphatfällungsstation die biologische Phosphatentfernung unterstützen, sodass eine deutlich größere P-Eliminierung erzielt wird. Die Fällung der Phosphat-Ionen erfolgt durch die Zugabe einer 10 % Natriumaluminat Lösung. Das dreiwertige Aluminiumkation verbindet sich im Abwasser mit dem gelösten Phosphat und überführt dieses in einen sedimentierfähigen Fällungsschlamm.

Für die Bestimmung des Fällmittels, dessen Dosierung sowie der benötigten Jahresmenge, wurden Laborversuche durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wurde die Natriumaluminat-Lösung ausgewählt und die jährlich benötigte Menge zu 3,4 t/a ermittelt.

Die Fällmittelmenge wurde so bemessen, dass eine sichere und durchgängige Ablaufkonzentration von Gesamt-Phosphor kleiner als 3 mg/l  $P_{ges}$  eingehalten werden kann.

Gegenüber der Abwasserabgabe ergibt sich ein nicht unerhebliches Einsparungspotential. Demnach kann der Erklärungswert für Phosphor im Einleitbescheid der wasserrechtlichen Erlaubnis um 20 % von 4,0 mg/l auf 3,2 mg/l gesenkt werden.

Realisiert wird die geplante Fällungsstation zunächst durch eine mobile Versuchsanlage, bestehend aus drei Vorhaltebehältern zur Lagerung des Natriumaluminats, einer Einrichtung zur Steuerung der Dosiermenge und zwei Auffangwannen, die im Falle einer Havarie das grundwasser-gefährdende Natriumaluminat auffangen soll. Sollte die Erprobung an der großtechnischen Anlage die Laborergebnisse bestätigen, soll die mobile Versuchsanlage durch eine fest installierte Fällungsstation ersetzt werden.

## Untersuchung der Installation eines adiabatischen Kühlungssystems für die Ansaugluft von Gasturbinen zur Steigerung der elektrischen Nutzleistung

**Pascal Kynast B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums:

07. Dezember 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Energieversorgung und Energiewirtschaft

In Kooperation mit:

Stadtwerke Bielefeld GmbH, Bielefeld



Die Stadtwerke Bielefeld haben auf dem Firmengelände einer Papierfabrik ein modernes Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD) mit Wärmeauskopplung errichtet. Die Hauptaufgabe des Heizkraftwerkes (HKW) besteht in der Produktion von Prozessdampf für die Papierfabrik. Daher ist die Stromproduktion abhängig von der Wärmeabnahme der Papierfabrik, da es sich bei dem betrachteten Netz um ein Inselnetz handelt.

Ziel der Aufgabenstellung ist es, eine wirtschaftliche Bewertung eines adiabaten Kühlungssystems für die Ansaugluft einer Gasturbine zu erstellen. Die Kühlung erfolgt dabei durch die Eindüsung von Wasser in die Verbrennungsansaugluft. Durch die Verdunstung der feinen Wassertropfen im Luftstrom wird die gewünschte Temperaturabsenkung erzielt. Die zur Verdunstung benötigte Kondensationsenergie nehmen die Wassertropfen aus der Umgebungstemperatur und erzielen somit die Absenkung der Temperatur. Durch das Einführen von Wasser in den Luftstrom steigt auch die relative Feuchtigkeit der Luft an. Diese beiden Phänomene führen zu einem veränderten Betriebsverhalten des GuD-HKW. Die Gasturbine stellt damit sowohl mehr elektrische als auch mehr thermische Leistung bereit.

Der Fokus dieser Arbeit richtet sich auf die wirtschaftliche Bewertung der Leistungssteigerung, die nur mit einer Anpassung des Heizkraftprozesses erfolgen kann. Daher muss neben der elektrischen Leistungssteigerung auch die thermische Leistungssteigerung berechnet werden und dem Gesamtprozess angepasst werden.

Eine weitere Aufgabe dieser Arbeit ist es, die Planung und Auslegung der Aggregate zu erarbeiten, um einen Betrieb dieser Anlage gewährleisten zu können.

Dazu gehörte insbesondere die Planung der Befeuchtungsanlagen. Hierbei sind die Düsen und die damit verbundene Verdunstungstrecke von entscheidender Bedeutung. Da es sich bei der Installation um eine Nachrüstung handelte, mussten diese an die baulichen Gegebenheiten angepasst werden.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist, dass sich eine Installation einer Verdunstungsanlage zur elektrischen Leistungssteigerung auch für ein kleines HKW rentiert, da die elektrische Jahresleistung um ca. 1 MW gesteigert werden kann.

## Abschätzung des Energieeinsparpotentials von Heizungsanlagen, die durch Wetterprognosen gesteuert werden

**Stefan Langner B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	30. September 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluft- und Kältetechnik



Mittels des Gebäude- und Anlagensimulationsprogramms EnergyPlus soll in dieser Bachelorarbeit abgeschätzt werden, wie hoch das Energieeinsparpotenzial von Heizungsanlagen sein kann.

Dabei geht es um verschiedene Varianten, die zur Bestimmung der Vorlauf-temperatur angewendet werden und die teilweise Wetterprognosen berücksichtigen.

Die Auswirkungen auf den Energiebedarf werden anhand eines einfachen Referenzraumes, der über eine Fußbodenheizung beheizt wird, durch Simulationen ermittelt.

Gerade bei Heizungssystemen, die ein träges Aufheiz- und Abkühlverhalten durch hohe thermische Massen haben, bedarf es einer gewissen Zeit bis der Sollwert des Raumthermostats durch das Heizungssystem erreicht wird. Dies soll bei der Bestimmung der Vorlauf-temperatur berücksichtigt werden. Die Außentemperatur und die Sonneneinstrahlung sind Werte, die einen großen Einfluss auf den momentanen Energiebedarf des Raumes haben.

Bei den Simulationen wird ein Wetterdatensatz, in dem unter anderem diese beiden Werte dokumentiert sind, herangezogen. Unter Verwendung dieses Datensatzes wird untersucht, welche Energieeinsparung durch die Einbindung von realen Wetterprognosen in die Steuerung der Heizungsanlage erzielt werden können. Folgende Varianten werden simuliert:

1. Vorlauf-temperaturbestimmung in direkter Abhängigkeit von der Außentemperatur.
2. Vorlauf-temperaturvorgabe unter Verwendung von Außentemperaturvorhersagen mit unterschiedlichen Prognoseweiten.
3. Vorlauf-temperaturbestimmung unter Berücksichtigung der aktuellen Außentemperatur und der gegenwärtigen solaren Wärmegewinne im Raum.
4. Vorlauf-temperaturvorgabe unter Verwendung von Außentemperaturvorhersagen und mit Berücksichtigung der zeitgleich vorhandenen solaren Wärmegewinne im Raum mit unterschiedlichen Prognoseweiten.

Bevor die Simulationen mit EnergyPlus durchgeführt werden können, ist es nötig entsprechende Eingaben bezüglich des Gebäudes und der Heizungsanlage vorzunehmen. Die durchzuführenden Schritte bis zur endgültigen Simulationsdatei werden in dieser Arbeit beschrieben.

## Vergleich von drei Berechnungsprogrammen für die Trinkwasserinstallation am Beispiel von drei Bettenhäusern eines Klinikums

**Dipl.-Ing. Alexander Liebig**

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

Datum des Kolloquiums: 20. Dezember 2010

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Sanitäre Haustechnik



In der Sanitärtechnik ist ein leicht zu bedienendes Softwareprogramm zur Berechnung von Trinkwasserinstallationen heutzutage unverzichtbar, da der Zeitdruck und die Kosten für die Planung sehr hoch sind und der Berechnungsaufwand bis hin zur Simulation ohne EDV nahezu unmöglich ist. Für die Sanitärplanung ist es unabdingbar ein Softwareberechnungsprogramm zu haben, das schnell, präzise und einfach zu bedienen ist, aber dabei belastbare Ergebnisse liefert. Auf dem Markt werden sehr viele Programme für die Berechnung einer Trinkwasserinstallation angeboten. Einige Berechnungsprogramme stehen kostenlos im Internet zur Verfügung, wiederum andere sind in den Anschaffungskosten sehr hoch.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden drei Berechnungsprogramme von namhaften Herstellern für die Trinkwasserinstallation anhand eines Projektbeispiels (Klinikum mit drei Bettenhäusern) verglichen.

Alle Berechnungsprogramme sollten die Berechnung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik, die zurzeit noch durch die DIN 1988 wiedergegeben werden, ausführen. Die DIN 1988 gibt hierbei die Berechnungsschritte und die Berechnungsparameter, die für eine Berechnung eines Trinkwassernetzes erforderlich sind, vor. Der Vergleich zeigt, dass nicht alle Berechnungsprogramme die Berechnung nach der DIN 1988 wiedergeben. Obwohl die Berechnungsgleichungen, die in der DIN 1988 hinterlegt sind, angewendet werden, zeigt es sich, dass die Berechnungsprogramme z. B. die maximalen Fließgeschwindigkeiten in den Rohrleitungen, die in Abhängigkeit der Zeta-Werte durch die DIN vorgegeben sind, nicht berücksichtigen.

Um den trinkwasserhygienischen Aspekten der Zirkulationsleitungen und der Warmwasserleitungen gerecht zu werden, muss ein Berechnungsprogramm aus der Trinkwasserinstallation die Berechnung der Zirkulationssysteme anhand der DVGW Arbeitsblätter W551 und W553 durchführen können. Bei einem komplexen und anspruchsvollen Objekt müssen in dem Berechnungsprogramm diverse Regulierventile für verschiedene Zirkulationssysteme hinterlegt sein. Bei dem Vergleich hat sich gezeigt, dass die Berechnungsprogramme abhängig sind von den Komponenten voreingestellter Herstellerfirmen. So war es nicht möglich, für das Projektbeispiel ein gemeinsames Zirkulationssystem für alle drei Berechnungsprogramme zu finden, das den Anforderungen der DVGW-Arbeitsblätter W551 und W553 entspricht.

Für das Projektbeispiel (Klinikum mit drei Bettenhäusern) ist aus trinkwasserhygienischen Gründen das Zirkulationssystem „Untere Verteilung mit Stockwerkszirkulation“ am besten geeignet. Bei dem System wird die Zirkulationsleitung bis zur letzten Entnahmemarmatur im Stockwerk mitgeführt und an die Warmwasserleitung angeschlossen. Es erfüllt alle Anforderung der DVGW-Arbeitsblätter W551 und W553 und besitzt zusätzlich ein hohes Maß an Komfort. Es steht an der Entnahmemarmatur direkt hochtemperiertes Wasser zur Verfügung.

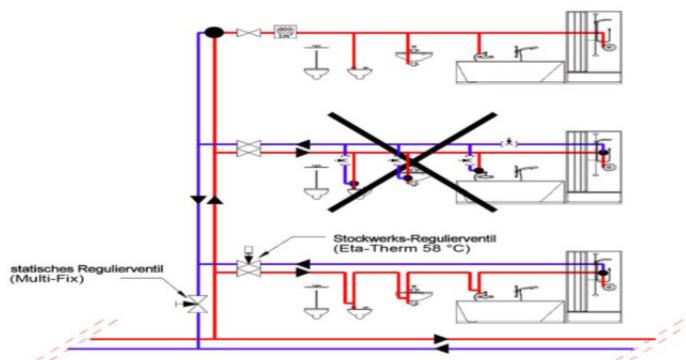


Abbildung 6: Darstellung Stockwerkszirkulation mit Einregulierung durch ein Eta Therm Regulierventil

Dieses System konnte nur von zwei Berechnungsprogrammen realisiert werden, wobei bei einem Berechnungsprogramm die Ergebnisse nicht überprüfbar sind. Das Berechnungsprogramm besitzt kein Simulationsprogramm, um die Praxistauglichkeit des Zirkulationssystems nachzuweisen. Ein Simulationsprogramm überprüft die Einhaltung der Temperatur, die nach dem DVGW-Arbeitsblatt W551 mindestens 55 °C betragen muss, im Zirkulationssystem.

In dem dritten Berechnungsprogramm wurde das Zirkulationssystem „Untere Verteilung mit mittiger Einspeisung“ gewählt, um einen einwandfreien Betrieb des Zirkulationssystems nach den DVGW-Arbeitsblättern W551 und W553 zu gewährleisten. In dem Berechnungsprogramm ist es nicht möglich, ein Gebäude mit zwei Trinkwassererwärmern mit Zirkulationsanschluss zu realisieren. Dadurch wird es schwierig, mit dem Softwareprogramm aufwendige Zirkulationssysteme zu berechnen.

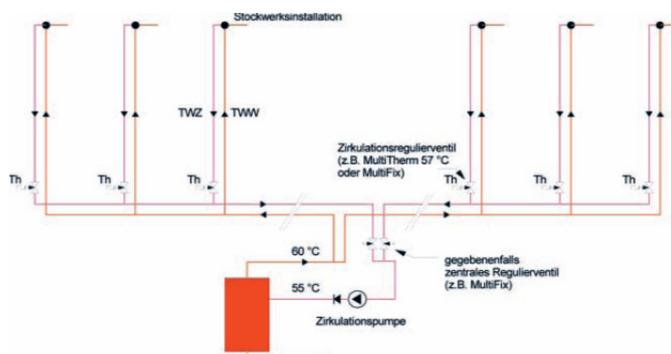


Abbildung 7: prinzipieller Aufbau eines Zirkulationssystems mit mittiger Einspeisung LiNear Software

## Bedarfsgerechte Untersuchung eines Hallenbadsanierungskonzeptes mit Ziel der energetischen und wirtschaftlichen Optimierung der Anlagentechnik

**Dipl.-Ing. Fabian Link**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Rüdiger Kabelitz

Datum des Kolloquiums:

03. November 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie Gebäude Umwelt  
Technische Gebäudeausrüstung  
Raumluftechnik

In Kooperation mit:

Architektur und TGA Planungsbüro Grobe, Hannover



Untersuchungsgegenstand dieser Diplomarbeit ist ein Sanierungskonzept eines öffentlichen Hallenbades.

Das in den 70er Jahren erbaute, eingeschossige Gebäude ist ein kleines Hallenbad mit einer Wasserfläche von 133 m<sup>2</sup>. Die derzeitige Wärmebereitstellung der Badeeinrichtung erfolgt ausschließlich über elektrischen Strom. Das aus den 70er Jahren stammende Konzept folgt dem Prinzip der Nachtspeicherheizung mit der Zielsetzung einen Teil der Heizlasten in die Nachtstunden zu verlegen, da zur Zeiten der Erbauung die Strompreise in der Nacht nur etwa 1/3 des durchschnittlichen Strompreises betragen. Dieser günstige Strom wurde von den Energieversorgern angeboten, um die Auslastung der Kraftwerke während der Nachtstunden zu erhöhen. Seit Erbauung des Hallenbades unterlag der Strom einer stetigen Preissteigerung.

Ziel der Arbeit war es, die im Konzept entwickelten Sanierungsmaßnahmen auf ihren ökologischen und wirtschaftlichen Nutzen zu untersuchen und eine energetisch optimierte Versorgungsvariante darzustellen.

Da die vorliegenden Verbrauchsdaten der Badeeinrichtung keine Rückschlüsse auf die Energieverbräuche der einzelnen Anlagenkomponenten zuließen, wurden die Verbrauchsdaten mittels einer bedarfsgerechten Betrachtung rechnerisch ermittelt. Die Berechnungen erfolgen auf der Grundlage stündlicher Wetterdaten nach normativen, nutzungsspezifischen und bedarfsorientierten Grundlagen.

Anhand eines wirtschaftlichen Vergleichs wurden die unterschiedlichen Versorgungsvarianten mithilfe der Kapitalwertmethode über mehrere Jahre verglichen. Bei der vergleichenden Betrachtung ihrer ökologischen Eigenschaften wurden diese über ihren jeweils benötigten Primärenergiebedarf dargestellt.

Gegenüber dem Bestand zeigten sich alle Versorgungsvarianten als wirtschaftlich vorteilhaft. Bei dem Vergleich der Varianten untereinander zeigten sich die beiden Nahwärme-Varianten (geplantes Biogas-BHKW) als am wirtschaftlichsten sowie ökologischsten Lösungen

Sollte der Bau des Groß-Biogas BHKWs umgesetzt werden, steht dem Hallenbad eine äußerst ökologische und preiswerte Energiequelle zu Verfügung.

Dipl.-Ing. Markus Löbbing M.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Franz Kluck

Datum des Kolloquiums: 31. März 2011

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

In Kooperation mit: Infracor GmbH, Marl



Aufgabenstellung dieser Masterarbeit war die wirtschaftliche Betrachtung zweier Varianten zur Sanierung und Optimierung der raumluftechnischen Anlagen einer Ausbildungseinrichtung im Chemiepark Marl und eine daraus resultierende Umsetzungsempfehlung.

Im ersten Schritt wurden die aktuell gültigen rechtlichen Anforderungen geprüft. Anschließend wurde die Heizlast des gesamten Gebäudekomplexes ermittelt und auf Plausibilität mittels Jahresdauerliniendiagramm, den realen gemessenen stündlichen Jahresdampfmengenabnahmen zur Gebäudebeheizung (Beispiel siehe Abbildung 1) und den realen Verbrauchsdaten überprüft. Unter Berücksichtigung der nutzerspezifischen Anforderungen und den örtlichen Gegebenheiten wurde dann die Bestands-RLT-Anlage untersucht und bewertet.

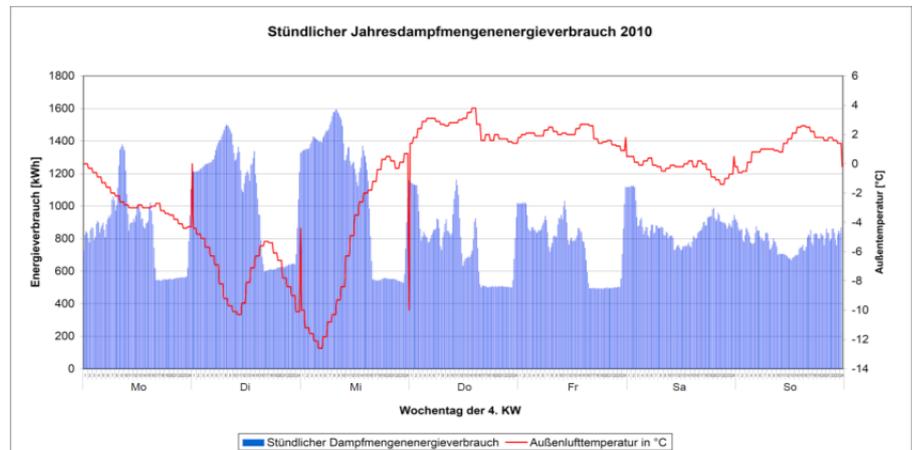


Abb. 1: stündlicher Dampfmengenenergieverbrauch – 4.KW 2010

Festgestellt wurde eine unausgeglichene Luftbilanz und hohe energetische Verluste verursacht durch die Abführung des gesamten Zuluftvolumenstroms unmittelbar über dauergeöffnete RWA-Einrichtungen und Axialventilatoren des Sheddachs der Ausbildungshalle ins Freie, wie in Abbildung 2 dargestellt. Als Empfehlung konnte hieraus das Ersetzen der vorhandenen RWA-Einrichtungen durch eine geschlossene RWA-Einrichtung abgeleitet werden, sowie die Demontage der Axialventilatoren und das Verschließen der verbleibenden Öffnungen im Zusammenhang mit der Umsetzung einer im Folgenden beschriebenen alternativen Variante.



Abb. 2: Gebäudeansicht Nord – Lage der RWA-Öffnungen u. Axialventilatoren

Durch den Aufenthalt von Personen in der Werkstatthalle, sowie einer Schweisskabinenabsaugung mit Fortluftbetrieb ist dem Betrieb ein angepasster Mindestaußenluftvolumenstrom sicherzustellen. Deshalb ist eine RLT-Anlage mit entsprechender MSR-technischer Verschaltung zwingend erforderlich und entsprechend in beiden Varianten berücksichtigt worden.

Variante 1 beinhaltet die Beheizung über effiziente erdgasbetriebene Dunkelstrahler und eine dem Mindestaußenluftvolumenstrom angepasste Lüftungsanlage inklusive Wärmerückgewinnung mittels eines Plattenwärmetauschers und Luftverteilung über Weitwurfdüsen. Der Einsatz von Dunkelstrahlern zur Hallenbeheizung ermöglicht durch Strahlungswärme die Absenkung der Lufttemperatur, bei gleicher vom Menschen empfundener Raumtemperatur gegenüber einer reinen raumlufttechnischen Anlage, um ca. 2 bis 3 Kelvin und eine Heizlastreduzierung von rund 15 Prozent.

In der Variante 2 wird die vorhandene Lüftungsanlage durch eine neue angepasste Lüftungsanlage inklusive Wärmerückgewinnung mittels Rotationswärmetauscher und Luftverteilung über Weitwurfdüsen betrachtet. Dabei werden Synergien diverser geplanter Veränderungen in dem umliegenden Gebäudekomplex bezogen auf deren raumlufttechnischen Anlagen genutzt, in dem Bestandkanäle anderer Lüftungsanlagen mit in das neue Lüftungskonzept der Werkstatthalle eingebunden werden.

Mittels Kapitalwertmethode wurden die beiden Varianten auf ihre Wirtschaftlichkeit unter zwei Gesichtspunkten überprüft. Um eine faire wissenschaftliche Vergleichbarkeit der beiden Belüftungs- und Beheizungsanlagen herzustellen und deren Vorteile hervorzuheben, wurden zum Einen unter der Annahme einer Installation der jeweiligen Variante in einem Neubau die Kosten objektspezifisch bereinigt und zum Anderen die realen, tatsächlich anfallenden objektspezifischen Kosten betrachtet.

Bei der objektspezifisch bereinigten Betrachtung wurde festgestellt, dass der Kapitalwertvorteil von Variante 1 gegenüber Variante 2 rund 43 Prozent beträgt. Die objektspezifische Betrachtung ergab, dass hier die Variante 2 einen Kapitalwertvorteil von rund acht Prozent gegenüber der Variante 1 hat.

Als Umsetzungsempfehlung konnte aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die Variante 2 abgeleitet werden.

**Ines Caroline Lorch B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 17. September 2010

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Energie – und Umwelttechnik  
 Laborbereich: Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit: atea Environmental Technology Pte. Ltd, Singapur



Der Anteil multinationaler Unternehmen in der Welt hat sich in den letzten 20 Jahren drastisch erhöht. Durch viele grenzüberschreitende Transaktionen zwischen Tochtergesellschaften großer Konzerne wird die Besteuerung immer komplizierter. Es ist wichtig alle Aufwendungen und Erträge zwischen den Ländern richtig zu verrechnen, um eine faire Besteuerung zu gewährleisten. Wenn eines der Länder eine andere Auffassung über eine ordnungsgemäße Verteilung der Aufwendungen und Erträge hat, kann es höhere Steuern fordern, als auf Grundlage der ausgewiesenen Gewinne in der Bilanz gerechtfertigt wären. Dies kann zu einer Doppelbesteuerung der Unternehmen führen.

Um eine Doppelbesteuerung zu vermeiden und eine ordnungsgemäße Besteuerung sicherzustellen, sowie um Konflikte zwischen den unterschiedlichen Finanzverwaltungen zu vermeiden und den internationalen Handel zu fördern, hat die Organisation of Economic Co-operation and Development (OECD) eine Transferpreisrichtlinie für multinationale Unternehmen und Finanzverwaltungen veröffentlicht. In dieser Richtlinie werden Unternehmen dazu angehalten bei unternehmensinternen Transaktionen dieselben Preise zu verwenden, die auch bei unternehmensexternen Transaktionen zur Anwendung kommen würden. Dieses Verfahren wird als Fremdvergleichsgrundsatz (arm's length principle) bezeichnet und ist der internationale Konsens für Transferpreise.

Um nachzuweisen, dass der Fremdvergleichsgrundsatz bei der Preisbildung beachtet wurde, sind Unternehmen auf Anfrage der Steuerbehörde dazu verpflichtet, eine Transferpreisdokumentation einzureichen. Die Dokumentationsvorschriften vieler Länder überschneiden sich, somit ist eine konzernübergreifende Dokumentation, ein so genannter Master-File, sinnvoll. Diese Dokumentation kann laufend um länderspezifische Details ergänzt werden und auf Anfrage der regionalen Steuerbehörde eingereicht werden.

Um auf die Anfrage der Steuerbehörde vorbereitet zu sein und einer Doppelbesteuerung sowie möglichen Strafzahlungen vorzubeugen, wurde im Rahmen der vorliegenden Bachelorarbeit der Master-File für atea Environmental Technology Pte. Ltd erstellt. Es enthält folgende Informationen:

- Hintergrundinformationen zum Unternehmen
- Informationen zu Markt und Strategie

- Eine Funktionalanalyse: Funktionen, Risiken, Kapital
- Transaktionsfakten zwischen atea Singapur und verbundenen Unternehmen
- Bilanzen
- Ermittlung des Transferpreises durch eine wirtschaftliche Analyse

Die Funktionalanalyse dient als Grundlage für die Ermittlung von Transferpreisen. Eine Kurzform der Funktionalanalyse für Kreditverträge kann wie folgt aussehen:

Tabelle 1: Kreditverträge

<b>Functions</b>	<b>Lender</b>	<b>Borrower</b>
Nature and purpose	△	△
Balance sheet analysis over the past years	△	△
Analysis of assumed profits and lost	△	△
Analysis of the credit standing of the borrower	△	△
Analysis of loan security / guarantees	△	△
Creation of a credit agreement	△	△
Money transfer	○	X
Monitoring of interest and installment	△	△
<b>Risks</b>	<b>Lender</b>	<b>Borrower</b>
Foreign exchange rate	○	○
Interest rate variability	○	○
Credit	X	○
Market	X	X
<b>Assets</b>	<b>Lender</b>	<b>Borrower</b>
Routine tangible assets	○	○
Non-routine tangible assets	X	X
Intangible assets	X	X

“○“ wesentliche Übernahme von Funktionen, Risiko und Kapital

“△“ teilweise Übernahme von Funktionen, Risiko und Kapital

“X“ keine Übernahme von Funktionen, Risiko und Kapital.

In der Funktionalanalyse wird dargestellt, in welchem Ausmaß die an der Transaktion beteiligten Tochtergesellschaften, die Funktionen durchführen, das Risiko übernehmen und das Kapital nutzen.

Nach der Analyse unabhängiger Unternehmen kommt man zu einem Transferpreis, der nach Fremdvergleichsgrundsatz gerechtfertigt ist und als Preis für unternehmensinterne Transaktionen verwendet werden kann.

Da die Ermittlung von Transferpreisen zum Teil subjektiv ist, stellt auch der Master-File keine absolute Garantie gegen Doppelbesteuerung dar. Es ist aber die beste Alternative um der Steuerbehörde bei Anfrage der Transferpreisdokumentation zu begegnen und auf jeden Fall eine fundierte Verhandlungsbasis.

## Erarbeitung einer Prioritätenliste für die Umsetzung des § 61a LWG NRW am Beispiel der Stadt Greven

**Dipl.-Ing. Thomas Ludwig**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	25. März 2011
Studiengang:	Versorgungs- und Entsorgungstechnik
Studienrichtung:	Kommunal- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Sanitärtechnik und Siedlungswasserwirtschaft
In Kooperation mit:	Bau- und Entsorgungsbetrieb Greven



Der § 61a Landeswassergesetz (LWG) NRW schreibt eine Dichtheitsprüfung für alle private Abwasserleitungen bis zum 31.12.2015 vor. Sie ist alle 20 Jahre zu wiederholen.

In Wasserschutzgebieten wird demgegenüber eine Prüffristenverkürzung gefordert. Eine Prüffristenverlängerung bis maximal zum 31.12.2023 setzt die Verabschiedung einer besonderen Satzung zur Durchführung der Dichtheitsprüfung voraus. In dieser Satzung müssen alle Prüfgebiete und Prüfungszeiträume klar ausgewiesen werden.

Zur Umsetzung dieser Maßnahme ist die Gemeinde verpflichtet, ihre Bürger über dieses Thema zu informieren und zu beraten. Im Falle einer undichten Abwasserleitung ist der Bürger verpflichtet, die Dichtheit auf eigene Kosten wiederherstellen.

Die Aufgabe dieser Diplomarbeit bestand nun darin, im Rahmen der Umsetzung des § 61a LWG NRW eine Prioritätenliste für die verschiedenen Siedlungsgebiete der Stadt Greven zu erarbeiten. Dabei soll diese Prioritätenliste einen ersten Überblick über die Dringlichkeit einer Dichtheitsprüfung in den verschiedenen Stadtteilen Grevens liefern.

Zur Erstellung der Prioritätenliste wurden folgende wasserwirtschaftlich relevante Bewertungskriterien festgelegt:

- Wasserschutzgebiete
- Grundwasserhöhen
- Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert)
- Fremdwasserschwerpunkte
- Flächennutzungsplan
- Alter der Bebauung
- Abwasserbeseitigungskonzept (ABK)

Es mussten in einem ersten Schritt alle Daten, die für diese Bewertungskriterien relevant waren, für das Stadtgebiet von Greven beschafft, gesichtet und mit weiteren Bewertungsmerkmalen versehen werden.

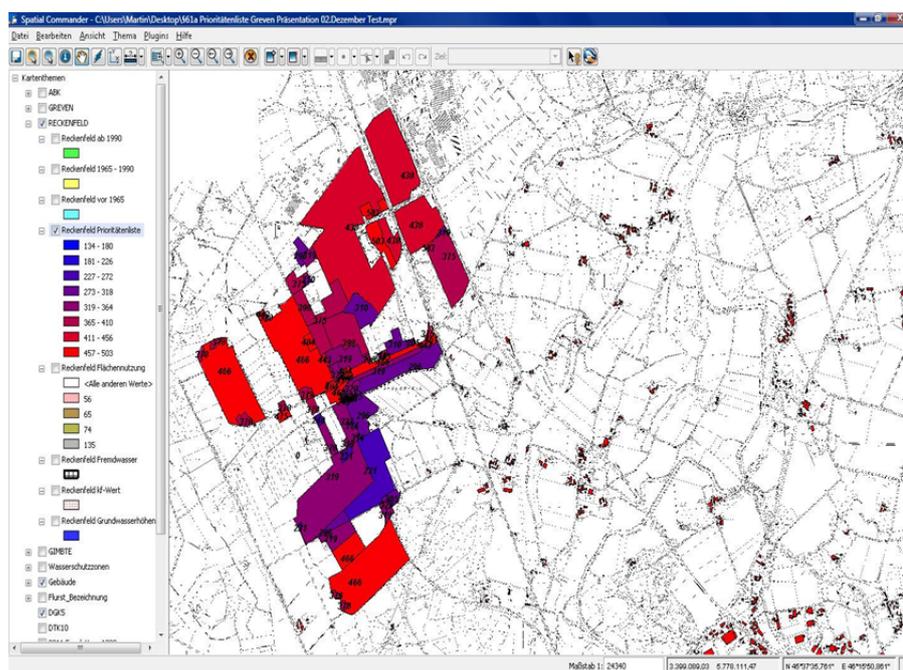
Für die Aufbereitung der Daten kam ein Geographisches Informationssystem (GIS) namens „Spatial Commander“ zum Einsatz, das sich für die Bearbeitung von lagebezogenen Daten, z. B. Wasserschutzgebieten usw. hervorragend anbietet. Damit konnten alle Daten visualisiert werden, um sie anschließend wie eine Schablone über das Stadtgebiet zu legen.

Für jedes Bewertungskriterium wurden die Daten als Flächen eingezeichnet und eine zugehörige Informationsebene im GIS angelegt. In dieser Ebene wurden dann auch die Bewertungsmerkmale und deren Punktbewertung abgelegt. Anschließend wurden diese Bildebenen dann alle miteinander verschritten. Dadurch entstand eine neue Bildebene mit vielen Teilflächen – die Prioritätenliste –, in der alle Informationen gebündelt vorlagen.

Alle Teilflächen in dieser Prioritätenliste weisen nun eine Gesamtpunktesumme auf, welche auf der Basis der Punktbewertung der einzelnen Bewertungsmerkmale errechnet wurde. Diese Punktesumme gibt die Priorität bzgl. der Notwendigkeit der Dichtheitsprüfung wieder.

Die grafische Darstellung folgt dem Ampelprinzip, d. h. abhängig von der Höhe der Gesamtpunktesumme wurden den Teilflächen Farben von Rot (hohe Priorität) nach Blau (niedrige Priorität) zugeordnet (Bild 1).

In einem letzten Schritt müssen jetzt noch auf Basis der Prioritätenliste Prüfgebiete mit Prüfzeiträumen konkretisiert werden. Innerhalb dieses Zeitraumes soll dann die Dichtheitsprüfung flächendeckend durchgeführt werden.



**Bild 8: Prioritätenliste für den Stadtteil Reckenfeld in Greven**

Dipl.-Ing. Jens Lübbers M.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann  
Dr.-Ing. Carsten Bäcker

Datum des Kolloquiums:

25. März 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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



In den verschiedensten Aufgabengebieten hat sich die Durchführung einer Simulationsrechnung als sinnvoll erwiesen und wird immer häufiger angewandt. Hier seien zum Beispiel genannt, die Anlagen- und Gebäudesimulation, Simulation von Raumluftrömungen, Simulation von Druckströmungen in der Gebäudeentwässerung bei der Unterdruckentwässerung oder auch die Strömungssimulation von Zirkulationssystemen in der Trinkwasserinstallation.

Weitgehend unbeachtet bleibt bislang die Simulation von Heizungsrohrnetzen. Die Vollastzustände, also die Berechnung unter Auslegungsbedingungen, hat man selbstverständlich im Griff. Als Erstes setzt die Berechnung eines Warmwasser-Heizungsrohrnetzes eine exakte Berechnung der Heizlast voraus.

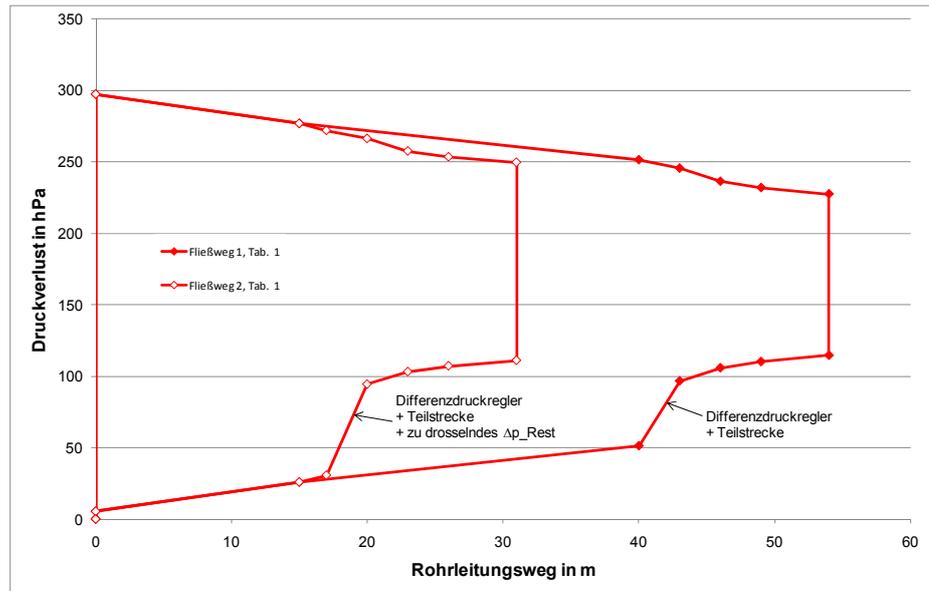
Was passiert aber mit der für den Vollastfall ausgelegten Anlage im Teillastfall. Wie verhalten sich die verschiedenen Regeleinrichtungen im Teillastfall. Welche Auswirkungen auf den Massenstrom, die Druckverhältnisse bzw. die Druckverluste, Fließgeräusche in Regelarmaturen oder auf die Temperaturen ergeben sich?

Wird vielleicht unnütz Energie in Form von Pumpenstrom aufgewendet, welche an irgendeiner Stelle ohne Nutzen durch Drosselorgane wieder vernichtet werden muss.

