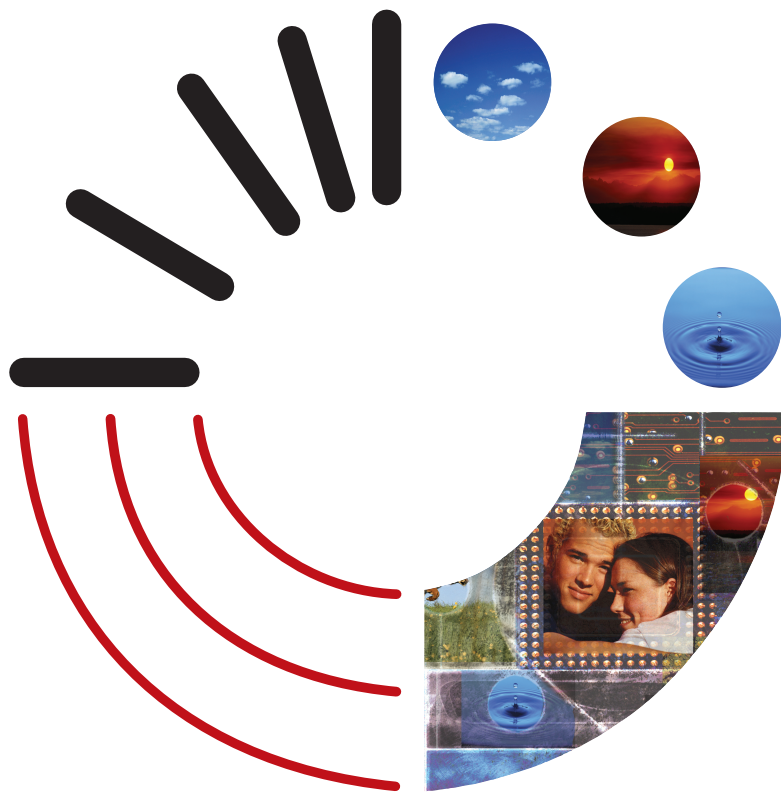


# Akademisches Jahrbuch 2014 / 2015



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

Fachhochschule  
Münster University of  
Applied Sciences



## Vorwort



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

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

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

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

Ich wünsche allen, die heute ihr Abschlusszeugnis als Ingenieurin oder Ingenieur in den Händen halten, dass Sie positiv in die Zukunft blicken, aber auch gerne an die Zeit an diesem Fachbereich 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. Hier geht es darum, einen Beitrag zu leisten, um neu aufgeworfene Fragen der Technik zu beantworten und die Effizienzen in allen Bereichen der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik zu erhöhen.

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

Steinfurt im April 2015

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt, Dekan

## Verzeichnis der Abschlussarbeiten

1	Beheizung eines Freibades zur Attraktivitätssteigerung in Neuenkirchen, Kreis Steinfurt <b>Heiner Ahrens M.Eng.</b>	13
2	Erstellung der Grundzüge eines Nachhaltigkeitsberichtes nach den Prinzipien der Global Reporting Initiative <b>Jana Laura Alt B.Eng.</b>	15
3	Integration fluktuierender Energieerzeuger in die brennstoffbetriebene Stromversorgung <b>Philipp Aust B.Eng.</b>	17
4	Erstellung eines Berechnungsprogramms zur Auslegung von Rundrohrluftdurchlässen <b>Joe Pierre Michele Badalona-Lopez B.Eng.</b>	19
5	Analyse und Optimierung der Vorplanungsphase von GA Projekten <b>Maximilian Bayer-Eynck B. Eng.</b>	21
6	Einführung eines Energiemanagementsystems gemäß DIN EN ISO 50.001 am Beispiel der Stadtwerke ETO GmbH & Co. KG am Standort Ennigerloh <b>Oliver Bergmann B.Eng.</b>	23
7	Kombinierte Planung einer Wärmepumpe und einer Photovoltaikanlage <b>Tim Bewer B.Eng.</b>	25
8	Versorgung der Stadt Holzminden mit dem Wasserwerk Kapellenbreite – Möglichkeiten und Auswirkungen <b>Dipl.- Ing. (FH) Matthias Bieler M. Eng. M. Eng.</b>	27
9	Kaltwasserzirkulation in Gebäuden unter dem Aspekt der Trinkwasserhygiene – Möglichkeiten der Umsetzung und wirtschaftliche Einordnung <b>Fabian Blomberg B.Eng.</b>	28
10	Messtechnische Untersuchung der Strömung in einem Bodenkonvektor mittels Particle Image Velocimetry <b>Julian Bragard B.Eng.</b>	30
11	Frischwasserstationen in der Kaskadierung - Labortechnische Untersuchung und Bewertung von hydraulischen Abhängigkeiten unter Einsatz von PWM- modulierbaren Hocheffizienzpumpen <b>Christoph Bräuer B.Eng.</b>	31
12	Naturnaher Ausbau des Herbecker Bachs anlässlich des Bebauungsplans Hammacher <b>Tònie Brinkert B.Eng.</b>	33
13	Windenergieanlagen – Entwicklung einer Systematik zur Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebotes <b>Stefan Brinkmann M.Eng.</b>	35
14	Handlungsoptionen für die Neuorganisation der Straßenbeleuchtung der Gemeinde Recke <b>Daniel Brügge B.Eng.</b>	36
15	Strategien zur Optimierung der Drucklufferzeugung <b>Ole Bruns B.Eng.</b>	38

16	Selective Energy Savings and Energy Efficiency Measures at “Infineon Technologies (Kulim) Sdn. Bhd.”, Malaysia <b>Karsten Buchholz B.Eng.</b>	<b>40</b>
17	Praktische Umsetzung der UBA-Empfehlung zur Gefährdungsanalyse am Beispiel eines Klinikums <b>Dominik Büning B.Eng.</b>	<b>42</b>
18	Chancen und Möglichkeiten eines virtuellen Kraftwerks am Beispiel der Klimakommune Saerbeck <b>Philip Denne B.Eng.</b>	<b>44</b>
19	Mini-Blockheizkraftwerke für die dezentrale Energieversorgung - Funktionsweise, ökonomische und ökologische Auswirkungen am Beispiel eines Nahwärmesystems „Im Wiesengrund“ in Lünen <b>Philipp Dissel B.Eng.</b>	<b>46</b>
20	Marktpenetration als strategische Option für den Mittelstand. Möglichkeiten und Grenzen, dargestellt am Beispiel des Produktes Wasserzählerschacht der BEULCO GmbH & Co. KG – <b>Laetitia Gaele Dongmo Tsojjo B.Eng.</b>	<b>48</b>
21	Energiekosten- und Emissionsvergleich von Mikro- und Mini- KWK-Anlagen, eine Energieeffizienzbewertung <b>Bernd Elbeshausen, B.Eng.</b>	<b>49</b>
22	Einbindung eines elektrischen Vorwärmers in eine Gasdruckregel- und Messanlage <b>Florian Fellmann, B.Eng.</b>	<b>51</b>
23	Energetische Simulation und Untersuchung eines Textilkaufhauses in Innenstadtlage Augsburg <b>Frank Fischer M. Eng.</b>	<b>52</b>
24	Untersuchung zur Verminderung von Formaldehyd-Emissionen bei Biogasanlagen <b>Stefanie Fleischmann B.Eng.</b>	<b>54</b>
25	Evaluation eines Energiemanagementsystems am Beispiel eines metallverarbeitenden Unternehmens <b>Adrian Franciczek M.Eng.</b>	<b>56</b>
26	Optimierungspotentiale der Energie-Erzeugungsanlagen eines Autohauses und Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Energie-Direktvermarktung <b>Matthias Franke M.Eng.</b>	<b>57</b>
27	Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 im Kernkraftwerk Emsland <b>Dipl.-Ing. Stefan Frese M.Eng.</b>	<b>59</b>
28	Kombination von Heizungswärmepumpen und Photovoltaikanlagen im Einfamilienhaus <b>Björn Fritsche B.Eng.</b>	<b>61</b>
29	Eine theoretische Gegenüberstellung zwischen latenten und sensiblen Wärmespeichersystemen anhand eine Excel Kalkulations- Tools <b>Florian Füssner B.Eng.</b>	<b>63</b>

30	Energetische Untersuchung eines Büroneubaus mit zentraler raumlufthechnischer Anlage und Kühldecken mittels thermisch energetischer Gebäude- und Anlagensimulation <b>Shiyi Gao M.Eng.</b>	65
31	Entwicklung einer Regelstrategie für eine innovative Verdunstungs-Kühleinheit mit Wärmerückgewinnung und energetischem Monitoring anhand Binärer Beobachter <b>Nils Glasmeier B.Eng.</b>	66
32	Steigerung der Energieeffizienz eines Verbrennungsofens <b>Yannick Göhner B.Eng.</b>	67
33	Geschäftsprozessoptimierung durch den Einsatz der agilen Management-Methoden Scrum und Kanban am Beispiel der TIGEV Energie GmbH <b>Christian Große-Wöstmann M.Eng.</b>	69
34	Messtechnische und numerische Untersuchung von Design-Lüftungsventilen der Braugruppe Ventil One 100 und Ventil One Plus 100 <b>Andre Grote M.Eng.</b>	71
35	Olfaktometrische Bestimmung der Geruchsemissionen von Gras- und Maissilagen auf Biogasanlagen und Abschätzung der Fahnenreichweite im Winterzeitraum <b>Christoph Grotholtmann B.Eng.</b>	73
36	Modellanalyse von Veränderungen im Übertragungsnetz - Abschätzung der Auswirkung auf die Kurzschlussfestigkeit der betrachteten Laufwasserkraftwerke der Sparte Wasserkraft der RWE Power AG <b>Leon Grothues B.Eng.</b>	75
37	Möglichkeiten der Elimination prioritärer Stoffe in der Kläranlage Stadtlohn <b>Kai Harmjanßen B.Eng.</b>	77
38	Energetische und wirtschaftliche Betrachtung eines Eisspeichers im Stadtarchiv Köln <b>Jan-Oliver Hense M.Eng.</b>	79
39	Analyse des Nutzerverhaltens in einem Labor- und Bürogebäude und Schulung der Nutzer zur Reduzierung des Energieverbrauchs <b>Andrea Hergesell M.Eng.</b>	81
40	Erstellung eines Werkzeuges zur Potentialanalyse von Kleinwindenergieanlagen <b>Torsten Heywinkel M.Eng.</b>	82
41	Erstellen einer Prüfeinrichtung zur Erprobung von Maßnahmen gegen das Eindringen von Windfrachten in solarthermischen Kollektoren <b>Philip Höffer B.Eng</b>	84
42	Water Supply in Kampala, Uganda: Rehabilitation of Clarification Step in Ggaba II <b>Hannes Höhne B.Eng.</b>	86
43	Anforderungen an die Dokumentation von hygienisch-technischen Untersuchungen einer Trinkwasser-Installation im Rahmen einer Gefährdungsanalyse <b>David Höing M.Eng.</b>	88

44	Auswirkungen von veränderten Übertragungskapazitäten zwischen Deutschland und den angrenzenden Staaten auf den deutschen Netzentwicklungsplan <b>Sören Honsel B.Eng.</b>	<b>90</b>
45	Entwicklung eines Wasseranreicherungskonzeptes für das Wasserwerk Hohe Ward <b>Max Jansen in de Wal B.Eng.</b>	<b>91</b>
46	Optimierung von Entspannungsschaldämpfern für gasförmige Fluide <b>Christoph Jungk M.Eng.</b>	<b>93</b>
47	Solaaris – Umfassende Betrachtung eines solarbetriebenen Schiffes <b>Jens Kathrein B.Eng.</b>	<b>94</b>
48	Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001:2011 am Beispiel der agri.capital-Gruppe <b>Arne Kiewit M.Eng.</b>	<b>96</b>
49	Optimierte Verlegung von Versorgungsleitungen technische und wirtschaftliche Untersuchung am Beispiel der Stadtwerke Münster GmbH <b>Robin Kischka M.Eng.</b>	<b>98</b>
50	Analyse und Optimierung der Energieverbräuche der Kaufmännischen und Technischen Schulen in Rheine <b>Johannes Klostermann M.Eng.</b>	<b>99</b>
51	Entwicklung eines Modells zur Zertifizierung und Auslegung eines Gegenstrom-Wärmeübertragers mit integrierter Verdunstungskühlung <b>Alexander Kramer B.Eng.</b>	<b>100</b>
52	Erarbeitung einer optimalen Rehabilitationsstrategie für Gasverteilnetze unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte. <b>Simon Kranz B. Eng.</b>	<b>102</b>
53	Die Voraussetzungen für Windenergie in Indien am Beispiel des Bundesstaates Tamil Nadu <b>Nessanthan Krishnakumar B.Eng.</b>	<b>103</b>
54	Experimentelle Untersuchung des Mindestanlaufvolumenstroms eines Dachentwässerungssystems mit Druckströmung <b>Pascal Lehmler B.Eng.</b>	<b>105</b>
55	Heizen mit Biomasse - Konzept der Wärmebereitstellung eines Gymnasiums <b>Benedikt Leiting B.Eng.</b>	<b>107</b>
56	Energetische Bewertung eines pharmazeutischen Produkts auf Fettbasis <b>Steffen Linderskamp M.Eng.</b>	<b>109</b>
57	Filtern von Oberwellen <b>David Löwenberg B.Eng.</b>	<b>111</b>
58	Stagnationsvermeidung bei solarthermischen Großanlagen. Theoretische Betrachtung von regelungstechnischen und thermodynamischen Maßnahmen sowie deren Einbindung in das System und Überlegungen zur Umsetzung eines Versuchsaufbaus in einer bestehenden Anlage. <b>Dominik Mesenhöler B.Eng.</b>	<b>112</b>
59	Entwicklung eines Tools zur Abschätzung von Energieeinsparpotenzialen in Nichtwohngebäuden <b>Alexander Meyer B.Eng.</b>	<b>114</b>

60	Energetische Analyse und Sanierung von Bürogebäuden – Am Beispiel des Broker & Office Center in Frankfurt am Main <b>Leon Meyer B.Eng.</b>	116
61	Anwendungen und Möglichkeiten der Pinch-Analyse zur energetischen Optimierung von Systemen mit heterogenen Wärmeströmen <b>Sören Möller M.Eng.</b>	117
62	Notwendige Tätigkeiten zur Betriebsführung des Stromnetzes in Warendorf <b>Mirko Mühlenschulte B.Eng.</b>	119
63	Anforderungen und technische Umsetzungsmöglichkeiten eines internationalen Spülkastens mit besonderer Betrachtung der Spülmengen <b>Yi Nie B.Eng.</b>	120
64	Theoretische und praktische Betrachtung des Warmwasserbedarfs am Beispiel von Pflegeheimen zur Auslegung der Trinkwassererwärmungsanlage <b>Marius Nienaber B.Eng.</b>	122
65	Erarbeitung eines Wärmeversorgungssystems für die Umgestaltung eines Objektes von einer Fabrik in ein Büro- und Wohngebäude <b>Julian Pickhard B.Eng.</b>	124
66	Konzeptentwicklung zur Optimierung der kommunalen Abwasserreinigungsanlage in Saerbeck <b>Nils Polnik B.Eng.</b>	126
67	Betrachtung einer Infrarot-Strahlungsheizung im Wohnungsbereich <b>Stefan Pöttker B.Eng.</b>	128
68	CFD-Simulation von Luftströmungen und Temperaturen um ein Hochleistungsmikroskop <b>Benjamin Puckert B.Eng.</b>	129
69	Theoretische Untersuchung des Einflusses von Phase Change Materials in Baustoffen auf den Raumtemperaturverlauf und den Kühlenergiebedarf von kleineren Büroräumen <b>Yiyi Qiu M.Eng.</b>	131
70	Arsenentfernung aus Trinkwasser durch Adsorption an gesintertem Eisenhydroxid <b>Christian Rötker B.Eng.</b>	132
71	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Kreislaufverbundsystems im Franziskus-Hospital Osnabrück-Harderberg <b>Tim Schafmeister B.Eng.</b>	134
72	Entsorgung von Reststoffen aus Regenwasser- behandlungsanlagen <b>Bernd Scheipers B.Eng.</b>	136
73	Optimierungspotenzial im technischen Gebäudemanagement <b>Michael Schlüter M.Eng.</b>	138
74	Energetische Analyse und Optimierung eines Bürogebäudes der WISAG Gebäude- und Industrieservice Nord-West GmbH & Co. KG <b>Linda Schneider M.Eng.</b>	140
75	Bachelorarbeit über die Kühllastberechnung nach dem Abschätzverfahren der VDI 2078 <b>Frank Schnelting B.Eng.</b>	141
76	Erstellung eines Wärmeerzeugungskonzeptes für die Keding Grundschule Kettenkamp <b>Johannes Schöne B.Eng.</b>	142

77	Energetische Inspektion von Klimaanlage nach EnEV §12 <b>Benedikt Schopohl B.Eng.</b>	<b>144</b>
78	Untersuchungen zum Energiemonitoring von RLT-Anlagen <b>Michael Schulze Greiving M.Eng.</b>	<b>145</b>
79	Thermische Gebäudesimulation in Klassenräumen mit den Zielen Energieeinsparung und Luftqualitätsverbesserung <b>René Selker B.Eng.</b>	<b>147</b>
80	Untersuchung zur Einführung eines eCarsharing-Systems in Kleinstädten am Beispiel der Stadt Tönisvorst <b>Tom Simon B.Eng.</b>	<b>149</b>
81	Die neue DIN 1988-300. Haben sich die neuen Berechnungs- und Planungsansätze rund um die Nutzungseinheiten bewährt? <b>Andre Speit M.Eng.</b>	<b>151</b>
82	Darstellung des Betriebsverhaltens von Verdichtern im Erdgasspeicherbetrieb am Beispiel des H-Gasspeichers Epe <b>Johanna Stäsch B.Eng.</b>	<b>153</b>
83	Energetische Betrachtung von Logistikhallen unter den Rahmenbedingungen des EEWärmeG <b>Janosch Stücker M.Eng.</b>	<b>154</b>
84	Entwicklung einer Methode zur Berechnung und Bewertung der Energieeffizienzmaßnahmen für eine Gebäudeleittechnik <b>Felix Terbrüggen B.Eng.</b>	<b>155</b>
85	Entwicklung einer Strategie zur Betriebsbegleitung für eine großtechnische Filteranlage zur Regenwasserbehandlung in Wuppertal <b>Yannick Tiemann B. Eng.</b>	<b>157</b>
86	From waste to gas – A concept for a waste management plan in Ethiopia <b>Jonas Umgelter B.Eng.</b>	<b>159</b>
87	Optimierung von Dampfkesselsystemen am Beispiel der Armstrong DLW GmbH in Delmenhorst <b>Lars Varelmann M.Eng.</b>	<b>161</b>
88	Die Wertstromanalyse als Instrument zur Prozessoptimierung im operativen Einkauf von Windenergieanlagen <b>Tobias Voelker B.Eng.</b>	<b>162</b>
89	Gebäudemodernisierung und Betriebskosten - Energetische Neustrukturierung eines Rechenzentrums unter Berücksichtigung des Gesamtkonzeptes der zentralen Kälteerzeugung und der Auswirkungen auf die raumluftechnischen Anlagen <b>Yuting Wang, M.Eng.</b>	<b>163</b>
90	Übernahme von Strom- und Gasnetz zur betrieblichen Eigenversorgung <b>Christopher Wendt B.Eng.</b>	<b>165</b>
91	Vergleich unterschiedlicher Einbausituationen von Solarkollektoren zur Trinkwassererwärmung im Wohnungsbau <b>Marco Wennemers B.Eng.</b>	<b>167</b>
92	Sanierungsrahmenplan für Heizungs-, Lüftungs- und Kälteanlagen <b>Robin Weßeling B.Eng.</b>	<b>168</b>



93	Energetische Bewertung eines Kunststoff verarbeitenden Unternehmens zur Einführung eines Energiemanagementsystems <b>Jörg Weymann-Schulz B.Eng.</b>	<b>169</b>
94	Automatischer Wasseraustausch in Trinkwasser-Installationen. Sinnvoller Einsatz von Zwangsspüleinrichtungen. <b>Marius Wiesmann B.Eng.</b>	<b>171</b>
95	Deutschlands Windenergiepotenziale und Ausbaueffekte bei möglicher Vergütungsänderung im EEG <b>Timo Winkelmann B.Eng.</b>	<b>173</b>
96	Konzepterstellung zur energetischen Nutzung von Erdölbegleitgas <b>Sebastian Wobken M.Eng.</b>	<b>175</b>
97	Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit im Kreis Steinfurt mit dem futureparty-Konzept <b>Stephan Wolsing B.Eng.</b>	<b>177</b>
98	Untersuchung der Anforderung an ein Messsystem zur Beurteilung der Energieverbräuche eines Bürogebäude <b>Xinghao Yang, B.Eng.</b>	<b>179</b>
99	Vergleich der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme mit Mikro-KWK-Anlagen <b>Emir Yazicioglu B.Eng.</b>	<b>180</b>
100	Untersuchung zur Neuorganisation einer Makro-Bibliothek für HLK-Anwendungen <b>Yaohuan Zheng M.Eng.</b>	<b>182</b>
101	Planung einer Filtrationsanlage zur Eisen- und Manganreduktion im Wasserwerk Ahlintel <b>Xinyu Zhang B. Eng.</b>	<b>183</b>
102	Experimentelle Ermittlung von Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung von Raumluftrömungen aufgrund zweier gegeneinander strömender Deckenstrahlen <b>Yunyang Zhao M.Eng.</b>	<b>185</b>
103	Numerische Strömungs- und Brandsimulation mittels FDS zur Verifizierung von Plume-Modellen und Auslegungsvorschriften für natürliche und maschinelle Rauchabzugssysteme <b>Oliver Zickert B.Eng.</b>	<b>187</b>

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

© 2015 Fachbereich Energie · Gebäude · Umwelt

## Namensverzeichnis

<b>A</b>		<b>H</b>	
Ahrens, Heiner .....	13	Harmjanßen, Kai.....	77
Alt, Jana Laura .....	15	Hense, Jan-Oliver.....	79
Aust, Philipp .....	17	Hergesell, Andrea.....	81
<b>B</b>		Heywinkel, Torsten.....	82
Badalona-Lopez, Joe Pierre Michele .....	19	Höffer, Philip.....	84
Bayer-Eynck, Maximilian .....	21	Höhne, Hannes.....	86
Bergmann, Oliver .....	23	Höing, David.....	88
Bewer, Tim .....	25	Honsel, Sören.....	90
Bieler, Matthias.....	27	<b>I</b>	
Blomberg, Fabian.....	28	in de Wal, Max Jansen .....	91
Bragard, Julian .....	30	<b>J</b>	
Bräuer, Christoph .....	31	Jungk, Christoph.....	93
Brinkert, Tònie .....	33	<b>K</b>	
Brinkmann, Stefan.....	35	Kathrein, Jens.....	94
Brügge, Daniel.....	36	Kiewit, Arne .....	96
Bruns, Ole .....	38	Kischka, Robin.....	98
Buchholz, Karsten .....	40	Klostermann, Johannes.....	99
Büning, Dominik .....	42	Kramer, Alexander.....	100
<b>D</b>		Kranz, Simon .....	102
Denne, Philip .....	44	Krishnakumar, Nessianthan .....	103
Dissel, Philipp.....	46	<b>L</b>	
Dongmo Tsobjo, Laetitia Gaele.....	48	Lehmler, Pascal.....	105
<b>E</b>		Leiting, Benedikt.....	107
Elbeshaus, Bernd .....	49	Linderskamp, Steffen .....	109
<b>F</b>		Löwenberg, ,David.....	111
Fellmann, Florian.....	51	<b>M</b>	
Fischer, Frank .....	52	Mesenhöler, Dominik.....	112
Fleischmann, Stefanie.....	54	Meyer, Alexander .....	114
Franiczek, Adrian .....	56	Meyer, Leon.....	116
Franke, Matthias.....	57	Möller, Sören .....	117
Frese, Stefan .....	59	Mühlenschulte, Mirko .....	119
Fritsche, Björn .....	61	<b>N</b>	
Füssner, Florian .....	63	Nie, Yi .....	120
<b>G</b>		Nienaber, Marius .....	122
Gao, Shiyi.....	65	<b>P</b>	
Glasmeier, Nils .....	66	Pickhard, Julian .....	124
Göhner, Yannick.....	67	Polnik, Nils.....	126
Große Wöstmann, Christian.....	69	Pöttker, Stefan.....	128
Grote, Andre.....	71	Puckert, Benjamin .....	129
Grotholtmann, Christoph .....	73		
Grothues, Leon.....	75		

<b>Q</b>		<b>V</b>	
Qiu, Yiyi .....	131	Varelmann, Lars .....	161
<b>R</b>		Voelker, Tobias .....	162
Rötker, Christian .....	132	<b>W</b>	
<b>S</b>		Wang, Yuting .....	163
Schafmeister, Tim .....	134	Wendt, Christopher .....	165
Scheipers, Bernd .....	136	Wennemers, Marco .....	167
Schlüter, Michael .....	138	Weßeling, Robin .....	168
Schneider, Linda .....	140	Weymann-Schulz, Jörg .....	169
Schnelting, Frank .....	141	Wiesmann, Marius .....	171
Schöne, Johannes .....	142	Winkelmann, Timo .....	173
Schopohl, Benedikt .....	144	Wobken, Sebastian .....	175
Schulze-Greiving, Michael .....	145	<b>Wolsing, Stephan</b> .....	177
Selker, René .....	147	<b>Y</b>	
Simon, Tom .....	149	Yang, Xinghao .....	179
Speit, Andre .....	151	Yaticioglu, Emir .....	180
Stäsch, Johanna .....	153	<b>Z</b>	
Stücker, Janosch .....	154	Zhang, Xinyu .....	183
<b>T</b>		Zhao, Yunyang .....	185
Terbrüggen, Felix .....	155	Zheng, Yaohuan .....	182
Tiemann, Yannick .....	157	Zickert, Oliver .....	187
<b>U</b>			
Umgelter, Jonas .....	159		



## Beheizung eines Freibades zur Attraktivitätssteigerung in Neuenkirchen, Kreis Steinfurt

**Heiner Ahrens M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	20.März 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	Gemeinde Neuenkirchen, Kreis Steinfurt



Die Stadt Neuenkirchen sucht nach Möglichkeiten, die Attraktivität des bestehenden Freibades Neuenkirchen zu steigern. Ziel der Überlegung ist es, die Besucherzahlen zu erhöhen und über die Saison konstant zu halten. Als einen Ansatz zur Steigerung der Attraktivität soll in dieser Ausarbeitung die Beheizung des Beckenwassers auf eine gewählte Stütztemperatur betrachtet werden.

Im Vorfeld der Betrachtung wird die grundsätzliche Bädersituation in Deutschland und hier speziell die Situation rund um die Freibäder erläutert. Es ist festzustellen, dass über die Hälfte aller Schwimmbäder in Deutschland Freibäder sind. Aufgrund der steigenden Energie- und Bewirtschaftungskosten ist die Anzahl von öffentlichen Schwimmöglichkeiten rückläufig und ein viel beachtetes Thema aktueller Kommunalpolitik.

Weiter wird die Bädersituation im direkten Umfeld des Freibades Neuenkirchen betrachtet. Es wird verdeutlicht, dass im Kreis Steinfurt dreizehn Freizeit- und Erlebnisbäder liegen und neun davon die Möglichkeit bieten im Freien zu schwimmen. Des Weiteren wird aufgezeigt, dass die umliegenden Bäder alle über eine Beheizung verfügen.

Im weiteren Verlauf der Ausarbeitung wird das Freibad Neuenkirchen konkret betrachtet. Hierzu wird die Intention der Arbeit weiter detailliert und die Rahmenbedingungen wie Besucherzahlen der letzten Jahre und die aktuelle Kostensituation betrachtet. Die geografische Lage des Bades sowie der aktuelle Aufbau und die jeweilige Nutzung werden hinreichend beschrieben. Weiter werden die einzelnen Bereiche in ihrer Funktion dargestellt und die bestehende Technik als Betrachtungsgrundlage erläutert. Im Anschluss werden grundlegende Kennwerte für eine mögliche Beheizung berechnet. Die Heizlast des Schwimmbades wird anhand der VDI Richtlinie 2089 „Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern, Blatt 3 - Freibäder“ ermittelt. Zur Bestimmung der zur Beheizung nötigen Wärmeenergie wird auf vorhandene Temperaturmesswerte des Beckenwassers der Saison 2013 zurückgegriffen. Über weiter gegebene Faktoren wird die nötige Heizarbeit ermittelt und mittels vorhandener Richtwerte auf Plausibilität geprüft. Die Berechnungen ergaben diesbezüglich eine Gesamtheizlast von ca. 283 kW und einen Heizwärmebedarf pro Saison von 0,77 MWh/m<sup>2</sup>a. Auf Basis der im Vorfeld berechneten Werte und der

geografischen Lage des Freibades werden unterschiedliche, technische Varianten für eine mögliche Umsetzung der Beheizung vorgeschlagen. Diese vorgeschlagenen Varianten werden weiter konkretisiert und hinsichtlich ihres Aufbaus vor Ort bemustert und tiefergehend projiziert. Die vorgeschlagenen Varianten unterscheiden sich hierbei im Wesentlichen durch die zentrale oder dezentrale Art der Wärmeerzeugung sowie durch die Nutzung von erneuerbaren- und/oder fossilen Energieträgern. Des Weiteren werden die technischen Möglichkeiten der jeweiligen Varianten anhand der bei Realisierung zu Verfügung stehenden Wärmeleistung dem Temperaturverlauf des Referenzjahres gegenübergestellt. Durch die Gegenüberstellung wird verdeutlicht, welche Auswirkungen die jeweilige Variante auf die Beckentemperatur in Bezug auf die gewünschte Stütztemperatur hat und wie hoch die leistbare Heizarbeit im Saisonverlauf ist. Anhand einer Kostenschätzung werden im Nachgang die Investitionskosten und die für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung relevanten Daten bewertet bzw. zusammengestellt.

Auf Grundlage der ermittelten Verbrauchswerte und der Investitionskosten sowie den Kenndaten für Wartung, Instandhaltung und Bedienung wird in Anlehnung an die VDI Richtlinie 2067 die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Hierzu werden gemäß der Annuitätenmethode die jährlichen, immer gleich bleibenden Kosten für die jeweiligen Energievarianten bestimmt. Im Zuge dessen werden die jährlichen Kosten für Kapital, für den Energiebedarf, für den Betrieb und für sonstige Aufwendungen addiert und mit etwaigen Einnahmen verrechnet. Die entsprechenden, jährlichen Einzelkosten werden für jede Variante tabellarisch aufgearbeitet und zum Kapitelende gemeinsam gegenübergestellt.

Kapitel 6 stellt im Nachgang die Ergebnisse im Hinblick auf die Umsetzbarkeit, die spürbaren Auswirkungen auf die Beckenwassertemperatur sowie die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit zusammen. Des Weiteren werden die Ergebnisse diskutiert und die Repräsentanz der Ausarbeitung in Bezug auf die Ausgangswerte der Berechnung sowie den geschätzten Investitionskosten bewertet. Im Anschluss werden Empfehlungen über das mögliche, weitere Vorgehen im Projekt ausgesprochen und allgemeine Hinweise an den Betreiber gegeben.

## Erstellung der Grundzüge eines Nachhaltigkeitsberichtes nach den Prinzipien der Global Reporting Initiative

**Jana Laura Alt B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning

Datum des Kolloquiums: 07. Oktober 2014

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

Studienrichtung: Umwelttechnik

Laborbereich: Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit: WESSLING GmbH, Altenberge



Ziel dieser Arbeit ist, sich mit allen Bereichen um das Thema Nachhaltigkeit und der Nachhaltigkeitsberichterstattung zu beschäftigen und diese Erkenntnisse auf das Unternehmen WESSLING anzuwenden.

Zunächst mussten die Grundlagen geklärt werden, wozu vor allem die Definition des Begriffes Nachhaltigkeit gehört. Demnach bedeutet Nachhaltigkeit, dass schon vor Auftreten von Problemen die Ursache und vor allem die Behebung dieser von Bedeutung sind. Aus dieser Definition heraus entstand die Nachhaltigkeitsberichterstattung, die vordergründig Informationen über die nachhaltigen Tätigkeiten eines Unternehmens bereitstellt. Mit der Erstellung eines Nachhaltigkeitsberichtes erklären sich Unternehmen oder Organisationen dazu bereit, an der Entwicklung der Nachhaltigkeit teilzunehmen und diese zu unterstützen. Bei der Erstellung dieser Berichte werden die Unternehmen vor allem von den Prinzipien und Leitlinien der Global Reporting Initiative, des Global Compact der Vereinten Nationen und der Organisation der wirtschaftlichen Zusammenarbeit und Entwicklung unterstützt. Diese Organisationen haben Prinzipien entwickelt, die Leitfäden vorgeben, um den Organisationen eine Struktur anzubieten, nach der sie berichten und auch handeln können. Da die Global Reporting Initiative ihre Prinzipien schon seit Jahren optimiert und zu den Vorreitern in der Nachhaltigkeitsberichterstattung gehört, wurde ihr in dieser Arbeit mehr Aufmerksamkeit gewidmet als den anderen Organisationen. Alle Leitlinien sind von Organisation zu Organisation unterschiedlich aufgebaut, aber sie unterstützen alle das Gleiche: Die Entwicklung der Nachhaltigkeit.

Die wichtigsten Bestandteile der Berichterstattung sind die Stakeholder- und die Wesentlichkeitsanalyse eines Nachhaltigkeitsberichtes, da sie die Grundbausteine dieser Berichte darstellen. Die Stakeholderanalyse hilft den Unternehmen, den Dialog mit den Stakeholdern aufzubauen. Sie fasst auf einfache Art und Weise die Meinungen und Ansichten der internen und externen Stakeholder zusammen. Diese Stakeholderbefragung kann auf die unterschiedlichsten Arten erfolgen, aber die am häufigsten verwendeten Varianten sind der reine Dialog mit den Stakeholdern oder die Umfrage über den elektronischen Weg. Die Wesentlichkeitsanalyse hilft dem Ersteller des Nachhaltigkeitsberichtes dabei, die wesentlichen Bestandteile der Stakeholder



Umfrage herauszufiltern, auf die das berichtende Unternehmen vermehrt sein Augenmerk legen sollte. Diese Wesentlichkeitsanalyse erfolgt mit Hilfe einer Wesentlichkeitsmatrix, die die Prioritäten übersichtlich und verständlich darstellt. Diese Punkte bilden das Fundament der Nachhaltigkeitsberichterstattung, die ohne den Einfluss der Stakeholder des berichtenden Unternehmens nicht durchzusetzen wäre.

Bei dem Prozess der Nachhaltigkeitsberichterstattung muss sich der Blick auch immer auf die Entwicklung dieser legen, weshalb sich in dieser Arbeit auch mit dieser Thematik beschäftigt wurde. Steigt die Zahl der berichterstattenden Unternehmen an muss es auch mehr Angebote in der Bereichen der Leitlinien und Prinzipien geben. Abb. stellt kurz die Entwicklung der Nachhaltigkeitsberichterstattung grafisch dar.

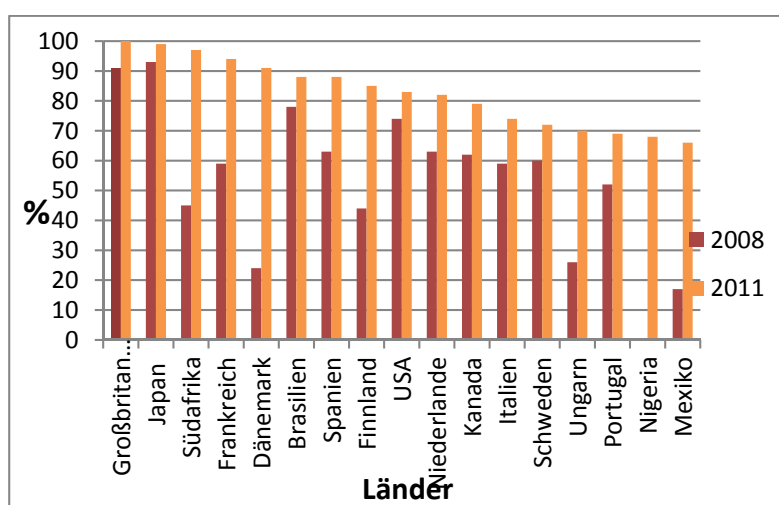


Abb.1: Prozentualer Anteil über Corporate Social Responsibility berichtende Unternehmen

Da die Nachhaltigkeitsberichterstattung in den nächsten Jahren weiterhin an Bedeutung gewinnen wird, hat sich nun auch das Unternehmen WESSLING dazu entschlossen, einen solchen Bericht zu erstellen. Darauf aufbauend soll diese Arbeit, die sich mit der Erstellung der Stakeholder- und der Wesentlichkeitsanalyse für das Unternehmen WESSLING befasst hat, den Grundstein für eine weiterführende Berichterstattung legen. Diese Analysen ergaben, dass der Dialog der Stakeholder immer wichtiger wird, denn dieser stellt genau die Aspekte aus den Bereichen der Ökologie, Ökonomie und Soziales dar, die für interne und externe Stakeholder wichtig sind und somit einer ständigen Entwicklung bedürfen.

Aber nicht nur für das Unternehmen WESSLING wird der Begriff der Nachhaltigkeitsberichterstattung immer wichtiger, denn alle Unternehmen, die nach den Prinzipien der Nachhaltigkeit handeln oder dies gerne tun möchten, werden in Zukunft nicht mehr an der Erstellung dieser Berichte vorbeikommen.

Denn es ist Zeit für die Unternehmen, ihren eigenen Standpunkt aktiv zu vertreten und sich zur Frage der gesellschaftlichen Verantwortung zu Wort zu melden.

## Integration fluktuierender Energieerzeuger in die brennstoffbetriebene Stromversorgung

**Philipp Aust B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Dipl. Wirt.-Ing. Adel Hassan Pour
Datum des Kolloquiums:	08. Mai 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Neolektrik GmbH, Frechen



Die Integration von erneuerbaren Energien in die Energieversorgung wird durch die begrenzte Verfügbarkeit und Preissteigerung fossiler Brennstoffe in der Zukunft weltweit stetig wichtiger und mit dem steigenden Anteil an der Erzeugung technisch anspruchsvoller. Nur die Erneuerbaren Energien (EE)

bieten das Potential den global ansteigenden Bedarf an Strom und Wärme vollständig zu decken. Daraus erschließt sich das Ziel dieser Bachelorarbeit. Anhand einer Simulation wurde eine Integration von fluktuierenden Energieerzeugern in eine brennstoffbetriebene Stromversorgung aufgezeigt.

Als Beispiel diente ein Dorf, welches den Strombedarf ausschließlich mit

Dieselmotoren auf der Basis fossiler Energieträger deckt. Für die erforderlichen Berechnungen wurde das Simulationsprogramm HOMER

hinzugezogen. Der Fokus der Auswertung lag dabei auf der Wirtschaftlichkeit der Integration. Es sollte erkenntlich werden, wann sich ein Ausbau der EE lohnt oder ob Einschränkungen bei der Realisierung beachtet werden müssen.

Um realistische Ergebnisse erhalten zu können, wurden zu Anfang Rahmenbedingungen und Komponenten festgelegt. Die Rahmenbedingungen

umfassten dabei den Stromverbrauch, Sonneneinstrahlung und Windaufkommen. Als Vorgabe für den Stromverbrauch diente das Lastprofil eines Dorfes in der Region der MENA-Staaten (Middle East & North Africa). Die erforderlichen Werte über Sonneneinstrahlung und Windaufkommen stammen ebenfalls aus der MENA-Region. Als Komponenten kamen Windenergie- und Photovoltaikanlagen und Speichersysteme zum Einsatz.

Für die Simulation wurden die ausgewählten Komponenten und Rahmenbedingungen in HOMER eingepflegt. Ein wichtiger Faktor bei der Berücksichtigung der Komponenten war, dass möglichst viele verschiedene Größen zur Berücksichtigung in HOMER eingearbeitet wurden. Der Grund dafür liegt darin, dass dadurch eine größere Anzahl von verschiedenen Konfigurationen in das Endergebnis einfließen

können und das Ergebnis genauer machen.

Die Auswertung der Berechnungen von HOMER ergab, dass mit der ausgewählten Komponentenkonfiguration, eine fast vollständige Substitution von Dieselgeneratoren durch EE erfolgen kann, ohne dass das Risiko eines Stromausfalls besteht. Dabei war jedoch zu beachten, dass dieses Ergebnis nur für die hier angenommenen Rahmenbedingungen gelten kann, da diese in anderen Regionen variieren. Demnach müssen bei jeder Planung die individuellen Bedingungen und Umwelteinflüsse untersucht und berücksichtigt werden, um eine wirtschaftliche Integration garantieren zu können. Neben der Wirtschaftlichkeit von EE sind auch ökologische Aspekte nicht zu vernachlässigen. Die Simulation ergab, dass der Kraftstoffverbrauch bedingt durch den hohen Anteil von EE stark gesenkt werden kann. In Folge dessen sinkt der Kohlendioxidausstoß beträchtlich. Es ist zu folgern, dass wenn sich die Gelegenheit der Integration von EE bietet, diese Chance wahrgenommen werden sollte, da ein wirtschaftlicher, ökonomischer und ökologischer Vorteil zu erwarten ist.

## Erstellung eines Berechnungsprogramms zur Auslegung von Rundrohrluftdurchlässen

**Joe Pierre Michele Badalona-Lopez B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus (FH)
Datum des Kolloquiums:	06. März 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG, Lingen (Ems)



Heutzutage bedarf es aufgrund von steigenden Schadstoffbelastungen der Luft sowie der Tendenz zum Bauen von großen Räumen wie z. B. Großraumbüros häufig einer raumluftechnischen Anlage, um ein angenehmes und behagliches Raumklima herzustellen. Außerdem werden gemäß der aktuellen EnEV 2014 immer dichtere Gebäudehüllen angestrebt, sodass eine mechanische Lüftungsanlage unumgänglich wird, um einen ausreichenden Luftwechsel im Raum zu gewährleisten. Darüber hinaus kommt es vermehrt zu Situationen, in denen die Deckenhöhen nicht mehr ausreichen, einen Lüftungskanal in einer Zwischendecke zu montieren. Daher müssen Lösungen gefunden werden, bei denen die Auslässe samt Luftführungssystem optisch ansprechend im Aufenthaltsraum integriert werden. Eine entsprechende Lösung bietet die Firma Emco in Form von Rundrohrsystemen. Damit solche Systeme auch ein behagliches Raumklima erzeugen können, bedarf es einer detaillierten Planung der einzelnen Komponenten. Eine besondere Position unter diesen Komponenten nehmen hierbei die Luftauslässe ein.

Mit dem Ziel ein Berechnungsprogramm zur Auslegung längerer Rundrohrstränge zu entwickeln, wurden im Rahmen dieser Bachelorarbeit verschiedene Rundrohrauslässe messtechnisch untersucht. Dazu galt es die Abhängigkeit des austretenden Volumenstroms zu ermitteln und dies in einer passenden Programmierung zu verarbeiten. Des Weiteren sollte eine Grundlage zur Berechnung von Schalleistungspegeln der Auslässe sowohl im Terz-, als auch im Oktavband geschaffen werden, damit diese in einer späteren Betrachtung in das Berechnungsprogramm eingepflegt werden können. Durch eine Referenzmessung sollte abschließend die Genauigkeit des Berechnungsprogramms ermittelt werden.

Die Genauigkeit des Berechnungsprogramms ließ sich schwer verifizieren. Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse wurde abschließend festgestellt, dass ein Hauptproblem darin bestand, dass die Rundrohrauslässe in ihrer momentanen Konstruktion sehr sensibel auf Druckänderungen reagieren. Vor allem im Auslegungsbereich war das System sehr druckempfindlich, sodass schon minimale Druckänderungen im System eine große Änderung der Austrittsvolumenströme zur Folge hatten. In einer über den Rahmen der Bachelorarbeit hinausge-

henden Betrachtung besteht die Möglichkeit, die Druckverlustberechnung noch näher anzupassen. An dieser Stelle kann in Zukunft angeknüpft werden, sodass die Auslegung der Auslässe einfacher und präziser realisiert werden kann.

## Analyse und Optimierung der Vorplanungsphase von GA Projekten

**Maximilian Bayer-Eynck B. Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:  
Datum des Kolloquiums:

Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke  
Tanja Hessels M. Eng.  
25. September 2014

Studium:

Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelt-  
technik

Studienrichtung:

Gebäudetechnik

Laborbereich:

MSR Technik und Gebäudeautomation

In Kooperation mit:

DEOS Gebäudeautomation GmbH, Rheine



Zielsetzung dieser Bachelorarbeit war es, die durch eine vorhergegangene Masterarbeit aufgezeigten Optimierungspotentiale bei der Projektbearbeitung tiefer zu bearbeiten und erste Verbesserungen herbei zu führen.

Um die verschiedenen Optimierungspotentiale nutzen zu können, mussten diese zuerst einmal genauer definiert werden, das geschah durch die tägliche, unmittelbare Anwesenheit und Mitarbeit im Projektgeschäft. Es wurden Gespräche mit Mitarbeitern aus allen Abteilungen geführt, Projektübergaben live miterlebt und mehrmals pro Woche Sitzungen einberufen, in denen über die festgestellten Optimierungsmöglichkeiten diskutiert wurde.

Nach einer ausführlichen Analyse der Projektbearbeitung aus Sicht der Projektleitung, wurde sich in Anlehnung an die DIN EN ISO 16484-1 und einem bereits definierten „Vier-Phasen Modells der Projektbearbeitung“ auf die Vorplanungsphase konzentriert.

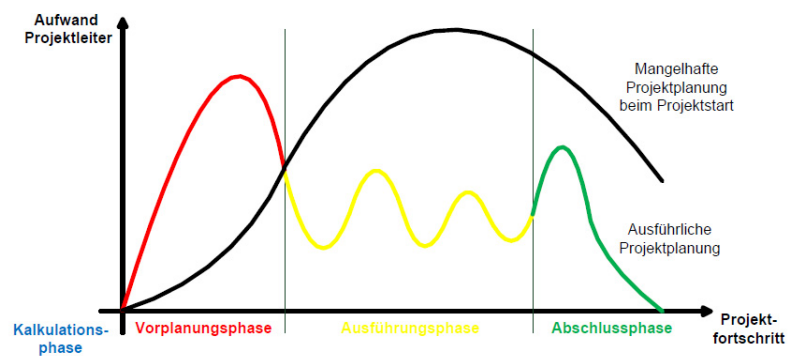


Abbildung 1: Bedeutung der Vorplanungsphase

Das in Abbildung 1 dargestellte Koordinatensystem soll die Bedeutung einer ausführlichen Vorplanungsphase für den späteren Projekterfolg anhand der Beziehung des Aufwandes der Projektleiter zum Projektfortschritt beschreiben. Hier sind die vier Phasen der Projektbearbeitung wieder zu finden. Die schwarz eingefärbte Kurve beschreibt beispielhaft den Ist-Zustand. Die den Phasen farblich angepasste Kurve soll den optimalen Verlauf beschreiben.

Um die geschuldete Leistung, im Rahmen der zur Verfügung stehenden Mittel, zu erbringen, bedarf es, gerade im Bauwesen, einer gut strukturierten und logisch aufeinander aufbauenden Arbeitsweise. Hier wurde eines der Hauptpotentiale der Projektbearbeitung ausgemacht, die Kommunikation und Informationsweitergabe in den einzelnen Schnittstellen.

Zwei für den Projekterfolg wichtige, interne Schnittstellen der Projektbearbeitung wurden in zwei großen Tagungen zum Thema „Optimierung der Projektbearbeitung“ bearbeitet. Mitarbeiter aus vielen verschiedenen Abteilungen und Niederlassungen nahmen hieran teil und wurden zur Mitarbeit und Mithilfe angeregt. Festgefahrene Arbeitsweisen konnten somit aufgedeckt und das Gespür zum Überdenken dieser geschärft werden.

Des Weiteren wurde die Vorplanungsphase mit Hilfe von Arbeitspaketen genau definiert, alle hier angrenzenden Schnittstellen sind dabei bearbeitet worden und es konnte genau aufgelistet werden, welche Informationen hier bereitzustellen sind. Es hat sich gezeigt, dass Abhängigkeiten im Ablauf bestehen, welche in Zukunft zu berücksichtigen sind.

## Einführung eines Energiemanagementsystems gemäß DIN EN ISO 50.001 am Beispiel der Stadtwerke ETO GmbH & Co. KG am Standort Ennigerloh

**Oliver Bergmann B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Constantin Krass M.Sc.

Datum des Kolloquiums:

26. Januar 2015

Studium:

Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik

Studienrichtung:

Energietechnik

Laborbereich:

Energieversorgung und Energiewirtschaft

In Kooperation mit:

Stadtwerke ETO GmbH & Co. KG, Ennigerloh



Das Wort „Energiewende“ ist in den letzten Jahren und auch aktuell in aller Munde. Durch stetig steigende Energieverbräuche und Energiepreise für jede Anspruchsgruppe hat die Bedeutung von Energie im Allgemeinen in der Volkswirtschaft einen hohen Stellenwert eingenommen. Energiemanagement soll als Instrument dienen Energieverbrauch zu senken und Energieeffizienz zu erhöhen, denn die kostengünstigste Form der Energienutzung ist schlicht und einfach die nicht Nutzung von Energie. Dadurch ist es für Unternehmen und Organisationen möglich die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern, aber auch im gleichen Schritt den sogenannten ökologischen Fußabdruck zu verringern. Das Energiemanagementsystem hat zum einen den Anreiz für Unternehmen Kosten einzusparen und zum anderen leistet es einen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz. Dabei unterstützt das EnMS die Energieziele der Bundesregierung.

Die Hauptaufgabe besteht darin Unternehmen und Organisationen bei der Implementierung eines funktionierenden Systems zu unterstützen. Die Grundlage für die erfolgreiche Einführung und spätere Umsetzung eines EnMS ist die Erfassung, Bewertung und Optimierung der energieintensiven Verbraucher. Dabei sollen systematisch Energieeinsparpotenziale aufgedeckt werden. Unternehmen die ein zertifiziertes EnMS einführen und betreiben, haben darüber hinaus finanzielle Vorteile in Form von Ausgleichsregelungen und jährlichen Steuerrückstellungen.

Die DIN EN ISO 50.001 ist die aktuelle Norm für Energiemanagementsysteme. Sie wurde im April 2012 eingeführt. Wie andere Managementsysteme, basiert auch diese Norm auf dem PDCA-Zyklus, sprich einem Problemlösungsprozess.

Die Stadtwerke ETO GmbH & Co. KG hat sich dazu entschlossen ein solches System einzuführen, um einerseits den ökologischen Fußabdruck zu minimieren und so einen Beitrag zu mehr Klima- und Umweltschutz zu leisten und andererseits die Energiekosten zu reduzieren.

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben die Hauptenergieverbraucher der SW ETO am Standort Ennigerloh aufgedeckt. Das Verfahren zur Auf-



nahme und Bewertung kann nun auf die anderen Standorte angewendet werden. Durch die energetische Bewertung sind die Stadtwerke ETO GmbH & Co. KG nun in der Lage, Maßnahmen zur Energieeinsparung zu entwickeln und umzusetzen. Der energetische Planungsprozess gemäß DIN EN ISO 50.001 ist dabei der „Kern“ des gesamten Energiemanagementsystems. Erst durch die Durchführung von Maßnahmen wird der Energieverbrauch kontinuierlich reduziert. Durch die effizientere Nutzung von Energie lassen sich große Mengen an Primärenergie / Endenergie und damit CO<sub>2</sub>-Emissionen einsparen, zudem sinken die Energiekosten. Die Bestrebungen zur Energieeffizienz und der damit verbundenen Ressourcen- und Klimaschutzmaßnahmen benötigen intelligente Ansätze. Durch zusätzliche Einsparmaßnahmen, wie der beschriebenen Regelungstechniken für den Gebäudebereich, lassen sich weitere Ressourcen schonen. Die ebenso beschriebenen Ansätze in der Maßnahmenplanung können genutzt werden, um ein Gesamtkonzept zu entwickeln. Das sogenannte Energie-Monitoring kann in Zukunft den Energieeinsatz kontinuierlich kontrollieren und bei Bedarf regulieren. Neben den gesenkten Energiekosten sind seit dem Jahr 2013 Steuerrückerstattungen (Energie- und Stromsteuer) an den Betrieb eines EnMS gebunden. Somit lassen sich zusätzliche wirtschaftliche Vorteile nutzen. Die SW ETO werden im Hinblick auf Energieeffizienz durch ein systemübergreifendes EnMS zur Energiesteuerung und Energieoptimierung gut aufgestellt sein.

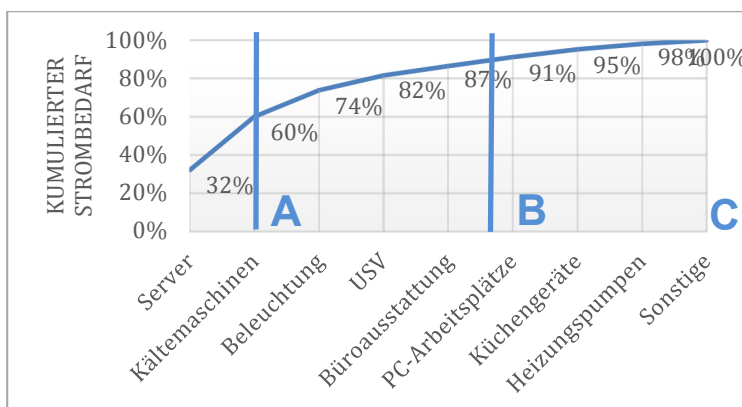


Abbildung 1: ABC-Verbraucher

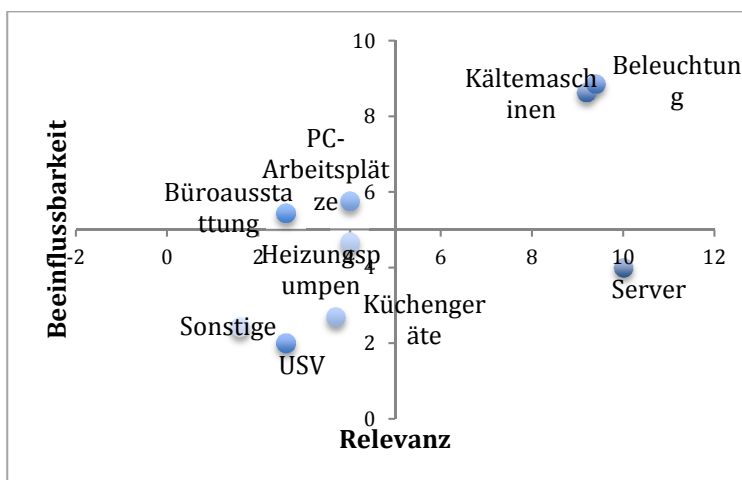


Abbildung 2: Verbrauchsanalyse

## Kombinierte Planung einer Wärmepumpe und einer Photovoltaikanlage

**Tim Bewer B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: B.Eng. Michael Jüdiges

Datum des Kolloquiums: 28.10.2014

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

In Kooperation mit: Jüdiges Energie- und Gebäudetechnik GmbH, Münster



Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Verfahren zur Auslegung und Planung einer solchen Anlage vorgestellt und untersucht, welches an dieser Stelle einmal kurz zusammengefasst werden soll. Grundlage dieses Verfahrens ist die Heizlastberechnung des Objekts, auf dem die gesamte Auslegung aufbaut. Auf diese Heizlast werden die Wärmepumpe und die dazu gehörende Wärmequelle ausgelegt. Primäres Ziel bei der Planung soll es sein, mit der Wärmepumpe als wesentlichen Verbraucher, einen hohen Anteil an Eigenbedarf des solar erzeugten Stroms zu erzeugen. Sekundäres Ziel ist es, mit dem solar erzeugten Strom einen Teil der elektrischen Last der Wärmepumpe zu decken und somit ihre Arbeitskosten zu verkleinern.

Die Photovoltaikanlage soll so dimensioniert werden, dass sie an einem wolkenfreien Wintertag die Grundheizlast des Gebäudes deckt. Dabei soll die Grundlast der ständig herrschenden Heizlast des Gebäudes entsprechen. Wird diese mit der Leistungszahl der Wärmepumpe verrechnet, ergibt das die elektrische Grundlast der Wärmepumpe. Diese Planungsvorgabe verhindert, dass die Photovoltaikanlage zu groß ausgelegt wird und somit ein großer Teil des mit ihr erzeugten Stroms ins Netz eingespeist wird. Darunter würde die Wirtschaftlichkeit der Anlage leiden, da dieser Strom schlechter vergütet wird, als Energiekosten gespart werden, wenn dieser Anteil selbst verbraucht würde.

Ist die Dimensionierung nach den Vorgaben abgeschlossen, sieht der Tagesgang der Anlage beispielsweise wie in Abbildung 1 aus.

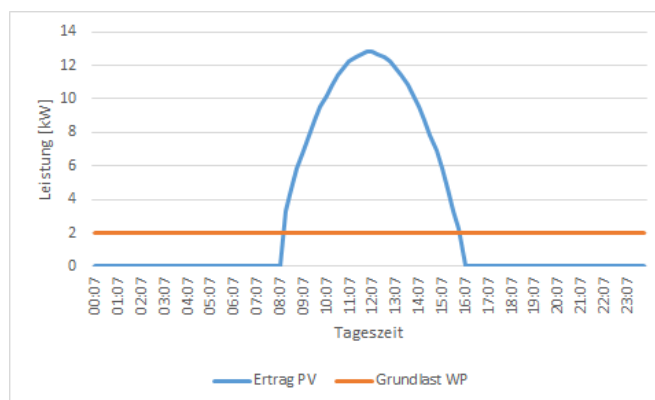


Abb. 3: Tagesgang der PV-Anlage im Januar (wolkenfrei)

Wie in Abbildung 1 zu erkennen ist, muss das solare Überangebot in der Mittagszeit zwischengespeichert werden, um in den Tageszeiten ohne Sonneneinstrahlung darauf zurückgreifen zu können. Dazu soll ein thermischer Pufferspeicher verwendet werden, welcher über die Wärmepumpe geladen wird.