Unter anderem mit diesen Fragestellungen befasst sich das Thema dieser Arbeit, mit dem Ziel, grundlegende Ideen und Algorithmen für die Simulation von Warmwasser-Pumpenheizungen zu entwickeln. Die Arbeit soll auch als Leitfaden für Programmierer von technischer Berechnungssoftware dienen, und Hinweise auf kritische Betriebszustände aufzeigen.

Hierzu wurden gezielt die wesentlichen Komponenten und Anlagenteile einer Warmwasser-Pumpenheizung untersucht und aufgezeigt, welchen Einfluss die veränderlichen Lasten auf diese haben. Iterativ, mithilfe der Software Excel, wurden verschiedenste Zusammenhänge in die Rohrnetzrechnung integriert.

$$\dot{Q}_{\text{Teillast}} = \dot{Q}_{\text{Auslegung}} \cdot \left[ \frac{\frac{\vartheta_{V,\text{Teillast}} - \vartheta_{R,\text{Teillast}}}{\ln\left(\frac{\vartheta_{V,\text{Teillast}} - \vartheta_{\text{Raum}}}{\vartheta_{R,\text{Teillast}} - \vartheta_{\text{Raum}}}\right)}}{\frac{\vartheta_{V,\text{Auslegung}} - \vartheta_{R,\text{Auslegung}}}{\ln\left(\frac{\vartheta_{V,\text{Auslegung}} - \vartheta_{\text{Raum}}}{\vartheta_{R,\text{Auslegung}} - \vartheta_{\text{Raum}}}\right)}} \right]^n$$



Die Betrachtung von Teillastzuständen von Warmwasser-Pumpenheizungen hat gezeigt, dass unter Umständen die alleinige Auslegung für den Vollastfall nicht ausreichend ist.

Aus der Berechnung für den Vollastfall, also den Auslegungsfall, gewinnt man keine Erkenntnisse über mögliche Probleme in verschiedensten Teillastzuständen. Dabei darf man nicht vergessen, dass die Anlage größten Teils in Teillast betrieben wird. Dies wurde verdeutlicht durch die Darstellung des Jahresgangs der Temperaturen.

Die Auslegung der Warmwasser-Pumpenheizung einschließlich sämtlicher Komponenten muss für den Vollastfall unter der Berücksichtigung kritischer Betriebszustände in Teillastfällen ausgelegt werden. Als Jahressimulation und unter Berücksichtigung von Wetterdaten ist dies möglich.

Dipl.-Ing. Matthias Lüken

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting

Datum des Kolloquiums:

13. Oktober 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Technische Gebäudeausrüstung  
Haus- und Energietechnik

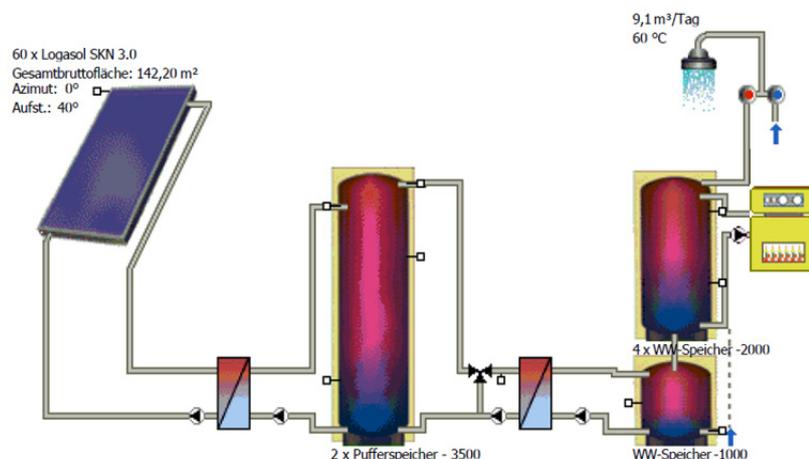


Ziel dieser Diplomarbeit war die Untersuchung in einem Krankenhaus, inwieweit sich eine Anlage zur solaren Trinkwassererwärmung im Hinblick auf einen wirtschaftlichen Betrieb gegenüber konventioneller Trinkwassererwärmung auswirkt. Es wurden zwei unterschiedliche Varianten untersucht, die sich in der Praxis bewährt haben.

Solaranlagen sind wie die meisten regenerativen Energiesysteme dadurch gekennzeichnet, dass die Energiewandlung nicht durch eine konstante zur Verfügung stehende Leistung geregelt werden kann, sondern die Energiequelle selbst einer veränderlichen periodischen und stochastischen Größe unterliegt. Im Falle von Solaranlagen ist sie also abhängig von der wechselnden Globalstrahlung der Sonne in Abhängigkeit von Tageszeit, Jahreszeit und anderen klimarelevanten Faktoren wie Bewölkung und Luftfeuchtigkeit.

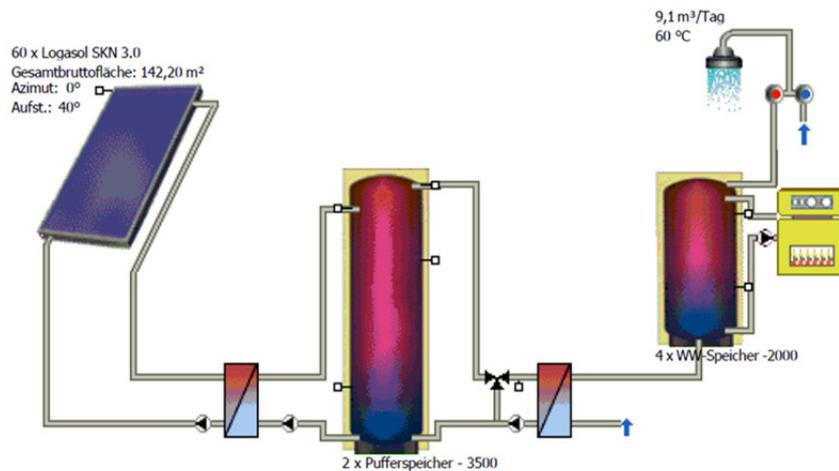
Diese dynamischen Vorgänge auf der Seite der Energiebereitstellung stehen den veränderlichen und dynamischen Vorgängen auf der Seite des Energiebedarfs gegenüber. Solarsysteme müssen so ausgelegt werden, dass sie diesen wechselnden Bedingungen genügen und im Hinblick auf Ertrag, Sicherheit und Zuverlässigkeit hohen Anforderungen genügen.

Für eine befriedigende Lösung der Komplexität dieser Anforderungen wurden die Varianten mithilfe des Simulationsprogramms T\*Sol simuliert. Zur Erstellung der Bedarfsprofile des Warmwasserverbrauchs wurde dieser per Ultraschall detailliert gemessen.



Variante A

Die Variante A sieht ein Solarsystem mit Zwischenspeicherung der solaren Wärme in einem Pufferspeicher vor. Die gespeicherte Wärme wird über einen Wärmeübertrager analog zu einem Ladesystem auf das Trinkwasser in einem Vorwärmespeicher übertragen.



#### Variante B

Die Variante B ist eine Solaranlage mit Anbindung an das Trinkwassernetz mit einem Wärmeübertrager, der primärseitig vom Heizwasser aus einem Pufferspeicher und sekundärseitig direkt nur vom gezapften und zu erwärmenden Trinkwasser durchströmt wird.

Die Untersuchung der beiden Varianten hat ergeben, dass es teilweise erhebliche Unterschiede gibt.

- Investitionskosten
- Auslegung Entlade-Wärmeübertrager
- Verbrauch von Hilfsenergie
- Wasserhygiene

Anhand der Ergebnisse war es jetzt möglich, eine Anlagenvariante zu empfehlen, die wirtschaftlich und anlagentechnisch optimal auf den Verbrauch für das zu untersuchende Objekt ausgelegt ist.

**Zhonghua Luo B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Stefan Bauer M.Sc.,

Datum des Kolloquiums: 02. August 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Raumluftechnik

In Kooperation mit: Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co KG



Bei der Entwicklung eines Schullüftungssystems wurden zunächst einige besondere Anforderungen berücksichtigt: die besondere Ruhe im Unterricht, der Außenluftbedarf und die notwendige energetische Effizienz der zu entwickelnden Geräte.

Um eine optimale Luftverteilung zu realisieren, wird die Zuluft durch die in dieser Bachelorarbeit entwickelten Geräte, quellluftartig in die Klassenräume eingebracht.

Da ein großer Bedarf für diese Geräte im Sanierungsfall zu erwarten ist, wurde in dieser Arbeit ein dezentrales System, bestehend aus Zu-, Abluftventilator, rekuperativem Wärmerückgewinnungssystem und entsprechenden Luftfiltern und einem Quellluftdurchlass vorgeschlagen.

Auf dieser Basis wurde in der Bachelorarbeit zusätzlich eine mögliche Betriebsweise der Geräte entwickelt, um die zeitliche CO<sub>2</sub>-Konzentrationsentwicklung im Klassenraum positiv beeinflussen zu können.

Um die Hauptkomponenten zu dimensionieren (Ventilatoren und WRG), wurde der Außenluftbedarf und Wärmebedarf im Unterrichtsfall und in der Pause berechnet. Diese so ermittelten Außenluftvolumenströme begrenzen den CO<sub>2</sub>-Konzentrationsverlauf in Schulklassen auf ein Maß, der eine befriedigende, bis gute Luftqualität in den Unterrichtsräumen garantiert.

Mit der Berechnung der benötigten Heizwärme wurde ebenfalls der benötigte Wärmerückgewinnungsgrad definiert, der eine Zusatzheizung im Unterrichtsfall (EnEV-Standard vorausgesetzt) erübrigt.

Abschließend wurde ein Gerätekonzept entworfen, in dem die in dieser Arbeit ausgewählten Hauptbestandteile berücksichtigt wurden.

## Untersuchung von kapazitätserhöhenden Maßnahmen bei der Biogas-Einspeisung in das Erdgasnetz

**Christopher Malach B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus

Datum des Kolloquiums: 17. November 2010

Studiengang: Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energie- und Umwelttechnik  
Laborbereich: Gasversorgungswirtschaft

In Kooperation mit: RWE WVE Verteilnetz GmbH, Recklinghausen



Die kapazitätserhöhenden Maßnahmen bei der Biogas-Einspeisung in das Erdgasnetz wurden im Auftrag der RWE WVE Verteilnetz GmbH untersucht. Ziel dieser Bachelorarbeit war es, das optimale Anschlusszenario für den Netzbetreiber unter wirtschaftlicher und technischer Prämisse herauszuarbeiten.

Im Gegensatz zum konventionellen, diskontinuierlichen Erdgasbezug kann Biogas aufgrund von technischen Gegebenheiten ausschließlich kontinuierlich bezogen werden. Die Bundesregierung gibt klar definierte Zielvorgaben für die Biogas-Einspeisung in das Erdgasnetz vor, um die dezentrale Biogasnutzung zu fördern. Im Zuge der Novellierung der Gasnetzzugangsverordnung in der Fassung von 2010 sollen darüber hinaus weitere Anreize für den Anschlussnehmer geschaffen werden Biogas einzuspeisen.

Die Netzbetreiber sind verpflichtet, eine ganzjährige und kontinuierliche Biogasabnahme zu gewährleisten. Insbesondere im Sommer kann es dazu kommen, dass der Biogasbezug die Gasabnahme im Netz temporär übersteigt, sodass die Kapazität im Netz überschritten wird und eine kapazitätserhöhende Maßnahme infolgedessen notwendig ist. Dabei stellen Kapazitätsengpässe im Netz keinen Netzanschlussverweigerungsgrund für den Netzbetreiber dar.

Aufgrund dieser Gegebenheiten wurde zunächst der Netzanschluss in verschiedenen Szenarien hinsichtlich unterschiedlicher Volumenströme, Brennwertanpassungen und Druckdifferenzen wirtschaftlich und technisch untersucht. Weiterhin wurden die kapazitätserhöhenden Maßnahmen der Gas-Rückverdichtung in ein vorgelagertes Transportnetz höherer Druckstufe sowie die Verbindung zweier Netze dargestellt und essentielle Investitions- und Kostentreiber identifiziert. Darüber hinaus wurde die alternative Möglichkeit einer BHKW-Anlagenprojektierung untersucht, die die Kapazität des Gasnetzes indirekt durch einen zusätzlichen Gasabnehmer erhöht. Eine wirtschaftliche Bewertung der BHKW-Anlagen erfolgte durch das wirtschaftsmathematische Investitionsrechnungsmodell der Discounted-Cash-Flow Methode.

Die hierdurch gewonnenen Erkenntnisse können vom Netzbetreiber bei zukünftigen Entscheidungen zur Optimierung des Netzanschlusses bzw. der kapazitätssteigernden Maßnahmen eingesetzt werden.

**Annemarie Mandt B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 17. Dezember 2010

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

In Kooperation mit: GOLDBECK, Bielefeld



Ziel dieser Bachelorarbeit war es, den Energieverbrauch verschiedener Gebäude zu ermitteln und mit den Werten aus den Energiebedarfsberechnungen zu vergleichen. Es galt zu klären, ob sich eventuelle Abweichungen zwischen theoretischem Energiebedarf und realen Energieverbräuchen charakterisieren lassen. Zusätzlich dazu sollte ein Monitoring Konzept vorgestellt werden.

Es wurden vier 3-Feld-Sporthallen (in Münster Hilstrup/Albachten und in Halstenbek) und zwei Bürogebäude (in Büdingen und Limburg) einbezogen.

Die Energieverbräuche für die Sporthallen in Münster wurden für drei Bemessungszeiträume von je zwölf Monaten erfasst. Die Verbräuche der restlichen Gebäude konnten nur über einen Bemessungszeitraum erfasst und ausgewertet werden, da sie noch nicht länger in Betrieb sind.

Die ermittelten Energieverbräuche wurden mit der Heizlastberechnung nach DIN EN 12831, der Kühllastberechnung nach VDI 2078, der Energiebedarfsberechnung nach EnEV in Verbindung mit der DIN V 18599 und den berechneten Bedarfswerten einer Gebäudesimulation verglichen.

Die Heizlastberechnungen wurden mit der mh-Software erstellt.

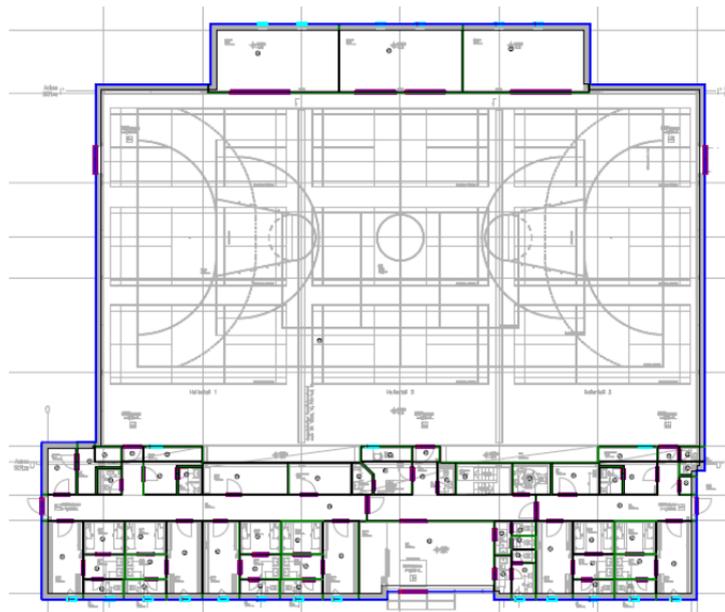


Abbildung 9: Sporthallen Münster - Ausschnitt aus der mh-Software, Raum Geo

Das Programm erleichtert die Berechnung durch die geometrische Darstellung des Gebäudes und die Einteilung in die einzelnen Raumtypen. Dadurch werden die Raumkonditionen festgelegt.

Die Ergebnisse der Heizlastberechnungen wurden mit den Verbrauchswerten - über Vollbenutzungsstunden - verglichen. Im Jahresdurchschnitt wird bei den Sporthallen eine Vollausslastung des Kessels nach Normheizlast von ~40 % erreicht.

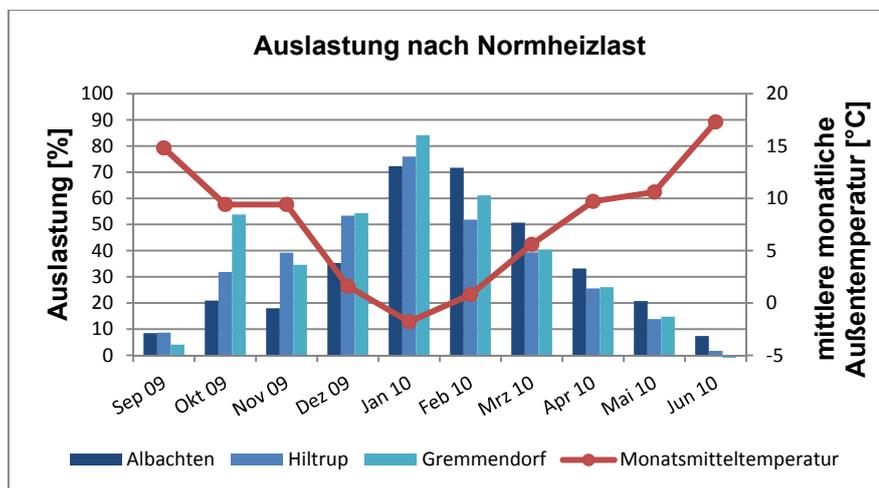


Abbildung 10: Sporthallen Münster – Auslastung eines Kessels nach Normheizlast

Bei den Bürogebäuden wird im Jahresdurchschnitt eine Vollausslastung nach Normheizlast für das Gebäude in Büdingen und Limburg von ~30 % erreicht.

Die Bilanzierungen nach DIN V 18599 der Sporthallen Münster wurden während der Bearbeitungszeit dieser Arbeit mit der IBP 18599 High End V3 Software erstellt. Die Ergebnisse nach EnEV in Verbindung mit der DIN V 18599 geben einen Einblick über den errechneten Nutz-, End- und Primärenergiebedarf. Die Angabe des Transmissionswärmeverlustkoeffizienten gibt zusätzliche Auskunft über den energetischen Zustand der Gebäudehülle.

Beim Vergleich der Ergebnisse von den Bedarfsberechnungen nach EnEV 2007 mit denen der Energieverbrauchserfassung ergeben sich vor allem bei der Heizenergie erhebliche Unterschiede. Der Unterschied zwischen Strombedarf und –Verbrauch ist sehr gering und lässt keine eindeutige Tendenz erkennen. Die Differenz von Endenergiebedarf und Endenergieverbrauch bei den Sporthallen beträgt 68 - 106 %. Das macht je nach Halle 83 – 135 kWh/ (m<sup>2</sup> a) geringeren Verbrauch, als berechneter Endenergiebedarf nach EnEV 2007. Für die Bürogebäude ergeben sich Differenzen von 15 % für das Amt für Bodenmanagement in Büdingen und 67 % für das Amt für Bodenmanagement in Limburg.

In dieser Arbeit wird zusätzlich ein Monitoringkonzept vorgestellt. Ein Monitoring der Gebäudeperformance als Erfolgskontrolle im Betrieb erfolgt nur sehr selten, aber wie man aus den Werten der Verbrauchserfassung erkennen konnte, ist es sehr wichtig, um Fehlern auf die Schliche zu kommen. Führt man kein Monitoring durch, führt das schließlich dazu, dass innovative Gebäudekonzepte und -technologien in der Praxis häufig nur eingeschränkt wirken und ihr Komfort- und Energieeffizienzpotenzial nicht ausspielen können.

## Entwicklung eines Leitfadens für die Erdung und den Potenzialausgleich eines MS-Schaltheisgebäudes

**Henning Markmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Jürgen Becker
Datum des Kolloquiums:	12. Oktober 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	AREVA Energietechnik, Münster



Die Erdung und der Potentialausgleich eines Schaltheisgebäudes ist ein komplexes Thema. Hier treffen viele Vorschriften, Richtlinien und Erdungsphilosophien der EVU's und unterschiedliche Schaltanlagentypen und Einrichtungen innerhalb eines Schaltheisgebäudes aufeinander.

Um das Rad nicht immer wieder neu erfinden zu müssen, wird eine Ausführungsgrundlage in einem Leitfaden zusammengefasst bzw. standardisiert. Hiermit soll sichergestellt werden, dass bei der Planung und Ausführung alle wesentlichen technischen Faktoren auf einen Blick erkennbar sind und auch wirtschaftliche Aspekte herausgearbeitet werden. Der zu erstellende Leitfaden dient als Grundlage für die Projektierungsarbeiten eines kompletten Schaltheisgebäudes. Ein komplettes Schaltheisgebäude umfasst folgende Komponenten:

- Mittelspannungsschaltanlage mit Grundrahmen und Kabelgerüst,
- Schutz- und Leittechnik,
- NS-Schaltanlage,
- Eigenbedarfstransformator,
- Primär- und Sekundärverkabelung,
- Beleuchtung, Steckdosen und Heizungen
- Und die Außen- und Innenraumerdungsanlage.

Als Beispiel diente ein neues Schaltheis der Stadtwerke Greven am Flughafen Münster Osnabrück.



**Bild 1** Schaltheis am Flughafen Münster Osnabrück

Der Inhalt der Bachelorarbeit besteht aus den Gefahren des Stromes für den

Menschen, der Theorie der Erdung und des Potentialausgleiches, einem praktischen Beispiel mit Querschnittsberechnungen für die Schutzleiter und dem erstellten Leitfadens.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass das Thema Erdung sehr viel komplexer ist, als man annimmt. Bei der Auslegung einer Erdungsanlage sind viele Normen und Richtlinien zu berücksichtigen, wie etwa:

- DIN VDE 0100: Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1 kV,
- DIN VDE 0101: Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 kV,
- Technische Anschlussbedingungen des BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) und
- Diverse Richtlinien der verschiedenen Stadtwerke, RWE und E.on

Aus dem praktischen Beispiel ging hervor, dass viele metallische Komponenten im Schalthaus mit viel zu großem Leiterquerschnitt oder überflüssigerweise geerdet wurden. Diese teilweise langen und teuren Leitungen treiben die Projektkosten in die Höhe.



**Bild 2** Erdungen von Doppelboden und Tür

Damit der Projektteur einen einfachen Überblick über die zu erdenden Komponenten seines Projektes bekommt, wurde eine Übersichtstabelle mit allen zu erdenden Komponenten erstellt. In der Tabelle kann der Projektteur neben der Kontrolle ob er alle Erdungsleitungen mit richtigem Querschnitt ausgelegt hat, auch die benötigten Mindestquerschnitte für die Erdung der MS-/NS-Schaltanlagen berechnen.

Bei der Berechnung des erforderlichen Querschnittes wurde immer vom „Worst Case“ Fall, also dem schlechtesten anzunehmenden Fall ausgegangen. Dieser Fall tritt bei einem zweipoligen Erdschluss ein, bei dem die Erdung der Komponenten den gesamten Fehlerstrom führen muss. Ein besonders hoher Leiterquerschnitt ist deshalb bei der Erdung der Mittelspannungs- und Niederspannungsschaltanlage zu wählen. Auch der Transformator benötigt einen höheren Querschnitt bei der Erdung.

Mithilfe der erstellten Tabelle und des Leitfadens hat der Projektteur die Möglichkeit, die komplette Erdungsanlage eines Schalthauses schnell und gründlich zu planen.

**Jan Matthes M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr. Johannes Schwanitz  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler

Datum des Kolloquiums: 21. Dezember 2010

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

In Kooperation mit: Kampmann GmbH, Lingen



Die Problemstellung dieser Arbeit ergibt sich aus Veränderungen der Marktgegebenheiten in den vergangenen Jahren. Der Wandel von Verkäufermärkten zu Käufermärkten und eine stetige Marktsättigung stellen den Vertrieb vieler Unternehmen vor die Herausforderung, die angebotenen Produkte und Dienstleistungen weiterhin erfolgreich absetzen zu können.

Um diesen Herausforderungen gewachsen zu sein, ist ein effizienterer Einsatz von Vertriebsressourcen empfehlenswert. Dieses Ziel kann erreicht werden, indem der Vertrieb prozessorientiert gesteuert wird. Dazu werden verschiedene, auf Kennzahlensystemen basierende, Lösungsansätze beschrieben und bewertet.

Der Vertrieb bildet die Basis, welcher als Bestandteil der unternehmerischen Wertschöpfung für die Leistungsverwertung verantwortlich ist. Ein wichtiges Element ist der persönliche Verkauf durch Außendienstmitarbeiter, dessen Steuerung im Fokus der Betrachtungen liegt. Durch eine prozessorientierte Optimierung kann der Vertrieb gezielter gesteuert, und somit Effizienzreserven nutzbar gemacht werden. Unter Steuerung wird in diesem Zusammenhang die zielgerichtete Einflussnahme auf die Aktivitäten der Mitarbeiter und die Einleitung von Gegenmaßnahmen bei Zielabweichungen verstanden.

Die Beschreibung der Herausforderungen für Unternehmen hinsichtlich der Vertriebssteuerung erfolgt anhand einer Bestandsaufnahme. Aufgrund der starken Heterogenität von Unternehmen beschränken sich die detaillierten Ausführungen auf den Mittelstand. Die Analyse der kritischen Einflussfaktoren kommt zu dem Ergebnis, dass flache Hierarchien mit geringen Personalreserven in den Führungsebenen, die fehlende Prozessorientierung im Vertrieb, die fehlerhafte Nutzung der Steuerungsinstrumente und die Auswahl falscher Bewertungsmethoden bzw. Kennzahlen die wesentlichen Hauptursachen für Defizite in der Vertriebssteuerung sind.

Der Einsatz von prozessorientierten, kennzahlenbasierten Zielvereinbarungen bzw. -vorgaben und Anreizsystemen empfiehlt sich als mögliche Lösung der beschriebenen Probleme.

Mit Hilfe der Zielvereinbarungen können die Vertriebsaktivitäten differenziert bewertet und ihre Effizienz gesteigert werden. Daraus ergibt sich die Chance eines langfristig orientierten Erfolgs für Unternehmen. Dies geschieht unter der Berücksichtigung von unternehmens- oder branchenspezifischen Vertriebsprozessen. Für jeden Teilprozess werden kritische Erfolgsgrößen, soge-

nannte Key Performance Indicator (KPI), ermittelt. Die Zielgrößen orientieren sich an den KPI und bieten somit die Möglichkeit eines regelmäßigen Soll-Ist-Vergleichs, um Abweichungen zu bestimmen, mit deren Hilfe die Möglichkeiten zur Optimierung geschaffen werden.

Die Einführung ergänzender Anreizsysteme steigert im Normalfall die Motivation der Mitarbeiter, welche sich wiederum positiv auf deren Leistung auswirkt. Das wirtschaftliche Aufwand-Nutzen-Verhältnis bei Einführung dieser Maßnahmen gestaltet sich ebenfalls als vorteilhaft für die finanzielle Situation von mittelständischen Unternehmen.

Die Anwendung der o. g. Methoden sollte immer unter der Berücksichtigung der kritisch bewerteten Bestandteile/Merkmale erfolgen, um einen gegenteiligen Effekt, z. B. Demotivation, zu vermeiden. In diesem Zusammenhang sind nur bedingt beeinflussbare Aspekte, wie das Mitarbeiterverhalten oder die Unternehmenskultur, zu nennen.

Eine konsequente Umsetzung der prozessorientierten Vertriebssteuerung auf Basis eines Kennzahlensystems bietet die Möglichkeit erheblicher Verbesserungen in (mittelständischen) Unternehmen. Mittel-/langfristige Ziele und der Einsatz von Kennzahlen, sowie ein flexibles Vertriebssystem mit leistungsfähigen und motivierten Mitarbeitern schaffen die Grundlage einer erfolgreichen Leistungsverwertung. Nur wer die steigende Bedeutung des Vertriebs als Bindeglied zwischen Kunden und Unternehmen anerkennt und im Management entsprechend agiert, kann die wirtschaftlichen Chancen der kommenden Jahre erfolgreich für sich nutzen.

Waldemar Maurer B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Dipl.-Ing. Wolfgang Bartels, RWE

Datum des Kolloquiums:

29. September 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

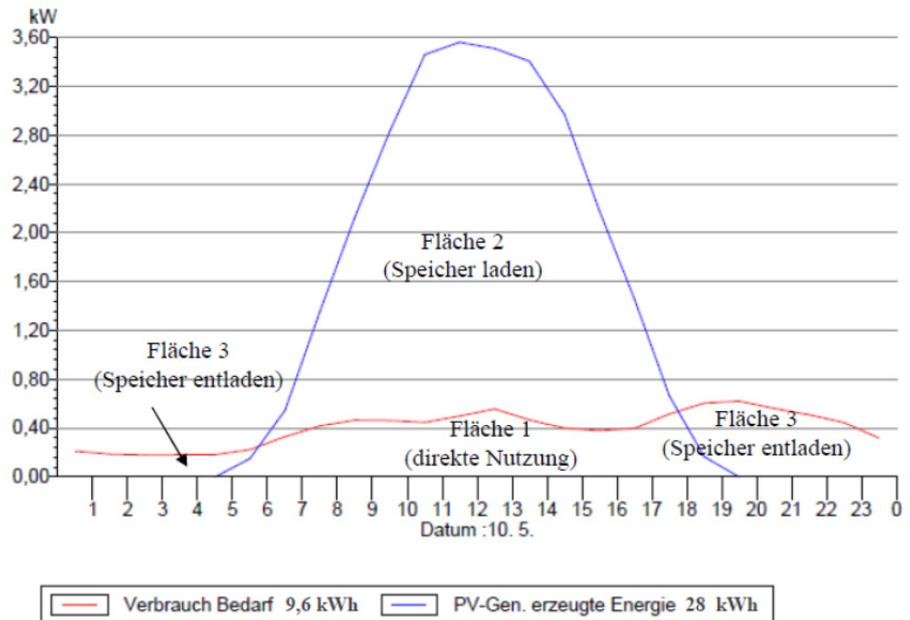
Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energie- und Umwelttechnik  
Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung

In Kooperation mit:

RWE Rheinland Westfalen Netz AG, Essen



Die Arbeit befasst sich mit der Frage nach geeigneten elektrischen Speichermöglichkeiten in der NS-Ebene und deren Wirtschaftlichkeit in Bezug auf die in der Novelle (2010) des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes formulierten Vergütungssätze für den Eigenverbrauch der erzeugten Energie. Um den Eigenverbrauchsanteil der elektrischen Energie aus Photovoltaikanlagen zu steigern, muss die überschüssige erzeugte Energie zwischengespeichert werden und in die Nachtstunden bzw. Schlechtwetterperioden verlagert werden, da die Erzeugungs- und Verbrauchskennlinien nicht immer eine zeitliche Übereinstimmung aufweisen. Es stellt sich dann die Frage nach geeigneten Speichersystemen.

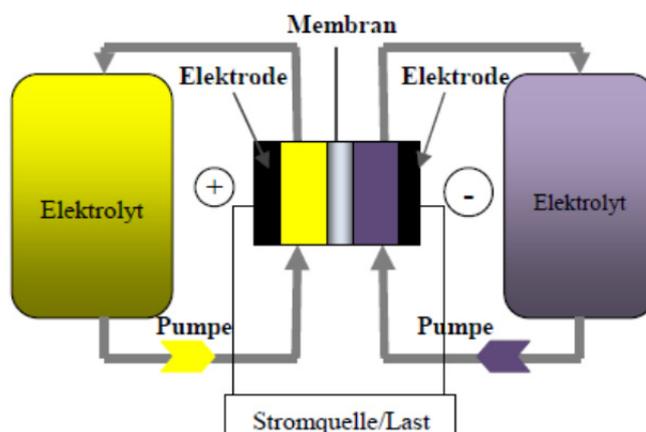


**Bild 1** Erzeugungs- und Verbrauchskennlinie (berechnet mit einem Simulationsprogramm: PV\*SOL 2.6)

Nach der Analyse der Marktsituation im Bereich der dezentralen Energiespeicherung hat sich gezeigt, dass die derzeit dominierenden Speicher die Bleiakumulatoren sind. Darüber hinaus gibt es zwar einige weitere vielversprechende Speichertypen wie z. B. Lithium-Ionen-Batterie, Redox-Flow-Batterie

oder Wasserstoffspeicher auf dem Markt, diese sind jedoch momentan viel zu teuer und bisher nur in Nischenmärkten vorzufinden.

Das größte Potential wird jedoch der Redox-Flow-Batterie vorausgesagt. Sie hat den Vorteil, dass sie so gut wie keine Selbstentladung aufweist, individuell skalierbar ist und die Möglichkeit bietet, sehr große Mengen an elektrischer Energie zu speichern. Außerdem besitzt die Redox-Flow-Batterie verglichen mit herkömmlichen elektrochemischen Energiespeichersystemen eine sehr hohe Lebensdauer.



**Bild 1-2** Prinzip einer Redox-Flow-Batterie, Quelle: [www.itc.fraunhofer.de](http://www.itc.fraunhofer.de)

Im weiteren Verlauf der Arbeit wurden mehrere Varianten von PV-Anlagen mit und ohne Speicher auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. Als Speichertechnologie wurde bei diesen Berechnungen ein Blei-Akkumulator angenommen, da dieser derzeit im Vergleich die niedrigsten Investitionskosten aufweist. Zunächst wurde eine PV-Anlage ohne Speicher betrachtet. Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass die Wirtschaftlichkeit der Anlage ohne Speicher durch die Nutzung der Vergütung des Eigenverbrauchsanteils erhöht werden kann. Auch eine PV-Anlage mit Speicher wurde einem Wirtschaftlichkeitstest unterzogen. Dafür wurde ein PV-Generator mit Speicher so dimensioniert, dass ein Durchschnittsverbraucher mit 4.000 kWh pro Jahr sich im Ganzjahresbetrieb selbst versorgen kann, um den Eigenverbrauchsanteil maximal ausnutzen zu können. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse hat hierbei gezeigt, dass wegen der hohen Anschaffungskosten vor einer Investition in einen Speicher aus betriebswirtschaftlicher Sicht abzuraten ist.

Im letzten Teil wurde untersucht, ob ein Speicher eine wirtschaftliche Alternative zum Netzausbau beim Erreichen der thermischen Belastung der Leitung darstellt. Auch hier zeigten die Ergebnisse, dass der Einsatz eines Speichers keine nennenswerte Alternative darstellt.

**Marius Mertens B.Eng.**

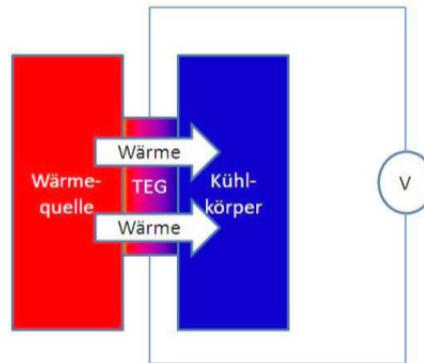
Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Stefan Bauer M.Sc.

Datum des Kolloquiums: 14. Februar 2011

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluftechnik



Ein an der FH-Münster entwickeltes Heizungssystem hat sich die Regelung und die Heizleistungserfassung jedes einzelnen Heizkörpers und den automatischen hydraulischen Abgleich des Netzes zur Aufgabe gemacht. Die Umsetzung erfolgt durch intelligente Heizungsmodulen, die auf die Heizkörperventile montiert sind und drahtlos miteinander kommunizieren. Die intelligenten Heizungsmodulen versorgen sich durch thermoelektrische Generatoren (TEG) selbst mit elektrischer Energie.



TEG werden zwischen einer heißen und einer kalten Oberfläche platziert und liefern proportional zur anliegenden Temperaturdifferenz zwischen den beiden Oberflächen elektrische Energie. In diesem Anwendungsfall werden sie auf der Heißeite thermisch an das Heizkörperventil gekoppelt, welches sich bei eingeschaltetem Heizkörper aufwärmt. Auf der Kaltseite werden sie mit einem Kühlkörper versehen. Der Kühlkörper dient dazu, die über den thermoelektrischen Generator zugeführte Wärme über eine große Oberfläche an die Umgebung abzugeben und eine Temperaturdifferenz zwischen Heiße- und Kaltseite zu erzeugen.

Mit Hilfe von Phase Change Material (PCM), welches im Kühlkörper integriert ist, soll temporär eine besonders hohe Temperaturdifferenz geschaffen werden, indem es die Temperatur während des Phasenwechsels auf einem niedrigerem Niveau konstant hält. Bei höheren Temperaturspreizungen generieren die TEG mehr elektrische Energie.

In der Bachelor-Arbeit wurde die Energieerzeugung der TEG mit dem PCM-Kühlkörper empirisch sowie experimentell untersucht, dem klassischen Verfahren mit einem berippten Kühlkörper gegenübergestellt und unter Berücksichtigung des Energiebedarfs des Heizungsmoduls bewertet.

Die Schmelz- und Gefrierdauer des PCM wurde experimentell ermittelt und der Einfluss des Volumenstroms durch das Ventil auf das Energy Harvesting wurde betrachtet. Das intelligente Heizungssystem wurde schematisch und konstruktiv beschrieben und die wesentlichen Voraussetzungen für dessen Eignung als Wärmezähler sind herausgearbeitet worden.

Zusammenfassend konnte formuliert werden, dass die Schmelzdauer mit steigender Vorlauftemperatur abnimmt. Der Volumenstrom durch das Ventil nimmt einen zu vernachlässigenden Einfluss auf das Energy Harvesting.

Die elektrische Leistung der TEG nimmt mit der Ventiltemperatur bei konstanter Raumtemperatur zu.

Das PCM bringt nur in der Aufheizphase einen energetischen Mehrgewinn gegenüber dem berippten Kühlkörper. Im stationären Fall ist der PCM-Kühlkörper dem berippten Kühlkörper weit unterlegen. Der Mehrgewinn während der Aufheizphase fällt relativ gering aus: Bereits wenige Minuten nach Abschließen des Schmelzvorgangs erzeugen die TEG mit dem berippten Kühlkörper in der gleichen Zeit mehr elektrische Energie.

Es wurde festgestellt, dass der Einsatz eines PCM-Kühlkörpers im intelligenten Heizungsmodul nur dann Sinn macht, wenn die Heizphasen und die Vorlauftemperatur konstant und im Vorfeld genau bekannt sind. Überdies muss das PCM die Möglichkeit haben in Heizpausen wieder zu gefrieren. Wird dann die Schmelzenthalpie über die Masse des PCM angepasst, erzeugen die TEG besonders bei kleineren Vorlauftemperaturen mehr elektrische Energie als mit einem berippten Kühlkörper.

Der PCM-Kühlkörper gibt die zugeführte Wärme weniger effektiv an die Umgebung ab als der berippte Kühlkörper. Der PCM-Kühlkörper muss als Energiespeicher im latenten Bereich betrieben werden. Sobald der latente Bereich verlassen wird, überwiegt der Nachteil der schlechten Wärmeabgabe an die Umgebung.

In der Praxis wird ein Heizkörper nur in Ausnahmefällen für so kurze Zeiten eingeschaltet, dass sich der PCM-Einsatz rechnet. Eine Anpassung der Speicherkapazität des PCM an lange Heizphasen würde zu einem wesentlich größeren Volumen des PCM führen, was die Integration in einen Stellantrieb dieser Form ausschließt.

Der abgeschätzte Energieverbrauch des intelligenten Heizungsmoduls kann durch das vorgestellte Energy Harvesting nur erreicht werden, sofern die Vorlauftemperatur entsprechend hoch ist und das Ventil für mehrere Stunden vom heißen Medium durchströmt wird.

## Implementierung eines Systems zur Generierung von Fertigungsaufträgen am Beispiel des Windkraftanlagenherstellers Kenersys GmbH

**Marvin Mertens B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dipl.-Wirt.-Ing Ralf Pahlmann
Datum des Kolloquiums:	06. Dezember 2010
Studiengang:	Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energie- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Kenersys Europe GmbH, Münster



Energiebedingte Umweltbelastungen sowie der fortschreitende Verbrauch endlicher Energieressourcen erfordern den Umbau unseres Energiesystems im Sinne einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Entwicklung.

Weltweit ist in den letzten Jahren die Erkenntnis gereift, dass die Abkehr von der bestehenden Energiepolitik unvermeidlich ist und erneuerbare Energien weiter ausgebaut werden müssen.

Deutschland ist Technologie- und Weltmarktführer in der Produktion von Windkraftanlagen. Innerhalb der letzten Jahre hat sich die Technik rasant weiterentwickelt. Durch eine zunehmende Anlagengröße und Leistungsfähigkeit ergeben sich neue Herausforderungen für die Produktion von Windenergieanlagen.

Das vor drei Jahren gegründete Unternehmen Kenersys Europe GmbH, mit Hauptsitz in Münster sowie Fertigungshallen in Wismar und Baramati (Indien), produziert zwei verschiedene, moderne, netzgekoppelte Windkraftanlagen, mit Nennleistungen von 2,0 und 2,5 MW, im Onshorebereich.

Die ersten Jahre der Firma Kenersys waren vornehmlich geprägt durch Aktivitäten in den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie dem Aufbau des Unternehmens. Um es wirtschaftlich erfolgreich am Markt positionieren und zukunftssicher aufzustellen war unter anderem notwendig die Produktionsabläufe zu strukturieren und organisieren.

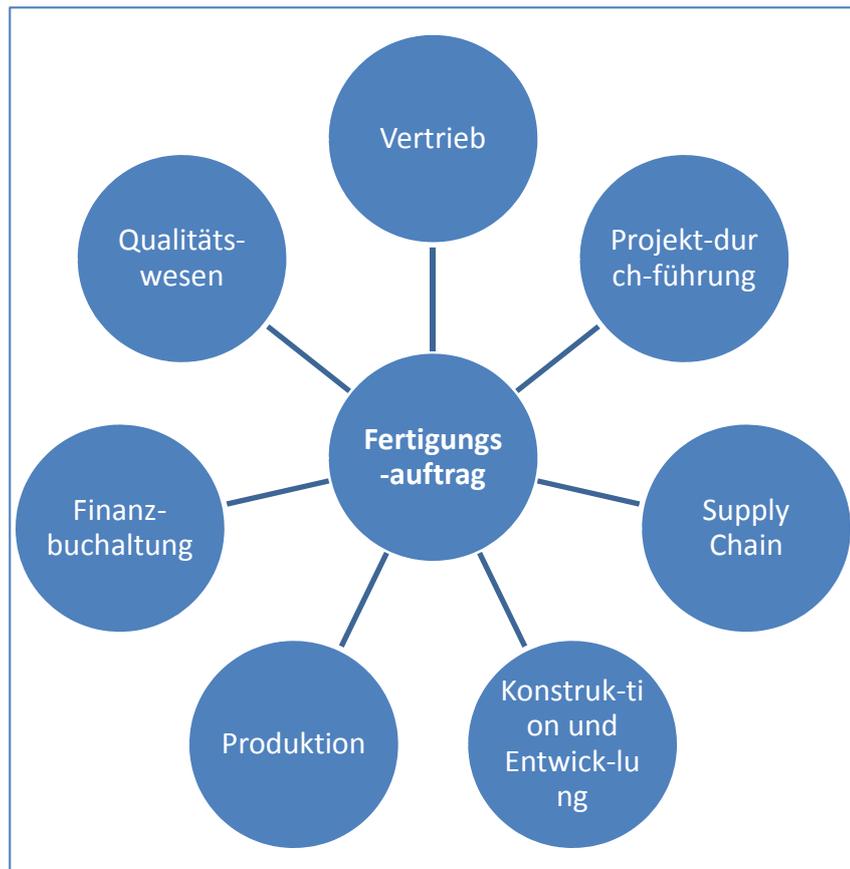
Mit zunehmender Zahl von Kundenaufträgen zur Fertigstellung von Windkraftanlagen war es an der Zeit ein System zu implementieren, welches die Produktion auf ökonomische Art und Weise plant und steuert, was Gegenstand der Arbeit war.

Bei Beobachtung und Analyse der derzeitigen Produktionsabläufe und Lieferantenbeziehungen entwickelten sich folgenden Fragestellungen.

- Wie kann ein System entwickelt werden, welches den gesamten Lebenszyklus vom Verkauf einer Windkraftanlage bis zur Übergabe an den Kunden übersichtlich plant und steuert?
- Wie können komplizierte Abläufe für Mitarbeiter einfach zu handhaben gestaltet werden, sodass Fehler vermieden werden und eine einfache Überprüfbarkeit der durchgeführten Arbeitsschritte möglich wird?

- Wie lässt sich ein Fertigungsauftragssystem erstellen, welches für jede Windkraftanlage die erforderlichen Anforderungen erfasst?
- Mit welchen technischen und organisatorischen Mitteln ist es möglich, dieses Vorhaben zu erreichen?

Daraus leitete sich die Aufgabenstellung zur Implementierung eines Systems zur Generierung von Fertigungsaufträgen am Beispiel des Windkraftanlagenherstellers Kenersys GmbH ab.



Vorab war es notwendig, die Abläufe zwischen den unterschiedlichen Abteilungen darzustellen. In der oben zu sehenden Abbildung werden die verschiedenen Schnittstellen und Einflussgrößen des Fertigungsauftrages verdeutlicht.

**Sascha Müller B.Eng.**

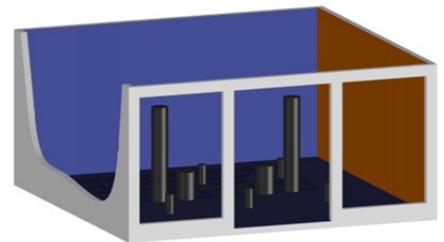
Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Stefan Müller
Datum des Kolloquiums:	14. Dezember 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	GEA Air Treatment GmbH, Herne



Diese Bachelorarbeit ist in Zusammenarbeit mit der Fa. GEA Air Treatment GmbH in Herne entstanden. Im Rahmen der Arbeit wurden Behaglichkeitsuntersuchungen zur instationären Lufteinbringung in einem Raumströmungslabor durchgeführt. Dieses Labor war einem mittelgroßen Büroraum nachempfunden.

Es wurde ein Versuchstand entwickelt, mit dem verschiedene Kühllastfälle im Raum simuliert werden konnten. Diese wurden mit künstlichen Wärmequellen im Raum erzeugt. Die notwendige Kühlung des Raumes erfolgte allein durch eine an den Raum angeschlossene RLT-Anlage. Es handelte sich demnach um eine Nur-Luft-Anlage. Die gekühlte Luft wurde über einen typischen Dral-lass in den Raum eingebracht. Die Versuche wurden jeweils für eine stationäre und eine instationäre Lufteinbringung durchgeführt.

Um die thermische Behaglichkeit im Raum bestimmen zu können, wurden während der Versuche lokale Lufttemperaturen, Luftgeschwindigkeiten, Turbulenzgrade, mittlere Strahlungstemperaturen und Oberflächen-



temperaturmessungen der Raumumschließungsflächen gemessen. Mit diesen wurden anschließend die in der DIN EN ISO 7730 aufgeführten Behaglichkeitsparameter PMV, PPD, DR und PD bestimmt, wobei Zuglufterscheinungen (DR) den größten Einfluss auf die thermische Behaglichkeit im Raum hatten. Die Auswertung der Parameter wurde mit Hilfe von Konturdiagrammen visualisiert, um eine Aussage über die sich einstellenden Raumströmungen treffen zu können.

Des Weiteren wurde in dieser Arbeit ein Betriebskostenvergleich zwischen Nur-Luft-Anlagen und Luft-Wasser-Anlagen durchgeführt. Dieser Vergleich sollte Energieeinsparungen, welche aus der Wahl des RLT-Systems resultieren, aufzeigen. Hierfür wurden die Energieverbräuche der genannten Anlagen über ein Testreferenzjahr mittels einer Simulationssoftware für einen Raum bestimmt.

In der Planungsphase einer RLT-Anlage sollten die möglichen Systeme im Einzelfall genau auf ihre Wirtschaftlichkeit geprüft werden. Durch eine solche exakte Betrachtung kann unter Berücksichtigung des Kundenwunsches eine deutliche Kosteneinsparung erreicht werden.

## Spiegelreinigung im Parabolrinnen-Solarthermiekraftwerk in Kuraymat/Ägypten - Minimierung des Wasserverbrauchs

**Sandro Neumann B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke

Datum des Kolloquiums:

20. Dezember 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Wirtschaftsingenieurwesen Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energie- und Umwelttechnik  
Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit:

Flagsol GmbH, Köln



Aufgrund von knapper werdenden fossilen Energieträgern und deren negativen Auswirkungen auf die Umwelt, die durch deren Verbrennung entstehen, werden solarthermische Kraftwerke für die Erzeugung von Strom stetig bedeutsamer.

Ein wichtiger Bestandteil zum Betreiben solarthermischer Kraftwerke ist Wasser. Dieses Wasser wird zur Reinigung der Spiegel und der Absorberrohre genutzt. Es werden hauptsächlich Oberflächenwässer verwendet, welche extra aufbereitet werden müssen oder aus dem Kühlprozess von herkömmlichen Kraftwerken entzogen werden wie z. B. aus dem „Integrated Combined Cycle System“ (ISCC= GuD-Kraftwerk mit integriertem Solarsystem). Der Grund für die Aufbereitung des Waschwassers ist, dass Ablagerungen, wie z. B. Kalk, vermieden werden sollen.

Die Reinigung der Spiegel und der Absorberrohre wurde mithilfe speziell entwickelter Spiegelwaschfahrzeuge (mit und ohne mechanischen Kontakt) durchgeführt. Um Aussagen der verschiedenen Waschungen machen zu können, wurde ein Messgerät verwendet, welches die Sauberkeit (Reflektivitätsgrad) der Spiegel misst.



Abb. 2: versandete Parabolrinnenspiegel Kuraymat/Ägypten

Die Aufgabe der Bachelorarbeit bestand darin, die aufgenommenen Daten

auszuwerten und über ein Excel-Programm für zukünftige Bemessungen von Reinigungseinrichtungen von Parabolrinnen nutzbar zu machen.

Eines der Ziele der Arbeit war, den Wasserverbrauch für die Reinigung der Parabolrinnenspiegel zu verringern und anhand von einstellbaren Variablen im Excel Tool eine Betrachtung wirtschaftlicher Aspekte sowie benötigter Ressourcen zu ermöglichen.

Wichtige Erkenntnisse, die bei der Erstellung dieser Arbeit gewonnen wurden, sind unter anderem die Korrelation der Geschwindigkeit mit der Spiegelsauberkeit sowie mit dem Wasserverbrauch. Ebenso konnte nachgewiesen werden, dass bei einer Steigerung der Geschwindigkeit, das Spiegelwaschfahrzeug ohne mechanischen Kontakt deutlich mehr an Reinigungsleistung verlor, als mit mechanischem Kontakt. Eine weitere Beobachtung, die bei der Ausarbeitung gemacht wurde, ist, dass der Bau einer Straße auf einer Parabolrinnenanlage von erheblicher Bedeutung für die Minimierung des Wasserverbrauches ist.

Durch Messungen vor und nach der Reinigung wurden mithilfe des Messgerätes Versuchsreihen der unterschiedlichen Einflusskenngrößen durchgeführt. Ausschlaggebend bei der Beurteilung der Messergebnisse war dabei, der Vergleich der Spiegelsauberkeit mit dem Wasserverbrauch. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass ein starker Zusammenhang zwischen Quantität des genutzten Wassers und erreichter Effektivität besteht.

Auf Grundlage der gemessenen Daten wurde ein Excel Tool entwickelt, welches die Möglichkeit bietet, Einstellungen vorzunehmen, anhand derer sich Aussagen über die benötigte Anzahl und Art der Fahrzeuge, Wasserverbräuche sowie die thermische Jahresleistung treffen lassen. Durch die Angaben des Excel Tools wurde eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt, mit deren Hilfe sich die optimalen Einstellungen für das Fahrzeug bestimmen lassen. Ausschlaggebende Faktoren waren hierbei der Vergleich der Kosten des Wasserverbrauches in Bezug zu den Mehreinnahmen durch die höhere thermische Leistung.



Abb. 3: Spiegelreinigungsanlage während der Reinigung

## Untersuchung von Prozesswärmeanwendungen im Hinblick auf den Einsatz von Solarthermie und Entwicklung einer Lösung zur Systemintegration

**Alexander Neupert B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Dipl.-Ing. Rainer Bubacz

Datum des Kolloquiums:

24. Februar 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit:

Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen



Die Technik der Solarthermie zeigt großes Potential, um auch den Anforderungen von Prozesswärmeanwendungen gerecht zu werden. Ziel der Arbeit war es daher, einige Prozesswärmeanwendungen zu untersuchen und entsprechende Potentiale darzustellen. Zudem wurden Lösungen zur Systemintegration entwickelt und eine grobe Auslegung für eine Solaranlage zur Bäderbeheizung in einem Galvanikbetrieb durchgeführt. Die Arbeit wurde bei der Bosch Solarthermie GmbH in Wettringen innerhalb der Entwicklungsabteilung erstellt.

Nach der Studie „Solar Heat for Industrial Processes“ der Internationalen Energieagentur (IEA) liegt das Potential für solarthermische Prozesswärmeerzeugung der EU25 Länder bei ca. 230 PJ. Dies entspricht je nach solarem Ertrag einer Kollektorfläche von 128-160 Mio. m<sup>2</sup>. Obwohl grundsätzlich nahezu alle Unternehmen und Betriebe einen Bedarf an Energie in Form von Wärme aufzeigen, ist die Prozesstemperatur wie in Abbildung 1 dargestellt einer der begrenzenden Faktoren. Es gibt in einigen Branchen ein besonders großes Potential für solarthermische Anlagen. Die Lebensmittel-, die Textil-, und die Chemieindustrie, sowie die Landwirtschaft und die Tierhaltung sind hier nur einige Beispiele.

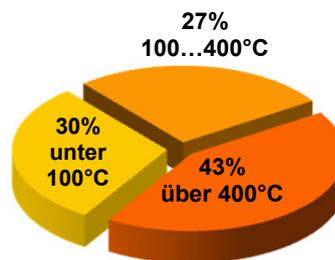


Abbildung 1: Anteile der Temperaturbereiche im Industriesektor

Die Vielzahl der am Markt verfügbaren Flach- und Vakuumröhrenkollektoren können einen Temperaturbereich bis ca. 100 °C gut abdecken. Darüber hinaus müssen konzentrierende Systeme wie Parabolrinnen- und Fresnel-Kollektoren zum Einsatz kommen. Diese sind jedoch stark von der direkten Strahlung abhängig und kommen daher eher für den Einsatz in Gebieten mit hoher solarer Einstrahlung infrage. Da Wärme nicht verlustarm über weite

Strecken transportiert werden kann, sind nur solche Standorte geeignet, bei denen genügend Flächen zur Aufstellung der Kollektoren und gegebenenfalls eines Pufferspeichers vorhanden sind.

Bei der Auslegung und Systemintegration eines Kollektorfeldes als Wärmeerzeuger haben die geforderten Prozesstemperaturen wesentlich stärkeren Einfluss als in konventionellen Anlagen. Grundsätzlich kann die Solarwärme in das Wärmeversorgungssystem des Unternehmens, oder direkt in den jeweiligen Prozess integriert werden. Da aber der Wirkungsgrad der Kollektoren mit steigender Temperatur abnimmt, ist bei der Integration solarer Prozesswärme ein möglichst niedriges Temperaturniveau vorteilhaft. Gerade dort kann jedoch häufig auch Abwärme aus anderen Prozessen oder Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden.

Um das optimale Temperaturniveau für den Einsatz solarer Wärme zu finden, ist deshalb der Einsatz von Prozessintegrationsmethoden, wie der Pinch-Point Methode empfehlenswert. Damit wird schnell deutlich, dass es die "typische" Prozesswärmeanwendung nicht gibt. Vielmehr sind Lösungen gefragt, die auf Anlagengröße, Bedarfsprofil, Wärmeträgermedium und Temperaturniveau der jeweiligen Prozesse abgestimmt sind. Der damit verbundene Beratungs- und Planungsaufwand bedeutet eine erhebliche Herausforderung für die Markterschließung.

Die im Rahmen dieser Arbeit ausgeführte grobe Auslegung einer Solaranlage zur Bäderbeheizung in einem Galvanikbetrieb bestätigt die zuvor gemachten Abschätzungen. Die geforderte Vorlauftemperatur von 80 °C lässt sich mit einem jährlichen solaren Deckungsgrad von ca. 25 % mit Vakuumröhrenkollektoren bereitstellen. Die größte Hürde war die Abschätzung der tatsächlich benötigten Leistung und des Lastprofils der Galvanikbäder anhand der zur Verfügung stehenden Informationen. Die durchgeführten Berechnungen und Simulationen zeigen jedoch, dass die Umsetzung einer solchen Anlage durchaus sinnvoll und technisch machbar ist.

## Entwicklung eines Energiekonzeptes auf Basis holzartiger Biomasse für eine zentrale Fernwärmeversorgung am Standort Bad Laer

Henrik Niemeyer B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Dipl.-Ing. Christian Leugers

Datum des Kolloquiums:

01. April 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Energieversorgung & Energiewirtschaft

In Kooperation mit:

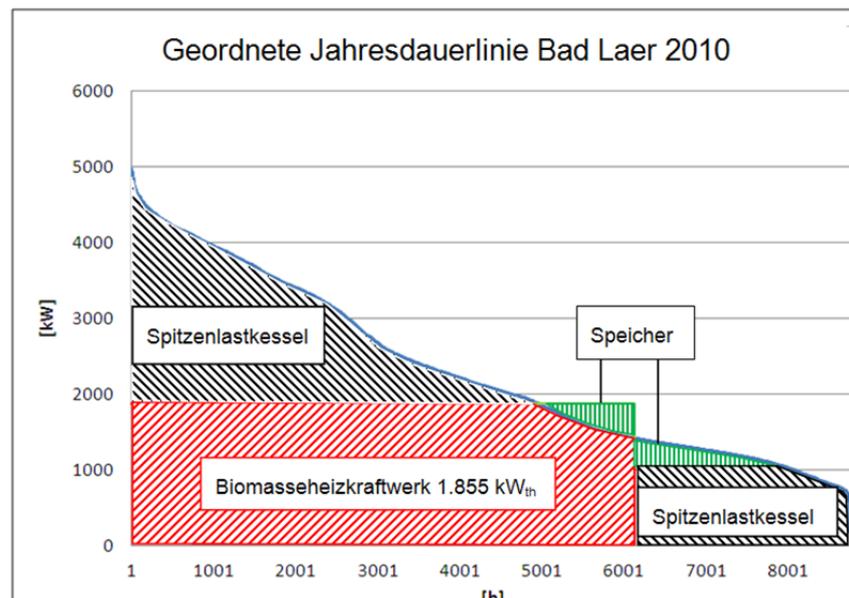
Teutoburger Energie Netzwerk eG (TEN eG)



In dieser Bachelorarbeit sollte ein mögliches Wärmeversorgungskonzept der Gemeinde Bad Laer erarbeitet werden. Hierbei wurde untersucht, inwieweit von einem zentralen Standort Energie erzeugt und an ein bestehendes Fernwärmenetz abgegeben werden kann. Die derzeitige Fernwärmeversorgung am Standort wird von mehreren dezentralen gasbetriebenen Wärmeerzeugungsanlagen, die aus Heizkesseln, Blockheizkraftwerken und einem Abgaswärmetauscher einer Ziegelei bestehen, gewährleistet.

Insbesondere die BHKW-Anlagen sind abgängig oder müssten generalüberholt werden. Diese Maßnahmen sind mit hohen Kosten verbunden, welches die Wirtschaftlichkeit der Module nicht wesentlich verbessern würde. Die vorhandene Anlagenüberdimensionierung und fehlende Pufferspeicher wirken sich ebenfalls negativ auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen aus. Durch fehlende Redundanzanlagen im Fernwärmenetz ist die kontinuierliche Wärmeversorgung gefährdet.

Bei der Planung der neuen Energiezentrale steht laut der Gemeinde Bad Laer und der TEN eG der Einsatz regenerativer Energieerzeugung und damit eine Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Vordergrund. Auch mögliche CO<sub>2</sub>-neutrale Brennstoffe, die von einem Entsorgungsbetrieb bereitgestellt werden könnten, sollen in Bezug auf Fördermaßnahmen nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) untersucht werden.



Für die Anlagenauslegung wurde eine geordnete Jahresdauerlinie in Bezug auf die in das Netz eingespeiste Wärmeenergie erstellt. Hierbei zeigte sich, dass ein Biomasseheizkraftwerk mit ORC-Technologie und einer Leistung von  $1855 \text{ kW}_{\text{th}}/424 \text{ kW}_{\text{el}}$  in Verbindung mit einem Pufferspeicher in etwa über 6.200 Volllaststunden betrieben werden kann. Der Rest würde durch 3 Spitzenlastkessel à 2 MW abgedeckt werden, die gleichzeitig auch als Redundanzanlage dienen würden.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hat schließlich gezeigt, dass ohne Vergütungsregelung aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) das BMHK nicht wirtschaftlich betrieben werden kann. Ohne diese Vergütung nach dem aktuellen EEG würde es sogar zu einem Verlust im finanziellen Ertrag kommen.

Problematisch könnte sich die Novellierung des EEG im Jahr 2012 auswirken, da dort veränderte Vergütungsregelungen für Strom aus Biomasse das BMHK unwirtschaftlich machen könnten.

Insgesamt ist dieses Konzept eine Alternative, CO<sub>2</sub>-neutral Wärme und Strom zu erzeugen. In Zukunft wird es immer wichtiger werden, die Energieerzeugung aus regenerativen Energien weiter auszubauen und wertvolle Rohstoffe zu schonen. Ohne wirtschaftliche Speichertechnologien ist es schwierig, Sonnenenergie und Windkraft im Grundlastbetrieb einzusetzen. Als Alternative zeigt sich hierbei, die Energie aus nachhaltig produzierter Biomasse zu nutzen.

**André Nutsch B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Lars Eversmann
Datum des Kolloquiums:	08. Oktober 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Technische Gebäudeausrüstung
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	IB Eversmann, Münster



Energiesparen ist in Zeiten hoher Energiekosten nach wie vor ein Thema. Jede eingesparte Kilowattstunde bedeutet bei den steigenden Energiepreisen zusätzliche Einnahmen.

Jedoch sind gerade im Bereich der öffentlichen Gebäude die Kassen leer. Somit hat sich in den letzten Jahren ein erheblicher Sanierungsstau gebildet. Aktuell erhalten die Kommunen und Gemeinden in Deutschland aufgrund der Wirtschaftskrise Förderungen aus dem Konjunkturpaket.

Jedoch sollten die Sanierungsmaßnahmen gut überdacht werden. Um das höchstmögliche Kosten-Nutzen Verhältnis zu erhalten, reicht es in vielen Fällen nicht aus, die Anlagentechnik nach dem Prinzip „Alt gegen Neu“ auszutauschen. Vielmehr sollte das gesamte Objekt betrachtet werden und anschließend gezielte Maßnahmen ergriffen werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand einer energetischen Untersuchung Einsparpotenziale am Sportpark Nottuln zu finden und den Gemeindewerken Nottuln ein Sanierungskonzept vorzuschlagen.

Der Sportpark Nottuln wurde 1974 errichtet und besteht aus einem Hallenbad, einem Freibad, einem Fitness Center und einer Sporthalle. Seit der Errichtung des Sportparks wurde wenig in die Sanierung der Liegenschaft investiert. Dementsprechend hat sich am Sportpark ein „Sanierungsstau“ gebildet. Für die energetische Untersuchung sind das Hallenbad, das Freibad und die Sporthalle ausgewählt worden.

Die Vorgehensweise der Untersuchung besteht aus der Aufnahme und Analyse von Bestandsdaten. Auf Basis dieser Daten werden Vorschläge für mögliche Sanierungsmaßnahmen erarbeitet.

Vor Ort gliedern sich die energetischen Probleme in zwei Teilbereiche:

- Anlagentechnik
- Gebäudehülle

Die Anlagentechnik im Schwimmbadbereich weist eine unregelmäßige Beckenwasserbereitung auf. Hier laufen die Beckenwasserpumpen Tag und Nacht auf 100 %. Auch die Dosiertechnik für Chlor ist noch nicht automatisiert. Die Chlormenge wird jeden Tag von Hand neu eingestellt. Dies ist nach DIN 19643 so nicht mehr zulässig.

Das größte Energieeinsparpotenzial in der Liegenschaft befindet sich in der Sporthalle. Die Turnhalle wird mit einer Luftheizung beheizt. Diese besitzt keine Regelung und auch keine Möglichkeit für einen Umluftbetrieb. Die Beleuchtung besteht aus 60 Leuchtstoffröhren, die noch konventionelle Vorschaltgeräte (KVG) besitzen. Eine tageslicht- und benutzerabhängige Lichtsteuerung fehlt ebenfalls.

Im Bereich der Gebäudehülle fallen bauphysikalische Mängel wie Wärmebrücken und defekte Fenster auf. Der U-Wert der Fensterfront im Hallenbad wurde in dieser Arbeit rechnerisch ermittelt, und liegt mit 3,3 W/m<sup>2</sup>K 2/3 über den heute von der EnEV geforderten Wert von 1,1W/m<sup>2</sup>K.

Anhand der gesammelten Bestandsdaten wurden Sanierungsmaßnahmen erarbeitet. Die Tabelle 1 zeigt alle Maßnahmen auf einem Blick.

Tabelle 1

Maßnahme	Verbrauch im Bestand pro Jahr	Einsparung pro Jahr
Austausch der Dosiertechnik	128.621 kWh	37.321 kWh
Fenstertausch Hallenbad	18.343 kWh	12.230 kWh
Austausch RLT Sporthalle	202.000 kWh	24.480 kWh
Leuchtentausch Sporthalle	44.214 kWh	26.528 kWh
Leuchtentausch Schwimmhalle	15.070 kWh	9.193 kWh
WRG im Abwasserbereich	-	26.838 kWh

Die energetische Untersuchung hat gezeigt, dass viel Einsparpotenzial im Sportpark Nottuln vorhanden ist. Jedoch lassen sich nicht alle Ideen in die Realität umsetzen, da die Kosten für Umbau und Installation meist nicht im wirtschaftlichen Rahmen liegen.

Dennoch sollte eine Sanierung nicht als Austausch alter Produkte angesehen werden, sondern als Chance, neue, innovative und zukunftsorientierte Konzepte umzusetzen.

## Bewertung eines einfachen Rechenschieberverfahrens zur Auslegung von Zirkulationssystemen

Dipl.-Ing. Andre Paß

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
 Zweitprüfer: Prof. Dipl.-Ing. Bernd Rickmann  
 Datum des Kolloquiums: 05. Oktober 2010  
 Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Haus- und Energietechnik



Ein Zirkulationssystem hat die Aufgabe die Lebensbedingungen von pathogenen Bakterien, wie Legionellen und Pseudomonaden durch die physikalische Desinfektion zu erschweren.

Ab einer Temperatur von 70 °C sterben Legionellen in Sekunden ab, zwischen 60 °C und 70 °C dauert es nur Minuten. Als Kompromiss ist in Deutschland nach dem DVGW W 551 eine Warmwasseraustrittstemperatur von mindestens 60 °C und eine maximale Temperaturdifferenz von 5 K im gesamten Zirkulationssystem gefordert.

Aufgrund dieser Anforderungen ist eine sorgfältige Auslegung des Zirkulationssystems erforderlich, um mögliche Erkrankungen von Menschen ausgehend vom Trinkwarmwassernetz zu verhindern. Mit dem Arbeitsblatt des DVGW W 553 ist die Berechnungsgrundlage schon über einige Jahre gegeben. Diese Berechnung erfordert jedoch eine gründliche Dokumentierung des Rohrleitungsnetzes im Bestand oder in der Planung und damit verbunden einen gewissen Zeitaufwand. In Kooperation der beiden Unternehmen Wilo und Oventrop ist ein Rechenschieberverfahren zur Auslegung von Zirkulationssystemen entstanden, um den Arbeits- und Zeitaufwand des Handwerkers zu verkürzen. Ziel dieser Diplomarbeit war es, zu überprüfen ob diese Schnellauslegung in der Lage ist ein funktionsfähiges Zirkulationssystem auszulegen.

Im Laufe der Überprüfung und Simulation mittels Dendrit der Berechnungsergebnisse einzelner Beispiele des Rechenschieberverfahrens ergab sich ein mangelhafter hydraulischer Abgleich des Zirkulationssystems. Aufgrund der fehlerhaften Druckverlustberechnung kommt es zur Überdimensionierung der jeweiligen Zirkulationspumpen. In Kombination mit einer falschen theoretischen Volumenstromaufteilung ergeben sich fehlerhafte Voreinstellungen und Dimensionen der jeweils verwendeten Strangreguliertventile. Unabhängig von der Ventilart, also thermostatisch oder statisch, müssen diese über den  $K_v$  – Wert ausgelegt werden. Durch die falschen Voreinstellungen der Ventile kommt es dann aufgrund des mangelhaften hydraulischen Abgleichs zum punktuellen Temperaturabfall unterhalb der 5 K Differenz im Zirkulationssystem.

Das Rechenschieberverfahren fördert damit den Einbau von überdimensionierten und damit überteuerten Zirkulationspumpen. Durch die unrealistischen Berechnungsergebnisse lohnt sich der etwas geringere Zeitaufwand nicht. Gegenüber dem vereinfachten Verfahren des DVGW W553 ist die Schnellauslegung aufgrund der falschen Volumenstromaufteilung und des mangelhaften hydraulischen Abgleichs des Zirkulationssystems nicht in der Lage, ein Zirkulationssystem unabhängig von der Geometrie des Rohrleitungssystems auszulegen.

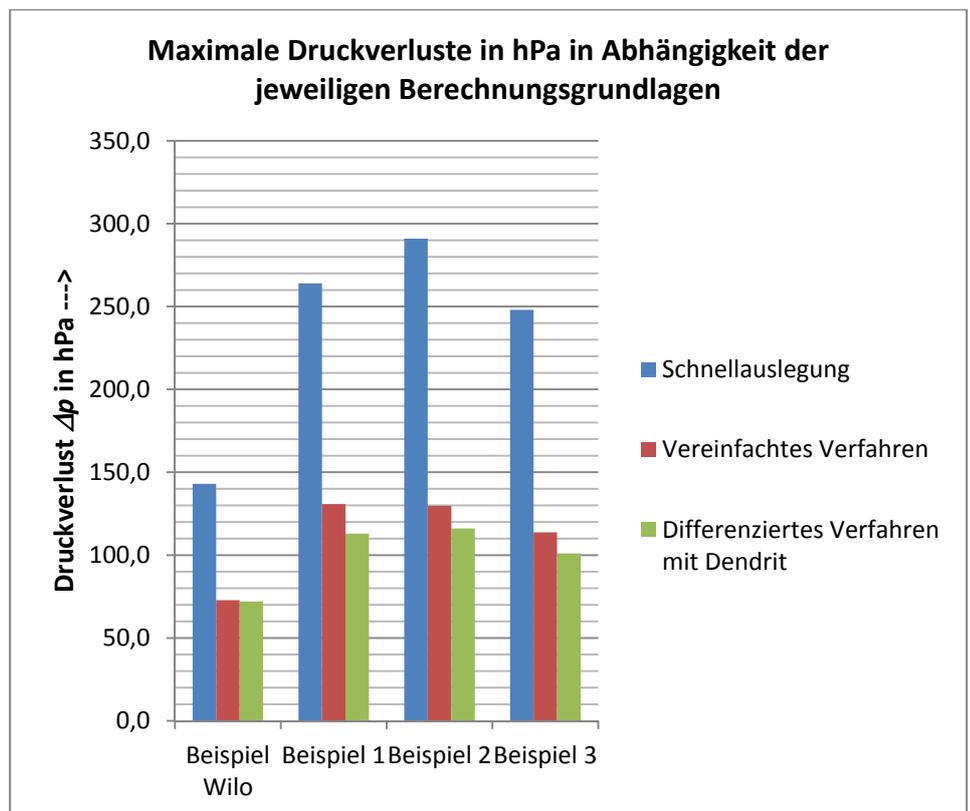


Diagramm 11: berechnete maximale Druckverluste des jeweiligen Berechnungsverfahrens.

**Dipl.-Ing. Stefan Paß**

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

Datum des Kolloquiums: 12. Januar 2011

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Energieversorgung und Energiewirtschaft

In Kooperation mit: Haus Hall, Gescher



Das Thema dieser Diplomarbeit ist die weitere Nutzung der Abwärme einer geplanten Biogas BHKW Anlage. Das geplante BHKW wird vom Biogaserzeuger betrieben, und die Abwärme wird zu einem günstigen Preis dem Nahwärmenetz von Haus Hall zur Verfügung gestellt.