In der Mittagszeit kann der Fall auftreten, dass die Leistung der Photovoltaikanlage größer ist, als die Wärmepumpe diese aufnehmen kann. Dieser Fall kann jedoch über ein Erhöhen der Vorlauf bzw. Speicherladetemperatur gelöst werden, da dies einen niedrigeren COP zur Folge hätte, wodurch bei gleicher Wärmeleistung ein höherer elektrischer Bedarf der Wärmepumpe entsteht.

Die Planung wurde einmal an einem Beispielobjekt durchgeführt, um mit Zahlenwerten eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung durchzuführen. Dazu wurde zuerst mittels Ertragsanalyse der einzelnen Monate bestimmt, wie groß der Anteil an Eigenbedarf bzw. an Einspeisung über das ganze Jahr betrachtet ist. Dabei wurde der Warmwasserbedarf nicht beachtet, da am Beispielobjekt eine thermische Solaranlage im Bestand war. Demnach wurde der Ertrag in Monaten mit einer Durchschnittstemperatur oberhalb der Heizgrenztemperatur (hier 15 °C) zu 100 % ins Netz eingespeist. Das Ergebnis über ein Jahr betrachtet einen Eigenbedarf von 66 %. Durch diesen Eigenbedarf konnten ca. 40 % des zur Beheizung benötigten Stroms abgedeckt werden. Dadurch ergaben sich Arbeitskosten von 3 Cent/kWh.

In einer dynamischen Amortisationsrechnung wurde anschließend die kombinierte Anlage einmal mit einer alleinstehenden Wärmepumpe und einer Gas-Brennwertanlage verglichen. Dazu wurden Investitionskosten aus Angeboten entnommen und abgeschätzt. Dabei rechnete sich die kombinierte Anlage im Vergleich zur einzelnen Wärmepumpe nach bereits 8 Jahren und im Vergleich zu einer Gas-Brennwertanlage nach 13 Jahren (siehe Abbildung 2).

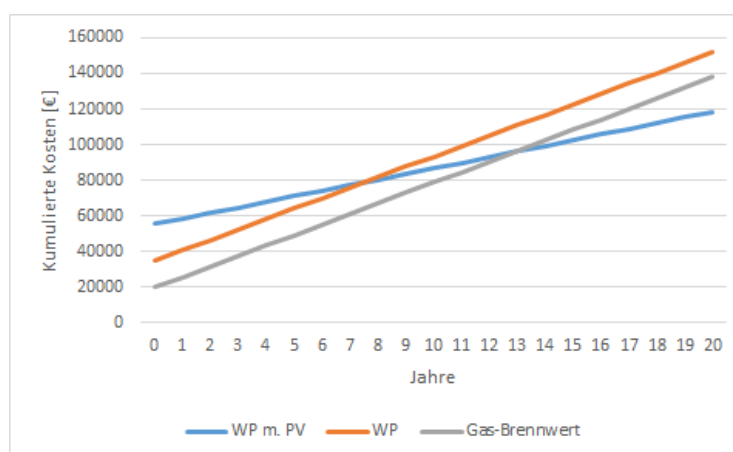


Abb. 4: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

## Versorgung der Stadt Holzminden mit dem Wasserwerk Kapellenbreite – Möglichkeiten und Auswirkungen

**Dipl.- Ing. (FH) Matthias Bieler M. Eng. M. Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter  
Betreuer: Dipl.-Ing. Bernd Hartung

Datum des Kolloquiums: 18. November 2014

Studium: Masterstudiengang Netzingenieur der Versorgungstechnik  
Studienrichtung: Energie und Wasserversorgung  
Laborbereich: Urbanhydrologie und Wasserversorgung

In Kooperation mit: Gas- und Wasserversorgung Höxter GmbH, Höxter  
Stadtwerke Holzminden GmbH, Holzminden  
Vereinigte Gas- und Wasserversorgung GmbH, Rheda - Wiedenbrück  
GELSENWASSER AG, Gelsenkirchen



Vor dem Hintergrund steigender Anforderungen die Wasserversorgung zu optimieren, um die Versorgungssicherheit aufrecht zu erhalten sowie aber auch gleichzeitig den Wasserpreis stabil und möglichst niedrig zu halten stehen die Wasserversorgungsunternehmen vor einem Zielkonflikt, da damit die stetige Überprüfung und Anpassung der vorhandenen Infrastrukturen einhergeht. Einen wesentlichen Einfluss auf den Wasserpreis hat der hohe Fixkostenanteil. Dieser wirkt sich unmittelbar auf den mengenabhängigen Erlös für den jeweiligen Versorger und die damit verbundenen Investitionen in den Erhalt des Netzes und der Anlagen aus. Betrachtet man parallel dazu die Bevölkerungsentwicklung in Deutschland als Gesamtraum, so ist allein durch die demografische Entwicklung mit einem Rückgang des Wasserbedarfs, besonders in ländlichen Regionen, zu rechnen.

Im Rahmen der Masterarbeit wurde untersucht, ob durch Ertüchtigung des Wasserwerkes Kapellenbreite die Möglichkeit der Versorgung der Stadt Holzminden besteht. Die Arbeit behandelt die Fragestellung, ob der Bezug von Trinkwasser aus dem Wasserwerk Kapellenbreite der VGW eine technisch mögliche und wirtschaftlich interessante Alternative darstellt. Dazu werden die damit verbundenen Investitionen für alle beteiligten Versorger dargestellt, technische Lösungen aufgezeigt und die langfristige Entwicklung des Wasserpreises für die betroffenen Regionen betrachtet.

Um die Aufgabenstellung zu bearbeiten wurden zunächst die Versorgungsgebiete der Gas- und Wasserversorgung Höxter und der Stadtwerke Holzminden analysiert. Anschließend sind im Rahmen einer Rohrnetzrechnung mit STANET die Anforderungen an Druck und Menge zur Spitzenstunde überprüft worden.

Das Ergebnis der Arbeit zeigt, dass die Versorgung der Stadt Holzminden aus dem Wasserwerk Kapellenbreite technisch und wirtschaftlich umsetzbar ist. Diese Maßnahme kann unter anderem zu einem langfristig stabilen Wasserpreis führen.

## Kaltwasserzirkulation in Gebäuden unter dem Aspekt der Trinkwasserhygiene – Möglichkeiten der Umsetzung und wirtschaftliche Einordnung

**Fabian Blomberg B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Dipl.-Ing.(FH) Ralf P.M. Schmitt

Datum des Kolloquiums:

23. Oktober 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Gebäudetechnik  
Haus- und Energietechnik (4.07)

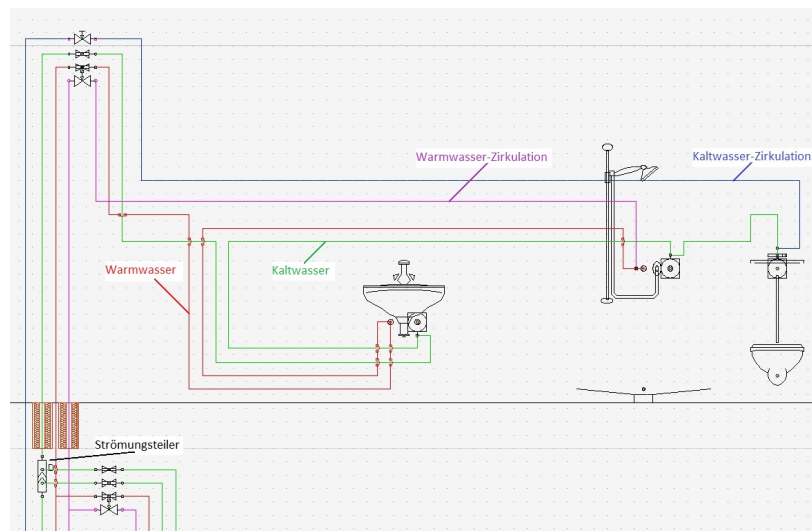
In Kooperation mit:

Köster GmbH, Osnabrück



Grundlage der Untersuchung ist ein Bauvorhaben der Köster GmbH in Köln. Da es sich um ein Pflegeheim handelt, liegt ein besonderer Fokus auf dem Bereich Trinkwasserhygiene. Folglich war bereits in der Entwurfsplanung, dem Ausgangspunkt meiner Tätigkeit, der Einsatz von Strömungsteilern und Hygienespülungen vorgesehen, um die Menge an stagnierendem Wasser in den Strängen zu reduzieren.

Um jedoch die Verkeimungsgefahr des Trinkwassers zu minimieren, darf auch die Temperatur des Kaltwassers nicht in einen kritischen Bereich, hier  $\geq 20$  °C, ansteigen. Um die Kosten für Anschaffung und Betrieb zu ermitteln und die Menge an ausgespültem Wasser zu reduzieren wurden verschiedene Varianten von Kaltwasserzirkulationssystemen entwickelt, die einen bestimmungsgemäßen Betrieb zu jeder Zeit garantieren.



Nachdem die Zirkulationsstränge der Kaltwasserseite in Dendrit Studio erstellt wurden, ist in den entwickelten Umsetzungsmöglichkeiten einmal mit einer zentralen Spülstation und einmal mit einer zentralen Durchlaufkühlung geplant worden. Die ermittelten Wärmeeinträge (ca. 4,2 kW) und Leitungsvolumina (ca. 560 Liter) von Dendrit Studio lieferten Ergebnisse für die weitere Simulation. Diese beruht durch fehlende Erfahrung für die Herstellkosten der Varianten zum Großteil auf angenommenen Werten.

Die Durchlaufkühlung ist vom Prinzip ähnlich der einer Getränkekühlanlage oder einer Aquariumkühlung zu verstehen. Der Wirkungsgrad, auch COP-Wert genannt, wurde verhalten auf 3,0 geschätzt, dies entspricht einer Energieeffizienzklasse von B bis C. Folglich ist, um die erforderliche Kälteleistung von 4,2 kW zu decken, eine elektrische Leistung von 1,4 kW erforderlich.

Die Spülstation muss, um die Temperatur des Systems zu senken, das erwärmte Kaltwasser ausspülen. Das 10 °C kühle nachströmende Kaltwasser vom Versorger kühlt folglich das System ab. Ist das Wasser auf nahezu 20°C erwärmt, so soll die Spülstation zentral öffnen und einen Großteil von etwa 500 Liter Wasser ausspülen, um die Vermischung von erwärmtem und nachströmendem Kaltwasser zu erwirken.

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass beide Varianten wirtschaftlich vertretbar sind und zu hygienischen Verhältnissen im Trinkwassernetz führen.

## Messtechnische Untersuchung der Strömung in einem Bodenkonvektor mittels Particle Image Velocimetry

**Julian Bragard B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 16. Januar 2015

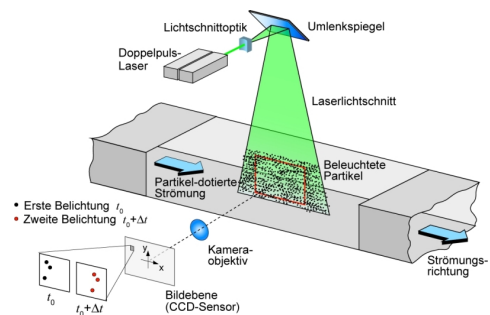
Studium: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Wärmetechnik

In Kooperation mit: Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG



Lasergestützte Messtechnik mit direkter computergestützter Auswertung ist aufgrund der noch relativ jungen Technik beider Komponenten noch nicht sehr lange verfügbar. Während man in den 1980er Jahren noch mehrere Tage brauchte, um auswertbare Messbilder mit Analogkameras aufzunehmen, zu entwickeln und auszuwerten, gibt es, durch die rasante Entwicklung in der Digitaltechnik in den 1990er Jahren, heute die Möglichkeit (bei entsprechender Verfügbarkeit der Komponenten) mit hochauflösenden Highspeed-Digitalkameras, Desktop-PCs und sehr kompakten Lasern mit hoher Leistung innerhalb von Sekunden die Bilder aufzunehmen und zu berechnen.

Diese schnelle, optisch ansprechende Ergebnisausgabe ist eine der Besonderheiten dieses bildgebenden Messverfahrens. All diese Vorteile und die raschen Fortschritte in der Laser- und Digitaltechnik führen dazu, dass das Messverfahren der Particle Image Velocimetry heute immer mehr an Bedeutung gewinnt.



Die Gelegenheit ein solch exklusives und technisch komplexes Messverfahren für die Untersuchung eines Bodenkonvektors im Labor der Fachhochschule zu nutzen, war daher für mich besonders spannend und reizvoll.

Die zur Einarbeitung ins Thema Particle Image Velocimetry vorhandene, fast ausschließlich in englischer Sprache, verfasste wissenschaftliche Fachliteratur stellte darüber hinaus eine besondere Herausforderung dar.

## **Frischwasserstationen in der Kaskadierung - Labortechnische Untersuchung und Bewertung von hydraulischen Abhängigkeiten unter Einsatz von PWM-modulierbaren Hocheffizienzpumpen**

**Christoph Bräuer B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Florian Skirde B.Eng.

Datum des Kolloquiums:

25. November 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Bosch Solarthermie GmbH, 48493 Wettringen



Erwärmtes Trinkwasser gehört in unserer heutigen Zeit zum Lebensstandard wie eine Selbstverständlichkeit. Es wird im Haushalt sowie in industriellen Prozessen zu den unterschiedlichsten Zwecken verwendet. Trinkwasser ist ein Lebensmittel, das durch kein anderes ersetzt werden kann.

Frischwasserstationen erwärmen Trinkwasser im Durchflussprinzip, ähnlich wie ein Gaswasserdurchlauferhitzer. Durch die bedarfsgerechte Trinkwassererwärmung ist keine Speicherung des Trinkwassers notwendig, was die Bakterienbildung stark einschränkt. Ein weiterer Vorteil von Frischwasserstationen sind die niedrigen Rücklauftemperaturen in den Pufferspeicher. Dieser Sachverhalt ermöglicht einen effektiven Einsatz von regenerativen Energiequellen, beispielsweise einer solarthermischen Anlage. Frischwasserstationen in der Kaskadierung ermöglichen durch Parallelschalten von mindestens zwei Stationen den Einsatz dieses Systems auch im Großanlagenbereich, wo sie, nach DVGW Arbeitsblatt W 551 erwärmtes Trinkwasser mit mindestens 60°C zuverlässig zur Verfügung stellen.

Im September 2015 wird die durch die europäische Union erlassene ErP-Richtlinie auch für die Umwälzpumpen in Frischwasserstationen gelten. Die Richtlinie hat das Ziel, den Verbrauch von energieverbrauchsrelevanten Produkten zu verringern. Aus diesem Anlass wird die aktuelle Frischwasserstation von Buderus überarbeitet und mit einer Hocheffizienzpumpe ausgerüstet. In diesem Zuge wird die Regelung ebenso erneuert und weiterentwickelt, um das für die Drehzahlregelung der Hocheffizienzpumpe notwendige PWM (Pulsweitenmodulation) Signal bereitzustellen.

Da der Regler maßgeblich für die Güte der Temperatur des erwärmten Trinkwassers ist, musste dieser geprüft werden. In der Bachelorarbeit wurden neben den Prüfungen die Messdaten anschließend ausgewertet und beurteilt, um eventuelles Verbesserungspotential aufzuzeigen, was in die weitere Entwicklung und Optimierung des Reglers mit einfluss. Als Orientierung der Regelgüte der aktuell geprüften Reglerversion wurde die VDI 6003 und deren Komfortkriterien herangezogen. Beispielsweise gibt die Richtlinie die maximal zulässige Temperaturabweichung während der Zapfung an. Diese und weitere Anforderungen konnten während der Bachelorarbeit erfüllt werden.



Eine weitere Aufgabenstellung war der energetische Vergleich der Asynchron- und Hocheffizienzpumpe in Hinsicht auf die elektrische Leistungsaufnahme in den Frischwasserstationen. Es sollte dargestellt werden, mit welcher energetischen Einsparung zu rechnen ist. Dazu wurden die Leistungsaufnahmen beider Pumpen über den gesamten Betriebsbereich messtechnisch bestimmt. Es zeigte sich, dass vor allem im Teillastbereich, in dem sich die Pumpen den Großteil der Betriebsdauer befinden, die Leistungsaufnahme der Hocheffizienzpumpe deutlich geringer ist.

Mit Hilfe eines Zapfprofils wurde der Stromverbrauch über ein Jahr bestimmt. Die energetische Einsparung der Hocheffizienzpumpe zur Asynchronpumpe beträgt 75%.

Frischwasserstationen sind eine gute Alternative zur Trinkwassererwärmung mit Speichersystemen, auch im Großanlagenbereich und in Verbindung mit regenerativen Energiequellen eignen sie sich. Durch immer bessere Regelstrategien ist der Warmwasserkomfort für den Nutzer in keiner Weise eingeschränkt. Der hier gezeigte energiesparende Betrieb der Frischwasserstationen wird diesem System zu immer größerer Beliebtheit verhelfen.

## Naturnaher Ausbau des Herbecker Bachs anlässlich des Bebauungsplans Hammacher

**Tònie Brinkert B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Uwe Sommer
Datum des Kolloquiums:	23. Februar 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Urbanhydrologie und Wasserverteilung
In Kooperation mit:	Wirtschaftsbetrieb Hagen - WBH, Hagen



Durch intensive landwirtschaftliche Nutzung und die Zunahme der bebauten Flächen im Zuge der Industrialisierung, wurde die natürliche Entwicklung von Fließgewässern zurück gedrängt. Im Extremfall wurden Fließgewässer zur Abwasseraufnahme verrohrt oder um Unterhaltungsarbeiten zu vermeiden. Mittlerweile werden ökologische Zusammenhänge und mögliche Umweltschäden berücksichtigt. Heute ist die nachhaltige Entwicklung ein übergeordnetes Ziel im Umweltschutz.

Im Hager Stadtteil Herbeck soll das Gewerbegebiet Hammacher entstehen. Die Entwässerungsplanung sieht vor, das anfallende Niederschlagswasser über ein Regenrückhaltebecken dem Herbecker Bach zuzuführen. Dieser ist im entsprechenden Abschnitt verrohrt. In der Arbeit wurde die Machbarkeit eines naturnahen Ausbaus dieses Teilstücks des Herbecker Bachs untersucht. Es wurden ein Konzept zum naturnahen Gewässerausbau und die grobe Gestaltung des Regenrückhaltebeckens erarbeitet.

Beim naturnahen Gewässerbau soll eine eigendynamische Entwicklung des Fließgewässers durch gestaltende Maßnahmen eingeleitet werden. Anthropogene Eingriffe und Befestigungen sind auf das notwendige Maß zu beschränken. Für den anzustrebenden, natürlichen Zustand ergibt sich für den Herbecker Bach der Fließgewässertyp „Kleiner Talauebach im Grundgebirge“ als Leitbild. Dessen Charakteristika sind maßgeblich für den Zielzustand des Herbecker Bachs und wurden in der Arbeit berücksichtigt.

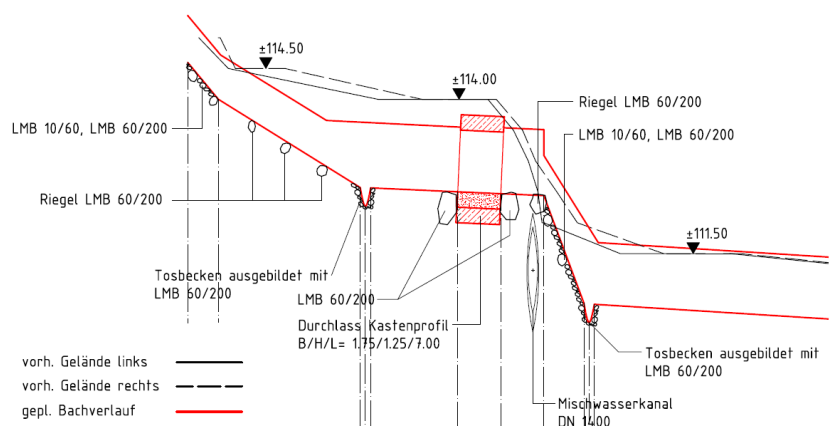
Mithilfe von Ortsbegehungen wurde zunächst der Istzustand aufgenommen. Die ca. 240 m lange Ausbaustrecke beginnt im Bereich des geplanten Gewerbegebietes an einem Teich. Der vorhandene Teichablauf ist nicht funktionsfähig. Die Bachverrohrung weist Undichtigkeiten auf, muss aber zurzeit noch nicht saniert werden. Neben der geplanten Niederschlagswassereinleitung aus dem Gewerbegebiet gibt es einen Regenüberlauf, der in die letzte Haltung der Bachverrohrung entwässert. Diese Entlastung muss bestehen bleiben. Die Ausbaustrecke endet vor einer vorhandenen Durchführung unter einer Bahntrasse. Anschließend mündet der Herbecker Bach in die Lenne.

Durch einen Ausbau könnte der Anteil der offen verlaufenden Fließ-

strecke von 49 % auf 67 % angehoben werden. Durch die vorherrschenden Rahmenbedingungen hätte ein Gewässerausbau nur einen eingeschränkten ökologischen Nutzen. Die komplizierte Situation aufgrund von Topographie und vorhandenen Verrohrungen im Ausbaubereich hat sich erst im Laufe der Erarbeitung herausgestellt. Ein naturnaher Ausbau des Herbecker Bachs ist generell möglich, jedoch technisch aufwändig. An anderen Gewässern kann mit den gleichen finanziellen Mitteln eine größere ökologische Verbesserung erreicht werden. Maßnahmen an solchen Gewässern haben vorerst eine höhere Priorität. Es wird vorgeschlagen die vorhandene Verrohrung zunächst beizubehalten. Erst wenn Maßnahmen am Herbecker Bach aus gesamtökologischer Sicht Sinn machen oder wenn die Verrohrung saniert werden muss, ist ein naturnaher Ausbau zu empfehlen. Der neue Teichablauf wird dann offen gestaltet. Der ausgebaute Bach muss unter einer Straße durchgeführt werden und einen Mischwasserkanal zweimal im offenen Profil überqueren. Eine eigendynamische Gewässerentwicklung kann nicht über die gesamte Ausbaustrecke toleriert werden. In einigen Bereichen sind daher Sicherungsmaßnahmen notwendig. Am Ende der Ausbaustrecke muss der Herbecker Bach mithilfe von technischen Bauwerken an die Durchführung unter der Eisenbahntrasse angeschlossen und mit der Entlastung aus dem Regenüberlauf zusammengeführt werden. Dafür wurden ein Absturzbauwerk und ein Vereinigungsbauwerk entwickelt und dimensioniert.

Aus ökologischer Sicht sollte auch der Teich am Beginn der Ausbaustrecke zurückgebaut werden. Es ist unklar ob dies möglich, da er als geschützter Landschaftsbestandteil eingetragen ist.

Für das Gewerbegebiet Hammacher ist ein Regenrückhaltebecken ohne Dauerstau vorgesehen. Es soll den Herbecker Bach vor hydraulischen Stoßbelastungen schützen. Drosselabfluss und Beckenvolumen wurden bemessen. Ein Abfluss des Niederschlagswassers in den Herbecker Bach muss sichergestellt und ein Versumpfen des Beckens verhindert werden.



Überhöhter Längsschnitt des geplanten Bachlaufs (Ausschnitt)

## Windenergieanlagen – Entwicklung einer Systematik zur Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebotes

**Stefan Brinkmann M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	19. März 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	IngenieurNetzwerk Energie eG, Bad Iburg



Aus ökologischen Gründen ist die Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung inzwischen eine weitgehend akzeptierte energietechnische Notwendigkeit. Angesichts der Begrenztheit der fossilen Energieträger, den umweltschädlichen Auswirkungen durch ihre Verbrennung sowie den Sicherheitsfragen im Zusammenhang mit der Nutzung atomarer Energie, ist die Energieerzeugung ein Thema, das nicht ausschließlich unter wirtschaftlichen Aspekten betrachtet werden darf. Weder aus betriebs- noch aus volkswirtschaftlicher Sicht sind hohe Energiepreise zu vertreten. Dennoch unterscheiden sich betriebswirtschaftliche Belange von denen einer Volkswirtschaft und sind daher differenziert zu betrachten. Völlig ungeachtet der zuvor angesprochenen gesamtwirtschaftlichen Bedeutung von erneuerbaren Energiequellen, erscheint es nachvollziehbar, dass Betreiber in ihrer kaufmännischen Orientierung eine betriebswirtschaftliche Rentabilität anstreben. Letzteres wird jedoch von einer Vielzahl von gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen mitbestimmt und beeinflusst. Unter dem Begriff der Wirtschaftlichkeit wird in diesem Zusammenhang verstanden, dass „unter den gegebenen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen“ das Projekt wirtschaftlich ist oder nicht.

Stand Juni 2014 waren in Deutschland mehr als 24.000 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 36.488 Megawatt am Netz angeschlossen. In den nördlichen und windstarken Bundesländern war der Leistungszubau mit ca. 40,8 % des Gesamtzubaus am höchsten. Dabei belegen Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen mit ihren Ausbauteilen die Plätze 1, 3 und 4 der Ausbaustatistik. Den zweiten Platz kann hier mit Rheinland-Pfalz immerhin ein südliches Bundesland einnehmen.

Ziel der Masterarbeit war es, eine Systematik zur Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebotes für ein konkretes Windparkprojekt zu entwickeln. Die praktische Anwendung der erstellten Auswertungssystematik am Beispiel eines Windparks im Landkreis Osnabrück zeigt, dass neben der Rentabilität als wesentliches Entscheidungskriterium auch weitere Faktoren in die Auswertung von Angeboten einbezogen werden müssen. Die Weiterentwicklung und Optimierung dieser ersten Systematik anhand eines Windparkprojektes im Landkreis Oldenburg hat gezeigt, dass eine transparente und praktisch gut anwendbare Systematik entstanden ist.

## Handlungsoptionen für die Neuorganisation der Straßenbeleuchtung der Gemeinde Recke

**Daniel Brügge B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Datum des Kolloquiums:	11. November 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	infas enermetric Consulting GmbH, Greven



Deutschlandweit werden über 9 Millionen Lichtpunkte in den 14.000 Kommunen betrieben. Diese Lichtpunkte haben einen Anteil von bis zu 36 % des Eigenstromverbrauchs und sind damit meistens zweitgrößter Verbraucher der Gemeinde (Klärwerke haben den größten Anteil).

In der Gemeinde Recke existieren 1.430 Lichtpunkte die in der Nacht abgeschaltet werden. Seit 2010 werden in der Gemeinde Recke hauptsächlich Kompaktleuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät verwendet. Hierdurch wurde eine Energieeinsparung um fast 50 % erzielt. Weitere Einsparungen sind nur durch den Einsatz neuerer LED-Technologie möglich. Eine Leistungsreduzierung, sowie eine sensorgesteuerte Schaltung können weitere Ersparnisse bringen.

Ein Grund für eine Neugestaltung ist der sehr schlechte Zustand der Anlage. Die Wartung und die Standsicherheitsprüfung wurden vernachlässigt. Viele Masttüren sind durch Fremdeinwirkung beschädigt. Die Standsicherheit der Masten sollte stichpunktartig mit einem Spezialgerät geprüft werden.

Generell ist zu sagen, dass der Wechsel vor 4 Jahren auf Kompaktleuchtstofflampen eine enorme Energieeinsparung gebracht hat. Die Leuchtdauer, sowie der altersbedingte Verlust an Lichtstärke dieser Leuchtmittel verursachen jedoch einen hohen Wartungsaufwand.

Eine Umstellung auf sensorgesteuerte Abschaltungen kann nicht realisiert werden. Aufgrund der Abrechnungsart (Brennstundenkalender) und erhöhter zusätzlicher Kosten (neue Zähler, Sensoren, etc.) ist diese Möglichkeit der sensorgesteuerten Anlage aus finanziellen Aspekten nicht realisierbar.

Eine Umstellung auf LED-Lampen stellt gewisse Risiken dar. Aufgrund der hohen Amortisationsdauer lohnt sich aus rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten keine Umrüstung. Im Vergleich zu den kürzlich auf Kompaktleuchtstofflampen umgerüsteten Lichtpunkten ergibt sich kein ausreichend finanzieller Vorteil, der die Umrüstung empfiehlt. Vorteilhaft ist, dass die Umwelt von Lichtverschmutzung geschont und Energie und CO<sub>2</sub> eingespart werden. Gerade hier sollten Gemeinden und Kommunen eine Vorbildfunktion einnehmen. Weiterhin können durch die LED-Beleuchtung und ihre Optiken Straßen und Fußwege gezielter angestrahlt werden. Auch mit einer Leistungsreduzierung kann kein wirtschaftlich tragfähiges Konzept hergestellt werden.

An den drei bereits installierten LED-Leuchten der Gemeinde wurde bei der Beleuchtungsmessung deutlich, dass diese hell und effektiv sind. Eine flächendeckende LED-Beleuchtung würde ein neues Beleuchtungsbild schaffen und sich damit auch aufwertend auf die Gemeinde Recke auswirken. Die Beleuchtungsmessung hat weiterhin ergeben, dass alte Pilzleuchten mit dem Kompaktleuchtstoffmittel das Licht nicht gezielt auf die Straße und den Fußweg strahlen.

Keine der bisherigen genannten Möglichkeiten stellt ein tragfähiges Konzept für die Gemeinde Recke dar. Deswegen wurde als weitere Möglichkeit ein von einer Umrüstung abweichendes Konzept entwickelt. Eine autarke LED-Lampe (LED-Leuchte mit Akku und PV-Modul) wird an den vorhandenen Beleuchtungsmasten befestigt. Dieses „Bürgerlicht“ schaltet sich während der Nachtabschaltung ein (s. Abb. 1).

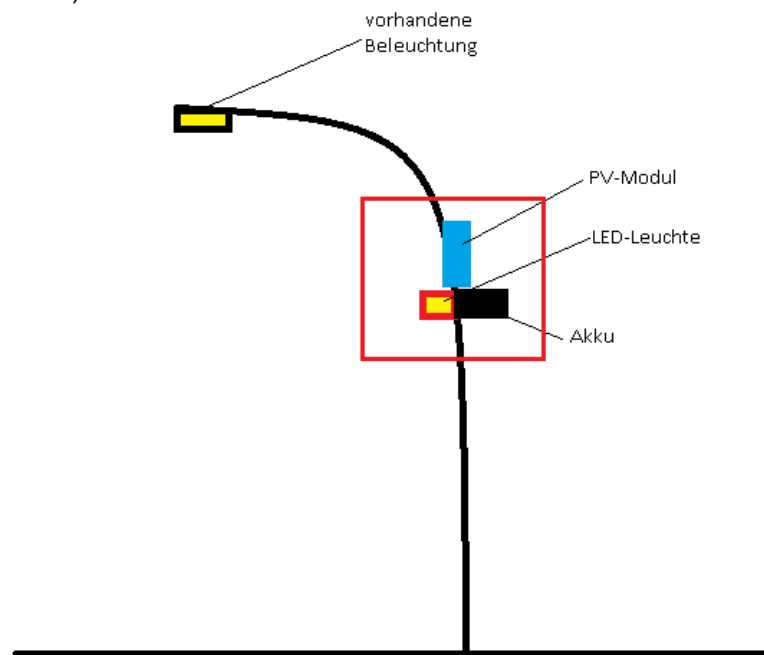


Abbildung 1: Skizze „Bürgerlicht“

Eine Möglichkeit der Finanzierung besteht darin, dass die Gemeinde Teile der Kosten trägt, da durch den Einsatz der „Bürgerlichter“ die Brenndauer der konventionellen Beleuchtungsanlage reduziert werden kann. Alternativ oder zusätzlich hat der Bürger die Möglichkeit ein „Bürgerlicht“ zu erwerben. Dadurch kann trotz der Nachtabschaltung der konventionellen Beleuchtungsanlage eine durchgängige Beleuchtung gewährleistet werden. Dies kann das Sicherheitsempfinden der Bürger verbessern. Zwei Bürgerlichter werden in der Gemeinde Recke probeweise montiert.

**Ole Bruns B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	16. Mai 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Volkswagen Nutzfahrzeuge



Druckluft ist ein sehr teures Energiemedium, da es durch Strom erzeugt wird. Die Herstellung von Druckluft ist im Allgemeinen rund 8 bis 10 mal so teuer wie die Erzeugung von Strom. Gerade einmal 20 bis 25 % der eingesetzten elektrischen Energie führen effektiv zur Komprimierung der Luft. Die anderen 75 bis 80 % gehen als thermische Energie verloren. Aufgrund dieser Tatsache ist es wichtig Druckluftherzeugungssysteme zu betrachten und unter energetischen Gesichtspunkten zu analysieren.

Betrachtet wurde der Prozess der Nachverdichtung. Dazu stehen sogenannte Trockenläufer, das sind Kompressoren, die ohne Ölschmierung laufen und somit die zu komprimierende Luft nicht mit Öl verunreinigen können, im Werk zur Verfügung. Somit wird bei der Druckerhöhung eine hohe Luftqualität gehalten. Es handelt sich hierbei um Schrauben- und Kolbenkompressoren. Verdichtet wird von einem Vor- druck von 6 bar Überdruck auf 10 bar Überdruck. Die Erhöhung des Druckniveaus ist für einige Prozesse in dem Werk notwendig.

Grundlage der Arbeit sind Energiedaten der Kompressoren aus dem Jahr 2013. Hierbei waren sowohl die Leistungsabnahme und die geleistete Arbeit als auch der erzeugte Volumenstrom in Normkubikmeter von Interesse. Da nicht nur ein Kompressor die Last abfahren kann, laufen immer mehrere Kompressoren parallel. Ziel war es herauszufinden, welche Kombinationen aus welchen Kompressoren am effizientesten laufen. Im nächsten Schritt wurden die Kosten für effiziente Fahrweisen berechnet und dann auf ein ganzes Jahr hochgerechnet.

Zur Ausschöpfung der berechneten Potentiale wurde ein Maßnahmenkatalog erstellt. Mit Hilfe einer Nutzwertanalyse sind zwei Maßnahmen ausgewählt worden und näher betrachtet worden. Bei den Maßnahmen handelt sich um eine übergeordnete Steuerung der bestehenden Anlagen und um neue Anlagen, die von Atmosphärendruck auf 10 bar Überdruck verdichten.

Um einen Überblick über anfallende Kosten beider Maßnahmen zu erhalten wurden zwei Firmen damit beauftragt, Angebote für die Umsetzung dieser Maßnahmen zu erstellen. Anschließend sind dann statische Amortisationszeiten auf Grundlage der zuvor berechneten Potentiale der bestehenden Druckluftherzeugung und der Angebote der beiden Firmen berechnet worden.

Abschließend wurden die Ergebnisse der Berechnungen betrachtet und bewertet. Eine Erzeugung von Atmosphärendruck auf 10 bar Überdruck ist eine gute Alternative zu dem bestehenden System. Diese Maßnahme ist jedoch zu teuer und würde sich nicht in der gewünschten und vorgegebenen Zeit amortisieren. Die übergeordnete Steuerung hingegen könnte die berechneten Potentiale der bestehenden Druckluftherzeugung ausschöpfen. Die Amortisation dieser Maßnahme ist ebenfalls in der vorgegebenen Zeit erreichbar.



## Selective Energy Savings and Energy Efficiency Measures at “Infineon Technologies (Kulim) Sdn. Bhd.”, Malaysia

**Karsten Buchholz B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Datum des Kolloquiums:	12. September 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelt- technik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Infineon Technologies (Kulim), Malaysia



Nowadays, terms like “climate change”, “energy savings” and the question like, how are we going to reduce the raising energy consumption and the induced CO<sub>2</sub> emissions worldwide, is one of the problems, or questions, needed solving in the next few decades. On the other hand, if the world does not take necessary measures to tackle this issue, it will leave dire consequences to the generations to come.

In addition, the increasing world population and increasing prosperity, has led to an even higher demand for energy and therefore also higher CO<sub>2</sub> emissions, this affects the world’s climate in a bad way. Only by using a more modern and efficient technology, will not fully solve the problem of our “hunger of energy”. The world population needs to re-educate themselves on how to deal with the scarce resources, after decades of exploiting it without prudent. To promote this, people’s awareness, in terms of energy use, must be re-inspired.

The aim of this bachelor thesis was, to show, how important an efficient use of energy is and which sectors in an office building have the potential for energy savings. Using the example of Infineon Technologies (Kulim) office building (see Fig. 1), it was shown, where exactly power is consumed, where the energy is used inefficiently and after that proposals were given as solutions to the problems.

Implementing for example the new “energy saving after work” campaign, to increase energy awareness among employees and at the same time saving power costs, is what the company can do, to decrease the high energy consumption and energy wastage, especially after work.

Besides this campaign, to get an even higher amount of savings within the power and cooling energy sector, the use of tinted window foils, light-emitting diodes (LED), as well as the implementation of phase change materials (PCM) in different areas was discussed in detail.



Figure 5: Infineon Technologies (Kulim) office building

The installation of tinted window foils and the changing from fluorescent lights to LED are worthwhile. Also the implementation of PCM inside the air conditioning (AC) system, to reduce the cooling capacity of the chiller and to reduce cooling costs is recommendable, however a suitable optimum of operating hours and number of PCM plates must be determined in the future. Future installation of PCM in other areas of the company, like for example in cooling ceiling, should be considered as well.

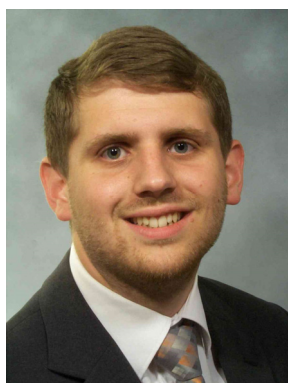
## Praktische Umsetzung der UBA-Empfehlung zur Gefährdungsanalyse am Beispiel eines Klinikums

**Dominik Büning B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 27. Oktober 2014

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



Die Trinkwasserhygiene in Gebäuden hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Dies spiegelt sich in der TrinkwV und ihrer 2. Änderungsverordnung aus dem Jahr 2012 wieder. Durch diese wird die Beschaffenheit des Trinkwassers so festgelegt, dass durch Nutzung und Verzehr keine Schädigung der menschlichen Gesundheit zu erwarten ist. Dies kann der Unternehmer oder sonstige Inhaber nicht gewährleisten, wenn der technische Maßnahmewert für Legionellen von 100KBE/100ml überschritten ist. Wird ihm dies bekannt, hat er unverzüglich Maßnahmen zum Schutze der Gesundheit der Verbraucher einzuleiten. Diese umfassen eine Untersuchung zur Aufklärung der Ursache, sowie die Erstellung einer Gefährdungsanalyse und Maßnahmen um die Trinkwasser-Installation auf den Stand der allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) zu bringen. Im Speziellen werden Umfang und Inhalt der Gefährdungsanalyse in der TrinkwV nicht festgelegt. Deshalb hat das Umweltbundesamt (UBA) eine Empfehlung zur Durchführung einer Gefährdungsanalyse entwickelt, die sich an die Betreiber einer kontaminierten Trinkwasser-Installation richtet. Diese Empfehlung ist unabhängig von der Gebäudenutzung allgemein gültig. Wird eine Gefährdungsanalyse in einem Klinikum durchgeführt, ist die UBA-Empfehlung die einzige Grundlage für die Durchführung einer solchen. Dabei wird in der UBA-Empfehlung explizit erwähnt, dass für spezielle Risikogruppen oder spezielle Einrichtungen (z. B. Kliniken), spezielle Maßnahmen zur Sicherstellung der Krankenhaushygiene notwendig sind. Diese sind nicht Gegenstand der UBA-Empfehlung und sollen im Einzelfall von den verantwortlichen Einrichtungsträgern und betreuenden Ärzten geprüft werden.

In der UBA-Empfehlung gliedern sich die Anforderungen in drei Bereiche. Durch die Beschreibung der für die Durchführung der Gefährdungsanalyse in Frage kommenden Personen, werden durch die UBA-Empfehlung Anforderungen an die Qualifikationen gestellt. Mit einer Schilderung des Ablaufs und der Vorgabe von fünf wesentlichen Elementen werden dann Anforderungen an die Durchführung und den Ablauf, sowie an die Inhalte der Dokumentation der Gefährdungsanalyse gestellt.

Die Diskussion dieser Anforderungen hat gezeigt, dass die UBA-Empfehlung auch bei der Umsetzung in einem Klinikum eine ausreichende Hilfestellung für die Durchführung einer Gefährdungsanalyse

bietet. Aufgrund der Größe und der Nutzer von Kliniken müssen bei der Umsetzung drei wesentliche Punkte beachtet werden. So muss die Gefährdungsanalyse nachvollziehbar und eindeutig strukturiert sein, damit diese für den Betreiber verständlich ist. Für den reibungslosen Ablauf der Gefährdungsanalyse ist eine gute Kommunikation zwischen Betreiber und Durchführenden unerlässlich. Die Durchführung der Gefährdungsanalyse in einem Klinikum sollte durch eine mit den besonderen Gegebenheiten von Kliniken vertraute Person erfolgen.

## Chancen und Möglichkeiten eines virtuellen Kraftwerks am Beispiel der Klimakommune Saerbeck

**Philip Denne B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	07. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor für Energietechnik
In Kooperation mit:	Gemeinde Saerbeck



Virtuelle Kraftwerke sind ein Verbund aus dezentralen regenerativen Stromerzeugungsanlagen, welche durch ihre zusammenschaltete Leistung theoretisch in der Lage sind, Regelenergie am Regelenergiemarkt bereitzustellen. Durch die beschlossene Energiewende sollen bis 2050 80 % des erzeugten Stroms aus regenerativen Energien stammen, was mit derzeitigen Strukturen nicht zu ermöglichen ist. Durch den Zusammenschluss dezentraler erneuerbarer Energien wird ein Leistungspool verbunden, welcher in der Lage ist, die 5 MW Grenze, welche für die Bereitstellung von Sekundär- und Tertiärregelleistung erreicht werden muss, zu überwinden. Die Kombination aus verschiedenen Energieerzeugungsanlagen und die lokale Verteilung der Anlagen, welche beispielsweise in ganz Deutschland verteilt stehen können, ermöglicht eine teilweise Glättung der durch die fluktuierenden Quellen von Wind und Sonne verursachten Leistungsschwankungen. Dennoch machen die derzeit existierenden langen Ausschreibungs- und Bereitstellungsfristen des Regelenergiemarktes eine Nutzung des volatil erzeugten Stroms aus Wind- und Photovoltaikanlagen unmöglich. Angebotene Primär- und Sekundärregelleistung muss für eine gesamte Woche, Tertiärregelleistung bzw. Minutenreserven für einen Tag bereitstehen. Diese Fristen könnten auch trotz genauer Wetterprognosen nicht eingehalten werden. Da die erneuerbaren Energien in den kommenden Jahren jedoch zunehmend Verantwortung im deutschen Verbundnetz übernehmen müssen, um bis 2050 eine stabile regenerative Stromversorgung Deutschlands zu gewährleisten, ist ein Umdenken im Bereich des Regelenergiemarktes unumgänglich.

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit eines virtuellen Kraftwerks wurde im zweiten Teil der Arbeit vorgestellt. Die Gemeinde Saerbeck baute im Rahmen eines gewonnenen Wettbewerbes als „NRW Klimakommune der Zukunft“ unter anderem einen Bioenergiepark mit einer regenerativen Gesamtleistung von knapp 29,5 MW, bestehend aus Windkraft-, Photovoltaik- und Biomasseanlagen. Eine jährliche regenerative Stromerzeugung von 72.329 MWh/a steht einem Verbrauch von lediglich 34.027 MWh/a entgegen. Dadurch stellte sich die Frage, ob die Anlagen im Bioenergiepark in der Lage sind, die Gemeinde dauerhaft und ausschließlich mit regenerativem Strom zu versorgen. Um dies zu überprüfen, wurden in einem ersten Szenario sämtliche

Anlagen im Bioenergiepark in die Berechnungen einbezogen. Zusammen mit den Daten der Stromabnahme in Saerbeck wurde eine Tabelle erstellt, welche eine Viertelstundenbilanz zwischen Strombezug und Stromproduktion aus Windkraft, Photovoltaik und Bioabfallvergärungsanlage berechnete. Als Ergebnis im ersten Szenario stand fest, dass die Gemeinde Saerbeck aufgrund der Simulationen und Vereinfachungen in der Lage ist, mit den erneuerbaren Energien im Bioenergiepark 95 % des Stroms dann zu produzieren, wenn er tatsächlich gebraucht wird. Rund 1.679 MWh/a müssen im Jahresverlauf importiert werden, um den Strombedarf der Gemeinde zu decken.

In einem zweiten Szenario wurden weitere regelbare BHKW in die Berechnungen aufgenommen. Diese zusätzlichen Anlagen werden im Rahmen des gewonnen Wettbewerbes der „KWK Modelkommune NRW“ bis 2017 in Saerbeck installiert und sollen neben Strom auch Wärme liefern, welche durch ein neu installiertes Nahwärmenetz die Wohnhäuser der Saerbecker Bürger versorgen soll. Insgesamt wird voraussichtlich 1.880 kW zusätzliche Regelleistung installiert, wodurch die verfügbare Regelleistung auf 2.932 kW ansteigt. Anhand dieser Leistung wurde in Szenario B die maximale Regelleistung erhöht und die Endbilanz neu berechnet, wodurch der Anteil des regenerativ produzierten Stroms, welcher direkt verbraucht wird, auf 99,26 % anstieg. In diesem Szenario (s. Abb. 1) müssten 251 MWh/a Strom importiert werden, welche beispielsweise durch einen elektrischen Speicher bereitgestellt werden könnten. Um die Biogasanlage mit einer verlagerten Stromproduktion wirtschaftlich betreiben zu können, müsste sich an den Regelungen des EEG und des Regelenergiemarktes etwas ändern. Würde Regelenergie beispielsweise nicht mehr übergreifend für das gesamte deutsche Verbundnetz angeboten werden sondern für einzelne Bilanzkreise oder sogar einzelne Kommunen, könnten Energiekommunen ihre Autarkie vorantreiben.

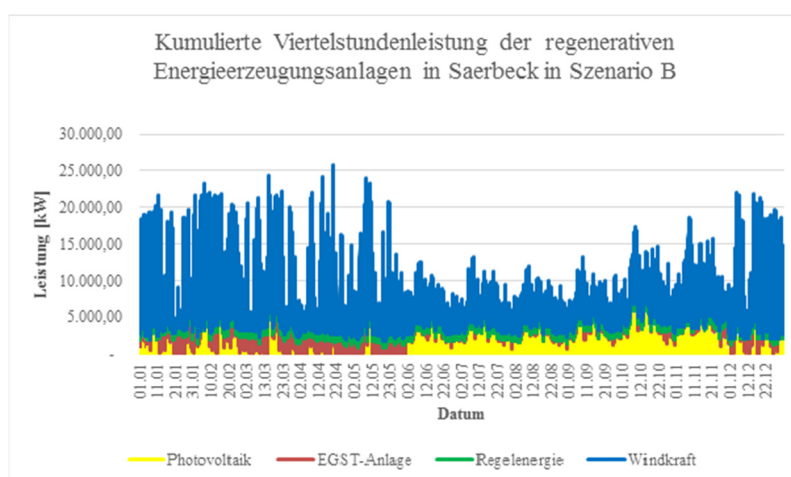


Abb. 1: Kumulierte Viertelstundenleistung der regenerativen Energieerzeugungsanlagen in Saerbeck in Szenario B

## **Mini-Blockheizkraftwerke für die dezentrale Energieversorgung - Funktionsweise, ökonomische und ökologische Auswirkungen am Beispiel eines Nahwärmesystems „Im Wiesengrund“ in Lünen**

**Philipp Dissel B.Eng**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Carsten Unterberg

Datum des Kolloquiums:

21. Mai 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Bauverein zu Lünen FAZ-GmbH, Lünen



In Anbetracht der bevorstehenden Energiewende und der Forderung des am 1. April 2002 in Kraft getretenen KWKG-Gesetzes, welches das Ziel hat, die Stromerzeugung durch KWK-Anlagen bis zum Jahr 2020 auf 25 Prozent auszubauen, gewinnt die dezentrale Energieversorgung immer mehr an Bedeutung. Die auf fossilen Energieträgern basierenden Großkraftwerke werden aufgrund ihrer hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Endlichkeit der verwendeten Energieträger immer kritischer betrachtet. Erneuerbare Energien, deren Anteil an der Gesamtstromerzeugung bis zum Jahre 2020 auf mindestens 35 Prozent ausgeweitet werden soll, stellen einen unbestrittenen Baustein der zukünftigen Energieversorgung dar. Allerdings schwankt die Energiebereitstellung aus Windkraft und solarer Strahlungsenergie, da sie witterungsabhängig ist. Um die ständige Versorgung mit Strom sicherstellen zu können und um Frequenzschwankungen der Versorgungsnetze zu vermeiden, muss die Strombereitstellung zu jeder Zeit der Stromnachfrage entsprechen. Daher stellt die schwankende Charakteristik der Energiebereitstellung ein Problem dar. Zudem ist die Technologie der Energiespeicherung noch nicht so vorangeschritten, dass die schwankende Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien ausgeglichen werden kann. Folglich ist es für die Versorgungssicherheit und zur Eindämmung des Klimawandels wichtig, Technologien zu entwickeln und zu fördern, die mit erneuerbaren Energien kompatibel sind, geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweisen und eine unabhängige Energiebereitstellung ermöglichen. Zu der Reihe der dezentralen Energiesysteme zählt heute eine Vielzahl von Anlagen wie solarthermische und Photovoltaik-Anlagen, kleinere Wasserkraftwerke, Blockheizkraftwerke und Vergärungsanlagen in der Landwirtschaft mit nachgeschalteten Mikrogasturbinen. Soll Energie für wenige Gebäude, oder besser gesagt Abnehmer, bereitgestellt werden (z.B. ein Verbund aus mehreren Mehrfamilienhäusern), bietet sich der Einsatz eines BHKWs an, das die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme in einer kompakten Anlage erlaubt. Als Brennstoffe für BHKWs kommen meist die fossilen Energieträger Erd- oder Flüssiggas in Betracht. Teilweise werden aber auch Bio- oder Klärgase als Brennstoff genutzt.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, die ökologischen und ökonomischen Vorteile der dezentralen Energieversorgung durch Mini-BHKW-Anlagen anhand einer Beispielanlage aufzuzeigen. Im Falle des Beispielobjekts und des damit verbundenen Betreibermodells zeigte sich, dass Mini-BHKW-Anlagen als Element eines virtuellen Kraftwerks niedrigere Anfangsinvestitionen im Vergleich zu Brennwärkesselanlagen im Eigenbetrieb aufweisen und somit ein geringeres finanzielles Risiko für den Nutzer darstellen. Darüber hinaus ist der Vermieter mit weniger organisatorischem Aufwand, sowie geringeren Betriebsrisiken konfrontiert. Schlussfolgerung aus der finanziellen Analyse ist, dass der durch die KWK-Technik produzierte Strom im Gebäude genutzt werden muss, um durch die vermiedenen Strombezugskosten einen Kostenvorteil zu schaffen.

Aufbauend auf den finanziellen Vorteilen einer derartigen Verfahrensweise ergab sich aus ökologischer Sicht ein weiteres Potential. Mini-KWK-Anlagen senken den Emissionsausstoß gegenüber einer zentralen Energieversorgung und machen Versorgungsnetze durch ihre Einsetzbarkeit im Inselbetrieb sicherer und resistenter gegen Ausfälle. Vorwiegend der Einsatz von Mini-BHKW-Anlagen als virtuelle Kraftwerke wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Insbesondere die Forderung des KWK-Gesetzes, den Ausbau der durch KWK gewonnenen Stromanteils auf 25 Prozent zu erhöhen, trägt einen wesentlichen Anreiz dazu bei.

Darauf aufbauend sind die Auswirkungen dieser technischen Entwicklungen auf die Höhe der zu tätigen Anfangsinvestitionen und bedarfsgebundenen Zahlungen zu beobachten. Sinkt die Höhe der Anfangsinvestition in Mini-BHKW-Anlagen langfristig, wovon zum aktuellen Standpunkt auszugehen ist, wird die finanzielle Attraktivität von Mini-BHKW-Anlagen weiter ansteigen. Unabhängig von der finanziellen Attraktivität kommen die volkswirtschaftlichen Vorteile des Einsatzes von Mini-BHKW-Anlagen insbesondere in Anbetracht der bevorstehenden Energiewende verstärkt zum Tragen. Die Kombination aus finanzieller Attraktivität für Investoren und dem verbundenen volkswirtschaftlichen Nutzen bildet hierbei das Fundament, das Ziel von 25 Prozent Stromanteil aus KWK-Anlagen bis zum Jahre 2020 erreichen zu können. Dabei kann vorzugsweise von Mini-BHKW-Anlagen, in die Vermieter oder Gesellschafter investieren, eine Dynamik mit hohen Zuwachszahlen erzeugt werden.



## **Marktpenetration als strategische Option für den Mittelstand. Möglichkeiten und Grenzen, dargestellt am Beispiel des Produktes Wasserzählerschacht der BEULCO GmbH & Co. KG –**

**Laetitia Gaele Dongmo Tsojjo B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr. Ralf Ziegenbein
Zweitprüfer:	M. Eng. Martin Lange
Datum des Kolloquiums:	25. November 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Institut für Technische Betriebswirtschaft ITB
In Kooperation mit:	BEULCO GmbH & Co. KG, Attendorn



Jährlich werden zahlreiche Produkte auf dem Markt eingeführt. Einige werden erfolgreich und andere bleiben kaum bemerkbar. Das Szenario ist für jede Branche identisch. Besonders herausfordernd ist dies für den deutschen Mittelstand, weil die Ressourcen und Kapazitäten nicht unbegrenzt verfügbar sind. Ein erfolgreicher Markteintritt bietet jedoch ein großes Potential zur Steigerung des Marktanteils. Die Option, die mit einem geringen Entwicklungsaufwand am besten passt, ist eine Marktpenetration.

Die Firma BEULCO GmbH & Co. KG, die zur Branche Messingarmaturen gehört, möchte in Zukunft ihren Marktanteil und dementsprechend Ihre Marktposition aufbessern. Dabei soll ein neues Produkt: Wasserzählerschacht eingeführt werden, obwohl das Produkt seit 20 Jahren auf dem Markt ist.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, zu überprüfen, ob BEULCO Chancen hat, Kunden von der Konkurrenz abzuwerben. Auf Grundlage umfangreicher Analysen wurde ein Markteintrittsprofil entworfen. Berücksichtigt wurden dabei die technischen sowie wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Tiefbautechnik.

### Wasserzählerschacht

Dabei werden wie in den zwei Abbildungen dargestellt, im Schacht die Wasserzählergarnituren eingebaut. Dann wird das Ganze im Boden vergraben, so dass die Wasserzähleranschlüsse mit den Hauptanschlüssen (Trinkwasseranschlüssen) reibungslos zusammen passen. Für das Ablesen und die Wartung müssen die kompletten Armaturen herausziehbar sein, daher wird ein passendes System (Panzer-schlauch, Schienen oder Ähnliches) eingesetzt. Damit der Schacht den Normen (AVB Wasser V § 11) entspricht, müssen geeignete Dichtungs- und Abdeckungssysteme angewendet werden.

## Energiekosten- und Emissionsvergleich von Mikro- und Mini-KWK-Anlagen, eine Energieeffizienzbewertung

**Bernd Elbeshausen, B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Urs Reitis M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	05.02.2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	ESA Energy Solutions AG



Die konservative Energieversorgung deutscher Haushalte erfolgt heute zum überwiegenden Teil durch Großkraftwerke, die Strom produzieren, und vor Ort installierten Heiz oder Brennwertkesseln, die durch Verbrennung von Gas oder Öl Wärme für die Trinkwassererwärmung oder Heizungen erzeugen. Der durchschnittliche Wirkungsgrad der Erzeugung elektrischer Energie liegt bei etwas weniger als 40%. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass circa 60% der durch Brennstoffe zugeführten Energie als Niedertemperaturwärme an die Umwelt abgegeben werden. Das bedeutet, dass nicht nur ein Teil des Brennstoffes eingesetzt wurde, ohne einen direkten Nutzen daraus zu ziehen, sondern auch, dass dieser Teil erheblich zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen eines solchen Kraftwerkes beiträgt. Technisch und wirtschaftlich bedingt ist es leider kaum möglich einen bedeutend höheren Wirkungsgrad bei der Umwandlung des Brennstoffs in elektrische Energie zu realisieren. Selbst modernste GuD-Kraftwerke haben einen elektrischen Wirkungsgrad von circa 60%. Alles in allem werden bei der traditionellen Energieversorgung in Deutschland also Strom und Wärme in einem Großkraftwerk produziert, die Fortwärme ungenutzt abgegeben, und an anderer Stelle dezentral Wärme durch Heizanlagen bereitgestellt.

Genau an diesem Gedanken setzt die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an. Der elektrische Wirkungsgrad einer Anlage hat einen geringeren Stellenwert, sobald die Wärme, die sonst häufig als Abfallprodukt behandelt wird, genauso benötigt wird, wie der Strom der Anlage. Großkraftwerke in KWK zu betreiben ist grundsätzlich möglich. Nachteilig ist die Notwendigkeit eines Fernwärmenetzes, das nur selten vorhanden ist und somit neu angelegt werden müsste. Von größerer Bedeutung ist jedoch, dass sich selten genug Abnehmer finden, die gewillt sind, ihre jetzige Wärmeversorgung von ihrer betriebsfähigen Heizung auf Fernwärme, umzustellen. Der Vorteil kleinerer dezentraler KWK-Anlagen ist, dass die Leitungsverluste bis zum Verbraucher geringer sind als bei der Wärmeauskopplung von Großkraftwerken und das sich nicht gleichzeitig viele Wärmeabnehmer für einen Wechsel ihrer Wärmeversorgung entscheiden müssen. Dezentrale KWK-Anlagen haben einen Koppelwirkungsgrad von 80-90%. Die entstehenden Wärmeverluste bei der gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung sind weitaus geringer als bei der herkömmlichen zentralen Energieversorgung und somit ist auch der Primärenergieeinsatz geringer.