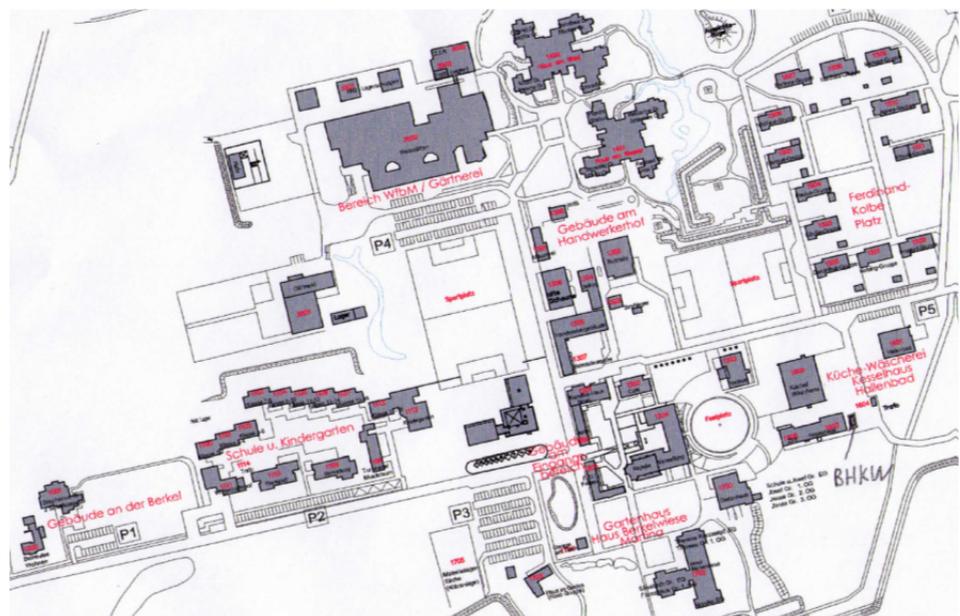


Bild 1: Energieversorgung der Bischöflichen Stiftung Haus Hall mit Biogas Betriebenem BHKW und Nahwärmeversorgungsnetz

Die Küche/Wäscherei, die in der Nähe der Heizzentrale liegt, hat einen sehr hohen Energiebedarf und bietet sich für die weitere Nutzung der Abwärme an. In der Küche/Wäscherei gibt es zwei Dampferzeuger, einen Großwasserraumkessel und einen Schnelldampferzeuger, beide von der Firma Loos. Die Dampferzeuger versorgen die Maschinen der Wäscherei wie z. B. die Trockner, Waschmaschinen, Wäschemangeln. In der Küche werden die Dampf-Schnellkochkessel und die Spülmaschinen mit Dampf versorgt. Die erste Überlegung war es mit dem geplanten BHKW Dampf zu erzeugen, damit die Dampferzeuger entlastet werden. Doch die Dampferzeugung ist hier nicht möglich, das geplante BHKW ist dafür zu klein. Die thermische Leistung beträgt 295 kW bei einer Abgastemperatur von 180 °C. Die Leistungsdaten dieses BHKW reichen nicht aus, um die benötigte Dampfqualität zu erzeugen.

Wirtschaftlich macht es auch keinen Sinn, da der benötigte Abhitzeke-  
 sel sehr teuer ist. Die zweite Variante: Raumkühlung mit einer Absorpti-  
 onskältemaschine ist technisch sehr aufwendig und mit sehr hohen Er-  
 stellungskosten verbunden. Somit macht sie auch hier keinen Sinn. Die  
 weitere Überlegung die Ansaugluft (Zuluft aus dem Aufstellungsort) der  
 Trockner vorzuheizen, ist technisch schwer zu realisieren. Die vier  
 Trockner sind nicht alle von der gleichen Bauart und saugen somit ihre  
 Zuluft an verschiedenen Stellen an. Deswegen ist die gemeinsame Zu-  
 luftansaugung sehr schwer zu realisieren. Wirtschaftlich bringt diese Lö-  
 sung auch keine großen Einsparungen, da die Trockner nicht durchge-  
 hend und gleichzeitig betrieben werden. Die vierte Variante: Die Speise-  
 wasservorwärmung der Dampfessel ist auch nicht möglich, da die Spei-  
 sewasservorwärmung schon durch das vorhandene Wasser-Service-  
 Modul der Firma Loos realisiert wird.

Die weitere Überlegung die Warmwassererzeugung, die zurzeit mit  
 Dampf erfolgt, umzustellen auf einen Betrieb über die Heizung ist tech-  
 nisch möglich. In dem Raum wo die beiden Warmwasserspeicher mit ex-  
 ternem Wärmetauscher stehen, gibt es noch einen nicht benutzten DN  
 32 Anschluss an einem Heizungsverteiler, der genutzt werden kann.  
 Durch eine Volumenstrommessung an dem größeren Speicher (750 l für  
 die Maschinen) wurde der Energiebedarf (Gas) des Speichers ermittelt,  
 der bei 27263 kWh (Hs) im Jahr liegt. Technisch ist diese Variante zu re-  
 alisieren doch die wirtschaftlichen Einsparungen, weniger Dampfver-  
 brauch und damit weniger Erdgaseinsatz sind nicht sehr hoch.

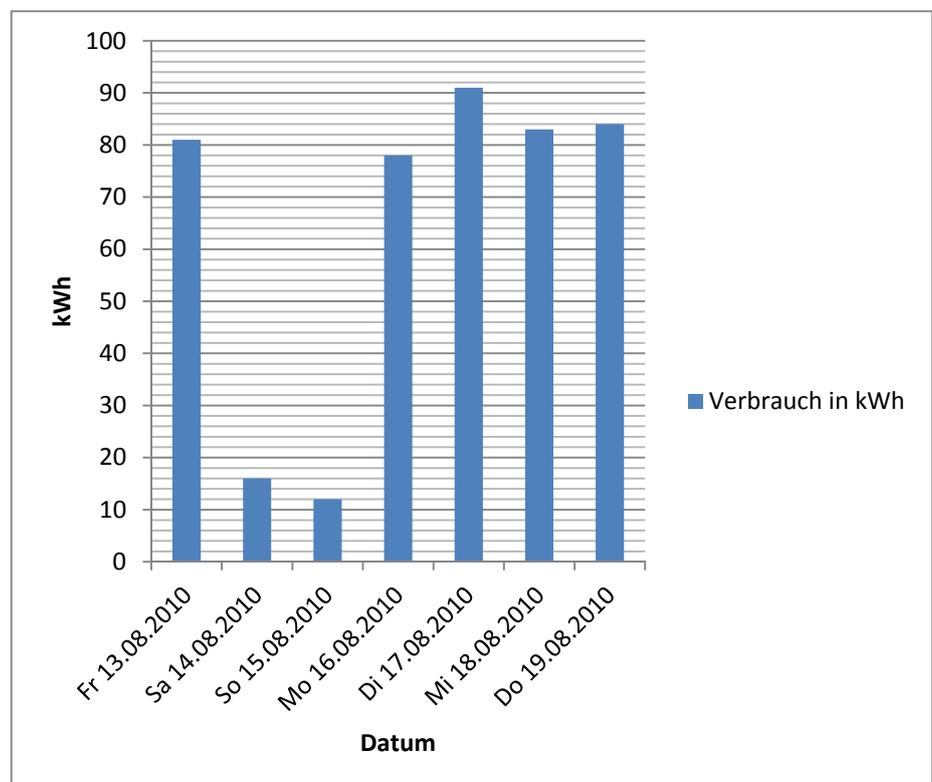


Bild 2: Verbrauch Warmwasserspeicher (750 l für die Maschinen)

## Sanierungskonzept für die Wärmeversorgung eines Hallenschwimmbades

**Andre Poppe B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 31.03.2011  
Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Sanitäre Haustechnik

In Kooperation mit: pbr Planungsbüro Rohling AG Architekten und Ingenieure, Osnabrück



In der Bachelorarbeit wurde ein Sanierungskonzept für folgende Aufgabenstellung ausgearbeitet:

In einem Hallenschwimmbad soll die etwa 30 Jahre alte Kesselanlage einschließlich der zentralen Wärmeverteilung und der zugehörigen Mess-, Steuer- und Regeltechnik erneuert werden. In diesem Zusammenhang soll ein Wärmeversorgungskonzept für das Hallenschwimmbad entwickelt werden.

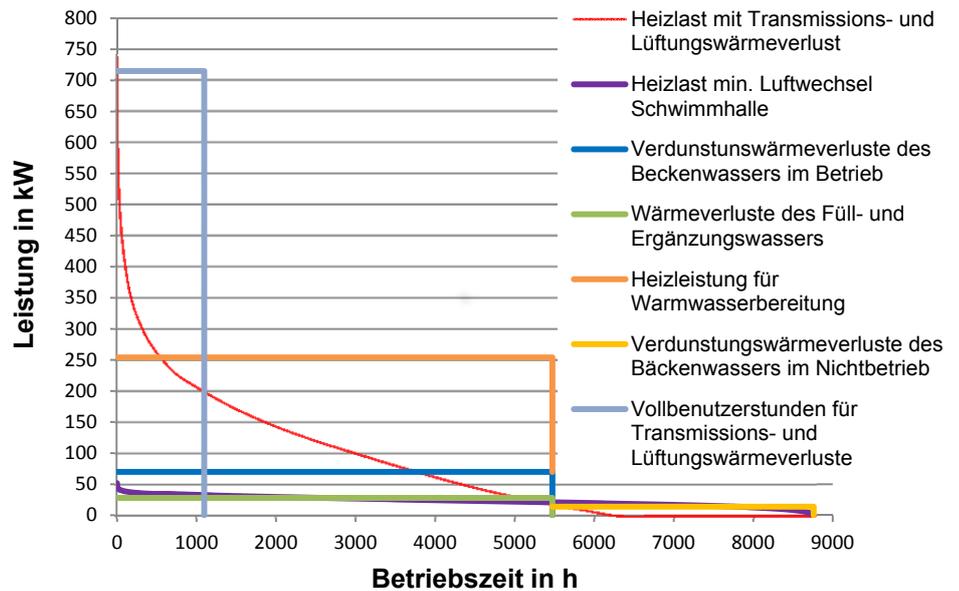
Das erstellte Energiekonzept soll die Entscheidungsgremien einer Gemeinde über die zu erwartenden Investitions- und Betriebskosten informieren, damit sie über die Art der zukünftigen Wärmeversorgung für das Hallenschwimmbad eine Entscheidung treffen können.

In der Bachelorarbeit wurden die folgenden Anlagenvarianten für die zukünftige Wärmeversorgung unter wirtschaftlichen Aspekten miteinander verglichen.

- Austausch der vorhandenen Kesselanlage gegen einen Brennwertkessel
- Einbau einer Kesselanlage zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe (Holzhackschnitzel)
- Aufbau einer thermischen Solaranlage für die Warmwasserbereitung und einer Spitzenlastkesselanlage
- Einbau eines Blockheizkraftwerks zur Kraft-Wärme-Kopplung und einer Spitzenlastkesselanlage
- Einbau einer Wärmepumpenanlage zur Geothermienutzung und einer Spitzenlastkesselanlage

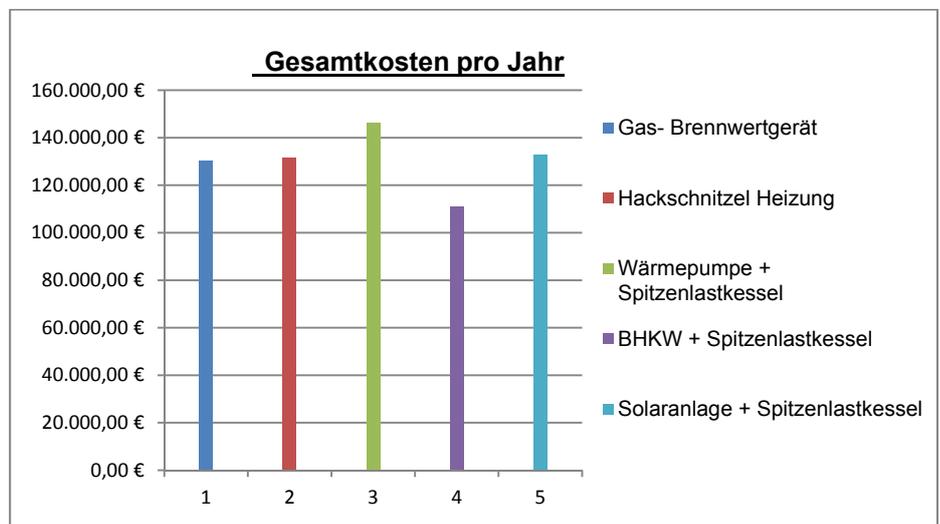
Um die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen Anlagenvarianten beurteilen zu können, ist es unerlässlich, den Wärmebedarf der einzelnen Wärmeverbraucher im Hallenbad zu kennen. Der Energiebedarf der Wärmeverbraucher wurde für verschiedene Lastfälle rechnerisch ermittelt. Die Ergebnisse lassen sich in einem Diagramm (Jahresgang der Wärmeverbraucher) darstellen.

### Jahresdauerlinien Wärmebedarf



Das geforderte Temperaturniveau der Wärmeverbraucher muss bei der Auswahl einer Anlagenvariante mit berücksichtigt werden.

Für die genannten Varianten wurden jeweils die Investitions-, Betriebs- und Kapitalkosten ermittelt und ein Gesamtkostenvergleich durchgeführt.



Dem Entscheidungsgremium der Gemeinde wird für die Sanierung der Wärmeversorgungsanlage im Hallenschwimmbad aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten der Einbau eines BHKW mit einem Spitzenlastkessel (Gas-Brennwertgerät) empfohlen.

**Jan Portugall B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke
Datum des Kolloquiums:	22. September 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	PFI Planungsgemeinschaft Gbr.



Im Rahmen der Bachelorarbeit ist ein Sanierungskonzept für die Stadt Wunstorf mit seinen rund 30.000 Einwohnern erstellt worden.

Das Ziel des Sanierungskonzeptes ist es, als Vorbereitung zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen zu dienen. Dabei werden für jede Haltung im Kanalnetz mehrere Sanierungsverfahren vorgeschlagen, mit einer Kostenvergleichsrechnung auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft und das günstigste Verfahren ausgewählt. Anschließend werden die Haltungen anhand einer Prioritätenfestlegung zeitlich und räumlich koordiniert.

Aufgrund des schlechten Kanalnetzzustandes in Wunstorf ist mit dem Sanierungskonzept zu versuchen, den Zustand zu verbessern und ihn anschließend zu verstetigen.

Mit seinen umliegenden Ortschaften hat Wunstorf 11.118 Haltungen, die zusammen eine Länge von 429.846 m haben. Davon befinden sich 1.613 Haltungen in Schadensklasse 0, 2.139 in Schadensklasse 1, 346 in Schadensklasse 2, 726 in Schadensklasse 3, 2.324 in Schadensklasse 4 und 1.378 in Schadensklasse 5. Aufgrund von fehlenden oder falschen Informationen sind 2.592 Haltungen keiner Schadensklasse zugeordnet.

Um die wirtschaftlichsten Sanierungsverfahren einsetzen zu können ist eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt worden. Hierzu sind für Erneuerung 65, Renovierung 40 und Reparatur 10 Jahre mit einem Zinssatz von 3,5 %/a und einer Preissteigerungsrate von 2 %/a verwendet worden.

Pro Jahr steht in Wunstorf ein Budget von 2.000.000 €/a zur Verfügung. Dabei ist zu beachten, dass etwa 20 % dieses Budgets zurückgehalten werden sollte, um Nebenkosten, weitere Kosten durch zusätzliche Haltungen und unerwartete Kosten bezahlen zu können.

Da es mit einem Budget von 2.000.000 €/a nicht möglich ist alle schweren Schäden in den Schadensklassen 0 und 1 gleichzeitig sanieren zu können, sollte eine Priorisierung anhand der vorhandenen Schäden in den Haltungen stattfinden. Dabei sollte eine Rangliste verwendet werden, bei der die Schäden nach ihrer Schwere eingestuft sind. Anhand dieser Rangliste können Baulose vergeben werden, wobei Haltungen mit den schwersten Schäden eine höhere Priorität bekommen, sodass sie zuerst saniert werden können.

Da es für einen Ort wie Wunstorf nicht möglich ist beliebig viele Haltungen zu sanieren, ist es sinnvoll, von einer Grenze von 250 Haltungen pro Jahr auszugehen.

Als Strategie für die Sanierung des Wunstorfer Kanalnetzes sollte eine Kombination aus Feuerwehrstrategie, Zustandsstrategie, Substanzwertstrategie, Mehrspartenstrategie und gebietsbezogener Strategie angewendet werden.

Wie in Abbildung 96 zu erkennen, wäre es mit dieser Strategie möglich, dass sich das Kanalnetz innerhalb der ersten 20 Jahre soweit verbessert, dass sich keine Haltungen mehr in den Schadensklassen 0 und 1 befinden. Weitere 10 Jahre später könnte man sogar nur noch Haltungen in den Schadensklassen 3, 4 und 5 haben. Nach den ersten 30 Jahren, in denen eine starke Verbesserung des Kanalnetzzustandes stattgefunden hat, würde sich das Verhältnis der Schadensklassen, aufgrund der immer neu entstehenden Schäden langsam verstetigen. Nach ca. 50 Jahren würde die Verbesserung des Kanalnetzes so gut wie stagnieren und auf diesem Level bleiben.

Aufgrund nicht vergebener Baulose sind für Haltungen, die in keinem Baulos enthalten sind, neue Baulose zu bilden. Eine Einordnung der Haltungen in vorhandene Baulose stellt auch eine Möglichkeit dar. Bei Haltungen, bei denen ein Sanierungsverfahren ungünstig gewählt ist, ist zu überlegen, ob ein anderes Verfahren besser geeignet ist.

Um Kosten zu sparen, sollte auch geschaut werden, ob sich mehrere Baulose mit gleichen Eigenschaften zusammenfassen lassen.

Sollte es dauerhaft durchführbar sein, jährlich 250 Haltungen sanieren zu können, ist es möglich, den Zustand des Kanalnetzes in und um Wunstorf stark zu verbessern und ihn zu verstetigen. Ein Budget von 2.000.000 €/a ist dabei nur in den Anfangsjahren nötig, da die Anzahl der schweren Schäden mit der Zeit abnimmt und weniger schwere Schäden geringere Kosten verursachen.

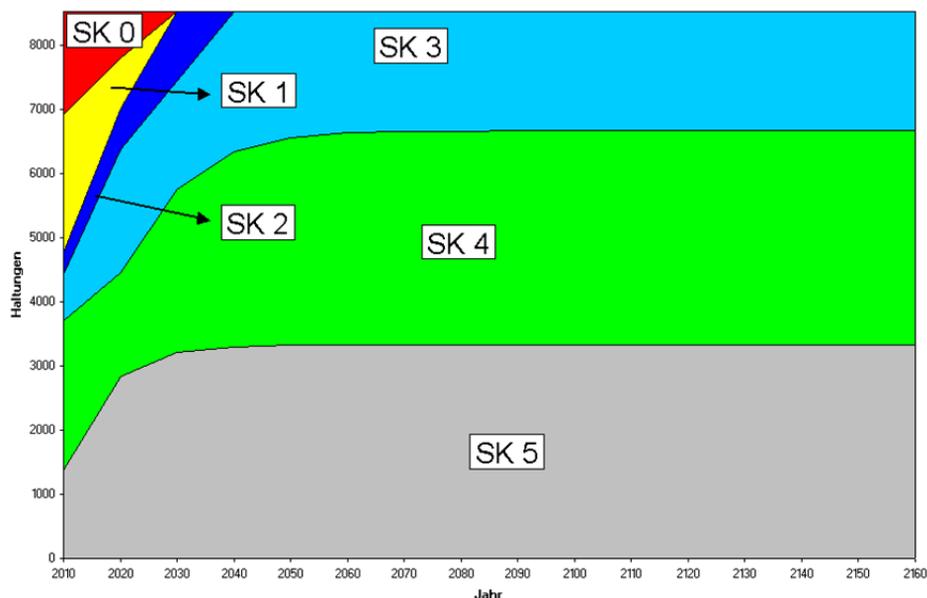


Abbildung 12: Kanalnetzentwicklung bei angewandter Strategie

## Optimierung einer Simulationsrechnung für Block-Heizkraftwerk-Anlagen (BHKW) im Gebäudebestand

**Tomasz Puzik B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Barbara Kaimann  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting

Datum des Kolloquiums: 29. September 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Heizungstechnik

In Kooperation mit: EANCO GmbH, Münster



Mit dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz möchte die Bundesrepublik Deutschland den Beitrag der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung auf 25 Prozent steigern. Anlass dessen hat das Bundesumweltministerium (BMU) eine nationale Klimaschutzinitiative, das Klimaschutz-Impulsprogramm, gestartet. Blockheizkraftwerke sind umweltschonende und energieeffiziente Anlagen, die bis zu 90 % der eingesetzten Energie nutzen. Sie stellen eine gute Alternative zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme dar und werden aus diesem Grund gefördert. In kürzester Zeit haben sich zukunftsorientierte Märkte gebildet und innovative Technologien durchgesetzt.

Contracting Unternehmen, wie z. B. die EANCO GmbH aus Münster verkaufen ihren erzeugten Strom sowie die erzeugte Wärme und leisten gleichzeitig einen nicht unerheblichen Beitrag zum Umweltschutz. Anlagenbetreiber müssen aufgrund des immer größer werdenden Kostendrucks und ganz speziell die Contracting-Unternehmen nach dem Wegfall der Förderung im August 2009, Möglichkeiten finden Kosten zu senken.

Dabei ist die Planungsphase die Entscheidendste. Schließlich bedeutet der Bau einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage die Investition von mehreren zehntausend Euro. Verständlicherweise wollen in einem solchen Projekt bereits in der Planungsphase alle die daraus resultierenden Risiken bekannt sein. Ziel ist es, die technische Auslegung und ihre Wirtschaftlichkeit so zu konzeptionieren dass Risiken so klein wie möglich gehalten werden.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurde ein Berechnungsprogramm für die EANCO GmbH erstellt. Eine Energiebedarfsermittlung nach Angabe des Verbrauchs ist Berechnungsgrundlage der Betrachtung, bei der zwischen Heizenergiebedarf und dem Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung differenziert wird. Alle benötigten Angaben werden in einem gesonderten Eingabebereich zusammengeführt. Alle Parameter für diverse Berechnungsvorgänge werden diesem Eingabebereich entnommen. Eine dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach der Kapitalwertmethode aus der VDI 6025 wird erstellt.

Alte und neue Anlagentechnik werden energetisch nach dem Tabellenverfahren der DIN-V 4701 Teil 10 betrachtet und verglichen. Zum Schluss werden alle Ergebnisse auf 15 DIN A4 Seiten ausdrückfertig zusammengefasst und zum Teil grafisch aufgearbeitet. Ebenfalls erlaubt die Software eine übersichtliche Archivierung aller Zählerstände mit anschließender Auswertung die ebenfalls ausdrückfertig zur Verfügung gestellt werden.

## Entwicklung eines Berechnungsverfahrens für die CO<sub>2</sub>-Konzentration in Schulklassen

Yiyi Qiu B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Stefan Bauer M.Sc.

Datum des Kolloquiums: 02. August 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluftechnik

In Kooperation mit: Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co KG



In dieser Bachelorarbeit wurde die Entwicklung eines Berechnungsverfahrens für die CO<sub>2</sub>-Konzentration in Schulklassen durchgeführt.

Zu Beginn des Projektes wurde die Darstellung des Stands der Technik vorgenommen. Anschließend wurde auf der Basis bekannter Ansätze, ein Berechnungsansatz für den Entwicklungsverlauf der Kohlenstoffdioxidkonzentration in belüfteten Räumen abgeleitet.

Mit Hilfe eines daraus abgeleiteten Rechenmodells, wurden Klassenräume mit unterschiedlichen Bedingungen simuliert. Dazu zählen zum Beispiel angepasste Luftwechselraten in den 45-Minuten-Unterrichtsstunden und auch in den 15-Minuten-Pausen.

Auf Basis von durchgeführten Messungen wurden die mit einem speziell entwickelten Excel-Tool berechneten Maximalkonzentrationen überprüft.

Im Hinblick auf die Änderung des Luftwechsels zeigt sich, dass die Konzentration des Kohlenstoffdioxids in Schulklassen direkt beeinflusst wird. Um optimale Luftwechselraten abzuschätzen, wurden in dieser Arbeit fünf unterschiedliche Szenarien simuliert.

Das entwickelte EXCEL-Tool zeigte dabei akzeptable Ergebnisse ab folgenden Luftwechselraten:

$$n_{\text{Unterricht}} = 4 \quad n_{\text{Pause}} = 5$$

Neben dem Außenluftbedarf bestimmt das Excel-Tool den Wärmebedarf im Unterrichtsfall und in der Pause. Dadurch wird es möglich Schullüftungsgeräte zu dimensionieren (Ventilatoren und WRG). Haupteckenerkenntnis hierbei war, dass ab einem Wärmerückgewinnungsgrad von ca. 78 % auf eine Zusatzheizung im Unterrichtsfall verzichtet werden kann

## Anforderungen an eine Aufbereitungsanlage zur Herstellung von Pharmawasser

**Dipl.-Oecotroph. Margret Radtke M.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christian Becke  
Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums:

20. Dezember 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

PharCoNa GmbH, Ahaus



Ein Unternehmen der Pharma- und Kosmetikbranche mit ca. 80 Mitarbeitern betreibt seit ca. vier Jahren eine Aufbereitungsanlage für gereinigtes Wasser. Dabei handelt es sich um entmineralisiertes Wasser, das als Rohstoff, Hilfsstoff und Reinigungsmittel für die Pharma- und Kosmetikproduktion eingesetzt werden kann. Das Aufbereitungsverfahren und das Endprodukt unterliegen den gesetzlichen Anforderungen des europäischen Arzneibuches und den Richtlinien der Guten Herstellungspraxis (GMP). Sobald dieses Wasser als Rohstoff für Arzneimittel verwendet wird, die in die USA geliefert werden, sind zudem die Vorgaben der United States Pharmacopeia (USP) und der Food and Drug Administration (FDA) einzuhalten.

Anhand der routinemäßig erhobenen Daten der bisherigen Betriebsjahre und der Qualifizierungsunterlagen werden in dieser Masterarbeit „Die Anforderungen an die Aufbereitungsanlage für Pharmawasser“ kritisch überprüft. Deshalb werden zunächst die Vorgaben für die Trinkwasserqualität als Ausgangswasser und für das gereinigte Wasser als Endprodukt dargestellt. Mit dem Überblick über die technischen und dokumentarischen Anforderungen werden die Voraussetzungen für die Aufbereitungsanlage komplettiert. Eine Vorstellung des bestehenden Aufbereitungssystems bietet die Grundlage für die weitere Auswertung.

Die kontinuierlich archivierten Messungen der prozess- und qualitätsrelevanten Parameter der vergangenen 24 Monate werden mithilfe des Statistikprogramms SPSS aufbereitet. Analysenberichte, handschriftliche Aufzeichnungen und Qualifizierungsunterlagen werden gesichtet sowie Auffälligkeiten und Grenzwertabweichungen näher untersucht.



Bild: Aufbereitungsanlage für Pharmawasser

Die vorhandene Aufbereitungsanlage ist geeignet, die gewünschte Wasserqualität qualitativ und quantitativ zur Verfügung zu stellen. Dennoch ist Optimierungspotential in der Betriebsphase, beim Monitoring und in der Dokumentation aufgedeckt worden. Für die konkrete Umsetzung im Unternehmen ist abschließend ein Maßnahmenplan erarbeitet worden, um die im pharmazeutischen Umfeld geforderten gesetzlichen Grundlagen sowie die Gute Herstellungspraxis (GMP) zu gewährleisten.

## Verbesserung der stofflichen und energetischen Nutzung von Gärresten aus Biogasanlagen

**Henning Renneke B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Dipl.-Ing. Helge Beermann

Datum des Kolloquiums:

14. März 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit:

E.ON Westfalen Weser Energie-Service GmbH, Kirchlingern



Als regionaler Energiedienstleister betreibt die E.ON Westfalen Weser Energie-Service GmbH (EWAES) seit 2008 am Standort Kirchlingern eine Biogasanlage, die mit Maissilage und Hühnertrockenkot gefüttert wird.

Das entstehende Biogas wird vor Ort in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) mit 1 kW elektrischer und 1,1 kW thermischen Leistung genutzt. Die anfallende Wärmeenergie wird über ein Wärmenetz an die circa 400 m entfernten Verwaltungs-, Sozial- und Kraftwerksgebäude des Unternehmens weitergeleitet.

Pro Jahr fallen 3.600 t Gärreste mit einem Trockensubstanzgehalt von 25 % an, die bis jetzt von den Landwirten, welche die Maissilage liefern, kostenfrei abgenommen werden. Allerdings dürfen laut der Düngemittelverordnung nur begrenzte Mengen Dünger pro Hektar und Jahr ausgebracht werden. In einigen Landkreisen kommt es daher schon jetzt zu einem Nährstoffüberschuss, sodass die Gärreste in weiter entfernte nährstoffarme Gebiete transportiert werden müssen. Durch den weiteren Zubau von Biogasanlagen ist mit einer Verschärfung der Problematik und daraus folgenden Kosten für den Abtransport der Gärreste zu rechnen.

Zusätzlich kann die anfallende thermische Wärmemenge des BHKW insbesondere in den Sommermonaten nicht abgenommen werden und wird über einen Notkühler an die Umgebung abgegeben. Diese Wärme gilt es zu nutzen, um die Gesamteffizienz der Anlage zu erhöhen.

Eine Analyse des auf 80 % Trockensubstanzanteil getrockneten Gärrestes zeigt, dass dieser einen mit Stroh vergleichbaren Heizwert hat. Des Weiteren kann durch die Trocknung der zu transportierende nutzlose Wasseranteil vermindert werden.

Ziel ist es, die Gärreste energetisch zu nutzen und gleichzeitig Kunden in einem Wärmecontracting einen günstigen, CO<sub>2</sub> neutralen Brennstoff zur Verfügung zu stellen. Dabei soll außerdem die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage erhöht werden. Es wird ein Kessel benötigt, der für die Verbrennung von Gärresten geeignet ist und mit vertretbarem Genehmigungsaufwand bei den Kunden vor Ort errichtet werden kann.

Ein Prototyp-Kessel zur Wärmeerzeugung aus Gärrestepellets wird derzeit bei einem Kooperationspartner der EWAES entwickelt und getestet. Erste Erkenntnisse aus dem Probetrieb zeigen, dass die Abgasemissionen unter den Grenzwerten der 4. BImSchV liegen und dass die Konstruktion den spe-

ziellen Anforderungen des Brennstoffes gerecht wird. Außerdem sind in der anfallenden Asche die Nährstoffe stark aufkonzentriert vorhanden und die Grenzwerte für Schadstoffe gemäß Düngemittelverordnung werden unterschritten. Daher ist die Asche als transportwürdiger Dünger zu betrachten.

In der Bachelorarbeit wurden die vorhandenen Informationen und Erfahrungen zusammengefasst und weitere technische und wirtschaftliche Betrachtungen durchgeführt.



Abbildung: Brennraum Biomassekessel (Brennstoff Gärrestpellets)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass als nächster Schritt, ein dauerbetriebsfähiger Biomassekessel, der für die Verbrennung von Gärrestpellets geeignet ist, im realen Betrieb einer Heizzentrale getestet werden muss.

Mit zugekauften Gärrestpellets wird der Probetrieb gestartet und mit ausführlichen Messungen der Emissionen und Analysen der Asche begleitet. Der Probetrieb sollte in enger Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde erfolgen, um eine Genehmigung des Kessels nach der 4. BImSchV in Verbindung mit dem Brennstoff Gärrest zu erhalten.

Sollte die Genehmigung gelingen, wäre der folgende Schritt die Planung der notwendigen Anlagen zur Herstellung eines konditionierbaren Gärrest-Brennstoffes am Standort der Biogasanlage in Kirchlengern.

Mit der Umsetzung dieses Konzeptes würde die Gesamteffizienz der Biogasanlage erhöht und es könnte in Heizzentralen ein fossiler Brennstoff durch einen biogenen, CO<sub>2</sub> neutralen Brennstoff substituiert werden.

## Technische Beurteilung des werksinternen Erdgasversorgungsnetzes der SCHOTT AG in Grünenplan

**Konstantin Repke B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus

Datum des Kolloquiums: 08. März 2011

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Gasversorgungswirtschaft

In Kooperation mit: SCHOTT AG, Grünenplan



Mit der letzten Fassung des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) aus dem Jahre 2005 hat die technische Sicherheit der Energieanlagen eine besondere Bedeutung bekommen. Alle Baugruppen der Erdgasversorgung auf dem Werksgelände einschließlich der Absperrarmatur vor der Verbrauchsanlage waren als Energieanlagen definiert. EnWG § 11 (1) verpflichtet die Betreiber von Erdgasversorgungsnetzen, diese zu warten und bedarfsgerecht zu optimieren.

Das werksinterne Erdgasversorgungsnetz der Schott AG in Grünenplan ist vor vielen Jahrzehnten entstanden. In dieser Zeit wurde das Erdgasversorgungsnetz nach entstehendem Bedarf mehrmals nachgerüstet und umgebaut. Entsprechend sind die Anlagenteile aus verschiedenen Baujahren und müssen regelmäßig gewartet und bedarfsgerecht unter Berücksichtigung des Bestandsschutzes optimiert werden.

In den letzten Jahren verfolgte die SCHOTT AG in Grünenplan das Ziel, das werksinterne Erdgasversorgungsnetz den Anforderungen der technischen Regelwerke, Verordnungen und Gesetze anzupassen. Dieses Ziel ist auch der Grund für diese Bachelorarbeit gewesen.

Während dieser Bachelorarbeit wurden die vorhandenen Informationen über die Technik, Organisation und Qualifikation der Mitarbeiter gesammelt, aktualisiert und gemäß den Anforderungen der technischen Regelwerke, in erste Linien der DVGW-Regelwerke, überprüft. Dies ist nötig, um später Sachverständige für die Untersuchung des Erdgasversorgungsnetzes zu beauftragen und auf diese Untersuchung vorzubereiten. Zurzeit laufen schon Gespräche jeweils mit dem DVGW, GWI und dem TÜV.

Im Verlauf dieser Arbeit wurde das werksinterne Erdgasversorgungsnetzschema aller drei Werke auf Mängel hinsichtlich der Sicherheitsanforderungen untersucht. Die einzelnen Anlagenteile wurden, nach ihrer Art differenziert, in den Tabellen erfasst und nach den Anforderungen der technischen Regelwerke beurteilt. Daraus folgten kurzfristige, mittelfristige und langfristige Maßnahmenpläne, um die identifizierten Mängel zu beheben.

**Dipl.-Ing. Jens Risse M.Eng.**Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Stefan Bauer M.Sc.

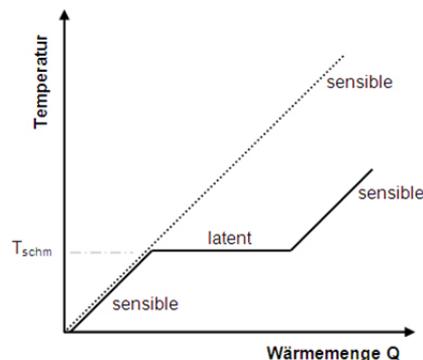
Datum des Kolloquiums:

31. März 2011

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

Diese Masterarbeit beinhaltet die Erstellung eines Messverfahrens für Latentspeichersysteme in der Gebäudetechnik, unter Verwendung eines geeigneten Prüfraums, zur Untersuchung der Systeme.

Die zu untersuchenden Systeme, sind Produkte, die mit einem „phase change material“ (PCM) ausgestattet werden. Das PCM beeinflusst dabei die Eigenschaften des Produktes positiv. In der Raumluftechnik sind das z. B. Flächenheiz- und Kühlsysteme aber auch dezentrale Brüstungslüftungsgeräte. Mit diesen Produkten lässt sich Energie in Form von Wärme oder Kälte zwischenspeichern. Ändert sich die Temperatur im Raum, und dadurch die Temperatur des PCM, wird der Phasenwechsel durchschritten. In diesem Zeitraum, der für das Schmelzen des PCM benötigt wird, stabilisiert sich die Temperatur im Raum auf einen konstanten Wert.