Eine Direkte Folge hiervon ist die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Senkung der Betriebskosten. Eine zusätzliche Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt sich durch die Verwendung von Erdgas, wie in der KWK üblich, als Brennstoff anstelle von Kohle, wie in zentralen Anlagen zur Energieerzeugung üblich.

In dieser Bachelorarbeit werden verschiedene Mikro- und Mini-KWK-Anlagen zur Wärmeerzeugung in einem existierenden Mehrfamilienhaus miteinander verglichen. Als Referenzfall dient der derzeit installierte Heizkessel. Hiermit werden verschiedene Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung, ein BHKW (Dachs G5.5) mit Verbrennungsmotor, ein Stirlingmotor (Dachs Stirling SE) und eine Brennstoffzelle (Blue-GEN) verglichen. Außerdem wird, aufgrund der aktuellen Popularität, auch ein Brennwertkessel in Kombination mit einer solarthermischen Anlage (auroCOMPACT) in den Vergleich mit einbezogen. Besonderes Augenmerk liegt auf den Gesichtspunkten Energiekosten, CO<sub>2</sub>-Emissionen, Primärenergieeinsatz, Amortisationszeit, Kapitalrentabilität und dem spezifischen Primärenergieeinsatz.

Die Ergebnisse der Vergleiche stellen sich wie folgt dar. In Punkto Energiekosten sind die KWK-Anlagen den übrigen Anlagen überlegen. Die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen und den geringsten Primärenergieeinsatz hat das betrachtete Dachs G5.5.

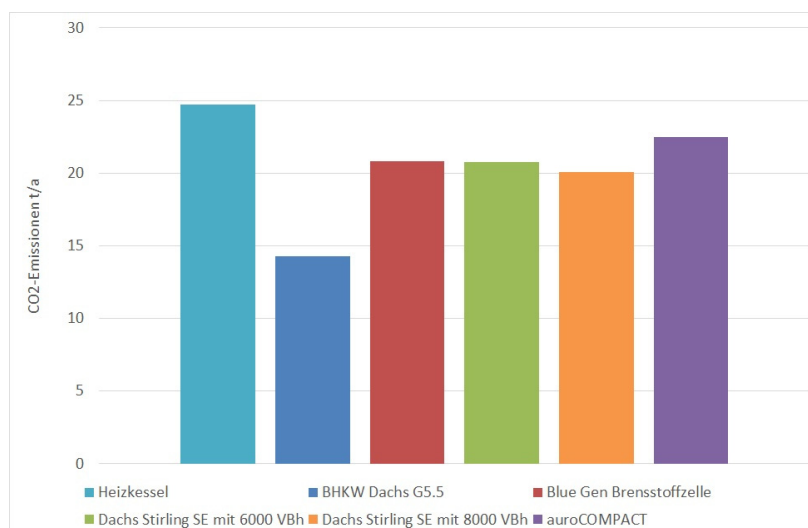


Abbildung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Anlagen

Durch seine geringen Investitions- und Energiekosten erreicht der Stirlingmotor die besten Werte in den Bereichen Amortisationszeit und Kapitalrentabilität. Den Ergebnissen meiner Bachelorarbeit nach, sollte die Wärmeversorgung von Gebäuden mit, zu dem untersuchen Mehrfamilienhaus, vergleichbaren Daten, am besten durch einen Stirlingmotor erfolgen, da dieser, unabhängig vom untersuchten Vergleichskriterium, überdurchschnittlich gute Ergebnisse erzielte. Allgemein fiel auf, dass KWK-Anlagen dem Heizkessel und dem Solar-Gas-Brennwertsystem nur bei den Investitionskosten nicht überlegen waren. In allen anderen Vergleichspunkten schneiden die KWK-Anlagen deutlich besser als die untersuchten Alternativen ab.

## Einbindung eines elektrischen Vorwärmers in eine Gasdruckregel- und Messanlage

**Florian Fellmann, B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Prof. Dr. Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	11. September 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Open Grid Europe GmbH, Essen



Durch den Beschluss der Energiewende treibt die Bundesregierung den Ausbau an Erneuerbaren Energien durch Windkraft und Sonnenenergie weiter voran. Früher folgte der Erzeugung dem Verbrauch, heute folgt der Verbrauch der Erzeugung. Durch diesen Wandel wurde es nötig, eine Laststeuerung oder Lastmanagement - das sogenannte *Demand Side Management* (DSM) - einzuführen. Das DSM sorgt für ein Gleichgewicht von Erzeugung und Verbrauch. Stromproduzierende und stromverbrauchende Anlagen werden zu- und abgeschaltet, so dass die geforderte Frequenz von 50 Hz im Stromnetz eingehalten wird. Diese Art der Anlagen bieten die sogenannte positive oder negative Regelenergie am Markt an, um das Gleichgewicht im Stromnetz zu halten.

Für die positive Regelenergie speisen Sie zusätzlich Strom ein oder fahren den Stromverbrauch herunter. Bei der negativen Regelenergie muss entweder Strom zusätzlich verbraucht oder kein Strom eingespeist werden. Solche Anlagen sind meist *Power to Heat*, *Power to Gas* oder *KWK-Anlagen*.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Einbindung eines elektrischen Vorwärmers in eine Gasdruckregel- und Messanlage untersucht. Diese Anlage soll negative Regelenergie anbieten, um so Stromüberschüsse im Netz abzufahren. Hierfür wurde eine Gasdruckregel- und Messanlage der Open Grid Europe GmbH als Beispiel herangezogen. Mit Hilfe der Betriebsdaten aus dem Jahr 2012 wurde ein entsprechender elektrischer Vorwärmer ausgelegt und in die vorhandene Anlage integriert.

Dadurch dass eine Power to Heat Anlage in eine Gasdruckregel- und messanlage integriert wurde, wird Wärme aus Strom erzeugt, um die konventionelle Vorwärmung mittels Heizkesseln zu ersetzen. Ein Nebeneffekt dieser Anlage ist die Einbindung einer virtuellen Power to Gas Anlage. Da durch Erneuerbare Energie Erdgas eingespart wird, kann dieses Erdgas eingespeichert und bei Bedarf wieder zu Verfügung gestellt werden.

Nachdem die technische Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltaspekte in dieser Arbeit betrachtet worden sind, kann so eine Anlage technisch und wirtschaftlich umgesetzt werden.

## Energetische Simulation und Untersuchung eines Textilkaufhauses in Innenstadtlage Augsburg

**Frank Fischer M. Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	10. Juni 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Imtech Deutschland GmbH & Co. KG, Düsseldorf/Dortmund



Bei der Planung und Errichtung von Verkaufsstätten entstehen sehr oft vergleichbare Fragestellungen bezüglich der technischen und energetischen Ausstattung. Zur Aufklärung und Bewertung dieser Fragestellungen beauftragte eine Kaufhauskette die Firma Imtech mit der Durchführung einer energetischen Studie über ein Referenzkaufhaus in Augsburg. In Abstimmung mit dem Auftraggeber, im Folgenden AG genannt, werden die relevanten Themen der Untersuchung, die im Rahmen dieser Masterarbeit erfolgt, festgelegt.

Die sich daraus ergebende Aufgabenstellung lautet unter Einbezug der gegebenen Planungsgrundlagen des Referenzkaufhauses eine Gebäudesimulation mit einer abschließenden Anlagensimulation durchzuführen.

Die Studie soll dem AG eine Entscheidungshilfe für die Planung und Errichtung aufzeigen. Das Ziel der Ausarbeitung besteht darin eine Aussage zu treffen, welches RLT-System in Kombination mit einer geeigneten Kälteerzeugung die simulierten jährlichen Gebäudelasten energieeffizient deckt und dabei die niedrigsten Betriebskosten aufweist.

Die dabei durchgeführte Gebäudesimulation der Verkaufsfläche zeigt einen marginal auftretenden Heizbedarf, welcher durch die hohen inneren Wärmelasten der Beleuchtung und Personen überwiegend ganzjährig gedeckt ist. Aufgrund der dominierenden hohen, inneren Wärmelast ist eine ganzjährliche Kühlung der Verkaufsstätte erforderlich.

Die thermische Einsparung einer freien Kühlung in den Sommernächten steht dem elektrischen Mehraufwand für Ventilatoren, aufgrund der fehlenden baulichen Speichermasse, nicht wirtschaftlich entgegen. Hier sind jedoch die positiven Einflüsse auf Luftqualität und Wohlbefinden zu bewerten.

Bedingt durch die dominierenden inneren Lasten und den daraus resultierenden geringen Heizlasten, erhöht eine Verbesserung der Gebäudedämmung, als Ersatzmaßnahme zur Einhaltung des EEWärmeG, den Jahreskälteenergiebedarf und ist somit kontraproduktiv. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse der Gebäudesimulationen mit unter-

schiedlichen Verschattungs- und Fassadenarten ebenfalls geringe Abweichungen im Jahreskälteenergiebedarf. Ein außenklimatischer Einfluss durch ein Extremwetterjahr ist sehr gering

Eine hohe Abhängigkeit des jährlichen Kälteenergiebedarfs der Verkaufsfläche zeigen die Gebäudesimulationen bei einer Reduzierung oder Erhöhung der Personendichte pro m<sup>2</sup> und einer Reduzierung der installierten Beleuchtungsleistung. Aufgrund der hohen Wärmeabgabe durch diese beiden Parameter stehen sie im direkten Zusammenhang mit dem erforderlichen Kälteenergiebedarf der Verkaufsfläche und tragen daher entscheidend zu einer Effizienzsteigerung bzw. Energieeinsparung für das Gebäude bei.

Die Anlagensimulationen der RLT-Anlagen zeigen aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen deutliche standortbezogene Abweichungen des Wärme- und Kälteenergiebedarfs in Abhängigkeit der Außenluftfrate. Eine Erhöhung des Wärmerückgewinnungsgrades der RLT-Anlage, als Ersatzmaßnahme zur Einhaltung des EEWärmeG, führt zu erheblichen Einsparungen bei der Jahreswärmearbeit für die Außenluftaufbereitung.

Für die finale Bewertung dieser Ausarbeitung und Erfüllung der Zielsetzung erfolgt eine Gesamtanlagensimulation des RLT-Systems in Kombination mit einer Kälteerzeugungsart zur Deckung der Verkaufsflächenkühlleistung. Für die Bewertung der effizienten Gebäudeversorgung werden die folgenden Gesamtsysteme bewertet:

- Kompressionskältemaschine in Kombination mit dem Nur-Luftsystem als VVS-Anlage
- Kompressionskältemaschine in Kombination mit dem Primärluftsystem als VVS-Anlage mit dezentralen Umluftkühlgeräten
- Kompressionskältemaschine mit Freikühlung in Kombination mit dem Primärluftsystem als VVS-Anlage mit dezentralen Umluftkühlgeräten
- Absorptionskältemaschine in Kombination mit dem Nur-Luftsystem als VVS-Anlage
- Absorptionskältemaschine in Kombination mit dem Primärluftsystem als VVS-Anlage mit dezentralen Umluftkühlgeräten

Die Auswertungen der Anlagensimulationen zeigen hohe Betriebskosten auf Seiten der Gesamtsysteme mit einer Absorptionskältemaschine. Diese resultieren aus dem erforderlichen Fernwärmebedarf bzw. den Fernwärmebezugskosten der Absorptionskältemaschine.

Das Gesamtsystem mit einer Kompressionskältemaschine und einem Nur-Luftsystem als VVS-Anlage besitzt die niedrigsten jährlichen Betriebskosten gegenüber den Alternativsystemen. Der Vorteil des Gesamtsystems resultiert auf Seiten des Nur-Luftsystems aus dem hohen nutzbaren Anteil der freien Kühlung. Durch den Einsatz einer Kompressionskältemaschine entfallen die Kosten für einen Fernwärmebezug und der Energieverbrauch für die Kälteerzeugung beschränkt sich auf den Strombedarf. Das gewählte System deckt somit energieeffizient die simulierten jährlichen Gebäudelasten.

## Untersuchung zur Verminderung von Formaldehyd-Emissionen bei Biogasanlagen

**Stefanie Fleischmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	29. September 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Dezernat 52, Bezirksregierung Münster



Seit einigen Jahren ist bekannt, dass Formaldehyd ein kanzerogener Stoff ist, der u.a. bei unvollständigen Verbrennungsprozessen entsteht. Auch im Bereich der Biogasverstromung durch Blockheizkraftwerke bestehen gesetzliche Vorgaben zur Formaldehydverminderung. Abgasreinigungseinrichtungen wie Katalysatoren und thermische oder katalytische Nachverbrennungen sind die Schlüsseltechniken zur Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte. Diese unterliegen allerdings auch ihren jeweiligen technischen Grenzen, sodass in der Praxis häufig die gewünschte Reinigungsleistung ab einer gewissen Betriebszeit nicht mehr in ausreichender Form sichergestellt werden kann.

Im Rahmen der aktuellen wie auch vergangenen Gesetzgebung durch das Erneuerbare Energien Gesetz und das Bundes-Immissionsschutzgesetz wird der Stand der praktischen Umsetzung von Abgasreinigung bei Biogasanlagen betrachtet und ausgewertet. Dazu wurden unter anderem Emissionsmessberichte verwendet sowie eine Befragung der Betreiber ausgewählter Biogasanlagen durchgeführt. Hierbei wurde neben der vorhandenen Abgasreinigung auch auf die Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes (BHKW), die vorgeschaltete Gasaufbereitung und die Erfahrungen mit der Standzeit von Katalysatoren Wert gelegt.

Durch eine umfassende Literaturrecherche zu Verbrennungsprozessen, Emissionsmessungen und der Gesetzgebung werden die aktuellen Wissensstände der jeweiligen Bereiche wiedergegeben. Darauf aufbauend wurden sechs Biogasanlagen mit unterschiedlicher installierter Leistung vergleichend betrachtet, mit dem Ergebnis, dass die Betriebsweise der Motoren nicht ausschließlich im Vollastbereich, sondern auch ein Betrieb nach Wärmebedarf oder Energieeffizienz stattfindet. Diese Vorgehensweise ist nicht unbedingt vorteilhaft für die dabei entstehenden Emissionen. Die vorgefundene Abgasreinigung wird überwiegend durch Oxidationskatalysatoren vorgenommen. Weiterhin wird eine stufenweise Entschwefelung des Biogases realisiert, welche einen Restgehalt zwischen 3 und 10 ppm Schwefelwasserstoff gewährleistet. Der hierfür finanzielle und praktische Aufwand erfolgt in erster Linie aber nicht um die Standzeit von Katalysatoren zu verlängern oder die Emissionswerte zu verringern. Hier ist der Grundgedanke eher beim Vermeiden von BHKW-Schäden und dem Verlän-

gern von Wartungsintervallen zu finden, da diese weitaus kostenintensiver sind. Bestätigend hierfür ist der bislang jährlich stattfindende Wechsel der Katalysatoren, welcher trotz der geringen Schwefelgehalte in der Praxis so durchgeführt wird. Dieser pauschale Wechsel wird begründet mit der Unsicherheit über die ausreichende Funktion des Bauteils nach nur einem Jahr Standzeit. Dahingehend sind die Ergebnisse der Emissionsmessungen einwandfrei und die Messwerte unterschreiten die jeweiligen gesetzlichen Grenzwerte. Vor dem Hintergrund, dass eine kontinuierliche Messung von Formaldehyden komplex ist und einen enormen Aufwand bedeutet, wird in der Arbeit auf weitere Möglichkeiten verwiesen. Weiterhin werden Verbesserungspotentiale in Bezug auf die Praxis der Emissionsüberwachung und die regelmäßige Funktionsprüfung von Abgasreinigungseinrichtungen aufgeführt.



## Evaluation eines Energiemanagementsystems am Beispiel eines metallverarbeitenden Unternehmens

**Adrian Franiczek M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Datum des Kolloquiums:	13. Mai 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft



Die Europäische Kommission hat mit der Einführung der Energieeffizienzrichtlinie (EU-EnEff-RL) 2012/27/EU vom 14. Nov. 2012 ein übergeordnetes Energieeffizienzziel gesetzt: Der Primärenergiebedarf innerhalb der EU soll, gegenüber dem Referenzjahr 1990, bis 2020 um 20 % sinken.

Dazu soll jedes europäische Mitgliedsland ein Energieeffizienzverpflichtungssystem einführen. In Art. 8 EU-EnEff-RL wird die Förderung von Energiemanagementsystemen (EnMS) für Unternehmen beschrieben. Ein EnMS dient zur systematischen Erfassung der Energieströme sowie zur kontinuierlichen Verbesserung der Geschäftsprozesse und technischen Systeme eines Unternehmens.

Jedoch werden in dieser Richtlinie die Anforderungen an EnMS in Bezug auf Hard- und Softwarekomponenten nicht näher spezifiziert. Die Hard- und Softwarekomponenten erfüllen nicht in jedem Fall die Anforderung nach Art. 7 Abs. 1 EU-EnEff-RL. Demnach muss ein EnMS die Wirksamkeit von Effizienzmaßnahmen nachweisen können.

In der vorliegenden Masterarbeit wurde die Wirksamkeit von Effizienzmaßnahmen am Beispiel eines bestehenden EnMS in einem metallverarbeitenden Unternehmen evaluiert.

Die Wirksamkeit eines EnMS wurde nach DIN EN ISO 50 001 evaluiert und ergab, dass aufgrund fehlender belastungsfähiger Verbrauchsdaten aus der Vergangenheit, die Wirksamkeit der Effizienzmaßnahme nicht objektiv überprüft werden konnte. Dennoch ist das EnMS als Werkzeug zur Bestimmung der Wirksamkeit nachfolgender Effizienzmaßnahmen geeignet. Daraus folgt, dass ein EnMS die Grundvoraussetzungen zur Überprüfung jeder Effizienzmaßnahme bildet.

Mit der Evaluation des EnMS wurden Leitfragen und Hinweise zur Bestimmung belastbarer Verbrauchsdaten beschrieben. Zusätzlich wurden weitere Optimierungsmöglichkeiten für die Implementierung verschiedener Prozessdatenerfassungen sowie der Interaktion zwischen Benutzer und EnMS-Software abgeleitet. Insbesondere der Bereich der User Experience wird als weiterer Faktor hinsichtlich der Entwicklung der Softwarekomponente neu einbezogen.

## Optimierungspotentiale der Energie-Erzeugungsanlagen eines Autohauses und Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Energie-Direktvermarktung

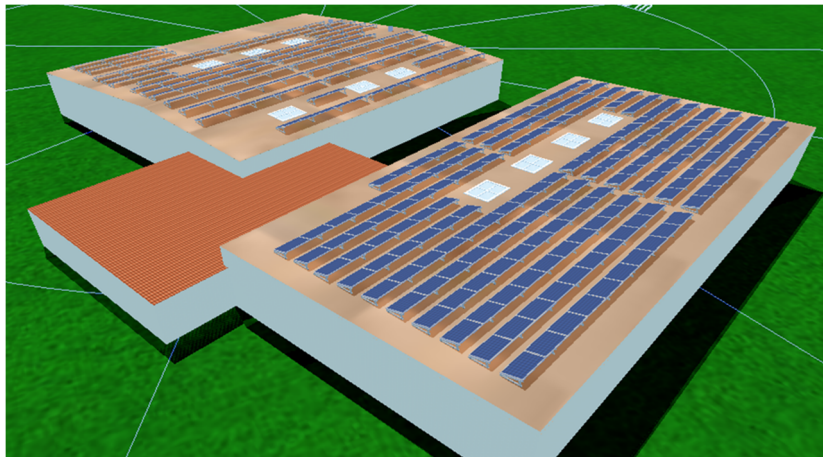
**Matthias Franke M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	23. Juni 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Franz Rüschkamp GmbH & Co. KG, Selm



Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden die Energie-Erzeugungsanlagen der Autohaus Rüschkamp GmbH & Co. KG auf Möglichkeiten der Wirtschaftlichkeitssteigerung untersucht. Nach einer umfangreichen Fehleranalyse der Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage wurden Möglichkeiten zur Laufzeiterhöhung ermittelt, durch die ein gewinnbringender Betrieb der Anlage ermöglicht wird. Die jährlichen Betriebsstunden lassen sich durch die aufgezeigten Modernisierungsmaßnahmen, bezogen auf das Jahr 2012, fast verdoppeln.

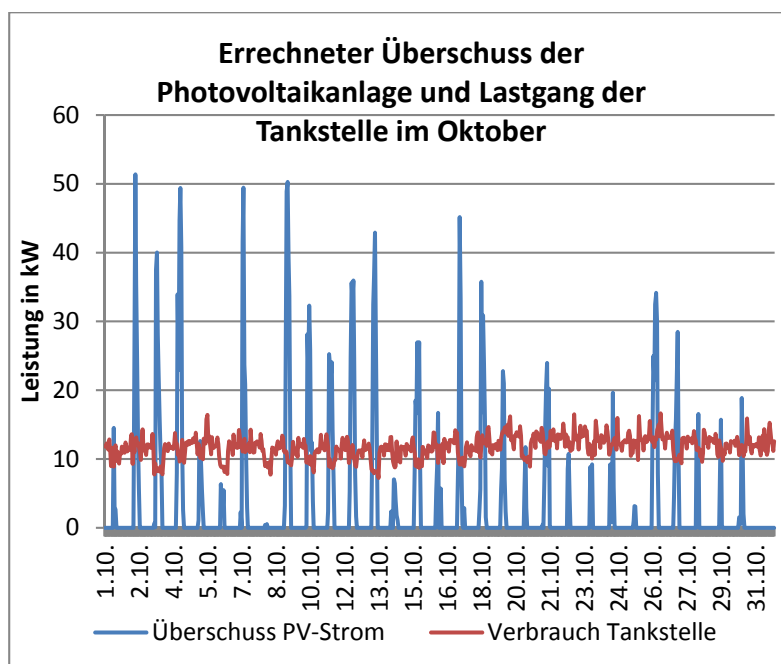
Die auf dem Dach des Autohauses aufgeständerte Photovoltaikanlage wurde am Computer nachgebildet, auf ihre Erträge hin überprüft und als nahezu fehlerfrei bewertet.



PV\*SOL Expert-Modell des Autohauses

Die ermittelten Erträge der Erzeugungsanlagen wurden mit den Energieverbräuchen des Autohauses und einer angrenzenden Tankstelle verglichen. Es stellte sich heraus, dass nach Abzug des Eigenverbrauches des Autohauses, Energieüberschüsse zur Belieferung der Tankstelle zur Verfügung stehen. Nach Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen wurden Stromlieferungsmöglichkeiten zur Versorgung der Tankstelle beleuchtet. Durch die Firma „EnergyConsulting Meyer“ wurde ein Angebot für die Umsetzung einer so genannten Eigenstrom-Erzeugergesellschaft erstellt, die es möglich macht, Energie

aus den Erzeugungsanlagen gemeinsam mit der Tankstelle zu verbrauchen. Die Eigenverbrauchsquote der Photovoltaikanlage kann durch die Umsetzung des Konzeptes von 26 % auf 56 % gesteigert werden. Somit ist ein zusätzlicher Erlös von mehr als 3.000 €/ Jahr möglich.



Überschuss der Photovoltaikanlage und realer Lastgang der Tankstelle

Weitere Untersuchungen dieser Arbeit ergaben, dass durch zusätzliche Modernisierungsmaßnahmen Einsparungen von bis zu 7.000 €/ jährlich möglich sind. Hierzu wurde unter anderem die Umrüstung der Lichtinstallation des Autohauses auf sparsame LED-Lichttechnik untersucht.

Als Ergebnis wird festgestellt, dass durch intelligente Energienutzungskonzepte die Eigenverbrauchsquote und damit die Wirtschaftlichkeit von vergüteten Energie-Erzeugungsanlagen gesteigert werden kann. Weiterhin kann durch einfache Modernisierungsmaßnahmen eine nicht unerhebliche Energiemenge eingespart werden. Dabei lassen sich durch Förderungen bzw. Modernisierungszuschüsse sehr kurze Amortisationszeiten realisieren.

## Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 im Kernkraftwerk Emsland

**Dipl.-Ing. Stefan Frese M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dr. rer. nat. Markus Fendrich
Datum des Kolloquiums:	16. September 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Kernkraftwerke Lippe-Ems GmbH, Lingen



Energie wird in Zeiten von knapper werdender Ressourcen ein immer bedeutenderer Faktor in allen Bereichen des Lebens. Sei es in Privathaushalte oder bei der Herstellung unterschiedlichster Produkte. Somit ist es nur folgerichtig, dass Unternehmen wie auch Privathaushalte verstärkt auf ihren Energieverbrauch achten und diesen in ihr Handeln mit einbeziehen.

In den vergangenen Jahren hat sich die Gesetzeslage zum Thema Energieeffizienz in Europa und natürlich auch in Deutschland entscheidend geändert. Die Europäische Union verfolgt im Bereich der Energieeinsparung ambitionierte Ziele. Die EU-Mitglieder hatten im Jahre 2007 beschlossen den Primärverbrauch bis 2020 um 20 % zu senken. Diese Zielmarke droht die EU derzeit zu verfehlen. Deutschland möchte zudem bis zum Jahr 2022 aus der Kernenergie aussteigen und setzt für die Erreichung dieses Ziels auch auf eine verbesserte Energieeffizienz.

Aus diesem Grund ist gemäß dem ab 1.1.2013 geltenden novelliertem Stromsteuer- und Energiesteuergesetz ein Spitzenausgleich ab 2013 an die Einführung eines Energiemanagementsystems (EnMS) auf Unternehmensebene geknüpft. Dieses soll zur Verbesserung der energiebezogenen Leistung, einschließlich Energieeffizienz, Energieeinsatz und Energieverbrauch führen.

Ziel ist es eine Reduzierung von Treibhausgasemissionen, anderer Umweltauswirkungen sowie Energiekosten zu erreichen. Auch deshalb hat sich die RWE entschieden eine EnMS im Unternehmen zu etablieren. Die Kernkraftwerke Emsland (KLE GmbH) als eigenständige Gesellschaft und als 87,5%ige Tochter der RWE Power hat dabei ein eigenständiges EnMS einzuführen. Diese Masterarbeit hat die Voraussetzungen geschaffen ein EnMS innerhalb der KLE GmbH durch einen unabhängigen Prüfer zertifizieren zu lassen.

Da die Umsetzung dieses Vorhabens einiger Vorbereitungen benötigt, soll eine Auditierung des EnMS erst im Jahr 2015 erfolgen. Die Einführung hat allerdings bereits im Jahr 2013 begonnen. Um dieses auch gegenüber dem Zollamt, welche die Bearbeitung des Spitzenausgleichs vornimmt, geltend zu machen ist es erforderlich, einen Nachweis zu erbringen, dass mit der Einführung eines Energiemanagementsystems nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 SpaEfV begonnen wurde.

Die Anforderungen an die Nachweisführung in der Einführungsphase eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 ergeben sich aus §5 der Verordnung über Systeme zur Verbesserung der Energieeffizienz im Zusammenhang mit der Entlastung von der Energie- und Stromsteuer in Sonderfällen (SpaEfV).

Für die Installation eines EnMS im Unternehmen wurden alle Energiequellen ermittelt, um daraus Energielandkarten als grafische Übersicht zu erstellen. Die Verbräuche dieser Energiequellen werden monatlich erfasst und in einem systematischen Energiebericht aggregiert. Um diese Daten Konzernweit zur Verfügung zu stellen wird der Energiebericht in einer konzernweit genutzten Datenbank hinterlegt. Abbildung 1 zeigt schematisch die Systematik des Energieberichts.

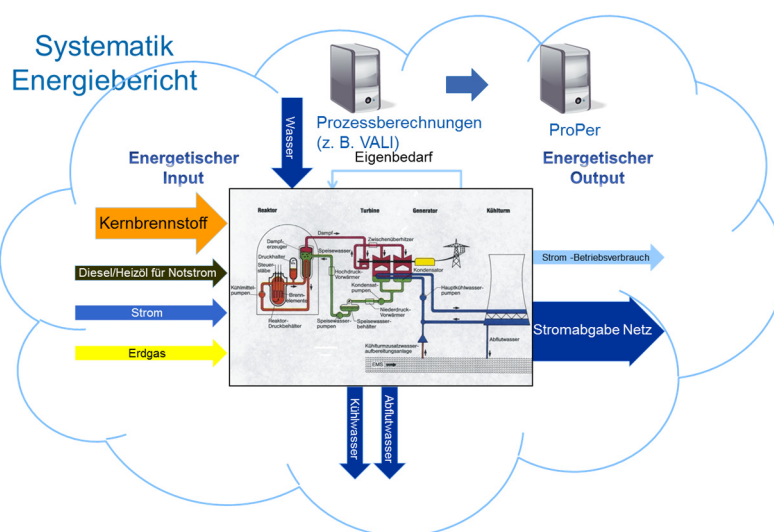


Abb. 1. Schematische Darstellung der Systematik zum Energiebericht

Des Weiteren wurden in der Arbeit noch die Themen Energiepolitik bzw. Energieplanung und eine Kommunikationskonzept zum Energiemanagement behandelt.

Das Ziel dieser Arbeit war es, die KLE GmbH für die Zertifizierung zum EnMS vorzubereiten. Dabei wurden alle bearbeiteten Themen wiederholt mit der DIN EN ISO 50001 gespiegelt und eingeführt. Allerdings bleibt festzuhalten, dass dieses nur ein erster Schritt hin zu einem gut funktionierenden EnMS sein kann.

Die zukünftige Arbeit des Energiemanagementbeauftragten liegt darin, das Managementsystem zu verfeinern, um eine gute Übersicht über den Energieverbrauch des Unternehmens zu ermöglichen. Dabei ist es wichtig spezifische Energieleistungskennzahlen für einzelne Prozesse zu generieren. Diese dienen der Auswertung des Prozesses hinsichtlich der Energieeffizienz. Somit soll eine Auswertung des Prozesses zeigen, ob dieser gleichbleibend ist oder sich verschlechtert und ob eine Möglichkeit besteht diesen zukünftig energieeffizienter zu betreiben. Dabei können auch Benchmarks mit vergleichbaren Prozessen aus vergleichbaren Anlagen hilfreich sein.

## Kombination von Heizungswärmepumpen und Photovoltaikanlagen im Einfamilienhaus

**Björn Fritsche B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Sven Kersten
Datum des Kolloquiums:	23. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Sanitäre Haustechnik
In Kooperation mit:	Energie Agentur NRW, Düsseldorf



Seitdem die Einspeisevergütung für Photovoltaikstrom unter den Strombezugspreis gesunken ist, wird es für die Betreiber von neu errichteten Photovoltaikanlagen zunehmend wichtiger, vom erzeugten Strom möglichst viel selbst zu verbrauchen. Eine elektrisch angetriebene Wärmepumpe stellt einen großen Stromverbraucher dar, mit dem der Eigenverbrauch von Photovoltaikstrom gesteigert werden kann. Da mittlerweile jeder dritte Neubau in Deutschland mit einer Wärmepumpe heizt, die Einspeisevergütungen weiter fallen und der Strompreis steigt, wird großes Potenzial darin gesehen, einen Teil der Antriebsenergie für die Wärmepumpe auf dem eigenen Dach selbst zu produzieren.

Für zwei Einfamilienhäuser – einem unsanierten Altbau und einem Neubau mit KfW-70-Standard – wurde in der Bachelorarbeit untersucht, wie viel Energie eine Wärmepumpe aus Photovoltaikanlagen unterschiedlicher Größe nutzen kann. Dazu wurde für das jeweilige Gebäude eine Luft/Wasser-Wärmepumpe dimensioniert und dessen Betrieb mit der Software „Wärmepumpen-Simulation“ von ETU Hottgenroth Software GmbH & Co. KG über ein Jahr simuliert. Die ausgegebenen Stundenmittelwerte der thermischen Leistung konnten mit einem Excel-Programm in die elektrische Leistungsaufnahme umgerechnet werden.

Indem die sich so ergebenden Lastprofile der Wärmepumpen gemeinsam mit einem Standardlastprofil für den Haushaltsstromverbrauch in das Programm „PV Sol 7.0 Premium“ von Valentin Software GmbH importiert wurden, konnten sie in Kombination mit Photovoltaikanlagen unterschiedlicher Größe und Ausrichtung simuliert werden.

Ebenfalls sollte festgestellt werden, welches Potenzial Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Photovoltaikanlage und Wärmepumpe bieten. Der Trend geht dahin, dass durch intelligente Steuerungen Wärme für die Abendstunden vorproduziert wird, wenn tagsüber ein Überschuss an Photovoltaikstrom vorhanden ist. Diese Wärme kann im Warmwasserspeicher, einem Pufferspeicher und der Raumluft gespeichert werden. Den größten Speicher bietet die Masse des Estrichs, wenn in ihm eine Fußbodenheizung verlegt ist. Um den zeitlichen Rahmen der Bachelorarbeit nicht zu sprengen, wurde sich auf den Warmwasserspeicher beschränkt. Die Zeiten der Warmwasserbereitung wurden mit ei-

nem Excel-Programm an die Zeiten des Stromüberschusses angepasst und erneut mit der PV-Software simuliert.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind vielversprechend. Bei dem neugebauten Einfamilienhaus aus der Fallbetrachtung konnte bis zu einem Drittel des Strombedarfs der Wärmepumpe auf dem eigenen Dach produziert werden. Mit steigendem Heizwärmebedarf nimmt dieser Anteil natürlich ab. Eine gute Gebäudedämmung ist daher ausschlaggebend.

Kommunikationsmöglichkeiten zwischen beiden Systemen können den Autarkiegrad der Wärmepumpe nahezu verdoppeln. Mit steigender Größe der Photovoltaikanlage nimmt der Nutzen einer intelligenten Steuerung zu. Zwar werden derzeit viele Photovoltaikanlagen nach Osten und Westen ausgerichtet, um morgens und abends einen höheren Ertrag zu erreichen, wenn auch am meisten Strom im Haushalt verbraucht wird. In Kombination mit einer Wärmepumpe macht jedoch die klassische Ausrichtung nach Süden mehr Sinn, wie die Ergebnisse gezeigt haben. Das liegt zum einen daran, dass sich die tiefstehende Sonne im Winter kaum mit nach Osten und Westen ausgerichteten Solarmodulen nutzen lässt. Zum anderen produzieren nach Süden ausgerichtete Anlagen zur sonnenintensiven Mittagszeit mehr Strom zur gezielten Warmwasserbereitung.

	6 kWp; Süd; 30° Neigung			10 kWp; Ost/ West; 30° Neigung		
spezifischer Ertrag [kWh/(kWp*a)]	962			784		
Ertrag [kWh/a]	5.772			7.840		
	Haushalt	mit WP	optimiert	Haushalt	mit WP	optimiert
<b>Bestand</b>						
Eigenverbrauch [kWh/a]	1.987	2.689	3.050	2.191	3.061	3.641
Eigenverbrauchsanteil [%]	34,8	47,1	53,4	27,9	39,0	46,6
WP gedeckt durch PV [%]		5,5	8,3		6,8	11,4
<b>Neubau</b>						
Eigenverbrauch [kWh/a]	1.987	2.509	2.944	2.191	2.820	3.495
Eigenverbrauchsanteil [%]	34,8	43,9	51,0	27,9	36,0	44,6
WP gedeckt durch PV [%]		13,0	23,9		15,7	32,5

## Eine theoretische Gegenüberstellung zwischen latenten und sensiblen Wärmespeichersystemen anhand eine Excel Kalkulations-Tools

**Florian Füssner B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Dipl.-Ing. Christian Matzker

Datum des Kolloquiums:

10. September 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Sinusverteiler GmbH, Wettringen



Die Firma Sinusverteiler GmbH ist als ein führender Hersteller von Hydraulischen Weichen, Verteilern, Pufferspeichern und weiteren Komponenten für die Heizungs- und Klimatechnik an alternativen Wärmespeichersystemen interessiert. Eine Möglichkeit zur Speicherung von thermischer Energie kann neben dem Einsatz von klassischen sensiblen Ladespeichern, der Einsatz von Latentwärmespeichern sein.

Ein solcher Speicher könnte aus einem Stahlbehälter bestehen, in welchen PCM gefüllt wird. Der Speicher soll, wie ein klassischer Ladespeicher, in eine Heizungs- oder Kälteanlage integriert werden.

Ziel der Arbeit war es zunächst, die bisherigen technischen Anwendungen von Latentwärmespeichern aufzulisten sowie zu erläutern. Im Anschluss wurde ein Excel- Kalkulations- Tool entwickelt, mit Hilfe wessen man mögliche Latentwärmespeicher simulieren und beurteilen kann. Das Tool zeigt die Verläufe der Speichertemperaturen, der Be- und Entladeleistung sowie der insgesamt gespeicherten oder abgerufenen Wärmeenergie auf. Außerdem errechnet das Tool einen Speicherfaktor, welcher wiederspiegelt, wie viel mehr Wärmeenergie ein Latentwärmespeicher gegenüber einem sensiblen Wärmespeicher speichern kann.

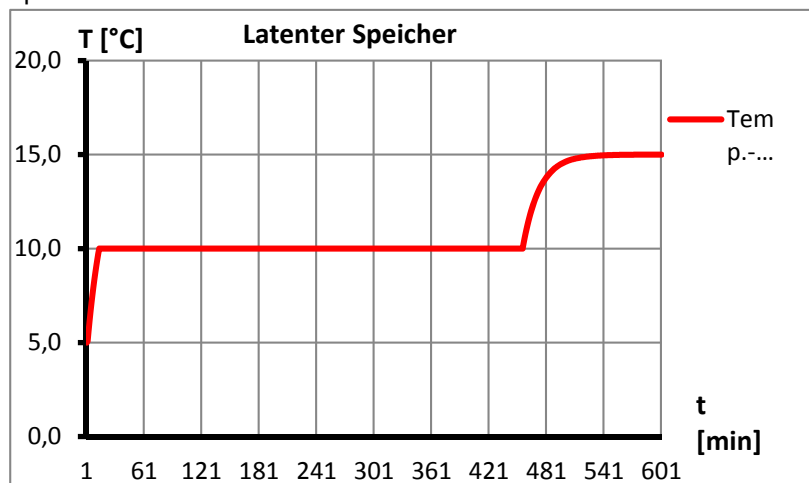


Abb.1: Verlauf der Speichertemperatur eines Latentwärmespeichers bei konstanter Leistungszufuhr



Eine grundlegende Erkenntnis der Arbeit ist, dass der Speicherfaktor maßgeblich von der Temperaturdifferenz abhängig ist. Je geringer diese ist, desto stärker fällt der Speicherfaktor zugunsten eines Latentwärmespeichers aus. Hierdurch bin ich zu der Erkenntnis gekommen, dass solche Speicher besonders für Kälteanlagen von Interesse sein können, da bei Kälteanlagen in der Regel eine geringe Temperaturspreizung vorliegt. Darum wurde im weiterem ein Latentwärmespeicher in Verbindung mit einer Kältemaschine untersucht. Hierbei wurde ersichtlich, dass die Taktfrequenz der Kältemaschine deutlich reduziert werden könnte. Außerdem ließe sich der Latentwärmespeicher deutlich kleiner dimensionieren. Ein klassischer sensibler Ladespeicher müsste ein vier Mal so großes Volumen aufweisen. An dieser Stelle wird somit ein weiterer Vorteil eines Latentwärmespeichers erkennbar

Als Fazit wurde abschließend festgehalten, dass Latentwärmespeicher besonders in der Kältetechnik und in Verbindung mit regenerativen Energieerzeugern von großem Vorteil sein können und somit ein hohes Potential besitzen, welches noch lange nicht ausgeschöpft ist.

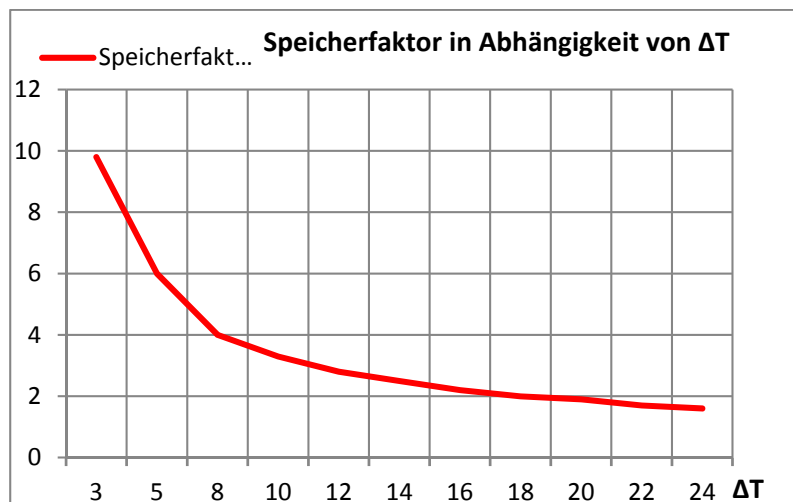


Abb.2: Speicherfaktor in Abhängigkeit von der Temperaturdifferenz

## Energetische Untersuchung eines Büroneubaus mit zentraler raumlufftechnischer Anlage und Kühldecken mittels thermisch energetischer Gebäude- und Anlagensimulation

**Shiyi Gao M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	27. März 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Raumluff- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	AL-KO THERM GmbH, Jettingen-Scheppach



Das zweigeschossige Gebäudeteil der Firma AL-KO, das „AL-KO Technologiezentrum“, wurde als Simulationsobjekt in DesignBuilder gemäß den Angaben vom Planungsbüro erstellt und die Wärme- und Kühlleistung bestimmt. Die Simulations-berechnungen wurden dann bei verschiedenen Parametereingaben durchgeführt. Die zahlreichen Vorteile des Simulationsprogramms (z. B. Flexibilität und „easy to use“) konnten im Laufe der Bearbeitung und der Simulationen des Gebäudemodells gut genutzt werden.

Die Simulation mittels DesignBuilder wurde zur Untersuchung der Machbarkeit der freien Kühlung mit Außenluft im Sommerbetrieb durchgeführt. Dazu wurden die RLT-Anlagen mit Designvolumenstrom sowie halbiertem und doppeltem Volumenstrom betrieben. Es konnte gezeigt werden, dass die freie Kühlung bei verdoppeltem Außenluftvolumenstrom die Möglichkeit bietet, große Mengen (ca. 13.000 kWh) an Strom pro Jahr im Vergleich zur jetzigen Auslegung einzusparen. Genauer gesagt, wenn der Bauherr eine größer überdimensionierte RLT-Anlage erstellt, die zur freien Kühlung genug Volumenstrom fördern kann, könnte die freie Kühlung einen erheblichen Beitrag zur Kühlung liefern. In wieweit diese Investitionssteigerung durch die Energieeinsparung kompensiert wird, muss allerdings untersucht werden. Anschließend wurde der Einfluss verschiedener spezifischer Ventilatorleistungen auf das Einsparungspotenzial der freien Kühlung analysiert. Die ersparten Strommengen verringern sich bei der Erhöhung der spezifischen Ventilatorleistung von 25.000 kWh (bei 900 W/(m<sup>3</sup>/s)) auf 1500 kWh (bei 1600 W/(m<sup>3</sup>/s)). Ab ungefähr 2000 W/(m<sup>3</sup>/s) bringt die freie Kühlung keine Leistung mehr zur Energieeinsparung.

Die hier aufgezeigten Ergebnisse können nicht pauschalisiert werden, da sie sich auf ein konkretes Gebäude beziehen. Allerdings konnte in dieser Arbeit aufgezeigt werden, dass der zunächst wirtschaftliche Ansatz durch Außenluft zu kühlen verschwindet, wenn die Druckverluste und damit die Ventilatorleistungen der RLT-Anlage zu hoch werden. Hier sind primär Kanalnetz und RLT-Komponenten als relevante Druckverlustezeuger zu nennen.

## Entwicklung einer Regelstrategie für eine innovative Verdunstungs-Kühleinheit mit Wärmerückgewinnung und energetischem Monitoring anhand Binärer Beobachter

**Nils Glasmeier B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Klaus Wulkotte
Datum des Kolloquiums:	14. August 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Kampmann GmbH, Lingen



Im Rahmen einer lange währenden, notwendigen Diskussion zum Thema „Energie sparen“ gibt die Energieeinsparverordnung (EnEV) eine immer dichter werdende Gebäudehülle vor. Um eine gute Raumluftqualität zu erreichen, ist eine Lüftungsanlage unverzichtbar. Bisherige Lüftungsanlagen mit Kühlfunktion setzten dabei meist auf Kältemaschinen. Diese besitzen ein umweltschädliches Kältemittel und haben einen hohen Stromverbrauch.

Eine Alternative zu den Kältemaschinen ist die sogenannte adiabate Verdunstungskühlung. Sie kann z.B. in Bürogebäuden, oder Produktionshallen effizient eingesetzt werden. Dadurch, dass kein zusätzlicher Strom benötigt wird, um das Wasser zu verdunsten, werden CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, eine Regelstrategie zu entwickeln, die die Aktoren des Systems gezielt steuern um so eine möglichst hohe Effektivität der Verdunstung und dessen Aufrechterhaltung gewährleisten zu können. Diese Regelstrategie soll später in der Software von Produkten, in denen der Wärmetauscher eingebaut ist, hinterlegt werden und in der Praxis so funktionieren. Zur Überprüfung der energierelevanten Kennwerte wurde ein Monitoring durchgeführt.

Anhand einer Simulations-Box wurde diese Strategie getestet und Prüfprotokolle angefertigt. Nach erfolgreichen Tests wurde diese dann in die Versuchsanlage programmiert und das Monitoring mit Hilfe einer Messdatenerfassungssoftware durchgeführt. Die Versuchsanlage war ein internes Lüftungsgerät der Firma Kampmann. Eigens für das Monitoring und andere Tests wurden in dieser Anlage Simulationswärmetauscher in der Abluft und Außenluft installiert, um bestimmte Temperaturen in den jeweiligen Luftführungen zu simulieren. Das Ergebnis des Monitorings ergab, dass die entwickelte Regelstrategie erste positive Ergebnisse zeigten. Für eine allgemein gültige Anwendung müssten allerdings noch weitere Tests über einen längeren Zeitraum erfolgen.

**Yannick Göhner B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Hans- Helmut Erfurth
Datum des Kolloquiums:	19. Februar 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelt- technik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Labor für Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	IFZW GmbH, Zwickau und ERWU GmbH, Kamsdorf



Mit dieser Untersuchung sollte festgestellt werden, ob und wie sich die Energieeffizienz eines Verbrennungsofens mithilfe von Abwärmenutzung steigern lässt. Dabei handelt es sich nicht um beliebige Verbrennungsofen, sondern speziell um Kremationsöfen. Die Firmen IFZW und ERWU kooperieren seit Jahren im Bereich des Kremationsanlagenbaus.

Rechnerisch betrachtet ist der Prozess der Kremation für eine anschließende Abwärmenutzung gut geeignet. Die bei der Kremation entstehenden Abgase müssen heruntergekühlt werden, bevor Sie einen Filter durchlaufen und an die Umgebung abgegeben werden können. Der Prozessschritt des Herunterkühlens des Abgases ist der Punkt an dem eine Abwärmenutzung angekoppelt werden soll.

Der Kühlvorgang des Abgases geschieht in einem Rohrbündelwärmetauscher mit angeschlossenem Wasser- Glykol Kühlkreislauf. Hierbei heizt sich der Kühlkreislauf auf ca. 80°C auf. Dieses Temperaturniveau ist ausreichend für eine Gebäudeinterne Heizungsunterstützung. Um weitere Möglichkeiten der Weiterverwendung der Abwärme zu erschließen, ist ein höheres Temperaturniveau von Nöten.

Die Realisierung eines höheren Temperaturniveaus erfordert die Einbindung eines Thermoölkreislaufes. Thermoöle sind Arbeitsmedien die sich auf Temperaturen bis 350°C erhitzen lassen und dabei nahezu drucklos bleiben. Mit der Einbindung eines solchen Kreislaufes zusätzlich zu dem normalen Wasser- Glykol Kühlkreislauf als Sicherheit, können weitere Möglichkeiten zu Abwärmenutzung in Betracht gezogen werden.

Es bieten sich die drei Möglichkeiten, neben der direkten Wärmenutzung noch Kälte und Strom aus der überschüssigen Wärme zu erzeugen. Obwohl die Weiterverwendung der Wärme nahe liegt, ist der Fokus auf die Stromerzeugung gelegt aufgrund der kontinuierlicheren Nachfrage über das ganze Jahr.

Die Kälteerzeugung ist keine Option, weil die zu erwartenden Temperaturen nicht Gebäudeintern z.B. für das Kühlhaus genutzt werden können. Als ganzjährig nutzbare Option bleibt also nur die Stromerzeugung.

Realisiert werden soll die Stromerzeugung mittels einer Wärmekraftmaschine, die mit dem Organic Rankine Cycle arbeitet. Vom Kreislauf her ist der ORC-Prozess ähnlich dem Clausius-Rankine Prozess in herkömmlichen Dampfkraftwerken, jedoch wird bei dem ORC-Prozess kein Wasser sondern ein organisches Arbeitsfluid eingesetzt. Das organische Arbeitsfluid hat den Vorteil bei niedrigeren Temperaturen und geringeren Drücken zu Sieden und den Prozess anzustoßen.

Technisch ist die Möglichkeit gegeben Abwärme nutzbar zu machen, wirtschaftlich lohnt sich die genauere Planung nur bei Krematorien die mehrere Öfen betreiben und dementsprechend ein hohes Abwärmepotenzial haben.

Als anschließende Untersuchung bieten sich die Auslegung des Thermoölkreislaufes und die genaue Wahl der Wärmekraftmaschine nebst Arbeitsmedium an.

## Geschäftsprozessoptimierung durch den Einsatz der agilen Management-Methoden Scrum und Kanban am Beispiel der TIGEV Energie GmbH

**Christian Große-Wöstmann M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr. Frank Striwe
Zweitprüfer:	Prof. Dr. Markus G. Schwering
Datum des Kolloquiums:	29. Januar 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Institut für Technische Betriebswirtschaft (ITB)
In Kooperation mit:	TIGEV Ingenieurgesellschaft mbH, Münster



85 Prozent der Gründe für unternehmerische Misserfolge, die aufgrund enttäuschter Kundenerwartungen entstehen, sind auf System- und Prozessmängel zurückzuführen.

Das Bewältigen von Managementaufgaben erfordert den Einsatz geeigneter Methoden, um die Erwartungen des Kunden zu erfüllen. Der Schlüssel zu einem langfristigen Erfolg basiert auf funktionierenden Geschäftsprozessen, Transparenz und einer Unternehmens- und Wissenskultur kontinuierlicher Verbesserungen.

Die TIGEV Energie ist Dienstleistungsanbieter im energiewirtschaftlichen Tätigkeitsfeld der Energiebeschaffung, Energieberatung, der Entwicklung von Energiekonzepten bis hin zu Energiemanagement und Energiecontrolling. Bei der Erstellung von Dienstleistungen, wie auch bei der Abwicklung komplexer Projekte, wie der Entwicklung einer Software kommt dem Faktor Mensch dabei eine zentrale Rolle zu.

Im Rahmen der Geschäftsprozessoptimierung als wesentliche Disziplin des Geschäftsprozessmanagements besteht ein ganzheitliches Konzept zur Steigerung von Effektivität und Effizienz in Unternehmen. Dadurch können höchste Qualitätsstandards erreicht sowie die Zufriedenheit von Kunden und Mitarbeitern langfristig erhöht werden.

Methoden wie Scrum und Kanban haben das Potential diesen hohen Ansprüchen gerecht zu werden. Scrum wird seit den 1990er Jahren als Prozessrahmenwerk bei der Entwicklung komplexer Produkte eingesetzt. Kanban, das 1947 bei Toyota in Japan als System zur Planung und Steuerung der Produktion entwickelt wurde kann nach einigen Anpassungen als eine Methode der selbststeuernden Produktion nach dem Pull-Prinzip auch für die Steuerung der Projektarbeit im Dienstleistungsbereich eingesetzt werden.

Sowohl bei Scrum als auch bei Kanban steuert das Team den Arbeitsfluss selbstorganisierend. Scrum und Kanban sind Team-Prozesse, die gemäß dem Prinzip des kontinuierlichen und erfahrungsgestützten Verbesserungsprozesses nach Kaizen agieren. Sie fordern das Eingehen auf Änderungen gegenüber dem reinen Verfolgen eines Planes. Beide Methoden sind agile Prozesswerkzeuge, die einen Ablauf-

rahmen (Framework) vorgeben, der es ermöglicht effektiver zu arbeiten.

Mit dem Wort „agil“ ist unter anderem eine schrittweise (iterative) und abschnittsweise (inkrementelle) Vorgehensweise zur Erstellung von Produkten und Dienstleistungen gemeint. Agiles Projektmanagement ist umfang – und (kunden-)nutzenorientiert.

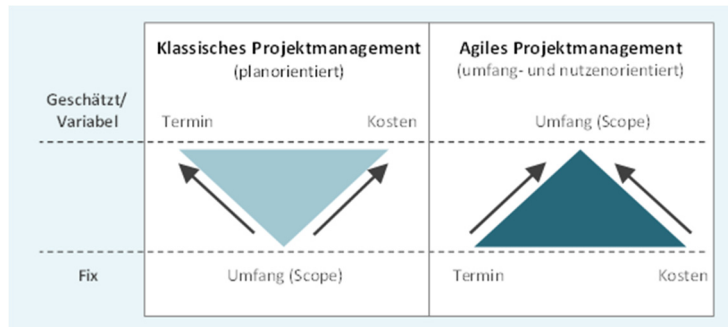


Abb. 1 Klassisches vs. agiles Projektmanagement

Die dazu erforderliche Agilität ist jedoch entscheidend von der Initiative der Mitarbeiter, ihren Fähigkeiten und ihrem Wissen abhängig. Das Ergebnis ist ein „agiles Prozessregelwerk“, welches Beweglichkeit und Freiraum schafft, dabei erforderliche Regeln vorgibt, jedoch immer eine schnelle Übersetzung von Mitarbeiterinitiativen in konkrete Aktivitäten erlauben soll. Dabei ist die Wichtigkeit einer funktionierenden Kommunikation eine entscheidende Größe.

Die Einführung agiler Methoden, wie in der Masterarbeit behandelt und später in der Praxis umgesetzt, kann nach dem Ansatz der Geschäftsprozessoptimierung als Verbesserungsprojekt betrachtet werden, wobei die Umsetzung eine kontinuierliche Wirkung anstrebt.

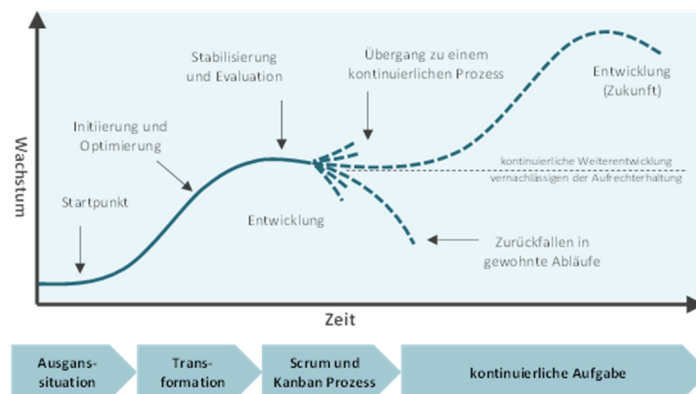


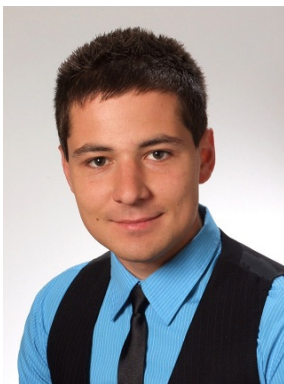
Abb. 2 Kontinuierliche Verbesserung als kontinuierliche Aufgabe

Wie genannt sind es die Prozesse und nicht die Menschen, die es zu verändern gilt, während der Mensch jedoch der entscheidende Faktor ist, der die Veränderung herbeiführt und aufrechterhält. Es ist von dem Individuum innerhalb des Systems selbst abhängig, ob und wie das System funktioniert.

## Messtechnische und numerische Untersuchung von Design-Lüftungsventilen der Braugruppe Ventil One 100 und Ventil One Plus 100

**Andre Grote M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Peter Hollenbeck M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	13. Februar 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Raumluft- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	tecanno, Triftweg 3, 33106 Paderborn



Im Vergleich zum damaligen Ingenieuralltag hat sich einiges geändert. Durch immer fortschrittlichere Rechenleistungen der heutigen PCs stehen den heutigen Ingenieuren leistungsfähige Werkzeuge für Forschung und Entwicklung zur Verfügung. Ein Teil davon beschäftigt sich mit der numerischen Strömungssimulation. Heutzutage ist es möglich, auch komplexe Rechenvorgänge in relativ kurzer Zeit zu lösen.

Die numerischen Strömungssimulation wird heute nicht nur die Luft- und Raumfahrt genutzt, sondern Dank der Verfügbarkeit leistungsfähiger und kostengünstiger PCs auch in der Automobilindustrie, im Bauingenieurwesen oder in der Verfahrenstechnik. Dazu können Anwendungen wie das Umströmen von KFZ, Flugzeugen, Schiffen oder Rotorblätter, aber auch die Innenströmung von Gebäuden zählen, wie zum Beispiel die Ausbreitung von Wärme oder Schadstoffe in den durchströmten Räumen.

Mit Hilfe verschiedener Programme wird versucht, diese Strömungen hinreichend genau zu berechnen. Bereits in den frühen Entwicklungsstufen neuer Bauteile können Optimierungen an der Geometrie vorgenommen werden und neu berechnet werden, ohne einen neuen Prototypen zu bauen. Die Anpassung der Geometrie erfolgt lediglich an der CAD-Zeichnung und bietet daher wesentliche Vorteile im Zuge der Geschwindigkeit und Umsetzbarkeit. Mit wenigen Mausklicks kann eine Kontur so angepasst werden, dass sie wesentlich strömungsgünstiger ist.

In dieser Arbeit sollten die Ventile One 100 und One Plus 100 numerisch untersucht und anhand von zuvor durchgeführten Messungen validiert werden. Zu diesem Zweck wurde ein Versuchsstand errichtet. Dieser bestand aus einer großen Holzplatte, in die die Ventile nacheinander eingebaut und gemessen wurden. Die Messung des Volumenstroms erfolgte über ein Flügelradzähler und der Geschwindigkeit mittels Hitzdrahtanemometer. Der Flügelradzähler wurde vor dem Versuchsbeginn noch mit einem Turbinenradzähler kalibriert. Mit einem Hitzdrahtanemometer wurden die Geschwindigkeiten punktuell auf der vermuteten Lage der Strahlachse der Ventile in mehreren Ausströmpositionen bei zwei unterschiedlichen Volumenströmen gemessen.