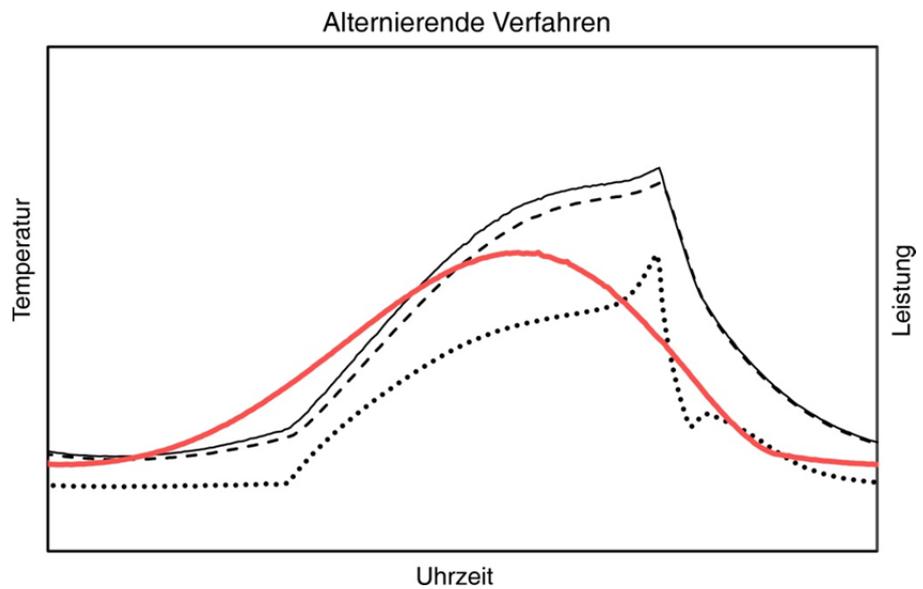


Um Untersuchungen von PCM Produkten durchführen zu können, müssen Prüfbedingungen und Verfahren entwickelt werden. Ziel dieser Messverfahren ist es, reproduzierbare Produktkennwerte zu erhalten. Für viele Anwendungen in der Gebäudetechnik finden stationäre Verfahren Anwendung. Hierzu zählt z. B. die DIN EN 14240:2004, die für die Leistungsmessung von Kühldecken zuständig ist. Da nicht für jeden Anwendungsfall ein stationäres Messverfahren sinnvoll ist, muss eine Unterscheidung zwischen stationären oder instationären Messverfahren stattfinden. Stationäre Messverfahren finden Verwendung, wenn ein zeitunabhängiger Zustand erreicht wird. Dieser Punkt ist repräsentativ um Leistungskennwerte zu ermitteln. Instationäre Messverfahren werden genutzt, wenn kein zeitunabhängiger Zustand eine Ermittlung von Leistungskennwerten zulässt. Ist dies der Fall, ist es notwendig, eine Zeitraumbetrachtung vorzunehmen.

Mit Hilfe von zwei Messverfahren, dem Sprungkühllast-Verfahren und dem al-

ternierenden Verfahren, lassen sich Zustandsänderungen im Prüfraum herbeiführen. Sie erlauben, Rückschlüssen auf das verwendete PCM-System zu ziehen.

Dabei beruhen die entwickelten Messverfahren auf dem Prinzip der Bilanz der Energieströme eines Versuchsraumes. Mithilfe dieser Bilanzierung ist eine Ermittlung der Energiemengen, die in einem PCM zwischengespeichert werden, möglich.



**Gereon Rödel B.Sc.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

08. April 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Berufliche Bildung  
Versorgungstechnik, Schwerpunkt Umwelttechnik  
Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit:

Amt für Brandschutz, Neuss



Im Laufe der letzten Jahre, hat die Energiegewinnung durch Regenerative Energien zusehend an Bedeutung gewonnen und somit auch die Energiegewinnung durch Biogas. Durch die Novellierung von Gesetzen ist die Produktion mit Hilfe biologischer Substanzen ertragreich geworden und findet eine weite Verbreitung.

Mit steigender Anlagenzahl steigt aber auch die Gefahr von Betriebsunfällen wodurch Biogasanlagen zusehends in den Fokus der öffentlichen Feuerwehren rücken. Inhalt dieser Arbeit ist es, zu einem den Feuerwehren einen Einblick in die komplexen Zusammenhänge und Funktionsweisen von Biogasanlagen zu bieten, auf Gefahrenquellen und deren Entstehungen hinzuweisen und Maßnahmen zu deren Bekämpfung zu erläutern. Zum anderen werden den Betreibern von Biogasanlagen Verhaltensweisen und Handlungsempfehlungen während bzw. nach einem Unfall im Bereich ihrer Anlage gegeben.

Zu diesem Zweck setzt sich die Arbeit mit dem Prozess der Biogasproduktion auseinander und versucht diesen in einfachen Worten zu erklären. Hierbei finden verschiedene Möglichkeiten der Verwertung biologischer Abfälle Betrachtung, wobei auf die Möglichkeit der Verfaulung besonders eingegangen wird. Auch die umweltschonende Verwertung in einem CO<sub>2</sub> neutralem Kreislauf der Biostoffe, wie die folgende Abbildung zeigt, sowie das chemische Verfaul-Prinzip derer wird betrachtet.

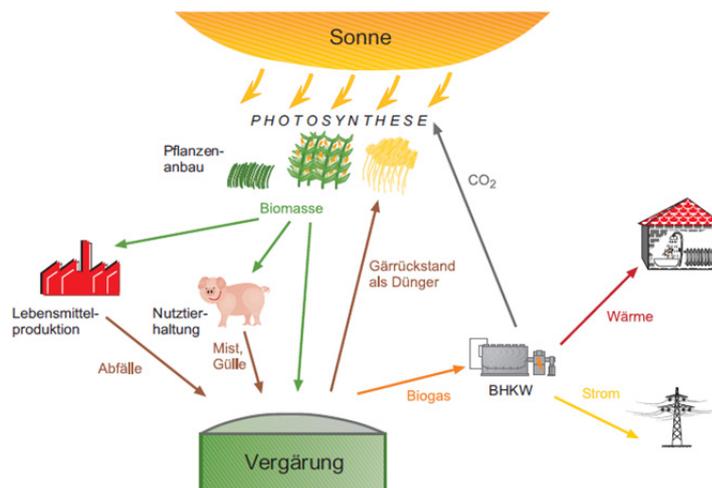


Abbildung 1: Globaler Biogaskreislauf

Die Arbeit stellt das Funktionsprinzip einer Biogasanlage dar und gibt detailliert Auskunft über die Prozessorte und Verfahrensschritte sowie Bauweisen und verwendete Baustoffe. Die Arbeit beleuchtet diese so ausführlich, da davon auszugehen ist, dass der Prozess für die Feuerwehr grundlegend unbekannt ist. Um aber Gefahren einschätzen zu können, sind Kenntnisse über die entsprechende Anlage nötig. Je tieferreichender diese Kenntnisse sind, desto besser können Gefahren erkannt oder ausgeschlossen werden. Der Einsatzleiter kann so begründete Anordnungen und Entscheidungen treffen. Zur besseren Übersicht ist folgendes Schema einer Biogasanlage eingefügt.

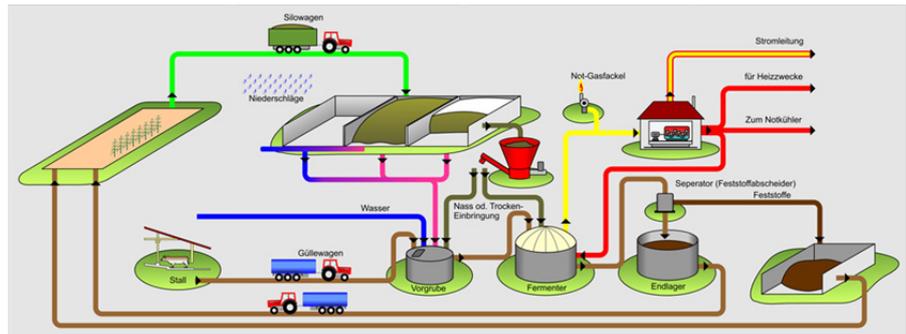


Abbildung 2: Gesamtfließschema einer Biogasanlage

Im nachstehendem werden alle relevanten und bedeutsamen Anlagenbauteile erwähnt und beschrieben. Die Beschreibung möglicher Gefahren, die von Bauteilen ausgehen könnten, erfolgt im weiteren Verlauf der Arbeit, ohne dass eine Garantie für deren Vollständigkeit gegeben werden könnte. Ebenso werden verschiedene Unfallszenarien, wie die untenstehenden Abbildungen zeigen, aufgeführt und einsatztaktische Verhaltensweisen empfohlen.



Abbildung 3: Brennender Gassack, das Gas verbrennt am Leck



Abbildung 4: Das Feuer hat auf die Unterkonstruktion übergegriffen

**Ulrich Rödel B.Sc.**

Erstprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Hans Detlef Römermann  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christian Becke

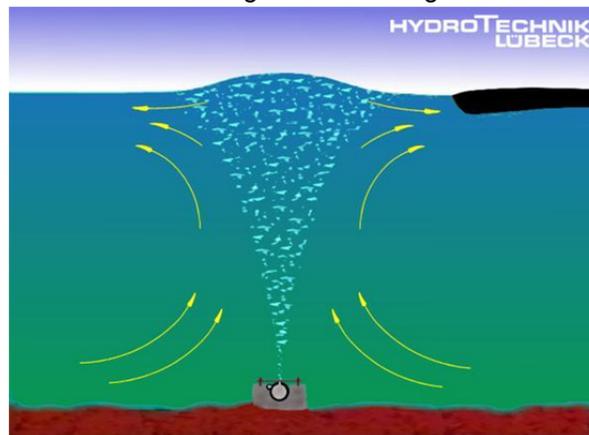
Datum des Kolloquiums: 06.04.2011

Studiengang: Berufliche Bildung  
 Studienrichtung: Versorgungstechnik, Schwerpunkt Umwelttechnik  
 Laborbereich: Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit: Amt für Brandschutz der Stadt Neuss

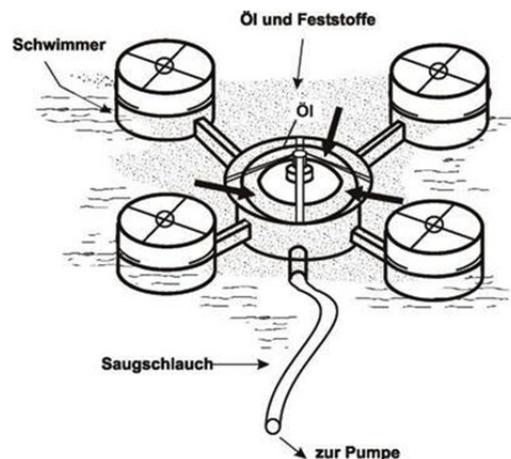


Ziel der Bachelorarbeit war die Erarbeitung eines Kataloges, der über die Notwendigkeit und die Möglichkeiten der Ölbekämpfung auf Binnengewässern informiert. 13 km Rhein fließen durch Neuss sowie die Erft, die hier in den Rhein mündet. Ein großer Industriehafen und zahlreiche Seen, Baggerseen, Kanäle und Biotope gehören zum Einsatzgebiet der Feuerwehr Neuss. Um allen erdenklichen Einsatzsituationen im Bereich der Ölwehr auf Binnengewässern gerecht werden zu können, ist es notwendig, ein spezielles Wissen über diese Stoffe zu besitzen. In der Bachelorarbeit wird anfangs auf Erdöl und Mineralöle ausführlich eingegangen und dargelegt, was Mineralöle eigentlich sind, was sie ausmacht und woraus ihre Gefährlichkeit für Gewässer resultiert. Im weiteren Verlauf wird über verschiedene Arten von Binnengewässern berichtet und eine Unterteilung dieser vorgenommen. Betrachtung findet nun das Aufhalten bzw. Umlenken von Öl auf Binnengewässern. Es werden zahlreiche provisorische vorgefertigte Notfallsperren und permanente Festkörpersperren dargestellt und verschiedenste Systeme erörtert, mit denen eine Ausbreitung und Verteilung von Öl verhindert werden kann.



Diese Abbildung zeigt eine permanente Ölsperre der Firma Hydrotechnik Lübeck die durch den Eintrag von Luft einen Blasenschleier bildet und so die Ausbreitung des Öls verhindert [1].

Verschiedenste Systeme für unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten und Gewässertiefen finden Beachtung. Nachdem die Möglichkeiten des Aufhaltens ausreichend beschrieben wurden, folgen die Möglichkeiten der Entnahme von Ölen aus dem Gewässer. Granulate, Skimmer und verschiedenste Sorptionsmittel werden aufgezählt, mit denen das „schwarze Gold“ oder in diesem Falle die „schwarze Pest“ aus dem Gewässer entfernt werden kann.



Die linke Abbildung zeigt einen Wehr- oder Überlaufskimmer [2], die rechte einen Bürstenskimmer eines Kollektor Systems [3].

Ebenfalls dargestellt wird die Entsorgung von ölverschmutzten Materialien sowie Gefahren die von diesen Materialien ausgehen können. Im Anschluss wird der als durchaus problematisch zu betrachtende Einsatz von Tensiden behandelt. Dabei findet Berücksichtigung, wie sich das Öl nach dem Einbringen des Tensids verhält, wie das Tensid selbst auf das Gewässer wirkt. Verschiedene Tenside, wie etwa Fluortenside und biogene Tenside und Oleate, werden betrachtet und untersucht. Zum Abschluss findet die Fachgruppe Ölschaden C des Technischen Hilfswerk (THW) Erwähnung. Erwähnung findet sie, da diese Spezialisten mit Spezialgerät auch den Feuerwehren zur Verfügung stehen und durch den Einsatzleiter der Feuerwehr angefordert werden können.

**Michael Rolfes B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Dr. Tanja Schmedes

Datum des Kolloquiums:

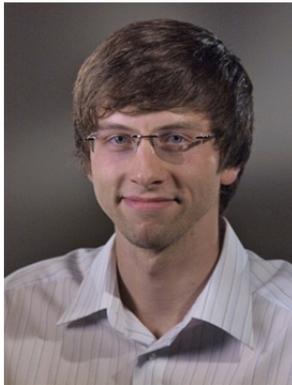
15. Oktober 2010

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen Energie- und Umwelttechnik

In Kooperation mit:

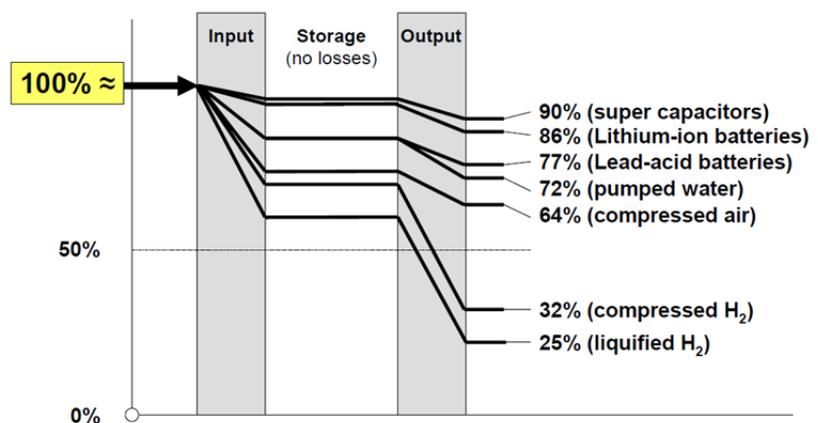
EWE AG und EWE NETZ GmbH, Oldenburg



Derzeit gleichen im elektrischen Netz in Deutschland meist großtechnische Energiespeicher Differenzen von Erzeugung- und Bedarfsmengen aus und verbessern die Versorgungsqualität. Insbesondere zur Integration der erneuerbaren Energien sind weitere Speicherkapazitäten notwendig, das Potenzial der kostengünstigsten Speichermethode in Pumpspeicherkraftwerken ist in Deutschland jedoch weitestgehend ausgeschöpft. Zum Ausgleich von regenerativ erzeugter Energie vor allem aus schwankend einspeisenden Wind- und Photovoltaikanlagen bietet sich demgegenüber auch eine dezentrale Speicherung an.

Dezentrale Energiespeicher können durch die Nähe zu Erzeugungsanlagen nicht nur die Netzbelastungen senken, sondern insgesamt die Aufnahme regenerativ erzeugter Energie unterstützen sowie lokal und in netzfernen Regionen das Stromangebot verstetigen. Ebenso sind Speicher im liberalisierten deutschen Strommarkt für intertemporale Arbitragegeschäfte nutzbar.

In der Bachelorarbeit werden unterschiedliche Speichertechnologien auf ihre Eignung zum Einsatz in elektrischen Verteilnetzen untersucht. Betriebswirtschaftlich, wie technisch ist bei der Bewertung von Speichern der Wirkungsgrad von hoher Bedeutung. Neben der zeitabhängigen Selbstentladung ist dieser insbesondere von Umwandlungsverlusten abhängig, welche je nach Speicherart sehr unterschiedlich ausfallen.



Umwandlungsverluste verschiedener Energiespeichersysteme ohne Berücksichtigung der zeitabhängigen Selbstentladung des Speichermediums

Neben der Analyse von diabaten und adiabaten Druckluftspeicherkraftwerken werden besonders Batteriespeicher ausführlich geprüft und verglichen. Als potenzielle dezentrale Speichertechnologien im stationären Netzbetrieb werden Lithium-Ionen-, Redox-Flow- und Natrium-Schwefel-Batterien besonders thematisiert.

Die Bachelorarbeit untersucht des Weiteren die Eignung von Verteilnetzen zum Einsatz von Energiespeichern. Hierzu werden die Maximalbelastungen der Betriebsmittel wie beispielsweise Transformatoren und Leistungsschalter charakterisiert und Voraussetzungen für den sinnvollen Einsatz von Speichern abgeleitet. Ebenfalls berücksichtigt werden Möglichkeiten, die das Verbrauchsverhalten in Zukunft verändern könnten, wie beispielsweise die Nutzung von Elektrofahrzeugen oder die Regelung von Verbrauchern mithilfe von Demand-Side-Management im Smart Grid.

Am Beispiel des Anschlusses eines Windparks an eine bestehende Umspannanlage wird daraufhin ein Speicher dimensioniert und mit dem Ausbau des Netzes verglichen. Durch Hochskalierung der Leistung des Windparks wird ein Netzengpass simuliert. Neben der Ausnutzung der thermischen Reserve eines Transformators wird unter Berücksichtigung unterschiedlicher Maximalbelastungen der übrigen Betriebsmittel der Speicherbedarf ermittelt und die Speicherleistung und -kapazität berechnet.

Neben der Darstellung weiterer Speichermöglichkeiten wie Wasserstoff und synthetisch hergestelltes Erdgas (Substitute Natural Gas, SNG) stellt die Arbeit die wichtigsten Parameter von Speichersystemen wie Investitionskosten, Wirkungsgrade und (Zyklus-) Lebensdauer gegenüber und beschreibt Einsatzmöglichkeiten und Forschungsbedarf unterschiedlicher Speichervarianten. Ebenfalls genannt werden bereits realisierte Projekte großer elektrochemischer Speicher in elektrischen Verteilnetzen der U.S.A. und Japan.



Natrium-Schwefel-Hochtemperatur-Speichersystem in New Orleans mit einer Leistung von 2 MW

Jonas Sabe B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke

Datum des Kolloquiums:

10. Juni 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie, Gebäude und Umwelt  
Umwelttechnik  
Labor für Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit:



Im Zuge der Erweiterung der Kläranlage Sindelfingen um eine Pulveraktivkohlebehandlungsstufe zum Rückhalt von Mikroschadstoffen befasst sich diese Arbeit im Besonderen mit den verschiedenen Möglichkeiten der Dosierung von Pulveraktivkohle in kommunales Abwasser. Durch das immer stärkere Auftreten von Mikroschadstoffen in kommunalem Abwasser sieht der Zweckverband Böblingen-Sindelfingen es als notwendig an, seine bestehende Kläranlage Sindelfingen 1 um eine Pulveraktivkohlestufe zu erweitern, um dieser neuen Herausforderung begegnen zu können. In folgender Abbildung ist das Fließschema der neuen Aktivkohlestufe abgebildet.

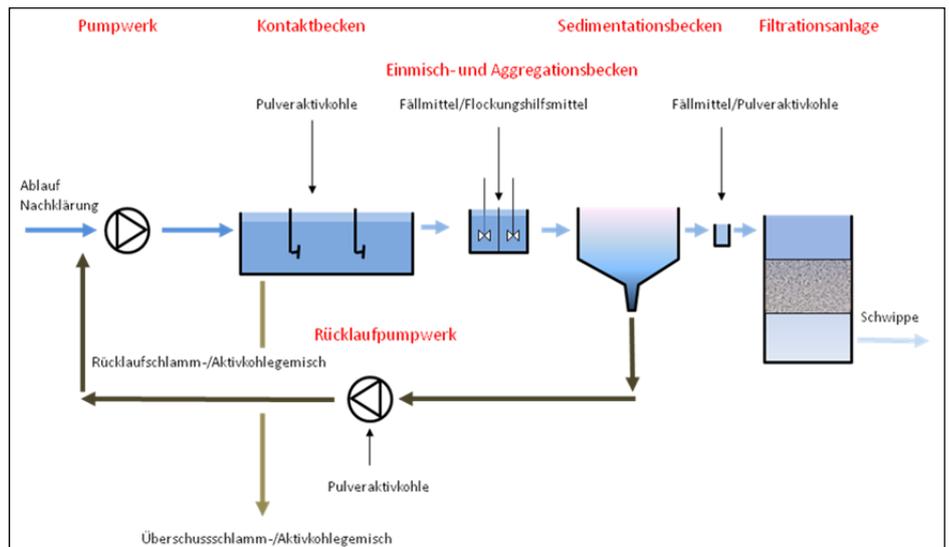


Abb. 1: Fließschema der Pulveraktivkohlestufe

Diese Arbeit befasst sich mit Aktivkohle im Allgemeinen, was die Herstellung, den Einsatz und die Aufbereitung betrifft. Auf rechtliche und sicherheitstechnische Aspekte, die beim Einsatz von Aktivkohle beachtet werden müssen, wird eingegangen. Eine besondere Herausforderung stellt der Explosionsschutz dar, der aufgrund des staubförmigen Produktes beachtet werden muss. Bereits eingesetzte Verfahren zur Dosierung werden aufgeführt und erläutert. Des Weiteren wird auf die gegenwärtige Situation der Kläranlage Sindelfingen eingegangen und erläutert, warum der Einsatz einer Pulveraktivkohlebehandlung in diesem Fall als sinnvoll angesehen wird. Hierbei muss der stark belastete Vorfluter „Schwippe“ besonders erwähnt werden. Durch den Einsatz der

Pulveraktivkohle wird es möglich sein, den Vorfluter bedeutend zu entlasten und dadurch die Gewässergüte nachhaltig zu verbessern. Nicht nur Mikroschadstoffe, sondern auch der CSB- und der Phosphat-Gehalt des Abwassers können durch den vermehrten Einsatz von Flockungsmittel gesenkt werden. Die Voraussetzungen für den Einsatz von Pulveraktivkohle sind durch das Vorhandensein einer Flockungsfiltration als besonders günstig zu bewerten, da diese unabdingbar ist, um einen nahezu feststofffreien Kläranlagenablauf zu gewährleisten. Die einzelnen Verfahrensschritte der Aktivkohlestufe werden dargestellt und ihre Funktion wird erläutert. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Betrachtung der Dosiermöglichkeiten von Pulveraktivkohle in kommunales Abwasser. In diesem Fall werden zwei Verfahren von zwei Herstellerfirmen genauer betrachtet und bewertet.

Diese Verfahren werden in ähnlicher Form von weiteren Herstellern angeboten. Beim ersten Verfahren handelt es sich um die Möglichkeit der Pulveraktivkohlezugabe über eine Wasserstrahl-Feststoffpumpe. Bei diesem Verfahren wird die Aktivkohle aus einem Silo über einen Trichter mit Hilfe von Wasser als Treibmittel, dem zu behandelndem Abwasser zugegeben. Beim zweiten Verfahren wird eine Aktivkohlesuspension angesetzt, die dann über eine Dosierpumpe dem zu behandelnden Abwasser zugegeben wird. Beide Verfahren wurden eingehend betrachtet und auf ihre Eignung für den Einsatz auf Kläranlagen hin bewertet. Als Ergebnis dieser Betrachtung kam heraus, dass keines der untersuchten Verfahren als besser geeignet bewertet werden kann, sondern beide ihre gewissen Vor- und Nachteile haben. Bei Verfahren 1 mit Feststoffpumpe ist laut Hersteller der Wartungsaufwand geringer, da die Technik sehr einfach ist. Verfahren 2 ist laut Hersteller sparsamer was die eingesetzte Menge an Aktivkohle angeht, da ein sehr exaktes dosieren möglich ist. Untersucht wurden beide Verfahren auf ihre Wirtschaftlichkeit wobei sich zeigte, dass beide Verfahren, was Investitionskosten und Betriebskosten betrifft fast gleichauf liegen. Ergebnis der Arbeit ist, dass nach dem derzeitigen Kenntnisstand kein Dosierverfahren pauschal als am besten für den Einsatz auf Kläranlagen bewertet werden kann, sondern das bei jedem Neubau einer Aktivkohlebehandlung geprüft werden sollte, welches Verfahren für den jeweiligen speziellen Einsatz besser geeignet ist.

**Neuplanung der Wärmeerzeugung in einem Hotel- und Gastronomiebetrieb****Dipl.-Ing. Johannes Schabos**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus  
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Tobias Peselmann

Datum des Kolloquiums: 30. August 2010

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: WESSLING Beratende Ingenieure GmbH, Altenberge



Klimaschutz und Energieeinsparung, im Zusammenhang mit der Endlichkeit der fossilen Energieträger, stehen heute mehr denn je im Vordergrund der Energiepolitik.

Durch die Tatsache, dass unsere Energiereserven in den nächsten Jahrzehnten aufgebraucht sein werden, hat das Energiesparen gerade in der Heizungstechnik einen großen Stellenwert eingenommen.

Heute werden etwa 30 % des Endenergiebedarfs der Bundesrepublik Deutschland für die Raumheizung benötigt. Diesen Anteil gilt es zu reduzieren. Denn 92 % aller Wohn- und Nutzflächen in Deutschland entfallen auf Gebäude, die vor der Wärmeschutzverordnung von 1995 errichtet worden sind und damit nicht den heutigen Standards genügen.

Ein weiteres Potenzial zur Reduzierung des Energiebedarfs schlummert in nicht bedarfsgerechten und veralteten Heizungsanlagen mit schlechtem Wirkungsgrad. Dabei kann schon durch einfache und vor allem günstige Maßnahmen eine erhebliche Reduzierung des Energiebedarfs in den meisten Gebäuden erreicht werden.

Ziel der vorliegenden Diplomarbeit, ist die Neuplanung der Wärmeerzeugung in dem Hotel und Gastronomiebetrieb Domschenke Groll in Billerbeck.

Auf Grundlage der Erfassung des Ist-Zustands wurde ein Energiekonzept zur Steigerung der Energieeffizienz erstellt. Darüber hinaus wurden eine neue Wärmeerzeugung konzipiert und eine Schwachstellenanalyse durchgeführt. Hierdurch wird eine zukunftsfähige, wirtschaftliche und nachhaltige Energieversorgung für die Gaststätte sichergestellt.

Jochen Schipper B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting

Datum des Kolloquiums:

11. August 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Energietechnik  
Elektrotechnik/Elektrizitätsversorgung

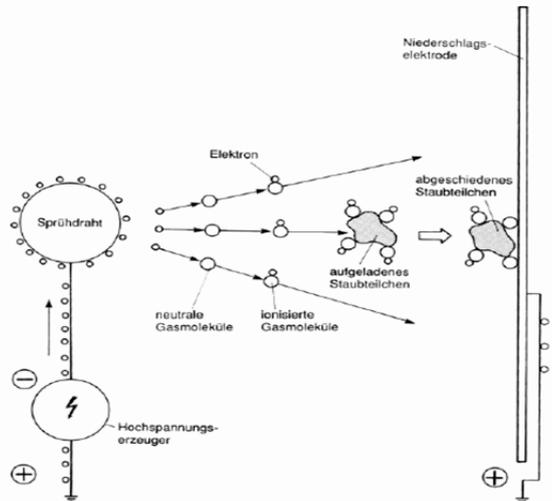
In Kooperation mit:

RWE Power Kraftwerk Westfalen, Hamm



Das Kraftwerk Westfalen ist ein Steinkohlekraftwerk, welches Importsteinkohle als Hauptbrennstoff verwendet. Bei der Verbrennung von Steinkohle entstehen große Mengen Staub im Rauchgas. Um die nachgeschalteten Rauchgasreinigungen nicht zu beschädigen und gesetzliche Vorschriften einhalten zu können muss in der Rauchgasreinigung dieser Staub, mithilfe eines elektrischen Abscheiders, abgeschieden werden. Aufgrund anfänglich zu hoher Staubgehalte im Reingas, nach Elektrofilter, bedarf das Elektrofilter einer Überprüfung und gegebenenfalls einer Optimierung.

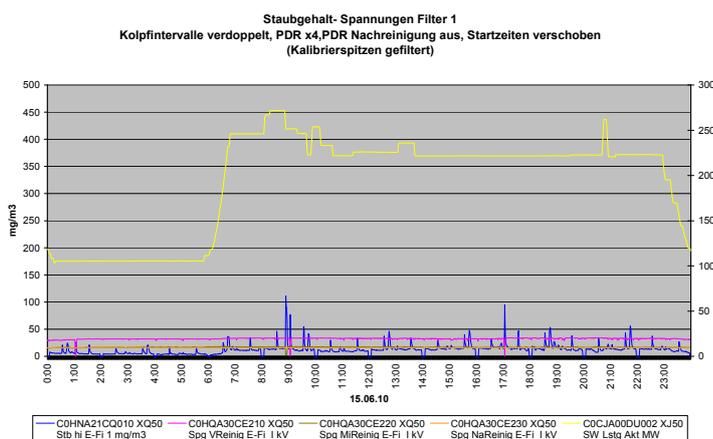
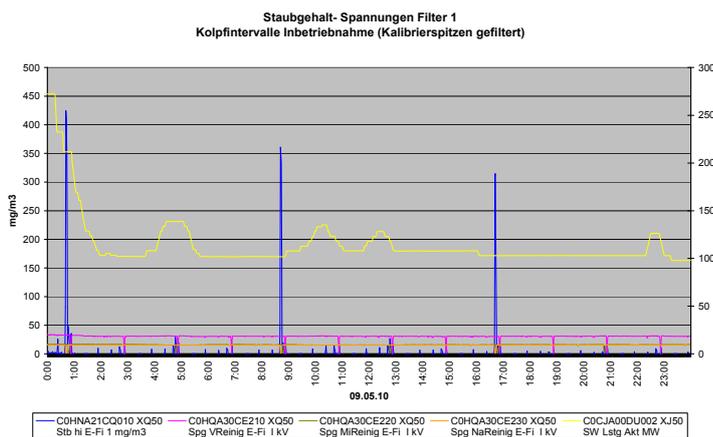
Das Elektrofilter funktioniert auf der Basis der Teilchenaufladung mittels einer hohen Gleichspannung. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht diesen Prozess.



Der negative Pol eines Hochspannungserzeugers ist an die sogenannte Sprühelektrode angeschlossen. Von der Sprühelektrode treten durch eine Korona-Entladung Elektronen aus der Sprühelektrode und lagern sich an neutrale Gasmoleküle. Dabei werden diese Gasmoleküle ionisiert. Die ionisierten Gasmoleküle lagern sich an Staubteilchen an und laden diese dabei negativ auf. Durch die Aufladung wandern die Staubteilchen zur Niederschlags-elektrode, wo sie abgeschieden werden. Durch Klopferwerke werden die abgeschiedenen Staubteilchen abgeschlagen und der Feuerung wieder zugeführt. Das hier betrachtete Elektrofilter besteht aus zwei parallel angeordneten Filtergehäusen, die in Vor-, Mittel- und Nachreinigung unterteilt sind.

In dieser Arbeit wurde ein konventionelles Hochspannungsgerät mit einem zu Testzwecken, in die Vorreinigung des zweiten Filtergehäuses, eingebauten Hochfrequenz-Hochspannungsgerät verglichen. Im Weiteren wurde versucht Staubspitzen, welche beim Abreinigungsprozess der Niederschlags Elektroden entstehen, durch Umstellen der Klopfzeiten zu minimieren. Um die Staubgehalte im Reingas miteinander vergleichen zu können, wurden Messungen bezüglich Staubgehalt, Volumenstrom, Temperatur und Druck auf Plausibilität überprüft und festgestellt, dass ein Vergleich der Elektrofilter zulässig ist. Es wurden sämtliche Messwerte im Minutenmittel von der Leittechnik aufgezeichnet und in Diagramme übertragen.

Versuche mit dem Hochfrequenz-Hochspannungsgerät zeigten keinen weiteren Erfolg in Bezug auf den Abscheidegrad. Unter Berücksichtigung der Energieeffizienz konnten mit dem Hochfrequenz-Hochspannungsgerät Erfolge verzeichnet werden, die allerdings in Anbetracht der Laufzeit des Blockes nicht relevant waren. Um Zusammenhänge der Staubspitzen mit Klopfungen zu belegen, wurden unterschiedliche Diagramme angefertigt und übereinandergelegt. Es wurden verschiedene Versuche zur Klopfzeitenoptimierung gefahren, die in Bezug auf Staubspitzen große Erfolge zeigten. Die nachfolgenden Diagramme zeigen die Staubspitzen zu Anfang der Versuchsreihe und zu Ende der Versuchsreihe.



Durch Umstellung der Klopfzeiten im Rahmen dieser Arbeit wurde gezeigt, dass eine Minimierung der Staubspitzen und damit eine Optimierung des Elektrofilters möglich ist.

**Dipl.-Ing. Timo Schröder**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting

Datum des Kolloquiums: 26. November 2010

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Kommunal- und Umwelttechnik  
 Laborbereich: Haus- und Energietechnik

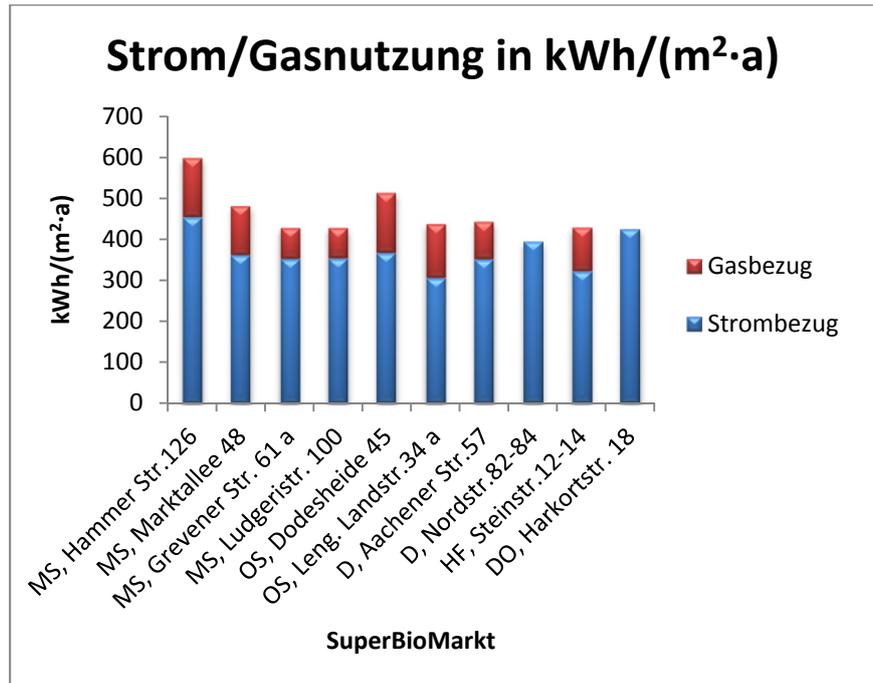
In Kooperation mit: SuperBioMarkt AG, Münster



Kaum ein Tag vergeht, an dem wir nicht von steigenden Energiepreisen hören. Die Hauptgründe für diesen Preisanstieg liegen in der Endlichkeit der fossilen Brennstoffe wie Kohle, Öl und Erdgas sowie einem stark angestiegenen Energiebedarf in den sogenannten Schwellenländern wie China und Indien. Die steigende Nachfrage nach Energie sorgt nicht nur für einen Anstieg der Preise, sondern auch für einen erhöhten Ausstoß von Treibhausgasen wie Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) oder Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). Diese Treibhausgase beschleunigen den Prozess der globalen Erwärmung und verändern somit unser Klima und den Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen nachhaltig. Durch ein jährliches Abfallaufkommen von 400 Mio. Tonnen pro Jahr allein in Deutschland werden unsere Umwelt und damit unser Lebensraum weiter belastet. Die kommunalen Gebühren für Abfallwirtschaft sind in den letzten Jahren weiter gestiegen.

Ziel der Diplomarbeit war es, dem Unternehmen Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Energie im Rahmen der Verkaufsstätten effizienter genutzt werden kann, um zum einen die Betriebskosten der Filiale zu senken und zum anderen natürliche Ressourcen und die Umwelt zu schonen. Zudem sollten die Kosteneinsparmöglichkeiten im Bereich der Abfallentsorgung überprüft werden.

Hierfür wurden nach Klärung der theoretischen Grundlagen und gesetzlichen Vorgaben zunächst alle Filialen der SuperBioMarkt AG, die vor dem Jahr 2007 eröffnet wurden, auf ihre Energienutzung der letzten drei Jahre untersucht. Neben den Gesamtkosten für Strom- und Gasnutzung wurden für jede Filiale auch spezifische Werte wie die Energienutzung pro Quadratmeter Verkaufsfläche ermittelt, wie die folgende Grafik zeigt.



Ergebnis dieser Untersuchungen war unter anderem, dass ungefähr 86 % der Betriebskosten einer Filiale im Lebensmittel-Einzelhandel durch die Nutzung von Strom verursacht werden. Den größten Anteil an dieser Stromnutzung hat die Kältetechnik, die zur Kühlung der Waren benötigt wird.

Auf Grundlage dieser Daten wurde eine Filiale des Unternehmens in Münster in Zusammenarbeit mit der SuperBioMarkt AG ausgewählt und einer detaillierten energetischen Betrachtung unterzogen. Der Fokus der Optimierungsmaßnahmen lag dabei im Bereich energieeffizienter Anlagentechnik, da dort die größten Einsparpotenziale erzielt werden können.

So wurde neben verschiedenen organisatorischen Maßnahmen wie bspw. einem Wechsel des Stromanbieters, vor allem technische Maßnahmen auf ihr Potential die Energieeffizienz zu verbessern untersucht. Unter anderem wurden der Einbau einer Ventilationseinheit mit Wärmerückgewinnung in der vorhandenen Lüftungsanlage und ein System, das die Abwärme der Kältetechnischen Anlagen der Filiale nutzt für das Unternehmen auf seine Wirtschaftlichkeit untersucht. Ergebnis dieser Untersuchung war, dass sich beide Konzepte als wirtschaftlich herausgestellt und sich in ihrer Umsetzung kurzfristig bzw. mittelfristig für die SuperBioMarkt AG empfohlen haben.

Im Bereich der Abfallentsorgung hat sich gezeigt, dass die Kosten für die Abfallbeseitigung durch Zusammenarbeit und Vereinbarungen mit den kommunalen Entsorgern gesenkt werden können. Jedoch sollte immer der Grundsatz Vermeiden vor Verwerten Anwendung finden.

## Vergleichende Rohrnetzrechnungen unterschiedlicher Rohrleitungssysteme und daraus resultierende Ausstoßzeiten für Warmwasser-Stockwerksinstallationen

Michael Schulze Greiving B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dipl.-Ing. Bernhard Rickmann  
Dipl.-Ing. Peter Reichert

Datum des Kolloquiums:

18. Januar 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:  
In Kooperation mit:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Sanitäre Haustechnik  
Geberit Vertriebs GmbH, Pfullendorf



Wer selber mal die Erfahrung gemacht hat und etwas länger auf warmes Wasser an der Entnahmearmatur warten musste, der weiß, wie langsam Sekunden vergehen. Die Wartezeit wird schnell zu einer halben Ewigkeit und verdirbt einem die gute Laune.

In dieser Bachelorarbeit werden Ursachen für verlängerte Ausstoßzeiten untersucht und Berechnungsvorschläge gemacht, womit sich eine temperaturabhängige Ausstoßzeit bestimmen lässt. Untersucht werden unterschiedliche Stockwerksinstallationen und Rohrleitungssysteme in Mehrfamilienhäusern. Erst der Versuch im Labor hat gezeigt, dass Ausstoßzeit nicht gleich Ausstoßzeit ist! Von größerer Bedeutung als das Rohrleitungssystem oder auch das Verlegesystem ist die gewünschte Warmwasser-Temperatur an der Entnahmestelle.

Wie in Abb. 1 zu erkennen ist, dauert es ca. neun Sekunden um das stagnierende Wasser auszustoßen (Ausstoßzeit kalt). Bis eine Temperatur von 50 °C erreicht wird, dauert es jedoch zwanzig Sekunden (Ausstoßzeit 50 °C). Verantwortlich für die Zeitdifferenz ist das Abkühlen des warmen Trinkwassers beim Durchströmen der kalten Stockwerksinstallation.

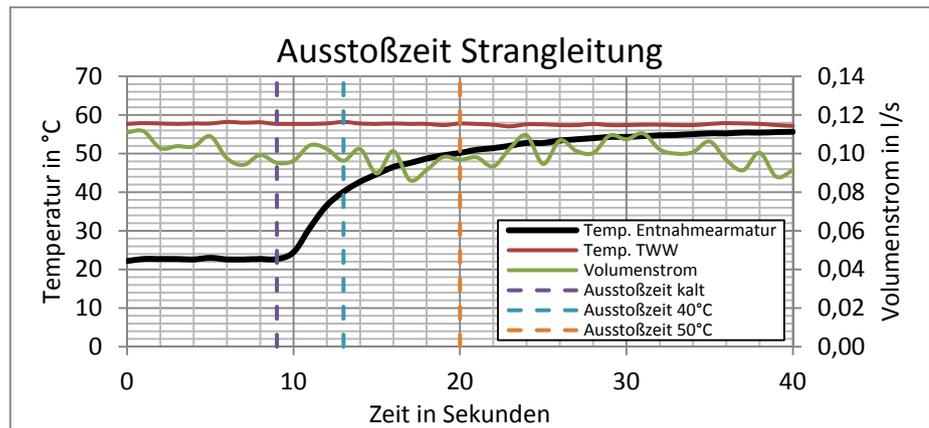


Abb. 13: Ausstoßzeit Strangleitung, Mehrfamilienhaus mit Warmwasserzirkulation bis zur Stockwerksinstallation

Bis heute gibt es keine normativen Planungsgrundlagen zur Einhaltung bestimmter Ausstoßzeiten. Der einzige maximale Wert ist in der 3-Liter-Regel zu sehen (DVGW GW 551). Doch schon bei einem Liter stagnierendem Wasservolumen kann es zu Ausstoßzeiten von mehr als 20 Sekunden kommen.

**Martin Schwienheer B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Datum des Kolloquiums:	11. August 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energietechnik
In Kooperation mit:	

Durch den vermehrten Einsatz von regenerativen Energie in der Stromversorgung wird es immer mehr Zeiten geben in den der Strombedarf und deren Produktion nicht identisch sind. Bei Strommangel werden sogenannte Schatzenkraftwerke zugeschaltet. Ist zu viel Strom im Netz müssen Kraftwerke abgeschaltet werden. Häufig werden Windkraftanlagen abgeschaltet, deren Strom eigentlich gefördert werden soll. Oder es wird der Strom ins Ausland für teuer Geld verschenkt. Weihnachten 2009 bekam ein Stromabnehmer für eine MWh die er abnahm 200 bis 300€. Will man diese vermeiden muss der Strom gespeichert werden. Doch welches ist die richtige Technik für diese Aufgabe?

Mit einer Spule kann man den Strom in einem Magnetischen Feld speichern. Der Strom muss dabei immer fließen. Die Energie würde dabei sehr schnell an den elektrischen Widerstand der Spulenwicklung abfallen. Um dieses zu verhindern wird besteht die Wicklung aus ein Supraleiter und die Spule wird mit flüssigen Helium gekühlt. Vorteil dieses Systems ist das der Strom bei Bedarf besonders schnell bereit gestellt werden kann. Nachteil die Kühlung ist sehr Energie aufwendig und es kann nicht sehr viel Strom gespeichert werden.

Kondensatoren speichern den Strom in einem elektrischen Feld. Die Kapazität wurde in den letzten Jahren stark vergrößert. Ihr Energiespeichervermögen ist aber immer noch sehr klein. So benötigt man um die Energie die in 20 Litern Benzin enthalten ist speichern zu können mehr als eine LKW-Ladung an Kondensatoren. Dem entsprechen ist der Preis auch sehr hoch.

Pumpwasserkraftwerke beruhen auf einer ausgereiften Technik. Aber um den Speicherbedarf der benötigt wird bereit zu stellen werden viele neue Pumpwasserkraftwerke benötigt. In Deutschland werden fast alle möglichen Standorte schon genutzt, oder sie scheitern an den Widerstand der Bevölkerung. Selbst die Nutzung von zusätzlichen Kapazitäten in Norwegen kann maximal 25% des Bedarfs decken. So das diese Technik nicht ausreicht für die mitteleuropäischen Stromwirtschaft.

Druckluftspeicher haben einen sehr geringen Wirkungsgrad. Es gibt zwar vielversprechende Ansätze diesen zu erhöhen, aber dann bleibt immer noch das Problem mit dem Standort. Diese Speicher benötigen unterirdische Salzstöcke in den man große Kavernen für die Druckluft spülen kann. Diese Salzstöcke werden noch von den Erdgasversorgern für ihre Erdgasspeicherung in Anspruch genommen. Auch sollen die Salzstöcke das CO<sub>2</sub>, das von der CO<sub>2</sub>

Abscheidung der Kohlekraftwerke kommt, aufnehmen. Deshalb werden diese Speicher keinen großen Beitrag zum Speicherbedarf leisten können.

Schwungradspeicher sind eine sehr interessante Technik. Man kann mit einem Schwungrad nicht so viel Energie speichern wie mit einem Pumpwasserkraftwerk. Dafür sind sie kleiner und man kann sie überall da aufbauen wo es einen Speicherbedarf gibt. Ihr Wirkungsgrad sinkt im Laufe der Zeit. Das liegt daran dass es bei den rotierenden Scheiben immer Verluste durch Reibung an der Luft und im Lager gibt. Um sie möglichst gering zu halten muss die Atmosphäre um das Schwungrad gegen Wasserstoff ausgetauscht werden und evakuiert werden. Mit vertretbarem Aufwand sind Drücke von 0,27Pa möglich. Ferner müssen statt Wälzlager Magnetlager eingesetzt werden. Diese haben eine wesentlich kleinere Reibungszahl. Mit diesen Maßnahmen sind Wirkungsgrade von 90% für einen Speicherzeitraum von 2 Tagen möglich.

Wasserstoff wird in den Medien als der Energieträger der Zukunft angepriesen. In Wirklichkeit kommt Wasserstoff in der Natur nicht frei vor. Er muss mit Energie hergestellt werden. Die Speicherung benötigt auch Energie und die Umwandlung in Strom ist auch nicht verlustfrei. Insgesamt kommt man auf einen Wirkungsgrad von maximal 50%. Dieser ist zu gering als dass Wasserstoff als Speicher für die Stromwirtschaft interessant sein könnte.

Beim Redoxflow Verfahren werden zwei Elektrolyte aus zwei Tanks durch den Reaktionsraum gepumpt. Hier wird beim Laden das eine Elektrolyt reduziert, und auf der anderen Seite einer trennenden Membran das andere oxidiert. Beim Entladen laufen die Reaktionen umgekehrt ab. Der Wirkungsgrad ist mit rund 80% recht hoch. Unerwünschte Reaktionsprodukte werden von Elektrolyt aus dem Reaktionsraum gespült. Sie sammeln sich in den Tanks an, wo sie nicht weiter stören. Aus diesem Grund ist dieses Verfahren sehr zyklisch stabil.

Akkumulatoren sind die am weitesten verbreitetsten Stromspeicher. Besonders bei Akkus auf Basis von Lithium und Natrium ist die Speicherdichte sehr hoch. Der große Nachteil von ihnen ist dass sie nicht besonders zyklisch stabil sind. So werden für Lithium Akkumulatoren maximal 4000 Ladezyklen angegeben. Bei einer täglichen Ladung halten die Akkus rund 11 Jahre. Danach müssen sie ersetzt werden. Bei Akkumulatoren auf Natrium Basis kann man die Anzahl an Ladezyklen erhöhen in dem die Speicherkapazität die genutzt wird verringert. So soll ein Natrium-Schwefel Akkumulator 6500 Ladezyklen durchhalten wenn nur 65% seiner Speicherkapazität genutzt wird. Seine Lebensdauer wird mit 16 Jahren angegeben. Diese ist zu kurz um wirtschaftlich interessant zu sein.

Für die kurzzeitige bis mittelfristige Speicherung des Stroms ist der Schwungradspeicher für die Stromwirtschaft interessant. Er ist leistungsstark genug um die Lastregelung im Netz wirksam zu unterstützen. Wenn Kraftwerke mit ihnen ausgerüstet würden könnten sie immer im optimalen Bereich betrieben werden, und müssten nicht bei Lastschwankungen ihre Leistung nachregeln. Für die längerfristige Speicherung bietet das Redoxflow-Verfahren die größten Vorteile. Die Speicherkapazität hängt nur von der Größe der Tanks ab. Die Leistung dieses Systems ist beliebig durch eine Reihenschaltung von Reaktionsräumen vergrößerbar. Von allen einsetzbaren Speichern besitzt dieses Verfahren die größte Lebensdauer und für längere Zeiten den größten Wirkungsgrad. Beim Redoxflow-Verfahren ist durch das austauschen der Elektrolyte eine schnelle Ladung möglich.

**Kai Schytrumpf B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Olaf Altepost
Datum des Kolloquiums:	29. Juni 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	TECE GmbH, Emsdetten



Die Thematik der Ringleitung als Bachelorarbeit wurde in Gesprächen mit Mitarbeitern der Fa. TECE erarbeitet. Die Ringleitung ist eine noch nicht viel beschriebene Verlegungsart für Trinkwasserinstallation. Von dieser wurden deutlich bessere hygienische und druckverlusttechnische Verhältnisse erwartet, als von anderen Installationsweisen. Aus diesem Grund sieht das Unternehmen in der Ringleitung ein großes Potenzial für die Zukunft und war daher an einer Bachelorarbeit zu diesem Thema sehr interessiert.

Die Problematik bei einem Ringleitungssystem ist bisher die Berechnung respektive die Auslegung. Aktuell ist eine Auslegung nur über eine komplexe strömungstechnische Berechnung oder eine Computer-Software möglich, wobei es für beide Varianten noch keine normativen Verweise gibt.

Um für diese Problematik neue Ansätze zu finden, sollten sowohl theoretische Berechnungen als auch praktische Messungen zum Thema Ringleitung durchgeführt werden. Für die Berechnungen wurde ein Softwarepaket aus dem Hause Dendrit verwendet. Für die Messungen wurde ein Prüfstand mit verschiedenen darin eingebauten Sanitärgegenständen geplant und errichtet.

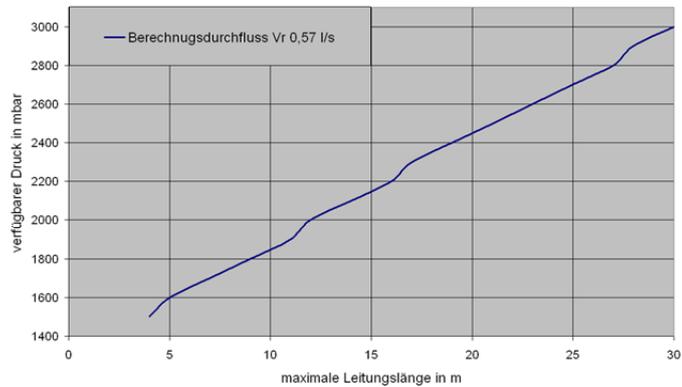
Aus den durchgeführten Berechnungen wurden Diagramme erstellt, die zukünftig eine einfache Auslegung von Ringleitungssystemen ermöglichen könnten. Diese Auslegungsdiagramme zeigen für die beiden TECE-Rohrsysteme TECEflex und TECElogo die maximal mögliche Rohrlänge bei einem bestimmten verfügbaren Druck. Die entwickelten Diagramme stecken sicherlich noch in den Kinderschuhen, sie bilden aber einen ersten Ansatz in Richtung einer sehr einfachen Auslegung eines Ringleitungssystems, bei der dann im Idealfall gar nicht mehr gerechnet werden muss.

Am Prüfstand wurden Messungen zu den Druckverhältnissen und zu den Strömungsverhältnissen einer standardisierten Hausinstallation in Ringleitungsbauweise durchgeführt. Die Druckmessungen kamen zu dem Ergebnis, dass die Verluste mit relativ niedrigen Werten in einem sehr guten Bereich lagen. Die Volumenstrommessungen zeigten ebenfalls sehr gute Ergebnisse.

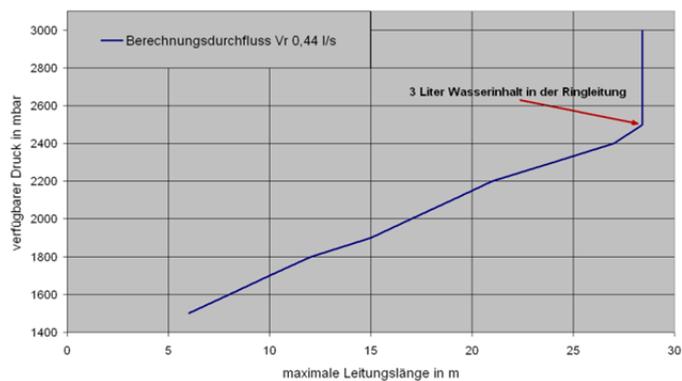
Es konnte messtechnisch erfasst werden, dass in jeder Situation, selbst bei den schlechtesten Druckverhältnissen, Wasser durch alle Leitungsabschnitte fließt. Durch diese Tatsache ist gewährleistet, dass der gesamte Wasserinhalt des Systems innerhalb sehr kurzer Zeitabstände immer wieder komplett ausgetauscht wird.

Die Ergebnisse der Messreihen zeigen deutlich, dass ein Ringleitungssystem aus hygienischer und strömungstechnischer Sicht ein sehr gutes, wenn nicht das beste System für die Trinkwasserinstallation ist. Daher ist eine weitere Publizierung dieser Verlegungsart sinnvoll. Je weiter sich die Verlegung von Ringleitungen in der Trinkwasserinstallation durch die Fachhandwerker durchsetzt, umso weniger Problemfälle wird es in Zukunft bei der Trinkwasserhygiene geben.

Auslegungsdiagramm für Ringleitungen mit TECEflex (TW)



Auslegungsdiagramm für Ringleitungen mit TECEflex (TWW)



## Vergleich mehrerer Anlagenkonzepte für die Umnutzung eines multifunktionalen Hochschulgebäudes unter Einbeziehung regenerativer Energien

**Andre Speit B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 30. August 2010

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

In Kooperation mit: Ingenieurbüro Nolte, Paderborn



Durch die Umnutzung eines Baumarktes zu einem multifunktionalen Sport- und Seminargebäude durch die Universität Paderborn ergab sich das Thema dieser Bachelorarbeit, einen Vergleich mehrerer Anlagenkonzepte für dieses Gebäude durchzuführen. Es sollen einige große Seminarräume, Büroräume für studentisches Arbeiten, eine Dreifachsporthalle und eine Automobilwerkstatt für die Studierenden in dem Gebäude entstehen.

Für die Bearbeitung dieser Aufgabenstellung wurden zunächst die Heizlast und der Heizwärmebedarf für das Gebäude zu Grunde gelegt, da Dieses im Zuge der Umbauarbeiten komplett wärmedämmte wird. Mit diesen Angaben als Grundlage wurden mögliche Anlagenkonzepte ermittelt. Unter Voraussetzung der Energieeinsparverordnung 2009 wurde geprüft, welche Konzepte unter Einbeziehung regenerativer Energien ermöglicht werden können. Die EnEV 2009 schreibt den Bauherren vor, dass gewisse Anteile des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes über regenerative Energien gedeckt werden müssen. Unter Berücksichtigung dieser Vorgabe wurden folgende Anlagenkonzepte anhand einer Wirtschaftlichkeitsberechnung und der Umweltbilanz miteinander verglichen. Als Referenzanlage diente ein Gas-Brennwertkessel.

- Gas- Brennwertkessel mit Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung
- Gas- Brennwertkessel mit Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und solarer Luftvorwärmung über Wandkollektoren
- Wasser- Wasser- Wärmepumpe
- Pelletkessel über Erdtank versorgt
- Blockheizkraftwerk mit Pelletkessel als Spitzenlastabdeckung

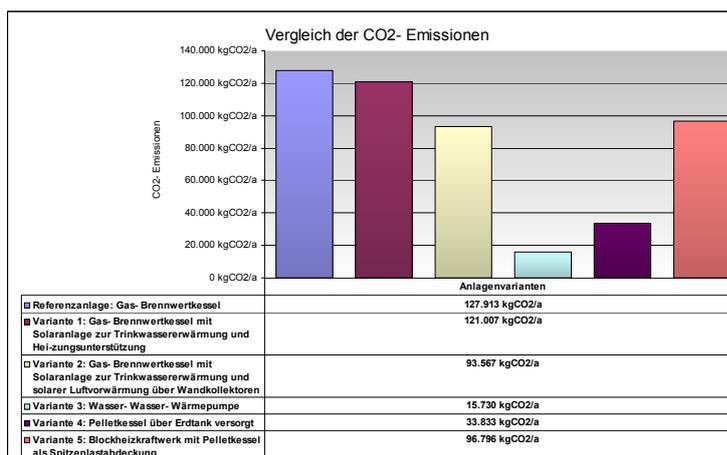
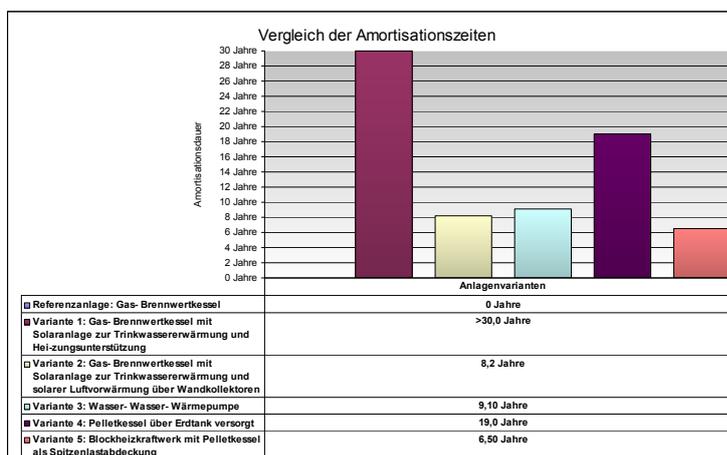
Anhand der Barwertmethode wurde bei diesen Anlagenvarianten die Wirtschaftlichkeit berechnet. Dazu wurden die gesamten Investitionskosten den jährlichen Kosteneinsparungen gegenübergestellt, um so die Amortisationszeiten der Konzepte bestimmen zu können.

Um die Umweltbelastung der Anlagenkonzepte zu ermitteln wurden als weiterer Vergleich die zu erwartenden CO<sub>2</sub>- Emissionen berechnet.

Nachdem diese Angaben ermittelt wurden, konnten die Ergebnisse der

Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Umweltbilanz verglichen werden, um einen Realisierungsvorschlag für die Universität zu erstellen.

Verglichen wurden die Amortisationszeiten, die gesamten Investitionskosten, die anteile der regenerativen Energien am gesamten Wärmebedarf und die CO<sub>2</sub>- Emissionen. Die folgenden Abbildungen zeigen im Vergleich die Amortisationszeiten und die CO<sub>2</sub>- Emissionen der Anlagenkonzepte.



Empfohlen wurde die Installation einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit einer Leistung von 400 kW. Dieses Konzept erweist sich als sinnvollste Alternative, da die CO<sub>2</sub>-Emission zu einem Gas-Brennwertkessel um ca. 87,7% verringert wird, und sich nach ca. 9 Jahren amortisiert. Ein Nachteil dieses Anlagenkonzeptes ist der hohe Investitionsaufwand von fast 250.000,00 €. Außerdem muss das Beheizungskonzept auf ein Temperaturniveau von 50/40°C ausgelegt werden, da die Wärmepumpe bei diesem Niveau die beste Jahresarbeitszahl aufweist.

## Projektierung einer hochenergieeffizienten Biogasanlage unter technischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten

**Dipl.-Ing. Tobias Steinbicker**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

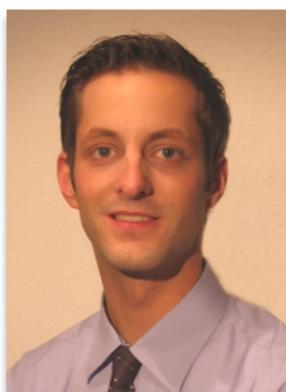
Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Dipl.-Ing. (FH) Jan Ahlers

Datum des Kolloquiums:

30. Oktober 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Versorgungs- und Entsorgungstechnik (Diplom)  
Technische Gebäudeausrüstung  
Energieversorgung und Energiewirtschaft



Durch die endlichen Vorkommen an fossilen Brennstoffen sowie dem fortschreitenden Klimawandel ist ein Umdenken hin zu regenerativen Energiequellen aktuell und in der Zukunft ein bedeutendes Thema unserer Gesellschaft.

Die Nutzung von Biomasse und Biogas kann einen erheblichen Beitrag zur Energieversorgung durch regenerative Energien für landwirtschaftliche Betriebe leisten.

Ziel der Arbeit war die Projektierung einer hochenergieeffizienten Hofbiogasanlage unter technischen, ökonomischen sowie ökologischen Gesichtspunkten.

Die in der projektierten Biogasanlage verwendeten Substrate sind Hühnerkot aus der eigenen Legehennenhaltung und Silomais, der käuflich erworben werden muss. Aufgrund des hohen Stickstoffgehaltes und der hohen Ammoniak- bzw. Ammoniumgehalte im Hühnerkot ist er jedoch nur bedingt für die Fermentation geeignet.

Um den Bakterienkulturen im Fermenter günstige Lebensbedingungen für die Biogasproduktion zu gewährleisten, sowie eine mögliche Hemmung des Prozesses zu verhindern, muss das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis zwischen 10:1 und 30:1 liegen. Als C-Lieferant wird Silomais eingesetzt, der neben den guten Ernteerträgen pro Hektar Ackerfläche auch eine hohe Biogausausbeute bietet. Es wurde ein Anteil von 30 % Hühnerkot und 70 % Silomais gewählt, um stabile Lebensbedingungen für die Bakterienstämme zu schaffen.

Die theoretische Jahresmenge an Biogas wurde mit 1.553.798 Nm<sup>3</sup>Biogas/a bestimmt. Durch die energetische Verwertung in einem Gas-BHKW werden daraus 3.295.656 kWh elektrischer Strom sowie 3.665.493 kWh Wärme gewonnen. Der Erlös für die Einspeisung des elektrischen Strom ins öffentliche Netz erzielt 656.056 €/a bei Inbetriebnahme der Anlage im Jahr 2011.

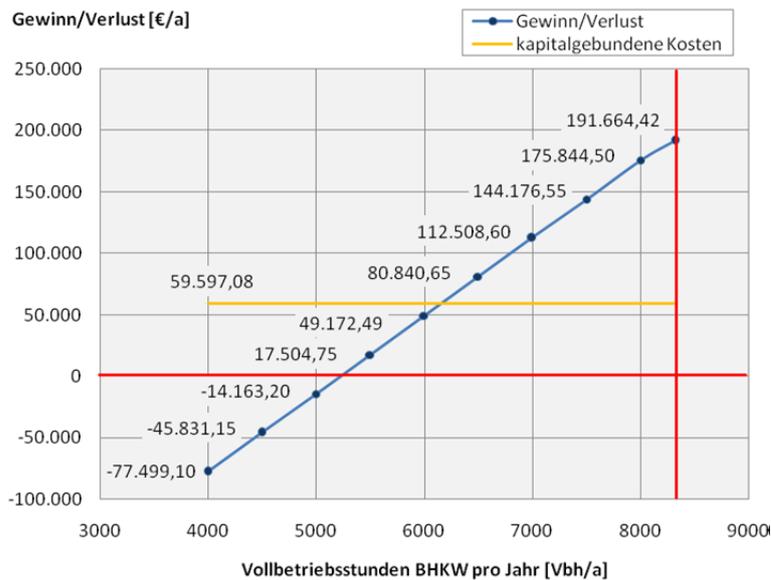
Die verfügbare Wärmemenge soll, nach Abzug des Eigenbedarfs für den Fermenter, der Versorgung des landwirtschaftlichen Betriebes sowie der umliegenden Gebäuden dienen.

Die Kosten für die Anlage wurden überschlägig ermittelt. Sie berücksichtigen jedoch nicht die Kosten für die Planungsleistungen und Genehmigungskosten sowie evtl. Grundstückskosten. Zudem wird für die Aufbringung der Investitionssumme 100 % Fremdkapital angeschlagen und eine Subvention bzw. Förderung durch Dritte von 30 % angenommen.

Aus der Kosten-Nutzen-Rechnung geht ein jährlicher Gewinn von ca. 191.664 € hervor. Die daraus resultierende Amortisationszeit beträgt ca. 6 Jahre.

In der weiteren Sensitivitätsanalyse wurden verschiedene Szenarien auf Seiten des Biogasanlagenbetriebes sowie der Kosten durchfahren um Aufschluss über Gewinn/Verlust bzw. die Wirtschaftlichkeit der Anlage, bei verschiedenen Parametern, zu bekommen.

Das nebenstehende Diagramm zeigt die Wirtschaftlichkeit der Anlage (Gewinn > kapitalgebundene Kosten) im Zusammenhang mit den Vollbetriebsstunden des BHKW.



Des Weiteren werden durch die Biogasanlage 15.511 Tonnen CO<sub>2</sub> (inkl. Methan-CO<sub>2</sub>-Äquivalent) pro Jahr an Emissionen vermieden. Auf der anderen Seite werden jedoch um die 5 Tonnen mehr CO sowie 46 kg NO<sub>x</sub> pro Jahr emittiert. Diese höheren Werte lassen sich

auf die aufwändigere Filtertechnik im Kraftwerksmix Deutschland zurückführen. Aufgrund der enormen CO<sub>2</sub>-Einsparung durch die Biogasanlage sind diese geringen Werte noch vertretbar.

Dieses Beispiel zeigt, dass das Betreiben von Biogasanlagen durchaus attraktiv für Landwirte ist, und sich so ein neues Geschäftsfeld des „Energiewirtes“ eröffnet.

Durch die Verteuerung der fossilen Energie sowie durch Förderprogramme der Bundesregierung, den fortschreitenden Entwicklungen der Biogasanlagentechnik und der damit verbundenen Prozesssicherheit, werden auch in Zukunft Biogasanlagen eine attraktive Energiequelle sein, solange am EEG keine wesentlichen Fördermittelstreichungen vorgenommen werden.

Zudem sind sie beim Ausbau des Netzes der regenerativen Energien, durch ihre stetige Biogasproduktion, zur Deckung der elektrischen Grundlast in ländlichen Gemeinden bestens geeignet, vorausgesetzt für den betriebssicheren Netzparallelbetrieb ist das Ortsnetz ausreichend dimensioniert.

**Dipl.-Ing. Johannes Theben**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Ingo Seliger

Datum des Kolloquiums: 30. März 2011

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: Firma Viessmann GmbH & Co. KG., 35108 Allendorf (Eder)



Ziel der Arbeit war es, den elektrischen Wirkungsgrad eines Stirlingmotors einer Kraft-Wärme-Kopplung zu erhöhen.

Für eine nachhaltige Energiewirtschaft gehört neben dem Einsatz von regenerativen Energieformen auch der effiziente Umgang mit fossilen Brennstoffen. Da die derzeit bekannten Energiereserven an fossilen Energieträgern stetig abnehmen, gerät das Thema der Energieversorgung bereits seit Längerem verstärkt in die Diskussion von Gesellschaft und Politik.

Die Kraft-Wärme-Kopplung stellt eine sehr ökologische Form der Energieumwandlung dar, da die Nutzenenergie direkt bei dem Endverbraucher aus dem Brennstoff umgewandelt wird. Die bei der elektrischen Energieumwandlung anfallende Wärmeenergie kann für den Wärmebedarf des Endverbrauchers genutzt werden und es fallen dadurch weitaus weniger Verluste an.

So liefert die Kraft-Wärme-Kopplung einen wesentlichen Beitrag zur Einsparung von Primärenergie und zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. In diesem Zusammenhang hat sich die Bundesrepublik Deutschland das politische Ziel gesetzt, den Anteil von elektrischer Energie aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen bis zum Jahr 2020 auf etwa 25 % der jährlichen Gesamtstromerzeugung anzuheben.

Gerade in der Versorgung von Ein- und Mehrfamilienhäusern liegt noch hohes Energieeinsparpotential, das bisher weitgehend ungenutzt ist. Alleine in Deutschland gibt es einen Bestand von über 15 Millionen, meist privaten, Heizanlagen. Der Austausch von Altgeräten gegen ökologisch vorteilhaft arbeitende KWK-Geräte ist dort sehr sinnvoll.

Um diese Entwicklung zu unterstützen, wird die Amortisierungszeit dieser Geräte von der Bundesregierung in Form des KWK-Gesetzes unterstützt. Für die Wirtschaftlichkeit und die Umweltfreundlichkeit ist es von entscheidender Bedeutung, dass der Wirkungsgrad solcher Anlagen möglichst hoch ist.

Das bedeutet, dass das Verhältnis der nutzbaren Energie zu dem eingesetzten Primärenergieaufwand möglichst effektiv wird und somit Verluste minimiert werden. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung und die Erprobung einer Wirkungsgradsteigerung für eine Kraft-Wärme-Kopplung auf der Basis eines Linear-Freikolbenstirlings.

Die Optimierung des Geräts hinsichtlich des elektrischen Wirkungsgrades stellt dabei die höchste Priorität dar und soll mittels Verbrennungsluftvorwärmung realisiert werden.

## Perspektiven der zukünftigen Wärmebereitstellung für das Nahwärmenetz der Beteiligungsgesellschaft des Kreises Steinfurt

**Dipl.-Ing. Alexander Trittner**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr. –Ing- Bernhard Mundus  
Dipl. –Ing. Ralf Schmolke M.Sc.

Datum des Kolloquiums:

08. Oktober 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

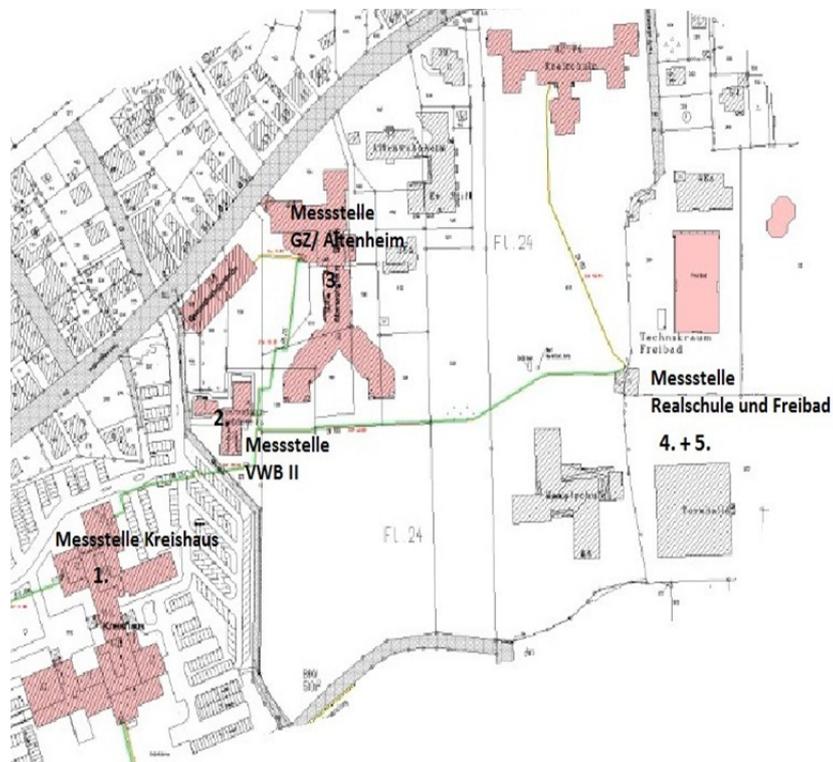
Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Technische Gebäudeausrüstung  
Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit:

Kreis Steinfurt



Im Rahmen dieser Diplomarbeit sollte der Beteiligungsgesellschaft des Kreises Steinfurt die Perspektiven der Wärmebereitstellung im Nahwärmenetz in den kommenden Jahren aufgezeigt werden.