Diese Geschwindigkeiten sollten anhand von Simulationen nachgestellt werden.

Die Simulationen erfolgten im Anschluss mit der Open Source-Bibliothek OpenFOAM. Zu diesem Zweck wurden die dreidimensionalen CAD-Geometrien eingelesen und ein Gitter erzeugt. Dieses Gitter bildete das Strömungsgebiet um die Geometrie. Im Anschluss wurden unter anderem die verschiedenen Randbedingungen und Turbulenzmodelle eingestellt. Diese Einstellungen erforderten eine gründliche Ausarbeitung, da diese einen direkten Einfluss auf die Ergebnisse hatten.

Um im Nachgang die Simulationsergebnisse mit den Messwerten vergleichen zu können, war es nötig, die Simulationsergebnisse an den Positionen auszuwerten, an denen gemessen wurde. Da die Messwerte nahezu auf einer Geraden gemessen wurden, wurde diese ebenfalls zur Auswertung der Ergebnisse genutzt. Auf dieser wertete das Programm die Daten aus und es konnten Diagramme erstellt werden.

Der Vergleich der Daten ergab, dass diese in einigen Punkten nicht mit den Messwerten übereinstimmen. Diese Unstimmigkeit kann viele Gründe haben, zum Beispiel wurde die Lage der Strahlachse für die Messung in Verbindung mit Toleranzen in der Aufhängung und die draus resultierende Geometrieänderung im Ventil falsch vermutet. Um dies optisch beurteilen zu können, wurde ebenfalls ein Rauchversuch durchgeführt. Der qualitative Vergleich zeigt, dass die simulierten Strömungen die Realität optisch gut entsprechen. Der quantitative Vergleich der Ergebnisse zeigt jedoch, dass die in der Arbeit durchgeführten Messungen nicht exakt nachgebildet wurden und die Abweichung der Messung zur Simulation bei steigendem Volumenstrom zunahm.

Somit kann auch bei nicht übereinstimmenden Messwerten die Aussage getroffen werden, dass die Simulation den prinzipiellen Verlauf der Strömung in der Realität wiedergeben kann.

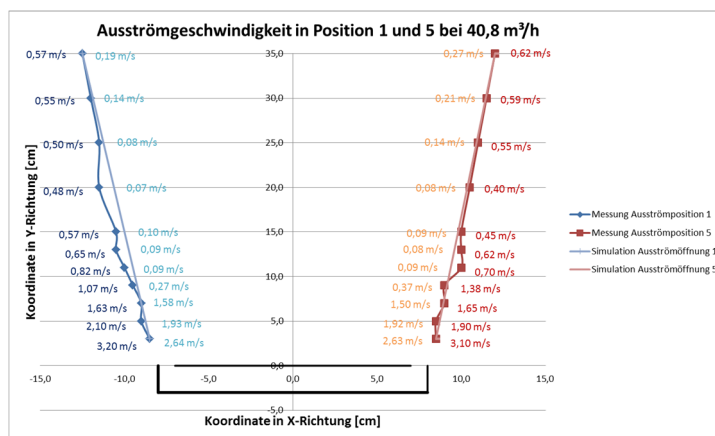


Abbildung 6: Beispiel einer Simulation des Ventils One Plus 100

## **Olfaktometrische Bestimmung der Geruchsemissionen von Gras- und Maissilagen auf Biogasanlagen und Abschätzung der Fahnenreichweite im Winterzeitraum**

**Christoph Grotholtmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl. Phys. Ing. Frank Müller
Datum des Kolloquiums:	26. Juni.2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Immissionsschutz und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Uppenkamp und Partner, Ahaus



Die Geruchsemissionsfaktoren von Mais- und Grassilagen auf Biogasanlagen sind ein wichtiger Bestandteil bei der Erstellung von Immissionsprognosen für Biogasanlagen. In der VDI 3894 Blatt 1 sind u. a. die aktuellen Geruchsemissionsfaktoren für Silagen aufgelistet.

Derzeit wird die Anwendbarkeit der in der VDI 3894 Blatt 1 genannten Geruchsemissionsfaktoren von Silagen auf Biogasanlagen diskutiert. In Fachkreisen wird davon ausgegangen, dass die angegebenen Geruchsemissionsfaktoren für Mais- und Grassilagen in dieser VDI-Richtlinie zu gering sind. Aufgrund dessen wird die VDI 3894 Blatt 1 derzeit überarbeitet. Es ist davon auszugehen, dass in der überarbeiteten Fassung höhere Geruchsemissionsfaktoren für Mais- und Grassilagen genannt werden.

Die im Rahmen dieser Bachelorarbeit durchgeführte Messkampagne soll zur Abschätzung der Geruchsemissionsfaktoren von Mais- und Grassilage dienen, um Aussagen zu den vorgenannten Punkten treffen zu können.

Insgesamt wurden während der Messkampagne mit Hilfe einer aktiv belüfteten Probenahmehaube 106 Proben an drei Maissilagen und einer Grassilage genommen. Anschließend wurden die Proben in einem Geruchslabor olfaktometrisch ausgewertet. Die Ergebnisse der emissionsseitigen Geruchsmessungen wurden den Literaturwerten gegenübergestellt. Des Weiteren wurde untersucht, wie sich das Abklingverhalten der Geruchsemissionen bewegter Silage in einem Zeitraum von 2,5 Stunden verhält. Zudem wurde die Fahnenreichweite einer Maissilage anhand von zwei Fahnenbegehungen abgeschätzt. Sowohl die emissionsseitigen als auch die immissionsseitigen Geruchsmessungen wurden nach den Vorgaben der einschlägigen Richtlinien durchgeführt.

Die ermittelten Geruchsemissionsfaktoren der ruhenden Maissilage stimmen mit den in der Literatur angegebenen Werten überein. Die Geruchsemissionsfaktoren der ruhenden Grassilagen weichen jedoch um den Faktor 3,5 von den Literaturwerten ab. Die im Rahmen dieser Messkampagne ermittelten Geruchsemissionsfaktoren für bewegte Silagen überschreiten die Literaturwerte um ein vielfaches. Aufgrund

dieser Erkenntnis erscheint es durchaus als sinnvoll, die in der aktuellen Literatur genannten Geruchsemissionsfaktoren für Mais- und Grassilage entsprechend anzupassen. Die Gründe der zum Teil starken Abweichungen sind vielseitig. Der Hauptgrund liegt aber darin, dass es sich bei den Literaturwerten ausschließlich um Konventionenwerte handelt, denen keine Messwerte zugrunde liegen.

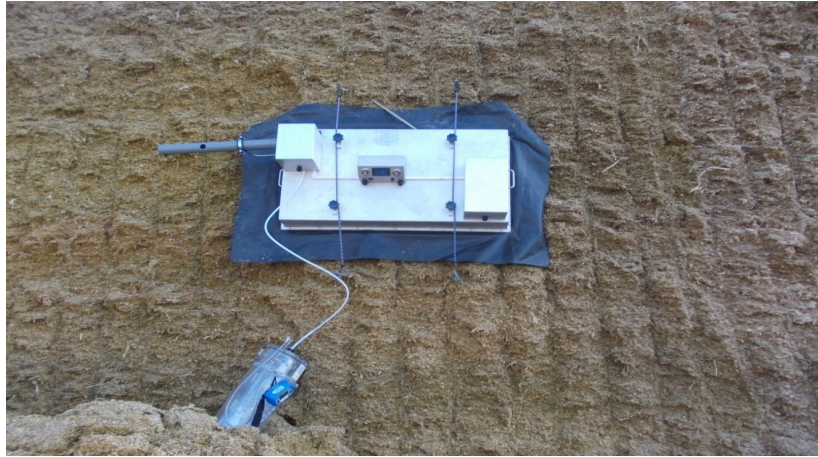


Abb. 1: Probenahme an der Anschnittfläche einer Maissilage

Neben den Emissionsmessungen der ruhenden und der bewegten Silagen wurde das Abklingverhalten der Geruchsemissionen von Mais- und Grassilage auf Biogasanlagen untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Geruchsintensität der bewegten Silagen bereits nach wenigen Minuten stark abnimmt und sich nach einer Zeit von 2,5 Stunden den Geruchsemissionen der ruhenden Silage bereits sehr angenähert hat.

Am Ende der Messkampagne wurden Fahnenbegehungen auf einer Biogasanlage zur Abschätzung der Fahnenreichweite der Geruchsemissionen einer Maissilage durchgeführt. Anhand der ermittelten Fahnenreichweiten ist davon auszugehen, dass spätestens in einem Abstand von 200 m zur Anschnittfläche die Gerüche der Maissilagen nicht mehr wahrnehmbar sind.

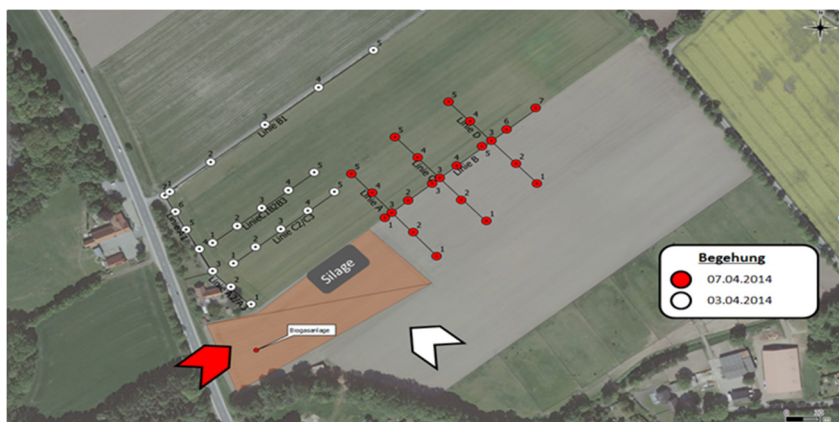


Abb. 2: Schnittliniendarstellung der Fahnenbegehung

## Modellanalyse von Veränderungen im Übertragungsnetz - Abschätzung der Auswirkung auf die Kurzschlussfestigkeit der betrachteten Laufwasserkraftwerke der Sparte Wasserkraft der RWE Power AG

**Leon Grothues B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Dipl.-Ing. Joachim Zucket

Datum des Kolloquiums:

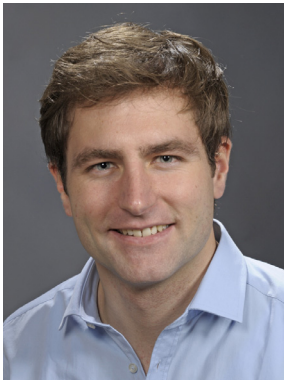
10. September 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

RWE Power AG, Huysenallee 2, 45128 Essen



Der Rückgang konventioneller Stromerzeugung und der zunehmende Ausbau von fluktuierenden regenerativen Quellen führen zum Wandel der Netzstruktur. Spätestens mit dem Inkrafttreten des ersten Erneuerbaren Energien Gesetzes im Jahr 2000 und der somit politisch festgelegten Energiewende in Deutschland bekommt diese Entwicklung zunehmend an Dynamik. Gegenüber dem Auslegungszeitpunkt vieler RWE-Laufwasserkraftwerke hat sich die Netzstruktur gegebenenfalls so stark verändert, dass die Kurzschlussfestigkeit der Mittelspannungsschaltanlagen überprüft werden soll.

Mögliche auftretende, hohe Kurzschlussströme in den Mittelspannungsschaltanlagen sind schwierig zu schalten und stellen nicht nur Gefahr für Mensch und Tier dar, sie können auch erhebliche Schäden an Anlagen und Komponenten verursachen. Kurzschlussströme und die damit zusammenhängenden Produktionsausfälle sind daher zu vermeiden. Der Betriebsausfall und die folgende Instandsetzung der Anlage nach einem Kurzschluss sind aufgrund ausbleibender Produktion und Vergütung ökonomisch unvorteilhaft. Durch schwerwiegende Beschädigungen innerhalb der Anlage können außerdem hohe zusätzliche Kosten auf den Betreiber zukommen. Um diese unnötigen Kosten zu vermeiden, ist es sinnvoll die Anlage regelmäßig zu überprüfen und mögliche Kurzschlussströme von vornherein zu verhindern. Kommt es dennoch zu einem Fehlerfall, gilt es den Kurzschlussstrom zu begrenzen und abzuschalten. Anlagen sollten regelmäßig geprüft, mögliche Kurzschlussströme von vornherein verhindert und diese, falls doch, im ungünstigsten Fall bestimmt werden.

Um die einzelnen Laufwasserkraftwerke und die maximal auftretenden Kurzschlüsse analysieren und bestimmen zu können, müssen zunächst die regionalen Strukturen der Erzeugungsgebiete aufgearbeitet werden. Dafür werden folgende Punkte näher untersucht:

- Aktuelle Netzstruktur des Hoch- (110 kV) und Höchstspannungsnetzes (380/220 kV)
- Anschlusssituation der zu untersuchenden Laufwasserkraftwerke
- Anbindung von regenerativen Quellen

- Geplanter und zukünftig möglicher Netzausbau
- Zu- und Rückbau von Kraftwerkskapazitäten

Aus den Ergebnissen der Analyse entsteht ein fundierter Datensatz, der in die Netzsimulationssoftware INTEGRAL 7 eingebunden wird. Kurzschlussströme werden mithilfe dieser Software nach VDE 0102 simuliert und anschließend ausgewertet. Die Kurzschlussfestigkeit der Kraftwerke wird mit einem „Ampel-Cluster“ bzw. den Farben Orange, Gelb und Grün bewertet und hervorgehoben. Anlagen bei denen die Auslegung grenzwertig erscheint, werden so identifiziert. Die Laufwasserkraftwerke mit ungenügender Kurzschlussfestigkeit werden weiterhin genauer untersucht. Dabei werden allgemeine und spezifische Lösungsansätze zur Kurzschlussstrombegrenzung aufgezeigt.

## Möglichkeiten der Elimination prioritärer Stoffe in der Kläranlage Stadtlohn

**Kai Harmjanßen B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Manfred Rummmler
Datum des Kolloquiums:	23. April 2014
Studium:	Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik - Wasser, Abwasser, Abfall und Immissionsschutz
In Kooperation mit:	Ingenieurbüro Rummmler + Hartman GmbH, Havixbeck



Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden mit möglichen Verfahren zur Elimination prioritärer Stoffe auf der Kläranlage Stadtlohn untersucht.

Nach der einleitenden Darstellung der Ziele und des Untersuchungskonzeptes erfolgte eine Definition der prioritären Stoffe. Es ist deutlich geworden, dass nicht nur die aufgezählten prioritären Stoffe der WRRL ein Problem für Kläranlagen und die aquatische Welt darstellen. Alle Mikroverunreinigungen, die grundsätzlich durch herkömmliche Reinigungsstufen einer Kläranlage nicht behandelt werden, sollten durch eine weitergehende Reinigungsstufe aus den Kläranlagen und somit im Wesentlichen auch aus dem Wasserkreislauf entfernt werden.

Nach der Vorstellung der Kläranlage Stadtlohn wurde eingehend auf die Ergebnisse der Spurenstoffanalyse im Ablauf der Kläranlage eingegangen. Es zeigte sich, dass die Kläranlage Stadtlohn im Vergleich zu anderen Kläranlagen teilweise bedenklich hohe Ablaufwerte aufweist. Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse der gemessenen 24 Stoffe, dass die herkömmlichen Reinigungsstufen der Kläranlage Stadtlohn nicht ausreichen, um Spurenstoffe zu eliminieren.

Alle Bedingungen, die zu einer Verschlechterung der Oberflächengewässerwerte führen, sind künftig zu vermeiden. Es liegt nahe, dass auch die Kläranlage Stadtlohn ihre Ablaufwerte in naher Zukunft verbessern muss. Eine weitergehende Abwasserreinigung ist mit großer Wahrscheinlichkeit in absehbarer Zeit umzusetzen. Dies könnte mit Hilfe einer vierten Reinigungsstufe verwirklicht werden.

Im Laufe der Recherche zeigte sich, dass auf die Adsorption mittels Aktivkohle ein häufig eingesetztes Verfahren zur Spurenstoffelimination ist. Da die Kläranlage Stadtlohn nicht über eine Sandfiltration verfügt und sich durch die Behandlung mit Pulveraktivkohle (PAK) mehr Vorteile ergeben, wurde nicht weiter auf die Behandlung mittels granulierter Aktivkohle (GAK) eingegangen. Alle wesentlichen Merkmale der PAK-Adsorption wurden aufgezeigt und analysiert. Neben der Vorstellung verschiedener Pulveraktivkohlen erfolgte die Darstellung unterschiedlicher Verfahrenskombinationen. Auch auf die Frage, ob Fäll- sowie Flockungshilfsmittel verwendet werden sollten, wurde näher eingegangen. Es zeigte sich, dass die zusätzliche Zugabe von Flo-

ckungshilfsmitteln bei der PAK-Adsorption keinen großen Nutzen aufweist. Aus diesem Grund spielten die Flockungshilfsmittel für die weitere Bearbeitung der Bachelorarbeit keine Rolle mehr. Schließlich wurden die vorgeschlagenen Verfahren zur PAK-Abscheidung auf ihre Eignung überprüft. Es wurde deutlich, dass sich die PAK-Adsorption mit nachgeschalteter Tuchfiltration als die vorteilhafteste Lösung darstellt.

Neben der PAK-Adsorption wurde auf die Ozonierung näher eingegangen, um ein anderes gängiges Verfahren zur Spurenstoffelimination vorzustellen. Auch hier fand eine Beurteilung möglicher Verfahrenskombinationen statt. Die meisten Vorteile ergaben sich bei der Kombination einer Ozonierungsstufe mit nachgeschalteter Dyna-Sandfiltration. Hierdurch besteht die Möglichkeit das ozonbehandelte Abwasser weitergehend zu reinigen. Neben dem geringfügigen Spurenstoffabbau ist der Dyna-Sandfilter dazu in der Lage die für die Abwasserabgabe relevanten Parameter zu reduzieren. Dies ist insofern interessant, da die Ozonierung diese Parameter lediglich geringfügig verringert.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden vier Verfahren zur PAK-Adsorption sowie ein Verfahren zur Ozonierung vorgestellt und verglichen. Im Einzelnen handelt es sich um die folgenden Varianten:

Variante 1:

PAK-Adsorption im Kontaktbecken mit anschließender Sedimentation und Filtration mittels Tuchfilter

Variante 2a:

PAK-Adsorption im Kontaktbecken mit anschließender Filtration mittels Tuchfilter

Variante 2b:

PAK-Adsorption im Kontaktbecken mit anschließender Filtration mittels Tuchfilter und Rezirkulation der Kohle in die Belebungsbecken

Variante 3:

PAK-Adsorption im Belebungsbecken mit anschließender Filtration mittels Tuchfilter nach der Nachklärung

Variante 4:

Ozonierung mit anschließender Filtration mittels Dyna-Sandfilter

Die Machbarkeits-, sowie Wirtschaftlichkeitsanalyse der unterschiedlichen Varianten ergab, dass die Variante 2b eine optimale Lösung für die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe darstellt. Besonders hervorzuheben und Hauptgrund für die Entscheidung die Variante 2b zu empfehlen, ist die zu erwartende Eliminationsleistung hinsichtlich der Spurenstoffe und der für die Abwasserabgabe relevanten Parameter.

Mit dem Umdenken und der Aufklärung von Politik und Gesellschaft hinsichtlich der Umweltverschmutzung findet immer häufiger auch die Spurenstoffelimination auf kommunalen Kläranlagen ihre Beachtung. Der Nutzen einer vierten Reinigungsstufe wird immer deutlicher und leistet in vielerlei Hinsicht einen großen Beitrag zum Erhalt und zur Verbesserung der aquatischen Umwelt.

## Energetische und wirtschaftliche Betrachtung eines Eisspeichers im Stadtarchiv Köln

**Jan-Oliver Hense M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. /FH) Andreas Heuer MBA, M.Eng.

Datum des Kolloquiums: 14. November 2014

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

Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluf- und Kältetechnik

In Kooperation mit: agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Historisch betrachtet waren erneuerbare Energien sehr lange Zeit die hauptsächlich genutzte Möglichkeit zur Energiebereitstellung. Dies änderte sich erst mit der industriellen Revolution und der damit verbundenen zunehmenden Bedeutung von fossilen Energieträgern. Erstmals wurden spezielle Anforderungen an das Raumklima durch die Industriebetriebe aufgrund der Produktionsprozesse gestellt. Heutzutage ist insbesondere bei Funktionsbauten wie z. B. einem Archivgebäude eine nachhaltige, kontinuierliche und zukunftssichere Energieversorgung in Verbindung mit der Raumluftechnik eine große Herausforderung bei der Planung, Ausführung und dem Betrieb.

Mit dieser Arbeit wurde eine energetische und wirtschaftliche Betrachtung einer alternativen Energieversorgung für das neue Stadtarchiv Köln erarbeitet. Hierfür wurde zunächst der energiepolitische Rahmen der Bundesrepublik Deutschlands umrissen. Aufgezeigt wurden die Rolle der Energieträger und deren Versorgungsreichweite sowie mögliche Folgen auf die Umwelt. Zum besseren Verständnis wurde darauf aufbauend der derzeitige Stand der Technik beschrieben. Über die Vorstellung des Referenzprojektes ging es in den Hauptteil der Arbeit über. Dieser spiegelt die energetische Bedarfsermittlung wider. Hierfür wurden zunächst die theoretischen Grundlagen insbesondere der Thermodynamik erläutert. Danach wurde eine eigens für diese Arbeit erstellte Berechnungstabelle erläutert, die es ermöglicht die notwendige Jahreskühl- und Heizenergie der Außenluftbehandlung auf Basis von Wetterdatensätzen für raumluftechnische Anlagen zu ermitteln. Abschließend fand eine energetische und wirtschaftliche Betrachtung des Eisspeichers in Hinblick auf die entscheidende Aufgabe der Außenluftbehandlung – insbesondere der Entfeuchtung - statt.

Die energetische Bewertung zeigte eine sinnvolle Einbindung des Eisspeichers zur Deckung des Kältebedarfs der raumluftechnischen Anlagen. Dabei wird eine Kälteenergie von über 200.000 kWh jährlich durch den Eisspeicher bereitgestellt, der gerade einmal eine maximale Speicherkapazität von 20.000 kWh hat. Die wirtschaftlichen Vorteile des Eisspeichers gegenüber der klassischen Kälteerzeugung durch Strom sind ebenfalls erwähnenswert. Es hat sich gezeigt, dass die über den Eisspeicher abgedeckte Kälteenergie einer Einsparung von



fast 18.000 €/a entsprechen. Das energetische und wirtschaftliche Potenzial des Eisspeichers ist keinesfalls ausgeschöpft. Durch entsprechende Regelstrategien lassen sich weitere raumluftechnische Anlagen teilweise bezugnehmend auf den Kältebedarf abdecken.

## **Analyse des Nutzerverhaltens in einem Labor- und Bürogebäude und Schulung der Nutzer zur Reduzierung des Energieverbrauchs**

**Andrea Hergesell M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dr. Michael Faust
Datum des Kolloquiums:	21. November 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Die Aufgabe dieser Masterarbeit ist die Analyse des Nutzerverhaltens in einem Labor- und Bürogebäude und Schulung der Nutzer zur Reduzierung des Energieverbrauchs. Die Masterarbeit wird in Zusammenarbeit mit dem Dezernat 4 Energiemanagement der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster geschrieben, die den Energieverbrauch der Universitätsgebäude vor allem durch Änderung des Nutzerverhaltens der Mitarbeiter reduzieren möchte. Ziel ist die Schulung der Nutzer, sodass die bereits vorhandenen technischen Einrichtungen noch ressourcenschonender und verantwortungsvoller eingesetzt werden.

Es geht nicht darum, die vorhandenen technischen Einrichtungen gegen effizientere auszutauschen, was mittel bis hoch investive Maßnahmen nach sich ziehen würde.

Zur Lösungsfindung wurden zunächst Formulare für die Nutzerbefragung und Bestandsaufnahme entwickelt. Im Anschluss an die Nutzerbefragung und Bestandsaufnahme wurden die Daten ausgewertet zur Aufdeckung der Großverbraucher. Um die Stromverbräuche der Großverbraucher genau spezifizieren zu können, wurden Leistungsmessungen durchgeführt.

Diese Untersuchungen sind wichtig, um auf die durchgeführte Nutzerbefragung und Bestandsaufnahme aufbauend eine individuell auf die örtlichen Gegebenheiten des untersuchten Universitätsgebäudes abgestimmte Nutzerschulung zu erarbeiten und die Mitarbeiter in dieser Schulung zu einem bewussten Umgang beim Energieverbrauch durch ein verändertes Nutzerverhalten zu sensibilisieren.

Eines der wichtigsten Ergebnisse ist, dass diese entwickelte und durchgeführte Nutzerschulung nicht eins zu eins auf ein anderes Gebäude übertragbar ist. Es müssen immer individuell vor Ort die Gegebenheiten des Gebäudes aufgenommen werden, um dann gezielt für das jeweilige Gebäude Energieeinspartipps und Nutzungshinweise für die technischen Einrichtungen geben zu können. Nur so ist sichergestellt, dass die Nutzer die Tipps und Ratschläge auch sinnvoll anwenden können und dass die Akzeptanz und Wirksamkeit gegeben ist.

## Erstellung eines Werkzeuges zur Potentialanalyse von Kleinwindenergieanlagen

**Torsten Heywinkel M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Wirt.-Ing. Matthias Jacobsen M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	16. Dezember 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	energum GmbH, Ibbenbüren



Zunächst werden die Grundlagen von Kleinwindenergieanlagen dargestellt, um den Benutzern die Arbeit mit dem erstellten Potentialwerkzeug zu erleichtern. Mit Hilfe des Werkzeuges zur Potentialanalyse besteht die Möglichkeit, sowohl Ertrags- als auch Wirtschaftlichkeitsprognosen für Kleinwindenergieanlagen zu erstellen. Diese ermöglichen eine Abschätzung des Potentials an dem geplanten Standort der Anlage.

Im Leistungsbereich von Kleinwindenergieanlagen und deren Nabenhöhen gab es in der Vergangenheit kein Potentialwerkzeug, welches sowohl eine Ertragsprognose, Wirtschaftlichkeitsprognose und eine Plausibilitätskontrolle von Leistungskurven für die Anlagen bereitstellt. Zudem arbeiten viele Werkzeuge mit einer statischen Investitionsrechnung, was aus wirtschaftlicher Sicht zu ungenau ist.

Das Werkzeug soll ermöglichen, Abschätzungen von Ertrag und Wirtschaftlichkeit bei geplanten Standorten zu treffen, und aufzeigen, an welchen Standorten sich der Betrieb solcher Anlagen lohnt.

Zunächst wurde der Stand der Technik in der Literatur recherchiert und zusammengetragen. Später wurde mit Hilfe von Microsoft Excel ein Potentialwerkzeug für Kleinwindenergieanlagen erstellt und validiert. Zudem wurden mit Hilfe des Werkzeuges einige Szenarien betrachtet.

Anhand der Szenarien zeigt sich, dass unter heutigen Bedingungen nur bei mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten von über 5 m/s ein wirtschaftlicher Betrieb von Kleinwindenergieanlagen möglich ist. Daher müssen bei der Auswahl eines Standortes die lokalen Windverhältnisse genau untersucht werden.

Durch steigende Strombezugskosten und sinkende Investitionskosten (Serienproduktion) können in Zukunft auch weitere Standorte für Kleinwindenergieanlagen geeignet sein.

Das erstellte Potentialwerkzeug ermöglicht eine Abschätzung der Erträge und Wirtschaftlichkeit von Kleinwindanlagen und unterstützt den Benutzer bei der Plausibilitätsprüfung der Herstellerangaben. Mit Hilfe des Werkzeuges können so Potentiale für geplante Standorte ermittelt werden.

Auch andere Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zeigen, dass unter heutigen Bedingungen erst ab Windgeschwindigkeiten von 5 m/s im Jahresmittel eine Wirtschaftlichkeit von Kleinwindenergieanlagen darstellbar ist.

Mit Hilfe des Potentialwerkzeuges kann auf Veränderungen der heutigen Bedingungen reagiert werden und für beliebige Standorte erste Abschätzungen über Ertrag und Wirtschaftlichkeit getroffen werden.

In Zukunft müssen Langzeittests zeigen, ob die Anlagen 20 Jahre und mehr reibungslos und ohne erhöhten Wartungsaufwand funktionieren. Bei der Erstellung der Arbeit konnte auf solche Tests nicht zurückgegriffen werden, dies sorgt für einen Unsicherheitsfaktor bei der Potentialbewertung einzelner Projekte.

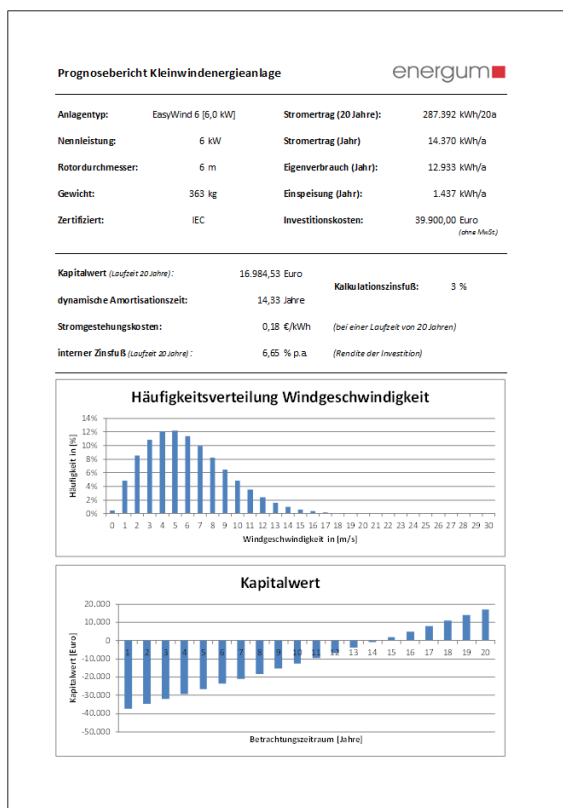


Abbildung 1: Beispiel Bericht erstellt mit Potentialwerkzeug

## Erstellen einer Prüfeinrichtung zur Erprobung von Maßnahmen gegen das Eindringen von Windfrachten in solarthermischen Kollektoren

**Philip Höffer B.Eng**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Stefan Niethus

Datum des Kolloquiums: 10. Oktober.2014

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

In Kooperation mit: Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen



Die Firma Bosch Solarthermie GmbH in Wettringen ist einer der größten Hersteller von Flachkollektoren auf dem solarthermischen Markt in Deutschland und vertreibt ihre Produkte auf der ganzen Welt.

Somit werden diese Flachkollektoren weltweit eingesetzt und sind dadurch verschiedenen Umwelteinflüssen in Form von Windfrachten (im betrachtenden Fall: Regen und Sand) ausgesetzt. Diese Windfrachten können über konstruktionsbedingte Gehäuseöffnungen oder den Belüftungsöffnungen, die für eine Zirkulation von Luft zwischen dem Absorberblech und der Glasabdeckung sorgen, in den Kollektor gelangen. Die Windfrachten können durch Ablagerung auf dem Absorberblech oder durch Feuchtebeschlag an der Kollektorscheibe (s. Abbildung 1) die Leistung des Kollektors vermindern und auch das äußere Erscheinungsbild des Kollektors beeinträchtigen.

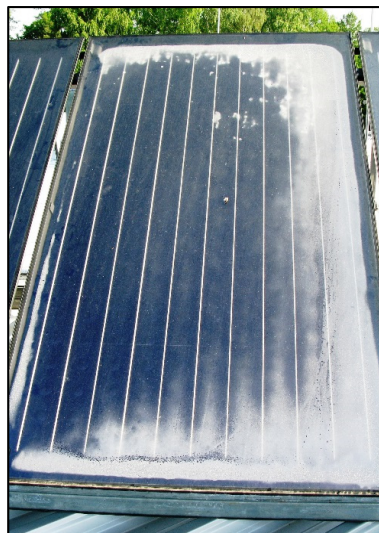


Abbildung 1 - Feuchtebeschlag (links), Sandeintrag über Belüftungsöffnung (rechts)

Im Rahmen dieser Bachelorthesis sollte eine normgerechte Prüfeinrichtung geplant und konstruiert werden, die das mögliche Eintreten der vorab erwähnten Windfrachten (Regen, Sand) nachstellen kann.

Die Prüfeinrichtung soll künftig für Parameterstudien dienen, sodass

während des Produktherstellungsprozesses Tests erfolgen können, um Ideen und Lösungswege zu erarbeiten. Aus diesem Grund sollte der Prüfstand speziell für Prüfungen an kleinen Prüfkollektoren (Prüfmustern) und zudem für den „Indoor“- Betrieb ausgelegt werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die erstellte Prüfkammer mit montierter Prüfvorrichtung zum Simulieren von Regen:

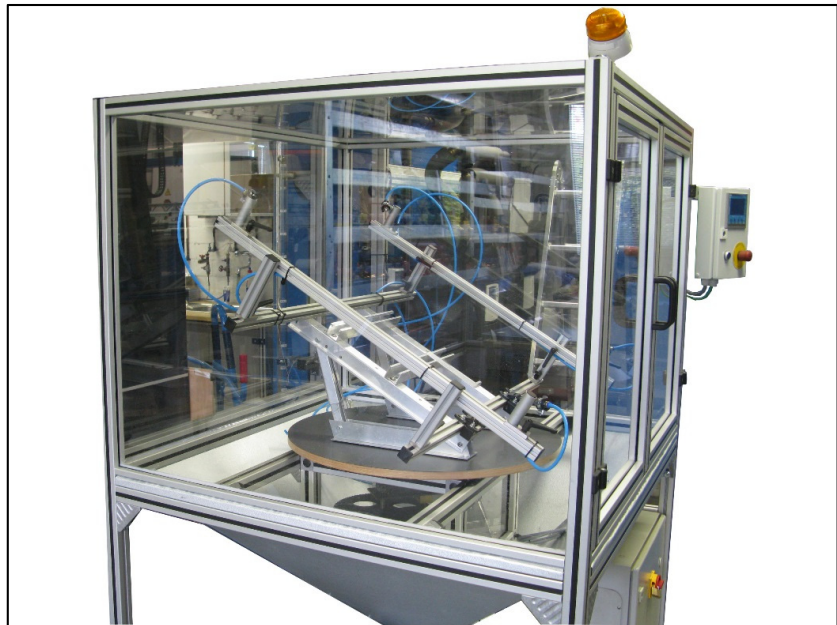


Abbildung 2 - Prüfkammer mit montierter Vorrichtung für die Beregnungsprüfung

## Water Supply in Kampala, Uganda: Rehabilitation of Clarification Step in Ggaba II

**Hannes Höhne B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	29. September 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik
In Kooperation mit:	CES - Consulting Engineers Salzgitter GmbH, Kampala, Uganda



Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich mit der Rehabilitation des Aufbereitungsprozesses in dem Wasserwerk Ggaba II (Kampala, Uganda). Kampala ist eine der am schnellsten wachsenden Städte Afrikas und hat nun im größeren Einzugsgebiet ca. 3 Mio. Einwohner.

Die aktuelle Wasserproduktion von ca. 160.000 m<sup>3</sup>/d deckt den rasant steigenden Verbrauch schon jetzt nicht mehr und laut der momentanen Prognosen wird der Wasserverbrauch bis 2019 auf ca. 500.000 m<sup>3</sup>/d steigen. Diese Entwicklung ist der ausschlaggebende Faktor für den Ausbau der Wasserversorgung: Daher wurde die Wasserwerksanierung, die Sanierung der hiesigen Hochbehälter sowie der Bau einer neuen Hauptversorgungsleitung von der National Water and Sewerage Corporation (NWSC – ein halbstaatlicher Betrieb der Regierung von Uganda) in Auftrag gegeben. CES - Consulting Engineers Salzgitter GmbH hat das Projekt entsprechend geplant und projektiert und ist nun in der Rolle des beratenden Ingenieurs tätig. Die anschließende Ausschreibung für die Umsetzung ging an den französischen Bauunternehmer Sogea Satom.

Die Finanzierung, des mit knapp 40 Mio. € veranschlagten Projektes, erfolgt dabei zum Großteil über internationale Hilfs- und Entwicklungsfonds. In dem Bauzeitraum von 18 Monaten hat der Autor das Projekt 5 Monate begleitet und sowohl die Praxisphase absolviert, als auch die Bachelor Arbeit verfasst.

Zu Beginn der Bachelorarbeit werden die theoretischen Grundlagen von Aufbereitungsprozessen in der konventionellen Wasseraufbereitung erläutert. Über die Fragen: „Was ist Rohwasseraufbereitung und wird aufbereitet?“ wird ein grundlegenden Basis-Verständnis angestrebt. In der detaillierten Vorstellung der Aufbereitungsprozesse ist das Ziel ein umfassendes Prozessverständnis für die Schwerpunkte Koagulation, Flockung und Sedimentation.

Der anschließende Anwendungsteil beschäftigt sich zunächst mit den Ausgangsbedingungen vor Ort: Nach einer Rohwasser-Analyse folgt die Vorstellung des Wasserwerkes und der vorliegenden Probleme.

Die direkte Umsetzung der theoretischen Grundlagen folgt in der Prozessanwendung: Die geplanten Rehabilitationsmaßnahmen werden

im Detail beschrieben und durch einige Auslegungsrechnungen vertiefend erläutert. Die ausführliche Beschreibung der Implementierungsschritte für eine wirkungsvolle Koagulation, Flockung und neu eingeführte Lamellenklärung ermöglicht ein Nachvollziehen der Rehabilitationsmaßnahmen und tieferes Verständnis für die Baumaßnahmen. Dabei werden die Implementierungsmaßnahmen durch Projekt-Bilder (wie beispielsweise in der Abbildung 1) verdeutlicht und in der technischen Ausführung betrachtet.



Abbildung 1: Bau zweier Reaktionskammern für Koagulation & Flockung

Eine anschließende kurze Kostenbetrachtung und Wirtschaftlichkeitsanalyse befasst sich mit dem Netto-Wert der Produktionssteigerung durch die Rehabilitationsmaßnahmen. Der abschließende Kommentarteil beschreibt eventuelle Alternativen und andere Denkansätze für aufkommende Projekte.

In der Gesamtheit stellt die Bachelorarbeit eine gute Übersicht über die theoretischen Grundlagen des Klärungsprozesses und seiner technischen Implementierung am Beispiel des Wasserwerkes Ggaba II dar. Dabei wird ein entscheidender Schritt zur Verbesserung der sanitären Umstände in Uganda nachvollziehbar dargestellt und im Detail beschrieben.



## Anforderungen an die Dokumentation von hygienisch-technischen Untersuchungen einer Trinkwasser-Installation im Rahmen einer Gefährdungsanalyse

**David Höing M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	17. Dezember 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	



Trinkwasser ist ein hohes Gut, an dessen alltäglichen Gebrauch wir uns wie selbstverständlich gewöhnt haben. Jedoch ist die Bereitstellung von Trinkwasser für den menschlichen Gebrauch nicht trivial, sondern erfordert hohes fachübergreifendes Wissen und Können. Dass das zur Verfügung gestellte Trinkwasser nicht selbstverständlich den hygienischen Anforderungen der geltenden Bestimmungen genügt, kann vergangenen und aktuellen Pressemitteilungen über Legionellenkontaminationen in großer Vielzahl entnommen werden. Die Folgen einer solchen Kontamination reichen so weit, dass eine akute Gefahr für die Nutzer der Trinkwasser-Installation ausgesprochen wird und die Nutzung der betroffenen Trinkwasser-Installation untersagt werden muss. Dies zeigt, dass auch die Behebung eines solchen Missstandes innerhalb einer Trinkwasser-Installation keineswegs als trivial anzusehen ist. Eine Kontaminationsquelle auszumachen und sie durch gezielte Maßnahmen zu beseitigen stellt sich vor allem in stark verzweigten Leitungssystemen als eine große Herausforderung für den Betreiber einer Trinkwasser-Installation dar. Das grundlegende Element zur Lokalisierung und Bewertung der Mängel ist eine hygienisch-technische Untersuchung der betroffenen Trinkwasser-Installation.

Diese Arbeit hat die Anforderungen an die Dokumentation von hygienisch-technischen Untersuchungen einer Trinkwasser-Installation im Rahmen einer Gefährdungsanalyse analysiert und das Ziel verfolgt, diese Dokumentation in ihrem Aufbau eindeutig zu beschreiben und eine Handlungsanweisung für einen zielorientierten und effektiven Ablauf zu erarbeiten. Die Pflicht zur Erstellung einer Gefährdungsanalyse entsteht aus dem § 16 (7) der Trinkwasserverordnung. Inhalt und Rahmen solcher Analysen sind in der Empfehlung des Umweltbundesamtes zur Durchführung einer Gefährdungsanalyse nach Trinkwasserverordnung beschrieben.

Wenn der Parameter Legionella spec. innerhalb einer Trinkwasser-Installation oberhalb des technischen Maßnahmenwertes liegt, dann ist davon auszugehen, dass die Trinkwasser-Installation nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T) entspricht. Ursächlich dafür kann eine fehlerhafte Planung und/oder Errichtung der

Anlage sein, oder ein nicht bestimmungsgemäßer Betrieb der Trinkwasser-Installation. Die Detektion eben dieser Nichteinhaltungen der a.a.R.d.T. innerhalb der Trinkwasser-Installation ist Kernaufgabe der Gefährdungsanalyse nach Trinkwasserverordnung. Somit bildet das technische Regelwerk für Trinkwasser-Installationen die Grundlage für hygienisch-technische Untersuchungen. Alle notwendigen Informationen für die Erstellung einer Gefährdungsanalyse sind in den a.a.R.d.T. enthalten.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde festgestellt, dass die hohen Anforderungen an die Gefährdungsanalyse eine projektübergreifende Lösung nur bedingt ermöglichen. Die Forderung nach einem Bericht in gutachterlicher Form und der Schutz der Gesundheit von Nutzern der Trinkwasser-Installation erfordert eine projektspezifische Auseinandersetzung mit den Mängeln in jeder Trinkwasser-Installation. Basis für eine voll umfängliche Detektion aller hygienischen und technischen Mängel in der geforderten Güte ist die Kenntnis und das Wissen um die Anwendung der a.a.R.d.T.. Auch diese Tatsache lässt es fraglich erscheinen, die Erstellung einer Gefährdungsanalyse stark zu verallgemeinern. Mit den in der Arbeit erstellten Werkzeugen wurde vor allem der zeitliche Aufwand für die Erstellung einer Gefährdungsanalyse verringert, aber kein Patentrezept entwickelt. Voraussetzungen für die Erstellung von Gefährdungsanalysen nach Trinkwasserverordnung sind tief greifende Kenntnisse über die technischen und hygienischen Parameter innerhalb von Trinkwasser-Installationen und eine daraus resultierende Abstraktionsfähigkeit für die Entstehung von Gefahren für die menschliche Gesundheit.

## Auswirkungen von veränderten Übertragungskapazitäten zwischen Deutschland und den angrenzenden Staaten auf den deutschen Netzentwicklungsplan

**Sören Honsel B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
Dipl. Ing. Jochen Meyering

Datum des Kolloquiums:

26. August 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Amprion GmbH, Dortmund



Mitte der 90er Jahre wurde von der Europäischen Union der europäische Energiebinnenmarkt gebildet. Dieser soll einheitliche Wettbewerbsbedingungen in Europa schaffen, damit die Potenziale zur Erzeugung von elektrischer Energie optimal genutzt und Preisunterschiede zwischen den Ländern angeglichen werden.

Das deutsche Übertragungsnetz spielt durch seine geographisch zentrale Lage eine wichtige Rolle für den Stromaustausch im europäischen Verbundnetz und verzeichnet seit 2003 eine steigende Energiebilanz. Hohe Lastflüsse von Deutschland in das Ausland resultieren hauptsächlich durch das im europäischen Vergleich niedrige Preisniveau am deutschen Großhandelsmarkt. Im Netzentwicklungsplan 2014 ist, um den wachsenden Anforderungen an das deutsche Übertragungsnetz durch steigende Austauschleistungen sowie dem Ausbau der erneuerbaren Energien gerecht zu werden, ein Netzausbau mit Investitionskosten von rund 21 bis 26 Mrd. Euro prognostiziert worden.

In wie fern der Netzausbau in Deutschland durch den zunehmenden Anteil an erneuerbaren Energien oder den steigenden europäischen Energiehandel beeinflusst wird, ist bisher unbekannt. Daher ist in dieser Abschlussarbeit eine Methodik entwickelt worden, um einen Zusammenhang zwischen den Austauschleistungen im europäischen Verbundnetz und dem Netzausbau herzuleiten. Ziel ist es, die Notwendigkeit der im Netzentwicklungsplan ausgewiesenen Netzausbauprojekte unter veränderten Europäischen Rahmenbedingungen neu zu bewerten. Der Fokus ist in dieser Arbeit auf den vier Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs-Korridoren (HGÜ) gelegt worden.

In dieser Arbeit sind drei Szenarien untersucht worden. Im ersten Szenario ist die energetische Unabhängigkeit der Länder in Europa dargestellt worden. Jedes Land im europäischen Verbundnetz versorgt sich in diesem Szenario selbst mit Energie und Handelsbedingte Stromflüsse sind komplett unterbunden worden. In den verbleibenden Szenarien sind jeweils die Auswirkungen von vermiedenen, durch den Handel bedingte Stromflüsse von Nord- nach Süd- und von Ost- nach Westeuropa auf das deutsche Übertragungsnetz untersucht worden. Im Anschluss sind für jedes Szenario Netztopologien ausgewählt worden in denen die Transportanforderungen im Netz gedeckt werden.

## Entwicklung eines Wasseranreicherungskonzeptes für das Wasserwerk Hohe Ward

Max Jansen in de Wal B.Eng.

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning  
Dipl.-Ing. Dominik Pollok

Datum des Kolloquiums:

22. September 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Stadtwerke Münster GmbH



Die Grundwasserressourcen in einem Wassergewinnungsgebiet sind häufig quantitativ beschränkt. Außerdem werden sie durch Intensivierung der Landwirtschaft und Industrie direkt oder indirekt immer stärker belastet. Aus diesem Grund liegt es nahe, den Grundwasserkörper, welcher die Hauptressource für Trinkwasser in Deutschland ist, nach Möglichkeit mit sauberem Oberflächenwasser anzureichern, um eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung zu gewährleisten und die natürliche Reinigungswirkung des Bodens zu nutzen.

Bei der Anreicherung des Grundwassers spielen jedoch teils sehr komplexe Zusammenhänge eine große Rolle. So müssen unter anderem hydrogeologische Verhältnisse und geltendes Wasserrecht berücksichtigt werden, welches Wasserentnahmemengen und Spitzenmengen zur Oberflächenwasserentnahme und Anreicherung vorgibt. Auch klimatische Bedingungen und teils konkurrierende Grundwasserbewirtschaftungszwecke müssen bei der Betriebsweise der Grundwasseranreicherung berücksichtigt werden.

Um unter diesen Umständen eine technisch günstige und umweltverträgliche Lösung zu finden, werden beispielsweise numerische Grundwassermodelle herangezogen oder in-situ Versuche durchgeführt, die dann zu einem individuellen und den Örtlichkeiten angepasstem Wasseranreicherungskonzept führen.

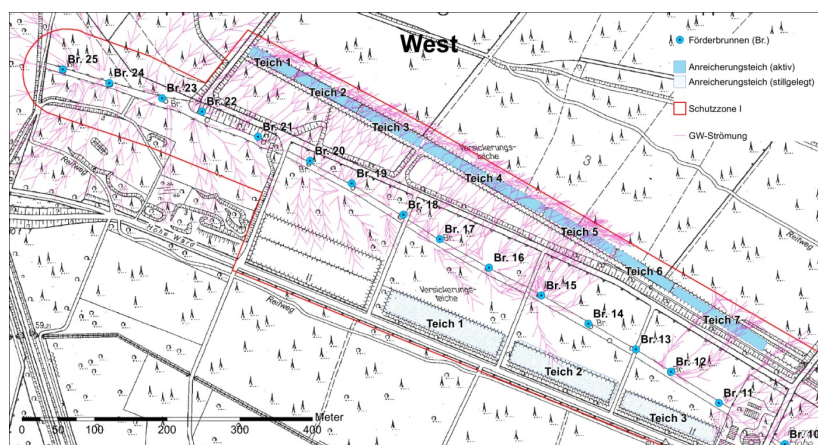


Abb. 1: Auszug aus einem Grundwasserströmungsmodell

In einem ersten Entwicklungsschritt dieser Arbeit wurde eine Ist-Analyse der bisherigen Grundwasseranreicherung am Wasserwerk Hohe Ward durchgeführt. Dabei wurden neben der aktuellen Mengenfahrweise des Anreicherungswassers auch die technischen Gegebenheiten aufgenommen und geprüft sowie eventuelle Optimierungsmöglichkeiten vorgeschlagen.

In einem zweiten Entwicklungsschritt wurde die Anreicherungsthematik in zwei Anforderungsziele unterteilt. Das erste Anforderungsziel thematisiert die Einhaltung der im Wasserrechtsbescheid festgeschriebenen Anreicherungsmengen. Das zweite Anforderungsziel dient dazu, das Anreicherungswasser zielgerecht dort zu versickern, wo aus betriebswirtschaftlicher und aus ökologischer Sicht der größte Wasserbedarf besteht. Zu dem ersten Anforderungsziel wurden im Rahmen der Arbeit drei mögliche Optionen entwickelt und untereinander verglichen. Zu dem zweiten Anforderungsziel zwei Optionen.

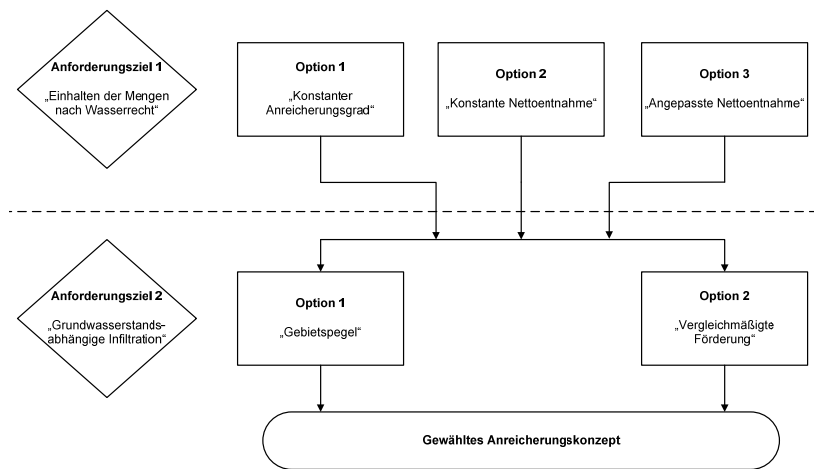


Abb.2: Aufteilung der Anreicherungsthematik

## Optimierung von Entspannungsschalldämpfern für gasförmige Fluide

**Christoph Jungk M.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 28 Juli.2014

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

Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Raumluftechnik, Kältetechnik

In Kooperation mit: Theisen GmbH&Co.KG, 48607 Ochtrup



Ziel der Masterarbeit war die Überprüfung und Optimierung von Entspannungsschalldämpfern für gasförmige Fluide.

Firma Theisen baut seit 1990 Entspannungsschalldämpfer, bislang wurden diese jedoch noch nicht näher untersucht. Die Schalldämpfer werden weltweit in der Industrie verwendet, um unter Druck stehende Rohrleitungen und Druckbehälter möglichst geräuscharm entlasten zu können.

Um die Entspannungsschalldämpfer zu überprüfen und gebaute Schalldämpfer unter möglichst gleichen Bedingungen zu testen, wurde eine Testanlage realisiert, die den späteren Aufstellungs- und Installationsbedingungen entspricht. Unter Zuhilfenahme dieser Testanlage wurden drei Optimierungsansätze untersucht. Hierzu wurde ein fester Versuchsaufbau erarbeitet mit dem eine reproduzierbare Messung erreicht werden konnte.

Zur Messung des Schallpegels wurde ein Messgerät verwendet, das in einem Frequenzbereich von 10 Hz bis 20 kHz die einzelnen unbewerteten Schallpegel aufzeichnet und sie in 34 Einzelschritten ausgibt. In dieser Arbeit wurden drei Optimierungsansätze untersucht.

Bei dem ersten Modell wurde die Dämmschichtdicke der Schalldämpfer erhöht. Aus der Erhöhung der Dämmschichtdicke resultieren höhere Produktionskosten und ein höheres Gewicht des Schalldämpfers. Die Schallpegelreduzierung konnte bei dieser Maßnahme um 2 dB erhöht werden.

Der zweite Optimierungsansatz war die Änderung des Aufbaus von einer runden Bauform in eine eckige Bauform. Aus dieser Änderung resultierten ebenfalls höhere Produktionskosten, zudem konnte keine Schallpegelreduzierung erreicht werden.

Der Austausch der Edelstahlspäne, als Füllung des Schalldämpfers und der Einsatz von Steinwolle, stellte den dritten Optimierungsansatz dar. Mit dieser Maßnahme konnten sowohl die Fertigungskosten, als auch die Schallpegelreduzierung mit 7 dB verbessert bzw. optimiert werden. Aus sicherheitstechnischen Gründen kann diese Bauform jedoch in der Industrie nicht eingesetzt werden.

## Solaaris – Umfassende Betrachtung eines solarbetriebenen Schiffes

Jens Kathrein B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Datum des Kolloquiums:	18. August 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Wasser, Abwasser, Abfall und Immissionsschutz
In Kooperation mit:	Stadtwerke Münster GmbH, Münster



Die Solaaris, ein solarbetriebenes Schiff, das auf dem Aasee in Münster fährt, wurde in dieser Arbeit im Hinblick auf die energetische Nutzung und die möglichen Optimierungsmöglichkeiten untersucht, um den Schiffsbetrieb effizienter zu gestalten. Außerdem wurde die Zukunftsfähigkeit von ähnlichen Solarboot-Konzepten mit einbezogen und Empfehlungen erarbeitet.

Es lässt sich sagen, dass die Absicht ein solarbetriebenes Schiff annähernd autark zu betreiben, mit der Solaaris noch nicht erreicht werden konnte. Die Ergebnisse aus den Kapiteln „Technisches Konzept“ und „Energiebilanz“ zeigen, dass beispielsweise die Stromerzeugung mit ungefähr 17,884 kWh/d ein Drittel des Gesamtverbrauchs von 58,458 kWh/d übernimmt (siehe Abb.1). Durch die PV-Anlage wird jedoch nicht nur die zusätzliche Aufladung nach Betriebsende gesenkt, sondern sie bewirkt zusätzlich eine erhebliche Einsparung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. In Verbindung mit dem Ökostrom-Tarif verbraucht die Solaaris nur noch rund 184 kg/a, wohingegen das ehemalige Dieselschiff mit 8.571 kg/a eine extrem hohe CO<sub>2</sub>-Belastung verursachte.

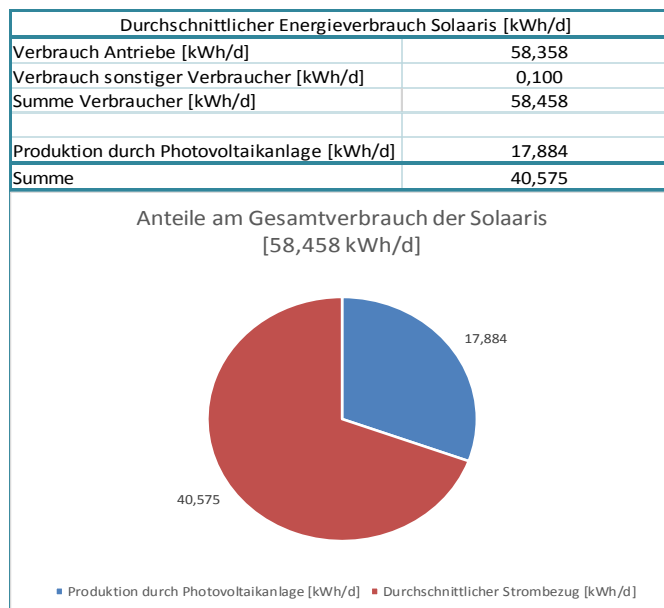


Abb. 1: Durchschnittlicher Energieverbrauch Solaaris [kWh/d]

In Bezug auf ähnliche Solarboot-Konzepte ist es aufgrund der geringeren Umweltbelastung empfehlenswert, solarbetriebene Schiffe zu bauen. Es sollte jedoch auf eine präzise Abstimmung der Komponenten PV-Anlage, Antriebe und Batteriebänke geachtet werden, um Kosten zu sparen und die elektrische Energie möglichst sparsam und effizient einzusetzen.

Am Ende ist aus den Ergebnissen festzuhalten, dass es durchaus Optimierungen für die Solaaris (siehe Abb.2) gibt, um mehr elektrische Energie zu erzeugen, es jedoch aus Kostengründen keinen Sinn macht diese durchzuführen. Die einzige Optimierung, die Sinn macht, sind feste Datenlogger, die über das Internet abrufbar sind, um eventuelle Ausfälle der PV-Anlage, der Antriebe oder der Batterien zu registrieren und diese möglichst schnell zu beheben. Zudem können mit Hilfe dieser aufgezeichneten Daten genauere Ergebnisse zu den Berechnungen dieser Arbeit ermittelt werden.



Abb. 2: 3D-Darstellung der Solaaris

Für ähnliche Solarboot-Konzepte ist abzuwarten, ob diese in Zukunft annähernd autark betrieben werden können. Jedoch ist aus Sicht der Ergebnisse ein autarker Betrieb sehr schwierig zu erreichen und erfordert eine hohe Investition, die kaum wirtschaftlich darstellbar wäre. Aus diesem Grund ist aus Kostensicht zu raten, bei Neuanschaffung ein Schiff auf Basis der Solaaris zu errichten und die beschriebenen Optimierungsmöglichkeiten mit einfließen zu lassen, wie beispielsweise Module mit höherem Wirkungsgrad, Antriebe mit geringerer Leistung und lediglich eine Batteriebank für die Antriebe mit einer größeren Kapazität.