Durch das Erfassen des Istzustandes des Nahwärmenetzes anhand messtechnischer Untersuchungen, das Verarbeiten und Aufbereiten der Messergebnisse mittels Diagrammen und das Erstellen einer Jahresdauerlinie nach Sochinsky konnten dem Kreis Steinfurt mehrere Optionen zur energetischen Optimierung unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte aufgezeigt werden.

Ein Ziel dabei war es, die Lastspitzen im Nahwärmenetz möglichst zu reduzieren, um damit durch Anpassung der erforderlichen Wärmeleistung Energie einzusparen.

Des Weiteren wurden die Wärmeleistungen der Gebäude mittels Energiesignatur bestimmt. Hierfür wurden die Wärmeleistungen der gemessenen Gebäude der Außentemperatur gegenübergestellt.

Anhand der berechneten Wärmeleistungen der einzelnen Gebäude wurde eine Jahresdauerlinie ermittelt. Mit Hilfe dieser Jahresdauerlinie konnten anschließend verschiedene Optionen für die Wärmebereitstellung im Nahwärmenetz diskutiert werden.

Die Heizanlage des Kreises Steinfurt hat zurzeit eine gesamt Wärmeleistung von 3,5 MW, diese Leistung kann auf etwa 2,5 MW minimiert werden. Durch die optimierte Wärmeversorgung mittels Biogas-BHKWs und den Austausch des Kohlekessels durch einen Gasbrennwertkessel könnten die CO<sub>2</sub>-äquivalenten Luftschadstoffemissionen um ca. 75 % reduziert werden.

Neben der angepassten Wärmeleistung wurden Maßnahmen zur hydraulischen Optimierung des Wärmenetzes erarbeitet. Zudem können die auftretenden Lastspitzen in der Aufheizphase der Gebäude durch einen Wärmespeicher minimiert werden.

## Plan, design and manufacturing of a waterwheel to power a pump system for water supply in Kahe/Tanzania

**Dipl.-Ing. Dominik Tröster**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

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

Datum des Kolloquiums:

27. August 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie Gebäude Umwelt  
Kommunal- und Umwelttechnik  
Wasser- Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit:

Consulting Engineers Salzgitter GmbH (CES)



This thesis concerns with the design and installation of a waterwheel to produce energy in a developing country by the example of a rural water supply scheme in Tanzania.

In the framework of the Moshi Rural Water Supply Project (MRWSP) in Tanzania, the settlement of Kahe shall be supplied with drinking water: From a deep well, water should be pumped by two piston pumps to various raiser tanks from which it is distributed to the population.

The piston pumps shall be powered by a waterwheel to lift 350 m<sup>3</sup>/d over a total height of 20 m (including friction losses).

The tasks to be covered comprise the following:

- Planning including identification of the site
- Assessment of workmanship and available materials
- on the local market
- Waterwheel design adapted to the local conditions
- Waterwheel manufacturing and set-up on the site
- Putting into operation and commissioning

The main reason to ensure the supply by a waterwheel is the need of an energy source, which provides energy 24 hours a day.

Smaller schemes can efficiently be run by solar power, which faces the disadvantage of limited operation times (approximately ten hours of daylight time). Because of this dimensions they have to be enlarged what in turn increases the costs in bigger schemes significantly.

To ensure feasibility of the task besides a topographical survey also investigations on local material and workshops as well as work technique available had to be done.

After selection of a location, a first estimation of productivity had to prove feasibility and together with the results of the material/workshop survey, actual design works could be started with.

The design of the wheel – concerning its dimensions - bases on formulas derived empirically in the 19th century. In turn, the shape of the blades is designed following Banki's design of a cross-flow turbine.

The breast shot design of the wheel deviates from the design of common wheels. The wheel system is split into four modules: the wheel itself, the main frame, the inflow structure and the outflow channel. All parts are mounted on to the main frame and can easily be removed thus allowing for maintenance, replacement or even relocation.

Transmission to the pumps is done via V-belts. Applied materials are standard profiles and commonly available in the region.

Manufacturing required intense guidance and close supervision as well as a good share of improvisation due to changing availability of materials and often limited manufacturing tools and skills.

Putting into operation and commissioning involved first pumping tests, which were completed successfully, pressure and water flow brought the desired result. Figure 1 represents the operating wheel.



Figure 1: Operating wheel

**Sven Trox B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Hartmut Hepcke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Michael Zinke
Datum des Kolloquiums:	16. Dezember 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Sanitärtechnik und Siedlungswasserwirtschaft
In Kooperation mit:	RWE Power AG Kraftwerk Westfalen, Hamm



Die vollbiologische Kläranlage des Kraftwerkes Westfalen in Hamm-Uentrop wurde im Zuge des Kraftwerkbaus errichtet und im Jahr 1961 in Betrieb genommen. Seit dem, wird das gesamte anfallende häusliche Abwasser in ihr gereinigt.

Bei der Kläranlage handelt es sich um ein Schreiber Klärwerk vom Typ K 500. Nach rund fünfzig Jahren Betrieb entspricht die Anlage erwartungsgemäß nicht mehr dem Stand heutiger Technik. Dennoch werden die Einleitungsbedingungen nach Angang 1 der Direkteinleiterverordnung und die Überwachungswerte laut Einleitungsbescheid bis heute in vollem Umfang erfüllt.

Seit 2003 wird das gereinigte Abwasser im Kraftwerksprozess als Anmachwasser für die Rauchgasentschwefelungsanlage (REA) weiterverwertet.

Momentan befinden sich am Standort-Uentrop zwei weitere Kraftwerksblöcke im Neubau, die mit einer Leistung von je 800 MW den Fortbestand des Standortes sichern werden. So wird die Kläranlage auch in Zukunft noch benötigt.

Ziel der Bachelorarbeit war es nun, Wege aufzuzeigen, ob ein sicherer und störungsfreier Betrieb mit der vorhandenen Kläranlage möglich ist oder wie hinsichtlich der Reinigungsleistung und Prozessstabilität diese optimiert werden kann.

Um das gesetzte Ziel zu erreichen, wurden zunächst der momentane Anlagenzustand sowie die aktuelle Betriebsweise untersucht. Die Reinigungsleistung wurde anhand von mengenproportionalen 24 h Mischproben ermittelt. Die Probenahme erstreckte sich über einen Zeitraum von sieben Tagen. Beprobt wurden sowohl der Zulauf als auch der Ablauf. Täglich wurden die entnommenen Proben im werkseigenen Labor analysiert.

Die Auswertung der Analyseergebnisse ergab starke Schwankungen über den Wochenverlauf, wobei sich ein Belastungsmaximum zur Wochenmitte herausbildete. Das Belastungsminimum lag eindeutig am Wochenende.

Insgesamt wies die Kläranlage nur einen recht geringen Wirkungsgrad von 61 % bezüglich der Kohlenstoffelimination auf. Bezogen auf die tatsächliche Raumbelastung wäre theoretisch ein Abbaugrad von 91 % möglich.

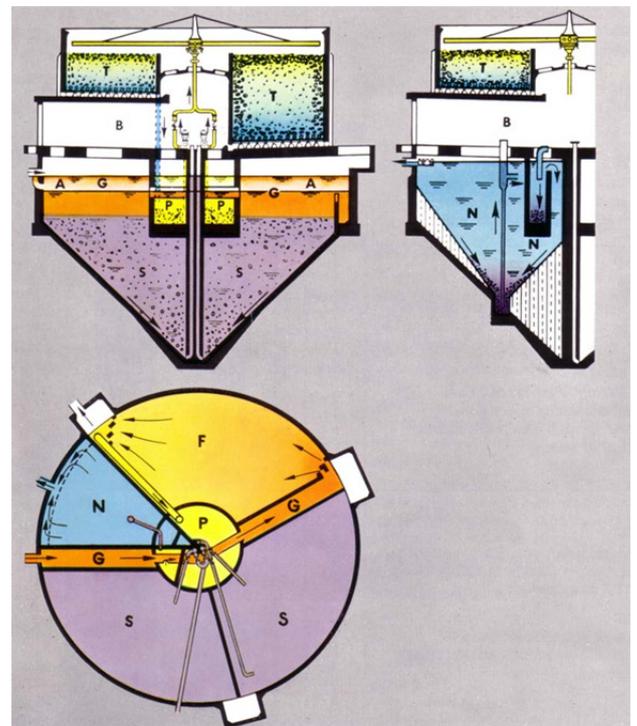
Als Gründe für diesen geringen Wirkungsgrad kommen partielle Verstopfungen im Tropfkörper und damit eine ungenügende Sauerstoffversorgung, die diskontinuierliche Beschickung und ungenügende Spülwirkung und die Einlei-

tung eines kleinen Teilstroms von nur vorgereinigtem Abwasser in das Nachklärbecken in Frage.

Anhand einer Nachrechnung der Kläranlage auf der Basis heute üblicher Bemessungswerte kann festgestellt werden, dass das Schreiber Klärwerk vom Typ K 500 grundsätzlich in der Lage ist, die jetzige und zukünftige Belastung bezogen auf den Kohlenstoffabbau sicherzustellen. Dies setzt jedoch voraus, dass die o.g. Mängel verfahrenstechnisch beseitigt werden. Soll darüber hinaus auch eine vollständige Nitrifikation erreicht werden, muss bei gleichbleibendem Tropfkörpervolumen, der Füllstoff ausgetauscht werden.

Im Einzelnen werden folgende Verbesserungsvorschläge unterbreitet:

- Einrichtung einer Kreislaufzuführung zur ständigen Bewässerung der Tropfkörperoberfläche mit den vorhandenen Pumpen,
- Optimierung des Drehsprengers und damit der Spülleistung,
- Stilllegung des Bypasses zum Nachklärbecken,
- Optimierung der Pumpleistung der Zulaufpumpen zur Vermeidung der Stoßbeschickung der mechanischen Reinigung,
- Optimierung der Einbindung des Pufferbehälters,
- Senkung der Phosphatfracht durch Wechsel der Reinigungsmittel,
- Austausch des Tropfkörperfüllmaterials zur Steigerung der aktiven biologischen Oberfläche und damit der Abbauleistung.



- A = Aufstauraum  
 G = Grobentschlammung  
 F = Feinreinigung  
 P = Pumpwerk  
 T = Tropfkörper  
 N = Nachklärbecken  
 S = Schlammfaulraum  
 B = Bedienraum

## Erarbeitung eines Konzeptansatzes zur Entwicklung umweltgerechter Produkte und Implementierung in den CLAAS-Produktentstehungsprozess

**Tobias Ulbrich B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr. K.-U. Remmerbach  
Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Dirk Dresselhaus

Datum des Kolloquiums: 22. Februar 2011

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

In Kooperation mit: CLAAS KGaA mbH, Harsewinkel



The Bachelor-Thesis describes a procedure to implement processes for sustainable product development in existing corporate structures. In the first chapter, a rough introduction to the issues of environmental management and Eco Design is given. This includes a summary of currently valid guidelines and norms and a detailed description of the process of a Life Cycle Assessment.

Chapter 2 gives an overview of measures that must be considered at an implementation of Eco Design in the product development process. The first step is to define companywide environmental objectives. Based on an actual situation analysis the planning for the need for action is following. Finally, I explain how to optimize the current CPDP with a few adoptions so that environmental aspects are taken into account in development projects.

The aim of this Bachelor-Thesis is to give the reader first impressions of environmental problems in daily work. The tightening of the environmental laws and the increasing requirements of the clients give the developers no other chance than to dedicate to the environmental aspects, in addition to quality and cost issues.

## Energetische Untersuchungen zur Neueinbindung eines vorhandenen BHKW in einer mittelständischen Brauerei

**Dipl.-Ing. Christian Verhohlen**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Barbara Kaimann  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Jan Felix Meier

Datum des Kolloquiums: 13. Januar 201F

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
Laborbereich: Heizungstechnik

In Kooperation mit: Privat-Brauerei Strate GmbH & Co. KG, Detmold



Gegenstand der Arbeit war das im März 2009 in Betrieb genommene Blockheizkraftwerk der Privat-Brauerei Strate in Detmold.

Das BHKW wurde angeschafft zur Bereitstellung von Wärme für:

- Die Beheizung von Verwaltungs- und Sozialräumen der Brauerei,
- sowie der Wohnräume des angeschlossenen Wohnhauses
- Erhitzung von Prozesswässern
- Speisewasservorwärmung

Der erzeugte Strom sollte sowohl für den Eigengebrauch auch als in Zeiten geringen Stromverbrauches in das öffentliche Netz des Versorgungsunternehmens eingespeist werden

Der Geschäftsführung wurde aufgrund des hohen Wärmebedarfes der Brauerei und den damit langen Laufzeiten des BHKW eine Amortisationsdauer von kleiner drei Jahren in Aussicht gestellt.

Jedoch stellte sich bereits nach kurzer Betriebszeit heraus, dass die Erwartungen nicht erfüllt werden können. Grund dafür war die fehlerhafte hydraulische Einbindung des BHKW in die produktionstechnischen Anlagen der Brauerei.

Ziel der Arbeit war es, die Ursachen für die geringe Betriebslaufzeit darzulegen, den Betrieb und seine Anlagen auf Möglichkeiten zum Einsatz des BHKW hin zu untersuchen und hieraufhin eine Empfehlung für den weiteren Einsatz auszusprechen.

## A Comparison of Solar Water Heating Systems in New Zealand and Germany

Melanie Vogelpohl B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler

Datum des Kolloquiums: 11. Februar 2011

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

In Kooperation mit: Infinergy Ltd, Auckland, Neuseeland



Worldwide renewable energies are playing a major role in the fight against global warming. Among renewable energy systems generating electricity, such as photovoltaic systems, there are also systems generating thermal energy. The use of fossil fuels for heating water in households or industry can be reduced or even replaced by using for example solar water heating systems. Germany got into the global focus as a renewable energy supporting country by setting up the renewable energy sources act and, in 2009, also the renewable energies heat act. The latter sets the obligation for newly built houses to use renewable energy systems to cover a part of the thermal energy demand. Solar water heating systems belong to the supported energy sources.

As can be seen in the following chart even though New Zealand has a higher energy gain of approximately 100-200 kWh/m<sup>2</sup> per year the usage of solar water heating systems was remarkably higher in Germany than in New Zealand from 2004 to 2008.

Therefore, New Zealand's suppliers have an interest in seeing how Germany

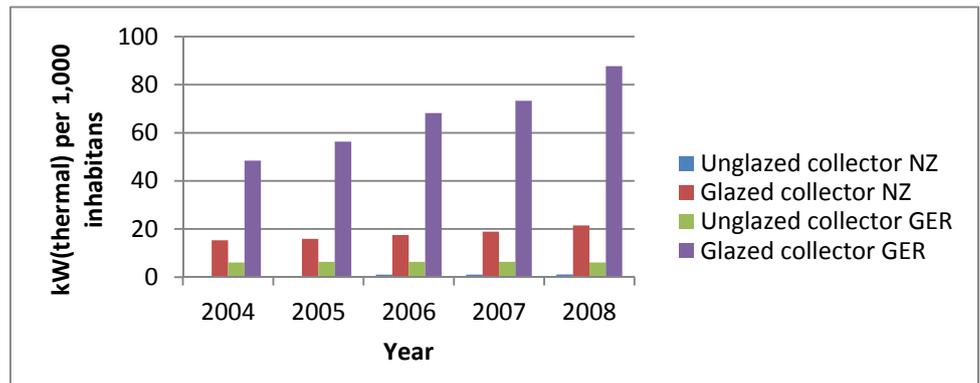


Figure 14: Total capacity of collectors in NZ and GER

supports and promotes the solar heating market.

The bachelor thesis focused on three main instruments to compare current situations in New Zealand and Germany:

- Standards
- Acts
- Financial support provided by the government

Furthermore, a special attention was paid to find explanations for the lower

usage of solar heating systems in New Zealand in the above named fields. Both countries support solar water heating systems, whereas only Germany has a specific act. The available funding in Germany is higher, but stricter requirements are applied. Differences were found in the grant schemes, as New Zealand's premises were stricter, but tried to overcome problems in the own market. All in all the support as well as the markets are in a different state of development. For further researches, it can be interesting to analyse mistakes and achievements of the German market in the past years, where the market was more comparable to the current New Zealand's one. The standards, as requirements for the financial support, showed similarities in test methods and conditions and are comparable.

## Konzipierung und Realisierung einer solarthermischen Versuchsanlage für die Lehre und Forschung an der Fachhochschule Münster

Dipl.-Ing. Steffen Kotthaus  
Dipl.-Ing. Leif Vollert

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Prof. Dipl.-Ing. Bernhard Rickmann

Datum des Kolloquiums:

17. September 2010

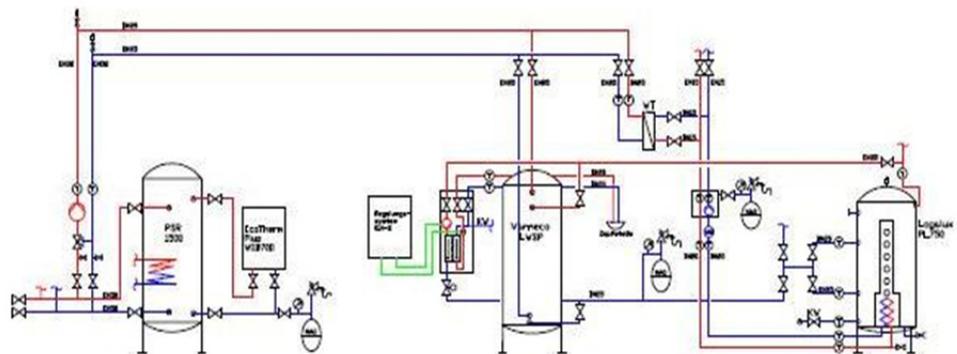
Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Technische Gebäudeausrüstung  
Haus- und Energietechnik



Der Ursprung aller Energien ist die Sonne. In weniger als einer Stunde strahlt sie die gleiche Menge Solarenergie auf die Landfläche der Erde, wie weltweit pro Jahr von der gesamten Erdbevölkerung verbraucht wird. Die Nutzung der Sonnenenergie erfährt daher immer mehr an Bedeutung und ist in der Gebäudetechnik die meist genutzte regenerative Energiequelle. Neben der Erzeugung von Elektrizität durch Photovoltaikanlagen wird sie auch zur Erwärmung von Trink- und Heizungswasser genutzt, die als Thermische Solartechnik bezeichnet wird.

Das Ziel dieser Diplomarbeit bestand darin, eine solarthermische Versuchsanlage zu planen und aufzubauen. Der Schwerpunkt der Nutzungsmöglichkeiten liegt in der Lehre, in Form eines Praktikumsbetriebes. Dazu wurden die einzelnen Komponenten ausführlich beschrieben und bei der Umsetzung wurde auf den aktuellen Stand der Technik geachtet. Beim Aufbau wurde großer Wert auf die Übersichtlichkeit der Versuchsanlage, der einfachen Regelbarkeit sowie der Integration in das bestehende Wärmenetz des Laborbereiches gelegt.



Schema des Solarversuchstandes

Im Rahmen der Planung wurde der vorhandene Thermosiphon-Pufferspeicher Logalux PL750 berücksichtigt, so dass dieser die Auslegungsgrundlage für den Versuchsstand war. Anhand verschiedener Messreihen wurden die einzelnen Betriebsweisen untersucht. Bei den Messreihen "Praktikum bei realer Sonneneinstrahlung" und "Praktikum bei der Simulation von Sonneneinstrahlung" zeigten sich deutlich erkennbare Temperaturverläufe in der Versuchsanlage. Besonders das Temperaturverhalten bei der Be- und Entladung des Thermosiphon-Pufferspeichers ist sehr gut erkennbar. Die zusätzliche messtechnische Erfassung von Volumenströmen erlaubte eine genaue Wärmemengenbestimmung im Solarkreis sowie an der Entnahmestelle.

Die hohe Anzahl an Temperaturmessstellen gewährleistet, dass mit Hilfe der auf die Anlage abgestimmten Software Messwerte sekundlich erfasst werden können. Damit ist die Nutzung der Versuchsanlage für die Entwicklung von bzw. die Forschung an Wärmeleitrohren im Thermosiphon-Pufferspeicher möglich.

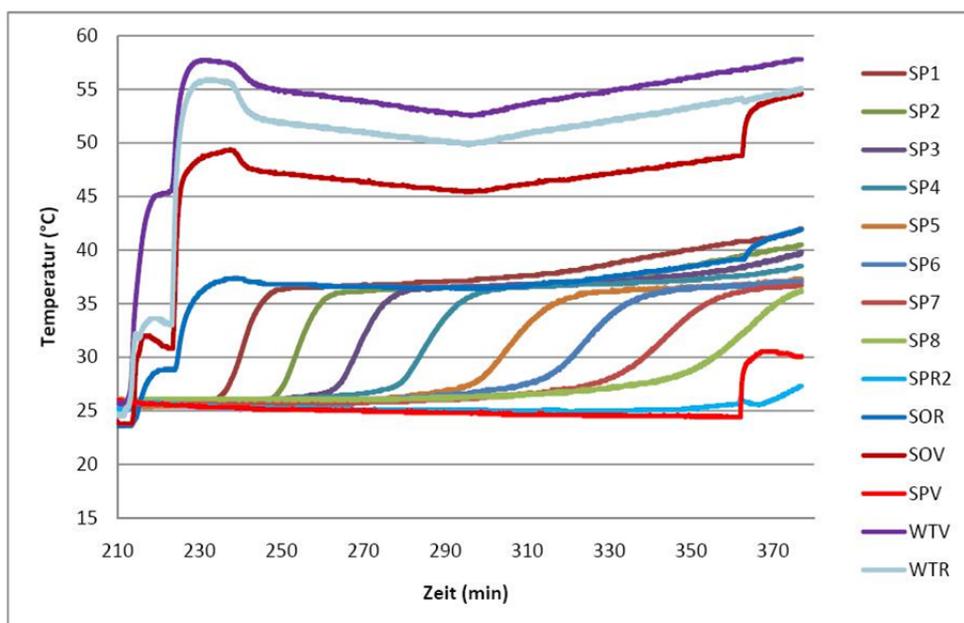


Diagramm zur Beladung des Thermosiphonspeichers Logalux PL 750

**Simon von der Haar B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Stefan Bauer M.Sc.

Datum des Kolloquiums: 27. August 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Gebäudetechnik  
 Laborbereich: Raumluf- und Kältetechnik



Im Rahmen meiner Bachelorarbeit wurde von der Fachhochschule Steinfurt ein Messverfahren für Kühldecken mit Latentspeicher und dazugehörigen Berechnungsgrundlagen entwickelt, um verschiedene Produkte und Einbaumöglichkeiten zu untersuchen und eine geeignete Variante für die Gebäudetechnik zu bestimmen.

Die Speicher enthalten Phase - Change - Material (Phasenveränderndes Material, PCM). Deren latente Energie, die die Materialien während der Aggregatzustandsänderung von fest nach flüssig aufnehmen, soll für Kühlzwecke genutzt werden. Ziel war es, ein PCM - Produkt zu finden, das einen Schmelzbereich zwischen 20°C und 25°C besitzt, und es ermöglicht, im Sommerfall die Raumtemperatur über einen Zeitraum von 6 h auf 27°C zu halten, ohne dass die Kühldecke aktiv wird. Diese aufgenommene Energie soll nachts wieder über das integrierte Kühldeckensystem abgeführt werden, um die PCM - Produkte erneut zu gefrieren, damit Sie am nächsten Tag wieder Energie aufnehmen können.

Als PCM wurde ein Salzhydrat mit zwei verschiedenen Schmelzbereichen eingesetzt. Da PCM selbst ein schlechter Wärmeleiter ist, wurde es entweder in einer Matrix aus expandierendem Graphit infiltriert und Vakuumverpackt oder in einem Beutel gefüllt und mit Graphitflocken vermischt.

Um herauszufinden, welches PCM - Produkt sich am besten für die Gebäudetechnik eignet, wurde eine Vielzahl an Versuchen gefahren. Die zu messenden PCM - Produkte wurden in einem adiabaten (= wärmedichten) Prüfraum auf einer abgehängten Odenwald - Kühldecke getestet.

Der anfangs auf 16,5 °C temperierte Raum wurde mit Kühllastsimulatoren auf 35 °C erwärmt. Aus den unterschiedlichen Temperaturverläufen im Raum mit PCM, und ohne (Netto -Raum – Messung), kann die im PCM gespeicherte Energiemenge ermittelt werden. Die Temperaturen werden mit Pt – 100 Fühlern in verschiedenen Raumhöhen auf einem Messstativ und in der abgehängten Decke gemessen. Des Weiteren ist auf dem Messstativ ein Globefühler installiert, der die Strahlungstemperatur misst.

Die gemessenen Temperaturen werden auf einem Rechner gespeichert, und in EXCEL importiert. Die Verläufe werden in Diagrammen dargestellt und verglichen.

Es wird der Zeitraum ermittelt, indem die PCM - Produkte vollkommen schmelzen. Des Weiteren wird eine Rückkühlung des Raumes auf 16,5 °C gefahren, um die Möglichkeit der nächtlichen Regeneration zu prüfen. Die Versuche finden mit Aufnahme einer Sprungantwort statt.

Da die DIN EN 14240 für die Leistungsbestimmung von Kühldecken hier nicht angewendet werden kann, da durch den Phasenwechsel kein stationärer Zustand erreicht wird, wurden stattdessen experimentelle Untersuchungen mit neu entwickelten Messverfahren und Berechnungsgrundlagen durchgeführt.

Die zur Verfügung gestellten theoretischen Schmelzenthalpien der PCM - Produkte wurden mit den in den Messungen erreichten Werten verglichen. Es wurden Versuche mit geschlossener Kühldecke, mit einer freien Konvektion durch öffnen einer Schattenfuge und erzwungener Konvektion durch zusätzlichen Einbau eines Ventilators gefahren.

Dipl.-Ing. Mathias von der Heide M. Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus

Datum des Kolloquiums: 20 Oktober 2010

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

In Kooperation mit: Stadtwerke Osnabrück AG, Osnabrück

Die Neuregelung des Energiewirtschaftsgesetzes von 2005 bezweckt eine sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche Energieversorgung mit Strom und Gas. Ferner handelt es sich um die Umsetzung der EG-Richtlinie auf dem Gebiet der leitungsgebundenen Energieversorgung. Ziel dieser Neuregelung ist vor allem, einen marktähnlichen Zustand im Energiebereich herbeizuführen.

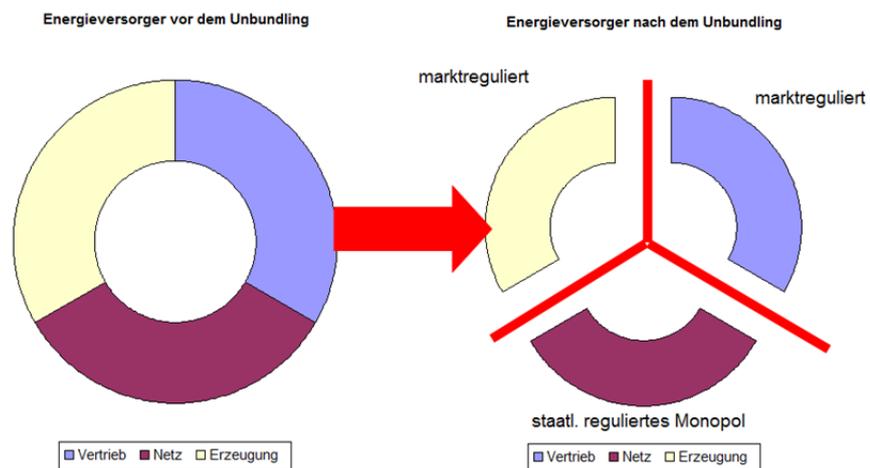


Abb. 15 Rechtliches und organisatorisches Unbundling

Für die Netzbetreiber in Deutschland tritt somit eine grundlegende Änderung ein. Eine der neuen Rahmenbedingungen ist unter anderem, dass die Netzentgelte der Genehmigung durch die BNetzA bedürfen. Basis der Berechnung sind die anfallenden Kosten für die Betriebsführung unter Berücksichtigung der Effizienzvorgaben. Der Netzbetreiber erhält somit einen zusätzlichen Anreiz, sein Wirken noch stärker nach wirtschaftlichen Parametern auszurichten.

Im Rahmen der Masterarbeit wurde die Gasverteilung der Stadtwerke Osnabrück auf die zukünftigen Anforderungen überprüft. Zur Verbesserung der Versorgung mit Erdgas im Verteilnetz der Stadtwerke ist am Beispiel des Stadtteils Wüste ein praktikables Netzkonzept entwickelt und in Planungsgrundsätzen formuliert worden. Nach der Erhebung der erforderlichen Daten zur Zustandsbewertung und weiteren Analyse sind die Anlagen und Rohrnetze mit aktuellen Auslegungsparametern verglichen worden, die hohes Optimie-

rungspotential zeigen.

Mit den erstellten Rohrnetzplänen und zugewiesenen Verbrauchswerten begann die Berechnung des vorhandenen Systems mit anschließender Optimierung unter realistischen Bedingungen mit größtmöglicher Erhaltung der Netzqualität.

Auf Grundlage der durchgeführten Zustandsbewertung ist die Instandhaltungsstrategie festgelegt worden. Die Neukonzeptionierung erfolgte mithilfe des Aufbaus und der Nutzung moderner Methodiken, wie einer Rohrnetzbe-  
rechnung in Verbindung mit einer Lebenszykluskostenbetrachtung für die Druckstufen Niederdruck, erhöhter Niederdruck und Mitteldruck. Die Betrachtung der Druckstufen zeigt eindeutig den Mitteldruck als wirtschaftlichste Variante.

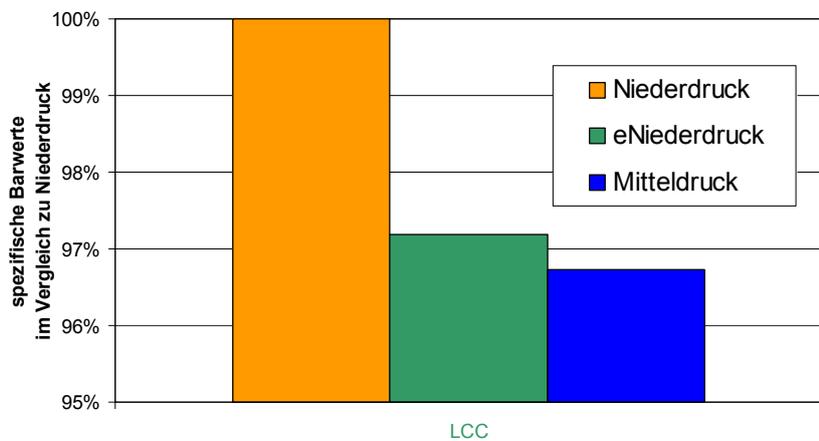


Abbildung 16 Lifecyclecosting der Gasversorgung über 50 Jahre nach Druckstufen unterteilt

Ergänzend sind die Anforderungen an in Betrieb befindliche Anlagen für eine nachträgliche Druckerhöhung aufgezeigt worden, die den aktuellen Stand der Technik widerspiegeln. Die nachträgliche Druckerhöhung beschäftigt aktuell die zuständigen Gremien des DVGW und lässt noch weitere Änderungen vermuten. Die Optimierung der Gasverteilung des Stadtteils Wüste mithilfe der erarbeiteten Planungsgrundsätze zeigt deutlich die Bedeutung eines strategischen Vorgehens mit Blick auf die gesamte Lebenszyklusdauer. Versorgungsunternehmen, die nach langfristigen Strategien handeln und die Bewirtschaftung des Anlagenparks auf deren Lebenszyklus auslegen, sichern ihre Existenzgrundlage und steuern somit ihren langfristigen Erfolg.

## Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der Nutzung von Wasserhaltung zur Beheizung und Kühlung am Beispiel des Museums für Kunst und Kulturgeschichte in Münster

Dipl.-Ing. Michael Wellmeier

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus  
Andreas Winkels

Datum des Kolloquiums:

21. März 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

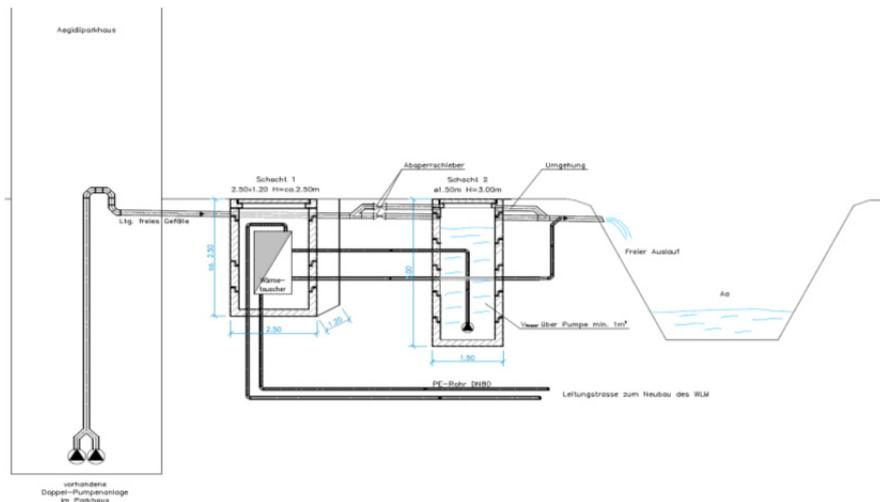
Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Technische Gebäudeausrüstung  
Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit:

Winkels Behrens Pospich Ingenieure für Haustechnik GmbH, Münster



Das Ingenieurbüro Winkels Behrens Pospich hat für das Museum für Kunst und Kulturgeschichte in Münster ein Energiekonzept entwickelt, wo unter Nutzung der Wasserhaltung vom Aegidiimarkt die Grundlast fürs Heizen und Kühlen des Museums gedeckt werden soll.



Das Grundwasser hat im Jahresmittel eine Temperatur von 10 °C, im Wärmetauscher gibt das Grundwasser einen Teil seiner Wärme an den Kreislauf für das Museum ab. Mit Hilfe einer Wärmepumpe wird im Museum das Wasser auf ein höheres Temperaturniveau von 35 °C gebracht und anschließend wird das Heizwasser in die Wand-, Fußbodenheizung und Betonkernaktivierung geleitet. Die Wasserhaltung und die Wärmepumpe liefern dabei einen Teil der benötigten Wärme von etwa 120kW für das Museum, bei einem höheren anfallenden Wärmebedarf wird zusätzlich Wärme aus dem Fernwärmeanschluss der Stadtwerke Münster nachgespeist.

Für den Kühlfall im Sommer entzieht die Wand-, Fußbodenheizung und Betonkernaktivierung den Räumen die Wärme und gibt diese im Wärmetauscher an das Grundwasser der Wasserhaltung ab. Dadurch liefert die Wasserhaltung mit 105 kW einen Teil der anfallenden Kühllast, bei einem höheren Kältebedarf wird zusätzlich Kälte von einer Kältemaschine nachgespeist.

Für die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit bildet die VDI Richtlinie 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ die Grundlage, welche mit der Annuitätenmethode arbeitet. In der folgenden Tabelle wird die Wirtschaftlichkeitsrechnung dargestellt. Darin wird bei der Heizung die Nutzung der Wasserhaltung und Fernwärme gegenüber nur Fernwärme und bei der Kühlung die Nutzung der Wasserhaltung und einer Kältemaschine gegenüber nur einer Kältemaschine verglichen.

<b>Kapitalgebundene Kosten</b>				
Investition	105.100,00 €	66.500,00 €	95.100,00 €	94.400,00 €
<b>Annuität der kapitalgebundenen Kosten <math>A_{N,K}</math></b>	11.401,15 €/a	7.583,19 €/a	11.198,69 €/a	11.993,61 €/a
<b>Bedarfsgebundene Kosten</b>				
Stormkosten	14.593,16 €/a	0,00 €/a	48.056,60 €/a	54.518,52 €/a
Wärmekosten	42.817,85 €/a	63.264,65 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a
<b>Annuität der bedarfsgebundenen Kosten <math>A_{N,V}</math></b>	78.782,87 €/a	86.815,59 €/a	65.946,18 €/a	74.813,62 €/a
<b>Betriebsgebundene Kosten</b>				
Wartungskosten	1.570,00 €/a	600,00 €/a	635,00 €/a	925,00 €/a
<b>Annuität der betriebsgebundenen Kosten <math>A_{N,B}</math></b>	2.154,45 €/a	823,36 €/a	871,39 €/a	1.269,34 €/a
<b>Sonstige Kosten</b>				
Versicherungen, Steuern und allgemeine Abgaben	0,00 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a
<b>Annuität der sonstigen Kosten <math>A_{N,S}</math></b>	0,00 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a
<b>Erlöse</b>				
Erlöse aus Verkauf	0,00 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a
<b>Annuität der Erlöse <math>A_{N,E}</math></b>	0,00 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a	0,00 €/a
<b>Ergebnis</b>				
<b>Gesamtannuität <math>A_N</math></b>	<b>-92.338,47 €/a</b>	<b>-95.222,13 €/a</b>	<b>-78.016,25 €/a</b>	<b>-88.076,57 €/a</b>

Die vorliegenden Berechnungen der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067 zum Heizen und Kühlen durch Nutzung der Wasserhaltung ergeben eine Gesamtannuität für die Wasserhaltung von **- 170.354,72 €/a** und auf konventionelle Art eine Gesamtannuität von **- 183.298,70 €/a**. Somit stellt sich bei der Betrachtung der Gesamtannuität die Nutzung der Wasserhaltung zum Heizen und Kühlen für das Museum als die wirtschaftlichere Anlage gegenüber der konventionellen Art heraus. Es ergibt sich eine Ersparnis von **- 12.943,98 €/a** für den LWL als Betreiber des Museums.

**Dipl.-Ing. Hendrik Wendelmann**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus  
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Sven Nefigmann

Datum des Kolloquiums: 28. Januar 2011

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
 Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
 Laborbereich: Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: NEST Anlagenbau GmbH, Steinfurt



Die Bioenergie Steinfurt GmbH & Co. KG betreibt eine Biogasanlage mit einer ca. 4 km langen Biogasleitung. Aus dem Gedanken der Mikrogasnetz-erweiterung ist das Thema dieser Diplomarbeit entstanden.

Die NEST Anlagenbau GmbH wurde damit beauftragt das Bildungs- und Ausbildungszentrum des Christlichen Jugenddorfwerkes Deutschland e.V. in Burgsteinfurt als neuen BHKW Standort zu untersuchen. Ziel dieser Arbeit war es, ein Nahwärmekonzept für die Wärmeversorgung der insgesamt vier Gebäude zu erstellen.

Hierzu wurde der Zustand sowie die hydraulische Verschaltung der Heizungsanlagen überprüft und festgehalten. Aus den gemessenen Gasverbräuchen wurden der Nutzenergiebedarf der Gebäude ermittelt und die Prozess- und Heizenergieanteile berechnet. Die jeweiligen Anteile des Energieverbrauches wurden nach der VDI 3807 bereinigt und für die Berechnung einer Jahresdauerlinie zugrunde gelegt. Die Jahresdauerlinien der einzelnen Gebäude zeigten auf, dass die dort installierten Leistungen nicht mehr dem heutigen Wärmebedarf entsprechen und durch Umbaumaßnahmen an den Gebäudehüllen zu erklären sind.

Der Einsatz einer für die Stromproduktion betriebenen BHKW-Anlage zeigt, dass ca. 80 % des Heizenergiebedarfs der Gebäude durch den Betrieb gedeckt werden können.

Ein weiterer Teil der Arbeit bestand darin, das Nahwärmenetz zu planen. Dabei sollte diese Umsetzung so erfolgen, dass geringe Schäden am Gelände der Einrichtung entstehen. Die endgültige Leitungs-trasse verläuft sowohl im Erdreich als auch in den Gebäuden.

Für dieses Leitungsnetz wurde eine Druck- und Wärmeverlustberechnung durchgeführt. Die Einbindung der Bestandsanlagen in das Nahwärmenetz wurde betrachtet und gleichzeitig wurden Umbauvorschläge für die Heizungsanlage aufgezeigt.

Für die einzelnen Bauabschnitte, die Erweiterung des Mikrogasnetzes, den Bau des Nahwärmenetzes, der Heizungsumbau sowie der Tiefbauarbeiten usw. wurden Kostenschätzungen erstellt, aus denen sich später die Investitionskosten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ergaben. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die Boni des EEG für dieses BHKW ermittelt und aufgezeigt. Der Einsatz von einem mit Biogas betriebenen BHKW kann im vorliegenden Fall als wirtschaftlich beurteilt werden.

**Rene Wichmann B.Eng.**Erstprüfer:  
Zweitprüfer:Prof. Dr.-Ing. Christian Becke  
Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums:

13. Juli 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Umwelttechnik  
Wasserversorgung und Wassergütwirtschaft

Die Filtration ist die älteste Methode zur Reinigung von Wasser. Dieses Aufbereitungsverfahren ahmt im Wesentlichen die natürliche Filtrationswirkung des Bodens nach. Gegenwärtig werden zur Trübstoffentfernung überwiegend Schnellfilter eingesetzt, die einen geringen Platzbedarf und eine relativ einfache Bau- und Betriebsweise besitzen. Eine weitere wichtige Eigenschaft von Schnellfiltern ist ihre Regenerierbarkeit, da das Filtermaterial im Filter durch eine fest installierte Spülvorrichtung gereinigt wird. Die für die Spülpumpen benötigte Energie verursacht den größten Anteil an den Betriebskosten der Anlage. Diese können eingespart werden, wenn die zur Spülung des Filters notwendige Druckhöhe mittels der Schwerkraft erzeugt wird.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Konstruktion und dem Bau eines einfach herzustellenden und nach dem Schwerkraftprinzip spülbaren Wasserfilters. Dieser wurde erforderlicher Weise in kleiner Ausführung und mit handelsüblichen Rohren angefertigt. Anschließend wurde durch Spül- und Filtrationsversuche die Funktionsfähigkeit des Einfachfilters überprüft.

Die Besonderheit des Filters ist sein Spülsystem, denn die zur Spülung benötigte Druckhöhe kann von einer Person eingestellt werden. Hauptkriterium waren somit die Spülgeschwindigkeit und davon abhängig das Spülbehältervolumen. Dieses sollte der Handlichkeit wegen unter 30 Liter liegen, was durch die Auswahl leicht spülbarer Filtermaterialien sowie durch einen kleinen Filterrohrdurchmesser erreicht wurde.

Die Bemessung des Filters erfolgte für eine 0,6 m hohe Filterschicht aus Quarzsand. Die Höhe der Filterschicht wurde im Vorfeld festgelegt und führt zu einer Filtergesamthöhe von 1,2 m. Die anschließenden Spülversuche wurden jedoch mit Quarzsand (0,63 – 1,0 mm) und Anthrazit (0,8 – 1,6 mm) durchgeführt. Diese Versuche zeigten, dass zum Erreichen der nötigen Filterbettausdehnung nur halb so große Spülgeschwindigkeiten wie die theoretisch ermittelten nötig sind. Die Spülversuche ergaben eine max. Spülwassermenge für beide Filtermaterialien von 10 Litern.



Die Bestimmung der zur Filterspülung benötigten Spiegelhöhendifferenz erfolgte zunächst theoretisch über die Berechnung der Einzelwiderstände im Filter. Anschließend wurde diese praktisch mit dem Einstellen verschiedener Spülbehälterhöhen überprüft. Durch die Spülversuche zeigte sich, dass die berechneten Werte recht gut mit den gemessenen übereinstimmen. Mit 0,72 m für Quarzsand und 0,2 m für Anthrazit liegen die experimentell ermittelten Spiegelhöhendifferenzen nur wenige Zentimeter über den berechneten.

Für die abschließenden Filtrationsversuche wurde Trinkwasser verwendet, in das Eisen-III-Chlorid dosiert wurde. Mit Hilfe dieses Trübstoffes konnten die Güte des Filterprozesses und die max. Filterlaufzeit ermittelt werden.

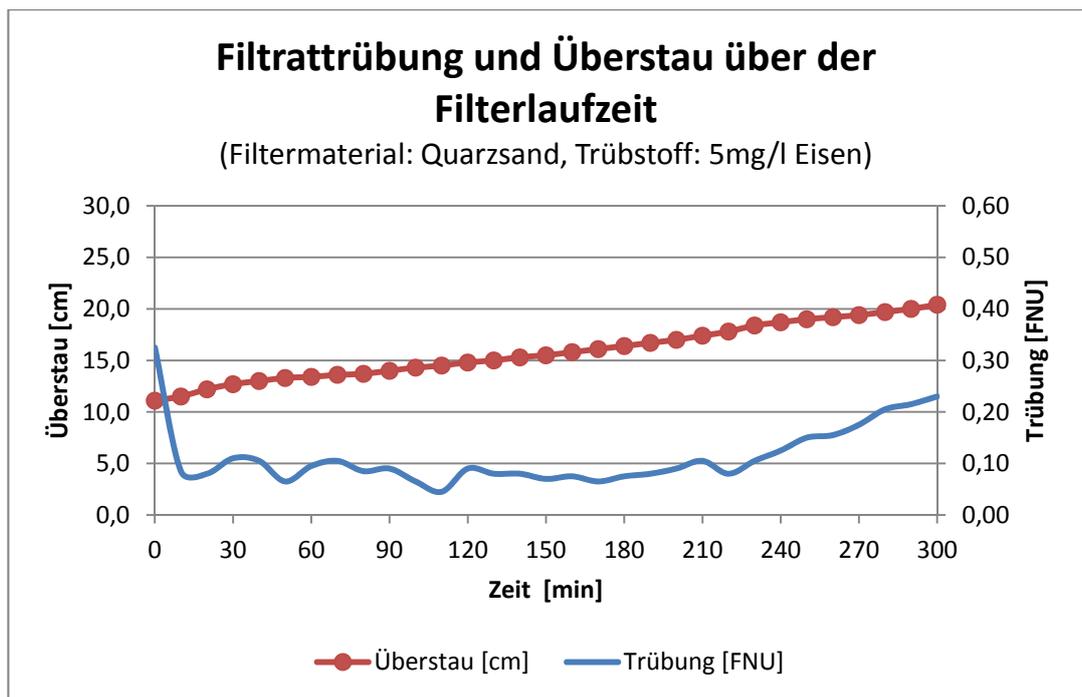


Bild 2: Filtrattrübung und Überstau von Quarzsand 0,63 – 1,0 mm

Die Trübungsmessungen während der Filtrationsversuche mit einer Filtergeschwindigkeit von 3,2 m/h ergaben, dass mit Quarzsand (0,63 – 1,0 mm) und Anthrazit (0,8 – 1,6 mm) der in der Praxis angestrebte Trübungswert von 0,10 FNU erreicht wird. Die bis zum Filterdurchbruch gemessene Filterlaufzeit betrug 4,7 Stunden für Quarzsand (Bild 2) und 3 Stunden für Anthrazit.

**Dipl.-Ing. Phillip Wieschebrock**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus  
Zweitprüfer: Dr.-Ing. Stefan Holeck

Datum des Kolloquiums: 21. März 2011

Studiengang: Versorgungs- und Entsorgungstechnik  
Studienrichtung: Technische Gebäudeausrüstung  
Laborbereich: Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: Bau- und Liegenschaftsbetrieb NRW, Niederlassung Münster



Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Energetischen Betrachtung und Optimierung des Chemischen und Veterinäruntersuchungsamt Münster.

Das Gebäude des Chemischen und Veterinäruntersuchungsamts besteht aus zwei Gebäudekomplexen, dem Großen und Kleinen Kubus. Diese Aufteilung der Gebäude war nötig, da das Chemische und Veterinäruntersuchungsamt Untersuchungen auf dem Gebiet der Infektionskrankheiten landwirtschaftlicher Nutztiere und behördliche Diagnostik veterinärmedizinischer bedeutsamer Infektionskrankheiten betreibt. Im Kleinen Kubus sind die Raumbereiche für den Seuchenfall untergebracht, im Großen Kubus befinden sich die übrigen Raumbereiche. Im Seuchenfall sind die beiden Gebäudeteile durch die Sektionshalle getrennt.

Grundlage der energetischen Betrachtung und Optimierung war eine Erfassung des Ist-Zustandes der technischen Anlagen sowie der Bauphysik. Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse wurde eine energetische Analyse und Bewertung des Gebäudes durchgeführt. Daraus folgend wurden Vorschläge zur energetischen Optimierung und deren Durchführbarkeit ausgearbeitet. Das Ziel dieser Diplomarbeit bestand darin, nachhaltig die Energie-Effizienz- und Versorgung des Chemischen und Veterinäruntersuchungsamtes zu optimieren und zu gewährleisten.



## Untersuchung eines Galvanikprozesses hinsichtlich der Temperaturen zur Einbindung eines Blockheizkraftwerkes

**Arne Wiese B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Marc Lappe
Datum des Kolloquiums:	10. November 2010
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	TIGEV Ingenieurgesellschaft, Münster



Nach Abschluss der Praxisphase bei der TIGEV-Ingenieurgesellschaft wurde mir eine Abschlussarbeit in diesem Unternehmen ermöglicht. Aufgrund der bestehenden Zusammenarbeit zwischen der Firma Aug. Winkhaus GmbH & Co. und der TIGEV-Ingenieurgesellschaft bot sich eine Untersuchung des Wärmeprozesses der von der Firma Winkhaus betriebenen Oberflächentechnik, speziell der Galvanotechnik an.

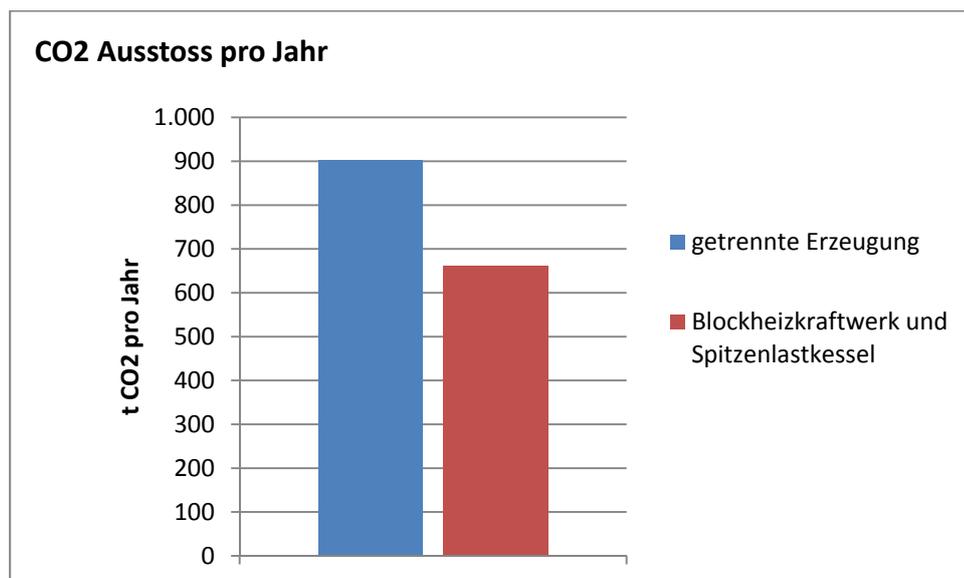
Im Stammwerk in Telgte sind aktuell für die Geschäftsfelder Fenster- und Türentechnik vier Galvanikanlagen zur Oberflächenbehandlung in Betrieb. Firma Winkhaus produziert u.a. mechanische und elektronische Schließanlagen, Überwachungssysteme für Fenster und Türen, Sicherheitstürverriegelungen und Zeiterfassungssysteme.

Ziel der Bachelorarbeit war es den Wärmeprozess der Galvanikanlagen hinsichtlich der Temperaturen untersuchen und die Integration eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) in die bestehende Anlagentechnik betrachten.

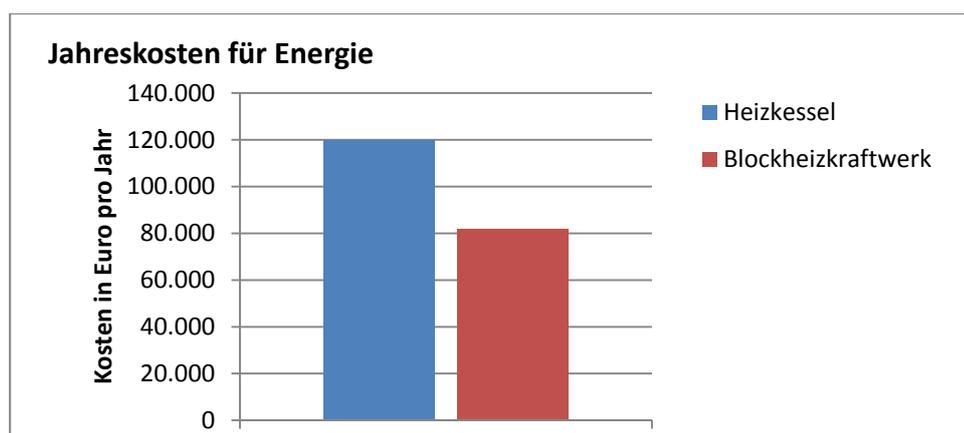
Da die zu verarbeitenden Werkstücke meist vorbehandelt sind, wird ein wärmeintensives Entfettungsverfahren eingesetzt, denn durch die Vorbehandlung sind die Oberflächen häufig mit Schmierfetten, Ölen aus der Metallvorverarbeitung oder Korrosionsschutzölen verunreinigt, welche vor dem Metallabscheidungsprozess zwingend entfernt werden müssen. Je nach Anwendungsfall, Art und Stärke der Verunreinigung werden Temperaturen verschiedenen Niveaus benötigt. Die Wärmeversorgung wird über zwei Kessel mit je 420 kW thermischer Leistung übernommen.

Durch Leistungs- und Temperaturmessungen wurde jedoch gezeigt, dass die Mittlere benötigte Leistung im Sommer nur in etwa 220 kW beträgt. Aufgrund der Installieren Wärmeleistung von 920 kW takteten die Kessel sehr stark und eine unregelmäßige Anforderung war zu beobachten. Durch die hohen Temperaturen von bis zu 105 °C im Vorlauf war der Einsatz eines BHKW nicht direkt möglich. Die Grundbedingungen für einen BHKW-Betrieb sind jedoch vorhanden: Durch den anhaltenden Schichtbetrieb werden die Galvanikanlagen an jedem Tag der Woche zu 24 Stunden betrieben. Dies führt zu einer ganzjährlichen hohen Wärmeabnahme. Durch bauliche und betriebliche Änderungsvorschläge wurde gezeigt, dass ein Blockheizkraftwerk mit einem Pufferspeicher für den Grundlasteinsatz möglich ist. Bei steigender Last würden die bestehenden Kesselanlagen als Spitzenlastsystem herangezogen.

Folgende Resultate könnten mit Hilfe des BHKWs erzielt werden:



Die Einsparung an CO2 Emissionen wird durch den BHKW-Einsatz in etwa um 30 % gemindert.



Die Jahreskosten für Energie werden von 120.000 EUR/a auf etwa 80.000 EUR/a reduziert. Dies entspricht einer Einsparung von 40.000 EUR/a.

**Dipl.-Ing. Tobias Wilken M.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 21. Januar 2011

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



Die Aufgabenstellung der Masterarbeit bestand darin, die vorhandene Kälteerzeugungsanlage des Klinikums kritisch zu überprüfen, sowie Energieeinsparpotenziale aufzuzeigen und diese zu beurteilen. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse sollte aufzeigen, welche Maßnahmen sinnvoll erscheinen, und in welcher Höhe Einsparungen zu erwarten sind.

Der erste Schritt der Arbeit bestand in einer Bestandsaufnahme der Kälteerzeugungsanlagen, der Kälteverteilung sowie der Kälteverbraucher. Anhand dieser Untersuchung wurden Optimierungsmaßnahmen festgelegt und durch eine Wirtschaftlichkeitsanalyse bewertet.

Diese waren:

- Einsatz eines geschlossenen Rückkühlwerkes
- Verlegung des Rückkühlwerkes in die Nähe der Kälteerzeugung

Die Kaltwasservorlauftemperatur wird gleitend in Abhängigkeit der Außentemperatur verändert.

Der Einsatz eines geschlossenen Rückkühlwerkes wurde aus dem Grund untersucht, da das vorhandene offene Rückkühlwerk, den Verflüssiger des Kältesatzes stark verschmutzte. Der hohe Wartungsaufwand und der hohe Wasserverbrauch offener Systeme stehen der höheren Verflüssigungstemperatur von geschlossenen Systemen gegenüber. Die jährliche Einsparung zum Status quo beläuft sich auf ca. 19 %, welche aber durch die hohen Investitionskosten relativiert wird.

Derzeit ist das Rückkühlwerk weit von der Kälteerzeugung entfernt angeordnet. Die Verlagerung in die Nähe der Kälteerzeugung hat vor allem zwei Vorteile: Zum einen müssen weniger Widerstände überwunden und somit weniger Pumpenstrom aufgewendet werden, zum anderen senkt sich die Verflüssigungstemperatur aufgrund der geringeren Verweilzeit in den Rohrleitungen. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigte, dass ca. 12 % an laufenden Kosten eingespart werden können. Sofern das Rückkühlwerk erneuert wird, sollte dies Berücksichtigung finden.

Des Weiteren wurde geprüft, inwieweit Einsparungen zu erwarten sind, indem die Kaltwasservorlauftemperatur gleitend zur Außentemperatur verändert wird. Diese Maßnahme hat durch die geringen Investitionskosten die geringste Amortisationszeit und rentiert sich in weniger als 4 Jahren.

## Energetische Bewertung verschiedener Anlagenvarianten zur Deckung des Jahresheizwärmebedarfs eines zu sanierenden Studentenwohnheims

**Dipl.-Ing. Frank Wilmer**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dipl.-Ing. Bernhard Rickmann  
Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker

Datum des Kolloquiums:

21. März 2011

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Versorgungs- und Entsorgungstechnik (Diplom)  
Technische Gebäudeausrüstung  
Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit:

BWE-Ingenieurgesellschaft mbH, Nottuln/Westf.



Die begrenzte Menge an natürlich vorkommenden Ressourcen und somit auch Primärenergieträgern muss Anlass dazugeben, sich mit energieeffizienteren Techniken zu befassen und diese auch einzusetzen.

Das nachfolgende Diagramm zeigt den Energieverbrauch in Deutschland nach Anwendungsbereichen. Hier wird deutlich, dass fast ein Drittel in die Bereiche Raumheizung, Trinkwassererwärmung und Beleuchtung fällt.

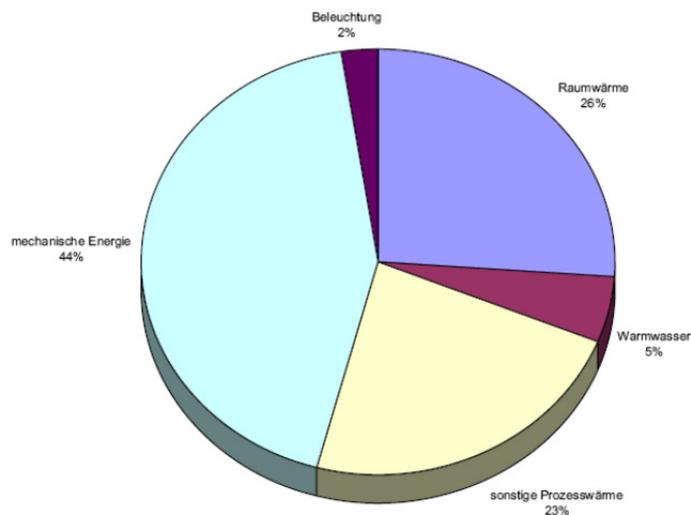


Abbildung: Energieverbrauch im Jahr 2007 nach Anwendungsbereichen (Quelle: BMWi)

Einsparungen in diesen Bereichen sollen mit der derzeit gültigen Energie-sparverordnung (EnEV 2009) in der Verbindung mit DIN V 18599 bzw. DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 erreicht werden.

Ziel dieser Diplomarbeit war es, im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben eine energetische Bewertung, verschiedener Anlagenvarianten, zur Deckung des Jahresheizwärmebedarfs eines zu sanierenden Studentenwohnheims durchzuführen.

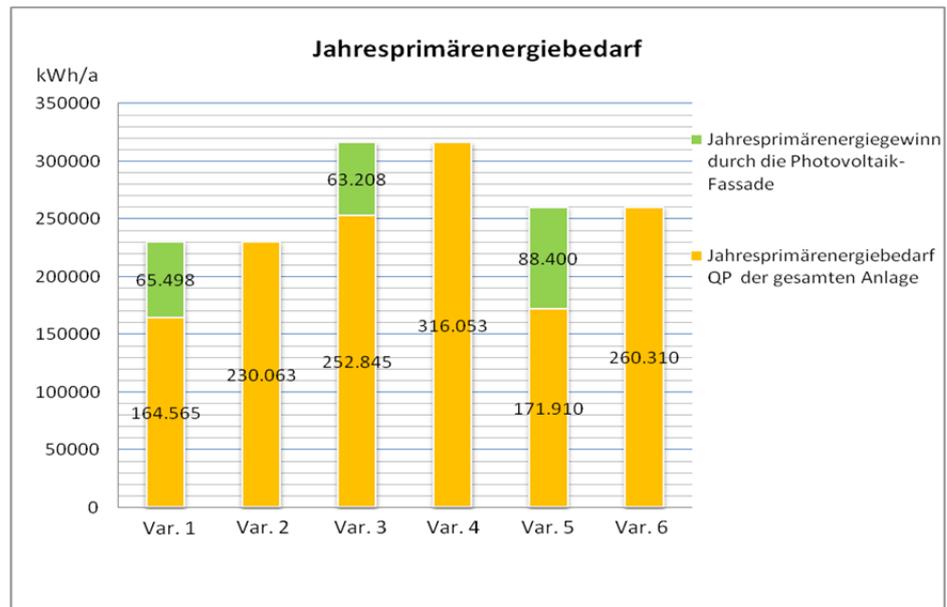
Folgende Varianten standen aufgrund der örtlichen Gegebenheiten und den Vorgaben des zuständigen Studentenwerks zur Verfügung.

Var.1 und 2: Fernwärmeversorgung aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Var.3 und 4: Brennwertkessel betrieben mit Erdgas H

Var.5 und 6: elektrische Erdreich/Wasser Wärmepumpe

Bei einer sich auf der Süd-Fassade des Gebäudes zu errichtenden Photovoltaik-Fassade wurde jeweils zwischen Eigenverbrauch des erzeugten Stroms und Einspeisung in das öffentliche Netz unterschieden.



Die Grafik zeigt den Jahresprimärenergiebedarf der einzelnen Anlagenvarianten. Hier wird deutlich, dass die Eigennutzung des erzeugten Stroms die für das Gebäude energetisch effizienteste Lösung darstellt, da dies als Primärenergiegewinn gewertet wird.

In der nachfolgende Tabelle wird der aufgeführte Jahresbedarf, bezogen auf eine Gebäudenutzfläche von ca. 4400 m<sup>2</sup> dargestellt.

Anlagen-variante	vorhandener flächenbezogener Jahresprimärenergiebedarf QP <sup>„vorh“</sup> [kWh/(m <sup>2</sup> a)]		maximal zulässiger Jahresprimärenergiebedarf (140% des Referenzgebäudes) QP <sup>„zul“</sup> [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	flächenbezogener Jahresprimärenergiebedarf des Referenzgebäudes [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
Variante 1	37,43	<	74,11	52,94
Variante 2	52,33	<	74,11	52,94
Variante 3	57,51	<	74,11	52,94
Variante 4	71,88	<	74,11	52,94
Variante 5	39,10	<	74,11	52,94
Variante 6	59,21	<	74,11	52,94

Der daraus resultierende flächenbezogene Jahresprimärenergiebedarf zeigt, dass alle Varianten den Vorgaben der derzeit gültigen EnEV entsprechen.

Dennoch ist für dieses Objekt eine Wärmeversorgung mittels Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Eigennutzung des erzeugten Stroms, die aus energetischer Sicht sinnvollste Variante.

**Philipp Wittkamp B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernhard Mundus
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Andreas Winkels
Datum des Kolloquiums:	12. Januar 2011
Studiengang:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Laborbereich 4.7
In Kooperation mit:	WBP-Ingenieure, Münster

In Archiven ist es von großer Bedeutung, dass bestimmte Werte für Temperatur und relative Feuchte der Luft eingehalten werden. An dem eingelagerten Archivmaterial kann es sonst sehr schnell zu erheblichen Schäden kommen, welche zur Zerstörung des Objektes führen können.

Durch Einsatz einer Vollklimaanlage, welche über die thermodynamischen Funktionen Befeuchten, Entfeuchten, Heizen und Kühlen verfügt, ist die Einhaltung bestimmter Grenzen für Temperatur und relative Feuchte möglich.

Ein Nachteil einer Vollklimaanlage liegt vor allem in den hohen Kosten, welche für Anschaffung und Betrieb der Anlage entstehen. Daher werden andere Konzepte für die Klimatisierung der Archive gesucht.

Das Konzept der „Natürlichen“ Klimatisierung wird in dieser Arbeit näher vorgestellt und mit der konventionellen Klimatisierung verglichen. Wichtig ist dabei ein bestimmter Wandaufbau, damit das Klima im Archivmagazin keinen großen Schwankungen ausgesetzt ist. Durch ein geschicktes Regelungskonzept für die Lüftung und die Heizung des Archivs können auch bei diesem Konzept bestimmte Werte für Temperatur und relative Feuchte der Luft eingehalten werden.

Die Bachelorarbeit zeigt, dass die natürliche Klimatisierung gegenüber der konventionellen Klimatisierung deutliche Vorteile hat. Die jährlichen Betriebskosten der natürlichen Klimatisierung betragen etwa 20 Prozent der Kosten der konventionellen Methode. Zudem sind die Investitionskosten für eine Vollklimaanlage ca. 1,4mal so hoch wie die Anschaffungskosten der Anlage für die natürliche Klimatisierungsmethode.

Heutzutage liegt das Bestreben der Bauherren darin, möglichst wenig Geld zu investieren und die Kosten zu minimieren. Da in Zukunft die Energiekosten immer weiter steigen werden, muss nach wirtschaftlichen Lösungen gesucht werden.

Die, in dieser Arbeit beschriebene, natürliche Klimatisierung stellt gegenüber der konventionellen Klimatisierung eine gute preisgünstige Alternative dar. Das System, wie es in der Arbeit beschrieben wird, ist von der Firma WBP-Ingenieure bereits in mehreren Archiven eingesetzt worden und hat sich stets bewährt.

## Berechnung und Überprüfung der Raumluftrömungen bei Einsatz von Kühldeckensystemen und Bodenkonvektoren in Büroräumen durch Computerberechnungen und Laborversuche

**Gang Xu B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Stefan Bauer M.Sc.

Datum des Kolloquiums:

02. August. 2010

Studiengang:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Raumluftechnik

In Kooperation mit:

Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co KG



Bodenkonvektoren und Kühldeckensysteme können im Sommer und im Winter mit dem in dieser Arbeit getesteten Computerprogramm gut simuliert werden.

In einer typischen Winterwoche beträgt die Heizlast eines Büros 0,6 KW. Das Büro kann dabei durch Bodenkonvektoren auf 21 °C geheizt werden. Der Zuflutvolumenstrom ist 31 °C warm. In der Simulation liegt die Raumtemperatur bei 20,5 °C und die Luftgeschwindigkeit bei 0,12 m/s. Diese Ergebnisse sind optimal. Wie DesignBuilder berechnet, beträgt der PMV-Wert 0,6 und der PPD-Wert 10 %. Der Blick auf die Ergebnisse legt die Schlussfolgerung nahe, dass Bodenkonvektoren günstig im Heizfall sind und die Heizung mit Bodenkonvektoren durch DesignBuilder sehr gut simuliert wird.

In einer typischen Sommerwoche beträgt die Kühllast eines Büros 1,7 KW. Die Temperatur im Büro wird dabei durch Bodenkonvektoren auf 26 °C abgekühlt. Die Zuluft liegt bei 18 °C. Bei der Simulation ist die Luftgeschwindigkeit 0,10 m/s und die Temperatur im Aufenthaltsbereich 26,8 °C. Die Kaltluft bildet einen Kaltluftsee im unteren Raumbereich. Die auch im Laborversuch bestätigten prinzipiellen Raumströmungsverläufe werden durch DesignBuilder gut wiedergegeben. Im Labor wurde ebenfalls eine Messung durchgeführt, wobei auch mit Bodenkonvektoren gekühlt wurde. Mit Blick auf die Simulationsergebnisse und den Vergleich kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der Bodenkonvektor etwas ungünstigere Behaglichkeitsbedingungen im Sommer bietet.

Das Büro kann auch durch Kühldecken klimatisiert werden. DesignBuilder zeigte auch hierbei akzeptable Berechnungsergebnisse

**Kai Zimdars B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christian Becke  
 Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann

Datum des Kolloquiums: 21. Dezember 2010

Studiengang: Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Umwelttechnik  
 Laborbereich: Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit: GEFA Prozesstechnik GmbH, Dortmund



Die klassische Flüssigfiltration, bei der eine Filterschicht aus Quarzsand oder Ähnlichem durchströmt wird, ist in den meisten industriellen Anwendungen aufgrund des Platzbedarfs und Aufwandes ungeeignet.

Die Entfernung partikulärer Inhaltsstoffe, die sich in Brauchwasser oder Produkten befinden, gewinnt aber auch in der industriellen Wasseraufbereitung immer mehr an Gewichtung. Zum Beispiel zum Schutz der Industrieanlage vor Fremdstoffen, die eine Beeinträchtigung der Funktion zur Folge hätten oder zur Verbesserung der Produktqualität.

Deshalb war Ziel dieser Arbeit, die Konstruktion sowie der Bau einer vollautomatischen Testanlage und der Test der Wirksamkeit der Filtration und Spülung einer neuen Feinfiltertechnik, die eine Filtration mittels porösen Sintermetalls leistet.

Die Sintermetallfilterkerze ist im Vergleich zu anderen Filtersystemen temperatur- und druckresistent und zusätzlich preisgünstig und robust.

Angestrebt war eine in ihrer Feinheit und Fläche modular erweiterbare, robuste und störsichere Filtereinheit. Auf bewegliche Teile sollte weitestgehend verzichtet werden.

Nach vollendeter Testphase und Betrachtung der vorliegenden Untersuchungsdaten ließ sich feststellen, dass das System in seiner momentanen Bauform und Bestückung wirtschaftlich und auch technisch unbrauchbar ist. Die Filtratausbeute fiel erheblich geringer aus als die vergleichbarer Systeme. Die geringe Filtratausbeute und der bestehende Bedarf an Trinkwasser zur Spülung machten dieses System uninteressant für die kommerzielle Nutzung.

Die angestrebte Partikelentfernung und Partikelfreiheit des Filtrats konnte nicht dauerhaft aufrechterhalten werden. Die Sintermetallfilterkerze war nicht beständig und wies einen Pulverausfall auf. Die schlechte Qualität des Trennelementes ist für den hohen Anspruch im technischen Dauereinsatz ungeeignet.

Der technische Aufbau des Filtersystems war problemlos. Alle verwendeten Bauteile arbeiteten einwandfrei und wären auch für einen Langzeiteinsatz unter realen Bedingungen geeignet.

Das konstruierte Filtersystem stellt keine Alternative zu bestehenden Filtersystemen am Markt dar.

## **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)**