## Einführung eines Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001:2011 am Beispiel der agri.capital-Gruppe

### Arne Kiewit M.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	16. Juli 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelt- technik
Studienrichtung:	Umwelt- und Energietechnik
Laborbereich:	Labor für Umwelttechnik
In Kooperation mit:	AC Biogas GmbH, Münster



Aufgrund steigender Energiekosten und zur Erlangung steuerlicher Vorteile im Rahmen des sogenannten Spitzenausgleichs nach § 10 Stromsteuergesetz beschließen immer mehr Unternehmen ein Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001:2011 (ISO 50001) einzuführen. Die internationale Norm legt Anforderungen eines Energiemanagementsystems (EnMS) fest, die zur Steuerung und damit zur kontinuierlichen Verbesserung der energiebezogenen Leistung notwendig sind. Mit dem Beschluss ergibt sich für Unternehmen allerdings die Herausforderung den „Weg zum laufenden Energiemanagementsystem“ auszugestalten. Um die Grundlagen zur Einführung eines Energiemanagementsystems zu schaffen, wurde von der agri.capital-Gruppe eine rechtzeitige Auseinandersetzung mit der Thematik als notwendig erkannt.

Die 2004 gegründete AC Biogas GmbH plant, finanziert, baut und betreibt bundesweit an ca. 100 Standorten Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 103 MW. Damit ist sie einer der führenden Energieerzeuger auf Basis regenerativer Energien in Deutschland.

Im Rahmen der Masterarbeit wurde ein EnMS-Prozessmodell zur deduktiven Erarbeitung von Prozessabläufen und Vorgabedokumenten entwickelt. In diesen werden relevante Verfahren beschrieben, die notwendig sind, um die Anforderungen der ISO 50001 im laufenden Betrieb des EnMS zu realisieren. Vorbereitend wurden die Normanforderungen interpretiert, die gesetzlichen und unternehmensbezogenen Rahmenbedingungen aufgezeigt und unter Berücksichtigung letzterer der Anwendungsbereich und die Grenzen des EnMS für die rund 50 Gesellschaften und über 100 Standorte der Unternehmensgruppe festgelegt.

Durch die nähere Betrachtung der gesetzlichen und unternehmensbezogenen Rahmenbedingungen konnte aufgezeigt werden, dass eine Zertifizierung nicht für alle Unternehmen der AC-Gruppe wirtschaftliche Vorteile bietet. Obwohl eine Zertifizierung des EnMS erst im Jahr 2015 notwendig ist, um steuerliche Vorteile durch den Spitzenausgleich geltend zu machen, erscheint die Einführung des Systems bedingt durch die Neustrukturierung des Unternehmens auch dann erst realistisch. In 2014 wird sich die Unternehmensgruppe deshalb

die vereinfachten Anforderungen der „Einführungsphase“ zunutze machen, um den Spitzenausgleich zu erhalten.

Die EnMS-relevanten Prozesse und Vorgabedokumente beschreiben die Kernelemente des EnMS und deren Zusammenspiel. Durch die Prozess-beschreibungen und deren Visualisierung als Ereignisorientierte Prozessketten (EPK) steht der Unternehmensgruppe ein Instrument zur Verfügung, das die Anforderungen der ISO 50001 und deren komplexen Zusammenhänge transparent darstellt und zur besseren Verständlichkeit der zum Teil stark theoretisierten Normbegriffe und -anforderungen beitragen soll. Die webbasierte Visualisierung soll den Mitarbeitern im laufenden Betrieb als Orientierung dienen. Hierdurch soll eine höhere Akzeptanz der Mitarbeiter gegenüber den neuen Aufgaben und Verantwortlichkeiten erreicht werden.

Zur Einführung des EnMS wurden ferner die drei Projektphasen Entwicklung, Inbetriebnahme und Freigabe identifiziert, wobei der ersten Phase die Tätigkeiten und Ergebnisse der Arbeit zuzuordnen sind. In der Inbetriebnahme des EnMS-Prozessmodells stehen die projektverantwortlichen und -beteiligten Mitarbeiter vor der Herausforderung, das EnMS-Modell in die bestehende Aufbau- und Ablauforganisation der Unternehmensgruppe zu integrieren und weiter zu detaillieren. Die Projektfreigabe durch ein Voraudit soll die Reife des Systems nachweisen, so dass das EnMS in den regulären Betrieb aufgenommen werden kann (siehe Abbildung). Zu den Projektphasen „Inbetriebnahme“ und „Freigabe“ wurden auf Basis der gewonnenen Erfahrungen und Ergebnisse Empfehlungen entwickelt.

## Optimierte Verlegung von Versorgungsleitungen technische und wirtschaftliche Untersuchung am Beispiel der Stadtwerke Münster GmbH

**Robin Kischka M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Urs Reitis M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	02. Juni 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Stadtwerke Münster GmbH



Das Transport- und Verteilnetz der im Portfolio der Stadtwerke Münster befindlichen Gewerke wird permanent erweitert und instandgesetzt. Die Kosten für die notwendigen Tiefbauarbeiten stellen dabei einen erheblichen Anteil der Gesamtkosten für die Verlegung dar. Die Material- und Montagekosten fallen im Vergleich dazu gering aus.

Ein weiterer Aspekt, der für eine optimierte Nutzung des Leitungsgrabens spricht, ist die Tatsache, dass in innerstädtischen Gebieten das unterirdische Platzangebot sehr begrenzt ist. Zum einen wurden vielerorts bereits Versorgungsleitungen der Stadtwerke verlegt, zum anderen finden sich auch die Leitungen anderer Versorgungsträger.

Aufgrund der genannten wirtschaftlichen und technischen Gründe, wurde in dieser Masterarbeit anhand von sieben typischen Beispielen untersucht, inwiefern die Verlegung von Versorgungsleitungen optimiert werden kann. Dabei wurde insbesondere die Frage, inwiefern die Tiefbaukosten reduziert werden können, fokussiert.

Im ersten Schritt wurde überprüft, wie weit sich durch eine sinnvolle Änderung der Anordnung der Rohrleitungen und Kabel Tiefbaukosten senken lassen. Durch diese Optimierung lassen sich bereits zwischen 2 % und 14 % der Gesamtbaukosten einsparen.

Im zweiten Schritt wurden zusätzlich die Materialien der Trinkwasser- und Erdgasleitungen optimiert. Hier kann bei einer Mehrspartenverlegung mit Rohrleitungen aus PE 100-RC eine Gesamtkosteneinsparung von zwei zusätzlichen Prozentpunkten erzielt werden.

Im dritten Schritt der Variantenbetrachtung wurden die Einsparpotentiale durch die Verwendung von zeitweise fließfähigen, selbstverdichtenden Verfüllbaustoffen (ZFSV) aufgezeigt. Bei dieser Methode lassen sich bei allen Varianten die Tiefbaukosten senken (9 - 34 %). Insbesondere ist dies der Fall, wenn kein Arbeitsraum benötigt wird, und die Rohrleitungen, bzw. Kabel außerhalb des Grabens montiert, und anschließend eingezogen werden können.

Zusammenfassend wurde anhand der untersuchten Maßnahmen festgestellt, dass sich unter Berücksichtigung der technischen Rahmenbedingungen, die Gesamtkosten einer Baumaßnahme erheblich reduzieren lassen.

## Analyse und Optimierung der Energieverbräuche der Kaufmännischen und Technischen Schulen in Rheine

**Johannes Klostermann M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	10. September 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Die Aufgabe dieser Masterarbeit bestand in erster Linie darin, den Erdgas- sowie Stromverbrauch der Kaufm. und Techn. Schulen zu reduzieren. Weiterhin sollte überprüft werden, ob es wirtschaftlich sinnvoll ist, für die Liegenschaft ein neues Nahwärmenetz mit einem BHKW und einem Spitzenlastkessel aufzubauen.

Anhand des Erdgas- und Stromverbrauches aus dem Jahr 2013, wurde eine Analyse der Energieverbräuche durchgeführt. Aus der Analyse ging hervor, dass der Hauptteil des Erdgases für die Beheizung der Räumlichkeiten verbraucht wird. Anhand einer Leistungsbedarfsermittlung wurde der elektrische Hauptverbraucher ermittelt. Die Leistungsbedarfsermittlung ergab, dass die Beleuchtungsanlage der Hauptverbraucher der elektrischen Energie ist.

Da die Beleuchtungsanlage schon knapp 20 Jahre alt ist, wurde beschlossen, die alte Beleuchtungsanlage durch eine neue Beleuchtungsanlage zu ersetzen. Zunächst wurden für die unterschiedlichen Räumlichkeiten verschiedene Varianten an Beleuchtungsberechnungen durchgeführt. Anschließend wurde eine neue Leistungsbedarfsermittlung aufgestellt, aus der hervor ging, dass durch den Austausch der Beleuchtungsanlage sich die elektrische Spitzenlast um ca. 90 kW senken lässt. Weiterhin lassen sich jährlich ca. 196 000 kWh bzw. 42 400 € einsparen. Mit der neuen Beleuchtungsanlage lässt sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß jährlich um ca. 110 Tonnen reduzieren.

Um eine wirtschaftliche Betrachtung des neuen Nahwärmenetzes mit einem BHKW und einem Spitzenlastkessel durchführen zu können, musste zunächst die Größe des BHKW bestimmt werden. Nachdem der Erdgasverbrauch in den bereinigten Heizenergieverbrauch umgerechnet worden ist, wurde mit Hilfe einer Lastkennlinie und den Werten des Testreferenzjahres (TRY) des Deutschen Wetterdienstes die geordnete Jahresdauerlinie erstellt. Aus der geordneten Jahresdauerlinie ging hervor, dass ein BHKW, mit der Größe von ca. 200 kW<sub>th</sub>, die Grundlast der Liegenschaft abdecken kann.

Anschließend wurde eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt und mit der vorhandenen Ist-Situation verglichen. Diese ergab, dass durch den Aufbau einer neuen Heizungszentrale mit einem BHKW, Spitzenlastkessel und Nahwärmenetz nach 10 Betriebsjahren ein kumulierter Gewinn von ca. 460 000 € zu erwarten ist.

## Entwicklung eines Modells zur Zertifizierung und Auslegung eines Gegenstrom-Wärmeübertragers mit integrierter Verdunstungskühlung

**Alexander Kramer B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker  
Zweitprüfer: Dipl.-Wirt. Ing. (FH) Ingo Kotting

Datum des Kolloquiums: 08. Mai 2014

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

Studienrichtung: Energietechnik

Laborbereich: Haus- und Energietechnik

In Kooperation mit: Kampmann GmbH, Lingen

Neben der Versorgung mit frischer Atemluft, liegt eine weitere zentrale Aufgabe von RLT-Anlagen in der Temperierung der Außenluft auf annehmbare Zuluftkonditionen. Hierbei entfällt ein wachsender Anteil der zur Temperierung benötigten Energie auf die Erzeugung von Kälte. Konventionelle Kühlanlagen werden über eine Kompressionskältemaschine mit Kaltwasser versorgt. Nachteile von Kompressionskältemaschinen sind neben dem Einsatz von umweltbelastendem Kältemittel vor allem der hohe Stromverbrauch. Eine regenerative Möglichkeit zur Kälteerzeugung ist die indirekte Verdunstungskühlung in RLT-Anlagen. Das Prinzip der Verdunstungskühlung beruht auf dem thermodynamischen Prozess, dass Luft abkühlt, wenn sie durch die Verdunstung von Wasser befeuchtet wird. Die für den Phasenwechsel benötigte Energie wird dabei der Luft in Form von Wärme entzogen.

Die indirekte Verdunstungskühlung ist eine umweltschonende Alternative im Vergleich zu herkömmlichen Klimaanlage basierend auf umweltbelastendem Kältemittel. Mit dem Ka2O-Wärmetauscher hat die Firma Kampmann ein hocheffizientes System zur indirekten Verdunstungskühlung entwickelt.

Um das neue Ka2O-System in der Planungsphase, entsprechend der Projektanforderungen bedarfsspezifisch auslegen zu können, ist es notwendig ein Modell zur Ermittlung der relevanten Energiekennwerte zu entwickeln, welches die Anforderungen des TÜV-Süd erfüllt. Zur Auslegung der RLT-Geräte nutzt die Firma Kampmann die Computer-Software AirCalc. Der Anwender kann in der Software verschiedene Systeme zur Wärmerückgewinnung wählen und in die RLT-Anlagen integrieren. Da in Zukunft auch der Ka2O Wärmetauscher als Wärmerückgewinnungseinheit verbaut werden soll, ist es notwendig eine Berechnung zu entwickeln die von einem Programmierer mittels \*.dll-Datei in das Programm implementiert werden kann. Zusätzlich soll eine Gegenüberstellung der Kosten des neuen Ka2O-Systems mit herkömmlichen Lüftungssystemen realisiert werden.

Zur Berechnung der technischen Daten des Ka2O-Wärmetauschers wurden verschiedene Messdaten zugrunde gelegt. Zum einen wurden Messungen des Forschungs- und Entwicklungs-Centers der Firma

Kampmann verwendet. Zum anderen wurden die, im Rahmen der Prüfung des Ka2O-Wärmetauschers gemäß EN 308, erstellten Messungen des TÜV Nord verwendet. Die Berechnungen der verschiedenen Luftkonditionen wurden mit Hilfe des h,x-Diagramms realisiert. Die Berechnung der Druckverluste erfolgte über die Erstellung von Kennlinien aus den genannten Messwerten. Alle Berechnungsschritte wurden in einem Berechnungsprogramm zusammengefasst, in dem der Nutzer nach Eingabe der Außen- und Abluftbedingungen, die berechneten Zu- und Fortluftkonditionen, den Temperaturänderungsgrad und andere energetische Kennwerte ablesen kann. Die berechneten Kennwerte werden automatisch an ein zweites Tabellenblatt übergeben, in dem der Ausschreibungstext des Ka2O-Wärmetauschers erstellt wird. Der Nutzer kann neben dem technischen Datenblatt somit auch den Ausschreibungstext für den individuell ausgelegten Ka2O-Wärmetauscher auslesen.

Die Erstellung des Berechnungsprogramms zum wirtschaftlichen Vergleich verschiedener RLT-Systeme wurde auf Basis der VDI 2067 erstellt. Die für die Wirtschaftlichkeitsberechnung benötigten Energieverbrauchsdaten wurden nach den Vorgaben der DIN EN 18599-3 berechnet. In dem erstellten Berechnungsprogramm kann der Nutzer eine RLT-Anlage über verschiedene Drop-Down-Menüs aus den 46 Varianten der DIN EN 18599-3 auswählen. Die zur Berechnung benötigten Tabellenwerte werden vom Programm automatisch entsprechend der Anlagenvariante ausgewählt. Nachdem der Nutzer die Kosten für Energie, die Nutzungsdauer der Anlage und die verschiedenen Preisänderungsfaktoren im Programm eingegeben hat werden die Annuitäten der einzelnen Kostensparten berechnet. Anhand der Nutzungsdauer und der berechneten Annuitäten wurde zusätzlich eine Übersicht der Lebenszykluskosten (Life-Cycle-Costs, LCC) erstellt.

## Erarbeitung einer optimalen Rehabilitationsstrategie für Gasverteilnetze unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte.

**Simon Kranz B. Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt  
Prof. Dr.-Ing. Vennemann

Datum des Kolloquiums:

28. Oktober 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

Masterstudiengang Netzingenieur der Versorgungstechnik  
Energietechnik  
Energie Gebäude Umwelt

In Kooperation mit:

N-ERGIE Netz GmbH, Nürnberg (Bayern)



Ein wesentliches Merkmal der heutigen Strom- und Gasnetze ist die historisch gewachsene Netzstruktur. Der rasante Ausbau der Leitungsnetze ist weitgehend abgeschlossen. Es sind derzeit vielerorts Netzoptimierungen oder sogar -rückbauten als notwendige Reaktion auf sich verändernde gesellschaftliche Entwicklungen erforderlich. Die Netze unterliegen somit neben einem Alterungs- und Verschleiß- auch einem Anpassungsprozess. Damit muss sich das Augenmerk der Energieversorger zunehmend auf einen gestiegenen Rehabilitationsbedarf der bestehenden Netze richten. Um den aktuellen (guten) Zustand der Netze auch zukünftig zu gewährleisten, fordern die einschlägigen Regelwerke Instandhaltungsstrategien zu entwickeln. Wesentliches Ziel ist die Sicherstellung der unterbrechungsfreien Versorgung. Hierbei gilt es den Spagat zwischen der technisch erreichbaren Zuverlässigkeit und der betriebswirtschaftlichen Akzeptanz der Erneuerungs- und Reparaturkosten zu meistern.

Die „N-ERGIE Netz GmbH“ bewirtschaftet, neben der Wasser- und Fernwärmeversorgung der Stadt Nürnberg, große gewachsene Strom- und Gasverteilnetze in Bayern. Vor dem Hintergrund des anhaltenden Kostendrucks auf die Netzbetreiber stellt sich die Frage nach der zukünftigen optimalen Gestaltung dieser Verteilungsnetze. Ausgehend davon befasst sich die vorliegende Arbeit mit der Überprüfung bestehender und der Erarbeitung langfristig optimaler Planungsgrundsätze/Rehabilitationsstrategien für die bestehenden Gasverteilungsnetze. Am Beispiel des 4000 km langen Gasnetzes der N-ERGIE Netz GmbH wird eine praxisorientierte Methode zur Zielnetzplanung vorgestellt. Anhand der bisherigen Schadenshistorie konnten die spezifischen Schadensraten in Abhängigkeit von Rohrmaterial und -alter erstellt werden. Diese bildeten zusammen mit den Netzdaten die Basis für die Asset-Simulation. Die verschiedenen Ergebnisse der Simulations-Varianten wurden hinsichtlich ihrer Realisierbarkeit, ggf. vorhandener Risiken und Abhängigkeiten bewertet.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass nur frühzeitige und kontinuierliche Rehabilitationsmaßnahmen einen sicheren und langfristigen Betrieb von Gasverteilungsnetzen gewährleisten können.

## Die Voraussetzungen für Windenergie in Indien am Beispiel des Bundesstaates Tamil Nadu

**Nessanthan Krishnakumar B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr. Frank Striwe
Zweitprüfer:	Prof. Dr. Markus G. Schwering
Datum des Kolloquiums:	07. August 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Institut für technische Betriebswirtschaft



Indien wächst rasant nicht nur in Hinsicht der Bevölkerung, sondern auch wirtschaftlich. Doch um dieses Wachstum voranzutreiben braucht es Produktionsstandorte, die eine größere Anzahl an Arbeitern beschäftigen können. Diese Produktionsstätte brauchen neben Human Ressourcen vor allem eine funktionierende Energieversorgung.

Die Energieversorgung Indiens wird zu 67 Prozent aus fossilen Energieträgern gewonnen, diese produzieren nicht nur Unmengen an CO<sub>2</sub>- Emissionen, sondern führen durch den entstehenden Smog zu einer Reduzierung der Lebensqualität.

Dabei hat Indien ein gewaltiges Potential an erneuerbaren Energieträgern sei es Wasserkraft, Windkraft oder Solarenergie. Ein Beispiel dafür ist der südlichste Bundesstaat Indiens Tamil Nadu. Dieser Bundesstaat erzeugt rund 40 Prozent seiner Energie aus Windkraft, in ganz Indien liegt der Anteil an erneuerbaren Energien an der Energieversorgung lediglich bei 12 Prozent.

Dabei stellt sich die Frage, welche Bedingungen in Tamil Nadu erfüllt wurden, um einen so großen Anteil an Windenergie zu etablieren.

Das Ziel dieser Ausarbeitung ist die Wettbewerbsfähigkeit Tamil Nadus im Bereich der Windenergie zu analysieren, um daraus Kriterien zu entwickeln, die helfen können Windkraft in anderen Bundesstaaten oder in anderen Schwellenländern zu etablieren.

Zuerst werden die theoretischen Rahmenbedingungen erläutert, dabei handelt es sich um das Diamanten- Modell von Michael E. Porter. Zunächst werden die theoretischen Ansätze vermittelt, wie Wettbewerbsfähigkeit entsteht und welche Determinanten nötig sind, um eigene Stärken und Vorteile dynamisch weiterzuentwickeln. Dabei werden die einzelnen Aspekte des Diamanten- Modell im detailliert erklärt.

Anschließend wird das theoretische Modell in dem Segment der Windenergie angewendet. Zuvor wird der Bundesstaat und das Funktionsprinzip einer Windkraftanlage in Kürze erklärt.



Aus der Anwendung des Diamanten- Modells auf die Windenergiebranche in Tamil Nadu resultierten folgende Kriterien:

- Klimatische und geographische Voraussetzungen sollten vorhanden sein
- Fachkräfte sollten erreichbar sein
- Infrastrukturelle Anbindung zu den Windregionen sollten gegeben sein
- Ein gut ausgebildetes Netzwerk an Zulieferunternehmen ist vorteilhaft
- Nachfrage nach Elektrizität
- Das Stromnetz sollte die Einspeisung aus regenerativen Energiequellen verkraften können
- Staatliche Unterstützung in Form von Abnahme Garantien können bei der Etablierung behilflich sein

## Experimentelle Untersuchung des Mindestanlaufvolumenstroms eines Dachentwässerungssystems mit Druckströmung

**Pascal Lehmler B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Abdullah Öngören
Datum des Kolloquiums:	14. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Geberit International AG, Jona, Schweiz



Die Dachentwässerung mit Druckströmung gehört neben der Freispiegelentwässerung zu den beiden Entwässerungssystemen für Regenwasser. Die Dachentwässerung mit Druckströmung nutzt die geodätische Druckdifferenz zwischen Dachablauf und Übergang zur Freispiegelentwässerung, um selbst mit kleinen Rohrdimensionen eine maximale Leistung zu erzielen.

Diese Arbeit untersucht die Problematik, ob das Anlaufverhalten einen Einfluss auf die Systemfunktion hat und wenn ja, welche Bedingungen für das Eintreten eines solchen Verhaltens erfüllt sein müssen. Die in der DIN 1986-100 genannten Passagen zum Anlaufverhalten sind nicht klar genug definiert und für die Praxis untauglich.

Für die Untersuchung wurde in Anlehnung an die DIN EN 1253-2 ein Prüfaufbau, der in verschiedenen Variationen ausgeführt wird, geschaffen. Damit soll die Reproduzierbarkeit der Messungen und die effiziente Untersuchung der Messung garantiert werden.

In der zurückgezogenen VDI 3806 wurden Anlaufhöhen  $\leq 1$  m vorgeschrieben. Im Rahmen der Arbeit wurden Anlaufhöhen von 1 m bis 0,25 m untersucht. Der Einfluss der Anlagenhöhe wurde deutlich herausgearbeitet, indem die Anlagenhöhen von 4,20 m (nach DIN 1253-2) und 10 m untersucht wurden. Insgesamt wurden vier Rohrdimensionen angeschaut (DN 56, DN 63, DN 75 und DN 90). Für die Rohrennenweite von 56 mm wird zusätzlich die Bogengeometrie genauer betrachtet (90°-Bogen, 2x45°-Bogen, 88.5°-Bogen).

Der harmonische Verlauf der Füllstandkurve in allen Messresultaten lässt auf einen fließenden Übergang von Freispiegelentwässerung zur Dachentwässerung mit Druckströmung schließen. Es konnte kein fixer Punkt ermittelt werden, der die Grenze zwischen Freispiegelentwässerung und Dachentwässerung mit Druckströmung festlegt. In dieser

Arbeit konnte keine Funktionseinschränkung der Anlage bei geringen Wassermengen festgestellt werden.

Außerdem kann die Aussage der DIN EN 12056-3, dass das Rohrsystem vollgefüllt sein muss, um eine Druckströmung schnell genug ausbilden zu können widerlegt werden. Bei gleichem Volumenstrom hat sich gezeigt, dass mit größerer Anlagenhöhe bei einem teilgefüllten horizontalen Rohr eine höhere Saugwirkung an den Messstellen P1 und P2 möglich ist als bei einem vollgefüllten Rohr mit geringerer Anlagenhöhe.

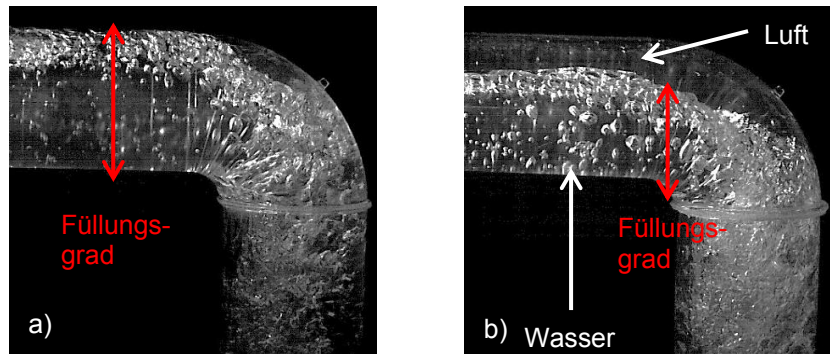


Abbildung 1 – Darstellung des Füllungsgrades bei einem Volumenstrom von 1,75 l/s und einer Anlagenhöhe von a) 4,20 m, b) 10 m

Das Ziel der Arbeit, eine Aussage über das Anlaufverhalten eines Dachentwässerungssystems mit Druckströmung auf Grund der verschiedenen Einflüsse geben zu können, wurde erreicht. Diese Arbeit zeigt, dass Änderungen der Anlagenhöhe, der Rohrenweite und der Bogengeometrie einen Einfluss auf den Druckverlauf und den Abrisspunkt (maximale Systemgrenze) der Anlage haben, jedoch ein Mindestanlaufvolumenstrom nicht festzustellen ist.

## Heizen mit Biomasse - Konzept der Wärmebereitstellung eines Gymnasiums

**Benedikt Leiting B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	30. September 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Landkreis Osnabrück



Biomasse stellt in Deutschland, mit rund 62 % an der Erneuerbaren Endenergie und 88 % an der Erneuerbaren Wärme, den größten Teil der Erneuerbaren Energie.

68,4 Mio. Festmeter Holz werden für die Energieproduktion durch Biomasse im Jahr umgesetzt. Hackschnitzel sind die günstigste Aufbereitungsform von Holz, der Preis lag von 2010 bis 2013 bei ca. 30 Euro/MWh.

Der Landkreis Osnabrück möchte bis 2050 seine Treibhausgas-Emissionen um 95 % und seinen Endenergieverbrauch um 50 % senken. Das Gymnasium Bad Iburg, das in seiner Trägerschaft ist, benötigt 79 kWhth/(m<sup>2</sup>a) Heizwärme, absolut entspricht das 1.700.000 kWh/a. Das Schulgebäude bekam in verschiedenen Abschnitten ein Wärmedämmverbundsystem, eine Dachsanierung, neue Fenster und eine Einzelraumregelung der Heizung. Als weitere potentielle Maßnahme wird die derzeitige Wärmeerzeugung mit Erdgas gegen eine Erneuerung auf Basis von Hackschnitzeln geprüft.

Hackschnitzel-Heizungen werden von 10 kWth bis in den 2-stelligen Megawatt-Bereich eingesetzt. Ihre Brennstofflager müssen groß sein, weil der Heizwert gering ist, wie sich am Bsp. von Fichten-Hackschnitzeln 733 kWh/Srm errechnen lässt. Sie sind heute automatisiert hinsichtlich Brennstoffbeschickung, Zündung, Leistungs-/Feuerungsregelung, Wärmetauscherreinigung und Ascheaustragung. Sie benötigen zudem eine mechanische Brennstoffförderung und eine Entstaubung.

13,9 % der Gesamtkosten lassen sich durch eine Hackschnitzel-Heizung einsparen, wenn beim Vergleich der Wirtschaftlichkeit zwei neue Heizungen, eine mit Hackschnitzeln und eine mit Erdgas (Leistung jeweils 850 kWth), verglichen werden. Die Investitionskosten sind über 18 Jahre bei 4,5 % finanziert und zudem werden verbrauchsge

bundene Kosten, betriebsgebundene Kosten und daraus die Gesamtkosten bestimmt (siehe Tab. 1). Der Hackschnitzelpreis ist 27 €/Srm. Hieraus können die Kosten der Nutzenergie errechnet werden, die 0,0897 €/kWth betragen. Der Erdgaspreis beträgt 0,6434 €/m<sup>3</sup>. Die Kosten der Nutzenergie sind hier 0,1042 €/kWth.

Tabelle 1: Kostenaufteilung

	Erdgas-Heizung	Hackschnitzel-Heizung
Kapitalgebundene Kosten	5 %	22 %
Verbrauchsgebundene Kosten	93 %	68 %
Betriebsgebundene Kosten	2 %	10 %
Gesamtkosten	100 %	100 %

81 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen können durch eine neue Hackschnitzel-Heizung an der Wärmeerzeugung eingespart werden, wenn ihr Anteil 89 % an der Heizwärme ist und der Rest durch die Erdgasheizung gedeckt wird (siehe Tab. 2).

Die Berechnung fußt auf den Emissionsfaktoren nach GEMIS 4.9. Für die Einsparung der CO<sub>2</sub>-Emissionen sind des Weiteren die Jahresnutzungsgrade und der Anteil der Wärmeerzeugung durch Hackschnitzel maßgeblich. Eine nachhaltige Gewinnung der Hackschnitzel wird vorausgesetzt.

Tabelle 2: Einsparung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

	Erdgas-Heizung	Kombinationsbetrieb
Gesamt ab Kessel (Hi)	1.227.846 kWth/a	1.227.846 kWth/a
Anteil Erdgas-Heizungen	100 %	11 %
Anteil Hackschnitzel-Heizung		89 %
Gesamte CO <sub>2</sub> -Emissionen	372.120 t/a	72.281 t/a
Einsparung CO <sub>2</sub> -Emissionen		81 %

Das Beheizen einer Schule mit Biomasse in Form von Hackschnitzeln hat ökonomische und ökologische Vorteile gegenüber dem Einsatz von fossilen Energieträgern. Eine größere und umfangreichere Anlagentechnik und deshalb auch höhere Investitionskosten sind hingegen nachteilig.

## Energetische Bewertung eines pharmazeutischen Produkts auf Fettbasis

**Steffen Linderskamp M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Datum des Kolloquiums:	18. Dezember 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	Dr. August Wolff GmbH & Co. KG - Arzneimittel, Bielefeld



Aufgrund der steigenden Energiekosten, der Endlichkeit der fossilen Energieträger und der Forderung nach Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes wächst die Nachfrage nach Energieeinsparmöglichkeiten. Um mögliche Energieeinsparpotentiale gerade in der Industrie aufdecken zu können, setzten viele Unternehmen betriebliche Energiemanagementsysteme ein. Das Unternehmen Dr. August Wolff GmbH & Co. KG Arzneimittel zieht für die Zukunft die Einführung eines betrieblichen Energiemanagements in Erwägung. Um erste Anhaltspunkte über den Energieverbrauch und dessen Kosten zu erhalten, soll im Rahmen der Masterarbeit das Arzneimittel „Linola Fett Creme“ energetisch bewertet werden. Aufgrund der energieintensiven Herstellung des Produkts, bietet sich dessen energetische Bewertung besonders an.

In erster Linie soll eine Aussage darüber getroffen werden, wie hoch der Energieverbrauch und dessen Kosten für das Unternehmen Dr. August Wolff sind, um eine bestimmte Menge „Linola Fett Creme“ zu produzieren. Anhand von Messungen, die zur Ermittlung des Energieverbrauchs nötig sind, sollen zudem mögliche Energieeinsparpotentiale identifiziert und bewertet werden. Aufbauend auf die Erfassung des gesamten Energieverbrauchs und dessen Kosten soll der kumulierte Energieaufwand (KEA) für das Produkt „Linola Fett Creme“ ermittelt werden, um Verbesserungen in der Prozesskette vorzunehmen und somit den KEA des Produkts zu senken. Dies kann beispielsweise durch den Einsatz anderer Verpackungsmaterialien und Rohstoffe oder durch Veränderungen im Transportsystem realisiert werden. Der KEA stellt die Summe der kumulierten Energieaufwendungen für die Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines Produkts dar.

Im Vorfeld dieser Arbeit war eine intensive Bestandsaufnahme der einfließenden Energieströme in die Produktionslinie der „Linola Fett Creme“ und aller relevanten anlagentechnischen Geräte erforderlich. Dabei war es wichtig, sinnvolle Bilanzräume zu bilden und Fehler durch ausgegrenzte und vernachlässigte Energieströme klein zu halten. Zur Messung des Energieverbrauchs war eine gründliche Grundlagenanalyse der Mess- und Elektrotechnik notwendig. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Messequipments, wurden die Messungen unter idealisierten, stationären Bedingungen durchgeführt.

Durch die Messungen konnten zur Herstellung einer 75 Gramm Tube „Linola Fett Creme“ Energiekosten, einschließlich Trink- und Abwassergebühren ermittelt werden. Des Weiteren konnte anhand der Messungen besonders bei der Dampferzeugungsanlage ein Energieeinsparpotential identifiziert werden. Zur Senkung des KEAs wäre eine Änderung des Verpackungsmaterials von Aluminium auf Kunststoff energetisch gesehen sehr sinnvoll.

### 3. Bilanzraum: Kumulierter Energieaufwand (KEA) Produkt "Linola Fett Creme"

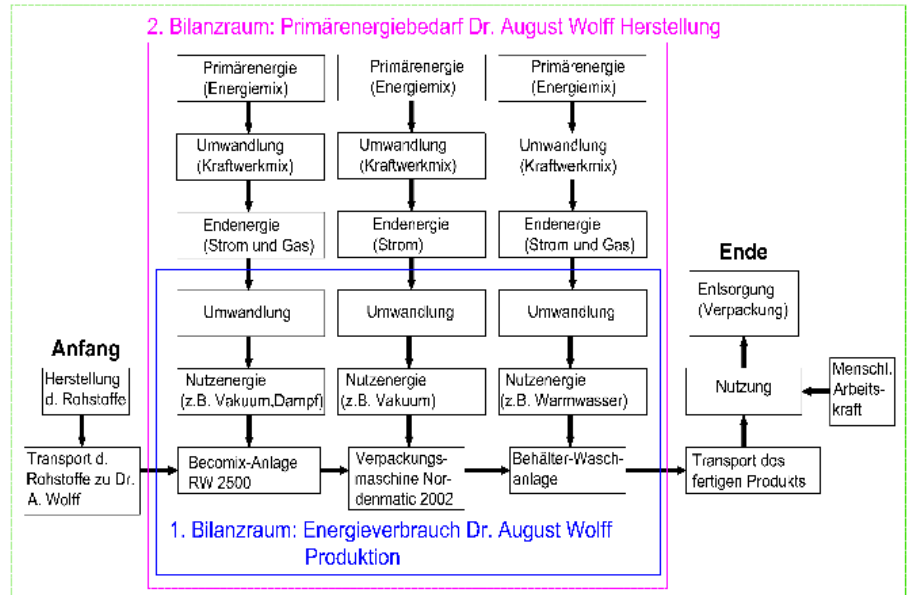


Abbildung: Bestimmung der Bilanzräume für die „Linola Fett Creme“

**David Löwenberg B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker  
 Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Peter Hollenbeck M.Eng

Datum des Kolloquiums: 19. Januar 2015

Studium: Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelt-  
 technik

Studienrichtung: Energietechnik

Laborbereich: Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung



Die zeitlichen Verläufe von elektrischen Strömen und Spannungen können von der idealen Sinus – oder Kosinusschwingung abweichen, wenn sie verzerrt werden. Insbesondere nichtlineare Verbraucher verursachen diese Verzerrungen. Diese Abweichung der Strom – und Spannungsschwingung kann u. a. zu übermäßiger Beanspruchung der Betriebsmittel im Netz führen. Dies führt letztendlich zu Störungen und den damit verbundenen Betriebsausfällen, irreversiblen Schädigungen oder sogar zu Bränden.

Die abweichenden periodischen Schwingungen des Stroms und der Spannung können in Harmonische zerlegt werden, d. h. in viele verschiedene periodische Sinus – oder Kosinusschwingungen. Diese Harmonischen haben jeweils unterschiedliche Frequenzen und Amplituden und bilden als Summe wieder die Ausgangsschwingung. Eine Schwingung besteht aus der Grundschwingung, das entspricht der ersten Harmonischen, und vielen Oberwellen bzw. Oberschwingungen, die jeweils Harmonische höherer Ordnung darstellen. Dabei ist es meistens so, dass die Oberschwingungen mit wachsender Ordnung in ihrer Amplitude stets kleiner und in ihrer Frequenz stets schneller, also größer, werden. Eine Schwingung ohne Oberwellen entspricht einer unverzerrten Schwingung. Über die Kenngröße des THD lässt sich das Maß der Verzerrung einer Schwingung darstellen. Je höher der THD, desto größer ist die „Verunreinigung“ der Strom – oder Spannungsschwingung.

In dem durchgeführten Versuch wurden durch zwanzig Energiesparlampen Oberschwingungen erzeugt. Mit Hilfe eines Filters wurden diese und damit der THD reduziert. Dazu wurde der Filter dem Verbraucher parallel geschaltet. Er besteht aus einem Kondensator und einer Drossel, die speziell für die dritte Harmonische Schwingung ausgelegt waren, weil genau diese Schwingung reduziert werden sollte. Die Auslegung erfolgte u. a. mit der Thomsonschen Schwingungsgleichung. Außerdem wurden Trenntransformatoren eingesetzt, um die Störeinflüsse des Netzes aus dem Versuch fern zu halten.

Als Ergebnis des Versuches konnten die Verzerrungen der Stromschwingung ( $THD_I$ ) um mehr als die Hälfte reduziert werden und die Größe der dritten Oberschwingung um mehr als 75% reduziert werden.



## Stagnationsvermeidung bei solarthermischen Großanlagen. Theoretische Betrachtung von regelungstechnischen und thermodynamischen Maßnahmen sowie deren Einbindung in das System und Überlegungen zur Umsetzung eines Versuchsaufbaus in einer bestehenden Anlage.

**Dominik Mesenhöler B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Dipl.-Ing. Rainer J. Bubacz

Datum des Kolloquiums:

16. September 2014

Studium:

Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik

Studienrichtung:  
Laborbereich:

Gebäudetechnik  
Haus- und Energietechnik

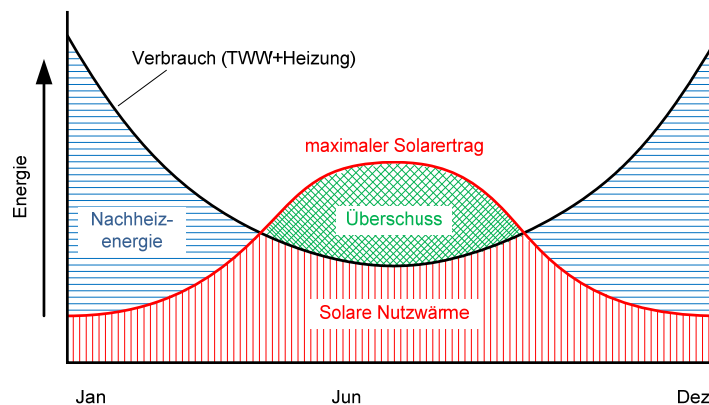
In Kooperation mit:

Bosch Solarthermie GmbH, Wettringen



Die Energienutzung ist ein Bestandteil aller Herstellungsprozesse von Dienstleistungen und Wirtschaftsgütern sowie der einfachen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung eines Einfamilienhauses. Im Wesentlichen wird der weltweite Energiebedarf durch die fossilen Energieträger Öl, Erdgas und Kohle sowie die Kernenergie gedeckt. Diese Energiereserven sind begrenzt und können nicht erneuert werden.

Die Kraft der Sonne ist eine unendliche Energiequelle, die wir dank der modernen Technik immer stärker nutzen wollen. Leider steht uns diese Quelle nicht immer zur Verfügung. Wie man der folgenden Abbildung entnehmen kann ist aufgrund fehlender Heizlast im Sommer ein Überschuss an solarer Energie vorhanden. Zu diesen Zeiten kann es zu einem Stillstand (Stagnation) der Solaranlage kommen.



Ebenfalls kann durch einen Stromausfall oder einen technischen Defekt die Solaranlage stagnieren.

Die Stagnation ist der Anlagenzustand, bei dem im Kollektorkreis kein Wärmeträger zirkuliert und die absorbierte, in Wärme umgewandelte Strahlungsenergie nicht an einen Speicher oder eine Wärmesenke abgeführt wird (VDI 6002 Blatt 1). Während dieses Prozesses werden die folgenden fünf Phasen durchlaufen.

1 – Flüssigkeitsausdehnung, 2 – Verdrängen des Fluids aus dem Kollektor durch erste Dampfbildung, 3 – Sieden der nicht entleerten Restflüssigkeit,

4 – Aufkonzentration der Restflüssigkeit und Dampfüberhitzung und 5 – Wiederbefüllen des Kollektors. Schäden an Anlagenkomponenten, das Abblasen des Wärmeträgers über das Sicherheitsventil oder die Degradation und das Auscracken des Wärmeträgers können stagnationsbedingte Folgen sein.

Ein Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, verschiedene Maßnahmen zu erläutern und deren Funktionalität bei solarthermischen Großanlagen zu überprüfen um die Stagnation vermeiden zu können.

Die möglichen Maßnahmen zur Stagnationsvermeidung werden in drei Bereiche eingeteilt regelungstechnische, thermodynamische und konstruktive Maßnahmen.

Regelungstechnische Maßnahmen können meist ohne einen umständlichen und teuren Eingriff in die Hydraulik integriert werden. Hierzu zählen beispielsweise die Funktionen Stagnationsreduzierung oder die Urlaubsfunktion. Thermodynamische Maßnahmen beinhalten zusätzliche Komponenten, die in die Solaranlage integriert werden müssen. Hierzu zählen Betriebsparameteränderungen und Rückkühler. Hinzu kommt deren Regelung, die mit Hilfe von thermischen oder elektrischen Bauteilen umgesetzt werden. Konstruktive Maßnahmen sind bauseitige Änderungen mit einem großen Aufwand wie das Drain-Back System oder auch das Austauschen des Kollektorglases, welches sich verdunkeln lässt. Schneller hingegen ist die nachträgliche Anbringung von Folien, die nach demselben Prinzip funktionieren.

Das zweite Ziel der Arbeit ist die Überlegung, einen Versuchsaufbau in eine bestehende Anlage zu integrieren. Welche Bauteile und Messeinrichtungen werden benötigt? An diesem Versuchsstand sollen in späteren Versuchen sowie Arbeiten die Funktion und Effektivität von Kühlern und verschiedene Regelungsalgorithmen getestet werden. Eine einfache und schnelle Montage der Stagnationskühler, mit kostengünstigen Materialien und einer sicheren Stagnationsvermeidung sind weitere Ziele.

## Entwicklung eines Tools zur Abschätzung von Energieeinsparpotenzialen in Nichtwohngebäuden

**Alexander Meyer B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Stefan Griese B.Eng
Datum des Kolloquiums:	27. Februar 2015
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus und Energietechnik
In Kooperation mit:	DEOS Gebäudeautomation GmbH, Rheine



In den vergangenen Jahren entwickelte sich ein Trend in der Gesellschaft. Ein Trend, der sich mit der Thematik der Energieeffizienz und erhöhtem Umweltbewusstsein befasst. Ausgelöst durch das Kyoto-Protokoll. Grund dafür sind die hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen und die in absehbarer Zeit zu Neige gehenden Energieressourcen. Nachhaltigkeit und Effizienz sind Begriffe, die täglich in den Medien, Politik und Wirtschaft eine große Rolle spielen. Das Bewusstsein für die Notwendigkeit eines verantwortungsvollen Umgangs mit Energieressourcen scheint sich nach und nach in den Köpfen der Verbraucher zu etablieren. Erste Schritte in die richtige Richtung wurden bereits seitens der Politik mit entsprechenden Energieeinsparverordnungen getan. Die Verantwortung für deren Umsetzungen obliegt im Weiteren der Bundesregierung.

Auch die Wirtschaft hat die Vorteile der Energieeffizienz und die damit einhergehenden, teils enormen Einsparpotenziale, beispielsweise für Arbeits- und Produktionsprozesse, erkannt. Aber auch in Marketingstrategien wird der Trend um den Energie-Hype aufgegriffen. Energielabel für Kühlschränke, Küchengeräte oder Hi-Fi-Produkte, die dem Kunden eine verhältnismäßig große Energieeffizienz garantieren, sind schon seit Jahren gängige Praxis. Toaster, Mixer, Herde und andere Haushaltsgeräte sind jedoch verhältnismäßig geringe Energieabnehmer verglichen mit dem Gesamtenergiebedarf von Gebäuden. Speziell die Nichtwohngebäude, wie Schulen, Sporthallen, Lagerhallen oder Bürokomplexe bieten zum Teil enorme Einsparpotenziale. Allerdings liefern die dafür vorhandenen Ansätze der Gebäudeenergieausweise selten die nötige Transparenz und die Erstellung derselben ist oft zeit- und kostenintensiv.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Konzept entwickelt, das dem Anwender in einem zeitlich vertretbaren Rahmen eine überschlägige Abschätzung über den Gesamtenergiebedarf des ausgewählten Nichtwohngebäudes und dessen mögliche Einsparpotenziale erlaubt. Es ist ein Tool in Form einer Excel-Arbeitsmappe entstanden, dessen Grundlage aktuelle Normen, Verordnungen und Richtlinien, sowie Statistiken und Erfahrungswerte sind. Weiterhin war die Anwendung und Überprüfung des Tools an einem Nichtwohngebäude der Stadtwerke Rheine Gegenstand der Arbeit.

Im Rahmen einer Ortsbegehung gelang die schnelle, strukturierte Erfassung des gewählten Nichtwohngebäudes. Wenige Tage danach konnten in einem Nachtreffen mit den Stadtwerken Rheine überschlägig errechnete Ergebnisse präsentiert werden. In einem positiven Feedback bestätigten daraufhin die Stadtwerke Rheine die Plausibilität dieser Werte. Eine hinreichend genaue Abschätzung des Gesamtenergiebedarfs eines Nichtwohngebäudes mittels des entwickelten Tools, war damit innerhalb kürzester Zeit gelungen.

In den letzten Jahren zeigte sich, dass bei den zahlreich durchgeführten, energetischen Optimierungen an der Fachhochschule Münster, die größten Einspareffekte durch das Eingreifen in Regelalgorithmen oder Nachrüsten von MSR-Technik erzielt wurden.

Vor diesem Hintergrund, könnte dieses Tool zu einem hervorragenden Instrument werden, um im Rahmen von Beratungsgesprächen einem interessierten Kunden aufzuzeigen, welche Einspareffekte durch optimierte und nachgerüstete Mess- und Regelungstechnik erreichbar sind.

## Energetische Analyse und Sanierung von Bürogebäuden – Am Beispiel des Broker & Office Center in Frankfurt am Main

**Leon Meyer B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	03. November 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energietechnik
In Kooperation mit:	Bilfinger HSG Facility Management GmbH, Neu-Isenburg



Im Rahmen der Bachelorarbeit wird ein Bürogebäude in Frankfurt am Main auf energetische Schwachpunkte in den Gewerken Wärme, Kälte und Beleuchtung untersucht. Ziel der Ausarbeitung ist ein Energiekonzept, das den bestehenden Komfort nicht einschränkt und dennoch eine Reduzierung der Energiekosten ermöglicht.

Die Ermittlung des Energiebedarfes von Gas und Strom erfolgt über die Auswertung der monatlichen Zählerstände. Dabei fällt auf, dass es durch einen Kantinenbetrieb zu einem ganzjährigen Wärmebedarf kommt. Daneben wird die bestehende Anlagentechnik aufgenommen und bewertet. Die Wärmeerzeugung kann als modern, aber überdimensioniert bewertet werden. Die Kälteerzeugung wirkt annehmbar. Die Beleuchtung hingegen erweist sich als veraltet und energieineffizient.

Um die überdimensionierte Wärmeversorgung vor allem in den bedarfsarmen Sommermonaten zu entlasten, werden mehrere Konzepte zur Grundlastversorgung technisch und kaufmännisch verglichen. Dabei erweist sich ein Kraft-Wärme-Kopplungskonzept als sinnvollste Alternative. Durch die zusätzliche Berücksichtigung der Kälteversorgung kann dieses Konzept erweitert werden. Das ausgearbeitete Konzept sieht den Einbau eines Blockheizkraftwerkes mit angeschlossener Absorptionskältemaschine vor.

Bei der energetischen Optimierung der Beleuchtung wird neben einer Erläuterung über die technischen und wirtschaftlichen Vorteile von LED-Leuchtmitteln auch über eine Reduzierung der Beleuchtungsdauer nachgedacht. Im Ergebnis wird eindrucksvoll aufgezeigt, dass die LED-Technologie der klassischen Quecksilberdampfbeleuchtung (Energiesparlampen) energetisch mittlerweile deutlich voraus ist. Allerdings wird ebenfalls darauf verwiesen, dass für eine optimale Auslegung der Beleuchtung jeder Fall separat zu betrachten ist.

In der Schlussbetrachtung werden die Auswirkungen der aufgeführten Maßnahmen auf die Energiekosten mit den bisherigen Kosten für Strom und Gas verglichen und weitere mögliche Maßnahmen aufgezeigt.

## Anwendungen und Möglichkeiten der Pinch-Analyse zur energetischen Optimierung von Systemen mit heterogenen Wärmeströmen

**Sören Möller M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Datum des Kolloquiums:	09. März 2015
Studiengang:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Fachhochschule Münster



Steigende Energiepreise und ein Umdenken in der Gesellschaft haben dazu geführt, dass Energie nicht mehr als selbstverständliche Ressource, sondern als Aufgabe verstanden wird. Themen wie Energieeffizienz und regenerative Energiequellen führen zu innovativen und wachsenden Geschäftsfeldern. Die Entwicklung und Realisierung produktspezifischer Effizienzmaßnahmen hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht, wohingegen die Systemintegration als Effizienz steigerndes Werkzeug nur in Einzelfällen wahrgenommen wird. Ein Grund ist sicherlich die erhöhte Komplexität der Problemstellung die mit der Prozessintegration einhergeht. Als potenzieller Lösungsansatz wurde in dieser Arbeit eine von Bodo Linnhoff entwickelte Methodik vorgestellt, die die Grundlagen der Thermodynamik aufgreift und versucht durch die richtige Balance zwischen praktischer Anwendbarkeit und wissenschaftlich richtiger Darstellung von Prozessen eine effiziente Planungshilfe für die Entwicklung von sowohl energetisch, als auch wirtschaftlich optimalen Wärmeübertragernetzwerken darzustellen. Die aktuell durch eine große Anzahl an Autoren aufgegriffene Idee dieser Methodik ist unter dem Namen Pinch-Analyse insbesondere in der chemischen Verfahrenstechnik bekannt.

Der Einstieg in die Pinch-Analyse erfolgt über die Erhebung relevanter Daten. Aus den betrachteten Prozessen bzw. aus dem betrachteten System werden die Kennwerte aller für den Betrieb notwendigen Wärmeströme abstrahiert und in einer standardisierten Massenbilanz dokumentiert.

Anschließend erfolgt die Konstruktion von Summenkurven in einem  $\Delta H/T$ -Diagramm, indem die erfassten Wärmeströme entsprechend ihrer Art, heiß oder kalt, aufaddiert werden. Diese Summenkurven lassen sich separat oder als große Summenkurve (grand composite curve) darstellen. Die Verschiebung der Summenkurven im Diagramm beschreibt unterschiedliche Systemzustände in Abhängigkeit von einer minimalen Temperaturdifferenz  $\Delta T_{min}$ . Diese drückt die bleibende Temperaturdifferenz in einem Wärmeaustauschprozess aus, die aufgrund limitierter Wärmeübertragerfläche bestehen bleibt. Somit verhält sich  $\Delta T_{min}$  antiproportional zur Wärmeübertragerfläche, jedoch pro-

portional zu den Investitionskosten, da diese mit steigender Wärmeübertragerfläche ebenfalls steigen. Aus diesem Zusammenhang lässt sich eine wirtschaftliche und energetische Zielwertfindung ermitteln, die als Gesamtkostenfunktion ein Minimum aufweist. Dieses Minimum entspricht der idealen minimalen Temperaturdifferenz des Wärmeübertragungssystems, der sogenannten Pinch-Temperatur.

Unter zur Hilfenahme der ermittelten minimalen Temperaturdifferenz und der Summenkurven kann ein wirtschaftlich optimales Wärmeübertragernetzwerk erstellt werden. Neben der minimalen Kühl- und Heizleistung des Systems stellt das Ergebnis der Pinch-Analyse auch die im System vorherrschenden Temperaturen dar, sodass eine bedarfsorientierte Dimensionierung von Hilfsanlagen bzw. Utilities erfolgen kann.

In der Industrie hat die Pinch-Analyse in der chemischen Industrie Fuß gefasst. Die Möglichkeit, diese auch auf andere Industriezweige anzuwenden bzw. die Methodik als Werkzeug der Prozessintegration für Industriegebiete zu nutzen, ist gegeben. Da insbesondere die Wärme-Pinch-Analyse systemunabhängig ist, da lediglich die prozessbedingten Wärmeströme betrachtet werden, ist diese für alle Systeme mit heterogenen Wärmeströmen einsetzbar. Das beinhaltet also auch die Gebäudetechnik. Jedoch ist die Wirksamkeit der Pinch-Analyse vom Energiebedarf des betrachteten Systems abhängig. Je größer und differenzierter ein System ist, desto größer ist das Energieeinsparpotenzial durch Prozessintegration. Daher ist die Pinch-Analyse in erster Linie für große Liegenschaften und Gebäudekomplexe geeignet, die über einen entsprechend heterogenen Wärmebedarf verfügen. Der Wärme- bzw. Kältebedarf von kleinen Gebäuden, wie beispielsweise Wohngebäuden, beschränkt sich in der Regel auf die Bereitstellung von Raumwärme bzw. -kälte und Warmwasser. Innerhalb dieses Systems sind die Möglichkeiten der Prozessintegration aufgrund der geringen Anzahl und Leistung der Wärmeströme stark beschränkt. Somit kommt die Pinch-Analyse für den reinen Wohnungsbau nicht in Betracht. Jedoch kann die Analyse eines Quartieres als möglichst heterogener Gebäudegruppe ein Gesamtenergieeinsparpotenzial aufweisen, welches eine Betrachtung durch die Pinch-Methodik durchaus sinnvoll macht. Außerdem gibt es im Gegensatz zur industriellen Anwendung keine Referenzen, in denen die Pinch-Analyse in der Gebäudetechnik eingesetzt wurde. Es empfiehlt sich also die Einsetzbarkeit der Pinch-Analyse für ein heterogenes Quartier zu prüfen.

## Notwendige Tätigkeiten zur Betriebsführung des Stromnetzes in Warendorf

### Mirko Mühlenschulte B.Eng.

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Zweitprüfer:	Urs Reitis M.Eng., Technischer Leiter der Stadtwerke Warendorf GmbH
Datum des Kolloquiums:	22. Dezember 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Elektrotechnik und Elektrizitätsversorgung
In Kooperation mit:	Stadtwerke Warendorf GmbH, Warendorf WEV Warendorfer Energieversorgung GmbH, Warendorf



Die Stadtwerke Warendorf GmbH sowie die WEV Warendorfer Energieversorgung GmbH verfügen über große Erfahrung in der Betriebsführung von Wasser- und Gasnetzen. Seit dem 01. Januar 2014 ist das Stromnetz im Besitz der WEV, die Betriebsführung jedoch weiterhin in der Hand der Westnetz GmbH. Ab dem 01. Januar 2017 soll die Betriebsführung aus eigener Hand erfolgen. Im Rahmen dieser Übergangsphase soll im Unternehmen „Know-How“ aufgebaut werden. Dazu ist es neben der Einstellung neuer qualifizierter Mitarbeiter notwendig, die zukünftigen Tätigkeiten, die zur Betriebsführung des Stromnetzes notwendig sind, zu ermitteln und zu dokumentieren.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurden die zukünftigen Tätigkeiten mit Hilfe des Regelwerkes ausgearbeitet und auf die Unternehmensbelege angepasst, wobei sich die Bachelorarbeit auf die Betriebsführungs- und Instandsetzungstätigkeiten konzentriert. Im Einzelnen sind diese:

- die Netzführung nach dem technischen Sicherheitsmanagement S 1000,
- die Instandhaltung des Ortsnetzes,
- die Instandhaltung des Freileitungsnetzes,
- die Erst- und Wiederholungsmessungen im Versorgungsnetz,
- die Netzschutzmaßnahmen und
- der Messstellenbetrieb.

Zur Erarbeitung dieser Tätigkeiten wurden mit Hilfe der anerkannten Regeln der Technik (VDE-Normen, DIN-Normen, etc.) alle notwendigen Arbeiten betrachtet und das Vorgehen praxisnah dokumentiert. Die strukturierten Arbeitsanweisungen sollen bei der Umsetzung der geforderten Tätigkeiten helfen.

In Zusammenarbeit mit der Betriebsstelle der Westnetz GmbH in Warendorf wurde eine Inspektion und Wartung einer Ortsnetzstation sowie ein Austausch eines Holzmastes durchgeführt. Die dort gewonnenen Eindrücke, Erkenntnisse und Erklärungen, aber auch eigene Berufserfahrung, sind ein grundlegender Bestandteil der Bachelorarbeit und somit auch der praxisnahen Dokumentation.



## Anforderungen und technische Umsetzungsmöglichkeiten eines internationalen Spülkastens mit besonderer Betrachtung der Spülmengen

Yi Nie B.Eng.

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Martin Krabbe

Datum des Kolloquiums: 29. August 2014

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

In Kooperation mit: TECE GmbH, Emsdetten



Die unterschiedliche Keramik mit dem frei kombinierbaren Wandeinbau-Spülkasten benötigt ungleich viel Spülwasser. In einen Spülkasten gibt es viele Einflussgröße auf die Spülmenge, zum Beispiel das Füllventil, das Ablaufventil und soweit. In den Grundlagen werden die Faktoren beschrieben und diskutiert

In meiner Bachelorarbeit kann man sehen, wie das Ablaufventil funktioniert und damit die Spülmenge beeinflusst.

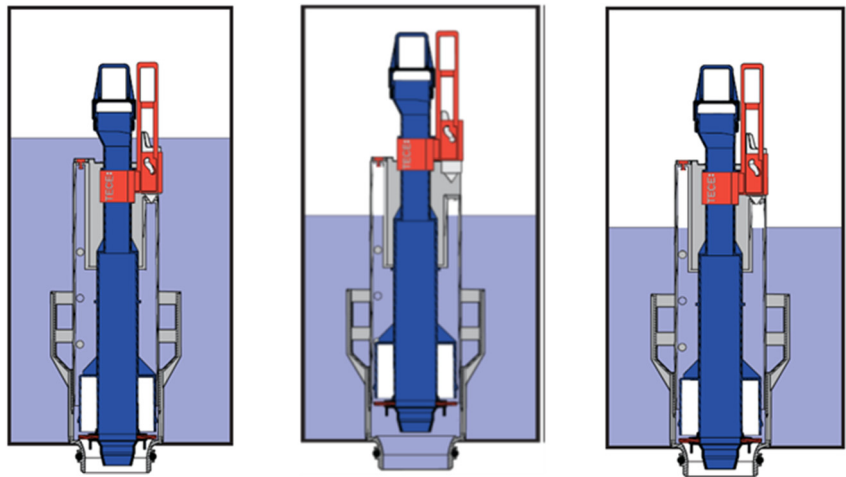


Abb.1 – Funktionsprinzip für die Teilspülung

Um einen internationalen Spülkasten zu entwickeln danach werden in diese Bachelorarbeit die verschiedenen Anforderungen von den Gesellschaften (Europa, China, USA, Australien, Singapur und einige Sanitärkeramik Hersteller) verglichen.

Die Unterschiede und Gemeinsamkeiten von den Anforderungen kann man in folgendem Bild zusammenfassen:

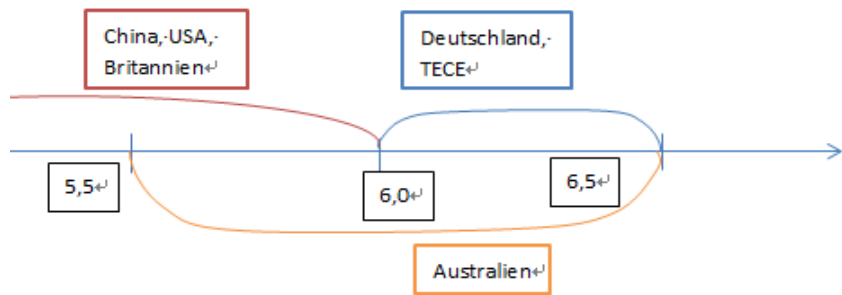


Abb.2 – Die Anforderung für die Vollspülung für 6/3 L Spülkasten

Für 4,5 L Spülkasten besteht keine Gemeinsamkeit in allen Anforderungen, aber diese Anforderungen können in 3 gemeinsame Bereiche (4,0 – 4,5 L; 4,3 – 4,7 L und 4,5 – 5,0 L) geteilt werden. Wenn man die 3 Möglichkeiten mit einem Spülkasten wählen kann, dann ist der Spülkasten für die Welt geeignet. Außerdem muss man auch für die Teilsplüfung 2 Möglichkeiten (2,8 – 3,0 L und 3,0 – 3,2 L) vorbereiten. Für andere Nennvolumen für Spülkasten kann man auch die Anforderungen in der Bachelorarbeit ersehen.

Zusätzlich schreibt die Bachelorarbeit auch 2 Vorschläge für den internationalen Spülkasten. Man kann die neuen Bohrungen auf das Ablaufventil einstellen, damit wird ein neues Spülvolumen für die Vollspülung verbraucht. Die zweite Methode ist die Aufhängung von einigen Büchsen auf der Innerwand des Spülkastens.

## Theoretische und praktische Betrachtung des Warmwasserbedarfs am Beispiel von Pflegeheimen zur Auslegung der Trinkwassererwärmungsanlage

**Marius Nienaber B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Dipl.-Ing. (FH) Daniel Risse

Datum des Kolloquiums:

22. September 2014

Studium:  
Studienrichtung:  
Laborbereich:

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

In Kooperation mit:

Goldbeck Nord GmbH, Bielefeld



Die Qualität der Trinkwassererwärmung und der Warmwasserbedarf spielen in der heutigen Zeit eine immer größer werdende Rolle. Zum einen steigen die persönlichen Komfortansprüche, sodass Warmwasser jederzeit, in ausreichender Menge und in der gewünschten Temperatur zur Verfügung stehen muss. Auf der anderen Seite soll die Trinkwassererwärmungsanlage wirtschaftlich, energetisch und hygienisch betrieben werden. Diese Ansprüche des Nutzers und Betreibers an die Warmwasserbereitung können nur erreicht werden, wenn das Trinkwassererwärmungssystem bedarfsgerecht dimensioniert ist.

Das Unternehmen Goldbeck konzipiert, baut und betreut seit vielen Jahren Pflegeimmobilien. Pflegeheime sind wohnungsähnliche Gebäude, bei denen keine allgemeine Annahme für den Warmwasserbedarf getroffen werden kann. Außerdem liegt kein normiertes Verfahren vor, das die Bestimmung des Warmwasserbedarfs von Pflegeheimen beschreibt. Es muss durch Erfahrungswerte, Messungen und eigene Annahmen die Größe des Trinkwassererwärmungssystems bestimmt werden.

Diese Arbeit befasst sich mit der theoretischen und praktischen Betrachtung des Warmwasserbedarfs am Beispiel von Pflegeheimen zur Auslegung der Trinkwassererwärmungsanlage. Dazu wurde der tatsächliche Warmwasserbedarf von zwei Pflegeheimen durch Ultraschall-Durchflussmessgeräte ermittelt und mit dem theoretischen Bedarf verglichen. Ziel dieser Arbeit ist es, die Auslegung des Warmwasserbedarfs von Pflegeheimen zu beschreiben und durch den Vergleich der theoretischen und praktischen Bedarfsanalyse wichtige Erkenntnisse für die Auslegung für vergleichbare Pflegeimmobilien zu gewinnen.

Es wurde festgestellt, dass der Warmwasserbedarf für Pflegeheime häufig zu hoch angenommen wird. Das liegt zum einen daran, dass kein normiertes Verfahren zur Dimensionierung der Trinkwassererwärmungsanlage vorliegt und von dem Planer eigene Annahmen getroffen werden müssen. Zum anderen wird der Warmwasserverbrauch von den Speicherherstellern in den Planungsunterlagen und Auslegungsverfahren viel zu hoch angenommen. Das hat zur Folge, dass die Trinkwassererwärmungsanlage überdimensioniert wird. Die falsche Auslegung setzt sich zusammen aus der mangelnden Kenntnis

über das Verbrauchsverhalten des Nutzers und einem „Sicherheitszuschlag“ des Planers bei der Dimensionierung. Zusätzlich werden von dem Betreiber oder Nutzer durch ein „Sicherheitsdenken“ mehr Zapfvorgänge angegeben als tatsächlich nachher im Betrieb vorliegen. Höhere Anschaffungs- und Betriebskosten, sowie hygienische Probleme sind die Konsequenz.

Die Messungen haben gezeigt, dass die Bedarfsprofile von Pflegeheimen sehr ähnlich sind. Die Zeiträume der Entnahmen und der Warmwasserverbrauch sind nahezu identisch. Durch weitere Untersuchungen von Pflegeheimen kann auf Basis der Summenlinie ein normiertes Verfahren für die Auslegung der Trinkwassererwärmungsanlage erstellt werden.

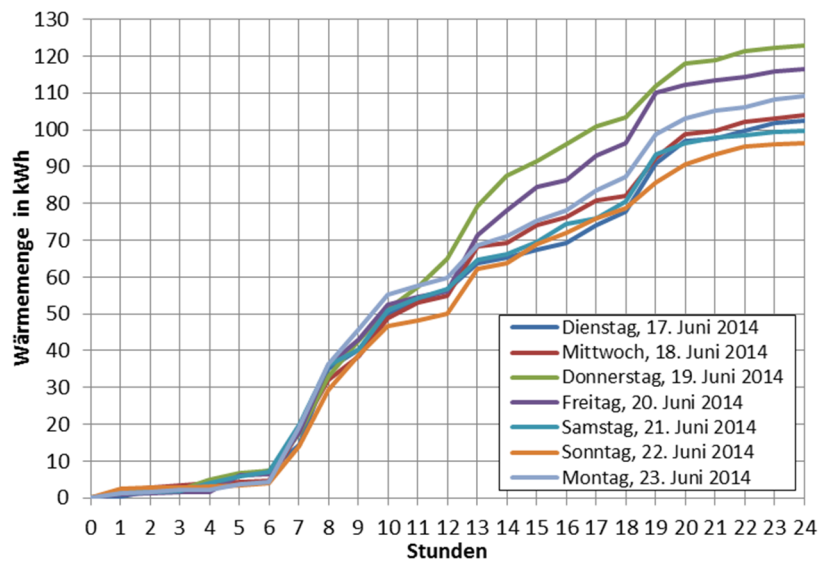


Abb.: Summenlinien im Wärmeschaubild von einem gemessenen Pflegeheim in der Zeit vom 17.06 bis 23.06.2014

## Erarbeitung eines Wärmeversorgungssystems für die Umgestaltung eines Objektes von einer Fabrik in ein Büro- und Wohngebäude

**Julian Pickhard B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Tobias Ausländer M.Sc.
Datum des Kolloquiums:	27. März 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	inanno - Ingenieurbüro Andreas Nolte, Paderborn



Durch den kontinuierlich wachsenden Bedarf an Energie wird das natürliche Vorkommen an fossilen Energieträgern immer geringer. Dies verursacht einen stetigen Anstieg der Energiekosten, sodass die umsichtige Auswahl des installierten Heizungssystems in Bezug auf eine ökonomische Versorgung immer wichtiger wird. Ein steigendes Umweltbewusstsein und das Bestreben einer nachhaltigen Nutzung von Energie tragen zu einer Veränderung der Wärmeversorgung bei. Die Versorgung mit Wärmeenergie wird zunehmend unabhängig von fossilen Brennstoffen realisiert. Durch den Einsatz von regenerativen Energien wie Erdwärme, Solarthermie oder Biomasse werden fossile Energieträger ersetzt. Für sämtliche Gebäude sollte eine individuelle Betrachtung der ökonomischen und ökologischen Kennwerte in Bezug auf die Wärmeversorgung durchgeführt werden. Auf dieser Grundlage kann ein wirtschaftliches und nachhaltiges Wärmeversorgungssystem ausgewählt werden.

Eine Auslegung des Heizsystems nach diesen Gesichtspunkten ist im Wohnungsbau in Bezug auf eine Vermietung oder einen Verkauf zu einem entscheidenden Argument geworden. Für ein Unternehmen bedeutet die entsprechende Auswahl eine Aufwertung der öffentlichen Darstellung und eine enorme Kostenersparnis. Besonders beim Verkauf oder der Vermietung eines Gebäudes spielen die monatlichen Nebenkosten eine entscheidende Rolle für eine positive oder negative Entscheidung. Hierbei sind primär die Kosten der Heizungsversorgung des Gebäudes von den baulichen Gegebenheiten abhängig. Neben der Gebäudedämmung ist auch das installierte Heizungssystem für die anfallenden Betriebskosten verantwortlich.

Für diese Bachelorarbeit wurde die Wärmeversorgung der ehemaligen Lohmann-Werke in Bielefeld nach der Umgestaltung näher betrachtet. Der bestehende Fabrikkomplex wird zu einem modernen Wohn- und Bürogebäude in Loftbauweise umgebaut. Das Ziel der Bachelorarbeit ist die Empfehlung eines Wärmeversorgungssystems auf der Grundlage von zuvor festgelegten ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. Mit Hilfe einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung werden die einzelnen Kennwerte der unterschiedlichen Heizsysteme ermittelt. Zur begründeten Empfehlung eines Wärmeversorgungssystems wer-

den die berechneten ökonomischen und ökologischen Parameter gegenübergestellt und miteinander verglichen.

Das bestehende Objekt wird komplett entkernt und nach heutigem Standard grundlegend saniert. Nach der Sanierung ergeben sich für das neu gestaltete Wohn- und Bürogebäude niedrigere Heizlasten, sodass die Wärmeversorgung des Gebäudes ebenfalls komplett erneuert wird. Außerdem werden die Heizkörper im gesamten Gebäude durch ein Flächenheizsystem ersetzt. Eine Abluftanlage mit kontrollierter Nachströmung über Fensterventile wird neu installiert.

Für die Wärmeversorgung der ehemaligen Lohmann-Werke nach der Sanierung wurden unterschiedliche Heizungskonzepte erarbeitet. Als Grundlage für diese Konzepte wurden die örtlichen Begebenheiten und die Vorgaben des Bauherrn beachtet. Dazu zählen sowohl die ökonomischen und ökologischen Aspekte als auch ein hoher Komfort bei dem Betrieb der Heizungsanlage. Eine statische Heizlastberechnung und eine Ermittlung des Nutzenergiebedarfs wurden durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurden mehrere Konzepte zur Wärmeversorgung des Gebäudes sowohl mit fossilen als auch mit regenerativen Energien erstellt. Als Heizungsanlage mit fossilem Brennstoff wurde beispielsweise eine Gasbrennwertheizung ausgewählt. Im Weiteren wurden die Varianten eines Gas-Brennwertkessels in Kombination mit einer solarthermischen Anlage beziehungsweise eines Blockheizkraftwerks berücksichtigt. Für die Versorgung der ehemaligen Lohmann-Werke mit erneuerbarer Energie wurde ein Heizkessel mit der Befeuerung durch Pellets beziehungsweise der Kombination aus Pellets und Scheitholz betrachtet. Eine weitere Variante stellt die Fernwärmeversorgung durch die Stadtwerke Bielefeld mit einer Kombination aus fossiler und regenerativer Energie dar.

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden die Gesamtjahreskosten unter der Berücksichtigung der Investitionskosten und der jährlichen Betriebskosten bestimmt. Der Verbrauch an End- und Primärenergie wurde ebenfalls berechnet, um somit den entstehenden Ausstoß an Kohlenstoffdioxid festzustellen. Zum Vergleich der einzelnen Heizsysteme wurden die unterschiedlichen Konzepte einander gegenübergestellt. Dabei wurden die positiven und negativen Aspekte der Heizsysteme für eine begründete Empfehlung aufgezeigt. Als Wärmeversorgungssystem für die ehemaligen Lohmann-Werke wurde die Fernwärmeversorgung durch die Stadtwerke Bielefeld ausgegeben. Dieses Heizsystem stellt einen Kompromiss in Bezug auf die Ökonomie und Ökologie der Wärmeversorgung des Gebäudes dar. Im Weiteren zeichnet die Fernwärmeversorgung einen hohen Komfort beim Betrieb und der Bedienung der Heizungsanlage aus. Als Alternative zur Fernwärme lässt sich ebenfalls die regenerative Wärmeversorgung durch einen Pelletkessel empfehlen. Der Betrieb dieser Heizungsanlage erfordert allerdings einen höheren personellen Aufwand und einen Brennstofflagerraum.

## Konzeptentwicklung zur Optimierung der kommunalen Abwasserreinigungsanlage in Saerbeck

**Nils Polnik B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Datum des Kolloquiums:	30. Juni 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Gemeinde Saerbeck, Saerbeck



Die Gemeinde Saerbeck ist die Klimakommune des Landes Nordrhein-Westfalen. Im Rahmen dieses Programms versucht die Gemeinde eine Autarkie vom öffentlichen Stromnetz zu erreichen. Bei den von einer Stadtverwaltung betriebenen Einrichtungen ist oftmals die kommunale Abwasserreinigungsanlage der größte Stromverbraucher. Somit stellt diese Anlage einen interessanten Ansatzpunkt zur Stromeinsparung dar.

Auf der kommunalen Abwasserreinigungsanlage in Saerbeck wird aktuell eine Abwasserreinigung mittels Belebungsbecken verwendet. Die bei der Reinigung anfallenden Klärschlämme werden in einem aeroben Prozess im Belebungsbecken stabilisiert. Für diese Stabilisierung wird Luftsauerstoff benötigt. Die Luft wird unter Zuhilfenahme von Kompressoren in das Abwasser eingeleitet. Für die Verdichtung der Luft wird sehr viel elektrische Energie benötigt.

Dem Prozess wie er in Saerbeck angewandt wird, steht die anaerobe Schlammfäulung gegenüber. Auch hier muss dem Belebungsbecken Sauerstoff zugeführt werden. Jedoch ist die erforderliche Sauerstofffracht in diesem Verfahren deutlich geringer, da der Klärschlamm nicht im Belebungsbecken stabilisiert wird. Der überschüssige Schlamm wird bei der Schlammfäulung dem Belebungsbecken entzogen und in einen Faulturm geleitet. Im Turm wird der Schlamm unter Luftabschluss und Temperaturen um vierzig Grad Celsius ausgefäult. Hierbei entstehen verschiedene Faulgase. Ein Großteil dieser Gase nimmt Methan mit einem Volumenanteil von circa sechzig Prozent ein. Das entstandene Methan kann anschließend verstromt werden. Diese Verfahrensweise wird beispielsweise auf der nur wenige Kilometer entfernten Abwasserreinigungsanlage in Emsdetten angewandt.

Aus diesen Zusammenhängen entwickelte sich die Idee, die kommunale Abwasserreinigungsanlage in Saerbeck auf eine anaerobe Schlammfäulung umzustellen. Auf Grund der geringen Entfernung zur Emsdettener Anlage und den hohen Investitionskosten für einen Faulturm mit den dazugehörigen weiteren Anlagenteile sollte kein eigener Faulturm in Saerbeck errichtet werden, sondern eine Kooperation mit der Abwasserreinigungsanlage Emsdetten angestrebt werden.

Für die Umgestaltung der Abwasserreinigungsanlage Saerbeck

musste zuerst der aktuelle Stand der Technik für diese Anlage ermittelt werden. Anschließend konnte die Anlage neu modelliert werden. Für den Betrieb der Anlage mit möglichst geringen Stromverbräuchen ist die Installation eines Vorklärbeckens sinnvoll, da dort bereits ein Teil der organischen Verschmutzungen abschieden werden. Somit muss das Abwasser im Belebungsbecken weniger belüftet werden. Das Belebungsbecken muss im Vergleich zur aeroben Verfahrensweise verkleinert werden. Diese Verkleinerung kann mit dem bestehenden Becken realisiert werden. Für die Abtrennung von gereinigtem Wasser und Klärschlamm ist auch in der anaeroben Verfahrensweise ein Nachklärbecken erforderlich. Das bestehende Nachklärbecken kann auf Grund der veränderten Schlammeigenschaften nicht weiter betrieben werden. Somit muss zusätzlich ein neues Nachklärbecken errichtet werden.

Der überschüssige Schlamm muss in dem neuen System nach Emsdetten transportiert werden. Hierzu bieten sich zwei Varianten an. Zu einem der Transport mittels Tankwagen, als diskontinuierlicher Prozess, oder das Fortleiten des Schlammes mittels einer Druckrohrleitung. Der Transport via Druckrohrleitung schafft die Möglichkeit der kontinuierlichen Beschickung des Faulturms auf der Emsdettener Anlage, was zu einem stabileren Faulprozess führt.

Mit dem Schlamm aus Saerbeck entsteht auf der Emsdettener Anlage zusätzliches Faulgas, welches anschließend verstromt werden kann. Der ausgefaulte Schlamm kann der geplanten Schlammvererdung zugeführt und entsorgt werden.

Die Stromeinsparung in Saerbeck und die Faulgasgewinnung in Emsdetten fallen eher gering aus. Die Einsparung der elektrischen Energie für die gesamte Anlage kann in Saerbeck zu zwanzig Prozent abgeschätzt werden. Die gewonnene Energie aus dem zusätzlichen Faulgas kann zu 5.000 kWh/a geschätzt werden. Somit fällt die Energieeinsparung geringer aus, als zuvor erwartet. Verglichen mit den Investitionskosten für neuen Becken und eine Druckrohrleitung, ist die Wirtschaftlichkeit eines solchen Projekts fraglich.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass ein solches Projekt eine interessante und technisch machbare Lösung zur Energieeinsparung auf einer kommunalen Abwasserreinigungsanlage ist. Eine effektivere Lösung besteht jedoch darin, das gesamte Abwasser aus Saerbeck in die nicht ausgelastete Anlage nach Emsdetten zu pumpen. Auf der Fläche der heutigen kommunalen Abwasserreinigungsanlage Saerbeck könnten Photovoltaikanlagen und Kleinwindkraftanlagen installiert werden. Mit der Energie aus diesen Anlagen könnte anschließend die Pumpenleistung gedeckt werden.



## Betrachtung einer Infrarot-Strahlungsheizung im Wohnungsbereich

**Stefan Pöttker B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Mike Zwanck
Datum des Kolloquiums:	16. Dezember 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	EKonzept Energy GmbH & Co. KG, Osnabrück

Im Jahr 2011 hat der Deutsche Bundestag das Gesetzespaket der Energiewende, das bis 2022 den Ausstieg aus den Atomkraftwerken besiegelt, beschlossen. Vor dem Hintergrund des Umweltschutzes und des damit verbundenen Ab- bzw. Rückbaus der Kernkraftwerke wird in Deutschland das Ziel der Versorgung durch erneuerbare Energien und deren effizientere Nutzung verfolgt. Diese klimapolitischen Anforderungen sind mit Herausforderungen verbunden. Zum einen müssen die Umweltverträglichkeit und die Versorgungssicherheit der Bürger im Bundesgebiet Deutschland sichergestellt werden.

Die EKonzept Energy GmbH & Co. KG hat sich zur Aufgabe gemacht, die Energie für die eingesetzte Technik in Unternehmen und Privathäusern so effizient wie möglich zu nutzen, um Ressourcen zu schonen, indem beispielsweise die Sonnenenergie oder Windenergie genutzt und gleichzeitig die Umwelt geschont wird.

Daher soll in dieser Arbeit untersucht werden, ob die Räume einer Doppelhaushälfte in Osnabrück ausschließlich mit Hilfe von flachen Infrarotstrahlungsheizungen wirtschaftlich beheizt werden können, in Vergleich mit einer konventionellen Gasheizung mit Heizkörpern in den Räumen. Des Weiteren sollte ermittelt werden, welche Vorteile sich durch die Infrarotstrahlungsheizungen ergeben könnten.

Dazu wurden im Wohnzimmer des Hauses, über einen Zeitraum von ca. 1 Woche, die Oberflächen Temperaturen der Wände und der Raumluft erfasst und ausgewertet.

Dadurch konnte ermittelt werden, dass die Infrarotstrahlungsheizung die Wandoberflächen ständig erwärmt, und somit ein behagliches Raumklima für die Bewohner, bei zugleich verringerter Raumtemperatur, erreicht wird. Im Vergleich mit einer Gasheizung konnte festgestellt werden, dass die Infrarotstrahlungsheizungen einen deutlich geringeren Energieverbrauch aufweisen.

Die Infrarotstrahlungsheizung kann in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage und einem Batteriespeichersystem mit einem hohen Anteil an regenerativer Energie betrieben werden. Das stellt eine weitere Möglichkeit dar, sich zukünftig unabhängiger gegenüber dem Energieversorger aufzustellen.

## CFD-Simulation von Luftströmungen und Temperaturen um ein Hochleistungsmikroskop

**Benjamin Puckert B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Klaus Steinkamp
Datum des Kolloquiums:	18. September 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	pbr Planungsbüro Rohling AG, Osnabrück



In Braunschweig entsteht ein Forschungsgebäude mit Geräten zur Untersuchung atomarer Strukturen. Diese Geräte stellen an die Gebäudetechnik extreme Anforderungen. Im Fokus steht ein modernes Hochleistungsmikroskop, welches in der Lage ist subatomare Darstellungen zu erzeugen. Um dies zu gewährleisten, bedarf es im Aufstellungsraum des Mikroskops einer konstanten Temperatur und niedriger Luftgeschwindigkeiten.

In zunehmendem Maße erfolgt die Untersuchung eines solchen Raumes oder auch eines gesamten Gebäudes mit besonderem Augenmerk auf Temperatur-, Geschwindigkeits-, Druck- oder Feuchteverteilung durch computergestützte CFD-Analysen.

Mithilfe der Software DesignBuilder und der dazugehörigen Berechnungsoberfläche EnergyPlus lassen sich unterschiedliche Kühl- und Belüftungssysteme generieren. Nach der Simulation werden die Ergebnisse in Grafiken ausgegeben, die sich dann miteinander vergleichen lassen. CFD-Analysen können in jeder Planungsphase als Werkzeug zur Optimierung eines jeden Systems verwendet werden.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, für den Raum mit dem speziellen Hochleistungsmikroskop die bestehende Planung bezüglich des Kühl- und Belüftungssystems mithilfe der Simulationssoftware DesignBuilder zu überprüfen und gegebenenfalls zu überarbeiten.

Um die erlangten Ergebnisse des vom Planungsbüro geplanten Systems bewerten zu können, wurden zusätzlich noch weitere Varianten simuliert.

Die von der Software gelieferten Ergebnisse zeigten eindeutig, dass dieses System vom Kühl- und Belüftungssystem das Beste der untersuchten Systeme ist. Jedoch wurden durch diese Variante die extremen Anforderungen an Temperaturkonstanz und geringe Geschwindigkeiten nicht erfüllt. Die Luft stieg aufgrund der hohen Wärmeabgabe des Gerätes mit zu hohen Geschwindigkeiten auf. Zudem kam es vor allen Dingen im oberen Bereich des Mikroskops zu erhöhten Temperaturwerten.

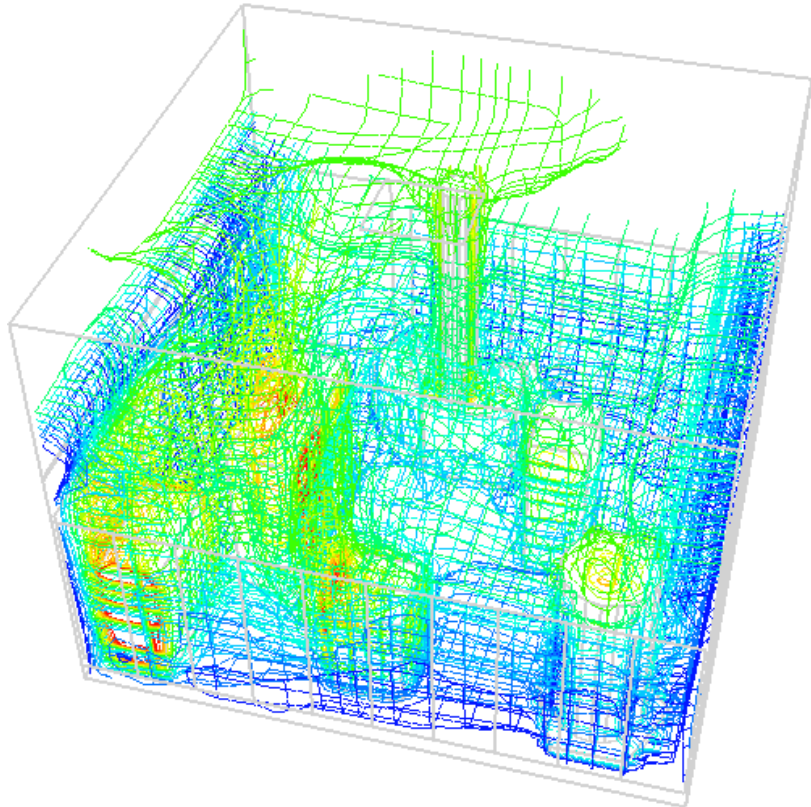


Abbildung 1: 3-D-Temperaturverteilung

Um die Anforderungen erfüllen zu können, mussten Optimierungsmaßnahmen ausgearbeitet und untersucht werden. Als zielführend erwies sich im weiteren Verlauf der Arbeit

- das Hinzufügen einer Kühldecke,
- eine Erhöhung des Luftvolumenstroms,
- eine Absenkung der Lufteinbringungshöhe an den Seitenwänden,
- zusätzliche Luftauslässe an Seitenwänden und in der Decke.

Durch diese Optimierungsmaßnahmen werden sowohl für die Temperatur- als auch für die Geschwindigkeitsverteilungen zufriedenstellende Ergebnisse erzielt.

Die Lufteinbringung von vielen unterschiedlichen, strategisch sinnvollen Stellen im Raum und eine Kombination aus Kühlwand und –decke sorgen dafür, dass im gesamten Raumvolumen die Temperatur nahezu konstante Verhältnisse aufweist.

Vor allen Dingen durch die sinnvoll angeordneten Luftauslässe wird zudem erreicht, dass die Aufwärtsströmung der Luft eingedämmt wird und somit die Geschwindigkeiten im geforderten Bereich gehalten werden können.

## Theoretische Untersuchung des Einflusses von Phase Change Materials in Baustoffen auf den Raumtemperaturverlauf und den Kühlenergiebedarf von kleineren Büroräumen

Yiyi Qiu M.Eng.

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

Datum des Kolloquiums: 16. Januar 2015

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



Phase Change Materials (PCM) sind Stoffe, die die Fähigkeit besitzen, ihren Aggregatzustand in Abhängigkeit von der Temperatur zu verändern. Die latente Energie, die für den Phasenwechsel benötigt wird, lässt sich in der Praxis als Kälte- oder Wärmespeicher nutzen. PCM funktioniert durch die Ausnutzung der Enthalpie thermodynamischer Zustandsänderungen eines Speichermediums. Das dabei am häufigsten genutzte Prinzip ist die Ausnutzung des Phasenübergangs von fest auf flüssig und umgekehrt (Erstarren-Schmelzen).

Die Simulation mit Phase Change Materials (PCM) als Latentspeicher wurde nach einem – im Rahmen der Masterarbeit entwickelten – Verfahren durchgeführt, um den Einfluss von PCM-Baustoffen, die in die Innenwände von Bürogebäuden verbaut wurden, auf den Raumlufteperaturverlauf und den Kühlenergiebedarf zu bestimmen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Simulationen mit dem Simulationsprogramm DesignBuilder durchgeführt. Die Ergebnisse wurden grafisch in Form von Temperaturverläufen und Energiemengen dargestellt und verglichen. Die Vergleiche haben ergeben, dass das PCM in den Baustoffen keinen oder nur geringe Effekte auf die Raumlufteperatur und Kühlenergieeinsparung in einem Gebäude hat, wenn es aktiv über den gesamten Nutzungszeitraum gekühlt wird.

Grund dafür ist, dass die Temperatur des Gebäudes nach der Abschaltung der Klimaanlage bereits 26°C erreicht hat und damit höher als der Schmelzbereich des PCMs ist. Das führt dazu, dass der Aggregatzustand des PCMs flüssig bleibt. Damit vollzieht sich kein Phasenwechsel in den PCM-Baumaterialien und es wird keine Latentwärme gespeichert.

Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass es ohne eine gezielte Steuerung (z. B. vorzeitige Abschaltung der RLT) nur geringe Einflüsse von PCM in Baustoffen auf den Raumtemperaturverlauf und den Kühlenergiebedarf von kleineren Büroräumen bei aktiver Klimatisierung über den Nutzungszeitraum gibt.

Nach einer Analyse wird ein PCM-Kühldeckensystem empfohlen, das zum Zeitpunkt der Abschaltung der aktiven Kühlung noch unterhalb des Phasenübergangstemperatur ist und damit noch latent Wärme aufnehmen kann.

## Arsenentfernung aus Trinkwasser durch Adsorption an gesinter-tem Eisenhydroxid

**Christian Rötter B.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning  
Zweitprüfer: Prof. Dipl.-Ing. Gerhard Weil

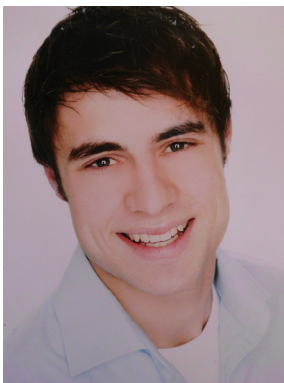
Datum des Kolloquiums: 22. September 2014

Studium: Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelt-technik

Studienrichtung: Umwelttechnik

Laborbereich: Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit: Weil Wasseraufbereitung GmbH, Osnabrück



Die Problematik von hohen Arsenkonzentrationen im Trinkwasser ist besonders in Ländern wie Indien, Bangladesch und Argentinien aktuell von großer Bedeutung. Die resultierenden Gesundheitsschädigungen rücken immer mehr in den Fokus der Öffentlichkeit. Eine tägliche Aufnahme von 200 µg Arsen verursacht bereits eine chronische Vergiftung mit schweren gesundheitlichen Folgen. In höheren Dosen führt die Arsenexposition innerhalb weniger Tage zum Tod.

In Argentinien sind bereits Arsenkonzentrationen von bis zu 5 mg/l im Grundwasser festgestellt worden. Weiterhin zeigt sich dort aufgrund unzureichender zentraler Aufbereitung des Grundwassers eine hohe Arsenbelastung des Trinkwassers. Diese liegt im Wasserversorgungsnetz regional abhängig bei bis zu 150 µg/l und somit deutlich über dem von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) angesetzten Richtwert von 10 µg/l. Daher gilt es nach Möglichkeit, eine dezentrale Lösung zu finden, um die Gesundheit der Bevölkerung in Bezug auf arsenbelastetes Trinkwasser zu gewährleisten.

Granuliertes Eisenhydroxid liefert bei der zentralen Arsenentfernung gute Ergebnisse. Bei dessen Produktion fällt ein Feinkorn an, welches zu Versuchszwecken in Filterpatronen eingesintert worden ist (siehe Abb. 1). Hierzu wird das Material zu einem Rohling verbacken, welcher aufgrund seiner Porosität von wässrigen Lösungen durchströmt werden kann. Bei dieser Durchströmung finden je nach Material Adsorptionsvorgänge statt. Daher könnten diese Filterpatronen möglicherweise im Privathaushalt zur Arsenentfernung aus Trinkwasser eingesetzt werden.

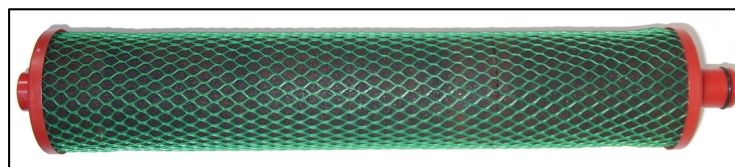


Abb.1: gesinterte Filterpatrone

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, die Adsorptionsfähigkeit des gesinterten Eisenhydroxids für Arsen und daraufhin die Filterpatronen auf ihre Eignung für den Einsatz in der dezentralen Arsenentfernung in Argentinien zu überprüfen.

Die Grundlage für die Wahl der entsprechenden Versuchsparameter bildeten die Anforderungen an die Filterpatronen am Beispiel von Argentinien. Gewählt wurden zwei Konzentrationsstufen, die unterschiedliche Konzentrationsbereiche abdecken sollten. Weiterhin spielte die Wassermatrix des Zulaufs eine wesentliche Rolle, da die Adsorptionswirkung neben der Adsorptivkonzentration im Wesentlichen vom pH-Wert und der Konzentration an Störstoffen abhängt.

Die Versuche wurden aus analytischen Gründen zunächst mit Phosphat anstatt Arsen durchgeführt, weil es sich hinsichtlich Fällung, Dissoziation, Adsorption und Ionenaustausch ähnlich verhält. Da die Filterpatronen in den Versuchen mit Phosphat die Anforderungen erfüllt haben, wurden diese unter gleichen Bedingungen mit Arsen getestet.

Aus den Ergebnissen der Versuchsreihen geht hervor, dass in Bezug auf das Adsorptionsverhalten eine Ähnlichkeit des gesinterten zum granuliertem Eisenhydroxids besteht, wenn auch nicht die üblichen Adsorptionskapazitäten erreicht werden. Weiterhin bestätigen die Versuche die Praxistauglichkeit der Patronen, da die gestellten Anforderungen erfüllt wurden. Prinzipiell können die Patronen in argentinischen Haushalten eingesetzt werden. Unter den gegebenen Einschränkungen stellen die ermittelten Parameter für den Betrieb der Filterpatronen Orientierungswerte dar und sind gegebenenfalls auch auf andere Regionen mit entsprechender Arsenproblematik übertragbar.

## Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Kreislaufverbundsystems im Franziskus-Hospital Osnabrück-Harderberg

**Tim Schafmeister B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stephan Willers
Datum des Kolloquiums:	28. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor für Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	Gebrüder Willers GmbH & Co. KG, Rheine



Durch steigende Energiekosten und immer schärfere Verordnungen seitens der Regierung, steigt der Anspruch an die technische Gebäudeausrüstung stetig. Bei der Planung und Entstehung von Gebäude wird daher größter Wert auf die Energieeffizienz gelegt. Eine Maßnahme, die den Energiebedarf von Gebäuden senken soll, ist die Wärmerückgewinnung in raumlufttechnischen Anlagen. Raumlufttechnische Anlagen finden ihren Einsatz häufig in großen Gebäuden mit hohen Personendichten, wo eine Fensterlüftung nicht sinnvoll, ausreichend oder umsetzbar ist.

Diese Beschreibung ist hauptsächlich für Nichtwohngebäude zutreffend. Zwar findet man auch in privaten Haushalten zum Teil eine kontrollierte Wohnraumbelüftung, jedoch ist das eher die Ausnahme. Das Grundprinzip einer Wärmerückgewinnung liegt darin, die Wärme des einen Luftstroms auf den anderen zu übertragen. Das lässt sich durch viele unterschiedliche Verfahren realisieren.

In dieser Arbeit wurde ein mehrstufiges Kreislaufverbundsystem in Kombination mit einer freien Kühlung näher untersucht. Dabei handelt es sich um die Erweiterung des Franziskus-Hospitals Osnabrück-Harderberg. Da es sich um einen Neubau handelt, liegen über die Effizienz der Wärmerückgewinnung noch keine Angaben vor. Ziel der Arbeit ist es, eine Jahressimulation der Anlage durchzuführen und sie mit den daraus gewonnen Erkenntnissen zu bewerten. Weiterhin sollten mögliche Einsparungen und die Betriebskosten der Anlage herausgestellt werden.

Die Jahressimulation ist mit Hilfe des Berechnungsprogramms „Microsoft EXCEL“ und eines Wetterdatensatzes des Deutschen Wetterdienstes durchgeführt worden. Dabei wurden für jede Stunde im Jahr Einsparung und Betriebskosten gegenübergestellt. Aufsummiert, ließ sich daraus die Ersparnis eines ganzen Jahres ableiten.

Über das gesamte Jahr betrachtet, wurde durch die Wärmerückgewinnung fast ausschließlich Heizarbeit eingespart. Hierbei war es sogar häufig der Fall, dass mehr Wärme zur Verfügung stand, als tatsächlich benötigt werden konnte. Die gesparte Kühlarbeit machte trotz einer adiabaten Abluftbefeuchtung nur einen sehr geringen Anteil aus.

Durch die freie Kühlung stand am meisten Kälte bei niedrigen Außentemperaturen zur Verfügung. Gegensätzlich dazu steigt der Kältebedarf mit steigenden Außentemperaturen. Da viele medizinische Geräte (MRT, Röntgen, etc.) ununterbrochen gekühlt werden müssen, konnte dennoch ein Großteil der Kühlenergie genutzt werden.



## Entsorgung von Reststoffen aus Regenwasserbehandlungsanlagen

**Bernd Scheipers B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer.nat. Hans-Detlef Römermann
Datum des Kolloquiums:	28. Juli 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	IWARU- Institut für Wasser-Ressourcen-Umwelt



Das Thema „Entsorgung von Reststoffen aus Regenwasserbehandlungsanlagen“ stellt die Frage nach der gegenwärtigen Entsorgungssituation von Reststoffen aus Regenwasserbehandlungsanlagen. Eingordnet in umwelttechnische Themenbereiche befindet sich die Fragestellung übergeordnet zwischen dem Wasser- und dem Abfallrecht. Dies macht die Aufgabenstellung zu einem komplexen Thema. Die Arbeit konnte erste Informationen zur gegenwärtigen Situation und zur optimalen Situation sammeln. Dennoch verbleiben Wissensdefizite und es sind weitere Fragen entstanden.

Die Regenwasserbehandlung gewinnt stetig an Bedeutung. Im Zuge der steigenden Flächenversiegelung, der Ausweitung der Trennkana-lisation und einem erhöhten Umweltbewusstsein wird die Behandlung von Niederschlagswasser ausgeweitet. Zudem schreitet die dezentrale Behandlung voran und gewinnt durch individuelle Problemlösungen vielerorts an Bedeutung. Zu einer vollständigen und zielführenden Regenwasserbehandlung muss auch die Entsorgung der entstehenden Reststoffe betrachtet werden. Diese fallen sowohl bei zentraler, wie auch bei dezentraler Behandlung an. Mit Ausweitung der Behandlung erhöht sich auch der Anfall der Reststoffe. Die spezielle Betrachtung der Entsorgungssituation von Reststoffen aus Regenwasserbehandlungsanlagen fällt in der Literatur und in der Praxis schlecht aus. Erschwert durch viele zuständige Vorschriften und Rechte, bedingt durch den Grenzbereich des Abfall- und Wasserrechts, wird die Entsorgung häufig nicht tiefergehend betrachtet. In der Literatur wird das Regenbeckengut häufig unter Oberbegriffen wie „Infrastrukturabfälle „ oder „Reststoffe aus Abwasseranlagen / Kanalnetz“ mit anderen Reststoffen zusammengefasst. Dies kann über eine ähnliche Zusammensetzung und der fehlenden Einordnung des Regenbeckenguts in die Abfallverzeichnisverordnung erklärt werden. Ohne eine zugeordnete Abfallschlüsselnummer wird das Regenbeckengut in der Praxis unter Verwendung anderer Nummern, für Abfälle aus ähnlichen Bereichen bzw. mit ähnlichen Charakteristika, entsorgt. Trotz der grundsätzlichen Ähnlichkeit zu anderen Reststoffen aus Abwasserbehandlungsanlagen und der Kanalisation ist die Zusammensetzung der Reststoffe sehr individuell. Das Gleiche gilt für den Anfall und die Menge. Diese Individualitäten sind durch viele Faktoren, wie Einzugsgebiet, Jahreszeit und Entwässerungssystem bedingt. Trotz der hohen Individualität

sind die Reststoffe grundsätzlich mit Schadstoffen belastet und bedürfen eines sorgfältigen Umgangs. Ein Beispiel für Rückstände und die Reinigung eines Regenklärbeckens (RKB) geben die am Ende dargestellten Abbildungen. Idealerweise werden die Reststoffe, nach dem Grundsatz der Verwertung, weitestgehend behandelt und verwertet. Nur absolute Reststoffe, die keiner weiteren Verwertung zugeführt werden können, sollen entsorgt werden. In der Praxis herrscht bei den Anlagenbetreibern in Bezug auf die richtige Verwertung und Entsorgung Unsicherheit. Klar ist, dass die Behandlung und Verwertung beim Betreiber sehr gering ausfällt. Außer einer Entwässerung wurden keine weiteren Behandlungen genannt. Dies liegt daran, dass die Direktabgabe der Reststoffe an einen Entsorger eine wesentliche Vereinfachung für den Anlagenbetreiber darstellt. Dabei ist das nicht mit der sinnvollsten und günstigsten Möglichkeit gleichzusetzen. Eine Behandlung in eigener Regie unterliegt in erster Linie wirtschaftlichen und umweltpolitischen Entscheidungen. Ob die Möglichkeit besteht ist eine Einzelfallprüfung. Durch eine (Vor-)Behandlung können die Eigenschaften der Reststoffe verbessert und die Kosten für eine Entsorgung gesenkt werden. Trotz der positiven Bewertung einer (Vor-)Behandlung ist lediglich die Entwässerung eine verbreitete Maßnahme.

Die Deponierung von Reststoffen ist, obwohl seit 2005 ohne Vorbehandlung verboten, immer noch ein genannter Entsorgungsweg. Zum Teil wird auch die Aufbereitung und Verwertung als Ersatzbaustoff als Möglichkeit der Entsorgung wahrgenommen. Stoffströme werden abgetrennt und behandelt, nicht verwertbare Stoffströme werden entsorgt und in erster Linie deponiert. Die weitest mögliche Verwertung stellt die ideale Entsorgung dar.

Das Ergebnis der Umfrage kann als schlecht bewertet werden. Auf viele Kontaktaufnahmen wurde nicht reagiert. Besonders die Entsorgungsfirmen machten keine Angaben. So konnte der genaue Umgang mit den Reststoffen vom Entsorger nicht bewertet werden. Zudem schafft die mangelnde Bereitschaft zur Auskunft den Eindruck, dass es etwas zu verbergen gibt. In Gesprächen wurde z.T. auch die Vermutung geäußert, dass die Entsorgung nicht immer ordnungsgemäß abläuft. In einem Fall konnte sogar von einer Erfahrung mit einer zurückliegenden nicht korrekten Entsorgung von Reststoffen auf einer landwirtschaftlichen Fläche berichtet werden. Eine allgemein repräsentative und gültige Antwort ist aufgrund des schlechten Umfrageergebnisses nicht möglich.

Abschließend wird klar, dass die Entsorgung von Reststoffen aus Regenwasserbehandlungsanlagen zu wenig Aufmerksamkeit bekommt. Es bestehen Defizite an technischem Know-How und Unsicherheiten im Umgang mit den Reststoffen sind verbreitet. Das Verhalten der Entsorger bleibt fraglich. Der Umgang mit den Reststoffen kann optimiert werden und bedarf einer genaueren Betrachtung, sowohl in der Praxis als auch in der Theorie.

**Michael Schlüter M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Peter Hollenbeck M.Eng
Datum des Kolloquiums:	02. März 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	DEOS AG, Rheine



Das Thema Optimierungspotenzial im technischen Gebäudemanagement wurde bis-lang nur wenig beleuchtet. Die Literatur wie auch die Praxis benennen keine nennenswerten Lösungen für bestehende Gebäude hinsichtlich ihrer Energieeffizienz.

Die Investitionen für Gebäudetechnik steigen langsam, aber stetig und die globalen Trends, zu mehr Sicherheit und Nachhaltigkeit unterstützen dies, was durch die Auswertung der Green Buildings bestätigt wird.

Um die Energieeffizienz im technischen Gebäudemanagement zu verbessern, wurde der PDCA-Zyklus aus der DIN EN ISO 50001 herangezogen. Dieser Prozess soll das Know-How aus der Industrie in das Gebäudemanagement übertragen. Unter Verwendung des PDCA- Zyklus wurden theoretische Ansätze gewählt, die die Optimierung der einzelnen Anlagen beschreiben. Dabei wurden während der Plan-Phase die Kriterien Heizung, Klimaanlage, Gebäudeautomation und Nutzerverhalten betrachtet. Zudem wurde analysiert und durch Marktstudien bestätigt, welches Potenzial die einzelnen Gewerke beinhalten. Ergänzend wurden die Ergebnisse aus verschiedenen Bachelorarbeiten herangezogen und in dieser Arbeit dargestellt.

In der Do-Phase werden praktische Umsetzungsmöglichkeiten für die verschiedenen Gewerke vorgestellt, wobei die Inspektionen für Klima- und Heizungsanlagen wie auch die DIN EN 15232 und DIN V 18599 einbezogen wurden.

Zur Überprüfung der Umsetzungsmöglichkeiten auf ihre Auswirkung, wurde in der Check- Phase das Zusammenspiel von verschiedenen Softwaremodulen und Konzepten definiert.

Grundlage für die Check-Phase war der Aufbau eines nachhaltigen Messstellenkonzeptes, welches alle Energiedaten erfasst. Aufbauend auf diesem Messstellenkonzept werden Energiemanagement- und CAFM-Software aufgesetzt, so dass das technische Gebäudemanagement die Ergebnisse aus dem Facility Management mit Hilfe der Gebäudeautomation nutzen kann.

In der Act-Phase werden Handlungsempfehlungen für den PDCA-Zyklus geliefert. Diese Empfehlungen beziehen sich auf die

Transparenz wirtschaftlicher Betrachtungen von Maßnahmen, um diese als Return on Investment abbilden zu können. Darüber hinaus sollte mehr Transparenz in die Regelwerke und den Bauzyklus für Gebäudebetreiber und Investoren geschaffen werden.

Im praktischen Umfeld beschäftigen sich Energiecontractor, Versicherungen und das technische Gebäudemanagement mit der Energieeffizienz von Gebäuden. Die Energiecontractor, wie auch die Versicherungen, haben das Potenzial im technischen Gebäudemanagement entdeckt, um gebäudetechnische Anlagen effizient zu betreiben. Diese Modelle bieten dem TGM Sicherheit die angestrebten Einsparmaßnahmen mit diesen Unternehmen zuverlässig und wirtschaftlich zu erzielen.

Zur Beantwortung der zu Beginn dieser Arbeit formulierten Fragen, wurde der Kontakt zu Experten, wie auch namhafte Studien, herangezogen.

- Welches Marktpotenzial ist im Energieeffizienzsektor vorhanden?

Das Marktpotenzial im technischen Gebäudemanagement wird in den nächsten Jahren stetig um 9 % pro Jahr wachsen und liegt derzeit bei 40 Mrd. €.

- Wie können interdisziplinäre Lösungen im technischen Gebäudemanagement geschaffen werden?

Damit der Erfolg und die Qualität im technischen Gebäudemanagement gesichert werden kann sollte der PDCA-Zyklus eingesetzt werden. Dieser wurde in dieser Arbeit aus technischer Sicht beleuchtet und konnte aufzeigen, welche Potenziale in den einzelnen Gewerken vorhanden sind. Im nächsten Schritt müssen die Mitarbeiter motiviert werden, um sich an den Prozessen zu beteiligen und die gegenwärtigen Prozesse stetig zu verbessern.

- Welche wirtschaftlichen Hemmschwellen gibt es im energieeffizienten Betrieb von Gebäuden?

- o Sicherheit
- o Return on Investment
- o Transparenz
- o Zuverlässigkeit

Werden diese Bedingungen erfüllt, kann das Potenzial im TGM abgerufen und wirtschaftlich dargestellt werden.

Festzuhalten bleibt, dass der PDCA-Zyklus im technischen Gebäudemanagement nur konsequent umgesetzt werden kann, wenn interdisziplinäre Arbeitsweisen, ähnlich wie in der Industrie, geschaffen werden. Die Kunst besteht darin, den Zyklus transparent für alle Beteiligten darzustellen, um ein Höchstmaß an Motivation zu erreichen.

Optimierungspotenzial im technischen Gebäudemanagement ist kein „stand-alone-business“, sondern fordert das Zusammenspiel von mehreren Teilnehmern.

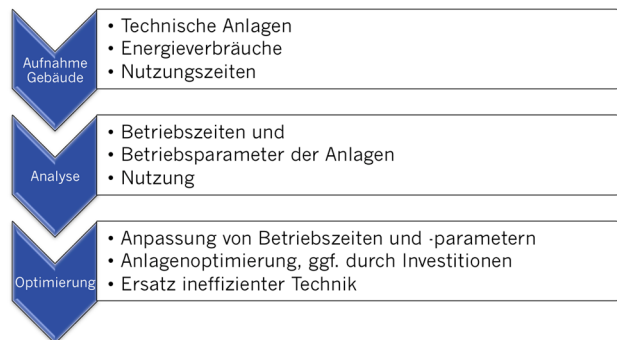
## Energetische Analyse und Optimierung eines Bürogebäudes der WISAG Gebäude- und Industrieservice Nord-West GmbH & Co. KG

**Linda Schneider M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Andreas Streerath
Datum des Kolloquiums:	01. Juli 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	WISAG Gebäude- und Industrieservice Nord-West GmbH & Co. KG, Standort Langenfeld



In dieser Arbeit wurde der energetische Zustand einer WISAG Niederlassung analysiert. Ziel war es dabei Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs zu entwickeln, sowie deren Einsparpotenzial und die Wirtschaftlichkeit notwendiger Investitionen abzuschätzen.



Im ersten Schritt sind dazu alle technischen Anlagen des Gebäudes und die elektrischen Betriebsmittel, wie zum Beispiel Drucker und Rechner, sowie deren Betriebszeiten erfasst worden. Um eventuell mögliche Anpassungen der Betriebszeiten zu erkennen, war auch die Erfassung der Nutzungszeiten des Gebäudes notwendig. Mit Hilfe der Energieverbrauchsdaten der vergangenen Jahre konnte anschließend der jeweilige Anteil an den jährlichen Energiekosten und somit auch die Anlagen mit dem größten Einsparpotenzial ermittelt und in einem Sankey-Diagramm grafisch dargestellt werden.

Zur Optimierung des Bürogebäudes wurden Maßnahmen aus den Bereichen Wärmeversorgung, Raumluf- und Elektrotechnik untersucht. Hierbei standen zunächst das Einsparpotenzial nicht investiver Maßnahmen im Vordergrund, es wurde aber auch die Wirtschaftlichkeit investiver Maßnahmen in den verschiedenen Bereichen durch Amortisations- und Kapitalwertberechnung abgeschätzt.

## Bachelorarbeit über die Kühllastberechnung nach dem Abschätzverfahren der VDI 2078

**Frank Schnelting B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 15. Oktober 2014

Studium: Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik  
 Studienrichtung: Gebäudetechnik  
 Laborbereich: Labor für Raumluf- und Kältetechnik

In Kooperation mit: agn Niederberghaus & Partner GmbH, Ibbenbüren



Die Berechnung der Kühllast erfolgt in Deutschland über die VDI 2078 und ist ein wesentlicher Bestandteil der heutigen Planung von Gebäuden. Sie ist notwendig, um auch im Sommer bei hohen Außentemperaturen, eine angenehme und behagliche Raumtemperatur zu gewährleisten. Die VDI 2078, ist mit dem neuen Entwurf von März 2012, komplett überarbeitet worden. Bei der Berechnung der Kühllast stützt sich die VDI 2078 auf die meteorologischen Daten des Deutschen Wetterdienstes. Dabei nimmt sie immer wieder Bezug auf verschiedene VDI Richtlinien.

Zur Kühllast gehören die Berechnungen der maximalen Raumtemperatur, Luftvolumenstromermittlung und die Planung des raumluftechnischen Systems. In meiner Bachelorarbeit habe ich das Abschätzverfahren zur Kühllastberechnung erläutert und bin auf die verschiedenen Wärmequellen und -senken eingegangen.

Außerdem habe ich eine Excel Arbeitsmappe erstellt, die das Abschätzverfahren zur Kühllastberechnung behandelt. Das Ziel dieser Excel Arbeitsmappe war es, die Planung und Auslegung von raumluftechnischen Anlagen zu erleichtern. Die berechnete Kühllast ist in Form einer Berechnungstabelle in Excel dargestellt.

Das Ergebnis meine Arbeit ist, dass bei der Berechnung der wirksamen Wärmespeicherkapazität noch Probleme auftreten und sie noch nicht eindeutig bestimmt werden kann. Dennoch ist die entstandene Excel Arbeitsmappe sehr benutzerfreundlich und eine hilfreiche Arbeitserleichterung. Zudem entspricht sie den genauen Vorgaben der VDI 2078. Sie bietet dem Planer somit eine grobe Richtung, in der sich die Kühllast bewegt. Die Abweichungen, die sich bei der abgeschätzten Kühllast ergeben, liegen um die 50%. Deshalb muss auf jeder dieser Abschätzungen immer eine genaue Berechnung der Kühllast erfolgen.

Des Weiteren geht die, in der VDI 2078 beschriebene, Kühllastabschätzung in die Richtung einer konkreten Berechnung. Es müssen sehr viele Angaben und Vorgaben getroffen werden, die in den ersten Leistungsphasen der HOAI noch gar nicht erkennbar bzw. ermittelbar sind.

## Erstellung eines Wärmeerzeugungskonzeptes für die Keding Grundschule Kettenkamp

**Johannes Schöne B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. (FH) Lars Eversmann
Datum des Kolloquiums:	30. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Kälte- und Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	Eversmann-beratende Ingenieure, Münster-Hitrup



Die Bachelorarbeit befasst sich mit der Erneuerung der Heizungsanlage in der Keding Grundschule der Gemeinde 49577 Kettenkamp. Dazu wurde die aktuell installierte Anlagentechnik aufgenommen. Die Heizlast der Grundschule wurde mit dem Berechnungsprogramm Nova Plancal 9.1 nach DIN EN 12831 im unsanierten und sanierten Zustand durchgeführt. Das Ergebnis war, dass durch die Sanierungsmaßnahmen an Fenstern, Wänden und Dächern die Heizlast von ca. 163 kW auf ca. 78 kW gesenkt werden kann. Somit kann der Wärmebedarf von aktuell 186.945 kWh pro Jahr auf ca. 95.000 kWh gesenkt werden.

Die zur Wärmeerzeugung verfügbaren grundlegenden Techniken der Energieträger Gas, Holz, Umweltwärme und solare Einstrahlung wurden in ihrer Funktionsweise erklärt. Da im näheren Umfeld der Grundschule noch weitere öffentliche Gebäude mit veralteten Heizungsanlagen sind, wurde zunächst überprüft, ob diese wirtschaftlich in ein mit Wärme aus Holzhackschnitzeln versorgtes Nahwärmenetz eingebunden werden können. Da dieses wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, wurde weiterhin untersucht, ob die Errichtung einer Nahwärmeleitung bis zur Turnhalle umsetzbar ist. Auch dies ist nicht wirtschaftlich umzusetzen.

Um die technische Umsetzbarkeit der verschiedenen Wärmeerzeuger zu beurteilen, wurde die maximal mögliche Senkung der Systemtemperaturen überprüft. Hierzu wurden die in der Grundschule installierten Heizkörper vermaßt und in einer Excel Tabelle erfasst. Das Resultat war, dass die Vorlauftemperatur um 10 K auf 65 °C gesenkt werden konnte.

In der weiteren Betrachtung wurden die vier verschiedenen Wärmeerzeuger, die sowohl technisch umsetzbar waren, wie auch die Anforderungen des EEWärmeG erfüllten, auf ihre Wirtschaftlichkeit untersucht. Dazu wurden die Investitionskosten der verschiedenen Arbeiten und Anlagenbauteile ermittelt und die im Betrieb anfallenden Kosten bestimmt. Um die verschiedenen Energieträger vergleichbar zu machen, wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI 2067 durchgeführt. Diese hatte zum Ergebnis, dass von den vier betrachteten Wärmeerzeugern, Holzhackschnitzelkessel, Pelletkessel, elektrische Luft-Wasser-Wärmepumpe und Luft-Wasser-Gasabsorptionswärmepumpe der Holzhackschnitzelkessel die wirtschaftlichste Wärmeerzeugung mit Jahresgesamtkosten von ca. 12.215 € bietet.

Um die unterschiedlich starken Auswirkungen auf das Klima zu betrachten, wurden noch die verschiedenen  $CO_2$ -Äquivalente der untersuchten Wärmeerzeugungsvarianten berechnet.

Das Ergebnis dieser Bachelorarbeit lautet, dass die Wärmeerzeugung mittels Holzhackschnitzeln technisch umzusetzen und sowohl in den Jahresgesamtkosten, als auch in den Kosten über 20 Jahre am wirtschaftlichsten ist. Auch in ökologischer Hinsicht ist diese Variante mit einem  $CO_2$ -Äquivalent von ca. 1,7 t  $CO_2$  die beste Lösung. Insgesamt können durch die Sanierungsmaßnahmen 18,3 t und durch den Wechsel des Energieträgers von Gas auf Holz 24,6 t  $CO_2$  eingespart werden.



**Benedikt Schopohl B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring
Datum des Kolloquiums:	01. Januar 2013
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumlufttechnik
In Kooperation mit:	Hubert Niewels GmbH, Bad Lippspringe



In den aktuellen Ereignissen und auch in den täglichen Politgeschehen findet die Energieeinsparung und die Umweltbelastung immer mehr Bedeutung. Da die Mindestziele an Energieeinsparungen durch die freiwillige Effizienzverbesserungen nicht erreicht wurden, führte dies zu einer nationalen und europäischen Gesetzgebung. Ein Hauptaugenmerk wurde hierbei auf die technischen Anlagen im Gebäudebereich gesetzt. Somit wurde bereits 2002 mit der Europäischen Richtlinie für Gebäudeeffizienz (EPBD) festgelegt, dass TGA-Anlagen, hauptsächlich Klima- und Heizungsanlagen ab einer bestimmten Leistungsgröße, einer energetischen Inspektion unterzogen werden müssen. National wurde diese Regelung in der EnEV 2007 erstmals aufgefasst.

Trotz der Forderung der EnEV 2007 §12 wurde diese ignoriert. Erst mit der Neuauflage durch die EnEV 2009 wurden Betreiber, Planer und Ingenieure aufmerksam, da die Prüfpflicht von mehr als 20 Jahren alten Klimaanlage bereits am 30.09.2009 abgelaufen war. Zu diesem Zeitpunkt war die Anzahl der geprüften Anlagen sehr gering.

Laut einer Studie des Fachverbands Gebäude-Klima (FGK) vom 1. Oktober 2013 sind geschätzt 400.000 RLT- und VRF-Geräte sowie 150.000 Wasserkühlsätze zu inspizieren, die bis zum 30. September 2003 installiert wurden. Es wurden bislang lediglich 2% der Anlage tatsächlich inspiziert.

Durch die EnEV 2014, die am 1. Mai in Kraft trat, wurde ein Registrier- und Kontrollsystem der energetischen Inspektion eingeführt, wodurch eine Qualitätssteigerung erzielt werden soll. Außerdem soll durch die Kontrolle, die Zahl der energetischen Inspektion erhöht werden.

Aufgrund dieser Tatsachen war das Ziel meiner Bachelorarbeit, die Durchführung der energetischen Inspektion anhand der DIN SPEC 15240 zu erläutern und mit Hilfe eines Bürogebäudes näher zu bringen. Dabei wurden als erstes die Vorgaben aus der ENEV für die energetische Inspektion und betroffene RLT-Anlagen erläutert. Desweiteren wurden die einzelnen Inspektionpunkte die aus der DIN SPEC 15240 hervorgehen aufgezeigt und in der Praxis durchgeführt.

Am Schluss wurde eine Bewertung mit Verbesserungsvorschlägen aufgezeigt, wobei eine beispielhafte Anlage für die Einführung der Richtlinie aufgedeckt wurde.

**Michael Schulze Greiving M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Dr.-Ing. Alexander Hoh
Datum des Kolloquiums:	18. Dezember 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	TROX GmbH, Neukirchen-Vluyn



Spricht man über das Monitoring in einer RLT-Anlage, ist meist das Hygienemonitoring gemeint. Doch das kann sich bald ändern. Geht es beim Hygienemonitoring darum, dass möglichst keine Keime in die Raumluft gelangen, steht bei einer neueren Form – dem Energiemonitoring – die energetische Effizienz der Anlage im Vordergrund. Das soll nicht heißen, dass die Hygiene in einer RLT-Anlage an Bedeutung verliert, sondern vielmehr, dass die steigenden Energiekosten und neue Gesetze dazu führen, dass das Einsparen von Energie in den Fokus rückt.

Gesetze und Normen im Bereich der Energieeffizienz von Gebäuden haben sich in den letzten Jahren stark verändert bzw. sind komplett neu entstanden. Bislang sind jedoch hauptsächlich die technischen Daten eines Gebäudes von Interesse und nicht die tatsächlich verbrauchte Energie im Betrieb der Anlage. In der Energieeinsparverordnung (EnEV) gibt es einen Ansatz der sich von dieser sehr statischen Betrachtung abhebt. Hier wird eine regelmäßige energetische Inspektion von RLT-Anlagen gefordert, damit der tatsächliche Energieverbrauch nachvollzogen werden kann. Leider gilt diese Forderung ausschließlich für Anlagen mit einer Kälteleistung von mehr als 12 Kilowatt und muss bei Neuanlagen erst nach 10 Jahren durchgeführt werden.

Einer der Hauptgründe dafür, warum sich das Monitoring nicht durchsetzen kann ist darin begründet, dass es sich bei RLT-Anlagen fast ausschließlich um Unikate handelt. Kaum eine Anlage gleicht der Nächsten. Faktoren wie der Gebäudestandort, die Gebäudegeometrie, die Luftkanalführung und die Auswahl der verwendeten Komponenten tragen dazu bei. Zusätzlich werden diese Anlagen i.d.R. von mehreren ausführenden Firmen auf der Baustelle komplettiert. Absprachen und Konzepte werden dadurch erschwert, so dass eine standardisierte Monitoringlösung kaum vorstellbar ist.

Dennoch ist das Potential eines ausgeklügelten Monitoringsystems hoch. Untersuchungen von bestehenden RLT-Anlagen zeigen, dass Energieeinsparungen bis zu 30 % realistisch sind.

Einige Fehler die in der Planung oder während der Inbetriebnahme entstehen, werden jedoch durch Monitoring nicht erkannt und/oder können mit diesem nicht korrigiert werden. I.d.R. gilt, je früher der

Fehler passiert, desto höher ist der Aufwand um diesen zu beheben. Hingegen sind Fehler die während der Inbetriebnahme auftreten oft mit einfachen Mitteln zu beheben, wenn diese entdeckt werden.

Planen, Bauen, Vergessen – So oder so ähnlich stellt sich der Projekt- ablauf einer RLT-Anlage oder der des gesamten Gebäudes häufig dar. Planung und Ausführung funktionieren meist soweit, bis die Anlage errichtet ist. Anschließend wird die Anlage dem Betreiber über- lassen. Eine Planung ausschließlich zum Zweck der Fertigstellung und Übergabe, ist aus energetischer Sicht nicht sinnvoll. Wenn nor- mative Änderungen in Zukunft dazu beitragen, dass nicht nur die Zah- len auf den technischen Datenblättern, sondern auch die realen Ener- gieverbräuche geprüft werden, wäre dies ein Schritt in die richtige Richtung.

Das Energiemonitoring steckt noch in den Kinderschuhen und es ist weiterer Entwicklungsaufwand notwendig. Eine mögliche Lösung ist, dass RLTAnlagen ähnlich wie ein Auto als Komplettsystem vertrieben werden. Problematisch ist jedoch, dass die Anbieter der Gebäudeleit- technik (GLT) dadurch einen Teil Ihres Aufgabengebietes verlieren. Daher ist dieser Schritt, auch wenn er zielführend ist, kein leichter.

## Thermische Gebäudesimulation in Klassenräumen mit den Zielen Energieeinsparung und Luftqualitätsverbesserung

**René Selker B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Datum des Kolloquiums:	01. Juli 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Landkreis Osnabrück



Der Landkreis Osnabrück unterhält insgesamt 20 Schulen. Die Mehrheit der Schulen ist aus den 70er oder 80er Jahren und somit mit hohem Sanierungsbedarf.

Die Fachhochschule Münster soll einzelne Sanierungsschritte untersuchen und weitere Maßnahmen entwickeln, mit dem der Landkreis Osnabrück die weitere Sanierung von Schulen durchführen kann. Das Gymnasium Bad Essen wird als Pilot Schule untersucht, da hier das größte Sanierungspotential liegt und bereits durchgeführte Sanierungsmaßnahmen auf Erfolg oder Misserfolg hin untersucht werden können. Gleichzeitig dient die Schule als Versuchsschule, in der einzelne Musterräume erstellt werden. Dabei ist das Empfinden der Nutzer zusammen mit einem guten Raumklima und der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Varianten ausschlaggebend. Die beste Kombination dieser Eigenschaften soll dann auf alle weiteren Klassenräume übertragen werden.

Der Landkreis Osnabrück ist an die Fachhochschule Münster mit dem Problem der Schulsanierung herangetreten. Die zentrale Frage ist, ob die bisherigen Sanierungsmaßnahmen sinnvoll waren oder ob ein anderer Ansatz geeigneter ist. Die bisherigen Sanierungsmaßnahmen umfassen die Erneuerung von Fenstern, Dächern und die Dämmung der Gebäudehülle.

Um diese Fragestellung zu klären, ist eine Thermische Gebäudesimulation mit dem Programm „DesignBuilder“ erstellt worden. Die thermische Gebäudesimulation bietet die Möglichkeit der dynamischen Berechnung von Jahresenergiemengen, die zum Kühlen und Heizen eines Gebäudes nötig sind. Das Verhalten eines Gebäudes bei bestimmten Wetterbedingungen kann simuliert und ausgewertet werden bevor das Gebäude errichtet wird.

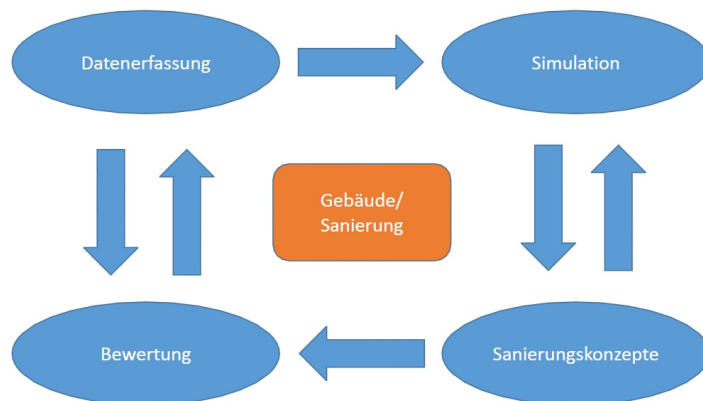
Zudem kann durch die Simulation die Detailplanung überprüft werden, was sonst erst nach Fertigstellung des Bauvorhabens möglich ist. Eventuelle Probleme oder Mängel sind folglich sehr teuer und zeitintensiv in der Behebung.

Das Schulgebäude des Gymnasium Bad Essen wurde detailgetreu in die Software aufgenommen und im Folgenden simuliert. Im Anschluss daran standen die Validierung der Simulationsergebnisse und die Anpassung der Energieverbräuche an den Ist-Zustand. Auf Basis dieses Modelles können verschiedenste Sanierungsvarianten simuliert und somit auf Erfolg getestet werden.

Zu einem guten Gesamtkonzept zählt neben der energetischen Optimierung auch die Steigerung des Komforts für die Nutzer. Deshalb wurde im Anschluss der Thermischen Gebäudesimulation im Gymnasium Bad Essen Raumluftechnische Untersuchungen in den Klassenzimmern durchgeführt. Im Zentrum dabei standen die CO<sub>2</sub>-Konzentrationsbelastung und die Entwicklung der Raumtemperatur während der Schulstunden.

Die Erkenntnisse aus der Thermischen Gebäudesimulation und den Raumluftechnischen Untersuchungen gehen in die Planung von insgesamt 6 Musterräumen, die im Gymnasium Bad Essen erstellt werden sollen, mit ein.

Ein gutes Raumklima mit ausreichend Frischluftversorgung, konstanten Raumtemperaturen, einer gleichmäßigen Ausleuchtung und guten akustischen Eigenschaften trägt maßgeblich zum Lernerfolg bei. Neben einer hohen Qualität der Lehre rücken die Lernbedingungen der Bildungsstätten in das Blickfeld.



## Untersuchung zur Einführung eines eCarsharing-Systems in Kleinstädten am Beispiel der Stadt Tönisvorst

**Tom Simon B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	26. September 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	Stadt Tönisvorst



Carsharing ist einer der Megatrends in der modernen Mobilitätsbranche und erfährt derzeit in Deutschland ein dynamisches Wachstum. Der Gedanke von einer gemeinschaftlichen Nutzung von Kraftfahrzeugen spricht für mehr Flexibilität, spart Ressourcen und ist für viele Menschen kostensparender als die Unterhaltung eines eigenen Pkw's. Besonders in den Großstädten Deutschlands findet das Modell zunehmend neue Kunden und ergänzt das bereits bestehende Mobilitätsangebot des öffentlichen Nahverkehrs. Diese Untersuchung beschäftigt sich mit dieser Entwicklung und gibt einen Überblick über Funktionsweisen, Anbieter und Carsharing-Modelle mit Elektrofahrzeugen.

Die Elektromobilität ist ebenfalls eine zentrale Thematik der zukünftigen Mobilität. Fossile Brennstoffe und Ölreserven neigen sich dem Ende entgegen. Demzufolge muss langfristig eine Umstellung auf alternative Antriebstechnologien realisiert werden. Die Menschen müssen fortan an diesen Wandel herangeführt und davon überzeugt werden. Teil dieser Arbeit ist sowohl die Darstellung aktueller Antriebstechnologien als auch Auskunft über die derzeitige Situation der Netzinfrastruktur für Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb zu geben.

Mit Blick auf die zukünftige Entwicklung der Mobilität, befasst sich diese Bachelorarbeit mit der Einführung von Carsharing-Systemen mit Elektrofahrzeugen in Kleinstädten. Durch die Integration von Elektrofahrzeugen in Carsharing-Flotten besteht die Möglichkeit, die deutsche Bevölkerung Schritt für Schritt mit der Nutzung von batteriebetriebenen Fahrzeugen vertraut zu machen.

Es besteht jedoch die Frage, ob eine Umsetzung dieses Konzepts in Städten mit weniger Einwohnern profitabel ist und bei der kommunalen Bevölkerung auf Begeisterung stößt. Als repräsentatives Beispiel wurde die Kleinstadt Tönisvorst am Niederrhein gewählt. Dabei sollten sowohl Informationen über Nutzerakzeptanz der Einwohner gewonnen werden wie auch eine Wirtschaftlichkeitsrechnung zur Ermittlung der ökonomisch sinnvollen Umsetzung durchgeführt werden.

Im Rahmen einer Marktuntersuchung wurde der Standort Tönisvorst analysiert und die Gegebenheiten des örtlichen Mobilitätsangebots geprüft. Des Weiteren wurde mit Hilfe von einer Umfrage das lokale Interesse an einem eCarsharing-System ermittelt und Interessengruppen

definiert. Das Ergebnis der Untersuchung macht deutlich, dass besonders junge Menschen und Personen ohne eigenen Pkw ein hohes Interesse an der Einführung von Carsharing haben. Eine Neugier für elektrisch angetriebene Fahrzeuge ließ sich ebenfalls feststellen, gleichwohl der allgemeine Wissenstand der befragten Personen zu den Themen Elektromobilität und Carsharing unbefriedigend ist. Hier wäre es angebracht, die zukünftige Informationspolitik der Bundesregierung und die Marketingstrategien der Carsharing-Unternehmen zu überdenken.

Im Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeitsrechnung wurde während der Untersuchung nach einer Lösung gesucht, anhand der Einführung eines eCarsharing-Systems in Tönisvorst einen Mehrwert für die Stadt, die Einwohner und auch den Anbieter zu schaffen. Die erarbeitete Kostenkalkulation für den städtischen Fuhrpark und die Ausarbeitung einer Kostenvergleichsrechnung für die Carsharing-Fahrzeuge veranschaulicht, dass eine Umsetzung von Carsharing mit Elektrofahrzeugen in Kleinstädten realisierbar ist.

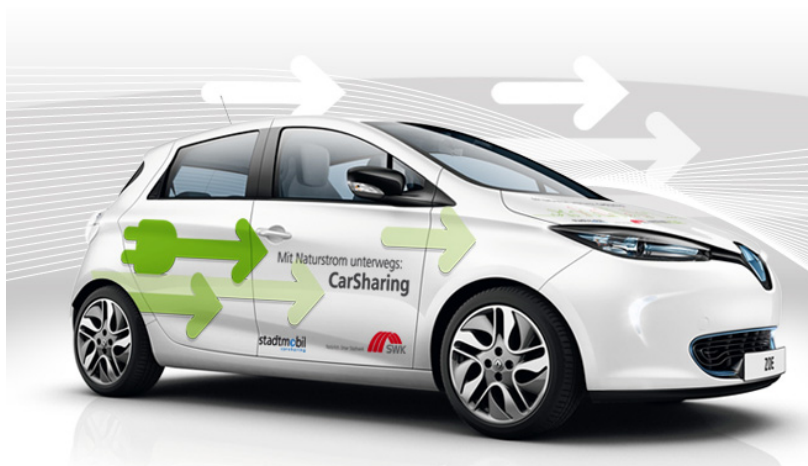


Abb.1: Renault Zoe im Carsharing-Einsatz in Krefeld / SWK Mobil GmbH

Mit voranschreitender Entwicklung leistungsfähiger Batteriesysteme wird die Attraktivität für dieses Konzept in Zukunft weiter steigen. Somit ist die Einführung von eCarsharing-Systemen in Kleinstädten mittelfristig realistisch und schafft die Grundlage für ein flächendeckendes, ökologisch und ökonomisch ansprechendes Carsharing-Netz mit batteriebetriebenen Autos in Deutschland. Ganz im Sinne des Trends: „Teilen statt Besitzen“ sowie dem Ziel der Bundesregierung, die Elektromobilität voranzutreiben.

## Die neue DIN 1988-300. Haben sich die neuen Berechnungs- und Planungsansätze rund um die Nutzungseinheiten bewährt?

**Andre Speit M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler  
Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker

Datum des Kolloquiums: 15. Juli 2014

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

Studienrichtung: Gebäudetechnik

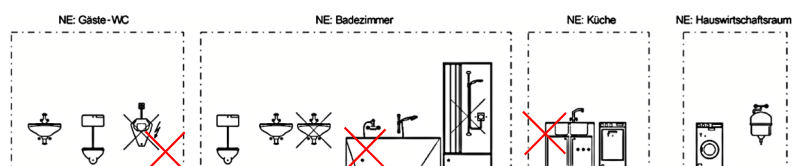
Laborbereich: Haus- und Energietechnik



Das Ziel dieser Arbeit war herauszufinden, wie sehr sich die überarbeiteten Berechnungs- und Planungsansätze aus der im Jahr 2012 überarbeiteten DIN 1988-300 in der Praxis bewährt haben. Die wichtigsten Änderungen bezogen auf die vorangegangene DIN 1988-3 ergeben sich bei der Ermittlung der Spitzenvolumenströme von Trinkwasserrohrleitungen. Verringert wurden z.B. die Berechnungsdurchflüsse einiger Verbraucher, da diese bis dato zu hoch angesetzt waren und daher nicht die aktuellen Gegebenheiten in Bezug auf die Trinkwassereinsparung und -hygiene widerspiegeln. Außerdem wurde der Berechnungsgang zur Ermittlung der Rohrleitungsdimensionen überarbeitet. Ein Hauptaugenmerk wurde dabei auf die Einführung der sogenannten Nutzungseinheiten - kurz NE - gelegt. Speziell für die Rohrdimensionierung in Bereichen mit geringen Volumenströmen wurden diese NE's entwickelt und neu in die DIN 1988-300 integriert.

Bei diesem Ansatz wird innerhalb einer NE davon ausgegangen, dass definitionsgemäß maximal zwei Trinkwasserverbraucher zeitgleich betrieben werden. Zur Rohrleitungsdimensionierung werden die beiden Objekte mit den größten Berechnungsdurchflüssen zugrunde gelegt und die Summe daraus als Spitzendurchfluss für die NE angesetzt. Dadurch soll in den Endbereichen von Trinkwassersträngen eine gewünschte Verringerung der Rohrdimensionen erwirkt werden. Bei Anschluss weiterer NE's an die Versorgungsleitung werden die so ermittelten Spitzendurchflüsse der NE's so lange aufaddiert, bis der daraus ermittelte Spitzendurchfluss größer ist als der berechnete Wert nach Formel  $\dot{V}_S = a(\sum \dot{V}_R)^b - c$  aus der Norm. Ab dieser Teilstrecke muss immer der kleinere der beiden Spitzendurchflüsse zur Leitungsdimensionierung berücksichtigt werden.

Um den Summendurchfluss  $\sum \dot{V}_R$  zu ermitteln werden innerhalb von NE's nur die Sanitärobjekte berücksichtigt, die zum Einrichtungsstandard gehören. Wie in der folgenden Abbildung zu sehen, werden z.B. Urinale, zweite Waschtische, Duschen zusätzlich zu Badewannen nicht berücksichtigt.





Der neue Berechnungsgang zur Rohrnetzdimensionierung nach DIN 1988-300 wird in der Arbeit ausführlich aufgeführt und speziell in Bezug auf die erwähnten NE's erläutert. Außerdem werden die Ausführungen aus dem Kommentar zur DIN 1988-300 des ZVSHK dargestellt und analysiert.

Anschließend wird der tatsächliche Einfluss der NE's auf die Rohrnetzdimensionierung an unterschiedlichen, mit einer Software berechneten Beispielen überprüft und ausgewertet.

Als Ergebnis der Berechnungsbeispiele wird festgestellt, dass die NE's nicht in jedem Fall einen positiven Einfluss auf die Rohrnetzdimensionierung haben. Je nach Installationsart des Rohrnetzes werden teilweise Dimensionsverminderungen in den Endbereichen erzielt. In anderen Fällen haben die NE's keinen positiven Einfluss auf die Dimensionierung der Rohrleitungen.

In der Arbeit wird außerdem an vier beispielhaften Auslegungsprogrammen zur Rohrnetzdimensionierung aufgezeigt, wie diese mit dem Thema NE umgehen bzw. wie die NE's bei der Planung generiert und bei der Berechnung berücksichtigt werden können.

Dabei wird festgestellt, dass eine Definition und Berücksichtigung der NE's bei der Planung sehr einfach möglich ist. Aus Erfahrungswerten gibt es bei TGA-Planern jedoch so viele Unklarheiten im Umgang mit den teils sehr komplexen Planungsprogrammen, dass die korrekte und normkonforme Berechnung oft zweitrangig ist. Im Vordergrund steht dann eher eine schnelle und möglichst unkomplizierte Rohrnetz-berechnung.

Da der Faktor Zeit bei den alltäglichen Planungsaufgaben eine immer wichtigere Rolle spielt, wird der Begriff Nutzungseinheit bei vielen Planern eher stiefmütterlich behandelt. Im Allgemeinen ist zwar bekannt, dass es Änderungen in der Überarbeitung der Norm gibt, jedoch hat sich lediglich eine Minderheit der Planer bereits intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt. Außerdem bedeutet die Abstimmung der NE's mit der Bauherrschaft einen zusätzlichen Planungsaufwand, der aufgrund der fehlenden Erfahrungen oftmals noch nicht eingeschätzt werden kann und daher nicht, oder nur bedingt in Kauf genommen wird.

Schlussendlich kann in Bezug auf die Einführung der NE's festgehalten werden, dass teilweise eine gewünschte Verringerung des Rohrnetzes im Endbereich der Fließwege erreicht wird, jedoch ist das nicht grundsätzlich der Fall.

Die nächsten Jahre werden sicherlich Klarheit schaffen, wie groß die Akzeptanz von Fachplanern in Bezug auf die überarbeiteten Berechnungsgrundlagen – speziell die NE's - aus der neuen DIN 1988-300 wird. Die Zukunft muss erst noch zeigen, ob die Verringerung der Rohrdimensionen in den Endbereichen der Fließwege den entstehenden Mehraufwand bei der Rohrnetz-berechnung rechtfertigt und dadurch eine größere Akzeptanz bei den Fachplanern entsteht.

## Darstellung des Betriebsverhaltens von Verdichtern im Erdgasspeicherbetrieb am Beispiel des H-Gasspeichers Epe

**Johanna Stäsch B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	26. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Laborbereich Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	RWE Gasspeicher GmbH, Epe



Die Energieversorgung ist eine der großen gesellschaftlichen und technischen Herausforderungen der heutigen Zeit. Es ist wichtig, die Ressourcen effizient zu nutzen und den Energieverbrauch zu minimieren. Gerade bei Unternehmen gibt es großes Potenzial, Strom und damit gleichzeitig auch Kosten zu sparen. Um Potenziale zu nutzen, muss man den Istzustand kennen. Es ist für Unternehmen also wichtig zu wissen, wo welcher Anteil Energie eingesetzt wird.

Im Erdgasspeicher Epe wird H-Gas verdichtet und dann in Kavernen in der Steinsalzschiefer der Erde gespeichert. Für die Verdichtung werden verschiedene Verdichter eingesetzt, um das Erdgas auf Drücke von über 200 bar zu bringen. Bei der Erdgasspeicherung wird viel Strom von den Verdichtern verbraucht. Um Energie und damit Kosten zu sparen, muss ihr Einsatz also optimal angepasst sein. Hierfür ist es notwendig, den Stromverbrauch und die Wirkungsgrade der verschiedenen Verdichter zu kennen. Durch unterschiedliche Betriebsbedingungen und Verschleiß können die Wirkungsgrade allerdings variieren. Wenn die Wirkungsgrade der unterschiedlichen Betriebsbedingungen bekannt sind, kann der Verdichter-Einsatz so geplant werden, dass weniger Energie verbraucht wird und die Kosten gering gehalten werden.

Ziel dieser Bachelorarbeit war es, die Stromverbräuche und Wirkungsgrade als Verhältnis von elektrischer Arbeit zu geleisteter Verdichterarbeit für die unterschiedlichen Verdichter des RWE H-Gasspeichers Epe zu bestimmen. Die Analyse erfolgte anhand von aufgezeichneten Daten aus dem Jahr 2013. Dabei wurde festgestellt, dass die Kolbenverdichter untereinander nur leichte Wirkungsgradunterschiede aufweisen. Ein ebenfalls untersuchter Turboverdichter wies im Vergleich mit den Kolbenverdichtern den schlechtesten Wirkungsgrad auf. Anhand der Ergebnisse lässt sich der Einsatz der Verdichter nun besser planen. Des Weiteren wurde festgestellt, dass durch einen verstärkten Kühlereinsatz der Wirkungsgrad bei den Verdichtern noch erhöht werden kann.

## Energetische Betrachtung von Logistikhallen unter den Rahmenbedingungen des EEWärmeG

**Janosch Stücker M.Eng.**

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting  
 Zweitprüfer: Prof. Dr.-Ing. Reinhold Döring  
 Datum des Kolloquiums: 14. Juli 2014

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

In Kooperation mit: Imtech Deutschland GmbH & Co., Düsseldorf



Im Rahmen eines Bauvorhabens und der damit verbundenen engen Zusammenarbeit mit einem Baupartner, entwickelte sich die Thematik der folgend zusammengefassten Masterarbeit.

Aufgrund der häufig erbrachten Bauleistungen in Form von großen Logistikhallen, war der Baupartner interessiert daran, diese Hallen energetisch näher untersuchen zu lassen.

Ziel dieser Analyse war es, Erkenntnisse zu sammeln, durch welche Maßnahmen eine Lagerhalle energetisch sinnvoll erbaut und betrieben werden kann. Dies erforderte die Betrachtung der bauphysikalischen und haustechnischen Merkmale des Gebäudes. Zudem mussten die vom Gesetzgeber verpflichtenden Kriterien im Hinblick auf die EnEV und das EEWärmeG erfüllt werden.

Hierzu wurde eine Standardlogistikhalle mit einer Grundfläche von ca. 20.000 m<sup>2</sup> entworfen und mit bauphysikalischen Randbedingungen versehen. Angrenzende Bereiche wie Verwaltungs- und Pförtnergebäude wurden hierbei nicht betrachtet.

Durch eine Gebäudesimulation mittels der Software Design Builder und EnergyPlus, wurde im Zuge dieser Masterarbeit das thermische Verhalten der Standardlogistikhalle simuliert.

Des Weiteren wurden mit den Daten der Simulation mehrere Wärmeversorgungskonzepte mit unterschiedlichen bauphysikalischen Ansätzen zur Wärmebereitstellung erarbeitet. Hierbei wurde eine wirtschaftliche Bewertung mit der Kapitalwertmethode von unterschiedlichen Maßnahmen zur Einhaltung der Auflagen aus dem EEWärmeG durchgeführt.

Schlussfolgernd wurde die Frage beantwortet, welche unterschiedlichen wirtschaftlichen Auswirkungen die Investition in den Baukörper oder die Investition in eine nachhaltige Gebäudetechnik hat, um den Anforderungen aus dem EEWärmeG zu genügen.

Die Zahlreichen Ergebnisse der zuvor beschriebenen Untersuchungen zeigten, dass die Investition in nachhaltige Gebäudetechnik wirtschaftlich positivere Auswirkungen hat, als die Investition in einen verbesserten Baukörper.

## Entwicklung einer Methode zur Berechnung und Bewertung der Energieeffizienzmaßnahmen für eine Gebäudeleittechnik

**Felix Terbrüggen B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Winfried Haas
Datum des Kolloquiums:	27. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Imtech Deutschland GmbH, Hamburg



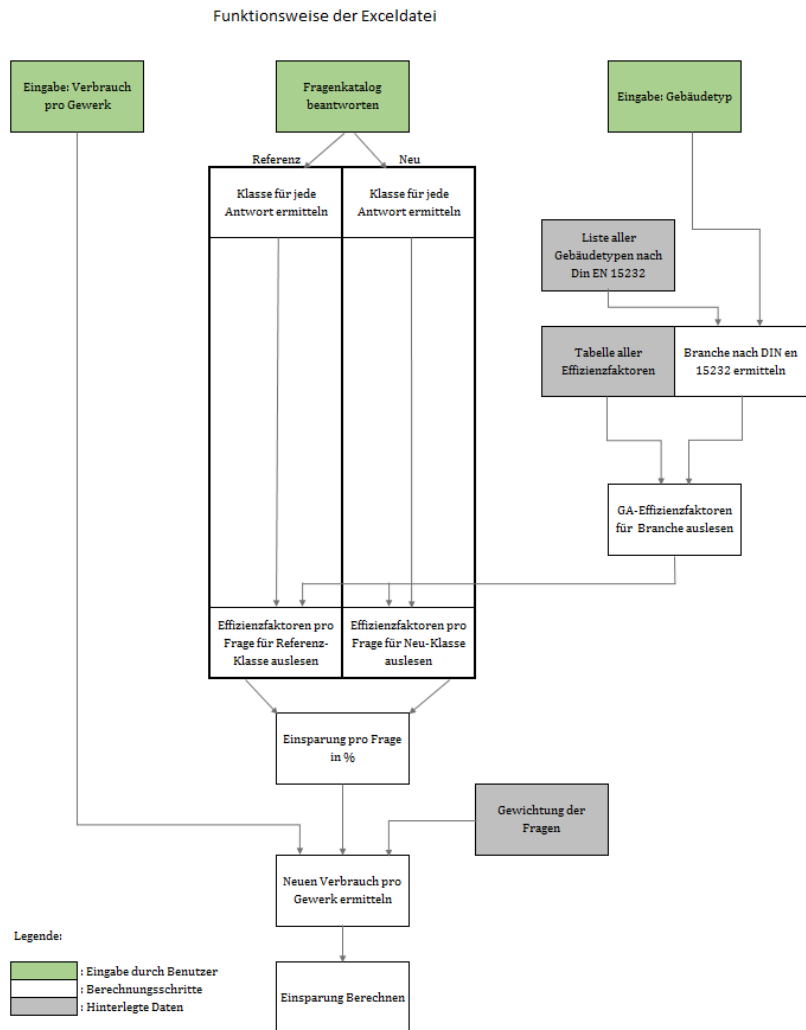
Im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung hat sich im Laufe der letzten Jahre und Jahrzehnte ein grundlegender Wandel vollzogen. Fossile Energieträger stehen nicht mehr unbegrenzt zur Verfügung, sodass die Energiekosten um ein Vielfaches gestiegen sind. Auch die Klimadebatte um die Erwärmung des Erdklimas bedingt durch den zu hohen CO<sub>2</sub>-Ausstoß führt dringend vor Augen, dass dem Thema Energieeffizienz immer mehr Priorität zukommen muss. Sowohl politische Vorgaben als auch die Frage der wirtschaftlichen Effizienz eines Gebäudes verlangen nach neuen technischen Lösungen im Gebäudebetrieb und in der Handhabung der Gebäudetechnik.

Inhaltlich beschäftigt sich diese Arbeit mit der Entwicklung einer Methode zur Berechnung und Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen für Gebäudeleittechnik. In Kooperation mit der Firma Imtech Deutschland wird im Rahmen dieser Arbeit eine Erweiterung für ein bereits bestehendes Computerprogramm entwickelt, mit dessen Hilfe konkrete Einflüsse von Energieeffizienzmaßnahmen in der Gebäudeleittechnik berechnet werden sollen.

In der Gebäudeleittechnik werden optimaler Weise alle regelbaren Größen der technischen Anlagen eines Gebäudes zusammengeführt. Anlagenkomponenten können ideal aufeinander abgestimmt und ihre Leistungen stetig überwacht werden. Durch die Optimierung der Regelung ergibt sich ein großes Einsparpotential, welches ohne teure Maßnahmen wie die Erweiterung oder die Erneuerung großer Anlagenteile ausgenutzt werden kann. Aus diesem Grund steigt die Bedeutung der Gebäudeleittechnik im Bereich der Energieeffizienz stetig an.

Als Grundlage für die Vorgehensweise bei der Bewertung von Gebäudeleittechnik und ihrer Energieeinsparpotenziale wurde die DIN EN 15232:2012-04 - Energieeffizienz von Gebäuden - Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement verwendet. Das in dieser Norm vorgestellten Verfahren wurde erweitert, um detailliertere Aussagen über die Effizienz einzelner Teile der Gebäudetechnik treffen zu können. Durch weitere Anpassungen des Berechnungs- und Bewertungsablaufs wird dem Anwender eine individuellere Anwendungsmöglichkeit geschaffen. Laut Verfahren der Norm werden beispielsweise Fragen aus einem Fragenkatalog gestellt, um die bestehende Gebäudeleittechnik aufzunehmen und zu bewerten. Die gesamte GLT wird nach der insgesamt qualitativ schlechtesten Antwort

bewertet, also konnte im Extremfall durch nur eine Antwort komplett falsch bewertet werden, was im Folgenden zu deutlich zu hohen berechneten Energieeinsparpotenzialen führt. Um dies zu vermeiden wurde der Bewertungsablauf geändert.



Zum Beispiel geht jede Frage aus dem Fragenkatalog nun mit einer ihr zugeteilten Gewichtung in die Gesamtbewertung ein. Aus der Bewertung der alten und einer geplanten GLT lässt sich über Faktoren die potenzielle Energieeinsparung berechnen.

Das neue Berechnungsverfahren wurde in Rahmen dieser Arbeit zum einen als Exceldatei erstellt und zum anderen als Rechenroutine in der Programmiersprache Python geschrieben, um unmittelbar Anwendung in einer von Imtech hausinternen Software Anwendung zu finden.

## Entwicklung einer Strategie zur Betriebsbegleitung für eine großtechnische Filteranlage zur Regenwasserbehandlung in Wuppertal

**Yannick Tiemann B. Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Andreas Giga
Datum des Kolloquiums:	30. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Labor für Urbanhydrologie und Wasserversorgung
In Kooperation mit:	Dr. Pecher AG, Erkrath



Seit ein paar Jahren rückt die Niederschlagswasserbehandlung in Deutschland immer mehr in den Fokus der Städte und Gemeinden. In Nordrhein-Westfalen werden die Kommunen durch den Trennerlass verpflichtet den verschmutzten Abfluss von Flächen mit bestimmter Nutzung (z. B. Dach- oder Straßenflächen) vor der Einleitung in ein Gewässer zu reinigen. Bisher wurden hierfür Systeme wie Regenklärbecken oder auch dezentrale Behandlungsmodul mit einer Einzugsgebietsgröße bis 4 ha angeordnet. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die betriebliche Begleitung einer in Deutschland erstmalig so umgesetzten Großfilteranlage zur Niederschlagswasserbehandlung durchgeführt. Die abflusswirksame Fläche beläuft sich hierbei auf rund 17,2 ha. Auf Grund der fehlenden Erfahrungen im Umgang mit einer Großfilteranlage lag der Fokus insbesondere auf den Wartungsaufgaben, den Optimierungsmöglichkeiten und dem Fracht-Rückhalt durch den Filter.

Das Filterbecken „In der Fleute“ basiert auf den Prinzipien der Sedimentation und Filtration. Drei unabhängige Filterstraßen mit einem dreilagigen Filter stellen dabei für die Behandlung das Kernelement dar. Die untere und mittlere Lage besteht aus unterschiedlich feinem kalkhaltigem Schüttgut. Diese sollen nicht sedimentierte Feststoffe zurückhalten. Als oberste Schicht wurden Geovlies-Packs, die mit einem absorbierenden feinkörnigen Substrat gefüllt sind, aufgebracht. Der Rückhalt von Feinstpartikeln sowie die teilweise Bindung gelöster Schwermetalle soll hierdurch realisiert werden.

Während der betrieblichen Begleitung zeigte sich, dass das Betriebsverhalten und die Erfassung der Randbedingungen im Zulaufbereich (Füllstand, Trübung etc.) bzw. in den Filterstraßen (Verschmutzungen etc.) durch eine wöchentliche Wartung ausreichend dokumentiert werden konnten. Die Durchführung erfolgte hierbei möglichst kurzfristig nach Regenereignissen. Im weiteren Verlauf konnte ebenso beobachtet werden, dass auf Grund von vorher unbekanntem Fehlan schlüssen vermehrt Schmutzstoffe (z. B. Fäkalien, Papier) in den Zulauf des Filters gelangten.

Diese setzten den Filter merklich schneller zu (u. a. Biofilmbildung im Filter), wodurch der Widerstand im Filterstand anstieg und sowohl bei starken als auch schwachen Regenereignissen die Anlage schneller Wasser aus dem Zulauf über eine Trennwand leiten musste.

Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit des Filters sollte im Rahmen dieser Arbeit der Frachtrückhalt mit Hilfe des Parameters AFS (abfiltrierbare Stoffe) berechnet werden. Jedoch konnte seit Inbetriebnahme der Anlage kein maßgebliches Niederschlagsereignis aufgezeichnet werden, mit dem die reine Filterleistung hätte berechnet werden können. Durch die Auswertung der Messdaten bei drei unterschiedlichen Regenereignissen wurde letztendlich deutlich, dass der Rückhalt des Filters starke Schwankungen aufweist. Bei einem schwachen Regen (Abb. 2) konnte eine Reinigung von 92 % erreicht werden.

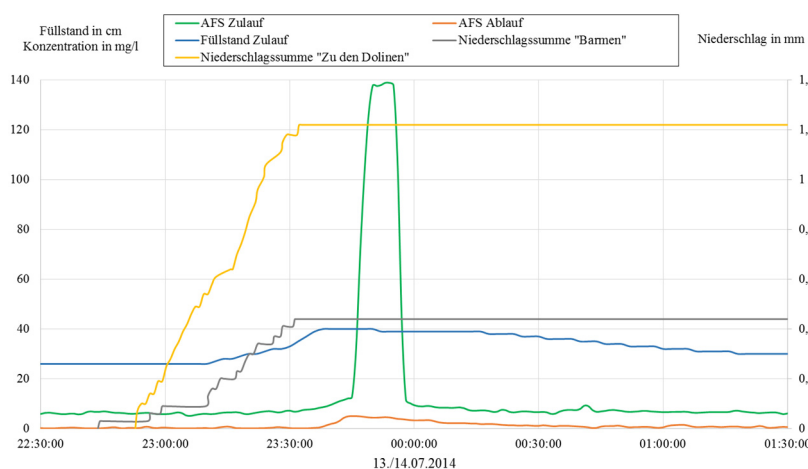


Abbildung 2 - Verlauf des Niederschlags, des Füllstands (Zulauf) und der AFS-Konzentrationen (Zu- und Ablauf) am 13.07.2014

Bei stärkeren Niederschlägen sank der Rückhalt jedoch auf Grund der hohen Füllstände im Zulauf und dem daraus resultierendem Überlaufen über die Trennwand auf 22 % bzw. 47 %. Somit wurde deutlich, dass ein ausreichender Rückhalt von AFS bislang nur bei bestimmten Regenereignissen möglich ist. Ebenso konnte im Rahmen dieser Arbeit festgestellt werden, dass durch das erhöhte Schmutzstoffaufkommen die Leistungsfähigkeit und Standzeit des Filters stark reduziert wird und Fehlschlüsse somit ein großes Problem für eine Großfilteranlage darstellen können.

## From waste to gas – A concept for a waste management plan in Ethiopia

**Jonas Umgelter B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 28. Mai 2014

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

Studienrichtung: Umwelttechnik

Laborbereich: Wasser-, Abwasser- und Umwelttechnik

In Kooperation mit: Consulting Engineers Salzgitter GmbH, Braunschweig/ Äthiopien



Mit einer wachsenden Weltbevölkerung und Urbanisierung speziell in Entwicklungsländern wächst auch das Abfallaufkommen in der Welt. Während in Industrienationen Abfallmanagement mit ordnungsgemäßem Trennen, Sammeln, Verwertung und Deponierung selbstverständlich ist, haben Entwicklungsländer häufig Probleme, Abfallmanagement zu implementieren.

In dem Ost-Afrikanischen Entwicklungsland Äthiopien, welches überwiegend durch Hungersnöte in der Öffentlichkeit bekannt wurde, ist Abfallmanagement noch sehr unterentwickelt. Der Abfall wird meist von privaten Kleinunternehmern mit Handkarren von Haushalten, Restaurants oder Institutionen eingesammelt, zu Umschlagsplätzen transportiert und von dort aus auf Mülldeponie gebracht. Auch wenn dies von zuständigen Stellen vorgesehen ist, so passiert auf keiner dieser Stationen eine Trennung der verschiedenen Abfallströme. Somit landet der gesamte gesammelte Abfall ohne Behandlung oder Trennung auf meist unsachgemäß geführten Mülldeponien. Allein wertvolle Materialien wie Metall, Glas, Plastikflaschen oder Textilien werden in geringen Mengen von Müllsammlern von Deponien oder Umschlagsplätzen aus dem Abfall gesammelt. Neben den Müllsammlern gibt es sogenannte Kurales, welche von Haustür zu Haustür gehen und im Tausch gegen Geld oder Kleidung wertvollen Abfall (Metall, Glas etc.) sammeln und an Zwischenhändler verkaufen. Die Sammelraten sind, abgesehen von der Hauptstadt, vielerorts gering, was ein Grund für die oft von Müll verschmutzten öffentlichen Plätze, Straßen sowie Flussufer ist und Abfall häufig vor oder auf privatem Gelände verbrannt wird.

Wie in vielen Entwicklungsländern, liegt auch in Äthiopien der Anteil von organischem Müll in Bezug auf den gesamten Müll bei über 50%. Organischer Müll kann einfach identifiziert, getrennt und behandelt werden, wird aber dennoch zusammen mit dem gesamten Müll lediglich deponiert. Die Folgen daraus sind hohe Deponiegasproduktion (Methan) und sich schnell füllende Deponien. Diese Gründe führten zu dem Thema dieser Arbeit und der Erarbeitung eines Abfallwirtschaftsplans, der sich auf den organischen Anteil des äthiopischen Mülls konzentriert.

Das Konzept sieht vor, den biologischen Abfall in Biogasanlagen zur



verwerten und mit dem produzierten Biogas das äthiopische Nationalgericht Injera zu produzieren. Dies soll in Kooperation mit Injera-Produzenten geschehen welche den Biomüll auch selbst in deren Nachbarschaft einsammeln.

Injera ist ein säuerlicher Fladenbrot mit einem Durchmesser von 55 cm, der zu fast jedem äthiopischen Gericht serviert. Ausgerollt auf einem Tablett fungiert er als Teller und Besteck. Die Herstellung ist ähnlich wie bei einem Crêpe. Der Teig wird auf eine heiße Platte (bis jetzt elektrisch) aufgegossen und circa 2 Minuten gebacken.

Um die Durchführbarkeit des Konzeptes zu testen, wurde eine Versuchsanlage auf dem Gelände eines Injera Produzenten in Addis Ababa gebaut. Zusätzlich wurde ein Biogas-Injerakocher, der auf einem Gas-Crêpe-Kocher basiert, entwickelt. Das Projekt wurde im Rahmen von zwei Entwicklungsprogrammen, die die Infrastruktur in 8 äthiopischen Städten verbessern sollen und welche beide von der CES GmbH überwacht werden, gebaut. Auf Grund von Verzögerungen bei der Fertigstellung der Biogas-Injerakochers, zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit, konnten noch keine Versuchsdaten bezüglich des Konzepts entnommen werden. Da die Entwicklungen jedoch stetig voranschreiten, ist mit einer baldigen Inbetriebnahme der Anlage zu rechnen.

Durch dieses Konzept kann über die Hälfte des zu deponierenden Abfalls reduziert, Deponiegas Emissionen minimiert und die Fülldauer der Deponien verlängert werden. Des Weiteren werden durch die lokale Verwertung des organischen Mülls Transport Wege und dementsprechend Kosten reduziert, die Produktionskosten sowie der Strombedarf gesenkt, das Recyclingpotential für andere wertvolle Materialien erhöht und ein Produkt erzeugt welches von jedem Äthiopier jeden Tag gegessen wird.

Sobald das Versuchsprojekt erfolgreich ist, sollen in den 8 Städten des Entwicklungshilfsprogramms weitere Anlagen entstehen.

## Optimierung von Dampfkesselsystemen am Beispiel der Armstrong DLW GmbH in Delmenhorst

**Lars Varelmann M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Datum des Kolloquiums:	23. Februar 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Wasser, Abwasser, Abfall und Immissionsschutz
In Kooperation mit:	Armstrong DLW GmbH, Delmenhorst



Die Armstrong DLW GmbH ist ein produzierendes Unternehmen, welches Bodenbeläge aus Linoleum für den nationalen und internationalen Markt herstellt. Für den Herstellungsprozess wird in verschiedenen Produktionsschritten Energie in Form von Wärme benötigt. Aufgrund des einfachen Transports und des hohen Energiegehaltes wird Dampf als Energieträger eingesetzt. Das Dampfkesselsystem wurde entsprechend dem gesteigerten Energiebedarf und den rechtlichen Rahmenbedingungen in der Vergangenheit stetig erweitert und modernisiert. Aus der dadurch entstandenen Verknüpfung verschiedener Dampferzeuger, dem diskontinuierlichen Dampfbedarf nach Werksauslastung und der historisch gewachsenen Infrastruktur ergeben sich besondere Anforderungen und Herausforderungen für den Anlagenbetreiber.

Auf der Grundlage einer detaillierten Systemanalyse wurden die Betriebsbedingungen erfasst und bewertet. Bei der Systembewertung wurden besonders die Substanzerhaltung und die Energieeffizienz im System betrachtet. Es wurde ein Maßnahmenpaket erarbeitet, durch dessen Umsetzung eine gesteigerte Energieeffizienz und besonders korrosionsarme Betriebsbedingungen im Dampfkesselsystem erzielt werden können. Durch die Bilanzierung des Gesamtsystems für die vorgefundenen Betriebsbedingungen und für einen optimalen Betrieb wurden Einsparpotentiale in Bezug auf die Betriebskosten ermittelt. Die Gesamteinsparung für die Armstrong DLW GmbH und einen Contractor, der einen Teilbereich im System bereit, ist signifikant. Der Return on Investment beträgt nur einen Monat für die Armstrong DLW GmbH und 2 Monate für den Contractor. Neben der direkten Wirtschaftlichkeit können durch die Optimierungsmaßnahmen zusätzlich die zukünftigen Betriebs- und Instandhaltungskosten in relevanter Höhe reduziert werden.

Die vorgefundene wasserseitige Situation im System erforderte eine unmittelbare Optimierung der Betriebsbedingungen. Es wurden Sofortmaßnahmen ausgearbeitet, durch deren Umsetzung die vorhandenen Defizite beseitigt werden können. Die Umsetzung einer Teilmaßnahme wurde im Rahmen dieser Arbeit begleitet. Der Erfolg der Sofortmaßnahme stellt sich durch geminderte Korrosionsvorgängen im Gesamtsystem und die Einhaltung der Richtwerte für den Anlagenbetrieb dar.

## Die Wertstromanalyse als Instrument zur Prozessoptimierung im operativen Einkauf von Windenergieanlagen

**Tobias Voelker B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Johannes Schwanitz
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	23. September 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	GE Wind Energy GmbH, Salzbergen



Die vorliegende Masterarbeit analysiert den operativen Einkaufsprozess für Windenergieanlagen unter Anwendung einer Wertstromanalyse. Das Ziel der Arbeit ist, den Prozess in Bezug auf deren Leistungsfähigkeit kritisch zu analysieren, um im Folgenden mögliche Handlungsfelder zur Verbesserung herauszustellen.

In der Arbeit werden drei Themenbereiche berührt, die auf einander aufbauend behandelt werden: die Lean- und Wertstromtechnik als methodischer Hintergrund, die betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen zum Beschaffungswesen als Untersuchungsgegenstand, sowie die praktische Anwendung der Methode im Einkauf der Firma GE Wind Energy GmbH.

Im ersten Teil wird der Lean-Ansatz theoretisch aufgearbeitet, indem zunächst seine Entstehung und Denkansätze beschrieben werden. Nach der Vorstellung ausgewählter Verbesserungsmethoden wird die Wertstromanalyse als Untersuchungstechnik eingehend erläutert. Es folgt eine fundierte Aufbereitung der Einkaufstheorie, einschließlich den Zielen, Aufgaben, Aufbau- und Ablauforganisation einer schlanke Beschaffung. Die Themenfelder Lean-Technik und Beschaffungswesen werden miteinander verknüpft und auf den operativen Einkauf von Windenergieanlagen angewendet. Nachdem zunächst der Gesamtprozess in deren Teilschritte untergliedert wird, werden diese anschließend einzelnen betrachtet. Dazu werden zahlreiche flussbezogene Kennziffern wie Durchlaufzeit, Rüstzeit, Losgröße usw. erhoben.

Die Entwicklung einer detaillierten Wertstromanalyse charakterisiert den operativen Einkaufsprozess und ermittelt die Leistungsfähigkeit bezüglich Geschwindigkeit, Ausschuss und Verschwendung. Die gewonnenen Erkenntnisse der Analyse können verwendet werden, um Optimierungspotentiale herauszustellen: Eine Verbesserungsmöglichkeit besteht in der Optimierung der Engpassschritte der Angebots-Anfrage und Neuteil-Qualifizierung. Als weiterer Handlungsbereich wird empfohlen, die Durchlaufzeit durch EDV-Schnittstellenverbesserung zu verkürzen. Die Arbeit schließt mit einer kritischen Reflexion der Inhalte und Methoden, wobei die Wertstromtechnik als übersichtliche und effektive Methode zur Erkennung von Verschwendung in Prozessen herausgestellt wird.

## Gebäudemodernisierung und Betriebskosten - Energetische Neustrukturierung eines Rechenzentrums unter Berücksichtigung des Gesamtkonzeptes der zentralen Kälteerzeugung und der Auswirkungen auf die raumluftechnischen Anlagen

**Yuting Wang, M.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 18. August 2014

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

Studienrichtung: Gebäudetechnik  
Laborbereich: Raumluft- und Kältetechnik

In Kooperation mit: STF Energy GmbH, Düsseldorf



Vor dem Hintergrund des großen Energieverbrauchs im Betrieb und der anfallenden Kosten ist für ein Klimatisierungssystem eines Rechenzentrums der Energieeffizienz besondere Bedeutung zuzuordnen. Dabei sind die Betriebskosten über die gesamte Laufzeit zu berechnen und zu bewerten. Ein System mit freier Kühlung wird in der Regel zu hohen Investitionskosten führen, aber die Mehrkosten werden sich aufgrund der deutlich reduzierten Betriebskosten kurz- oder mittelfristig amortisieren.

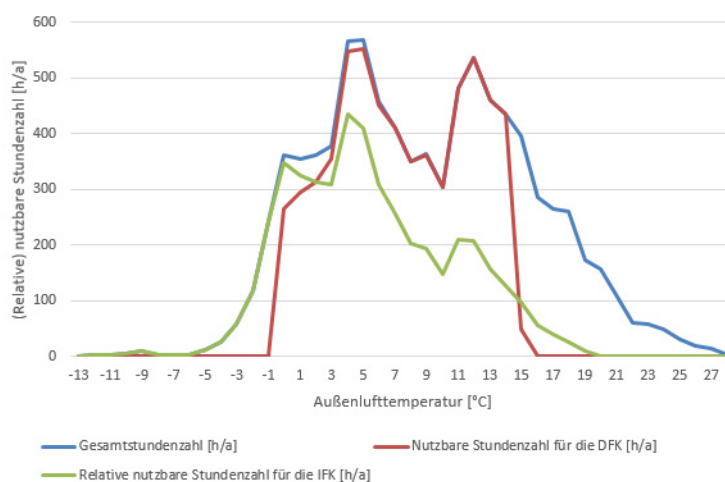
In dieser Arbeit wurde ein Klimatisierungssystem eines realen Rechenzentrums untersucht. Dazu wurden das bestehende Kälteerzeugungssystem sowie die vorhandenen raumluftechnischen Anlagen vorgestellt. Daraus wurden der Energieverbrauch und die Betriebskosten im Jahr ermittelt.

Aufgrund des hohen ganzjährigen Energiebedarfs wurden danach einige Optimierungsmaßnahmen vorgeschlagen. Dabei wurden zwei Varianten untersucht: Umbau der bestehenden Anlagen zur Nutzung der direkten freien Kühlung und Neuinstallation eines kompletten autarken Klimasystems zum Einsatz der indirekten freien Kühlung.

Der ersten Variante liegt eine Weiternutzung des bestehenden Klimatisierungssystems mit Ergänzung der direkten freien Kühlung zu Grunde. Dabei ist eine Mischkammer mit einem Abluftventilator einzubauen, um die Außenluft mit der Umluft zu vermischen. Die Kälteerzeugung erfolgt weiterhin über die bestehende zentrale Kälteerzeugung für die Zeit, in der die freie Kühlung nicht genutzt werden kann. Das Ziel dieser Variante ist, dass mit einem relativ geringen Investitionsaufwand ein großer Teil des Stromverbrauchs eingespart werden kann.

Bei der zweiten Variante erfolgt die Einbringung der Kälte über neue Klimaschränke mit EC-Unterbodenventilatoren. Hierbei wird ein moderner luftgekühlter Kaltwassersatz mit integrierter indirekter Freikühlfunktion zur Kälteerzeugung eingesetzt. Diese Variante ermöglicht Energieeinsparungen durch moderne Anlagen mit drehzahlgeregelten Komponenten.

Für beiden Varianten wurden jeweils nutzbare Jahresstunden ermittelt und miteinander verglichen. Daraus wurde eine (relative) Stundenzahl für den Übergangsbetrieb bei Nutzung der indirekten freien Kühlung ermittelt.



Vergleich der (relativen) nutzbaren Stundenzahl der untersuchten Varianten.

Das Ergebnis zeigt, dass durch beide Optimierungsmaßnahmen der Stromverbrauch für die Klimatisierung über 60 Prozent reduziert werden kann. Vorteil der Variante 1 ist, dass die Investitionskosten sowie die Umbaukosten aufgrund der Weiternutzung von Bestandsanlagen und Rohrsystemen relativ niedrig sind. Variante 2 ist die energieeffizientere Lösung und kann ca. 10 KW mehr Kühlleistung als Variante 1 leisten. Die Steigerung der Energieeffizienz im Rechenzentrum durch Einsatz der freien Kühlung ist ein wichtiger Ansatz zur Kostensenkung des Unternehmens und zum Klimaschutz der Welt.

## Übernahme von Strom- und Gasnetz zur betrieblichen Eigenversorgung

**Christopher Wendt B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Andreas Böker
Datum des Kolloquiums:	28. Mai 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Energieversorgung und Energiewirtschaft
In Kooperation mit:	TIGEV Ingenieure, Münster Abfallwirtschaftsgesellschaft des Kreises Warendorf mbH, Enningerloh



Die vorliegende Master Thesis bietet dem Leser einen Einblick in die Vorgehensweise bei der Realisierung der Übernahme eines Strom- und Gasnetz mit dem Ziel des Betriebs als Kundenanlage zur betrieblichen Eigenversorgung am Beispiel des Eigenversorgungsvorhabens der Abfallwirtschaftsgesellschaft des Kreises Warendorf mbH (AWG) und seiner ebenfalls im Teilnetz befindlichen Tochtergesellschaften. Sie versorgt den Leser mit einem grundlegenden energiewirtschaftlichen Verständnis der Bildung von Energiekosten und der mit einem Eigenversorgungsvorhaben verbundenen regulatorischen Komplexität. Aufgrund der Tatsache, dass der vorliegende Netzbetreiber das Strom- und Gasnetz lediglich zusammen verkauft, werden in dieser Arbeit zwar beide Netze betrachtet, dennoch liegt der Fokus auf der absehbar deutlich wirtschaftlicheren Stromseite.

Um zunächst ein ausreichendes Verständnis für das Vorhaben aufzubauen, werden die grundlegenden energiewirtschaftlichen Vorteile erläutert, welche zu den gewünschten Einspareffekten bei den Energiekosten durch den Kauf des Stromnetzes führen.

Anschließend beleuchtet die Arbeit die intern notwendigen Faktoren, mit welchen sich die AWG für das Vorhaben auseinandersetzen muss. Dafür werden zunächst die verschiedenen Möglichkeiten der rechtlichen Einordnung der Versorgungsleitungen erläutert. Als Ergebnis einer Bewertung und Überprüfung notwendiger Faktoren werden die Netze rechtlich als Kundenanlage zur betrieblichen Eigenversorgung eingeordnet. Folgend wird die Umsetzung des Eigenversorgungsvorhabens mit elektrischer Energie aus der vorhandenen Eigenerzeugungsanlage und der damit verbundenen Konzeption zur Verteilung der erzeugten Energie betrachtet. Da aus der Belieferung von Letztverbrauchern ebenfalls für die AWG Pflichten eines Energieversorgers resultieren, werden diese ebenfalls abschließend dargestellt.

Da sich im Rahmen eines solchen Projektes auch der Netzbetreiber mit diversen auftretenden Problemstellungen auseinandersetzen muss, werden auch diese als externe Faktoren in dieser Arbeit näher

betrachtet. So werden zunächst die erarbeiteten Lösungsansätze dargelegt, die dem Netzbetreiber weiterhin die Möglichkeit geben sämtliche Energieströme aus den Erzeugungsanlagen auf dem Betriebsgelände eindeutig zuzuordnen und gegebenenfalls nach den Bestimmungen des EEG zu vergüten. Darüber hinaus wird die Berechnungsgrundlage für die Bildung eines angemessenen Verkaufspreises vorgestellt, sowie die allgemeinen Inhalte der zu schließenden Verträge.

Eine abschließende Bewertung der Rentabilität findet unter Zuhilfenahme einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung statt, welche dem Kunden als Entscheidungsgrundlage für den Kauf des Netzes dient. Für eine abschließende Gesamtbetrachtung geht die Thesis auf die Hemmnisse des jüngst verabschiedeten Gesetzesentwurfs für die bevorstehende EEG Reform sowie auf zukünftige Handlungsansätze ein.

Als zusammenfassendes Ergebnis dieser Master Thesis lässt sich festhalten, dass das Eigenversorgungsvorhaben durch die Übernahme des Strom- und Gasnetzes auf dem Betriebsgelände der AWG erfolgreich zum 01. Januar 2014 umgesetzt werden konnte. Nach aktuellem Stand dieser Thesis kann zudem davon ausgegangen werden, dass die bevorstehende EEG Reform nur geringen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit weiterer geplanter Eigenversorgungsvorhaben innerhalb des Netzes der AWG haben wird.

## Vergleich unterschiedlicher Einbausituationen von Solarkollektoren zur Trinkwassererwärmung im Wohnungsbau

**Marco Wennemers B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Martin Glane
Datum des Kolloquiums:	02. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Sanitäre Haustechnik
In Kooperation mit:	Planungsbüro Rohling AG – Architekten und Ingenieure, Osnabrück



Der Energiebedarf auf der Erde ist höchst unterschiedlich verteilt. Sechs Staaten der Erde, nämlich die USA, China, Russland, Indien, Japan und Deutschland verbrauchen mehr als die Hälfte der Energie. Hinzu kommt, dass der weltweite Verbrauch von fossilen Energieträgern immer weiter steigt, was zwangsläufig dazu führt, dass wir verantwortlicher mit der vorhandenen Energie umgehen und die erneuerbaren Energien mehr fördern müssen. Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung sind somit nicht nur für den Betreiber der Anlage aus finanziellen Gründen lohnenswert. Aufgrund der Verknappung der endlichen Ressourcen auf unserem Planeten wird die Energiegewinnung aus der Sonne immer stärker vorangetrieben. Thermische Solaranlagen tragen schon heute einen wichtigen Teil dazu bei, den durch fossile Energieträger erzeugten CO<sub>2</sub> Ausstoß zu reduzieren. Jedoch muss eine Thermische Solaranlage auch ordnungsgemäß geplant und errichtet werden, damit diese die Sonnenenergie effizient für die Trinkwassererwärmung, der Trinkwassererwärmung mit Heizungsunterstützung oder der zusätzlichen Schwimmbadbeheizung nutzen kann. Vor dem Errichten einer Solaranlage stellt sich somit zunächst die Frage, ob diese unter den vorkommenden örtlichen Bedingungen sinnvoll genutzt werden kann und sich über ihre zu erwartenden Lebensdauer amortisiert. Aus diesem Grund wurde in dieser Bachelorarbeit darauf eingegangen, wie Veränderungen in der Ausrichtung und der Neigung der Kollektoren dazu führen, dass die errichtete Anlage unter Umständen ineffizient arbeitet. Dabei ist nicht nur der Deckungsgrad von Bedeutung. Der Amortisationszeitraum der Solarthermie-Anlage gibt dem Verbraucher ein wichtiges Kriterium, das Risiko der Investition abzuschätzen.

Die Berechnungen, die mit dem Simulationsprogramm T-SOL durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass geringfügige Veränderungen in der Aufstellung von den Kollektorfeldern nur einen geringen Einfluss auf den Nutzungsgrad haben. Bei starker abweichender Aufstellung vom Optimum, wie es zum Beispiel bei der Anbringung an der Fassade der Fall ist, muss mit großen Verlusten gerechnet werden. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass die Solarthermie nicht die optimale Lösung ist, um die Heizungsanlage damit zu unterstützen. Die Solare Wärme kann erst sinnvoll ganzjährig genutzt werden, wenn diese aufgrund der schwankenden Bedarfs- und Bereitschaftszeiten kostengünstig über einen längeren Zeitraum gespeichert werden kann.



## Sanierungsrahmenplan für Heizungs-, Lüftungs- und Kälteanlagen

**Robin Weißling B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Ralf Schmolke M.Sc
Datum des Kolloquiums:	20. August 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Raumluftechnik, Kältetechnik
In Kooperation mit:	BASF Coatings GmbH, Münster-Hiltrup



Die BASF Coatings GmbH in Münster-Hiltrup ist der weltweit größte Standort für die Produktion von Lacken. Bei einer Standortsfläche von knapp 400.000 Quadratmetern wird eine Vielzahl an Heizungs-, Lüftungs- und Kälteanlagen benötigt. Den größten Teil nehmen die lufttechnischen Anlagen mit ca. 350 Stück ein. Für die Wärmeversorgung werden ca. 60 Anlagen und für die Kälteversorgung ca. 150 Anlagen eingesetzt. Um bei dieser großen Anzahl an Anlagen einen Überblick zu behalten, bestand die Aufgabe darin, einen Sanierungsrahmenplan zu erstellen, mit welchem die sanierungsbedürftigen Anlagen herausgefiltert werden können.

Der Sanierungsrahmenplan sollte in Form eines Excel-Tools vorliegen. Verschiedene Daten wie Baujahr, Größe und Sanierungskosten wurden hinterlegt. Um die Höhe der Sanierungskosten abschätzen zu können, wurde in der Arbeit anhand von Referenzprojekten Grobkostenansätze ermittelt.

Zudem wurde der aktuelle Stand der Technik von den Heizungs-, Lüftungs- und Kälteanlagen, wie sie bei der BASF verbaut sind erläutert. Vergleicht man die vorhandenen Anlagen der BASF mit dem heutigen Stand der Technik, so wird deutlich, dass in den Anlagen ein großes Optimierungspotenzial steckt.

Die Sanierung von Heizungs-, Lüftungs- und Kälteanlagen bringen verschiedene Vorteile mit sich. Zum einen ist der Energiebedarf von neuen Anlagen geringer, da diese mit und effizienteren Techniken ausgestattet sind. Zum anderen arbeiten moderne Anlagen durch die intelligente Regelungstechnik bedarfsgerechter und passen sich dem Nutzungsverhalten an. Mit einer Berechnungssoftware des Pumpenherstellers Wilo konnte ermittelt werden, dass durch den Austausch von 69 unregelmäßig arbeitenden Heizungsanlagen der jährliche Energiebedarf um 85.000 kWh elektrischer Arbeit gesenkt werden kann. Des Weiteren besteht ein großes Energieeinsparpotenzial in dem Austausch von Lüftungsanlagen, die ohne eine Wärmerückgewinnung ausgestattet sind. Hier erzielt beispielsweise eine neue Lüftungsanlage eine Einsparung von ca. 950.000 kWh thermischer Energie pro Jahr.

## Energetische Bewertung eines Kunststoff verarbeitenden Unternehmens zur Einführung eines Energiemanagementsystems

**Jörg Weymann-Schulz B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 5. Mai 2014

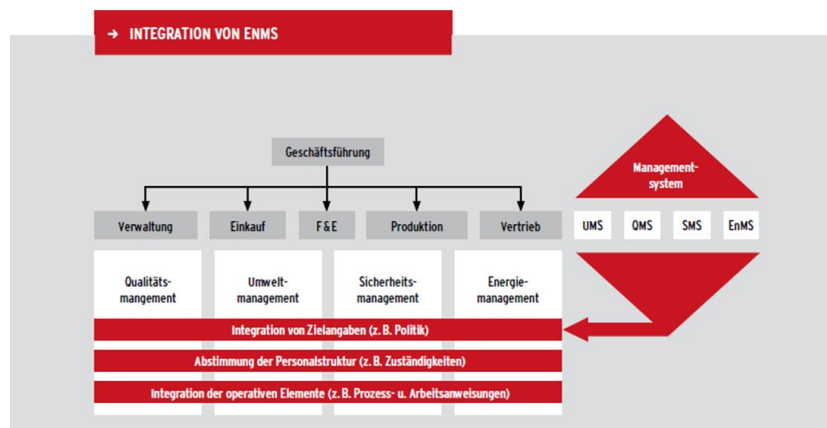
Studium: Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik

Studienrichtung: Energietechnik  
Laborbereich: Labor für Umwelttechnik

In Kooperation mit: SMART ET GmbH, Detmold



Erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es, den Primärenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2020 um 20 % (gegenüber 2008) zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, ist die Verbesserung der Energieeffizienz in der Industrie von großer Bedeutung. Ein systematisches, nach Vorgaben der im Juni 2011 veröffentlichten Norm DIN EN ISO 50001, implementiertes Energiemanagementsystem stellt ein geeignetes Werkzeug für Unternehmen des Industriesektors dar, ihre Energieeffizienz kontinuierlich und nachhaltig zu verbessern (s. Abb. 1).



UMS: Umweltmanagementsystem; QMS: Qualitätsmanagementsystem; SMS: Sicherheitsmanagementsystem; EnMS: Energiemanagementsystem

Abbildung 7: Ein in die Organisationsstruktur integriertes Energiemanagementsystem

In dieser Arbeit wurden am Beispiel der HS Plastics GmbH, die branchenspezifischen Einsparpotentiale der Kunststoff verarbeitenden Industrie untersucht und die wesentlichen strategischen Konzepte zur Integration eines wirkungsvollen Energiemanagementsystems nach Vorgaben der ISO 50001 dargelegt.

Dazu wurden zunächst im Rahmen der energetischen Bewertung, basierend auf Verbrauchsdaten, die energieintensiven Bereiche des Betriebes identifiziert und die innerbetrieblichen Energieflüsse offengelegt (s. Abb. 2).

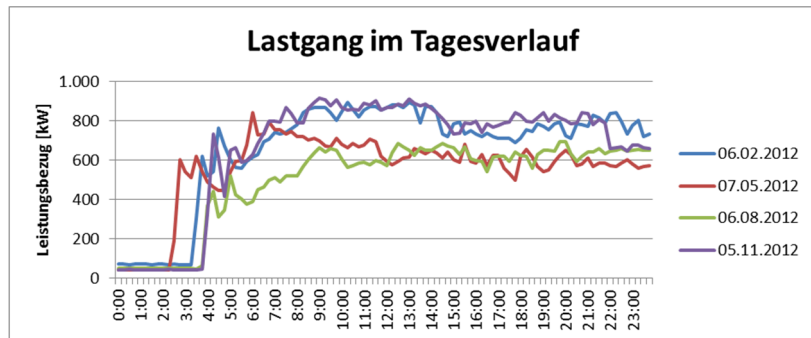


Abbildung 8: Lastgang der Firma HS Plastics im Tagesverlauf

Anhand der daraus gewonnenen Erkenntnisse konnten eine Reihe verbraucher-spezifischer Optimierungsmaßnahmen vor allem in den Bereichen der Produktionsanlagen und Querschnittstechnologien wie Druckluftherzeugung, Kompressionskältemaschinen und Beleuchtungsanlagen erarbeitet werden. Das Einsparpotential der ermittelten, auf eine wirtschaftliche Durchführbarkeit geprüften, Maßnahmen beläuft sich dabei auf 23,3 % des derzeitigen Jahresverbrauchs elektrischer Energie. Des Weiteren wurden Konzepte zur Eigenversorgung mit elektrischer Energie untersucht und ebenfalls mit Hinblick auf die jeweilige Rentabilität geprüft.

Mittels der, aus der energetischen Bewertung und den vorausgehenden Betrachtungen hervorgehenden Informationsdefizite hinsichtlich der genauen Verteilung der innerbetrieblichen Energieflüsse, konnte die Notwendigkeit eines angemessenen Mess- und Datenerfassungskonzepts nachgewiesen werden, wie es auch nach Vorgaben der ISO 50001 durch die verantwortlichen Energiemanagements anzustreben ist. Die Beschreibung der erforderlichen Messstellen und geeigneten System-Komponenten wurden vorbereitend für die Durchführung im Zuge dieser Arbeit ermittelt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit belegen sowohl die Sinnhaftigkeit der innerbetrieblichen Auseinandersetzung mit dem Thema Energieeffizienz als auch die Eignung der ISO 50001 als Leitfaden für Unternehmen zur erfolgreichen Einführung eines nachhaltigen Energiemanagementsystems sowie den daraus resultierenden ökologischen und ökonomischen Nutzen für Umwelt und Unternehmen.

## **Automatischer Wasseraustausch in Trinkwasser-Installationen. Sinnvoller Einsatz von Zwangsspüleinrichtungen.**

**Marius Wiesmann B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Franz-Peter Schmickler
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Beat Aebi
Datum des Kolloquiums:	12. März 2015
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Laborbereich Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	Geberit International AG, Jona (CH)



Die aktuell betriebenen Anstrengungen zum Erhalt der Trinkwasserqualität in Trinkwasser-Installationen spiegeln sich auch in der Vielfalt an Produkten zur Sicherung der Trinkwasserqualität wider. Der Ansatz zur Qualitätssicherung liegt beim Einsatz von automatisierten Zwangsspüleinrichtungen, in der Sicherstellung eines ausreichenden Wasserwechsels und der Einhaltung der maximal zulässigen Temperatur in Kaltwasserleitungen und nicht in der Behandlung des Trinkwassers mit Chemikalien und Zusätzen. Die regelmäßige Wassererneuerung und die richtige Temperaturhaltung sind Kernelemente der Definition des bestimmungsgemäßen Betriebes von Trinkwasser-Installationen nach DIN 1988-200 und VDI/DVGW 6023. Wenn durch die Nutzung der bestimmungsgemäße Betrieb nicht sichergestellt werden kann, können automatisierte Zwangsspüleinrichtungen die Aufgabe der geforderten Wassererneuerung und der richtigen Temperaturhaltung in Kaltwasserleitungen übernehmen. Fortschrittliche Zwangsspüleinrichtungen sind mehr als nur der Zusammenbau einfacher Bauteile, die nach einer Zeitschaltuhr arbeiten. Mit intelligenter Sensorik sind sie heute in der Lage, die vorherrschenden Zustände in einer Trinkwasser-Installation zu erfassen und ereignisgesteuert zu reagieren.

Die Zielsetzung der Bachelorarbeit lag im ersten Step in der Erstellung eines Marktüberblicks über die verschiedenen Lösungen zur Zwangsspülung und in der Gegenüberstellung der Leistungsspektren. Im zweiten Schritt wurden anhand einer ausgewählten Produktlösung Installationsempfehlungen und nutzungsabhängige Regel- und Steuerungsstrategien erarbeitet.

Für den Einstieg in die Thematik wurden drei Zwangsspüleinrichtungen beschafft und einer ausführlichen Untersuchung unterzogen. Mittels dieser Untersuchungen und einem Versuchsaufbau zur Sensorplatzierung konnten im Laufe der Bachelorarbeit Empfehlungen für den Einsatz externer Sensorik getroffen werden. Des Weiteren wurden konkrete Anwendungsbeispiele für den Einsatz von Zwangsspüleinrichtungen und ihrer Sensorik entwickelt. Eine Rohrnetzberechnung der Trinkwasser- sowie der Abwasserseite unter Berücksichtigung der normativen Vorgaben aus der DIN 1988-300 und der DIN 1986-100, zeigt die Auswirkungen einer Zwangsspüleinrichtung auf die Rohrdimensionen. In weiteren Berechnungen wurde geprüft wie sich die Änderungen der Rohrdimensionen vermeiden lassen um das

schlanke Rohrnetz zu erhalten. Mit den Ergebnissen der Berechnungen sind Empfehlungen und Rahmenbedingungen erstellt worden, unter deren Einhaltung es möglich ist, eine Zwangsspüleinrichtung in der Rohrnetzdimensionierung zu vernachlässigen. Wird jedoch nur ein Parameter nicht eingehalten sind die Empfehlungen entkräftet und die Zwangsspüleinrichtung ist Bestandteil der Dimensionsberechnungen.

Installationsempfehlung:

Einsatz einer Zwangsspüleinrichtung mit Volumenstromsensoren im Mehrfamilienhaus.

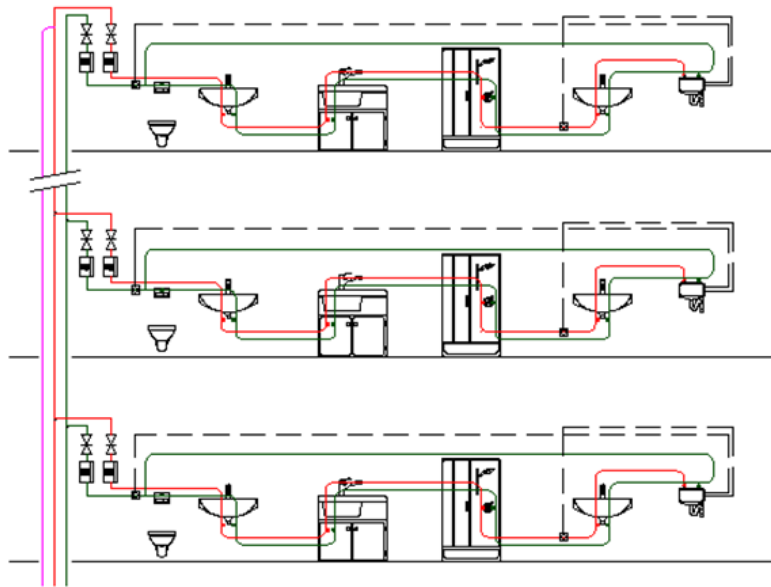


Abbildung 27: Mehrfamilienhaus mit einer nutzungsgeführten Hygienespülung

## Deutschlands Windenergiepotenziale und Ausbauauswirkungen bei möglicher Vergütungsänderung im EEG

**Timo Winkelmann B.Eng.**

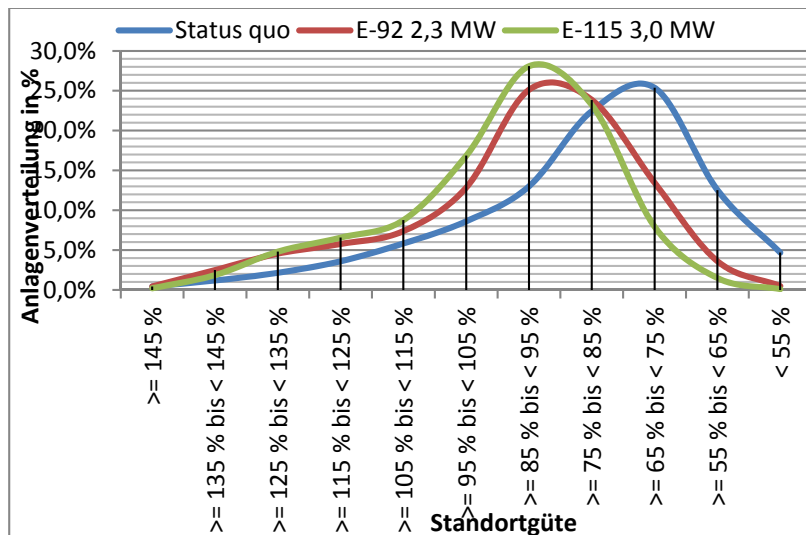
Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Stefan Lütkemeyer
Datum des Kolloquiums:	02. Oktober 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Haus- und Energietechnik
In Kooperation mit:	ENERCON GmbH, Aurich



Vor dem Hintergrund der anstehenden Novellierung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes wurde zunächst die Windhöffigkeit in Deutschland analysiert. Dazu wurden Ertragsdaten von knapp 2.700 Anlagen der Typen E-70 und E-82 ausgewertet. Da die Windverhältnisse starken jährlichen Schwankungen unterliegen, wurden die Ertragsdaten mit Hilfe der Betreiber-Datenbasis auf den langjährigen Mittelwert normiert.

Die oben genannten Anlagentypen wurden gewählt, da sie derzeit von der Standortverteilung und den auswertbaren Ertragsdaten die größte verwertbare Datenmenge versprechen. Natürlich spiegelt diese Auswahl nicht die kommenden Anlagengenerationen, für die die EEG-Novelle schlussendlich wirksam werden soll, wider. Daher wurden die Ergebnisse der o.g. Analyse der Windbedingungen in Deutschland auf Bedingungen umgerechnet, die für die nun aktuelle Generation E-92 und E-115 gelten. Dies bedeutet im Klartext die Hochrechnung der Windbedingungen auf die neuen Nabenhöhen, sowie die Berechnung der für diese Anlagentypen zu erwartenden Erträge.

Im Vergleich zu den Erträgen am Referenzstandort laut EEG ist zu erkennen, dass die tatsächlichen Erträge für die E-92 und E-115 im Mittel für deutsche Binnenlandstandorte höher sind. Da sich die Standortgüte aus dem Verhältnis vom tatsächlichen Ertrag zum Referenzertrag berechnet, ergibt sich folgende Verteilung:



Mit diesem Ergebnis wurden vier Novellierungsvorschläge miteinander verglichen. Darunter fallen Vergütungsmodelle, die wie in der aktuell gültigen Fassung des EEGs von 2012 mittels Referenzertragsmodell zweistufig aufgebaut sind und Modelle, die einen einstufigen Charakter besitzen.

Dazu wurde für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und Kostenanalyse ein fiktives Parklayout erstellt, das von der Ausprägung her einem Durchschnittsstandort in Deutschland entspricht.

## Konzepterstellung zur energetischen Nutzung von Erdölbegleitgas

**Sebastian Wobken M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Thomas Schmidt
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Peter Vennemann
Datum des Kolloquiums:	11.09.2014
Studium:	Masterstudiengang Netzingenieur der Versorgungstechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Gasversorgungswirtschaft
In Kooperation mit:	RWE Dea AG, Hamburg

Erdölbegleitgas, auch Erdölgas oder Fackelgas genannt, ist ein Nebenprodukt der Erdölförderung. Dieses Gas enthält neben Methan, Kohlendioxid und Stickstoff, im Gegensatz zum Gas der öffentlichen Versorgung, einen hohen Anteil höherwertiger Kohlenwasserstoffe und Schwefelwasserstoff.

Aufgrund des seit 2011 konstanten, auf einem hohem Niveau liegenden Ölpreises ist eine Erschließung kleiner Erdölfelder für die Unternehmen der Erdölindustrie interessant geworden. Für diese Projekte werden Konzepte zur Nutzung des anfallenden Erdölbegleitgases bei Raten von unter  $1.500 \text{ m}^3$  pro Tag für eine umweltgerechte und ressourcenschonende Produktion gesucht. Die Nutzung wird durch die spezielle Zusammensetzung des Gases, die geringen Förderraten und die Reduktion dieser im Produktionszeitlauf erschwert.

Die technisch unkomplizierteste Option ist die thermische Verwertung zur Bereitstellung von Heiz- oder Prozesswärme, die jedoch häufig aufgrund mangelnder Infrastruktur und potentiellen Abnehmern nicht sinnvoll umzusetzen ist. Ein flexibleres Konzept ist der Einsatz von Blockheizkraftwerken zur Produktion von Strom und Wärme. Hierfür ist lediglich ein Anschluss an das elektrische Netz notwendig.

In BHKWs wird die Technologie des Gasottemotors meist mit Erd- oder Biogas betrieben. Der Einsatz des Begleitgases im Ottomotor ist aufgrund der geringen Methanzahl nicht zu empfehlen. Alternativen bieten die Technologien der Mikrogasturbinen und der Stirlingmotoren. Voraussetzung für den Betrieb dieser Typen ist ein kondensat- und wasserfreier Gasstrom.

Die verfügbaren Mikrogasturbinen der Capstone C65 ( $65 \text{ kW}_{el}$ ) und C200 ( $200 \text{ kW}_{el}$ ) benötigen einen kondensat- und wasserfreien Gasstrom bei einer empfohlenen Temperatur von max.  $30^\circ\text{C}$  mit  $10^\circ\text{C}$  Abstand zum Taupunkt und einen Gasdruck von ca.  $5 \text{ bar}_a$ . Aufgrund der dezentralen Förderkonzepte mit einer Nutzung des Erdölbegleitgases auf dem Förderplatz liegt das Gas wassergesättigt bei höheren Temperaturen ( $>20 - 30^\circ\text{C}$ ) vor. Eine Gastrocknung ist daher erforderlich.

Für diesen Anwendungsfall ist im Bereich der Stirlingtechnologie das



BHKW-Aggregat FleXgen G38 (38 kW<sub>el</sub>) verfügbar. Der Vorteil ist die große Flexibilität der Brennstoffwahl aufgrund der externen Verbrennung. Eine Gaserhitzung ermöglicht die kondensat- und wasserfreie Zuführung. Zum Zweck des Einsatzes des FleXgen G38 ist es notwendig, das Verbrennungssystem, bestehend aus Gasbrenner und Rekuperator, zu konstruieren.

Beide Technologien – Mikrogasturbine und Stirlingmotor - sind sehr robust gegenüber Schwefelwasserstoff. Die Einhaltung der Gesetze und Verordnungen zum Immissionsschutz sind im Rahmen der Aufstellung des Sonderbetriebsplans nach dem BBergG zu überprüfen.

Je nach Zusammensetzung des Gases und des Betriebspunkts (Druck und Temperatur) ist für den Einsatz der Mikrogasturbine neben der Gastrocknung die Installation eines Verdichters notwendig. Der Vorteil der geringeren Investitionskosten ist aufgrund der notwendigen Aufbereitungs- bzw. Peripherieanlagen gegenüber dem Stirlingmotor nicht mehr gegeben.

Wenn mehrere Projekte zur Förderung von Erdöl mit geringen Raten verfolgt werden, ist die Entwicklung des Systems mit Stirlingmotor zur energetischen Nutzung von Erdölbegleitgas zu empfehlen.

## Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit im Kreis Steinfurt mit dem futureparty-Konzept

**Stephan Wolsing B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Zweitprüfer:	Prof. Dr. rer. nat. Hans-Detlef Römermann
Datum des Kolloquiums:	28. Mai 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Energietechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik
In Kooperation mit:	futureparty, München



Der von futureparty entwickelte QES 9 Standard (Quantification of Ecological Sustainability in 9 fields) wird angewendet um den Verbrauch aller produzierenden oder konsumierenden Akteure, von Privatpersonen über industrielle Betriebe bis hin zu Gebietskörperschaften, quantitativ zu beziffern.

Als Nachhaltigkeitsäquivalent dienen Punktwerte, die sogenannten earthpoints (zukünftig sustainpoints), welche in einem einzigen Wert die ökologische Nachhaltigkeit des jeweiligen Akteurs beziffern. Mit einem jährlich sinkenden Gesamtpunkteäquivalent, das schließlich der Regenerationskraft der Erde entspricht und einer entsprechenden Budgetierung der Verbräuche je Akteur soll die Nachhaltigkeitsbalance aus ökologischer Nachhaltigkeit, industrieller Produktion und privatem Konsum angesteuert werden. Die Art dieser Bezifferung ist erfolgt in drei aufeinander aufbauenden Levels.

Eine mögliche Ermittlung der ökologischen Nachhaltigkeit eines Akteurs wird durch die erfolgreiche Quantifizierung mit Level 1 Daten bestätigt. Level 1 ist das vereinfachte Einstiegslevel, in welchem lediglich der Primärenergieverbrauch, der Wasserverbrauch sowie die Flächenbelegung berücksichtigt wird.

Da der QES 9 Standard inzwischen bei Privatpersonen sowie ersten mittelständischen Unternehmen und pilotmäßig bei Konzernen erfolgreich zur Anwendung kam, sollte nun die Möglichkeit der ökologischen Bewertung einer Gebietskörperschaft geprüft werden. Als Untersuchungsobjekt wurde der Kreis Steinfurt mit seinen vierundzwanzig Kommunen ausgewählt.

Die Bezifferung (Level 1) wurde zuerst auf die kommunalen Liegenschaften und die Infrastruktur bezogen, um den ökologischen Fußabdruck der Kommunen exklusive ihrer Einwohner und ansässiger Industrie abbilden zu können. Hierzu wurden die Verbrauchsdaten sämtlicher kommunaler Liegenschaften aller Kommunen ermittelt. Somit wurde beziffert, welchen ökologischen Aufwand, der Kreis, bzw. die Kommunen für die Verwaltung der ihr zugeordneten Bürger und Unternehmen benötigen.

Zu ermittelnde Daten waren die kommunalen Wasserverbräuche, welche von den jeweiligen Wasserwerken ermittelt werden konnten sowie die kommunalen Flächenverbräuche (versiegelte Flächen), welche in

den meisten Fällen auf Grundlage der zu zahlenden Niederschlagswassergebühr ermittelt wurden. Zu diesen wurden die Flächenverbräuche der kommunalen Infrastruktur (Straßen und Radwege) addiert. Die Ermittlung der Endenergieverbräuche bezog sämtliche Energieträger mit ein, weshalb diese für jedes kommunale Gebäude separat ermittelt werden mussten. Ein Ausmultiplizieren aller Verbräuche mit dem jeweiligen Punkteäquivalent lieferte dann für jede Kommune ein Punktwert der die ökologische Nachhaltigkeit dieser Kommune abbildete (s. Abb. 1).

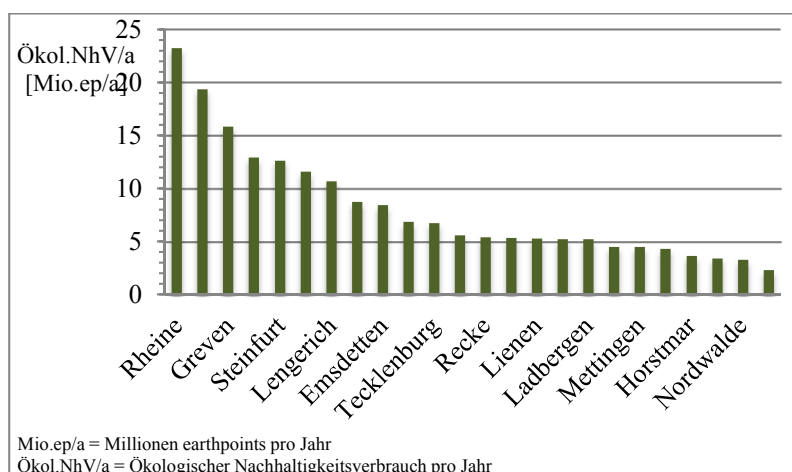


Abb.1: Ökol.NhV/a der Kommunen [Mio.ep/a]

Auch eine Bezifferung der ökologischen Nachhaltigkeit der Kommunen inklusive ihrer ansässigen Industrie sowie den Privatpersonen wurde erstellt. Hierzu wurden zusätzlich zu den kommunalen Verbräuchen die der Industrie und Privatpersonen addiert. Auch wurde der Flächenverbrauch nun nicht mehr auf die Ermittlung von versiegelter Fläche begrenzt sondern auf die drei Flächenarten naturbelassene, nicht naturbelassene, und versiegelte Fläche aufgeteilt.

Im Folgenden und mit der Erkenntnis, dass eine Bezifferung von Gebietskörperschaften sowohl begrenzt auf ihre kommunale Liegenschaften und selbst verursachten Nachhaltigkeitsverbräuche, als auch inklusive der Nachhaltigkeitsverbräuche für primären Energie-, Wasser- und Flächenverbrauch der angesiedelten Bevölkerung und Unternehmen möglich ist, wurde die ökologische Nachhaltigkeit in Abhängigkeit zu verschiedensten Werten (Einwohnerzahl, Anzahl der Betriebe sowie demografischer Entwicklung oder monetäre Einflüsse) der Kommunen gebracht um mögliche Trends zu erkennen und Abhängigkeiten festzustellen.

Schlussendlich wurden mögliche Ansätze zur Implementierung des QES 9 Standard in Kommunen, Privatgebäuden sowie der Industrie und die zu erwartenden Probleme bei der Datenermittlung näher erläutert und Ideen zu einer werbetechnischen Kommunikation der ökologischen Nachhaltigkeit und deren möglicher Auswirkungen aufgestellt.

## Untersuchung der Anforderung an ein Messsystem zur Beurteilung der Energieverbräuche eines Bürogebäude

**Xinghao Yang, B.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Yaohuan Zeng, B. Eng
Datum des Kolloquiums:	18. August 2014
Studium:	Bachelor-Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
In Kooperation mit:	DEOS AG, Rheine



In dieser Bachelorarbeit wurden vielfältige energetische Bewertungskriterien für ein Bürogebäude untersucht. Dabei werden viele Kennwerte und entsprechende Referenzwerte aus unterschiedliche Normen und Richtlinien gesammelt. Durch den Vergleich zwischen dem tatsächlichen Kennwert und dem Referenzwert kann eine energetische Bewertung durchgeführt werden. Außerdem werden allgemeine Bewertungsverfahren von dem Wärmeverbrauch und dem Betriebszustand wichtiger energiebezogenen Anlagen untersucht. Das Ergebnis der Untersuchung wird in einer Liste zusammengefasst, mit der man einfach geeignete Messsystem auslegen kann. Mit der Liste können folgende zwei Fragen beantwortet werden: Welche Messstellen in einem Bürogebäude sind sinnvoll und wie kann man mit den gesammelten Daten eine energetische Bewertung durchführen.

Zunächst wurden energetische Kennwerte gesammelt und die gesetzlichen Anforderungen an Messsystem recherchiert. Danach wurden technische Möglichkeiten untersucht, wie Messwerte geschickt erfasst werden können. Solche Kenntnisse bauen eine Grundlage für weitere Untersuchungen auf. Anschließend werden die gesammelten Kennwerte erklärt: Wie man sie aufbauen kann und wie man damit Energieverbrauch bewerten kann. Kriterien werden in Wärme, Strom und Betriebszustand von Lüftungs- und Kälteanlagen aufgeteilt. Bei dem Teil der Wärme gibt es Unterschiede zwischen Wärmeerzeuger und Wärmeverbraucher. Referenzwerten können aus VDI-Richtlinien oder DIN zitiert werden.

Die oben genannten Untersuchungen wurden nur auf theoretischer Ebene durchgeführt. Nun werden sie auf eine praktische Ebene umwandelt. Zuerst wird eine Bewertung über das Messsystem im ganzen Gebäude gemacht, so dass auf die Wichtigkeit der Zähler hingewiesen werden kann. Je ausführlicher das Messsystem ist, desto genauer ist die Energiebewertung. Da viele Kunden erfahrungsmäßig nicht zu viel Geld in die Zähler investieren wollen, muss das Messsystem möglichst einfach aufgebaut sein.

Die Ergebnisse, welche Messdaten wann und wo erhoben werden müssen, werden in einer Liste festgehalten. Zuletzt konnten mit Hilfe der Liste Verbesserungen an ein Messsystem für einen Neubau erarbeitet werden.

## Vergleich der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme mit Mikro-KWK-Anlagen

**Emir Yazicioglu B.Eng.**

Erstprüfer:  
Zweitprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Theodor Belting  
Dipl.-Ing. Urs Reitis, M.Eng.

Datum des Kolloquiums:

10. Oktober 2014

Studium:

Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik

Studienrichtung:

Energie- und Umwelttechnik

Laborbereich:

Laboratorium für Energieversorgung und Energiewirtschaft



In der Bachelorarbeit wurden sieben verschiedenen Gesichtspunkten (Investitionskosten, Energiekosteneinsparung, Primärenergieeinsparung, CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung, Kumulierte Energiekosteneinsparung über 10 Jahre, Kapitalrentabilität über 10 Jahre, spezifischer Primärenergieverbrauch für Heizung + Strom der beheizten Wohnfläche) von fünf unterschiedlichen Mini- und Mikro-KWK-Anlagen mit einem klassischen Erdgasheizkessel verglichen. Das Ziel des Vergleichs war unter Berücksichtigung der staatlichen Gesetze und Förderprogramme die am meisten effiziente Mini-BHKW-Anlage herauszufinden, die sowohl wirtschaftlich als auch umweltfreundlich ist.

Die Ergebnisse der unterschiedlichen KWK-Anlagen sind in den folgenden Abbildungen zusammengestellt.

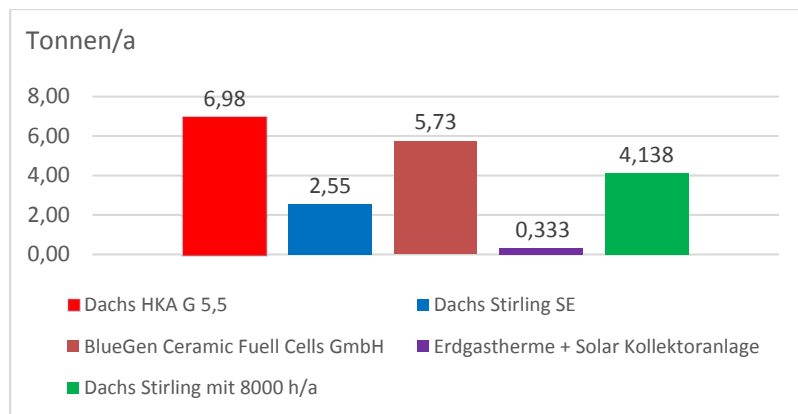


Abbildung 9: CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung

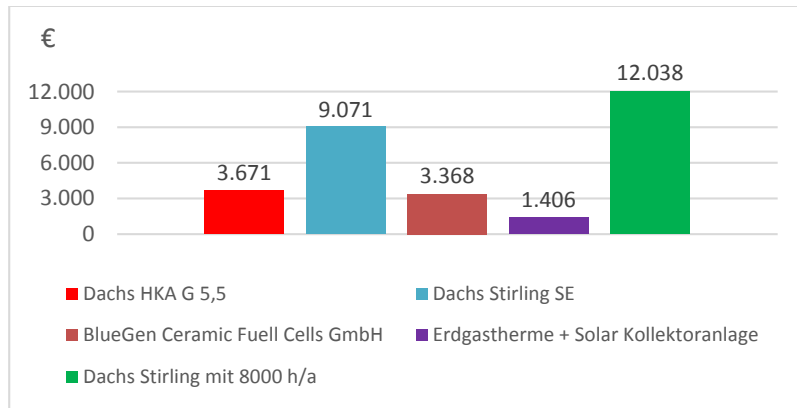


Abbildung 10: Kumulierte Energiekosteneinsparung für Strom und Wärme über 10 Betriebsjahre

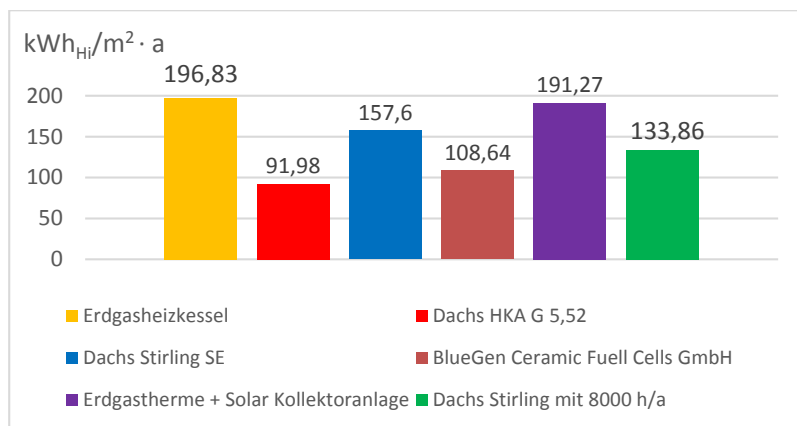


Abbildung 11: Spezifischer Primärenergieverbrauch für Heizung + Strom der beheizten Wohnfläche

Diese kleinen, dezentralen BHKW-Anlagen (s.g. Mini-KWK und noch kleiner Mikro-KWK genannt) sind für die objektbezogene Strom- und Wärmeversorgung entwickelt und weisen aufgrund der hohen Energieeffizienz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ein großes Potential auf, im Rahmen des Ersatzes veralteter Wärmeerzeuger CO<sub>2</sub>- und Energieeinsparung zu erzielen. Die Stromerzeugungskosten sind zu dem niedriger als die Strombezugskosten. Die Mini- und Mikro-BHKW stellen damit eine wichtige Energieversorgungstechnik für eine klimafreundliche Fortentwicklung des Wärmemarktes dar.

Je nach Objekt muss sowohl der in Frage kommende KWK-Anlagentyp als auch die richtige KWK-Anlagengröße berechnet werden.

## Untersuchung zur Neuorganisation einer Makro-Bibliothek für HLK-Anwendungen

**Yaohuan Zheng M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Martin Höttecke
Zweitprüfer:	Zhonghua Luo M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	20. März 2015
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor MSR-Technik und Gebäudeautomation
In Kooperation mit:	DEOS control systems GmbH, Rheine



Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Untersuchung vorhandener Organisationsformen von Makro-Bibliotheken für HLK-Anwendungen mit dem Ziel, einen Hinweis bzw. eine Vorstellung über die zukünftige Entwicklungsrichtung zu entwickeln. Es wird der Frage nachgegangen, wie dieser Hinweis entwickelt wurde und in wie weit er marktkonform ist.

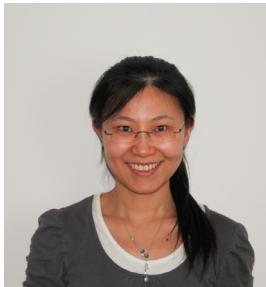
Ziel ist es herauszufinden, welche Möglichkeiten für die Produkte der nächsten Generation bestehen und wie die Entwicklungsressourcen produktübergreifend organisiert werden können. Die Fragestellung wird auf Grundlage der Untersuchung aktueller Organisationsformen und deren Intentionen, Literaturrecherche und Zusammenfassungen von Gesprächen mit Fachleuten usw. illustriert und diskutiert. Die Diskussionsergebnisse mit Fachleuten stellen eine besonders wichtige Informationsquelle dar.

Im Ergebnis wird deutlich, dass sich eine allgemein anwendbare Makro-Bibliothek sowohl für den deutschen als auch für den internationalen Markt nicht anbietet. Anstatt den Produktumfang durch Produktstandardisierung abzugrenzen, ist der Weg zur Modularisierung, im Hinblick auf die erfolgreichen Beispiele, z.B. in der Automobilindustrie oder beim Lego-Spielzeug, besonders vorteilhaft. Basierend auf den Eigenschaften der HLK-Anwendungen, ist das Modulprinzip in der MSR-Programmierung der entsprechenden Anlagensysteme auch einzusetzen und kann eventuell die Grundlage zu automatischer Programmierung und Hilfestellung der Inbetriebnahme werden. Der modulare Aufbau hat den Vorteil einer erhöhten Vielfalt bei großer Effizienz und stellt starke Wettbewerbsfähigkeit in dem globalen Umfeld dar. Deshalb wird das Modulprinzip als Lösungsvorschlag für die nächste Produktgeneration anhand der Marktanforderungen betrachtet.

## Planung einer Filtrationsanlage zur Eisen- und Manganreduktion im Wasserwerk Ahlintel

**Xinyu Zhang B. Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Helmut Grüning
Zweitprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Carsten Bäcker
Datum des Kolloquiums:	31. Juli 2014
Studium:	Bachelor-Wirtschaftsingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Umwelttechnik
Laborbereich:	Umwelttechnik (Wasser - Abwasser - Abfall – Immissionsschutz)
In Kooperation mit:	Stadtwerke Steinfurt, Steinfurt



Auf dem Wasserwerk Ahlintel der Stadtwerke Steinfurt wird ein weiterer Nachfilter benötigt. Neben drei neuen Filteranlagen wird als Alternative zu den zusätzlichen vier alten Nachfiltern eine neue zusätzliche Nachfilteranlage zur Eisen- und Manganreduktion geplant. Es soll geprüft werden, ob ergänzend zu drei bestehenden Filtern, statt der vier alten Filter, ein oder zwei neue Filter ausreichen.

Das Ziel der Arbeit war die Planung und Dimensionierung der neuen Nachfilter. Bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass die Wasserbeschaffenheit der entnommenen Rohwässer aus den vier verschiedenen Brunnenfeldern unterschiedlich ist, sodass verschiedene Rohwasserzusammensetzungen auftreten.

Bei der Aufbereitung im Wasserwerk ist Enteisenung und Entmanganung des Wassers maßgeblich. Zur Planung und Dimensionierung wurden die Filtergeschwindigkeit des Nachfilters und die Konzentration des Filtrats für verschiedene Fälle berechnet. Ziel der Aufbereitung ist die Einhaltung der Eisenkonzentration des Filtrats von 0,02 mg/l (TVO und DWGW-Arbeitsblatt W 223). Außerdem ist der vom Wasserwerk Ahlintel geregelte Volumenstrom von 175 m<sup>3</sup>/h einzuhalten.

### Systemdaten der Nachfilteranlage des Wasserwerks Ahlintel

Parameter	Nachfilter 1 bis 3
Aufbau des Filtermediums	Einschichtfilter
Betriebsweise der Filter	geschlossene Filter
Anordnung der Filter	Parallelschaltung
Filtermaterial	Quarzsand
Körnungsbereich	1 bis 2 mm
Durchmesser	4 m
Filterfläche	12,56 m <sup>2</sup>
Max. Durchfluss	175 m <sup>3</sup> /h
Filterschichthöhe	2,5 m
maximal zulässige Filtergeschwindigkeit	13,93 m/h
Filterspülung	Kombination von Luft und Reinwasser; vollautomatisch oder manuell.



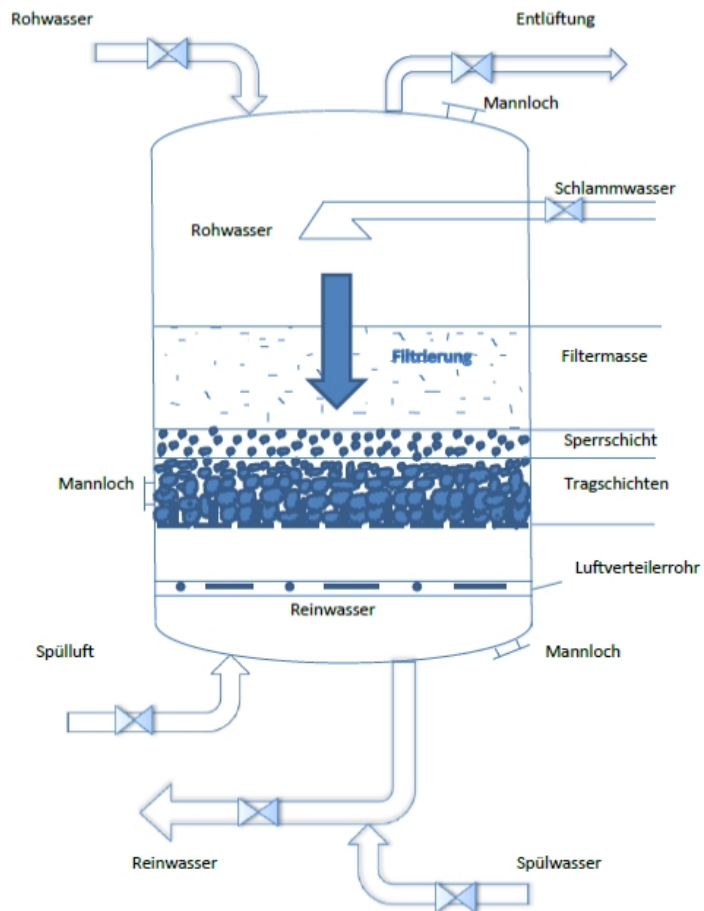


Abb. Schematische Darstellung der Filteranlage zur Enteisung

Ergebnis: Vorgesehen ist eine Ergänzung um zwei weitere geschlossene drucklose Schnellfilter. Diese würden die bestehenden veralteten vier Filter ersetzen. Die Filter entsprechen in ihrer Ausführung den bereits bestehenden drei Filtern.

## Experimentelle Ermittlung von Berechnungsgrundlagen zur Bestimmung von Raumluftrömungen aufgrund zweier gegeneinander strömender Deckenstrahlen

**Yunyang Zhao M.Eng.**

Erstprüfer:	Prof. Dr.-Ing. Bernd Boiting
Zweitprüfer:	Dipl.-Ing. Matthias Winkelhaus M.Eng.
Datum des Kolloquiums:	17. November 2014
Studium:	Technisches Management in der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik
Studienrichtung:	Gebäudetechnik
Laborbereich:	Labor Raumluf- und Kältetechnik
In Kooperation mit:	Emco Bau- und Klimatechnik GmbH & Co. KG, Lingen (Ems)



In dieser Arbeit wurde die Raumluftrömung aufgrund zweier gegeneinander strömender radialer Deckenstrahlen untersucht, und zwar die Maximalgeschwindigkeit der Luftstrahlen im vertikalen Bereich, ab dem Luftstrahlen nach dem Aufeinandertreffen senkrecht nach unten abströmen.

Dafür wurde im Rahmen dieser Arbeit zuerst ein Versuch mit mehreren Messreihen durchgeführt, bei dem die Maximalgeschwindigkeiten der Luftstrahlen, die aus zwei gegeneinander gerichteten Dralldurchlässen des Typs DRS der Größe DN 180 von der Firma Emco unter unterschiedlichen Messzuständen gemessen wurden. Aus den Messwerten wurden drei Berechnungsgleichungen zur Ermittlung der Maximalgeschwindigkeit der im Vertikalbereich strömenden Strahlen abgeleitet.

Für die Berechnung der Maximalgeschwindigkeit auf der Strahlachse gilt die Potenzfunktion.

$$w_m = C \cdot \dot{V}_0 \cdot x^{-n}$$

Darauf basiert die Ableitung des jeweiligen Formelansatzes von den drei Berechnungsgleichungen.

Während die Berechnungsgleichungen I und II unter der Annahme, dass der nach dem Aufeinandertreffen um 90° knickende und im Vertikalbereich weiter strömende Luftstrahl als Teil eines virtuellen Freistrahls betrachtet wird, abgeleitet wurden, wurde die Berechnungsgleichung III aus der Grundformel nach *B. Regenscheit*

$$\frac{w_m}{w_0} = K \cdot \left(\frac{x_0}{x_s}\right)^n \left(\frac{x_s}{x_s + y}\right)^q$$

abgeleitet. Jede der drei Berechnungsgleichungen kann den Messwerten gut übereinstimmen.

Anschließend wurden die unterschiedlichen Formelansätze von diesen drei Berechnungsgleichungen untereinander bewertet. Der Formelansatz von Berechnungsgleichung III bzw. die Grundformel nach *Regenscheit* ist die einfachste der drei überprüften Formelansätze und beinhaltet nur drei zu bestimmenden Parameter. Hinzu kommt, dass wegen fehlender Messungen in Bezug auf die Berechnungsgleichungen I und II mit der Annahme gearbeitet werden musste, dass der Abstand  $y_{\text{off}}$  in der Potenzfunktion vom Abstand  $x_s$

abhängig ist. Aus diesen Gründen ist die Grundformel nach *Regenscheit* als grundsätzlich geeigneter für weitere Untersuchungen der Thematik dieser Arbeit angesehen worden.

Da die Messwerte mit den sich aus dem Auslegungsdiagramm des Dralldurchlasses DRS von der Firma Emco ergebenden Maximalgeschwindigkeiten nicht übereinstimmen, passen die drei mit Messwerten abgeleiteten Gleichungen nicht zu den Werten des Auslegungsdiagramms. Deswegen wurde eine neue Gleichung aus der Grundformel von *Regenscheit* entsprechend dem Auslegungsdiagramm entwickelt. Die Analyse dieser neuen Gleichung ergab, dass die im Auslegungsdiagramm ausgewiesenen Maximalgeschwindigkeiten mit der Grundformel nach *Regenscheit* beschrieben werden können. Darüber hinaus hat sich herausgestellt, dass für jede Durchlassgröße eine eigene Berechnungsgleichung erstellt werden muss.

Mit der Grundformel nach *Regenscheit* wurden weitere Überprüfungen vorgenommen, nämlich in Bezug auf die Dralldurchlässe des Typs DAL 358 und der Schlitzdurchlässe des Typs SAL 35.1, A1/F6. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass für den Dralldurchlass des Typs DAL 358 die sich aus dem Auslegungsdiagramm ergebenden Maximalgeschwindigkeiten mit den abgeleiteten Berechnungsgleichungen berechnet werden können. Außerdem hat sich auch herausgestellt, dass für jede Durchlassgröße eine eigene Berechnungsgleichung erstellt werden muss. Für Schlitzdurchlässe des Typs SAL 35.1, A1/F6, ist die Grundformel nach *Regenscheit* ebenfalls gut geeignet. Aber der Vergleich der berechneten Werte mit denen der Auslegungsdiagramme ergibt nicht so gute Übereinstimmungen wie bei den Dralldurchlässen DRS und DAL 358. Dies liegt offensichtlich an der stärkeren Abhängigkeit vom Halbabstand  $x_s$  und der davon abhängigen Potenz  $q$ .

Die Grundformel nach *Regenscheit* ist also grundsätzlich geeignet, als Berechnungsgrundlage zur Bestimmung des Geschwindigkeitsverlaufes von Luftstrahlen nach der Umlenkung für Dralldurchlässe des Typs DRS und DAL 358 sowie Schlitzdurchlässe des Typs SAL 35.1, A1/F6 von der Firma Emco. Es ist zu erwarten, dass sie für alle Deckendurchlässe anwendbar ist. Dafür müssen noch Überprüfungen für andere Typen der Deckendurchlässe durchgeführt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, die zahlreichen, sich aus dem Auslegungsdiagramm ergebenden Maximalgeschwindigkeiten in wenigen Gleichungen zusammenzufassen. Statt des Ablesens der Daten mit Hilfe des Auslegungsdiagramms kann die Maximalgeschwindigkeit der Luftstrahlen nach der Umlenkung mittels aus der Grundformel nach *Regenscheit* abgeleiteten Berechnungsgleichungen einfach und schnell bestimmt werden.

## Numerische Strömungs- und Brandsimulation mittels FDS zur Verifizierung von Plume-Modellen und Auslegungsvorschriften für natürliche und maschinelle Rauchabzugssysteme

**Oliver Zickert B.Eng.**

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

Datum des Kolloquiums: 28. Oktober 2014

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



Wo der Mensch von der Natur bedroht wird, sind höchste Sicherheitsvorkehrungen von Nöten. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, verschreibt sich der Brandschutz mit Schutzmaßnahmen, die eine mögliche Brandentstehung verhindern oder die Rauchausbreitung minimieren.

Wie wichtig die Planung einer notwendigen Entrauchungsanlage tatsächlich ist zeigt sich am Beispiel des Flughafens Berlin Brandenburg: Im Brandfall muss hier das Entrauchungssystem in der Lage sein, innerhalb von 15 Minuten 3,4 Millionen Kubikmeter Luft zu bewegen, um eine aus der Normung geforderte raucharme Zone von 2,5 Metern über dem Boden zu schaffen. Die Tatsache, dass Fehler in der Auslegung eines solchen Konzeptes große Risiken bergen, dürfte unbestritten bleiben.

Während numerische Strömungssimulationen schon länger einen hohen Stellenwert in der Planung von Fahrzeugen und Flugzeugen genießen, kommt ihr im Bereich des Brandschutzes vergleichbar wenig Aufmerksamkeit zu. Dabei könnte das Entrauchungskonzept größerer Gebäude softwareseitig auf seine Funktionstauglichkeit überprüft werden. Insbesondere ermöglichen kostenlose Brandsimulationsprogramme wie FDS - „Fire Dynamics Simulator“ Brandprozesse sowie die Ausbreitung von Feuer und Brandrauch zu simulieren.

Das wesentliche Ziel der Arbeit ist es gewesen, mittels dieser Simulationssoftware eine Überprüfung der Auslegungsvorschriften von Entrauchungssystemen vorzunehmen. Speziell wurde die aus der DIN 18232 folgende Dimensionierung von Rauchabzugsanlagen überprüft. Diesbezüglich wurde ein genormtes Bemessungsfeuer inmitten einer Referenzhalle simuliert, in der zunächst eine natürliche Rauchabzugsanlage, danach eine maschinelle installiert war. Im Brandfall musste das implementierte Entrauchungssystem inklusiv Rauchschürzen dafür sorgen, dass genügend Rauch aus dem Rauchabschnitt fortgetragen wird, sodass es zur Ausbildung einer aus der DIN geforderten raucharmen Schicht kommt.

Das Ergebnis nach Variation der Rauchschürzengröße: Bei hoher raucharmer Schicht muss die Größe der Rauchschürzen um ca. 1,5 Metern gegenüber den Auslegungsvorschriften nach DIN 18232 erhöht werden, um eine Verrauchung zu verhindern und die Ausbildung einer raucharmer Schicht zu gewährleisten.



## **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)**

